

dSPACE MAGAZIN

2/2017

Schlumberger

Extreme Tiefbohrungen –
realitätsnah simuliert | Seite 6

DENSO – Effiziente Entwicklung dank
durchgängiger Werkzeugkette | Seite 10

Weichai – Zukunftsfähige Testumgebung
für Lkw-Motoren | Seite 16

Der NAVYA ARMA gilt als das weltweit erste autonome Serienfahrzeug für den Regelverkehr. Der fahrerlose Shuttle-Bus kann bis zu 15 Personen befördern und erreicht eine Geschwindigkeit von 45 km/h. 50 dieser elektrisch betriebenen Transportfahrzeuge sind bereits weltweit im Personennahverkehr im Einsatz. Bis September 2017 haben sie 180.000 Passagiere sicher an ihr Ziel gebracht. Das französische Unternehmen NAVYA ist spezialisiert auf den Entwurf von elektrischen autonomen Systemen. Um die komplexen Funktionen für das autonome Fahren zu entwickeln, setzt NAVYA auf die Multisensorentwicklungsumgebung RTMaps von Intempora.

www.navya.tech



„RTMaps ist sehr leistungsfähig und intuitiv zu bedienen. Beides spielte eine entscheidende Rolle beim Prototyping, Testen und Benchmarking der Perzeptions- und Datenfusionsalgorithmen für unser auf Level 5 autonom fahrendes System.“

Pascal Lecuyot, Leiter Forschung und Entwicklung Perzeption, NAVYA



„Ob ‚over the air‘ oder virtuell und hochgradig parallelisiert: Für die Herausforderungen der Zukunft bietet dSPACE leistungsfähige Testlösungen.“

Es würde reichen, wenn sich die Automobilindustrie „nur“ um normalen technischen Fortschritt und um die Einhaltung von Emissionsvorschriften kümmern müsste. Jetzt muss auch noch das automatisierte Fahren her. Und das so schnell wie möglich. Mir kommt das so vor, als würde man die Industrie – oder sie sich selbst – schon jetzt überfordern. Entwicklungsabteilungen sollen alles gleichzeitig anpacken. Fachleute sind rar. Bisherige Elektronikarchitekturen sind nicht mehr ausreichend. Es soll viel erreicht werden, aber nur wenige wissen wie. Ein Überhitzungszustand.

Wir bei dSPACE können das auch an der wachsenden Nachfrage nach unseren existierenden Produkten und Lösungen ablesen. Gleichzeitig entstehen hochdynamisch ganz neue Aufgaben, die unseren Ehrgeiz anspornen, auch dafür Lösungen zu entwickeln.

Ein Beispiel ist das Testen von Fahrerassistenz- oder autonomen Fahrsystemen. Wie soll im Labor an einem Hardware-in-the-Loop-Prüfstand die Einbindung eines Radarsensors ins Fahrzeugsystem überprüft werden? Und das ohne Eingriff in den Sensor, weil er nicht gewünscht oder nicht möglich ist? Zusammen mit einem

Partner haben wir dafür einen ersten großen Schritt getan, wie auf Seite 48 beschrieben. Mittlerweile können damit schon mehrere Zielfahrzeuge gleichzeitig „over the air“ simuliert werden.

Doch wir wissen auch, dass noch größere Aufgaben warten, denn die Sensorik entwickelt sich rasant weiter, hin zu bildgebenden Verfahren mit weiteren Sensortechnologien. Dafür tun wir bereits viel, beispielsweise durch die Erweiterung unserer Simulation Tool Suite ASM um die komplexe Simulation der Sensorsignale aus Verkehrsszenarien. Denn nicht alles geht „over the air“. Insbesondere braucht man diese Ansätze, um große Mengen an Simulationsdurchläufen schneller als in Echtzeit und parallelisiert abzuarbeiten. Das ermöglichen wir mit VEOS und verwalten die komplexen Tests mit SYNECT.

Wir hören es von vielen Kunden: Die Aufgaben wachsen in einem bisher nicht gekannten Maß und Tempo. Das verlangt auch von dSPACE ein ebenso schnelles Wachsen und Investitionen in die Zukunft. Diese Herausforderung nehmen wir an.

Dr. Herbert Hanselmann



IMPRESSUM

dSPACE MAGAZIN wird periodisch herausgegeben von:

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

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

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

Redaktionelle Mitarbeit an dieser Ausgabe:
Vitali Anselm, Dirk Berneck, Anne Geburzi, Gregor Hordys, Eva Hülshoff, Stefan Kern, Dr. Sascha Ridder, Dr. Gregor Sievers, Sven Walther

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

Gestaltung und Layout:
Jens Rackow, Sabine Stephan

Druck:
Media-Print GmbH, Paderborn

© 2017 dSPACE GmbH

Alle Rechte vorbehalten. Vollständige oder teilweise Vervielfältigung dieser Veröffentlichung ist nur mit schriftlicher Genehmigung und unter Angabe der Quelle gestattet. Die Produkte von dSPACE unterliegen fortwährenden Änderungen. Daher behält sich dSPACE das Recht vor, Spezifikationen der Produkte in dieser Publikation jederzeit ohne vorherige Ankündigung zu ändern.

dSPACE ist ein eingetragenes Warenzeichen der dSPACE GmbH in den Vereinigten Staaten und/oder in anderen Ländern. Eine Liste weiterer eingetragener Warenzeichen finden Sie unter www.dspace.com/go/warenzeichen. Andere Markennamen und Produktnamen sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der entsprechenden Unternehmen oder Organisationen.

Inhalt



NSK | SEITE

24

ELEKTRONISCHE
HOCHVOLTLAST | SEITE

44

3 EDITORIAL

Kundenanwendungen

6 SCHLUMBERGER

Intelligentes Bohren

Simulation extremer Umgebungsbedingungen für Steuergeräte

10 DENSO

Virtueller Modellbaukasten

Aufbau einer effizienten Werkzeugkette für die FMI-basierte Entwicklung

16 WEICHAI

Modelle für die Zukunft

Kundenspezifische Simulationsmodelle für hocheffiziente Lkw-Motorentechnologie

20 CONTINENTAL

Exakt dosiert

Aufbau eines Closed-Loop-Testsystems für präzise geregelte Kraftstoffinjektoren

24 NSK

Kraft im Rad

Entwicklung eines kompakten Radnabenmotors mit integriertem Getriebemechanismus

Produkte

28 HOCHAUTOMATISIERTES FAHREN

Die Vielfalt beherrschen

dSPACE Lösungen für hochautomatisiertes Fahren

34 SYNECT/TARGETLINK

Agile modellbasierte Entwicklung

Mit einer übergeordneten Datenhaltung effizient zur Serien-Software

38 SCALEXIO

Universelle Echtzeitplattform

SCALEXIO jetzt auch für Rapid Control Prototyping

44 ELEKTRONISCHE HOCHVOLTLAST
Spannend emuliert

Elektronische Hochvoltlasten für Motor- und Batterieemulation

48 RADARTESTPLATZ

Echte Echos im Labor

Test von Radarsensoren mit Hilfe realer Radarechos

Business

52 DSPACE STIFTUNGSLEHRSTUHL

Kooperierende Fahrzeuge

Professor Falko Dressler forscht an der Zukunft automotiver Vernetzung

56 TEAM STARKSTROM

Pistenstudium

Entwicklung eines autonomen Rennwagens für die Formula Student Driverless

Kurz notiert

58 Neue Hardware für die SCALEXIO-Systeme

59 TargetLink 4.3: Große Modelle voll unter Kontrolle

60 Ergebnisse der Umfrage zum dSPACE Magazin
Synchrones Einspeisen von Sensordaten in Kamerasteuergeräte

61 Kooperation von dSPACE und MdynamiX erweitert das Lösungsangebot für Fahrdynamiksysteme

62 MicroAutoBox Embedded PC mit noch mehr Leistung für rechenintensive Anwendungen

dSPACE an Bord

63 Twintec: Euro-6-Nachrüstungslösung

MOOG: Docking-System für Raumschiffe

Hochschule Ostfalia: Forschung an intelligenten Hybridfahrzeugen



PEFC zertifiziert

Dieses Produkt stammt aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern und kontrollierten Quellen

www.pefc.de

ClimatePartner[®]
klimaneutral

Druck | ID 53446-1708-1001



Simulation extremer Umgebungsbedingungen für Steuergeräte

Intelligentes Bohren

Temperaturen bis 200 °C, Drücke bis 1.500 bar und etliche tausend Meter unter der Erdoberfläche – mögliche Bedingungen in einer Erdöl- und Erdgaslagerstätte. Elektrische Regler müssen in diesem Umfeld robust und zuverlässig sein. Schlumberger setzt bei deren Entwicklung auf die MicroLabBox von dSPACE.

Tiefer, weiter und schneller sollen Bohrungen bei der Erschließung neuer Erdöl- und Erdgaslagerstätten in die Erdkruste vorgetrieben werden. Gleichzeitig werden die geologischen Verhältnisse neuer Lagerstätten immer schwieriger, denn die leicht zugänglichen Öl- und Gasvorkommen wurden bereits erschlossen. Dadurch steigen die Anforderungen an die Bohrtechnik. Schlumberger, weltweit eines der führenden Unternehmen für Serviceleistungen rund um die Erschließung und Förderung von Öl- und Gasfeldern, setzt auf innovative Bohrtechnik, um den Zugang zu bisher nicht erreichbaren Vorkommen zu ermöglichen. Das Unternehmen betreibt intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeit, um die Effizienz und Zuverlässigkeit der eingesetzten Geräte zu erhöhen.

Der Umweg zum Ziel

Seit einigen Jahrzehnten werden Erdöl und Erdgas dank Weiterentwicklungen in der Bohrtechnik nicht mehr nur mit Hilfe klassischer vertikaler

Bohrungen gefördert, sondern zunehmend auch über abgelenkte oder sogar horizontale Bohrungen. Ausschlaggebend sind dafür dreh- und lenkbare Systeme sowie Systeme, die während des Bohrvorgangs Daten ermitteln. Gerichtete Bohrverfahren sind zwar technisch anspruchsvoller, erhöhen im Gegenzug aber auch die Ausbeute und erlauben eine größere Flexibilität in Bezug auf den Standort der Bohrung. So können auch ansonsten nur schwer erreichbare Lagerstätten erschlossen werden. Oft genügt eine Anlage, mit der aus mehreren Bohrlöchern oder aus verschiedenen Lagerstätten gefördert werden kann, was gerade im Offshore-Bereich erheblich Kosten spart (Abbildung 1). Das horizontal gerichtete Bohren in stark geneigten Schichten birgt jedoch Risiken, da man auf undefinierte Boden- und Gesteinsschichten trifft. Wenn diese Schichten mit geringem Winkel durchbrochen werden müssen, können sie das Bohrloch bzw. den Bohrer ablenken und die Bohrrichtung fehlleiten. In diesen Fällen muss die Bohr-

anlage gestoppt und neu ausgerichtet werden. Beim intelligenten Bohren sind verstellbare Ablenkflächen (Steuerblock-Aktuatoren, Abbildung 2) dicht am Bohrkopf platziert. Eine aufwendige Steuerungselektronik sorgt dafür, dass deren Verstellung zu dem gewünschten Bohrverlauf führt.

Informationen aus der Tiefe

Diese Bohrsysteme können außerdem mit Modulen ausgestattet werden, mit denen Informationen über das umliegende Gestein, Flüssigkeiten und Gase bereits während des Bohrens gewonnen werden (Logging While Drilling, LWD). Früher konnten nur Daten wie Druck und Temperatur während des Bohrvorgangs ermittelt werden (Measurement While Drilling, MWD). Um die bestehende Bohrtechnik zu optimieren, nutzt Schlumberger eine Testumgebung aus dSPACE Werkzeugen, mit der sich die Regelalgorithmen für den Antrieb am Bohrkopf im Labor unter denselben Wärme-, Druck- und Feuchtigkeitsbedingungen entwickeln und optimieren lassen,

>>

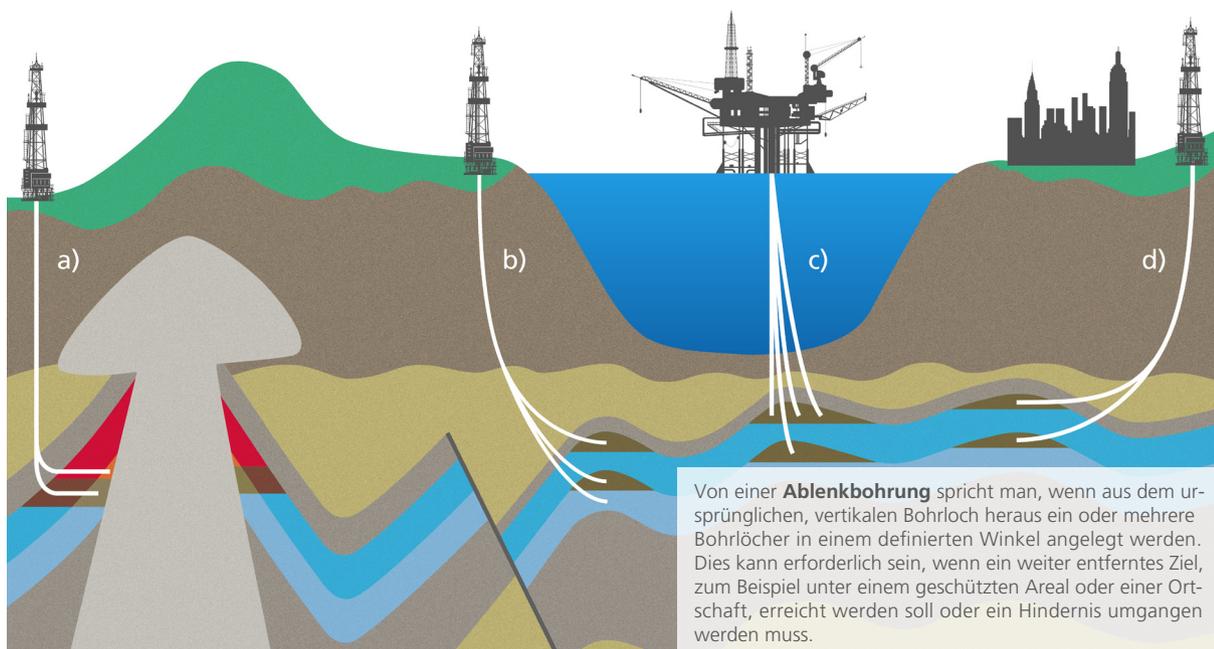


Abbildung 1: Beispiele für abgelenkte Bohrungen (rot: Erdgas, dunkelbraun: Erdöl): Umgehung eines geologischen Hindernisses (a), Förderung aus Lagerstätten, die nicht senkrecht unter einem Förderort liegen (a, b, d), Betrieb mehrerer Lagerstätten von einem Bohrloch aus (a, b, c, d), Betrieb mehrerer Bohrlöcher von einer Förderanlage (c).



die auch beim Bohrvorgang vorherrschen. „Mit Hilfe dieser neueren Testplattform erhalten die Ingenieure Echtzeitinformationen, auf deren Grundlage sie wichtige Entscheidungen hinsichtlich des weiteren Bohrverlaufs oder zonaler Produktionstests treffen können“, erklärt Dr. Mustafa K. Guven, Abteilung für elektrische Maschinen und Steuerungen bei Schlumberger.

Das Umfeld: Druck, Hitze, Erschütterungen

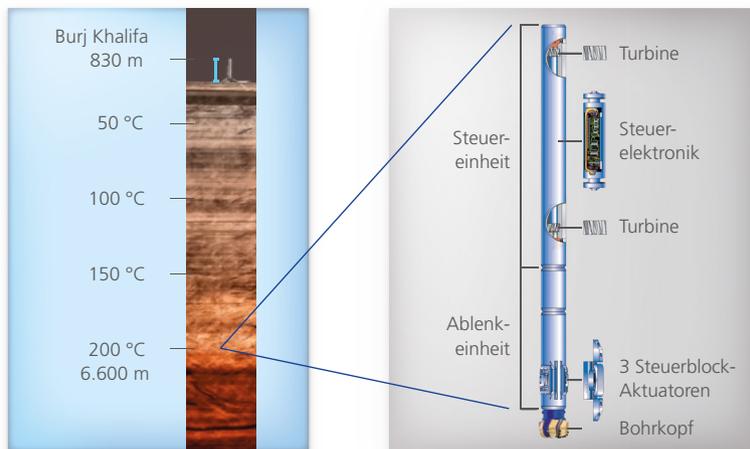
„Eine der größten Herausforderungen bei der Erschließung von Öl- und Gasvorräten sind die extremen Umgebungsbedingungen in der Lagerstätte“, so Guven. Hitze, Druck, Stöße und Vibrationen sowie geomechanische Beanspruchung beeinträchtigen die Lebensdauer der wertvollen elektronischen

Ausrüstung. Mehrere in der Nähe des Bohrkopfes angebrachte Messmodule übermitteln Daten zur Positions- und Lagerfassung des Bohrkopfes zeitnah an die Oberfläche und erlauben der Bohrmannschaft das punktgenaue Ansteuern der Lagerstätte. Die Zuverlässigkeit dieser Messmodule und der Steuergeräte ist dabei entscheidend. Fallen beim Bohren Steuergeräte oder Sensoren aus, so ist entweder ein zeitaufwendiger, kostenintensiver Ausbau des Bohrstranges unvermeidbar oder die übermittelten Daten sind so ungenau, dass die Lagerstätte gegebenenfalls nicht mehr zuverlässig angesteuert werden kann. Zusätzliche Kosten von mehreren Millionen Dollar oder das Scheitern des gesamten Bohrprogrammes rücken schnell in den Bereich des Möglichen.

Testen unter Lagerstättenbedingungen

Um das Risiko von Zeitverlusten und ausufernden Kosten zu mindern, setzt Schlumberger auf Engineering-Methoden wie die Auswirkungsanalyse (Failure Mode Effects Analysis, FMEA), Reliability Qualification Testing (RQT) und Computersimulation. Hierdurch lassen sich schon vorab die Wartungsanforderungen von Systemen, Komponenten und Prototypen bestimmen. Deshalb entwickelt Schlumberger zurzeit einen Testantrieb für das Labor: das D3S (Abbildung 3). D3S steht dabei für „DEMT Development Drive System“ und DEMT wiederum für „Down-hole Electric Machine Technology“. Es soll die Entwicklungs- und Testphase einzelner Komponenten und komplexer Systeme bestmöglich unterstützen. Das D3S ist ein flexibles Antriebssystem mit elektronischer Hardware der neuesten Generation. Als Werkzeug für das Rapid Control Prototyping (RCP) beinhaltet es eine dSPACE MicroLabBox. „Es bietet eine Plattform für das Testen und Optimieren der Regler-Software sowie zum Einstellen von Parametern in Echtzeit“, erklärt Guven.

Abbildung 2: Position der Steuerelektronik und der Steuerblöcke in der Nähe des Bohrkopfes.



Abgelenkte Tiefbohrungen – mit dSPACE auf den Punkt kommen

Die Herausforderung:

Extreme Rahmenbedingungen in einem nicht zugänglichen Umfeld verlangen robuste, zuverlässige Geräte, die im Einsatz wartungsfrei arbeiten können.

Die Lösung:

Erstellung einer Testplattform für die Entwicklung von Steuergeräten, bei der die Rahmenbedingungen in einer Lagerstätte während einer laufenden Bohrung simuliert werden können.

Der Vorteil:

Steuergeräte können risikofrei und ohne kostenintensive Ausbauten unter Arbeitsbedingungen im Labor entwickelt und getestet werden.

Aufbau einer effizienten Testplattform

Damit erreicht Schlumberger gleich mehrere Ziele. Die Plattform bestimmt die Leistung und das Verhalten von Motoren unter den Umgebungsbedingungen einer Erdöl- oder Erdgaslagerstätte, wobei unter anderem Parameter wie Drehmoment, Rotationsgeschwindigkeit und Wirkungsgrad ausgewertet werden. Außerdem testet und evaluiert sie Sensoren des Motorantriebes und generiert die Algorithmen für die Entwicklung des modellbasierten Steuergeräts. Dies soll laut Guven den Ingenieuren helfen, schon in frühen Phasen der Werkzeugent-



„Mehrere Kilometer unter der Erdoberfläche ist die Zuverlässigkeit aller Komponenten sehr wichtig, da jeder Fehler Millionenbeträge kostet. Die dSPACE MicroLabBox hilft dabei, die realen, oft extremen Bedingungen in großer Tiefe zu emulieren und unterstützt so das Testen und Validieren der Regler schon während der Entwicklung.“

Mustafa K. Guven, PhD, Chefingenieur bei Schlumberger Ltd., Sugar Land, TX, USA, ist in dem Projekt Elektrische Maschinen und Steuergeräte – 3MT verantwortlich für die Entwicklung eines neuen Werkzeugs für das Testen von Maschinen und Generatoren sowie für die Erstellung entsprechender Algorithmen für die Steuerung.

wicklung, noch bevor elektrische Antriebskomponenten zur Verfügung stehen, eine Validierung zu gewährleisten. Die MicroLabBox dient dabei nicht nur als Haupt-I/O-Schnittstelle für die Kommunikation peripherer Komponenten (Aktoren, Sensoren etc.), sondern auch als zentrale Recheneinheit zum Ausführen der Regler-Software. dSPACE Real-Time Interface (RTI) kommt für die modellbasierte I/O-Integration zum Einsatz und dSPACE ControlDesk für den

Zugriff auf Echtzeitanwendungen während der Laufzeit.

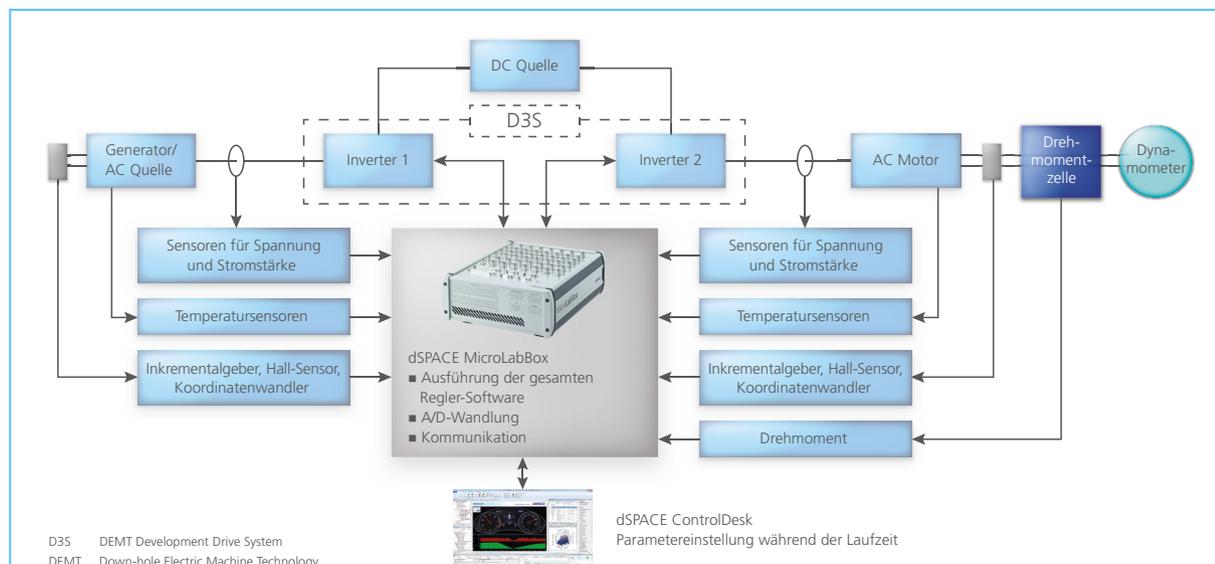
Testhürden nehmen

Vor dem Testantrieb D3S hatte Schlumberger keine Standard-Testplattform für neue elektromechanische Antriebe. Auch gab es keinen definierten Optimierungsprozess, mit dem Einzelaktionen koordiniert werden konnten. Zudem war wenig Steuerungselektronik vorhanden, die die Definition, die Evaluierung und die

Absicherung neuer Konzepte und Zusatzsysteme unterstützte. Durch das D3S, ausgestattet mit einer MicroLabBox, konnte Schlumberger viele dieser Herausforderungen erfolgreich bewältigen. Das D3S befindet sich derzeit in der Entwicklungsphase. Sobald sich das System bewährt hat, kommt es in jedem Projekt zum Einsatz, das ein elektromechanisches Antriebssystem benötigt. ■

Mit freundlicher Genehmigung der Schlumberger Limited

Abbildung 3: Systemkonfiguration des D3-Systems mit der MicroLabBox als zentralem Kommunikationssystem. Signale, die der Orientierung im Raum dienen (Inkrementalgeber, Hall-Sensor, Drehmomentaufnehmer und Koordinatenwandler) sind digital, Signale für Temperatur, Spannung und Stromstärke analog.





Virtueller Modell- baukasten

Aufbau einer effizienten Werkzeugkette
für die FMI-basierte Entwicklung

Functional Mock-up Interface

Functional Mock-up Interface (FMI) mit seinen Varianten FMI for Co-Simulation und FMI for Model Exchange ist ein offener Standard für den werkzeugübergreifenden Austausch und die gemeinsame Simulation von Streckenmodellen unterschiedlicher Anbieter. Beide Varianten des FMI-Standards können zum Austausch von Modellen verwendet werden,

jedoch weisen sie für bestimmte Anwendungsfälle unterschiedliche Vor- und Nachteile auf. Der Hauptvorteil von FMI for Model Exchange besteht darin, die Simulation von stark gekoppelten Systemteilen, zum Beispiel Komponenten-Submodellen einer Domäne, zu erleichtern, indem alle erforderlichen Informationen bereitgestellt werden, die ein exter-

ner zentraler Solver (Gleichungslöser) benötigt, um Simulationsergebnisse zu berechnen. FMI for Model Exchange verfügt daher über eine komplexe Schnittstelle, die ein hohes Maß an Kompatibilität und Informationsaustausch zwischen den Werkzeugen und Partnern in der Werkzeugkette erfordert. Im Gegensatz dazu reduziert die schlanke



Schon lange bevor erste Prototypen zur Testfahrt rollen, kann ein Fahrzeug bereits virtuell gefahren und getestet werden. Der FMI-Standard hilft den Entwicklern des Automobilzulieferers DENSO, solche virtuellen Testfahrten aus einem Mix unterschiedlichster Komponentenmodelle zu realisieren. Basis dafür sind Simulationsplattformen von dSPACE.

Moderne Fahrzeuge basieren auf komplexen Systemen, bei deren Weiterentwicklung oder Integration Wissen und Modelle aus unterschiedlichen Disziplinen und Domänen vereint werden müssen. Ein virtuelles Gesamtsystem, das möglichst alle Einzelsysteme beinhaltet, gewinnt daher bei der Fahrzeugentwicklung zunehmend an Bedeutung. Neben den technischen Herausforderungen fällt dabei zusätzlich ins Gewicht, dass der Markt immer kürzere Innovationszyklen erwartet. Die kurzen Time-to-Market-Zeiten stellen die Entwickler vor eine besondere Herausforderung: Frühzeitige Tests einzelner Systeme müssen im Systemverbund durchgeführt werden, ohne dass die Hardware und Software aller Systeme

fertiggestellt und miteinander integriert worden ist. Dies betrifft nicht nur die technischen Komponenten des Fahrzeugs, sondern auch die Umgebungsbedingungen und das Fahrerverhalten. Beide spielen eine wichtige Rolle für das Verhalten des Gesamtsystems.

Standardisierte Zusammenarbeit

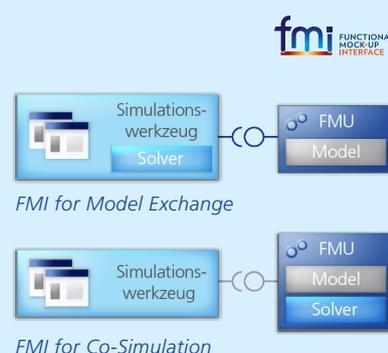
Ein Lösungsansatz besteht darin, die Streckenmodelle aller Komponenten und Systeme auf Gesamtsystemebene zu simulieren. Da die Modelle meist in heterogenen Formaten und Komplexitäten vorliegen, ist jedoch eine standardisierte Zwischenebene für die einfache Modellkomposition erforderlich. Zu diesem Zweck wurde der Standard Functional Mock-up Interface (FMI) etabliert, der es er-

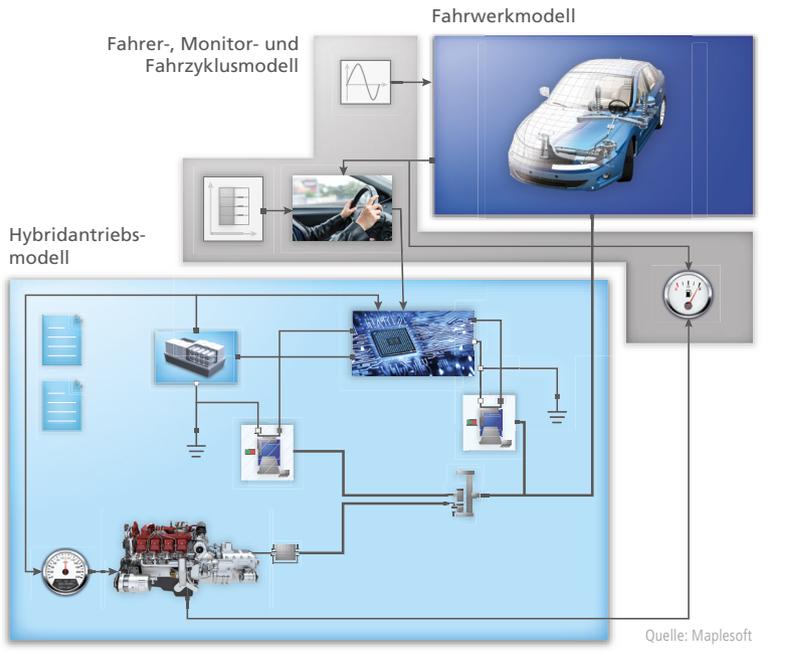
>>

Schnittstelle von FMI for Co-Simulation mögliche Kompatibilitätsprobleme in einer Werkzeugkette, die verschiedene Typen und Versionen von FMI-unterstützenden Werkzeugen beinhaltet, indem die Functional-Mock-up-Unit (FMU)-Funktionen einschließlich Solver-Implementierungen systematisch von den Funktionen des Importierwerkzeugs ge-

trennt werden. So können Co-Simulations-FMUs verifizierte Kombinationen von Solver-Code zusammen mit Modellcode transportieren und sie erleichtern die Kombination von Modellen unterschiedlicher physikalischer Domänen und Systemdynamiken.

www.dspace.com/go/fmi





Aufbau des kommerziellen Simulationsmodells eines Power-Split-HEV. Die markierten Bereiche geben an, in welche Domänenmodelle das Gesamtsystemmodell unterteilt ist.

laubt, Modelle aus unterschiedlichen Domänen über Werkzeuggrenzen hinweg auszutauschen und gemeinsam zu simulieren. Dazu werden die Modelle jeweils in Form einer standardisierten Functional Mock-up Unit (FMU) aufbereitet, welche die Modellimplementierung, ihre Metadaten

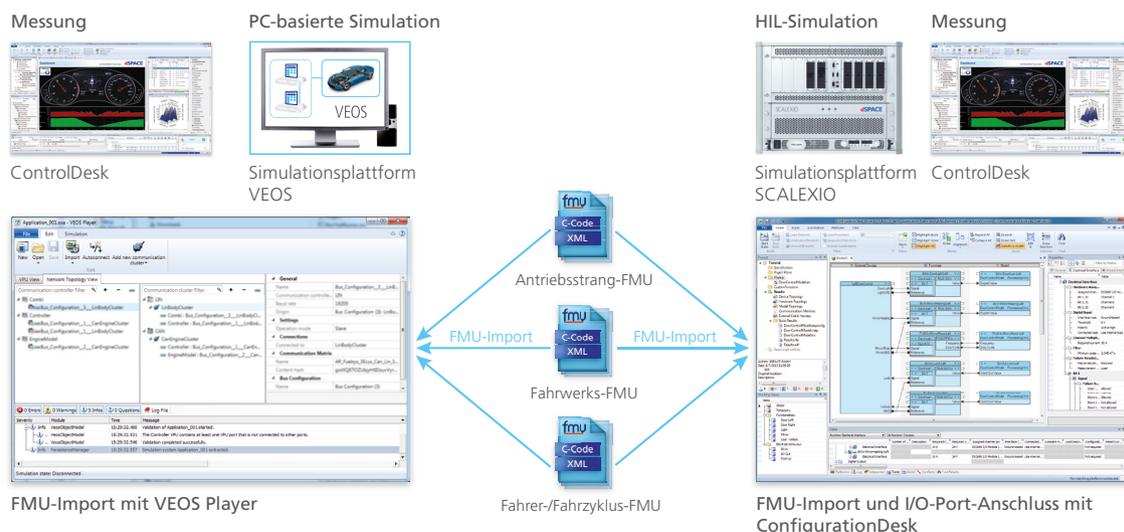
und die Implementierung der FMI-Schnittstelle enthält. Der Standard verfügt über die Varianten „FMI for Co-Simulation“ und „FMI for Model Exchange“, die beide den angestrebten Modellaustausch basierend auf unterschiedlichen technischen Ansätzen ermöglichen.

Evaluierung von FMI mit der installierten Werkzeugkette

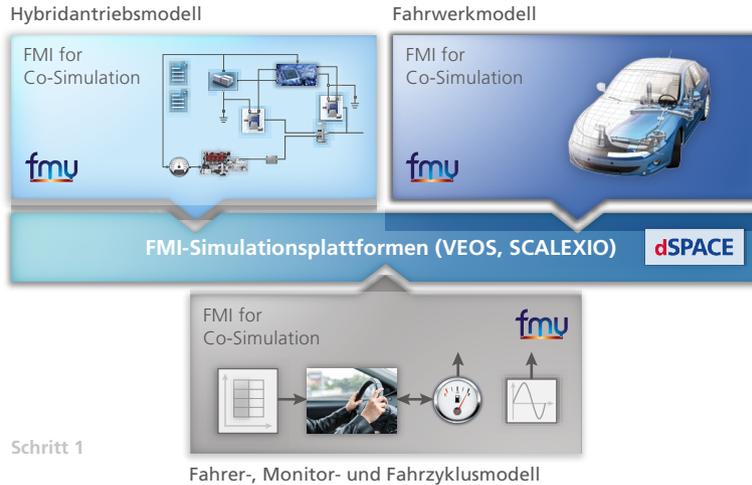
Das Ziel von DENSO war es, die Vorteile einer FMI-basierten Vorgehensweise für den Entwicklungsprozess zu untersuchen. Unter Berücksichtigung der bei DENSO installierten Werkzeugkette wurden dazu zwei wesentliche Vorgänge betrachtet:

- In Schritt 1 wurde untersucht, ob man ein in mehrere FMUs aufgeteiltes Gesamtfahrzeugmodell sowohl für die PC-basierte Simulation mit VEOS als auch mit der Hardware-in-the-Loop (HIL)-Plattform SCALEXIO unter Wiederverwendung der Projektbestandteile nutzen kann und dabei die zuvor bekannten Simulationsergebnisse des Gesamtfahrzeugmodells reproduziert. Die FMUs wurden gemäß dem Standard FMI for Co-Simulation aufgebaut.
- In Schritt 2 ist geplant, mehrere als FMUs modellierte Komponenten einer Fahrzeugdomäne – also eng gekoppelte Modellteile – gemäß dem FMI-for-Model-Exchange-Standard zu verschalten und das resultierende Domänenmodell dann wiederum als FMU gemäß

Die präparierten FMUs werden auf den Simulationsplattformen VEOS (links) und SCALEXIO (rechts) integriert.



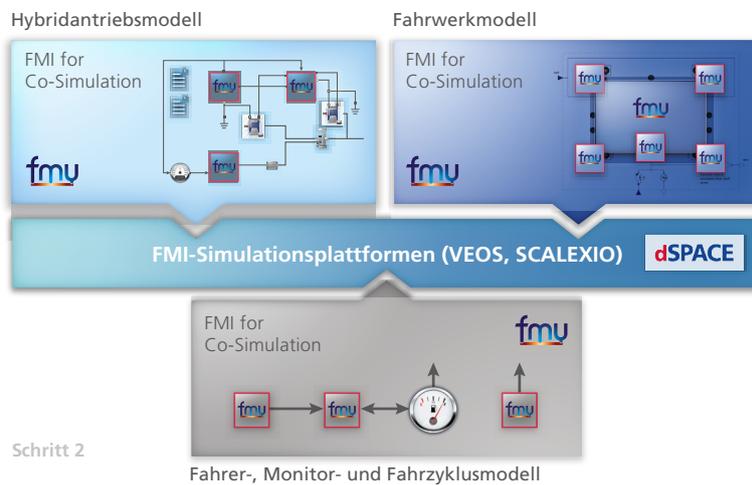
Oben: Die identischen FMUs können sowohl mit VEOS als auch mit SCALEXIO simuliert werden.
 Mitte: Im Gesamtsystemmodell werden einzelne Komponenten-Modellteile durch neue FMUs ersetzt (FMI for Model Exchange). Anschließend wird das in Domänen aufgeteilte Gesamtsystemmodell auf den Simulationsplattformen VEOS und SCALEXIO ausgeführt (FMI for Co-Simulation).
 Unten: Qualitative Darstellung und Vergleich der Simulationsergebnisse, die auf den Plattformen VEOS und SCALEXIO erzielt wurden, in dSPACE ControlDesk. In der Grafik: (1) Fahrzeuggeschwindigkeit, (2) Motordrehzahl, (3) Kraftstoffverbrauch, (4) Ladezustand.



dem Standard FMI for Co-Simulation zu exportieren. Anschließend wird geprüft, ob Schritt 1 möglich ist.

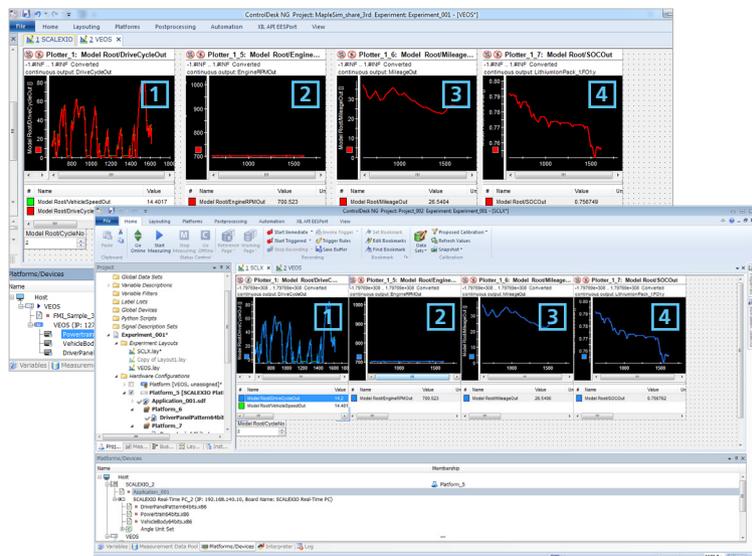
Das Evaluierungsmodell

Für die Untersuchung wurde ein kommerzielles Modell eines Power-Split-Hybrid-Fahrzeugs (Power-Split-HEV) aus der MapleSim-Bibliothek verwendet. Anhand dieses Modells lässt sich die Eignung des FMI-basierten Arbeitsablaufs für bereits vorhandene Gesamtfahrzeugmodelle darstellen. Für die weitere Betrachtung des Modells gelten folgende Definitionen:



- **Gesamtsystemmodell:** Das vollständige Fahrzeugmodell, bestehend aus mehreren FMUs.
- **Domänenmodell:** Modell eines funktionalen Bereichs, z. B. des Antriebsstrangs bestehend aus Verbrennungsmotor, E-Motor, Getriebe usw.
- **Komponentenmodell:** Modelle der Komponenten, die zusammen eine Domäne bilden, z. B. Getriebe.

Das Power-Split-HEV-Modell besteht aus den Komponentenmodellen eines Motors, eines Getriebes, einer Drosselklappe, eines einfachen Reglers, eines Motor-Generators, einer Batterie, eines Inverters, der Reifen, eines Differentialgetriebes und des Chassis.



>>

„Auf der Simulationsplattform dSPACE SCALEXIO konnten wir das aus mehreren Funktional Mock-up Units aufgebaute Modell eines Hybridfahrzeugs erfolgreich implementieren und in Echtzeit simulieren.“

Fumiyasu Shirai, DENSO

Präparieren der FMUs

Im ersten Schritt wurde das Gesamtsystemmodell in drei Domänenmodelle aufgeteilt, die entsprechend dem FMI-for-Co-Simulation-Standard als FMUs aufbereitet wurden. Die Unterteilung in Hybrid-System, Chassis, Fahrer/Fahrzyklus wurde vorgenommen, um jeder FMU auf einer SCALEXIO-Recheneinheit mit vier Prozessorkernen einen dedizierten Kern zu weisen zu können; der vierte Kern wird für die Kommunikation mit dem Host-PC verwendet.

Implementierung und Evaluierung der FMUs

Die aufbereiteten Domänen-FMUs wurden zunächst auf der PC-basierten Simulationsplattform VEOS und anschließend mit identischer Parametrierung auch auf dem HIL-Simulator SCALEXIO verwendet. Ziel war es, die korrekte Funktion

der FMUs sowie die Performance auf beiden Plattformen zu untersuchen. Alle durchgeführten Tests wiesen eine sehr hohe Übereinstimmung zwischen PC-basierter- und HIL-Simulation auf und deckten sich mit bekannten Simulationsergebnissen des Gesamtsystemmodells in MapleSim. Das komplexe, dynamische Modell kann somit erfolgreich in Echtzeit ausgeführt werden und die leistungsstarke SCALEXIO-Prozessorplattform verfügt noch über umfangreiche Reserven für komplexere Modelle, I/O-Anbindungen oder Bussimulationen.

Effiziente, durchgängige Entwicklung

Die eingesetzte dSPACE Werkzeugkette garantiert nicht nur eine konsistente Simulation sowie Parameterzugriffe auf beiden Simulationsplattformen, sondern auch die

reibungslose Zusammenarbeit mit weiteren Werkzeugen für den HIL-Test und die virtuelle Absicherung. Das heißt, die Entwickler können nicht nur die echtzeitfähigen FMUs wiederverwenden, sondern auch die dazugehörigen Tests und Experimente, basierend auf Werkzeugen wie dSPACE ControlDesk und AutomationDesk sowie dem XIL-API-Standard. Dadurch werden das FMI-Konzept der einfachen, unmittelbaren Wiederverwendung von Modellen sowohl für die virtuelle Absicherung als auch für den HIL-Test vervollständigt und ein effizienter, durchgängiger Entwicklungsprozess ermöglicht.

Weiterer Ausbau der FMI-basierten Vorgehensweise

Die Erfahrungen mit dem Power-Split-HEV-Modell werden von DENSO sukzessive in die Entwicklung der

„Die PC-basierte Simulationsplattform dSPACE VEOS ermöglicht die Vorverlagerung von komplexen, FMI-basierten Simulationen im Entwicklungsprozess.“

Nobuya Miwa, DENSO

FMI-Modelle für SCALEXIO-Mehrkernprozessoren

Echtzeitfähige Functional Mock-up Units (FMUs) einer Vielzahl von Modellierungstools sind direkt in SCALEXIO-basierte HIL-Projekte integrierbar. Die FMUs lassen sich zusammen mit weiteren FMUs und anderen unterstützten Modellformaten zu einem Gesamtmodell integrieren. Für eine optimale

Berechnungsperformance können den FMUs SCALEXIO-Rechenkerne zugewiesen werden. Hierbei unterstützt SCALEXIO mit dSPACE Release 2017-B auch die Ausführung mehrerer FMUs auf einem SCALEXIO-Rechenkern. Durch die konsequente Unterstützung des FMI-Standards mit SCALEXIO bie-

tet dSPACE ein offenes System zur Integration von Modellen aus unterschiedlichsten Quellen.

„Die durchgängige Werkzeugkette von dSPACE ermöglicht eine effiziente Vorgehensweise im FMI-basierten Entwicklungsprozess.“

Satoshi Koike, DENSO

Simulationsmodelle übernommen. Im Rahmen unternehmensübergreifender Fahrzeugentwicklungsprojekte lassen sich diese dann leicht mit anderen Projektbeteiligten austauschen. Ziel ist es, die vorhandenen Komponentenmodelle des zu entwickelnden Fahrzeugs als FMUs gemäß dem FMI-for-Model-Exchange-Standard aufzubereiten und diese dann nach dem FMI-for-Co-Simulation-Standard zu einer Domänen-FMU zusammenzufassen. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, die Vorteile der zwei Varianten des FMI-Standards zu kombinieren und so den Aufbau eines flexiblen, echtzeitfähigen und numerisch stabilen Gesamtsystemmodells zu realisieren. ■

*Satoshi Koike, Nobuya Miwa,
Fumiyasu Shirai,
DENSO CORPORATION*

Auf einen Blick

Die Aufgabe

- Evaluierung einer FMI-basierten Vorgehensweise im Entwicklungsprozess
- Einsatz von Teilmodellen aus potentiell unterschiedlichen Quellen, um ein vollständiges automotives Gesamtsystem zu simulieren

Die Herausforderung

- Implementierung der FMI-basierten Vorgehensweise auf der installierten Werkzeugkette
- Gewährleistung eines effizienten Entwicklungsprozesses

Die Lösung

- Integration von FMUs auf den Simulationsplattformen VEOS (MIL/SIL-basiert) und SCALEXIO (HIL-basiert)
- Effiziente Wiederverwendung der Projektdaten mit durchgängiger, offener dSPACE Werkzeugkette

FMI/FMU: Functional Mock-up Interface/Unit
MIL/SIL/HIL: Model-/Software-/Hardware-in-the-Loop



Satoshi Koike

Satoshi Koike ist Projektleiter in der Abteilung Process Development & Engineering der Electronics Platform R&D Division bei der DENSO CORPORATION in Aichi, Japan.



Nobuya Miwa

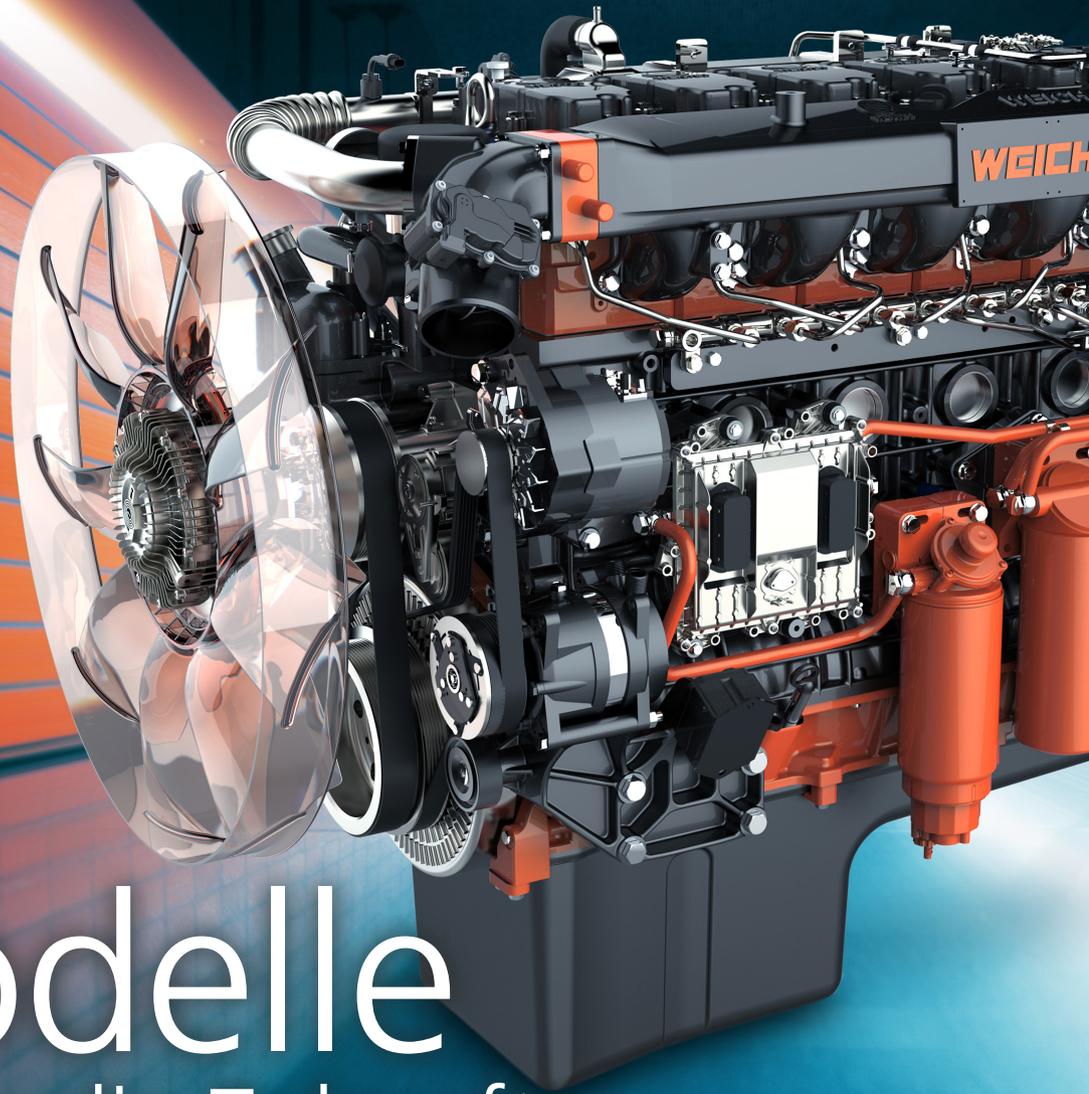
Nobuya Miwa ist Projektleiter im 2nd R&D Departement der Electronics Platform R&D Division bei der DENSO CORPORATION in Aichi, Japan.



Fumiyasu Shirai

Fumiyasu Shirai arbeitet im 2nd R&D Departement der Electronics Platform R&D Division bei der DENSO CORPORATION in Aichi, Japan.

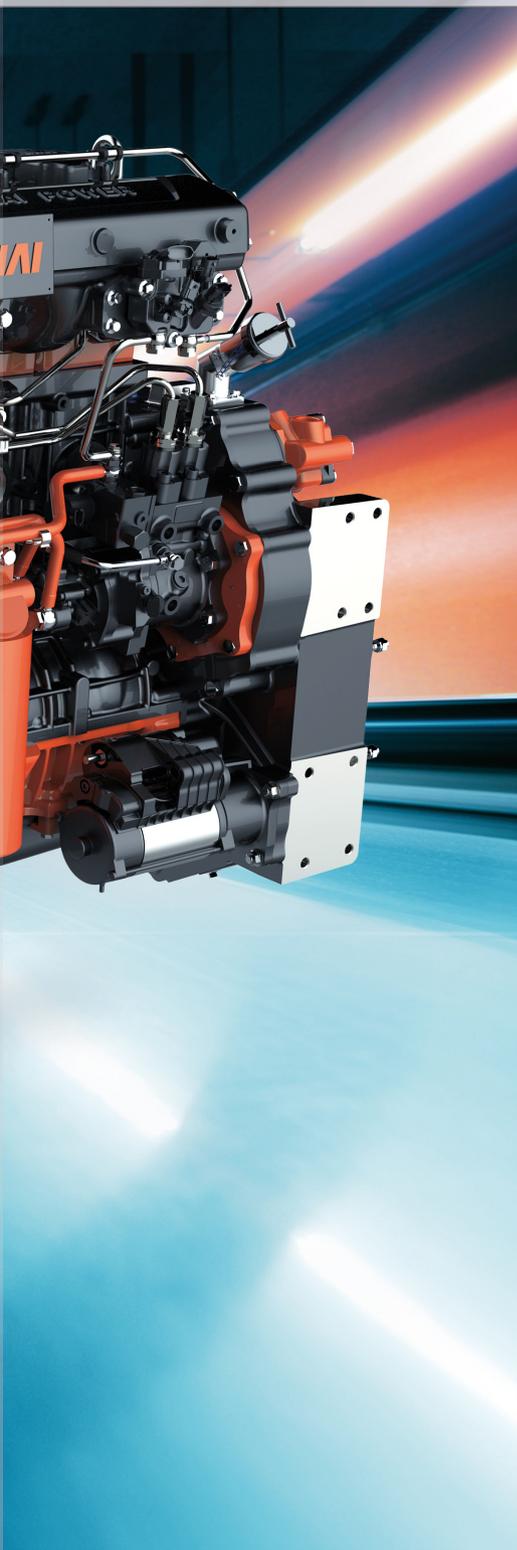




Modelle für die Zukunft

Kundenspezifische Simulationsmodelle für
hocheffiziente Lkw-Motorentechnologie

Um neuen Anforderungen an das Abgasverhalten von Verbrennungsmotoren Rechnung zu tragen, müssen sich auch ihre Entwicklungs- und Testumgebungen stetig weiterentwickeln. Für neue Motorgenerationen setzt Weichai daher auf die dSPACE Automotive Simulation Models und dSPACE SYNECT.



Da die Schadstoffregularien für Pkw und Lkw immer strenger werden, wird auch die Regelstrategie von Dieselmotoren immer komplexer. Neben Drehzahl und Drehmoment müssen immer mehr schadstoffrelevante Faktoren, beispielsweise Einspritzmenge, Stickoxide und Partikelemissionen, immer genauer erfasst und geregelt werden. Um die Anforderungen der EURO-VI-Norm zu erfüllen, führt der chinesische Motorenhersteller Weichai für seine bestehenden Euro-IV/V-Motoren umfangreiche technische Neuerungen ein (Abbildung 1). Um diese auch in einer Hardware-in-the-Loop (HIL)-Testumgebung akkurat abbilden zu können, mussten die entsprechenden Simulatoren zur Absicherung der Steuergeräte an die neuen Funktionen angepasst werden.

Modelle und Parametrierung

Für die Motormodellierung setzte Weichai, neben eigenen Modellen, auf die Automotive Simulation Models (ASM) von dSPACE, zum Beispiel auf die echtzeitfähigen ASM-InCylinder-Modelle. Damit können nicht nur der Druck und die Temperatur in den Zylindern von Dieselmotoren simuliert werden, sie ermöglichen auch spezifische Berechnungen für die Einspritzung, beispielsweise eine unmittelbare Berechnung des Raildrucks (Abbildung 2). Durch ihre Eigenschaft als offene Modellbibliotheken konnten sie vom dSPACE Engineering Service exakt an die technischen Anforderungen der neuesten Motorgeneration von

Weichai angepasst werden. Das ASM-InCylinder-Modell kann zudem so parametrierbar werden, dass es verschiedene Varianten von Dieselmotoren abbildet (Abbildung 3). Diese umfassen beispielsweise Reihenmotoren mit einem Kraftstoffsystem, einem Luftstrom und einem Abgasstrom, V-Motoren mit zwei Luft- und Abgasströmen sowie V-Motoren mit zwei Luftströmen und einem Abgasstrom. So ist es für Weichai nicht mehr nötig, bei einem Wechsel der Motorvariante die gesamte Modellstruktur zu ändern, es müssen lediglich wenige Parameter angepasst werden.

Flexibilität

Neben den HIL-Tests für Dieselmotorsteuergeräte erweiterte Weichai die HIL-Simulatoren auch für die Entwicklung und den Test von Steuergeräten alternativer Antriebe. Dazu zählen unter anderem Hybridantriebe sowie Erdgas (CNG)-Motoren, welche die chinesischen Abgasvorschriften China IV und China V erfüllen und in kleinerer Stückzahl produziert werden. Das für die CNG-Motoren verwendete Simulationsmodell basiert auf dem ASM-InCylinder-Gasoline-Modell, in dem die Kraftstoff- und Zündsysteme sowie die Luftströme jeweils an die realen Gegebenheiten der Weichai-Aggregate angepasst wurden. Für die Verwendung des Modells in den HIL-Tests war lediglich ein geringer Aufwand für Inbetriebnahme und Parametrierung erforderlich. Ähnlich gestaltete sich die Entwicklung der HIL-Plattform für den

>>

„Mit Hilfe der dSPACE HIL-Plattform und der Tool-suite ASM konnten wir die umfangreichen und herausfordernden Steuergerätestests für die Euro-VI-Motoren unserer Flotte erfolgreich umsetzen.“

Hengfeng Yu, Weichai Technology Research Institute

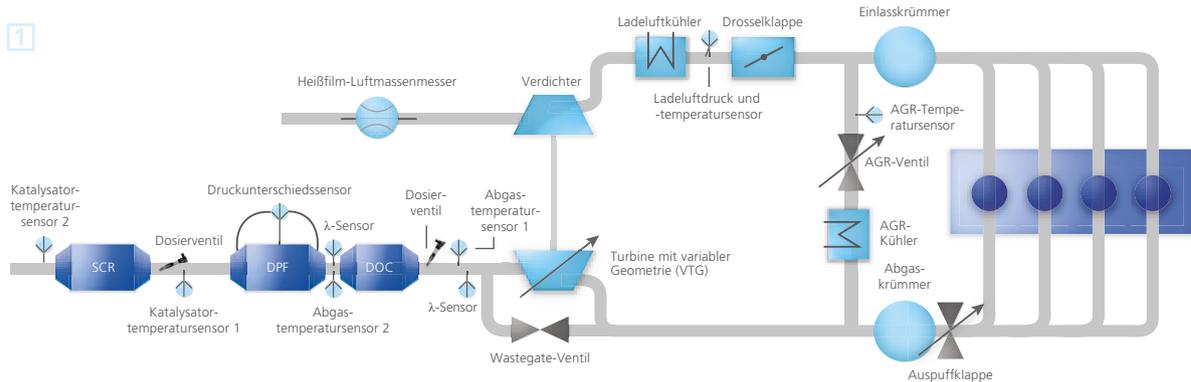


Abbildung 1: Technische Skizze des Euro-VI-Dieselmotors von Weichai: Um die strengeren Abgasvorschriften einzuhalten, müssen verschiedenste Komponenten präzise geregelt werden. Dazu zählen die Drosselklappe, das Abgasrückführventil (AGR-Ventil), die variable Turbinengeometrie (VTG) des Turboladers, der Dieseloxidationskatalysator (DOC), der Dieselpartikelfilter (DPF) und die selektive katalytische Reduktion (SCR) der Motorabgase.

„Mit dSPACE SYNECT gelang uns eine deutliche Vereinfachung der Modellverwaltung und des Testmanagements.“

Yupeng Wang, Weichai Technology Research Institute

Steuergerätetest der Verbrennungsmotoren von Hybridantrieben (Abbildung 4). Auch hier konnte mit den ASM-Bibliotheken und dem dSPACE Real-Time Interface (RTI) die Effizienz in der Entwicklung gesteigert werden, was sich bei neuen Produkten bereits in einer deutlich verkürzten Markteinführungszeit bemerkbar macht.

Testmanagement

Die insgesamt hohe Vielfalt der Streckenmodelle, Testfälle und Testpläne erschwerte bislang die Verwaltung der HIL-Testplattform bei Weichai.

Aus diesem Grund kommt hier mittlerweile ein zentrales Datenmanagement mit dSPACE SYNECT zum Einsatz, um die Entwickler bei ihrer täglichen Arbeit zu unterstützen (Abbildung 5). Weichai verwaltet darin alle HIL-Streckenmodelle, von Dieselmotoren und Erdgasmotoren über Parallel- und Power-Split-Hybridantriebe bis hin zu Fahrdriven für Baumaschinen. Auch für Tests mit ein und demselben Steuergerät können die Testanforderungen, Testpläne und Testfälle zwischen den einzelnen Entwicklungsphasen variieren. Weichai

bereitete daher für alle Funktionen spezielle Testfälle vor und erstellte eigene Testpläne, um einen effizienten Testprozess zu realisieren. In SYNECT fassten die Ingenieure alle notwendigen Daten in speziellen Testprojekten für jedes entwickelte Steuergerät zusammen, von den grundlegenden Testplänen bis hin zu den finalen Berichten zum Ausgang der unterschiedlichen Tests. Letztere sind vor allem hilfreich, wenn es darum geht, den Teststatus, den Testfortschritt und die Testqualität zu bewerten. Um den Zugriff auf die einzelnen Daten der HIL-Tests zu regle-

Yupeng Wang

Yupeng Wang ist Leiter der Abteilung Test Validation am Weichai Technology Research Institute in Weifang, China.



Hengfeng Yu

Hengfeng Yu arbeitet als Ingenieur in der Abteilung Test Validation am Weichai Technology Research Institute in Weifang, China.



Abbildung 2: Das vom dSPACE Engineering Service für den Kunden angepasste Modell ermöglicht unter anderem nun eine unmittelbare Raildruckberechnung.

Abbildung 3: Das ASM-InCylinder-Modell kann so parametrisiert werden, dass es verschiedenste Bauformen von Verbrennungsmotoren darstellt.

Abbildung 4: Aufbau der HIL-Testplattform für Hybridantriebssteuergeräte von Weichai.

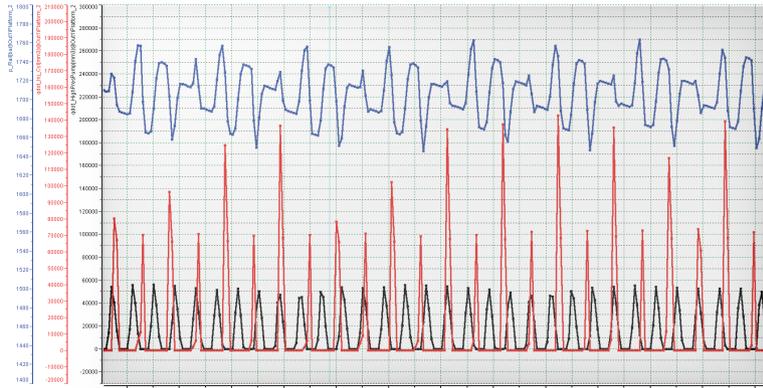
Abbildung 5: dSPACE SYNECT hilft den Entwicklern bei Weichai bei der Verwaltung der umfangreichen Test- und Modelldatensätze.

mentieren, definierte Weichai unterschiedliche Rollen für den Teamleiter sowie für alle beteiligten Ingenieure, denen SYNECT ganz individuelle Lese- und Schreibrechte für das HIL-System, für den Testfall und für die Testimplementierung ermöglichte.

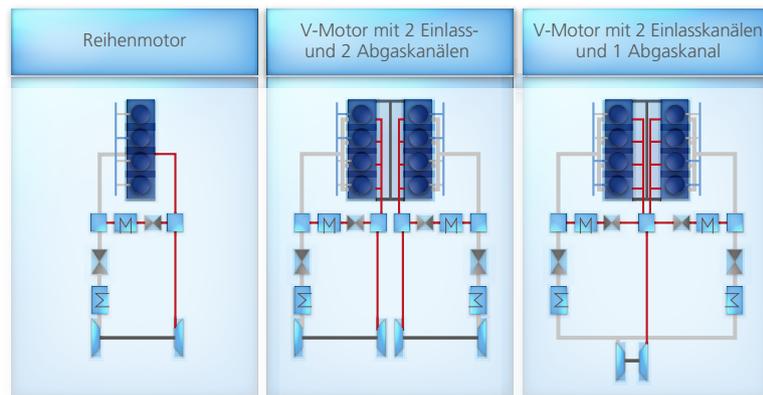
Fazit und Ausblick

Mit der dSPACE HIL-Plattform konnte Weichai alle Anforderungen an den Steuergerätest der Euro-VI-Motoren erfolgreich erfüllen. Mit Hilfe des dSPACE Engineering Services gelang es dabei auch, speziellere Anforderungen in ein kundenspezifisches Modell umzusetzen. Die an verschiedene Modellvarianten anpassbaren dSPACE ASM-Modelle ließen sich hierbei problemlos in die von Weichai selbst entwickelten Modelle integrieren. Der Einsatz von dSPACE SYNECT sorgte darüber hinaus für eine deutliche Vereinfachung der Modellverwaltung und des Testmanagements. In der Folge war es für die Ingenieure ein Leichtes, mit den Werkzeugen von dSPACE auch eigene Prozesse für die Entwicklung von Streckenmodellen und die Parametrierung zu etablieren. Letztendlich verschafft die dSPACE HIL-Plattform Weichai eine enorm gesteigerte Flexibilität, die nicht nur die Marktreife neuer konventioneller Verbrennungsmotoren beschleunigt, sondern auch für alternative Antriebe wie Erdgas- und Hybridantriebe bestens gerüstet ist. ■

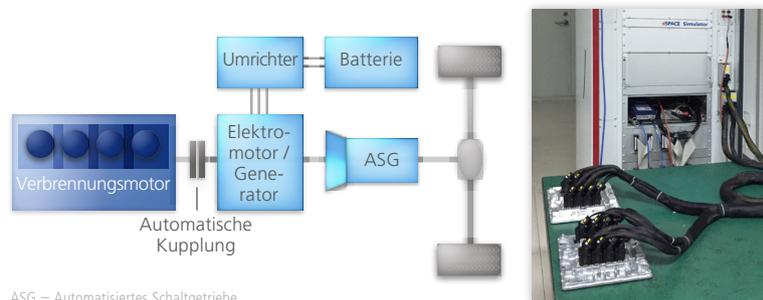
Yupeng Wang, Hengfeng Yu,
Abteilung Test Validation,
Weichai Technology Research Institute



2



3



ASG = Automatisiertes Schaltgetriebe

4

5



Aufbau eines Closed-Loop-Testsystems für präzise geregelte Kraftstoffinjektoren

Exakt dosiert

Bei Benzinmotoren ist eine optimale Gemischaufbereitung die Voraussetzung für eine effiziente Verbrennung. Mit einem neuen geregelten Einspritzverfahren stellt Continental sicher, dass über die gesamte Lebensdauer des Motors immer die exakt benötigte Kraftstoffmenge dosiert wird. Ein Testsystem von dSPACE ermöglicht eine präzise Prüfung im Labor.



Schärfere Emissionsgesetze führen zu neuen Herausforderungen bei der Entwicklung von Ottomotoren. Daher sind neue innovative technische Ansätze erforderlich, um einen wesentlichen Beitrag zur Einhaltung von Emissionsgrenzwerten zu leisten. Ein für die optimale Gemischaufbereitung und damit für die effiziente Verbrennung besonders relevanter Aspekt ist die exakte Dosierung der benötigten Kraftstoffmenge. Verwendet werden dafür elektrisch angesteuerte Injektoren, über deren Öffnungs- und Schließzeiten sich die Kraftstoffmenge bestimmt. Über die Zeitdauer und die Stromstärke der Injektoransteuerung wird der Einspritzverlauf beeinflusst. Auch der Kraftstoffdruck trägt zum Heben der angesteuerten Injektornadel bei. Die bisherigen klassischen Einspritzverfahren setzen auf eine vorgesteu-

erte Einspritzung, bei der Öffnungs- und Schließzeitpunkt der Injektoren vom Motorsteuergerät vorgegeben sind. Mechanische Fertigungstoleranzen und Alterungsprozesse lassen sich damit jedoch nicht erfassen und korrigieren. Dadurch variieren mit der Zeit die tatsächlichen Öffnungszeiten der Injektoren, wodurch Zu- und Abweichungen entstehen. Beim Automobilzulieferer Continental wurde nun ein Verfahren entwickelt, mit dem sich die Öffnungszeiten und damit die Einspritzmengen exakt messen und auch regeln lassen.

Präzise Einspritzung mit COSI

Das sensorlose Auswerteverfahren Controlled Solenoid Injection (COSI) dient insbesondere dazu, den Schließzeitpunkt des Injektors zu detektieren. Grundlage dafür ist die positionsabhängige Induktivität, gebildet von der Injektorspule und der ein- und ausfahr-

enden Injektornadel. Beim Anschlag der Nadel in den Nadelsitz lässt sich an der Spule ein charakteristischer Stromverlauf messen. Die Differenz zwischen gewünschter und gemessener Schließzeit dient einem Regler als Regeldifferenz zur Festlegung der Öffnungszeit im nächsten Arbeitsspiel. Diese Regelung ermöglicht selbst kleinste Einspritzmengen mit minimalen Toleranzen. Dadurch wird die Präzision der Benzineinspritzung signifikant verbessert und das Brennverfahren stabilisiert. Beide Aspekte bleiben per adaptiver Regelung über die gesamte Lebensdauer der Bauteile erhalten.

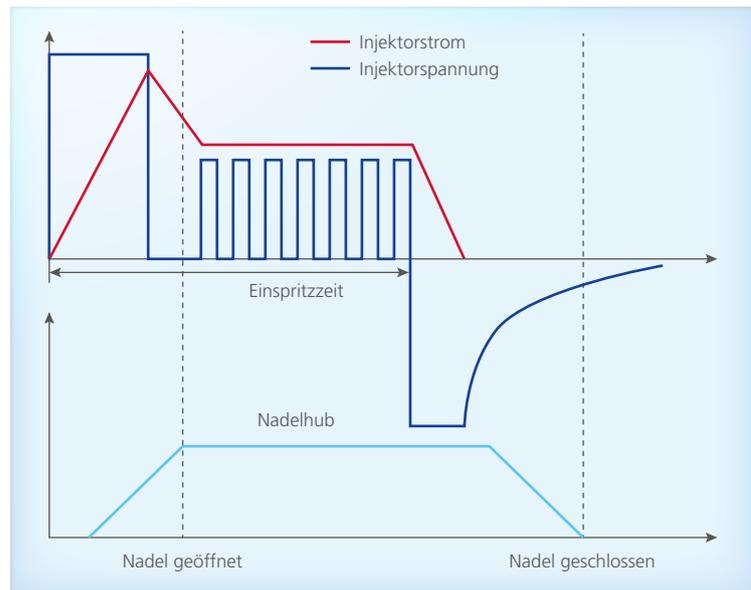
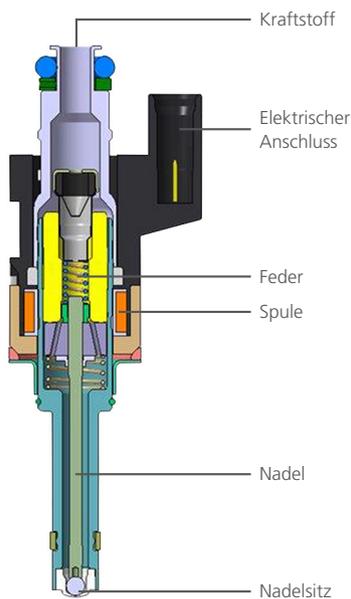
Anforderungen an die Absicherung

Bei der Validierung der Steuergeräte mit COSI-Funktion sind funktionale Software-Tests in Bezug auf die Erkennung der Injektor-Öffnungszeiten erforderlich. Dazu müssen die charakteristischen Spannungs- und Stromkurven eines sich unter Druck befindlichen Injektors nachgebildet werden. Der Einsatz von Ersatzlasten oder Echtteilen ist dafür nicht hinreichend, da diese üblicherweise trocken, das heißt ohne Kraftstoff betrieben werden und dabei keine durch die Kraftstoffeinspritzung verursachten Druckschwankungen im Ansaugrohr beziehungsweise im Zylinder auftreten. Es bedarf also einer Lösung, die das Verhalten des Injektors unter Berücksichtigung des Betriebsdrucks zu jedem Arbeitspunkt des Motors in Echtzeit nachbildet. Die besondere Herausforderung sind hierbei die extrem kurzen Öffnungszeiten der Injektoren von nur wenigen Millisekunden. Da im Kleinstmengenbereich auch geringe Varianzen der eingesetzten Bauteile relevant sind, muss die Testlösung bezüglich deren Abbildung hinreichend flexibel, aber auch einfach handhabbar sein.

Test mit virtuellen Injektoren

Die Validierung von Motorsteuergeräten erfolgt typischerweise mit Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulatoren. Daher war es naheliegend, für den Test der COSI-Funktion eine Er-

>>



Links: Aufbau eines Hochdruckmagnetinjektors: Die Spule und die sich darin bewegende Nadel (Eisenkern) bilden eine variable Induktivität. Rechts: Idealisierte Darstellung von Injektoransteuerung, Nadelhub und Einspritzzeit.

weiterungslösung für HIL-Simulatoren anzustreben. Aufgrund der kurzen Zeiten, in denen sich hochdynamische Vorgänge abspielen, kann das Injektorverhalten nur mit einem Field Programmable Gate Array (FPGA) hinreichend schnell berechnet werden. Für die im Testfeld aufgebauten dSPACE SCALEXIO-HIL-Systeme bot sich daher eine Lösung an, die aus einem FPGA-Board (DS2655) und je einer elektronischen Last (EV1139) pro Injektor besteht. Die elektronische Last ist als galvanisch getrennte und damit von der Betriebsspannung unabhängige Schnittstelle zum Steuergerät ausgelegt. Zusammen mit dem per FPGA-Modell berechneten Injektorverhalten mit induktiver elektrischer Charakteristik emuliert sie so die Ströme und Spannungen des Injektors, der an das Steuergerät angeschlossen ist. Dabei

lässt sich das offene Modell von dSPACE exakt an die Injektoreigenschaften anpassen. Dieser Aufbau unterstützt unter anderem Tests zur elektrischen Fehlersimulation wie Kurzschlüsse und Kabelbrüche. Mit ihm können aber auch funktionale Fehler generiert und dabei das Systemverhalten bis hin zu den Emissionswerten untersucht werden. Dazu lassen sich beispielsweise auch die Zeitpunkte für zu frühes oder zu spätes Öffnen und Schließen manipulieren. Darüber hinaus ist es möglich, die Einflüsse von Bauteilvarianzen und -alterung durch die Parametrierung der entsprechenden Modellbestandteile schnell per Simulation zu überprüfen.

Der Einsatz im Projekt

Der Aufbau des Testsystems wurde gemeinsam von Continental und dSPACE

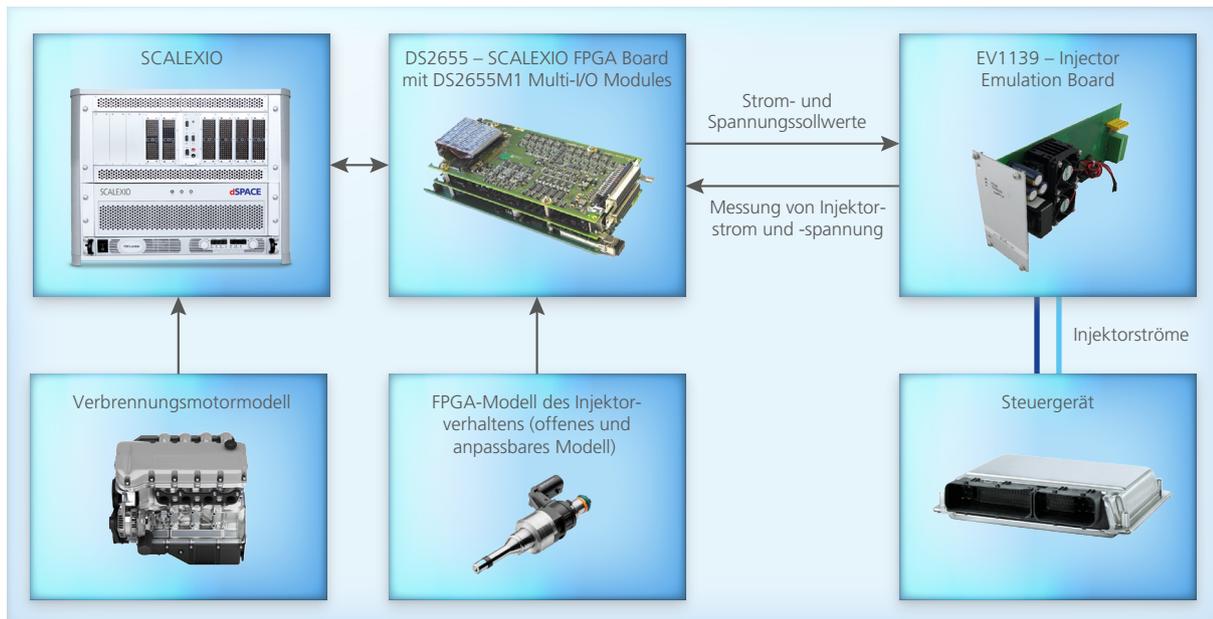
vorangetrieben. Am Anfang standen die Informationsbeschaffung, die Klärung patentrechtlicher Fragen und die Erstellung eines Lastenheftes. Auf dieser Basis konnte ein leistungsfähiger Prototyp entwickelt werden. Dabei erhielten die Entwickler von dSPACE Zugriff auf vollständig eingerichtete SCALEXIO-Simulatoren und Steuergeräte, um die neue COSI-Testlösung zu integrieren. Während der Inbetriebnahme wurde das Testsystem für weitere Testaufgaben optimiert:

- Präzise Einfach- und Mehrfacheinspritzungen
- Exakte Verschiebung der Schließzeitpunkte
- Parallele Einspritzungen auf zwei Zylinderbänken

Das erfolgreich abgestimmte Testsystem ist mittlerweile fest in den Absi-

„Das sensorlose Auswerteverfahren Controlled Solenoid Injection führt zu hohen Anforderungen an den Steuergerätestest. Mit dem Simulator SCALEXIO und seinen Erweiterungslösungen können wir die hochdynamischen Vorgänge präzise darstellen und so die Steuergeräte zuverlässig absichern.“

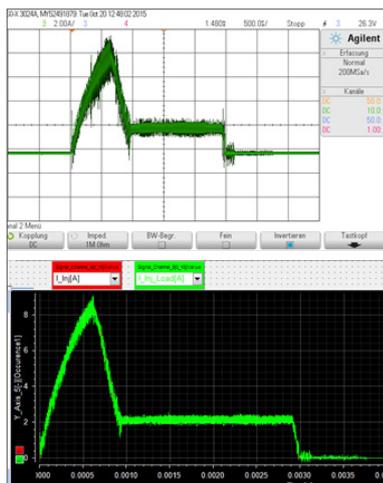
Michael Mench, Continental



Prinzipaufbau des SCALEXIO-HIL-Simulators für die Injektorsimulation: Der Verbrennungsmotor wird auf der SCALEXIO Processing Unit gerechnet, die Simulation des Injektors erfolgt mit einem FPGA-Board, das berechnete und gemessene Signale mit der elektronischen Last EV1139 austauscht. Für das Motorsteuergerät verhält sich die Last exakt wie ein realer Injektor.

cherungsprozess für Motorsteuergeräte integriert. Es verfügt über die erforderliche Flexibilität und Leistungsfähigkeit, um die korrekte Funktion der Motorsteuergeräte mit COSI-Funktion im geschlossenen Regelkreis zu verifizieren und Anforderungen an die Steuergeräte-Software zu validieren.

Abbildung 4: Vergleich von gemessener (oben) sowie simulierter und mit dSPACE ControlDesk dargestellter Injektorspannung (unten). Die hohe Übereinstimmung der beiden Kurvenverläufe ist auf Anhieb zu erkennen.



Dabei können auch Diagnosefunktionen der Steuergeräte geprüft werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Der Einsatz von geregelten Kraftstoffinjektoren führt zu neuen Herausforderungen bei der Validierung der Steuergeräte. Um die Regler zu testen und abzusichern, haben Continental und dSPACE eine neue Testlösung konzipiert. Dabei wird das Verhalten des Injektors simuliert und seine realen Ströme werden emuliert. Die Basis dafür bilden eine schnelle FPGA-basierte

Recheneinheit und eine elektronische Last. Sie ermöglicht den Betrieb der Steuergeräte im geschlossenen Regelkreis und damit eine flexible Untersuchung im Labor. Aktuell dient das Testsystem bei Continental zur Validierung der aktuellen Motorsteuergerätegeneration. Aufgrund der hohen Flexibilität des Aufbaus kann es aber auch mühelos zur Entwicklung zukünftiger Steuergerätefunktionen eingesetzt werden. ■

Michael Mench, Alexander Zschake, Continental

Michael Mench

Michael Mench ist zuständig für die Validierung von Einspritzsystemen bei Continental in Regensburg, Deutschland.



Alexander Zschake

Alexander Zschake ist zuständig für die Validierung von Einspritzsystemen bei Continental in Regensburg, Deutschland.



NSK, der japanische Komponentenhersteller mit Stammsitz in Tokio, zu dessen Hauptprodukten Lager und Fahrzeugteile gehören, hat Ende 2016 einen neuen Radnabenmotor mit besonders effizientem Getriebemechanismus vorgestellt (Abbildung 1). Mit diesem Motortyp lassen sich hohe Fahrleistungen bei vergleichsweise geringer Motorgröße realisieren. Ziel von NSK ist dabei nicht die Serienproduktion des Motors als Ganzes, sondern vielmehr die Etablierung der Einzelkomponenten auf dem Markt. Das sind in erster Linie Radlager mit eingebautem Untersetzungsgetriebe, Einwegkupplungen, kleine Wälzlager und korrosionsbeständige Lager.

Mehr Sicherheit und Komfort, bessere Umweltbilanz

Weil Radnabenmotoren direkt am Rad montiert sind, entfallen die bei „klassischen“ Fahrzeugen mit zentralem Motor erforderlichen Antriebsstrangkomponenten. Damit reduziert sich das Fahrzeuggewicht, was wiederum zu einem sinkenden Energieverbrauch führt und so die Umweltbilanz verbessert. Gleichzeitig wird der Komfort im Fahrzeug verbessert – durch den hinzugewonnenen Platz im Fahrzeuginnenraum, zum Beispiel durch Wegfall des Kardantunnels bei Hinterradantrieb. Auch die Fahrsicherheit erhöht sich, denn der Antrieb der Räder lässt sich sehr viel direkter und individueller für jedes Rad steuern, als das bei einem zentralen Verbrennungsmotor mit den üblichen Antriebsstrangkomponenten möglich ist.

Hohe Leistungsanforderungen bei kleiner Motorgröße

In der Entwicklungsphase musste sich NSK einer Reihe von Herausforderungen stellen, wobei eine der wesentlichsten darin bestand, den Motor trotz der hohen Leistungsanforderungen möglichst klein zu halten. Denn um sämtliche Alltagssituationen zu meistern, muss der Motor beim Beschleunigen und Bergauffahren ein großes Drehmoment bei vergleichsweise kleinen Drehzahlen liefern, wohingegen bei Autobahnfahrten maximale Drehzahlen bei vergleichsweise geringem Drehmoment benötigt werden. Weil dieses Anforderungsspektrum schnell zu Lasten der Motorgröße geht, fokussierte NSK die Entwicklungsarbeit auf die Verkleinerung des Radnabenmotors und seiner Komponenten.

Die Lösung: Radnabenmotor mit Getriebemechanismus

Auf der Suche nach einer platzsparenden Lösung hat NSK einen Radnabenmotor mit integriertem Getriebemechanismus entwickelt. Der neuartige Antrieb besteht aus zwei Motoren, zwei Planetengetrieben und einer Einwegkupplung (Abbildung 1). Mit diesem Aufbau lassen sich sowohl die geforderten hohen Drehmomente als auch eine ausreichend hohe Maximaldrehzahl erreichen. Die Tatsache, dass Elektromotoren im Gegensatz zu Verbrennungsmotoren auch rückwärtsdrehend betrieben werden können, nahm das Team als Ansatzpunkt für seine Entwicklungsarbeit. Im Hochgang-Bereich laufen beide Motoren



>>

„Die Fähigkeit der Tandem-AutoBox, Steuerungs- und Messaufgaben simultan auszuführen, war für uns besonders hilfreich. Und auch die Fehleranalyse und -behebung ging mit Hilfe der dSPACE Systeme schnell, einfach und zuverlässig von der Hand.“

Yasuyuki Matsuda, NSK



Kraft im Rad

Entwicklung eines kompakten
Radnabenmotors mit integriertem
Getriebemechanismus

Bildnachweis: © NSK Ltd.

Stetig wachsende Umweltauflagen für Fahrzeuge beschleunigen den Trend zur Elektrifizierung in der Fahrzeugtechnik. In diesem Kontext hat das japanische Unternehmen NSK einen neuartigen Radnabenelektromotor mit integriertem Getriebemechanismus entwickelt, für dessen Evaluierung eine Tandem-AutoBox von dSPACE zum Einsatz kam.

Technische Daten

Radnabenmotor

Maximale Leistung (pro Rad)	■ 25 kW
Maximales Antriebsmoment	■ 850 Nm
Maximalgeschwindigkeit	■ 135 km/h
Gewicht	■ 32 kg

Testfahrzeug

Radstand	■ 2550 mm
Spurweite	■ 1484 mm
Gewicht (ohne Insassen)	■ 1013 kg
Batteriespannung und -kapazität	■ 400 V; 10,2 kWh

gleichsinnig, im Niedriggang-Bereich gegensinnig. Die beiden Motoren des Radnabenantriebs sind über die Getriebeeinheit, bestehend aus den zwei Planetengetrieben und der Kuppelung, mit dem Rad verbunden. Durch

die richtungsvariable Ansteuerung der Motoren ergeben sich zwei unterschiedliche Übersetzungen. Drehen die Motoren gegensinnig, ergibt sich auf der Antriebswelle ein hohes Drehmoment, das bis zu einer limitierten Drehzahl genutzt werden kann. Für höhere Drehzahlen werden dann beide Motoren gleichsinnig betrieben und erlauben so höhere Fahrzeuggeschwindigkeiten bei reduziertem Drehmoment. Ein Radlager mit eingebautem Untersetzungsgetriebe überträgt das Drehmoment schließlich an die Räder. Eine separate Gangschaltung wird dank dieser speziellen Motor-Getriebe-Konfiguration überflüssig. NSK geht davon aus, dass ein Aufbau mit zwei dieser Antriebe (einer pro Vorderrad) im Vergleich zu einer Lösung mit einem zentralen Fahrzeugmotor gleicher Leistung das Gewicht um 30 % reduziert. Der Getriebemechanismus ist durch die Steuerung von Drehzahl und Drehmoment beider Motoren zudem in der Lage, auch während Beschleunigungs- und Abbremsvorgängen ruckfrei zu schalten (Abbildung 2).

Tandem-AutoBox für On-Board-Experimente

Für die Evaluierung des Motorprototyps hat das Entwicklungsteam ein Testfahrzeug konstruiert, an dessen Vorderrädern jeweils ein Radnabenmotor angebracht ist. Bei der Herstellung des komplexen Evaluierungsequipments – insbesondere bei der Konstruktion dieses Testfahrzeugs – arbeitete NSK eng mit einer Vielzahl von Unternehmen und einer Universität zusammen. dSPACE stand dem Unternehmen seit der Planungsphase des Testfahrzeugs unterstützend zur Seite. Um die Radmotoren im praktischen Fahrbetrieb zu testen, wurde im Heck des Fahrzeugs eine Tandem-AutoBox verbaut. Diese stellte für das Testfahrzeug einen Großteil der Schnittstellen zur Verfügung. Neben der Regelung der Elektromotoren in den Radnabenantrieben übernahm das dSPACE System auch die Regelung der elektronischen Servolenkung. Das Testfahrzeug ist so ausgelegt, dass es sich über die Tests der Radnabenmotoren hinaus noch für zahlreiche weitere Anwendungs-

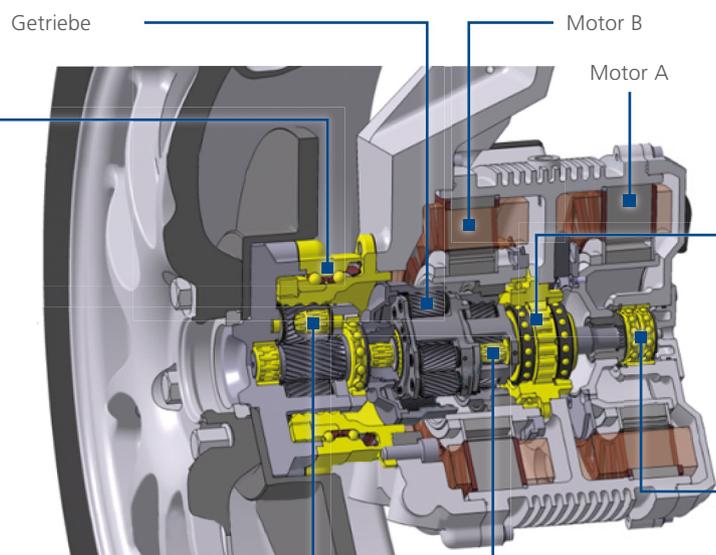
Abbildung 1: Aufbau des Radnabenmotors mit integriertem Getriebemechanismus. NSK möchte die Einzelkomponenten des Motors auf dem Markt etablieren.



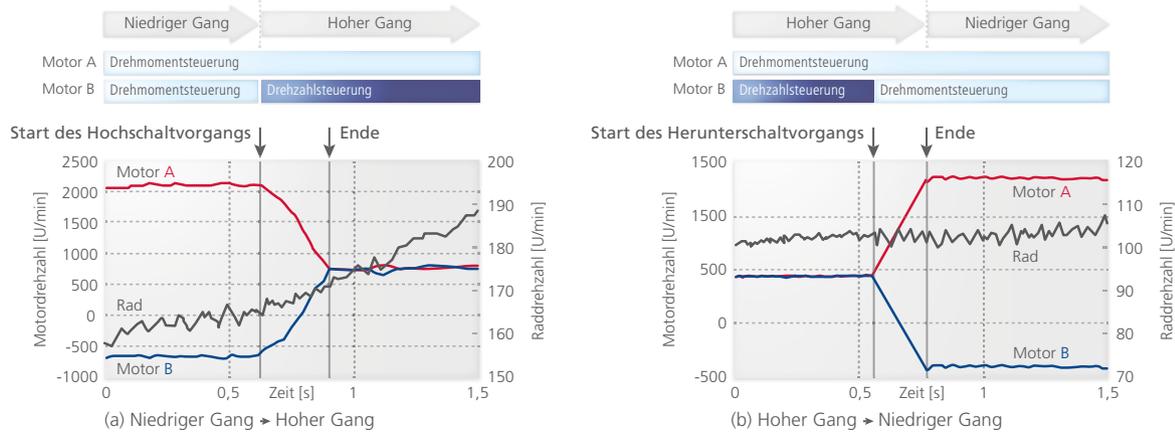
Radlager mit eingebautem Untersetzungsgetriebe



Kleine Wälzlager



Bildnachweis: © NSK Ltd.



Bildnachweis: © NSK Ltd.

Abbildung 2: Die Vorgänge beim Hoch- und Herunterschalten:

- a) Beide Motoren rotieren zunächst gegensinnig. Beim Drehrichtungswechsel von Motor B aktiviert die Einwegkupplung den Planetenträger. Die Motoren drehen gleichsinnig weiter (hohe Geschwindigkeit/kleines Drehmoment).
- b) Beide Motoren rotieren zunächst gleichsinnig. Beim Drehrichtungswechsel von Motor B stoppt die Einwegkupplung den Planetenträger. Die Motoren drehen gegensinnig weiter (niedrige Geschwindigkeit/großes Drehmoment).

fälle eignet. Um auch für zukünftige Herausforderungen gerüstet zu sein, setzte NSK eine Tandem-AutoBox ein, die mit einer 12-V-Fahrzeuggatterie betrieben werden kann.

Enge Zusammenarbeit mit dSPACE
NSK vertraute bei der Herstellung des

Testfahrzeugs auf die Expertise des dSPACE Engineerings, das dem Entwicklungsteam während des gesamten Entwicklungsprozesses beratend zur Seite stand. Gemeinsam ließen sich Gerätekonfigurationen schnell und leicht abändern und erweitern sowie Regelstrategien mühelos aktualisieren. Bei der Ergebnisanalyse waren die dSPACE Experimentiersoftware ControlDesk und die Tandem-AutoBox sehr hilfreich. Als besonders nützlich erwies sich dabei, dass die Tandem-AutoBox Steuerungsaufgaben und Messungen simultan ausführen kann. Auf diese Weise verlief die Fehleranalyse und -beseitigung schnell, unkompliziert und zuverlässig.

zudem einen gut lesbaren Code an die Hand, den sie problemlos an die verschiedenen Betriebszustände anpassen konnten. So konnte das Team während des gesamten Entwicklungsprozesses sehr effizient arbeiten. ■

Yasuyuki Matsuda, NSK Ltd.

Erfahren Sie mehr über die Funktionsweise des Radnabenmotors in einem Video:
www.dspace.com/go/dMag_20172_NSK



Einwegkupplung

Korrosionsbeständiges Lager



Fazit

Da es sich bei dem Testfahrzeug um ein Elektrofahrzeug handelt, befindet es sich in der Regel entweder an der Ladestation oder es wird gerade getestet (gefahren) oder in Form eines Updates seiner Steuerungssoftware gewartet. Deswegen war ein wesentlicher Punkt bei der Entwicklung der Steuerungssoftware, dass sie den Wechsel zwischen diesen unterschiedlichen Situationen beherrscht. Die Mitarbeiter bekamen

Yasuyuki Matsuda

Yasuyuki Matsuda arbeitet in der Abteilung Automotive System Development des Future Technology Development Center bei NSK Ltd. in Fujisawa, Japan.





Die Vielfalt beherrschen

dSPACE Lösungen für hochautomatisiertes Fahren

Das Thema „hochautomatisiertes Fahren“ steht im Fokus der Aktivitäten vieler Automobilhersteller. Karsten Krügel und Hagen Haupt, bei dSPACE verantwortlich für virtuelle Absicherung beziehungsweise Simulationsmodelle, erläutern die Herausforderungen bei der Entwicklung von Funktionen für automatisiertes Fahren.



Herr Krügel, hochautomatisiertes oder autonomes Fahren ist in aller Munde. Auch bei dSPACE?

Natürlich – autonomes Fahren ist bei uns ein wichtiger Schwerpunkt, da viele unserer Kunden aktuell an Lösungen zu diesem Thema arbeiten. Wir haben in den letzten Jahren viel in unsere Werkzeuge investiert, um die OEMs und Zulieferer bei der Entwicklung und der Absicherung von Funktionen für autonomes Fahren zu unterstützen. dSPACE versteht sich als Gesamtanbieter von Software- und Hardware-Lösungen in diesem Bereich, wie auch unsere Webinar-Reihe hierzu zeigt.

Herr Haupt, was sind die Kernelemente für die Entwicklung und für die Absicherung solcher Funktionen?

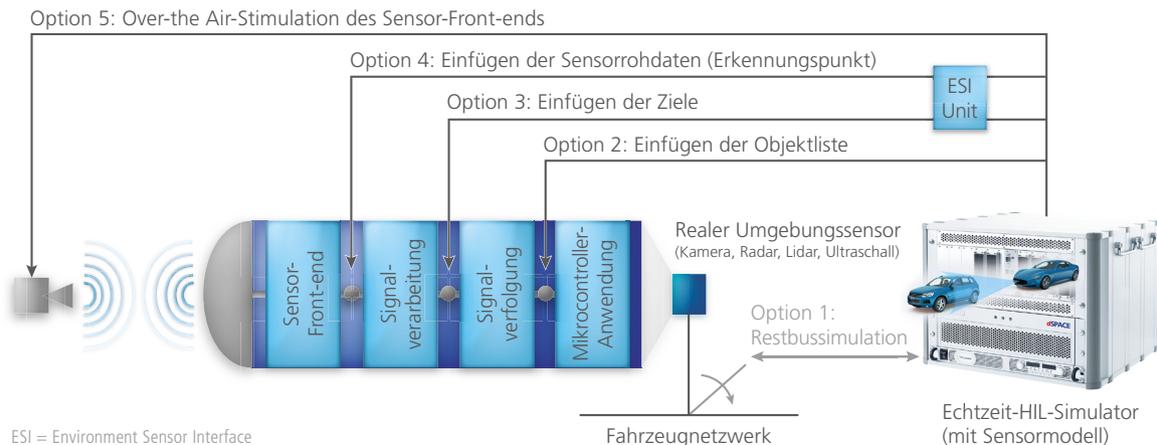
Hier spielen mehrere Aspekte eine Rolle: Zunächst einmal benötigt man völlig neue Methoden und Standards, um Funktionen für autonomes Fahren sowie Sensorfusions- und Wahrnehmungsalgorithmen zu entwickeln. Adaptive AUTOSAR oder Automotive Ethernet sind hier als Beispiele zu nennen. Des Weiteren muss man die Komplexität der realen Welt möglichst umfassend und genau simulativ erfassen, da eine realistische Simulation der Kernpunkt der Absicherung ist. Hier helfen neu entstehende offene Beschreibungsformate wie Open-

DRIVE, OpenSCENARIO und Open Simulation Interface (OSI) den Herstellern bei der Entwicklung der passenden Werkzeuge. Mit Hilfe dieser Werkzeuge werden die Konfigurationen für die Simulationsmodelle erstellt, um definierte Szenarien realitätsnah in der Simulation nachstellen zu können. Natürlich werden für die Entwicklung der Funktionen auch neue Prototyping-Lösungen benötigt. Hierzu erweitert dSPACE seine Produktpalette um die MicroAutoBox Embedded SPU. Diese bietet eine einzigartige Kombination aus hoher Rechenleistung, Schnittstellen zu automotiven Fahrzeugnetzwerken und Umgebungssensoren, GNSS-Positionsbestimmung, drahtloser Kommunikation und extrem kompakter, robuster Bauweise für den Einsatz im Fahrzeug. Im Artikel „Multisensor All-rounder“ im dSPACE Magazin 1/2017 haben wir sie ausführlich vorgestellt.

Was gilt es bei der Simulation zu beachten?

Haupt: Eine besondere Herausforderung ist die an den Anwendungsfall angepasste Nachbildung aller relevanten Effekte in der Fahrzeug- und Umgebungssimulation. Wesentlicher Bestandteil sind hier die Sensormodelle, die den Spagat zwischen physikalischer Realität und höchstmöglicher Effizienz schaffen müssen. Für

>>



Prinzipdarstellung einer Closed-Loop-Testumgebung mit unterschiedlichen Optionen für die Einspeisung von Sensorsignalen: Abhängig von der benötigten Genauigkeit, können Sensorsignale auf unterschiedliche Arten in die HIL-Simulation eingebunden werden.

die Lösung dieser Probleme bietet dSPACE Sensormodelle in verschiedenen Detaillierungsgraden an. Das Portfolio reicht vom technologieunabhängigen Sensor, der aus den verfügbaren Informationen direkt Objektlisten erstellt, bis hin zum physikalischen Kameramodell für die direkte Bilddateneinspeisung.

Was bedeutet das konkret für die Prozesse bei den Zulieferern und OEMs?

Krügel: Um die Funktionen für hochautomatisiertes Fahren abzusichern, müssen sowohl entwicklungsbegleitend als auch für eine endgültige Freigabe eine große Anzahl von Tests auf diesen Detaillierungsgraden durchgeführt werden. Dieser immense Testumfang lässt sich neben den etablierten Methoden nur noch mit Hilfe rein softwarebasierter Simulationsplattformen wie dSPACE VEOS bewältigen. VEOS ermöglicht den Einsatz von PC-Clustern, mit denen auf hunderten von Rechenknoten parallel eine große Anzahl von Simulatio-

nen innerhalb weniger Tage ablaufen kann. In den frühen Entwicklungsphasen existieren zudem noch keine Steuergeräte-Prototypen, so dass hier für entwicklungsbegleitende Simulationen virtuelle Steuergeräte (V-ECUs) zum Einsatz kommen. Weil ein vollständiger Wirkkettentest sehr viele V-ECUs erfordert, ist es nicht praktikabel, die Software per Hand zu integrieren. Aus diesem Grund kommen immer mehr Continuous-Integration-Ansätze zum Tragen, bei dem die V-ECUs vollautomatisch aus den neusten Integrationsständen generiert werden. Da all diese Änderungen Prozessanpassungen oder vollständig neue Arbeitsschritte bei den Zulieferern und OEMs erzwingen, bietet dSPACE hierfür umfassende Beratung und Unterstützung an.

Benötigt man dann gar keinen HIL-Simulator mehr?

Haupt: Die Hardware-in-the-Loop-Simulation ist für die Freigabetests gemäß ISO 26262 weiterhin unver-

zichtbar. Dabei werden auch Sensoren wie Kamera oder Radar in das HIL-System integriert, da die Signalverarbeitung im Sensor, die Sensorfusion und die Umfeldmodellerstellung im Steuergerät die Wirkkette maßgeblich beeinflussen. Die Sensoreinbindung ist in unterschiedlichen Detaillierungsstufen möglich – von der Restbussimulation der Objektlisten über die Einspeisung von Rohdatenströmen bis hin zur Stimulation der vollständigen Systeme über Over-the-Air-Ansätze. dSPACE bietet für alle diese Varianten maßgeschneiderte I/O-Lösungen an. So wurde zum Beispiel mit der Environment Sensor Interface Unit eine leistungsfähige Hardware entwickelt, mit der die bildgebenden Sensoren auf Rohdatenebene an den HIL angebunden werden können.

Inwiefern müssen denn die Modelle realistischer sein als bisher?

Haupt: Für die Bereitstellung der schon angesprochenen Rohdaten-

Die Entwicklung und der Test von Funktionen für das autonome Fahren beeinflussen die Werkzeugketten und etablierte Arbeitsprozesse in der Automobilindustrie.



Hagen Haupt (links) und Karsten Krügel (rechts) erläutern das dSPACE Lösungsangebot für autonomes Fahren.

ströme spielen Sensormodelle, die auf phänomenologischen oder physikalischen Ansätzen basieren, eine immer größere Rolle. Sie werden typischerweise innerhalb von 3D-Grafikumgebungen gerechnet. dSPACE bietet hier mit den neu entwickelten Sensormodellen für Kamera und Punktwolken in MotionDesk leistungsfähige Lösungen. Weitere Modelle zur Simulation von Radarsensorik sind in der Entwicklung.

Muss dann nicht auch die ganze Umgebung realistischer werden?

Haupt: Die realistische Darstellung der Sensorphysik wirkt sich natürlich auch direkt auf die Modellierung der Umgebung mit ihren Komponenten wie Straßennetzwerk, Randbebauung, Verkehrszeichen und auch auf die Darstellung der Verkehrsteilnehmer aus, da diese in der Simulation immer mit den Sensormodellen interagieren. Aber nicht nur die Verkehrsobjekte selbst, sondern auch ihr Verhalten muss immer realistischer abgebildet werden. Stichworte sind hier intelligentes Fahrerverhalten mit Beachtung von Verkehrsregeln oder realistische Verkehrsszenarien, deren Definition mit den herkömmlichen Methoden sehr aufwendig wäre.

Welche Verbesserungen gibt es für die Umgebungssimulation?

Haupt: Neue, bessere Lösungen sind hier die Integration von intelligenten Fahrer- oder Verkehrsmodellen oder die Kopplung mit etablierten Verkehrssimulationslösungen wie Simulation of Urban Mobility (SUMO) oder Verkehrsfluss-Simulationssoftware (VISSIM). Außerdem wird mit den dSPACE Automotive Simulation Models (ASM) die Multiagentensimulation ermöglicht, bei der mehrere vollwertige Fahrzeuge mit Funktionen für autonomes Fahren ausgestattet werden und in einer gemeinsamen Umgebung fahren. Wichtig sind natürlich auch die Methoden zur möglichst einfachen Szenariodefinition. Dabei geht es sowohl um die Verwendung von realen Karteninformationen zur Beschreibung der Straßennetze als auch um den Import von Bewegungsdaten für die Verkehrsobjekte. Die Generierung der Straßennetze ermöglichen wir auf Basis von Navigationsdaten wie OpenStreetMap oder hochgenauer HD-Karten. Für Bewegungsdaten bietet unser etabliertes Werkzeug ModelDesk Schnittstellen, die einen komfortablen Import von Szenarienbeschreibungen aus realen Fahrzeugversuchen oder aufgezeich-

neten Mess- und Unfalldaten wie der GIDAS-Pre Crash Matrix (PCM) ermöglichen.

Wo liegt denn nun der große Unterschied zwischen bisherigen Tests und Tests für hochautomatisiertes Fahren?

Krügel: Sicher ist, dass man viel mehr testen muss als bisher. Aber es gilt natürlich nicht nur viel, sondern auch das Richtige zu testen. Hier werden ganz neue, intelligente Testmethoden notwendig sein, die kritische Szenarien oder ungewünschte False Positives aufspüren, da niemand rein anforderungsbasiert einen umfassenden, vollständigen Testkatalog definieren kann. Hier kann dSPACE mit seinen Werkzeugen unterstützen, beispielsweise mit den Scenario-Observern. Beim randomisierten Testen beobachten diese permanent die Simulation und bereiten die Simulationsergebnisse in anschaulicher Form auf. So wird es für den Tester einfacher, die für ihn interessanten Situationen in der Menge von Daten zu finden und zu analysieren.

Bei der Menge an Daten ist deren Verwaltung ein wichtiges Stichwort. Was bietet dSPACE hier an?

Krügel: Unsere Test- und Datenmanagement-Software SYNECT bietet

>>

Webinar-Reihe Autonomes Fahren

Zu den wichtigsten Aspekten für die Entwicklung und den Test von Funktionen für hochautomatisiertes Fahren bietet dSPACE sechs kostenlose Vorträge.

Mehr Informationen finden Sie unter: www.dspace.com/go/AD-Webinar

die nötige Infrastruktur, um die vollautomatisierte Absicherung von Funktionen für autonomes Fahren auf entsprechenden MIL-/SIL- oder

Die gemeinsame Nutzung realer und virtueller PCs in einem Cluster bietet eine bisher unerreichte Flexibilität für den Test komplexer Fahrszenarien.

HIL-Testplattformen zu unterstützen. Mit SYNECT lassen sich die gewünschten Testszenarien und zugehörigen Daten wie Simulationsmodelle und Parameter zentral verwalten. Zudem können die unzähligen Testläufe effizient geplant und automatisiert durchgeführt werden, wodurch sich über Nacht Millionen von Testkilometern auf einem PC-Cluster abfahren lassen.

Herr Krügel, Herr Haupt, wir danken Ihnen für das Gespräch.

Dr. Karsten Krügel ist Senior Product Manager Virtual Validation bei dSPACE.

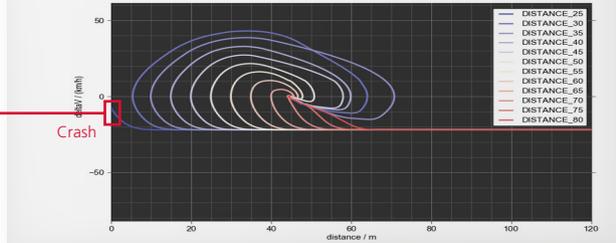
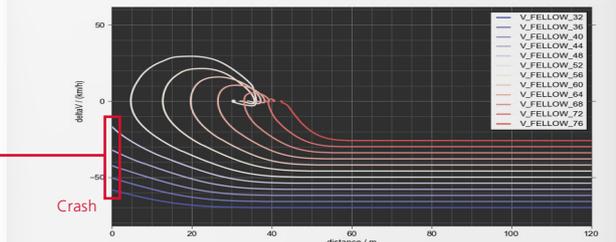
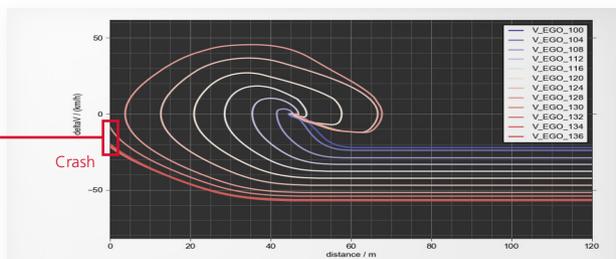
Dr. Hagen Haupt ist Section Manager Modeling and HIL Simulation im Bereich Application Engineering bei dSPACE.

Die grafische Auswertung zeigt, bei welchen Parametern (Fahrgeschwindigkeiten der beiden Fahrzeuge und Abstand) das Fellow-Fahrzeug problemlos vor dem Ego-Fahrzeug auf die Fahrspur einscheren kann. Die rot markierten Einstellungen führen zu einem Zusammenstoß.

V_EGO [km/h]	V_Fellow [km/h]	Distance [m]
100	80	75
104	80	75
108	80	75
112	80	75
116	80	75
120	80	75
124	80	75
128	80	75
130	80	75
132	80	75
134	80	75
136	80	75

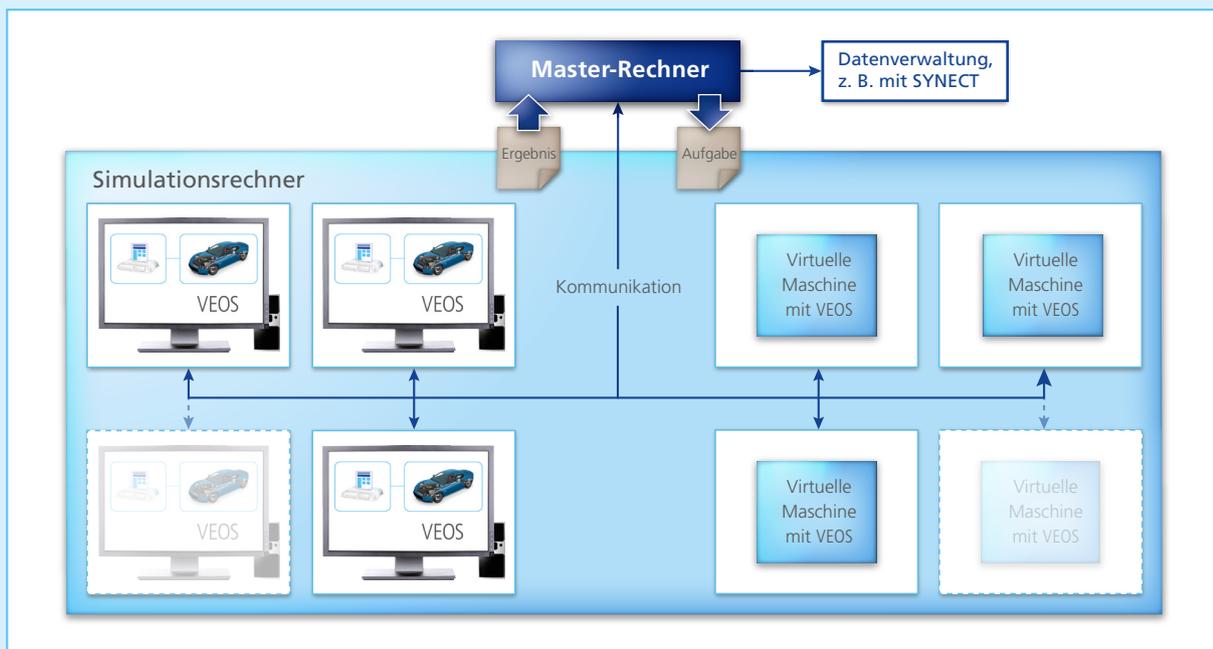
100	32	75
100	36	75
100	40	75
100	44	75
100	48	75
100	52	75
100	56	75
100	60	75
100	64	75
100	68	75
100	72	75
100	76	75

100	80	25
100	80	30
100	80	35
100	80	40
100	80	45
100	80	50
100	80	55
100	80	60
100	80	65
100	80	70
100	80	75
100	80	80





Kombinierte Rechenleistung für Multiagentensysteme



Ein besonderer Aspekt in der Absicherung von Fahrerassistenzsystemen und Funktionen für hochautomatisiertes Fahren besteht in der Interaktion mehrerer hochautomatisierter Fahrzeuge mit anderen intelligenten Verkehrsteilnehmern in Multiagentensimulationen. Hierzu müssen zahlreiche Verkehrsszenarien mit unterschiedlichem Verhalten der Verkehrsteilnehmer durchgespielt werden, wodurch die zur Absicherung notwendige Testmenge massiv ansteigt. Der Einsatz von Software-in-the-Loop

(SIL)-Simulationen auf Windows-basierten VEOS-Clustern ermöglicht eine deutliche Erhöhung des Testdurchsatzes bei gleichzeitiger Skalierbarkeit. Dazu werden die zu testenden Fahrscenarien in einen zentralen Master-Rechner eingespeist. Dieser verteilt die einzelnen Tests in einem Netz aus Simulationsrechnern, die entweder als PC oder als virtuelle Maschine eingebunden sind. Auf der dort installierten Simulationsplattform VEOS werden die Tests dann im Batch-Betrieb durchgeführt und

die Testergebnisse auf den Master zurückgespielt. Dank der Modularität und Automatisierbarkeit der dSPACE Werkzeuge lässt sich prinzipiell jeder automatisierte SIL-Test auf einem Simulationsrechner durchführen. Der Testdurchsatz steigt dadurch mit der Anzahl der Rechner als Faktor. Die Integration der Cluster-Steuerung in die Test- und Datenmanagement-Umgebung SYNECT ermöglicht dabei eine optionale Einbindung in existierende Test- und Continuous-Integration-Prozesse.



Mit einer übergeordneten
Datenhaltung effizient zur
Serien-Software

Agile

modellbasierte

Entwicklung

Der Einsatz agiler Entwicklungs- und Testmethoden ermöglicht es, schneller zu lauffähiger Software zu gelangen und diese kontinuierlich zu verbessern. Transparenz und Konsistenz beim Datenaustausch zwischen verteilt arbeitenden Entwicklungsteams spielen dabei ebenso wie die Automatisierung wiederkehrender Prozesse eine wichtige Rolle. Eine übergeordnete Datenhaltung und eine abgestimmte Werkzeugkette liefern dafür entscheidende Vorteile.

Die automotiv Software-Entwicklung ist einem ständigen Prozess der Effizienzsteigerung und Professionalisierung unterworfen. Entwickler-Teams arbeiten zunehmend verteilt und parallel an der Steuergeräte-Software. Dabei haben sich für die unterschiedlichen Prozessphasen spezialisierte Werkzeuge und Vorgehen etabliert. Durch kürzere Zyklen beim Erarbeiten und Testen von Funktionskomponenten und deren häufigere Integration in ein Gesamtmodell können Änderungen mit agilen Vorgehensweisen unmittelbar validiert und getestet werden. Software-Stände sind somit schneller und kontinuierlich verfügbar.

Zentrale Datenverwaltung im Entwicklungsprozess

Bei der verteilten Software-Entwicklung ist es wesentlich, dass Architekten, Funktions- und Software-Entwickler, Tester und Integratoren auf einem einheitlichen Datenstand arbeiten. Dadurch wächst der Bedarf an einem übergeordneten System, das zwischen den verschiedenen Rollen, Aufgaben und eingesetzten Werkzeugen Daten und Dateien konsistent und nachverfolgbar hält. Der Einsatz der Datenmanagement-Software dSPACE SYNECT als „Daten-Backbone“ bei der modellbasierten Software-Entwicklung mit MATLAB®/Simulink® und dem Seriercode-Generator dSPACE TargetLink liefert allen Beteiligten, vom Software-Entwickler bis zur Projektleitung, einen übergeordneten Blick auf sämtliche Entwicklungsartefakte und -stände. Durch vollständige Integration des zentralen Daten-Backbones in die Werkzeugkette können etablierte Werkzeuge der einzelnen Entwicklungsphasen, etwa für Anforderungsmanagement oder Testen, weiterverwendet werden und sind zusätzlich bestens vernetzt. Hieraus ergibt sich unter anderem

- vollständige Nachverfolgbarkeit (Traceability) von Anforderungen

zu Modellen, Schnittstellen, Parametern bis hin zu Tests sowie automatisierte Wirkungsanalysen durch Verknüpfung der Daten,

- Transparenz und ein effizienter Umgang mit Änderungen durch ein integriertes Anwender-Rechtemanagement und eingebaute Versionsverwaltung,
- ein hoher Automatisierungsgrad, da Werkzeuge effizient miteinander gekoppelt werden,
- eine effiziente Mehrbenutzerunterstützung für alle Simulink/TargetLink-Anwender, mit der sie auf einer einheitlichen, konsistenten Datenbasis arbeiten.

In den folgenden Abschnitten werden exemplarisch die Vorteile einer Werkzeugkette mit TargetLink, der BTC EmbeddedPlatform und SYNECT zur Absicherung der Modelle für die unterschiedlichen Entwicklungsphasen dargestellt.

Effizienz durch konsistente Datenhaltung

Die phasenübergreifende, zentrale Datenhaltung von Modellen, Schnittstellen- und Parameterspezifikationen bis hin zu Tests und Testergebnissen sowie deren Verknüpfung zu den Anforderungen in SYNECT sorgen für die effiziente Unterstützung aller Beteiligten eines Entwicklungsprojekts. Architekten geben den Entwicklern mit Verwendung von SYNECT übergeordnet die Schnittstellen und Parameter einzelner Komponenten eines Gesamtmodells vor. Zur einfachen Übernahme der benötigten Daten und Schnittstellenspezifikationen in ein TargetLink-Modell und das TargetLink Data Dictionary bietet SYNECT Automatismen zur Rahmenmodellgenerierung und zum Modell-Update. Dies erlaubt es auch, spätere Änderungen auf Architekturebene schnell und einfach in die Komponentenmodelle zu übertragen. Damit ist sichergestellt, dass alle Entwickler immer widerspruchsfreie und konsis-

>>

Leistungsstarke Werkzeugkette

- dSPACE TargetLink für die Generierung von Steuergeräte-Serien-code in höchster Qualität
- BTC EmbeddedPlatform für den Aufbau einer hochintegrierten Testumgebung
- dSPACE SYNECT für das zentrale Datenmanagement verteilt arbeitender Teams

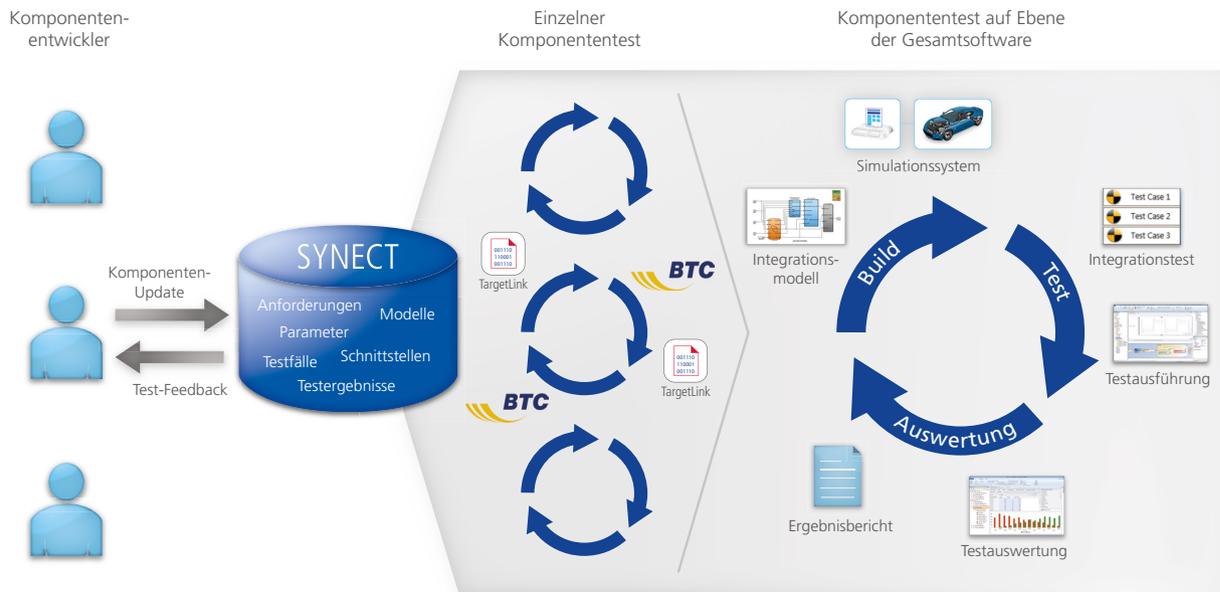


Abbildung 1: Kontinuierliche, automatisierte Durchführung von Komponententests – einzeln und auf Ebene der Gesamt-Software.

tente Daten nutzen. Die zur Absicherung der Modelle vom Komponentenentwickler selbst oder von Testteams entwickelten Tests werden in SYNECT und damit zentral verwaltet. Durch die Möglichkeit, Anforderungen, Modelle, Tests und Testergebnisse direkt miteinander zu verknüpfen, kann

jederzeit der Entwicklungs-

stand der Software und deren Qualität abgefragt werden. Darüber hinaus lässt sich auch die Anforderungsabdeckung analysieren und nachvollziehen. Durch die stetige Sicherstellung der Schnittstellenkonformität auf der einen Seite und der Qualität auf der anderen lassen sich die Komponenten zudem vollautomatisiert in das Gesamtmodell integrieren. Damit unterstützt SYNECT das Entwickler-Team dabei, kontinuierlich einen lauffähigen Software-Stand auszuliefern.

Integration und Test: Automatisiert und reproduzierbar

Um den benannten Qualitätsanspruch an ein Komponentenmodell in viel kürzeren Entwicklungszyklen zu gewährleisten, muss ein Entwickler nicht nur seine Unit-Tests selbstständig entwickeln, durchführen und

nachhaltig ablegen, sondern seine Komponenten auch im Kontext der Gesamt-Software testen und beurteilen. SYNECT unterstützt den Entwickler optimal bei diesen Aufgaben durch die nahtlose Integration von üblichen Testwerkzeugen wie der BTC EmbeddedPlatform (Abbildung 1). So lassen sich nicht nur einfache Unit-Tests auf Basis der dem Modell zugeordneten Anforderungen werkzeuggestützt definieren, sondern auch eine ganze Reihe weiterer Analysen wie Code-Coverage- oder Back-to-Back-Tests. Die über die verschiedenen Modell-

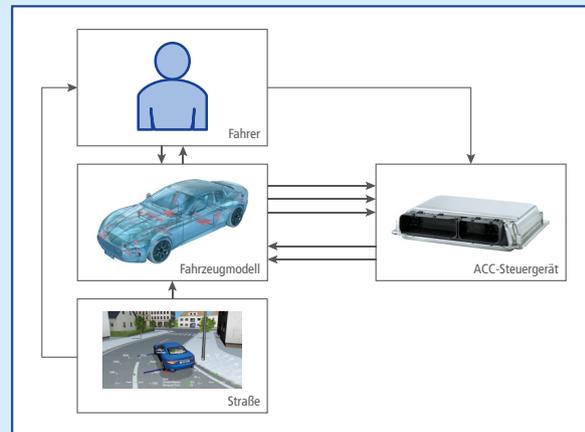
versionen üblicherweise wachsende Anzahl von Tests kann dann jederzeit, zum Beispiel beim Release einer Komponente, vollautomatisiert durchgeführt werden. Mit der Möglichkeit von SYNECT, jeden Entwicklungsstand einer Komponente vollautomatisiert integrieren zu können, las-

sen sich nun auch kontinuierlich Tests auf Ebene der Gesamt-Software durchführen (Abbildung 1).

Durch die zentrale Datenverwaltung mit SYNECT können für diese Integrationstests bereits vorhandene Tests, die beispielsweise für die Absicherung am HIL-Simulator entwickelt wurden, direkt genutzt werden. Auch ohne Verfügbarkeit eines Echtzeitsimulators kann der Komponentenentwickler diese zum Beispiel in einer PC-basierten Offline-Simulation mit dSPACE VEOS ausführen, um wechselseitige Beeinflussung der Komponenten untereinander zu identifizieren. Damit rücken die verschiede-

Modelle grafisch editieren

Für die Verschaltung von Modellen bietet SYNECT mit der kommenden Version 2.4 (dSPACE Release 2017-B) die Möglichkeit, diese grafisch zu editieren. Verschiedene Modelle wie einzelne Software-Komponenten, virtuelle Steuergeräte und Umgebungsmodelle, die von mehreren verteilt arbeitenden Teams erstellt werden, lassen sich so einfach zu einem gesamtheitlichen Systemmodell verbinden. Daraus kann dann direkt ein Simulationssystem für die PC-basierte Offline-Simulation mit dSPACE VEOS generiert werden. In Zukunft sollen über den gleichen eleganten Weg auch Echtzeitapplikationen erstellt werden. Unterstützt werden unterschiedliche Modellformate, zum Beispiel MATLAB/Simulink, TargetLink, FMUs (Functional Mock-up Units) oder virtuelle Steuergeräte (V-ECUs). Bei der Verschaltung der Modelle wird sowohl die signalbasierte Kommunikation als auch die Kommunikation über automotiv Busse berücksichtigt. SYNECT bietet darüber hinaus den Mehrwert, dass



für die erstellten Simulationssysteme, wie im Artikel beschrieben, unmittelbar Tests geplant und automatisiert ausgeführt werden können.

nen Phasen der Software-Entwicklung viel näher zusammen und können in engeren Iterationen, praktisch bei jeder Software-Änderung, durchlaufen werden. Der Entwickler erhält zudem in Form von Testergebnissen und -berichten unmittelbar Rückmeldung über die von ihm entwickelte Funktionalität. Mit der so geschaffenen Möglichkeit, schnell und flexibel auf Input durch kontinuierliche Weiterentwicklung der Software zu reagieren, wird eine agile und gleichzeitig hochautomatisierte Software-Entwicklung inklusive reproduzierbarer Tests realisiert.

Continuous-Delivery-Szenarien realisieren

Die vollautomatisierte Integration bietet nicht nur einen Mehrwert für den einzelnen Komponentenentwickler, sondern erleichtert die Aufgaben aller bei der Steuergeräteentwicklung beteiligten Personen. So kann zu regelmäßigen und definierten Zeitpunkten, zum Beispiel jede Nacht, der Software-Build-Prozess mit den letzten

freigegebenen Komponenten für eine „kontinuierliche Auslieferung“ (Continuous Delivery) automatisch über SYNECT angestoßen und ein daraus generiertes virtuelles Steuergerät (V-ECU) mit allen verfügbaren Tests in einer Offline-Simulation validiert werden. Auf diese Weise lässt sich die virtuell abgesicherte Software inklusive der Testergebnisse auch kontinuierlich für die Tests am HIL-Simulator oder im Fahrzeug bereitstellen.

Zusammenfassung

TargetLink als Werkzeug zur Seriene-code-Generierung und BTC EmbeddedPlatform für die Erstellung einer hochintegrierten Testumgebung bilden im Zusammenspiel mit SYNECT,

der Datenmanagement-Software von dSPACE, eine Werkzeugkette, die Komponentenentwicklern eine leistungsstarke Umgebung für agile Software-Entwicklung und Continuous-Delivery-Strategien zur Verfügung stellt. Mit SYNECT als integriertem Bestandteil der Werkzeugkette können wiederkehrende Aufgaben vollständig automatisiert und der agile Entwicklungsansatz effizient umgesetzt werden. Die übergeordnete Datenhaltung entlang des gesamten modellbasierten Entwicklungsprozesses erlaubt eine enge Vernetzung aller beteiligten Werkzeuge, Anwender und erstellten Entwicklungsartefakte. ■



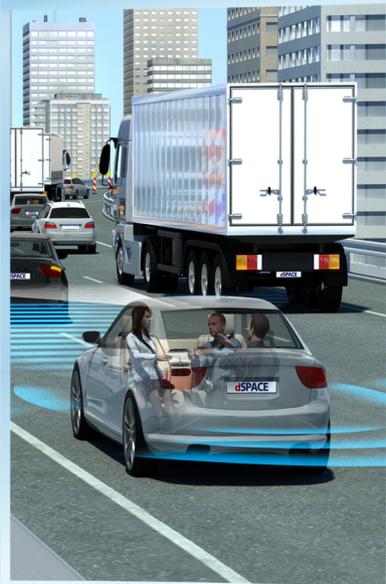


Universelle Echtzeit- plattform

SCALEXIO jetzt auch für Rapid Control Prototyping



Für Funktionsentwickler von mechatronischen Systemen aus den verschiedensten Industriezweigen bricht das SCALEXIO-Zeitalter an. Was dahinter steckt, erläutert Frank Mertens, Lead Product Manager für Rapid Prototyping Systems bei dSPACE.





Herr Mertens, der Name SCALEXIO ist ja aus der Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulation bekannt, taucht aber nun erstmalig im Zusammenhang mit Rapid Control Prototyping (RCP) auf. Was steckt dahinter?

Tatsächlich kennen unsere Anwender die SCALEXIO-Produktlinie bisher primär aus dem Einsatz als HIL-Testsystem. SCALEXIO mit seiner zukunftsweisenden Technologie ist in diesem Anwendungsbereich schon seit 2011 bekannt, hat sich über die Jahre stark weiterentwickelt und einen hohen Reifegrad erreicht. Während dieser Zeit kam es nicht selten vor, dass auch Funktionsentwickler aus dem RCP-Umfeld diese Technologie und ihre starken Eigenschaften für Regelungs-, Validierungs- und Datenerfassungsaufgaben im Bereich der Closed-Loop-Echtzeitanwendungen nutzen wollten. Diesem Wunsch sind wir jetzt nachgekommen.

Und warum konnten Funktionsentwickler SCALEXIO nicht schon vorher für RCP nutzen?

Grundsätzlich konnten sie das und haben das auch zum Teil gemacht. Jedoch haben wir uns in den ersten Jahren auf HIL-Anforderungen konzentriert. So beinhalten beispielsweise

viele der im HIL-Anwendungsfall genutzten I/O-Karten neben speziellen funktionalen Eigenschaften eine spezielle Signalkonditionierung und integrierte Fehlersimulation. Dies alles erfordert natürlich eine entsprechende Baugröße. Im Zuge weiterer Optimierungen und mit der zusätzlichen Einführung der kompakten SCALEXIO LabBox sowie den dafür vorgesehenen ebenso kompakten Einsteckkarten haben wir dann in den letzten Jahren schrittweise neue Komponenten und Features vorgestellt. Diese sind einerseits für den HIL-Test, aber eben auch besonders gut für RCP-Anwendungen geeignet. Mittlerweile haben wir einen nennenswerten Grad an Abdeckung erreicht, so dass wir nun auch offiziell das System für RCP positionieren.

Was macht denn die Technologie von SCALEXIO zu etwas Besonderem, auf das sich die RCP-Anwender freuen können?

Hierzu müssen Sie ein SCALEXIO-System in seiner Gesamtheit betrachten, denn neben der Leistungsfähigkeit der Einzelkomponenten geht es vor allem auch um deren Zusammenspiel. Ich habe einige Zeit Volleyball gespielt, da ist es ähnlich; die besten Spieler alleine

machen noch kein effektives Team. Daher haben wir bei der Systemauslegung nicht nur die neuesten und leistungsfähigsten Technologien eingesetzt, sondern auch deren Zusammenspiel maximal optimiert. Beim Echtzeitrechner setzen wir beispielsweise auf einen aktuellen Intel®-Core™-i7-Prozessor. Dieser ist von seiner Rechenleistung her im Stande, selbst anspruchsvolle, komplexe Anwendungen schnell zu berechnen. Damit das funktioniert, spielt aber auch das Betriebssystem eine entscheidende Rolle, das zum Beispiel bei Task-Wechseln extrem schnell und zuverlässig reagieren muss. Kommt dann noch I/O mit ins Spiel, nützt auch die beste Rechenleistung wenig, wenn die Bandbreite nicht ausreichend ist oder hohe Latenzen bzw. nennenswerte zeitliche Schwankungen, sogenannte Jitter, beim systeminternen Datenaustausch auftreten würden. Da dSPACE beim Thema Echtzeit schon immer in der ersten Liga spielt und viel Erfahrung in diesem Bereich hat, haben wir uns auch hier nicht mit dem Status quo zufriedengegeben, sondern unter anderem ein intelligentes I/O-Netzwerk, das IOCNET, entwickelt, das sich bereits im HIL-Anwendungsfall bewährt hat. Neben außergewöhnlich gutem Latenzver-

SCALEXIO-basierte Systeme bieten hohe Rechenleistung und Bandbreite bei geringen Latenzen und Jittern.



halten ist dessen Bandbreite dennoch so ausgelegt, dass hohe Datenströme, etwa bei umfangreichen Datenerfassungen oder beim Betrieb in modernen Fahrzeugnetzwerken, hervorragend bewältigt werden können. Mit all seinen Fähigkeiten ist man mit einem SCALEXIO-System daher optimal für gegenwärtige, aber auch für zukünftige Anwendungen gewappnet. Dazu zählen zum Beispiel in der Automobilindustrie die Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen, das hochautomatisierte Fahren, die Elektromobilität oder die immer stärker werdende Fahrzeugvernetzung.

Welche I/O-Schnittstellen werden bereits von SCALEXIO unterstützt?

Da wir nicht am Anfang der Entwicklung stehen, werden bereits zahlreiche I/O-Karten für analoge und digitale Signalverarbeitung sowie Busse und Ethernet für die verschiedensten Industriezweige unterstützt. Schon vor einigen Jahren haben wir erste für die SCALEXIO LabBox einsetzbare Karten auf dem Markt eingeführt. Aktuell entwickeln wir bei dSPACE permanent weitere und werden das auch in den nächsten Jahren fortführen.

Und was ist bei sehr speziellen I/O-Wünschen?

Hier können wir mit SCALEXIO flexibel agieren. Wenn wir solche Wünsche nicht mit unserem Standard-Produktportfolio bedienen, sieht SCALEXIO

die Möglichkeit vor, auch PCIe-I/O-Karten von Drittanbietern über eine Standard-Schnittstelle sauber und kostengünstig in das System zu integrieren. Dafür kann dSPACE eine entsprechende Unterstützung und Qualifizierung für die I/O-Karten bereitstellen. Zudem durchlaufen diese entsprechende Kompatibilitätstests, damit wir trotz der Flexibilität die System-Performance und -zuverlässigkeit weiter sicherstellen können. Das macht nicht jeder Anbieter so konsequent wie wir, was Nutzer anderswo dann häufig schmerzhaft feststellen. Uns geht es bei allem, was wir tun, um eine garantierte hohe Echtzeit-Performance und Verfügbarkeit des Systems für unsere Anwender. Zudem bietet

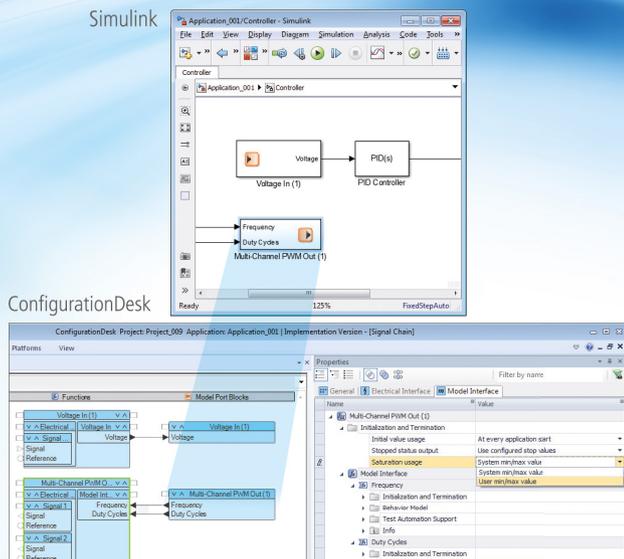
SCALEXIO weitere Individualisierungsmöglichkeiten durch die Nutzung frei programmierbarer FPGA-Karten zusammen mit I/O-Aufsteckmodulen.

Ist neue Hardware für modulare RCP-Systeme nicht auch gleichbedeutend mit neuer Software?

Ja und nein. Der Großteil, wie die Experimentier-Software ControlDesk und die Testautomatisierungssoftware AutomationDesk sowie die Simulink®-Anwendungsmodelle, sind beispielsweise hardwareunabhängig. Die Implementierungssoftware ist hingegen hardwareabhängig. Zusammen mit SCALEXIO haben wir die Software ConfigurationDesk auf dem Markt eingeführt, welche die Soft-

>>





SCALEXIO basiert auf einer fortschrittlichen und zukunftsweisenden Technologie zur optimalen Auslegung modularer Echtzeitsysteme – egal ob für Rapid Control Prototyping oder Hardware-in-the-Loop-Anwendungen.

ware Real-Time Interface (RTI) ersetzt. ConfigurationDesk bietet ganz neue Möglichkeiten, I/O-Schnittstellen übersichtlich darzustellen und zentral und schnell zu konfigurieren. Zudem erlaubt es, ein Anwendungsmodell, zum Beispiel in Simulink, weitgehend von I/O-spezifischen Einstellungen und Modellierungen freizuhalten, was dem Wunsch nach Wiederverwendbarkeit, Durchgängigkeit und dem „Golden Model“-Ansatz sehr entgegenkommt. Die zusätzliche Offenheit durch die Unterstützung des Functional-Mock-up-Interface (FMI)-Standards ist da sicher noch als weiterer Pluspunkt zu nennen.

Wird SCALEXIO die heutigen modularen Systeme, die auf dem PHS-Bus (Peripheral High-Speed I/O Bus) basieren, auf Dauer ablösen?

Da bin ich sicher. Das wird schon getrieben durch unsere Kunden so sein, aber nicht von heute auf morgen passieren. PHS-basierte Systeme gibt es jetzt schon mehr als 25 Jahre. Diese haben einen Standard im Bereich der modularen Echtzeitsysteme gesetzt. Daher werden wir diese auch noch mittelfristig weiter anbieten und über einen längeren Zeitraum pflegen. Wachsende oder veränderte Anforderungen werden wir aber zukünftig nur noch mit SCALEXIO und dessen Leistungsfähigkeit, Flexibilität und Offenheit optimal bedienen können. Daher ist es nur eine Frage der Zeit, bis wir irgendwann mal das letzte PHS-basierte System ausgeliefert haben. Und dann sind wir vollständig im SCALEXIO-Zeitalter angekommen.

Vielen Dank für das Gespräch!



Frank Mertens ist als Lead Product Manager Rapid Prototyping Systems zuständig für die gesamte RCP-Werkzeugkette bei dSPACE in Paderborn, Deutschland.

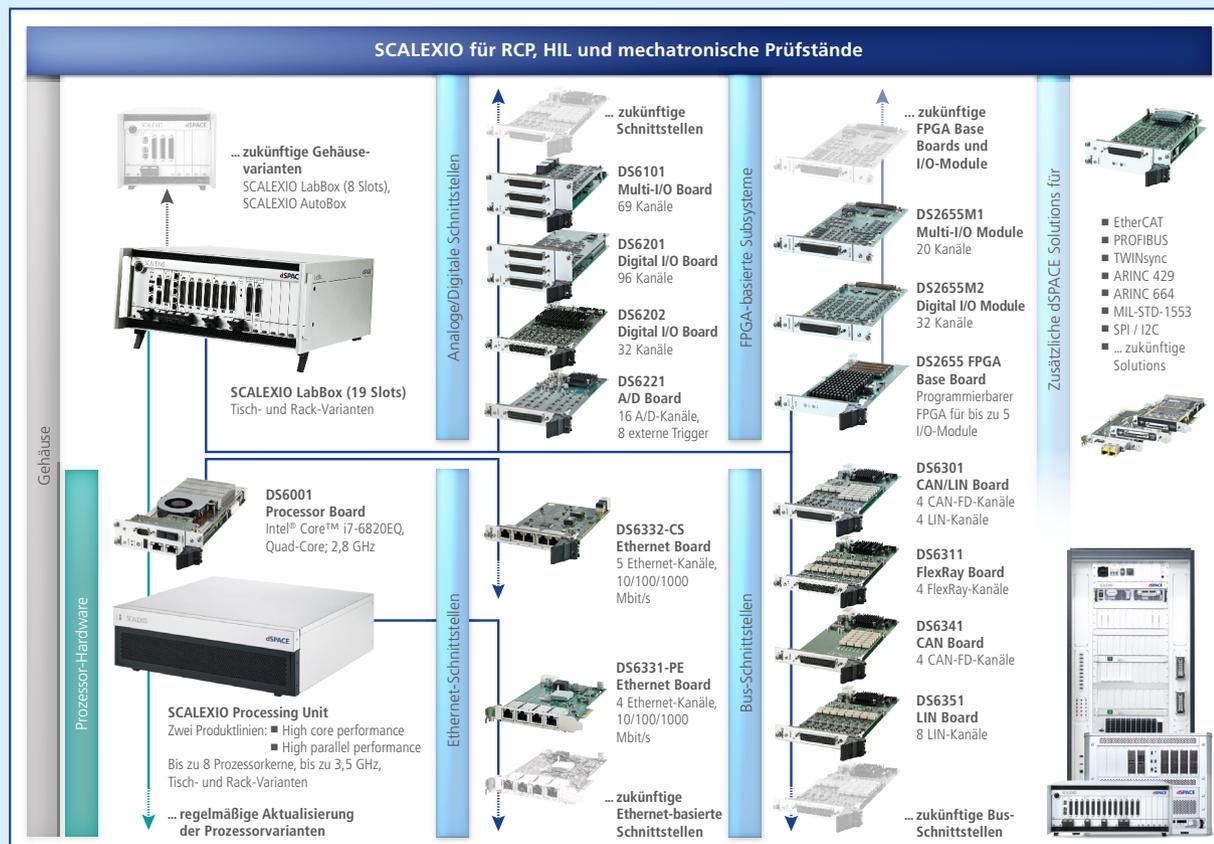
**FUTURE
START**

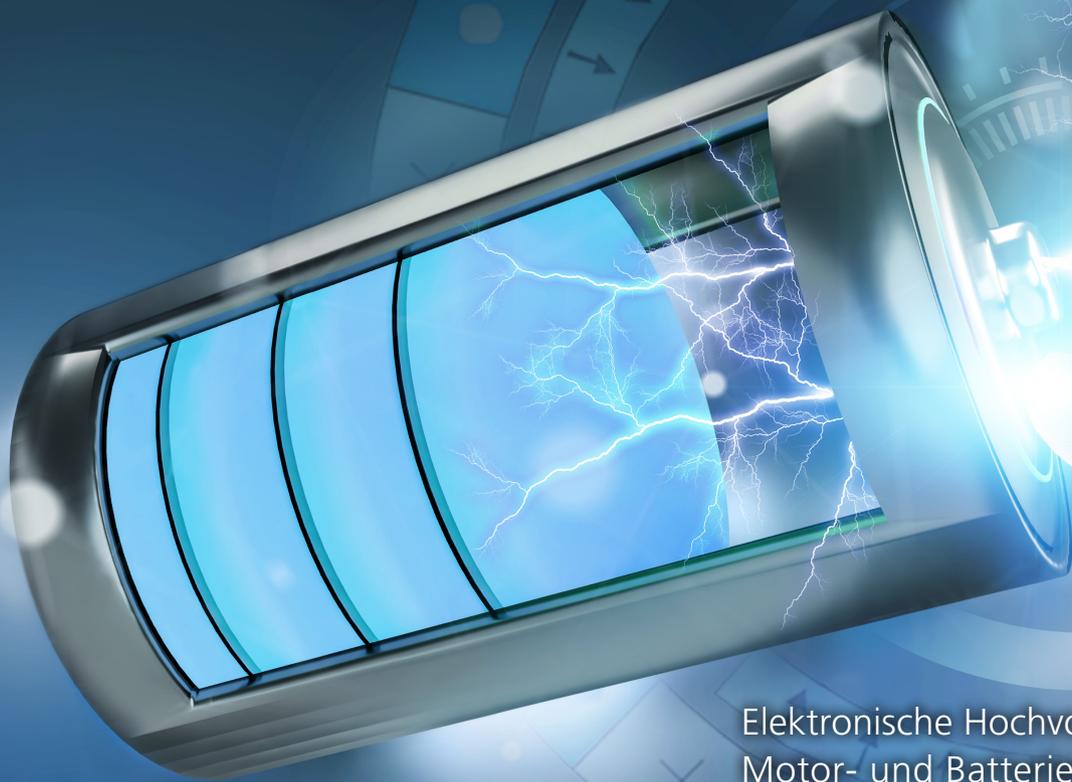
Die SCALEXIO-Produktlinie – jetzt auch für Rapid Control Prototyping

Die SCALEXIO-Produktlinie basiert auf einer fortschrittlichen und zukunftsweisenden Technologie, die speziell für modulare Echtzeitsysteme entwickelt wurde. Sie ist in hohem Maße skalierbar und flexibel konfigurierbar. SCALEXIO-basierte Systeme zeichnen sich durch hohe Rechenleistung sowie eine breitbandige und schnelle I/O-Anbindung aus. Deshalb sind sie in verschiedensten Anwendungsfeldern einsetzbar. In der unteren Abbildung wird ein Auszug von SCALEXIO-Komponenten dargestellt, die für RCP (Funktionsentwurf, -ausführung und -validierung) im Labor besonders gut geeignet sind und das SCALEXIO-Angebot für den HIL-Anwendungsfall ergänzen. Als Basis besteht das System aus einem kompakten Gehäuse, der SCALEXIO LabBox, die Steckplätze für

Prozessorkarte und I/O-Karten bietet und sowohl im 19"-Rack als auch am Schreibtisch einsetzbar ist. Weitere Eigenschaften der SCALEXIO LabBox sind eine geringe Geräuschemission und ein einfacher Kartenwechsel. Als Echtzeitrechner dient entweder eine externe SCALEXIO Processing Unit oder das neue direkt integrierbare DS6001 Processor Board. Dieses ist mit seinen vier Rechenkernen und 2,8 GHz Rechenleistung selbst für umfangreiche Modellberechnungen optimal ausgelegt. In Fällen, bei denen selbst diese Rechenleistung nicht ausreicht, können mehrere Prozessorkarten bzw. Processing Units gekoppelt werden. Zur Anbindung von Sensoren, Aktuatoren, Bussen und Netzwerken an das System steht eine Vielzahl von leistungsfähigen teils FPGA-basierten

I/O-Karten zur Verfügung. Diese werden mit dem Echtzeitprozessor über das speziell von dSPACE entwickelte Datennetzwerk IOCNET gekoppelt, das trotz hoher Bandbreite ein sehr geringes Latenz- und Jitter-Verhalten aufweist. Für noch schnellere Zykluszeiten oder umfangreiche Datenvorverarbeitung bietet dSPACE das frei programmierbare SCALEXIO DS2655 FPGA Base Board an, das mit zusätzlichen I/O-Modulen bestückt werden kann. Zudem besteht die Möglichkeit, dSPACE-qualifizierte PCIe-Karten von Drittanbietern in das System einzubinden. Weitere Komponenten wie ein fahrzeugtaugliches Gehäuse (SCALEXIO AutoBox) und zusätzliche I/O-Karten befinden sich aktuell in der Entwicklung und werden schon bald zur Verfügung stehen.





Elektronische Hochvoltlasten für
Motor- und Batterieemulation

Spannend emuliert

Für die Emulation von Motoren und Batterien im Bereich von Spannungen bis 700 V hat dSPACE eine neue elektronische Hochvoltlast entwickelt. Zusammen mit den benötigten Simulationsmodellen ergibt sich damit ein schlüsselfertiges Testsystem für alle Anwendungen aus dem Traktionsbereich. Sämtliche Komponenten stammen aus einer Hand.



Das ideale Testsystem für Steuergeräte elektrischer Antriebe ist flexibel anpassbar, offen für Änderungen, kompakt und leistungsstark. Mit der neuen elektronischen Hochvoltlast setzt dSPACE genau hier an. Sie ist das Kernstück der hochdynamischen Elektromotor- und Batterieemulation für bis zu 700 V. Hinzu kommen die offenen und flexiblen Simulationsmodelle von dSPACE sowie ein Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulator dSPACE SCALEXIO. Über das zu testende Steuergerät hinaus sind keine weiteren realen Komponenten erforderlich. Dadurch wird der Teststand flexibel und kostengünstig.

Motoremulation für den HIL-Test

Ein Steuergerät für Elektromotoren muss mit Hilfe seiner integrierten Endstufen die vollständige Antriebsleistung eines Fahrzeuges mit elektrischem Antrieb verarbeiten. Beim HIL-Test muss dieses Steuergerät deshalb mit den echten Motorströmen belastet werden. Bisher wurde es dafür oftmals mit dem realen Antriebsmotor auf einem mechanischen Prüfstand in Verbindung mit einer dynamischen Belastungsmaschine betrieben. Diese Methode bringt eine Reihe von Nachteilen mit sich: Die hohen mechanischen Energien der rotierenden Maschinen erfordern aufwendige Sicherheitsmaßnahmen, Prüfstände sind beim Wechsel auf einen anderen Motor ebenso teuer wie unflexibel. Die erreichbare Dynamik ist durch die Dynamik der Lastmaschine begrenzt. Das Device under Test (DUT) kann nicht immer sicher betrieben werden, Fehlersimulationen sind nur eingeschränkt möglich. Eine Emulation von Motor und Batterie überwindet diese Nach-

teile und eröffnet dem Tester neue Möglichkeiten. Bei der Emulation geht es darum, den Motor und die Batterie zu simulieren und das DUT mittels hochdynamischer elektronischer Lasten mit den realen Strömen und Spannungen zu beaufschlagen – ganz ohne mechanische Komponenten.

Langjährige Erfahrung

Mit der neuen elektronischen Hochvoltlast erweitert dSPACE sein Produktportfolio und bietet nun ein schlüsselfertiges System für die vollständige Virtualisierung von Fahrzeugen mit realen Energieflüssen. Dabei stammen alle Komponenten aus einer Hand. Anwender profitieren von der langjährigen Projekterfahrung mit Motoremulationen aus dem Niedervoltbereich. Die dort bewährten Konzepte wurden nun auf den Hochvoltbereich übertragen und weiterentwickelt. Die komplette Hardware ist eine Eigenentwicklung von dSPACE und Schlüsseltechnologien wurden zum Patent angemeldet. Da der Anwender nur einen einzelnen Ansprechpartner kontaktieren muss, reduziert sich sein Abstimmungsaufwand bezüglich Systemaufbau und Betrieb.

Dynamische Hochvoltlast

Die elektronische Hochvoltlast (Abbildung 1) kann sowohl zur Emulation von Lasten, zum Beispiel Motoren, als auch von Quellen wie Batterien oder AC-Netzanschlüssen genutzt werden. Die Verwendung der gleichen Hardware für beide Anwendungen reduziert den Einarbeitungsaufwand für das Gesamtsystem und vereinfacht Konfigurationsänderungen. Mit ihrer sehr hohen Dynamik hinsichtlich der Stromänderungsgeschwindigkeit, der großen Bandbreite der emu-

>>

Mit der neuen Hochvoltlast lassen sich Fahrzeuge vollständig virtuell mit echten Energieflüssen darstellen – schlüsselfertig aus einer Hand.

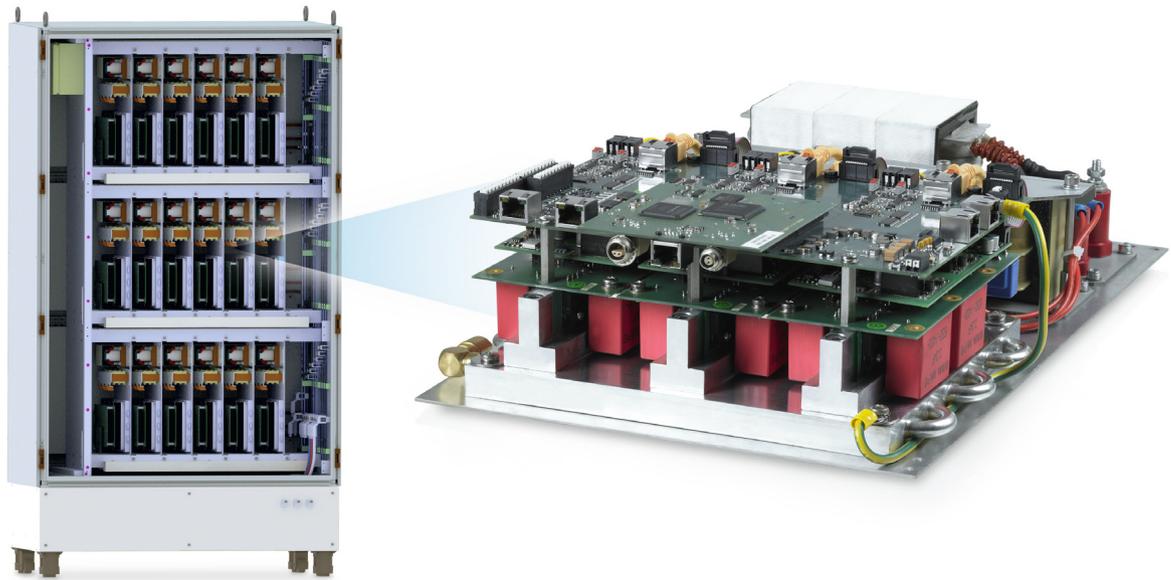


Abbildung 1: Die elektronische Hochvoltlast ermöglicht die Emulation von Motoren und Batterien im Bereich von Spannungen bis 700 V.

lierten Induktivitätswerte sowie dem Spannungsbereich bis 700 V erfüllt sie alle Anforderungen für Anwendungen aus dem Traktionsbereich. Durch einen beliebigen parallelen Betrieb der Lasten werden Leistungen bis zu vielen 100 kW erreicht. Das Modul ist mit seinen Maßen von 45 cm x 30 cm sehr kompakt.

Offene Simulationsmodelle

Für die Simulation der Motoren und Drehgeber kommen offene FPGA-basierte Modelle aus der dSPACE XSG Electric Components Library zur Anwendung. Mit ihnen können echte Phasenströme vorgegeben werden, die eine sehr genaue und schnelle Berechnung ermöglichen. Bei Bedarf können sie vom Kunden selbst oder von den dSPACE Experten für spezielle Anforderungen angepasst und erweitert werden. Mit den dSPACE

Automotive Simulation Models (ASM) erhält der Anwender verschiedene Modellbibliotheken mit offenen Simulationsmodellen für den Prozessor, die er selbst für Spezialanwendungen erweitern kann. Sie umfassen zum Beispiel Modelle für verschiedene Batterietypen (ASM Electric Components) sowie Modelle für komplette Antriebsstränge und Fahrzeuge (ASM Vehicle Dynamics). Die Simulationsmodelle für die Tests auf Leistungsebene sind dieselben, die auch für die Simulation auf Signalebene verwendet werden. Die Anwender müssen sich daher nur einmal einarbeiten und können bereits bestehende Konfigurationen weiter nutzen.

Leistungsstarker Simulator

Als HIL-System kommt ein SCALEXIO-Simulator zum Einsatz. Aufgrund der Vielzahl flexibler I/O-Karten lässt

sich das System leicht an unterschiedlichste Anwendungen anpassen. Durch die leistungsstarke SCALEXIO Processing Unit sowie die FPGA-basierte Motoremulation gibt es keinerlei Einschränkungen bezüglich der Simulations- und Emulationsmöglichkeiten. Alle Betriebspunkte eines Elektromotors können sowohl im Motor- als auch im Generatorbetrieb emuliert werden. Des Weiteren ist die Emulation von harmonischen Frequenzen möglich, wodurch sich eine sehr hohe Genauigkeit für die Motorstromnachbildung ergibt. SCALEXIO bietet damit die ideale HIL-Umgebung für Last- und Funktionstests auf Leistungsebene.

Breite Anwendungsmöglichkeiten

Die elektronische Hochvoltlast ist für die hochdynamische Motor- und Batterieemulation in elektrischen Antriebssystemen optimiert. Weitere

Die kompakte, modulare Bauweise des Emulationssystems sowie offene Simulationsmodelle ermöglichen eine einfache Anpassung für verschiedenste Anwendungen.

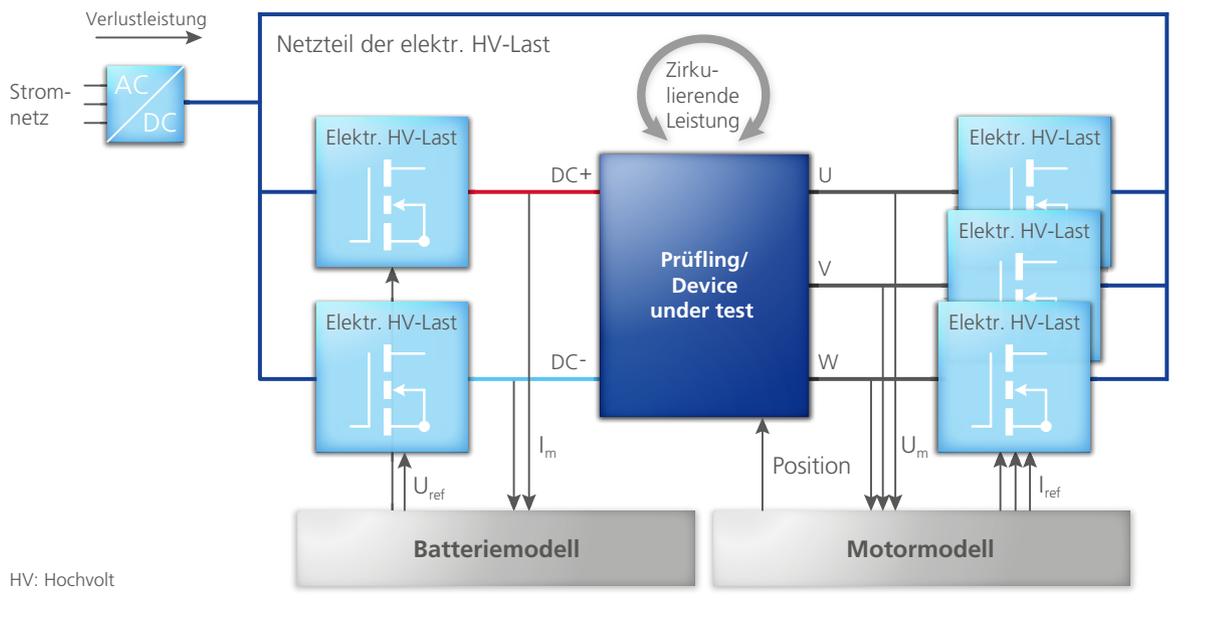


Abbildung 2: Schematische Darstellung eines typischen Testaufbaus.

Anwendungsbereiche umfassen den Test von Industriemotoren, Windkraft- und Solarwechselrichtern, DC/DC-Umrichtern sowie die Emulation von Wechselspannungsnetzen. Durch die flexiblen Konfigurationsmöglichkeiten sind alle gängigen Frequenzbereiche abgedeckt, beispielsweise zwei oder drei Phasen bei 50 Hz oder 400 Hz für Projekte der Luft- und Raumfahrt. Das Emulationssystem kann in verschiedenen Phasen der Entwicklung und Testprozesse eingesetzt werden:

- Test neuer Regelalgorithmen für Leistungselektroniksysteme
- Zuverlässigkeitsprüfungen und Fehlertests
- Freigabe- und Zulassungstests mit kontrollierter Fehlereinspeisung
- Robustheitstests, beispielsweise mit unterschiedlichen Motorparametern
- Systemtests der Hochvoltkomponenten eines Fahrzeugs im Zusammenspiel

Da die Komponenten emuliert werden, können all diese Tests gefahrlos

durchgeführt werden – auch in kritischen Betriebspunkten, die einen realen Motor gefährden oder sogar zerstören würden. Durch die kontinuierliche Überwachung von Strom und Spannung ist der Schutz des Prüflings auch im Grenzbetrieb stets gesichert.

Das Gesamtsystem

Das Gesamtsystem beinhaltet neben dem Emulatorschrank mit den Hochvoltlasten und dem HIL-Simulator zur Berechnung der Simulationsmodelle noch ein Kühlaggregat. Die Kopplung zwischen SCALEXIO und dem Emulatorschrank erfolgt über die von dSPACE entwickelte Netzwerktechnologie IOCNET. Diese ermöglicht eine latenzarme, schnelle Kommunikation mit dem SCALEXIO-Echtzeitprozessor. Für die Installation ist lediglich ein günstiger Standard-Netzanschluss erforderlich, da keine Rückspeisung über das Stromnetz erfolgt. Durch den internen Energiefluss zwischen Motor und Batterieemulation arbeitet das Gesamtsystem höchst effizient und es wird nur eine geringe

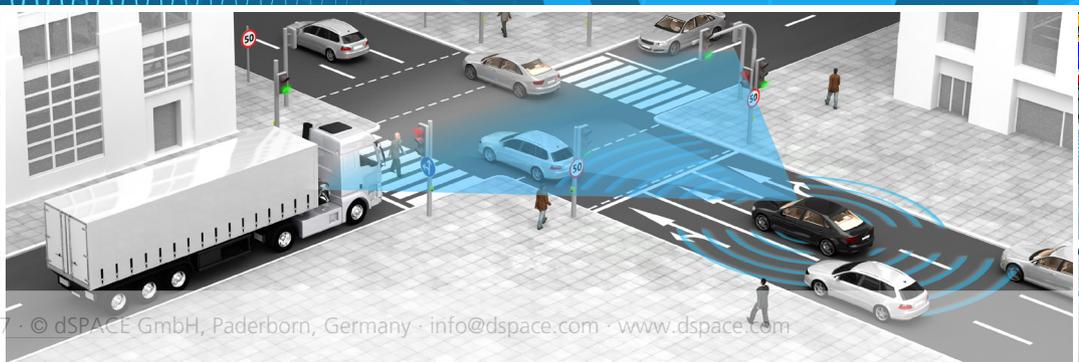
Anschlussleistung von typischerweise 20 % der Nennleistung benötigt. Ein typischer Testaufbau für einen Traktionsantrieb besteht aus zwei elektronischen Lasten zur Emulation der Batterieströme, drei Lasten für die Nachbildung des Motors, dem zu testenden Steuergerät und einem Netzteil zur Kompensation der Verlustleistung (Abbildung 2). Durch die kompakte Bauweise benötigt diese Beispielkonfiguration für die Emulation eines 150-kW-Motors und der Batterie nur einen Emulatorschrank.

Integration in die bestehende Produktlandschaft

Neben den Simulationsmodellen kann weitere dSPACE Software wie ModelDesk für die Modellparametrierung, ControlDesk für die Simulationskontrolle, MotionDesk für die Visualisierung und AutomationDesk für die Testautomatisierung wie gewohnt genutzt werden. Die neue elektronische Hochvoltlast wird noch 2017 im Rahmen von Engineering-Projekten verfügbar sein. ■

Test von Radarsensoren
mit Hilfe realer Radarechos

Echte Echos im Labor



Der Test von Radarsensoren im geschlossenen Regelkreis ist eine der elementaren Herausforderungen bei der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen. Mit einer Erweiterung für seine HIL-Simulatoren macht dSPACE genau dies jetzt auch platzsparend im Labor möglich – mit echten statt nur mit virtuellen Radarechos.

Radarsensoren versorgen in modernen Fahrzeugen die Assistenzsysteme mit den nötigen Umgebungsinformationen, um Unfälle zu vermeiden oder autonome Fahrfunktionen auszuführen. Weil für die Absicherung der Assistenzsysteme das Ausbreitungsverhalten der Radarwellen möglichst realitätsnah berücksichtigt werden muss, sind kostspielige und zeitaufwendige reale Fahrttests in der Regel zwingend notwendig. Durch Labortests von Radarsensoren mit echten Radarwellen (Over-the-Air) lassen sich diese realen Fahrttests vermeiden.

Tests im Labor statt auf der Teststrecke

Um Radarsensoren im Labor zu testen, müssen eine ganze Reihe von Anforderungen erfüllt werden:

- Es müssen in den begrenzten Räumlichkeiten eines Labors Radarechos von Verkehrsteilnehmern generiert werden, die in der Realität auf der Straße in verschiedenen Entfernungen (von wenigen Metern bis zu einigen hundert Metern) und mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten unterwegs wären.
- Änderungen der Ursprungsrichtung des Radarechos (aufgrund von Kurvenfahrten der Fahrzeuge) müssen ebenfalls nachgebildet wer-

den, genauso wie die Radarquerschnitte (ein Maß für die Rückstrahlfähigkeit der Radarobjekte).

- Unerwünschte an den Messplatzaufbauten entstehende Radarechos müssen ausgefiltert bzw. abgeschirmt werden, da sie die Tests verfälschen würden. Hierfür müssen die Tests in einer speziellen Absorberkammer stattfinden.

Weil die Erfüllung all dieser Voraussetzungen schwierig ist, laufen Tests von radarbasierten Fahrerassistenzalgorithmen heutzutage oft mit Hilfe einer Restbussimulation ab, bei der die erkannten Radarobjekte in den Bus, zum Beispiel CAN, eingespeist werden. Weil hierbei aber ohne den realen Radarsensor gearbeitet wird, fehlt es an der notwendigen Testtiefe. Die Nachteile dieses Vorgehens werden bei der Verwendung von echten Radarsensoren und -echos vermieden. Dank der generischen Arbeitsweise des miro-sys Automotive Radar Scenery Generators werden keine steuergerätespezifischen internen Informationen benötigt, so dass man den Radarsensor als eine Blackbox betrachten und testen kann.

Testplatz für radarbasierte Algorithmen

Der dSPACE OTA (Over-the-Air) Radarprüfstand für den Test von radarbasierten Algorithmen besteht im

>>





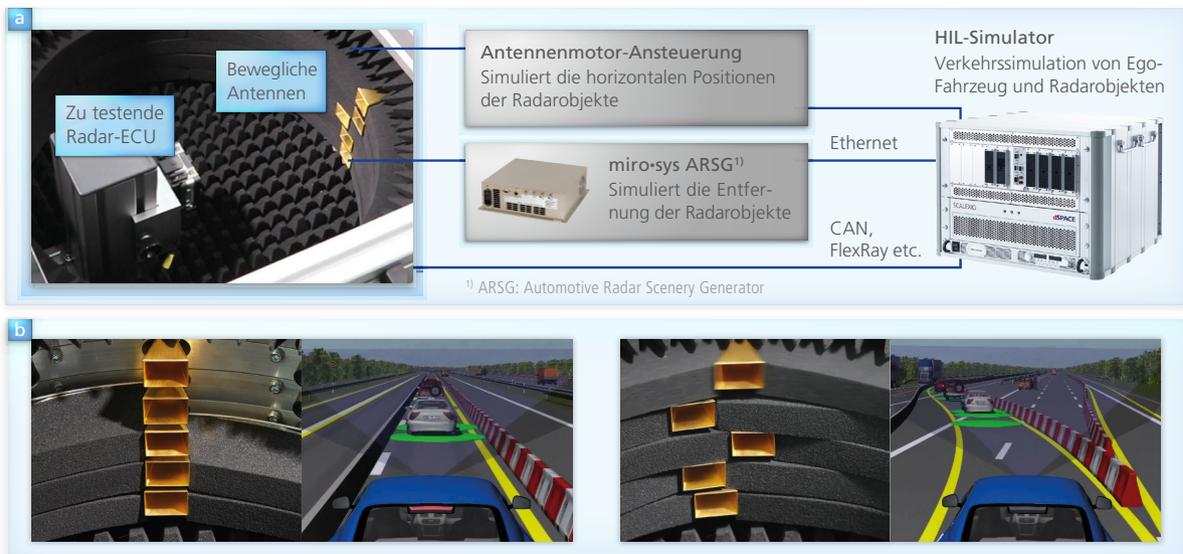
Abbildung 1: Der Radartestplatz im Überblick.

Wesentlichen aus dem mechatronischen Prüfstand, einem HIL-Simulator dSPACE SCALEXIO und dem miro•sys Automotive Radar Scenery Generator (Abbildung 2a). Der mechatronische Prüfstand beinhaltet eine Absorberkammer (reflexionsarmer Raum), in der sich der Radarsensor befindet, sowie mehrere übereinander gelagerte, per Elektromotor

um die gemeinsame senkrechte Achse drehbare Ringe, an denen die Antennen befestigt sind. Durch Drehen der Ringe ändert sich die Antennenposition und damit die Ursprungsrichtung der Radarechos (Abbildung 2b). Der miro•sys Automotive Radar Scenery Generator empfängt die vom Radarsensor ausgesandten Radarwellen und modifiziert das Originalsignal

auf Basis des auf dem HIL-Simulator ablaufenden Fahrscenarios. Die zeitliche Differenz zwischen dem empfangenen und ausgesandten Radarsignal wird dabei variiert, je nach der Distanz der Fahrzeuge. Als Ergebnis empfängt der Radarsensor Radarechos, die genau denen im realen Straßenverkehr entsprechen. Auf diese Weise können alle typischen Anwen-

Abbildung 2: (a) Das zu testende Radarmessgerät befindet sich in einer Absorberkammer. Der dSPACE Simulator berechnet die Fahrscenarien, positioniert die Antennen und steuert den miro•sys Automotive Radar Scenery Generator an, der die zugehörigen Radarechos von bis zu vier Objekten generiert. (b) Zwei beispielhafte Antennenpositionen mit den entsprechenden Fahr Situationen.



dungsfälle, zum Beispiel ACC, Notbremsassistent und Fahrspurwechsel, bequem im Labor durchgespielt werden. Bei allen Tests lassen sich auch die Eigenschaften (Form, Lackierung) der Frontschürze, in der Radarsensoren üblicherweise verbaut sind, problemlos berücksichtigen, denn der Testplatz bietet genug Platz, um einen Teil der Frontschürze zusammen mit dem Radarsensor einzubauen. ■

Das Video zeigt den Radartestplatz in Aktion.
www.dspace.com/gol
[dMag_20172_Radar](#)



Steckbrief: Radartestplatz

Leistungsmerkmale	Details
Radarobjekte (Anzahl/Eigenschaften)	■ 4 unabhängige Radarobjekte mit folgenden Parametern: ■ Entfernung ■ Geschwindigkeit ■ Radarquerschnitt ■ Azimutwinkel
Aktualisierungsrate	■ 1 ms
Entfernungsbereich/Schrittweite	■ 2,0 ¹⁾ -1000 m / 5,6 cm (digital)
Geschwindigkeitsbereich/Schrittweite	■ ±700 km/h / 4 mm/s
Azimutwinkelbereich/Auflösung	■ 90° / 0,1°
Azimutwinkelgeschwindigkeit	■ Max. 200°/s
Unterstützte Radarfrequenzen	■ 23-26 und 75-82 GHz

¹⁾ In der Entwicklung. Kürzere Entfernungen auf Anfrage.

Michael Rožmann, Geschäftsführer der miro•sys GmbH, erläutert die Herausforderungen beim Einsatz realer Radarechos.



Herr Rožmann, warum ist die Arbeit mit realen Radarechos so anspruchsvoll?

Im Gegensatz zu hochauflösenden Bildern, beispielsweise von optischen Kameras, sind Radarsignale schwieriger zu deuten. Außerdem erfordert die filigrane Hochfrequenztechnik höchste Genauigkeit bezüglich Signalqualität und -kohärenz, denn schon die kleinsten Abweichungen führen zu großen Fehlern. Hinzu kommt, dass die kurzwelligen Signale extrem gut reflek-

tiert werden, so dass man unerwünschte Reflexionen in den Griff bekommen muss.

Wie haben Sie all diese Herausforderungen gelöst?

Die jahrzehntelange Erfahrung von miro•sys auf dem Gebiet der Hochfrequenztechnik und Optik hat sich bei der Entwicklung des Radarsignalgenerators ausgezahlt. Das Gerät erlaubt die Generierung von präzisen und kohärenten Radarsignalen in Echtzeit. Die maßgeschneiderte Absorberkammer mit speziellem Material beseitigt alle unerwünschten Reflexionen, so dass der Radarsensor nur die generierten Radarechos registriert.

Wo liegen die Vorteile realer Radarechos? Gibt es Dinge, die man nur auf diese Weise testen kann?

Der Vorteil liegt auf der Hand: Der zu testende Radarsensor kann als Blackbox behandelt werden, das heißt, es sind keine herstellerspezifischen Kenntnisse des Sensors erforderlich. Die gesamte Wirkkette, vom Radom bis zum Tracking-Algorithmus, kann nur auf diese Weise getestet werden.

Außerdem wird der Einfluss von umgebenden Materialien, zum Beispiel der Frontschürze, auf das elektromagnetische Signal mitberücksichtigt.

Was unterscheidet Ihre Produkte von denen Ihrer Wettbewerber?

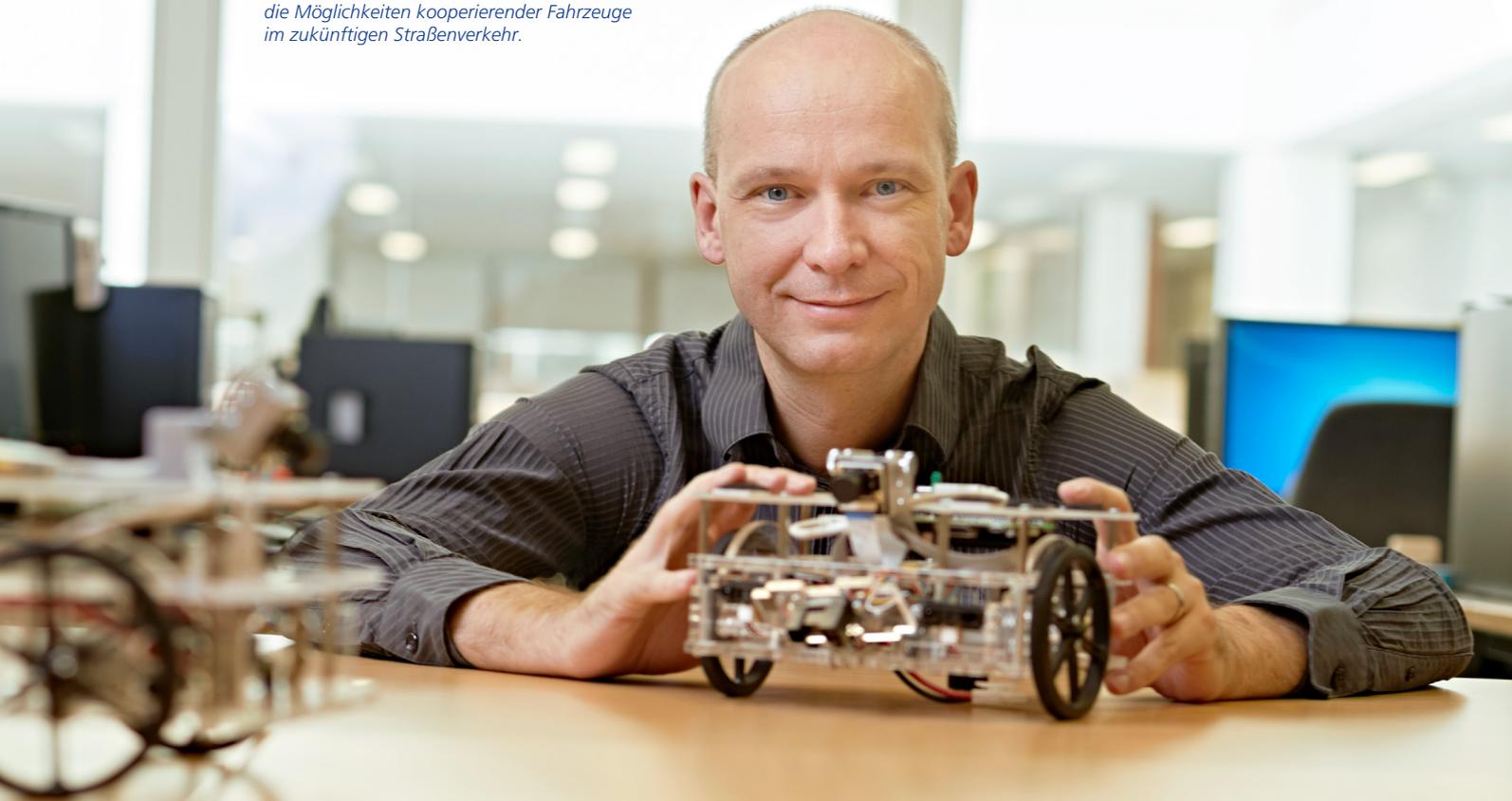
Die Eigenschaften des Radarechos, also von Radarquerschnitt, realiver Distanz und relativer Geschwindigkeit, können jede Millisekunde neu gesetzt werden. Außerdem unterstützen wir mit einem einzigen kompakten Gerät bis zu vier völlig unabhängige Radarobjekte sowie alle drei gebräuchlichen Radarfrequenzen, also 24, 77 und 79 GHz. Zudem ist der Signalgenerator modular ausgelegt, so dass wir ihn kundenspezifisch konfigurieren können.

Welche Erweiterungen für den Testplatz planen Sie für die Zukunft?

Wir werden vor allem daran arbeiten, die Anzahl der möglichen Radarechos zu erhöhen und die Minimalabstände der Radarobjekte zu reduzieren.

Herr Rožmann, vielen Dank für das Gespräch.

Mit untereinander kommunizierenden Roboterautos untersucht Professor Dressler schon heute die Möglichkeiten kooperierender Fahrzeuge im zukünftigen Straßenverkehr.



„Es wird uns überraschen,
welche Fähigkeiten kooperierende
Fahrzeuge haben können.“

Professor Falko Dressler forscht
an der Zukunft automotiver Vernetzung

Die von dSPACE gestiftete Fachgruppe für „Verteilte Eingebettete Systeme“ bearbeitet einen der zukunftsreichsten Themenschwerpunkte am Institut für Informatik der Universität Paderborn. Im Gespräch mit dem dSPACE Magazin blickt ihr Leiter, Professor Falko Dressler, nicht nur auf mittlerweile drei spannende Jahre zurück, sondern auch auf zukünftige Herausforderungen für die Automobilindustrie.

Herr Professor Dressler, seit 2014 leiten Sie die Fachgruppe für „Verteilte Eingebettete Systeme“. Was waren die wichtigsten Meilensteine in diesen drei Jahren?

Einen ersten großen Meilenstein konnten wir noch im Jahr der Gründung unserer Fachgruppe, im Dezember 2014, erreichen. Damals ist es uns gelungen, die weltweit renommierte Vehicular Networking Conference (IEEE VNC) erstmalig nach Deutschland und erstmalig auch in eine vergleichsweise kleine Stadt zu holen – nach Metropolen wie Amsterdam, Boston oder Kyoto. Das war nicht nur für mich persönlich ein guter Einstieg, sondern auch eine Leistung, die unser gesamtes Team stolz gemacht hat. Nur zwei Jahre später waren wir der Ausrichter des International Symposium on Mobile ad-hoc Networking and Computing (ACM MobiHoc), einer international erstklassig besetzten Fachkonferenz. Sie hat ebenfalls dazu beigetragen, Paderborn bei vielen internationalen Spitzenforschern auf dem Gebiet mobiler Drahtloskommunikation ins Blickfeld zu rücken. Nicht zuletzt würde ich insbesondere die Kooperation mit dSPACE als Meilenstein betrachten. Hier konnte die Zusammenarbeit in den zurückliegenden drei Jahren stetig weiter vertieft werden.

„Verteilte Eingebettete Systeme“ – in Zeiten des „Internet of Things“ klingt das nach einem extrem breit gefächerten Forschungsgebiet, das bereits heute einen Großteil unseres alltäglichen Lebens berührt. Wo setzen Sie die Schwerpunkte Ihrer Arbeit?

Unser Forschungsgebiet ist in der Tat sehr breit aufgestellt. Wir orientieren uns daher an zwei Schwerpunkten. Der erste wird durchaus stark vom „Internet of Things“ getrieben, in dem sich immer mehr unserer alltäglichen Gegenstände miteinander vernetzen. Hier liegt unser Fokus auf der Miniaturisierung von Sensortechnologien für eingebettete Systeme. Diese müssen sehr kompakt sein und mit möglichst geringem Energieverbrauch enorm flexibel einsetzbar sein. Mittlerweile sind wir damit soweit, dass wir Fledermäuse mit nur 1,8 g leichten Funksendern (inkl. Batterie) ausstatten und ihre soziale Interaktion im Netzwerk über zwei Wochen permanent beobachten können. Den zweiten Schwerpunkt unserer Arbeit stellt die Fahrzeugkommunikation dar. Anders als beim „Internet of Things“ stehen hier vor allem Kriterien wie das Erreichen von ultrakleinen Kommunikationslatenzen sowie Robustheit der drahtlosen Netzwerke für mich im Vordergrund, von deren Funktion im Ernstfall letztendlich Menschenleben abhängen.

Schon Ihre damalige Antrittsvorlesung beschäftigte sich auch mit den Herausforderungen solcher Fahrzeugnetzwerke. Wie beurteilen Sie diese Herausforderungen, wo zahlreiche Automobilhersteller planen, ihre Fahrzeuge untereinander und mit der Infrastruktur kommunizieren zu lassen?

Derzeit konzentrieren wir uns dabei vor allem auf den Aspekt des kooperativen autonomen Fahrens. Dabei reicht der Blickwinkel deutlich über die heutige Umfelderkennung moderner Fahrzeuge hinaus: Untereinander kooperierende Fahrzeuge werden auch in der Lage sein, Gefahren zu erfassen, die außerhalb ihres eigenen Blickfelds liegen, beispielsweise indem sie mit Hilfe ihrer Partnerfahrzeuge im wahrsten Sinne des Wortes durch Hindernisse hindurchschauen können. Auch wenn die teilautonomen Fähigkeiten heutiger Fahrzeuge bereits beeindruckend sind, so wird es meiner Meinung nach erst recht spannend zu sehen sein, zu welchen Fähigkeiten eine Vielzahl kooperierender Fahrzeuge in der Lage sein wird. Eine weitere große Herausforderung wird es dabei aber sein, die Ressourcen der Übertragungskanäle so effizient zu verwalten, dass sicherheitsrelevante Nachrichten auch bei hohen Verkehrsdichten immer zuverlässig übertragen werden.

>>



Und wie können diese Herausforderungen zukünftig gemeistert werden? Was kann die Automobilbranche tun, um den Boden für eine immer stärkere Vernetzung ihrer Produkte zu bereiten? Und wie kann die universitäre Forschung dabei unterstützen?

Ein entscheidender Schlüssel zur Lösung wird meiner Meinung nach die Auswahl und Standardisierung einer geeigneten Übertragungstechnologie für drahtlose Kommunikation zwischen Fahrzeugen oder der Infrastruktur sein. Bislang kommt es mir so vor, als gingen viele Automobilhersteller hier größtenteils eigene Wege: Die einen setzen beispielsweise auf die Mobilfunkstandards der vierten Generation (4G), deren Abdeckung aber in vielen Ländern noch völlig unzureichend ist. Die anderen treiben die Vernetzung mittels WLAN (IEEE 802.11p) voran, stehen aber vor großen Herausforderungen beim Erreichen einer minimalen Penetrationsrate. Hier kann die akademische Forschung mit ihrem längerfristigen Zeithorizont wertvolle Unterstützung leisten für die Industrieforschung, die meist nur auf wenige Jahre und einen zeitnahen Return of Invest angelegt ist. Das kann zum Beispiel im Rahmen eines „Technologieradars“ erfolgen. Vor allem ist es mir aber besonders wichtig, dass Unternehmen die Kooperation mit den Universitäten als Win-win-Situation wahrnehmen.

Wie gestaltet sich denn diese Kooperation mit dSPACE, dem Unternehmen, das Ihren Lehrstuhl durch eine Stiftung finanziert hat? Und in welchen Bereichen findet sie statt?

Die Zusammenarbeit zwischen uns und dSPACE ist meiner Meinung nach ein gelungenes Beispiel für eine solche Win-win-Situation. Natürlich, weil der Lehrstuhl überhaupt erst durch die Stiftung ermöglicht wurde. Meiner Meinung nach hat das Unternehmen auch den langfristigen Wert

der universitären Forschung sehr klar erkannt. In der Folge profitiert dSPACE nicht nur von unseren Arbeiten, sondern teilt deren Ergebnisse auch sehr offen mit uns, was längst nicht in allen industriefinanzierten Forschungsprojekten an den Universitäten der Fall ist. Die vielen Freiheiten, die wir im Umgang mit unseren Erkenntnissen haben, bereiten dann wiederum den Nährboden für weitere spannende Themen und Fragestellungen in der Zukunft. Ebenso positiv verhält es sich mit der Zusammenarbeit im Rahmen von studentischen Abschlussarbeiten oder mit der Hard- und Software, die uns das Unternehmen zur Verfügung stellt. Wir profitieren davon, dass wir anschauliche und praxisnahe Lehrveranstaltungen anbieten können, im Gegenzug kommen unsere Studierenden schon frühzeitig mit dSPACE Produkten in Kontakt. Nicht umsonst starten viele unserer Absolventen dort ihre berufliche Karriere.

Im Projekt HY-NETS arbeiten Sie auch eng mit dSPACE und weiteren Partnern zusammen, mit dem Ziel, komplexe Verkehrsströme zu simulieren und mit Assistenzsystemen Hybridantriebe noch sparsamer zu machen. Wie geht es hier voran?

HY-NETS zeigt nicht nur ein anschauliches Beispiel für unsere gute Zusammenarbeit mit dSPACE und Partnern aus der Industrie, sondern auch eine sehr spannende Anwendungsmöglichkeit von untereinander und mit der Infrastruktur kommunizierenden Fahrzeugen, hier sogar im ökologischen Kontext. Die von uns für das Projekt simulierten Verkehrsströme und ihre Kommunikation untereinander und mit der Infrastruktur las-



Adaptive drahtlose Kommunikation ist einer der Forschungsschwerpunkte von Professor Dressler.

sen sich bereits mit den von dSPACE erstellten Modellen für die unmittelbare Verkehrsumgebung des zu optimierenden Hybridfahrzeugs kombinieren. So wird es möglich, komplexe kooperative Fahrscenarien zu kreie-

„Es ist mir besonders wichtig, dass Unternehmen die Kooperation mit den Universitäten als Win-win-Situation wahrnehmen. dSPACE hat das meiner Meinung nach auch sehr klar erkannt.“

Professor Falko Dressler

ren, die von unseren Projektpartnern mit einem realen Hybridantrieb auf dem Prüfstand nachgefahren werden. Schon jetzt zeichnen sich dabei umfangreiche Potenziale für mögliche zukünftige Effizienzsteigerungen und Verbrauchssenkungen ab.

Im Jahr 2016 wurden Sie in den Rang eines Fellows des weltweit renommierten IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) erhoben. Was bedeutet das für Sie persönlich und für Ihre Forschungsarbeit?

Für mich persönlich stellt die IEEE Fellowship schon eine große Ehre dar, sie wird kurzfristig aber wohl keine unmittelbaren Auswirkungen auf meine Forschungsarbeit hier und heute haben. Längerfristig kann sie meiner Meinung nach jedoch durchaus interessante neue Perspektiven und Netzwerke für die Fachgruppe

„Verteilte Eingebettete Systeme“ eröffnen. Zum einen steigert sie das Renommee des Lehrstuhls, was bei der Akquise interessanter neuer Forschungsprojekte hilfreich ist. Zum anderen strahlt diese Anerkennung

aber auch auf unsere Absolventen ab. Ein Abschluss bei einem IEEE Fellow kann durchaus das entscheidende Plus sein, um

sich als Absolvent am IT-Arbeitsmarkt durchzusetzen.

Herr Professor Dressler, wir bedanken uns für das Gespräch.

Professor Dr.-Ing. habil. Falko Dressler, Jahrgang 1971, ist seit dem 1. April 2014 Mitglied des Instituts für Informatik an der Universität Paderborn und Leiter der Fachgruppe „Verteilte Eingebettete Systeme“.





Entwicklung eines autonomen Rennwagens für die Formula Student Driverless

Pistenstudium

Präzise, reproduzierbar, lernfähig – das sind die herausragenden Eigenschaften virtueller Fahrer. Das Formula-Student-Team der Hochschule Augsburg setzt genau darauf, um bestmögliche Rundenzeiten zu erzielen. Für die Entwicklung einer autonomen Fahrsteuerung nutzt es eine MicroAutoBox und die Multi-sensorentwicklungsumgebung RTMaps.

Die Formula Student ist auch bei den neuesten Innovationen der Automobilindustrie absolut auf Höhe der Zeit. In der Formula Student Driverless (FSD) messen sich die Teams seit 2017 mit autonom fahrenden Boliden. Ziel ist es, ein Fahrzeug zehn Runden auf einer mit Pylonen abgesteckten Strecke absolvieren zu lassen – möglichst schnell und vollständig auf sich selbst gestellt. Mit dabei ist auch das Team Starkstrom der Hochschule Augsburg. Schon 2015 führte es automatisiertes Testen mit einem virtuellen, GPS-basierten Fahrer ein. Der erste Vorsitzende Julian Stähler: „Wir konnten so das Torque Vectoring unseres elektrisch betriebenen Fahr-

zeugs optimal abstimmen, denn kein realer Fahrer bietet diese exakte Reproduzierbarkeit auf der Strecke.“

Fahren nach Karten

Mittlerweile verfügt das Team über einen reglementkonformen, autonomen Rennwagen, der mit zwei Lidarsensoren und einer Kamera die Strecke selbständig erfassen und anschließend mit hoher Geschwindigkeit GPS-basiert umrunden kann. Gestartet wird bewusst langsam – bedingt durch die Eigenschaften der verwendeten Sensoren. Der Lidar liefert zum Beispiel nur bis circa 20 km/h zuverlässige Messdaten. Mit dieser Geschwindigkeit lernt der Rennwagen zunächst die Piste ken-

nen und trägt dabei alle erkannten Pylonen und deren GPS-Position in eine Karte ein. Dabei übernimmt die Kamera die Erkennung, die Lidarsensoren liefern die exakten Abstände zum Fahrzeug. In der nächsten Runde wird die Geschwindigkeit gesteigert und der Wagen mit Hilfe von fusionierten Sensordaten entlang der Sollbahn geregelt. Die Karte wird Runde um Runde weiter verfeinert. Nach 10 absolvierten Runden soll das Fahrzeug an der Zielinie anhalten, die von der Kamera anhand von andersfarbigen Pylonen erkannt werden muss.

Zentrale Recheneinheit

Zur zentralen Steuerung setzt das Team

„Mit RTMaps und der MicroAutoBox gelingt es uns, neue Funktionen sehr schnell zu entwickeln und ins autonome Fahrzeug zu bringen.“

Julian Stähler, Team Starkstrom

auf eine Kombination aus MicroAutoBox und MicroAutoBox Embedded PC. Während auf der MicroAutoBox die Lenkwinkel und Bremsbefehle gerechnet und die Aktoren damit angesteuert werden, nimmt der Embedded PC die Signale aller bildgebenden Sensoren entgegen. Für deren Verarbeitung und Fusion nutzt das Team die Entwicklungsumgebung RTMaps von Intempora.

Entwicklung der Algorithmen

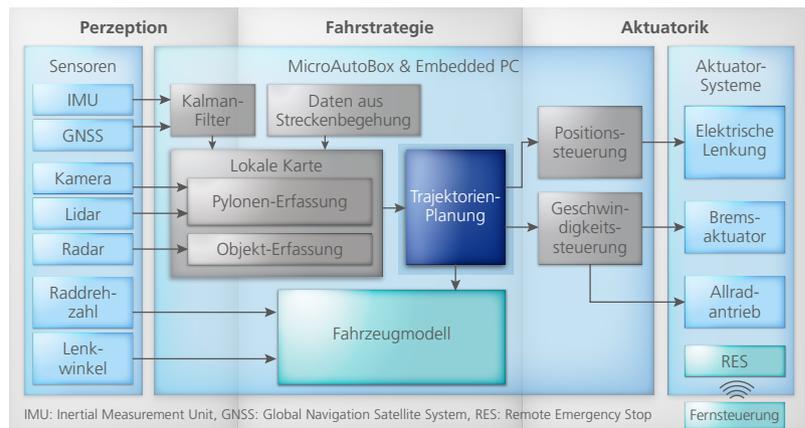
Software-Entwickler Mathias Pechinger erläutert: „Die Algorithmen zur Erkennung der Pylonen haben wir mit Python und Open-Source-Bibliotheken selbst erstellt und dann mit dem Python-Block in RTMaps eingebunden.“ Dort konnten anschließend Kamera- und Lidarsignale fusioniert und Bewegungstrajektorien berechnet werden. Nach der Funktionsentwicklung erfolgt zunächst eine Simulation, anschließend kann die Software sofort zusammen mit einer RTMaps-Laufzeitumgebung auf dem Embedded PC ausgeführt werden. Beim autonomen Fahren mit hohen Geschwindigkeiten wird eine Sensorfusion aus GPS-Referenzsignal, Lidardaten, Beschleunigung und Raddrehzahl durchgeführt. Falls das GPS gestört ist, lässt sich per Kalman-Filter noch für 7 Sekunden bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h weiterfahren, bis abgebremst wird und die bildgebenden Systeme das Fahrzeug steuern.

Hohe Performance erreicht

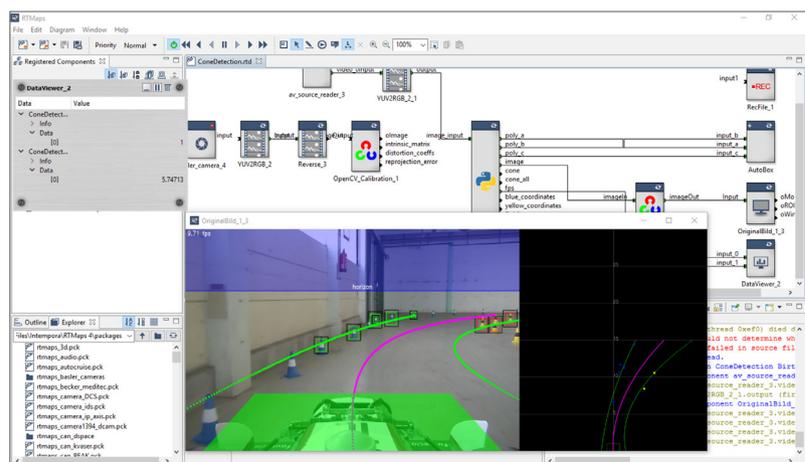
Sehr zufrieden sind die studentischen Entwickler mit der Arbeitsweise und den Workflows in RTMaps. Mathias Pechinger: „RTMaps funktioniert richtig gut. Vor allem die einfache Anbindung an die in Simulink® entwickelten Algorithmen auf der MicroAutoBox erlaubt es uns, neue Funktionen sehr schnell umzusetzen.“ Ebenso schnell gelang auch der Austausch der anfangs USB-basierten Kamera gegen ein per Ethernet angebundenes Modell. Die angehenden Ingenieure mussten nur den entsprechenden RTMaps-Block auswählen, und schon funktionierte die Kamera. Mit der flexiblen, leistungsfähigen Werk-



Das autonome Fahrzeug der Hochschule Augsburg ist mit einem globalen Satellitennavigationssystem (GNSS) ausgestattet und erfasst per Kamera und Lidar seine Umgebung.



Schematischer Aufbau der Fahrsteuerung.



Mit RTMaps wird die erfasste Umgebung ausgewertet und Bewegungstrajektorien ermittelt.

zeugkette konnte das Team die Performance seines Fahrzeugs extrem steigern. Mittlerweile folgt es selbst bei 90 km/h

immer noch sicher der Strecke, eine hervorragende Ausgangsbasis für die kommenden Wettbewerbe. ■

Neue Hardware für die SCALEXIO-Systeme

Für SCALEXIO bietet dSPACE eine Vielzahl neuer Hardware-Karten. Sie kommen in den verschiedenen Systemen wie der SCALEXIO LabBox und dem SCALEXIO Rack-System zum Einsatz. Die neuen Karten sind sowohl für die Funktionsentwicklung als auch für Steuergeräte-Tests geeignet.



Die kompakte SCALEXIO LabBox bietet Platz für bis zu 18 Karten.



Das SCALEXIO Rack-System hat bis zu 12 Höheneinheiten und nimmt bis zu 20 Karten auf.

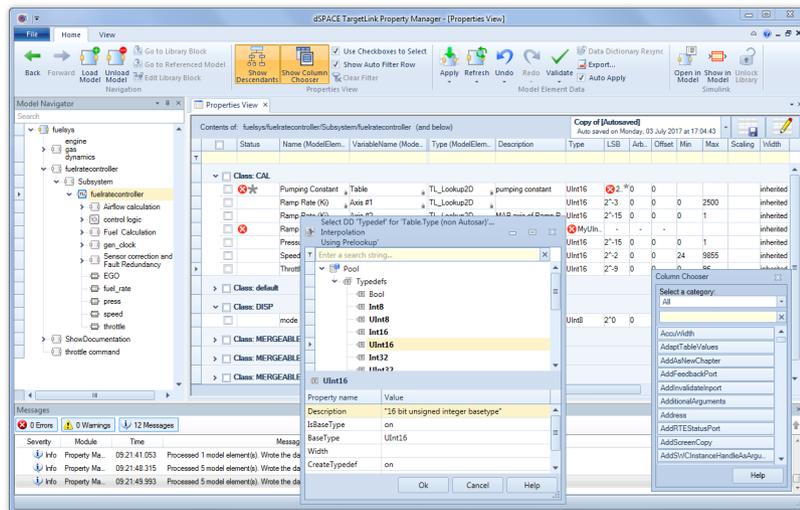
Produkt	Beschreibung	SCALEXIO-System
 <p>DS6001 Processor Board¹⁾</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Prozessorkarte mit Intel® Core™ i7-6820EQ, Quad-Core, 2,8 GHz ■ Ideal geeignet für schnelle Closed-Loop-Anwendungen ■ Hohe Bandbreite und schneller Zugriff auf die SCALEXIO-I/O-Karten ■ Leichte Skalierbarkeit der Prozessorleistung durch Kopplung mit zusätzlicher Prozessor-Hardware 	<ul style="list-style-type: none"> ■ SCALEXIO LabBox
 <p>DS6331-PE Ethernet Board¹⁾</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Erweiterung der SCALEXIO Processing Unit um 4 Ethernet-Schnittstellen ■ Unterstützung der Übertragungsgeschwindigkeiten 10/100/1000 Mbit/s ■ 4 integrierte Ethernet-Controller 	<ul style="list-style-type: none"> ■ SCALEXIO Rack-System
 <p>DS6332-CS Ethernet Board¹⁾</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ Erweiterung des DS6001 Processor Boards um 5 Ethernet-Schnittstellen ■ Unterstützung der Übertragungsgeschwindigkeiten 10/100/1000 Mbit/s ■ Integrierter Netzwerk-Switch 	<ul style="list-style-type: none"> ■ SCALEXIO LabBox
 <p>DS6311 FlexRay Board</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 4 unabhängige FlexRay-Controller ■ Parallele Nutzung der Kanäle A und B jedes Controllers ■ Software-konfigurierbarer Abschlusswiderstand sowie Feed-through-Betrieb ■ Wake-up-Unterstützung 	<ul style="list-style-type: none"> ■ SCALEXIO LabBox ■ SCALEXIO Rack-System
 <p>DS6341 CAN Board</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 4 CAN/CAN-FD-Kanäle ■ Alle Kanäle voneinander unabhängig ■ CAN-FD-Datenübertragungsrate: 40 kBd ... 8 MBd ■ Software-gesteuerter Abschlusswiderstand sowie Feed-through-Betrieb 	<ul style="list-style-type: none"> ■ SCALEXIO LabBox ■ SCALEXIO Rack-System
 <p>DS6351 LIN Board</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 8 LIN-Kanäle ■ Alle Kanäle voneinander unabhängig ■ Software-gesteuerter Abschlusswiderstand 	<ul style="list-style-type: none"> ■ SCALEXIO LabBox ■ SCALEXIO Rack-System
 <p>DS6221 A/D Board</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 16 schnelle A/D-Kanäle ■ Konvertierungszeit von 250 ns (4 Msps) und 16 Bit Auflösung ■ Vielseitig einstellbare Trigger-Möglichkeiten ■ Streaming-Schnittstelle 	<ul style="list-style-type: none"> ■ SCALEXIO LabBox ■ SCALEXIO Rack-System
 <p>DS6202 Digital I/O Board</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 32 bidirektionale Kanäle ■ Spannungsversorgungen für Sensoren mit 5 V und 12 V ■ Erweiterte digitale I/O-Funktionen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ SCALEXIO LabBox ■ SCALEXIO Rack-System
 <p>SCALEXIO Serial Interface Solution</p>	<ul style="list-style-type: none"> ■ SPI (Serial Peripheral Interface)-Schnittstelle für bis zu 4 Kanäle ■ I²C (Inter-Integrated Circuit)-Schnittstelle für bis zu 5 Kanäle 	<ul style="list-style-type: none"> ■ SCALEXIO LabBox ■ SCALEXIO Rack-System ■ externes Gehäuse für den Anschluss an ein SCALEXIO Rack-System

¹⁾ Für diese Karte gelten Steckplatzabhängigkeiten. Bitte kontaktieren Sie den dSPACE Vertrieb unter info@dSPACE.de, wenn Sie weitere Informationen benötigen.

TargetLink 4.3: Große Modelle voll unter Kontrolle

Mit der neuen TargetLink Version 4.3 und dem komplett erneuerten Property Manager erhalten Seriene-Entwickler jetzt noch mehr Übersicht über ihre Modelle und deren Block- und Objekteigenschaften. Neu sind unter anderem umfassende Filtermöglichkeiten, eine automatische Validierung und das Hervorheben von Fehlern. Das erleichtert besonders die Arbeit mit großen Modellen deutlich und verbessert den Bedienkomfort. Auch die modulare Entwicklung zur Erstellung, Integration und Wiederverwendung einzelner Komponenten wird durch optimierte Workflows und flexiblere Organisation der erzeugten Artefakte vereinfacht.

Zudem unterstützt TargetLink 4.3 den AUTOSAR-Standard 4.3 und bietet neue leistungsfähige Mechanismen zur Partitionierung von Daten und Code in einzelne Speichersegmente. Dies ist insbesondere für sicherheitskritische Projekte hilfreich, genau wie



TargetLink 4.3 mit seinem rundum erneuerten Property Manager.

die Tatsache, dass TargetLink 4.3 alle Auto-Code-Regeln von MISRA-C:2012 der Kategorien „Mandatory“ und „Required“ einhalten kann. Das reduziert den Aufwand für die Dokumentation von Abweichungen erheblich.

Zusätzlich wird TargetLink 4.3 noch umfassende Erweiterungen im Bereich der Modellierung von Algorithmen bieten, was die Arbeit von Funktions- und Software-Entwicklern deutlich erleichtert. ■

Spezifikation im TargetLink Data Dictionary

- VariableClasses
- FunctionClasses
- Templates
- CodeDecorationSets
 - AUTOSAR
 - Default
 - Calibratables
 - Calib_8
 - Filter
 - Settings
 - AutosarExportInfo
 - Calib_16
 - Calib_32
 - Calib_Unspecified
- RTOS
- Modules
- AR Autosar
 - Config
 - Interfaces
 - ModeDeclarationGroups
 - SoftwareComponents
 - ApplicationDataTypes
 - Data Type Mapping Sets
 - SwAddMethods
 - SharedElements
 - GroupInfo
 - CODE
 - VAR
 - CONST
 - CALIB
 - CALPRM

Auswirkungen im Code

```

/* start of memory section 'VAR_16' */
#define FuelsysController_START_SEC_VAR_16
#include "FuelsysController_MemMap.h"

DISP: global observable variables (RAM) | Width: 16
*****
DISP uint16 NumOfDisablings;

*****
UserSLGlobalInit: SLGlobalInit = { INIT_IN_RESTART_RUNNABLE } | Width: 16
*****
uint16 X_In_SCtrl2_Throttle_transient_correction [1]; /* LSB: 2^-9 OFF: 0 MIN/MAX: 0 .. 108
sint16 X_Out_SCtrl2_Throttle_transient_correction [1]; /* LSB: 2^-17 OFF: 0 MIN/MAX: -0.25
92370605469 */
sint16 X_SCtrl5_Discrete_Filter[2]; /* LSB: 2^-14 OFF: 0 MIN/MAX: -2 .. 1.99993896484375 */
sint16 X_SCtrl6_Discrete_Filter[2]; /* LSB: 2^-12 OFF: 0 MIN/MAX: -8 .. 7.99975859375 */

/* end of memory section 'VAR_16' */
#define FuelsysController_STOP_SEC_VAR_16
#include "FuelsysController_MemMap.h"
                    
```

Neue Möglichkeiten zur Code-Partitionierung mit Hilfe des TargetLink Data Dictionarys stellen sicher, dass alle Funktionen und Variablen in den gewünschten Speichersegmenten instanziiert werden.

Ergebnisse der Umfrage zum dSPACE Magazin

Die jüngste Leserumfrage zum dSPACE Magazin hat eine äußerst erfreuliche Resonanz hervorgerufen. dSPACE bedankt sich für das aufschlussreiche Meinungsbild unserer Leserschaft, das viel Lob und sehr gute Ansatzpunkte für Verbesserungen aufzeigt, denen wir zukünftig gern nachkommen wollen. Ebenso gern kommt dSPACE seinem Versprechen nach, für jeden ausgefüllten Fragebogen für einen guten Zweck zu spenden. Basierend auf der am Ende des Fragebogens getroffenen Auswahl der Teilnehmer gehen 1.100 Euro an den World Wide Fund for Nature (WWF), 1.400 Euro an die Organisation „Inge-

nieure ohne Grenzen“ und 2.500 Euro an das Kinderhilfswerk der Vereinten Nationen (UNICEF). Die Spendengelder kommen jeweils aktuellen und akuten Projekten zugute. Allen Teilnehmern der Umfrage daher nochmals ein ganz herzliches Dankeschön! ■

Online-Version des dSPACE Magazins und Archiv:



www.dspace.com/magazin



Bildnachweis: © WWF/Steven Morello



Bildnachweis: © Ingenieure ohne Grenzen



Bildnachweis: © UNICEF/Syrier/2016/Al-Issa

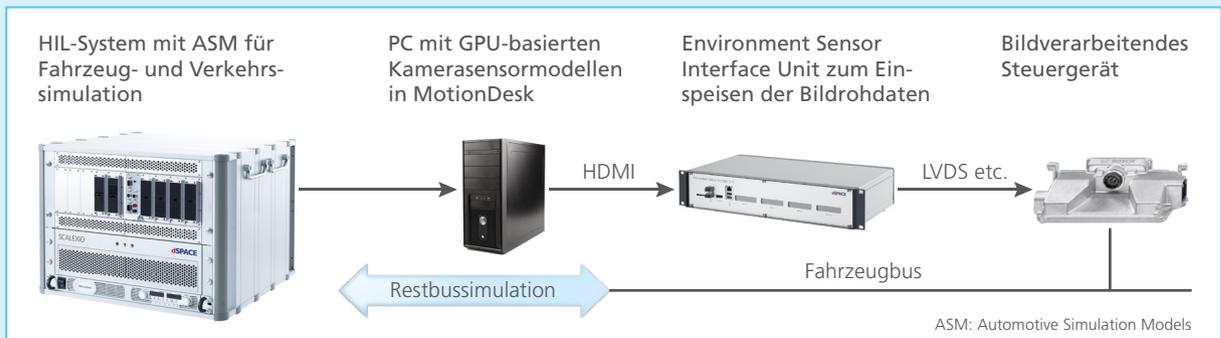
Synchrones Einspeisen von Sensordaten in Kamerasteuergeräte

Systeme für autonomes Fahren nutzen mehrere Umgebungssensoren. Um die Sensoren zum Testen in einem HIL-Aufbau zu simulieren, ist es wichtig, die Stimulation der einzelnen Sensoren exakt zu synchronisieren. Die neue dSPACE Environment Sensor Interface Unit unterstützt die zeitkorrelierte

Einspeisung der Sensorrohdaten in ein oder mehrere Kamerasteuergeräte. Die Environment Sensor Interface Unit ist die optimale Lösung, wenn Sie vor typischen Problemen beim „Over the Air“-Testen von kamerabasierten Systemen¹⁾ stehen:

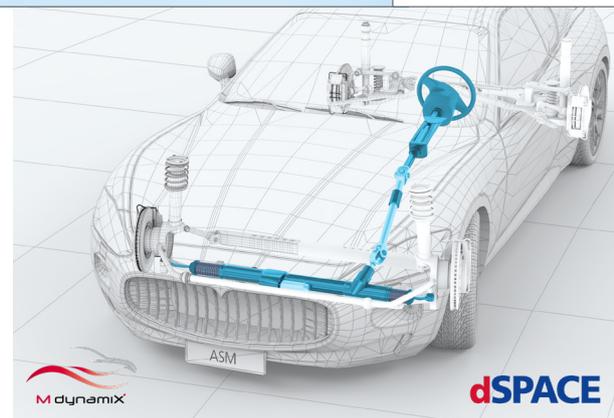
- Eingeschränkter Monitorkontrast,

- z. B. bei Nacht oder hellem Sonnenlicht
- Linsenverzeichnung, z. B. Fischaugeneffekt
- Komplexer Aufbau mit Stereokameras oder mehreren Kameras
- Verschmutzter optischer Weg
- Pixelfehler



¹⁾ Eine Erweiterung für Radar- und Lidarrohdaten befindet sich in der Entwicklung.

Kooperation von dSPACE und MdynamiX erweitert das Lösungsangebot für Fahrdynamiksysteme

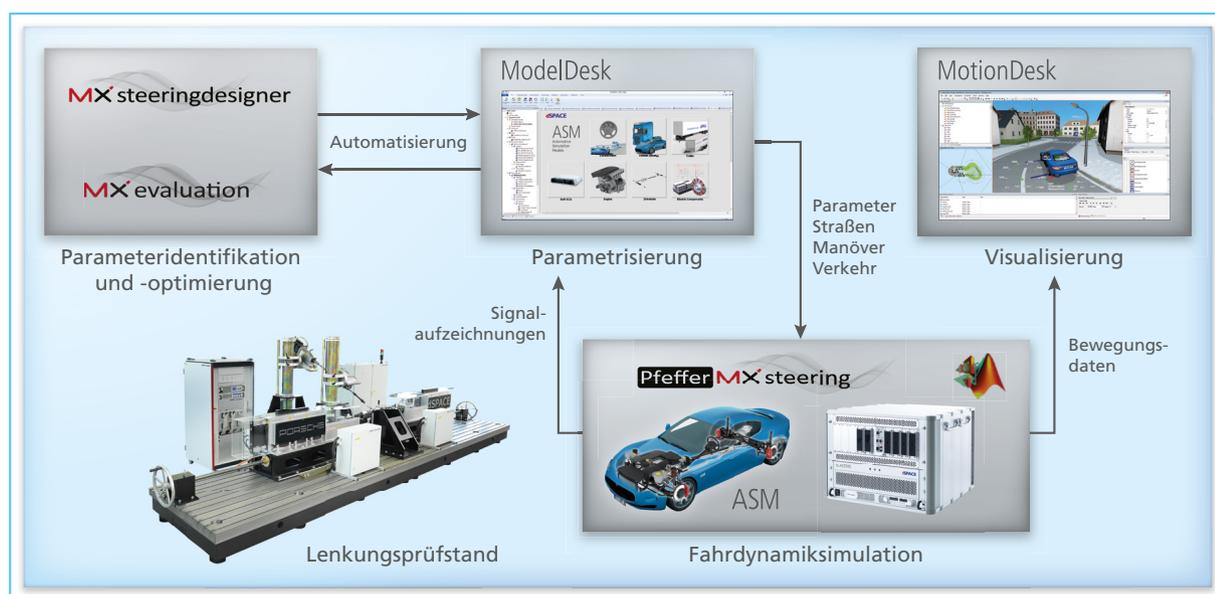


Die Unternehmen MdynamiX und dSPACE haben eine Kooperation vereinbart, mit der sie ihre bisherige konstruktive Zusammenarbeit im Bereich der Entwicklung und des Tests von elektrischen Lenksystemen weiter vertiefen. Dazu wurde das renommierte Lenksystemmodell von Professor Peter E. Pfeffer, dem CEO von MdynamiX, in die Simulation Tool Suite ASM (Automotive Simulation Models) von dSPACE integriert. Fahrzeugentwickler profitieren dadurch von einer sehr leistungsfähigen Werkzeugkette für die Abstimmung der Fahrdynamik und des Lenkverhaltens.

Für elementare Arbeitsschritte wie die Lenksystemcharakterisierung und die Ermittlung einer optimalen Parametrierung der Lenkungsmodelle stehen nun

auf den dSPACE Plattformen die etablierten Werkzeuge MXsteeringdesigner und MXevaluation sowie das Know-how von MdynamiX zur Verfügung. Durch die Integration können beispielsweise die Parameter des Lenksystemmodells mit MXsteeringdesigner anhand von Messungen an einem Lenksystemprüfstand von dSPACE automatisiert für ModelDesk identifiziert werden. Mit MXevaluation lassen sich aus Fahrzeugmessungen und Simulationen objektive Parameter ermitteln und für die Applikation von Steuergeräten oder für die Optimierung des Lenkgefühls nutzen. In Entwicklungsprojekten unterstützt MdynamiX insbesondere bei der Lösung komplexer Aufgabenstellungen in den Kompetenzfeldern Fahrdynamik und Lenkungsabstimmung. Da die Simu-

lation Tool Suite ASM auch auf Prüfständen von MdynamiX an der Hochschule München eingebunden ist, können Entwicklungen und Dienstleistungen durchgängig auf den unterschiedlichen Testsystemen gewährleistet werden. Durch die nahtlose Integration eignet sich die neue Werkzeugkette für einen durchgängigen Entwicklungsprozess, beginnend beim Model-based Design (MBD) über Software-in-the-Loop (SIL)-Simulationen bis hin zum Hardware-in-the-Loop (HIL)-Test mit einem realen Steuergerät. Ziel der Partnerschaft von MdynamiX und dSPACE ist es, interessierten Kunden ein umfassendes Paket von der Hardware über die Software bis hin zum Anwendungswissen im Bereich Fahrdynamik und Lenksysteme anzubieten. ■



In dSPACE ModelDesk können identifizierte und optimierte Parameter eines Lenksystems importiert und zusammen mit weiteren Daten zur Parametrierung der ASM-Simulationsmodelle angewendet werden. Die Echtzeitsimulation, zum Beispiel auf SCALEXIO, wird anschließend mit MotionDesk per 3D-Animation visualisiert.

MicroAutoBox Embedded PC mit noch mehr Leistung für rechenintensive Anwendungen

Neben den bestehenden Varianten mit Intel®-i7-Prozessoren der dritten Generation bietet dSPACE in Kürze eine leistungstärkere Variante des MicroAutoBox Embedded PCs an. Mit einem Intel®-i7-Vierkernprozessor der sechsten Generation, 16 GB Arbeitsspeicher und 128 GB Flash-Speicher bietet sie noch höhere Leistungsreserven für anspruchsvolle und rechenintensive Windows®- und Linux-Prototyping-Anwendungen im Fahrzeug, wie sie beispielsweise bei der Entwicklung moderner Fahrerassistenzsysteme (ADAS) und Funktionen für das automatisierte Fahren benötigt werden. Die neue Variante des Embedded PCs kann weiterhin zusammen mit der MicroAutoBox in einem kompakten und robusten Gehäuse verwendet werden.

Darüber hinaus ist es jetzt auch möglich, den Embedded PC als Stand-alone-System ohne eine reguläre MicroAutoBox zu nutzen, beispielsweise als dedizierte Plattform für die Multisensor-Software-Entwicklungsumgebung RTMaps. Eine weitere Neuerung ist die Option, ihn mit bis zu drei mPCIe-Einsteckkarten aufzurüsten. Damit ist es möglich, das System mit von dSPACE qualifizierten Erweiterungen, unter anderem für WLAN, CAN, CAN FD oder BroadR-Reach-Ethernet, ausstatten zu lassen. Zum Aufzeichnen großer Datenmengen,

beispielsweise von Kameras sowie Radar- und Lidarsensoren, hat der neue Embedded PC zudem eine externe SATA-Schnittstelle (4 x SATA 3.0). Diese erlaubt es, Daten mit sehr hoher Bandbreite zu erfassen. dSPACE bietet für diesen Anwendungsfall zukünftig eine MicroAutoBox Embed-

ded Data Storage Unit (DSU) mit bis zu vier SSDs und mehreren Terabyte Speicherkapazität an, die zusammen mit dem Embedded PC genutzt werden kann. ■



Die neue Variante des MicroAutoBox Embedded PC (Vorder- und Rückseite dargestellt) kann auch als Stand-alone-System ohne reguläre MicroAutoBox eingesetzt werden.



Die neue Variante des MicroAutoBox Embedded PC zusammen mit einer MicroAutoBox in einem kompakten und robusten Gehäuse.

dSPACE an Bord

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

Euro-6-Nachrüstungslösung

Für die Entwicklung eines Abgasnachbehandlungssystems, das als Nachrüstlösung für ältere Dieselfahrzeuge eingesetzt werden kann, setzt die Firma Twintec Technologie GmbH auf Werkzeuge von dSPACE. In Versuchsfahrten mit der MicroAutoBox und ControlDesk an Bord demonstriert das System eine deutliche Reduktion der Stickstoffemissionen.



Bildnachweis: © Das Erste

Das Abgasnachbehandlungssystem von Twintec ist als Nachrüstlösung für Dieselfahrzeuge konzipiert.



Bildnachweis: © Das Erste

Mit ControlDesk überwachen die Entwickler die Schadstoffemissionen während der Testfahrt. www.dSPACE.com/goldMag_20172_TwinTec

Docking-System für Raumschiffe

Der International Docking Adapter (IDA) ist ein neues Andocksystem für die Internationale Raumstation (ISS), um dort auch der nächsten Generation von Raumfahrzeugen das Andocken zu ermöglichen. Die Firma MOOG nutzt Hardware- und Software-Produkte aus dem Portfolio von dSPACE, um Machbarkeitsstudien durchzuführen und die sicherheitskritischen Algorithmen zu entwickeln, die den Andockprozess steuern.



Der neue Adapter ermöglicht den Austausch von Besatzung, Fracht, Strom und Daten zwischen Raumschiffen und der Raumstation. www.dspace.com/goldMag_20172_SpaceX



Bildnachweis: © Moog Inc.

MOOG nutzt den dSPACE Simulator für komplexe Auswertungen und die Reglerentwicklung. www.dspace.com/goldMag_20172_MOOG

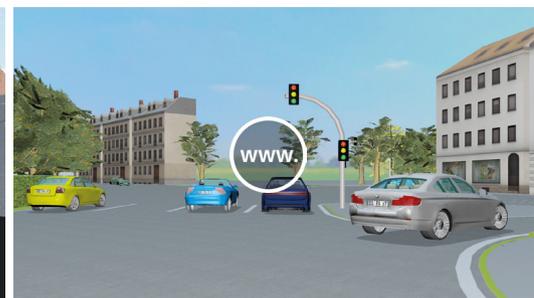
Forschung an intelligenten Hybridfahrzeugen

Die Ostfalia Hochschule forscht an intelligenten elektronischen Systemen für ein autonomes und energieoptimal fahrendes Hybridfahrzeug. Für die Evaluierung der Systeme werden umfangreiche Fahrdynamik- und Verkehrssimulationen durchgeführt. Die dabei verwendete Werkzeugkette besteht aus einem Fahrsimulator der Firma Cruden, der Echtzeitplattform dSPACE Simulator und der Simulation Tool Suite ASM.



Bildnachweis: © Cruden

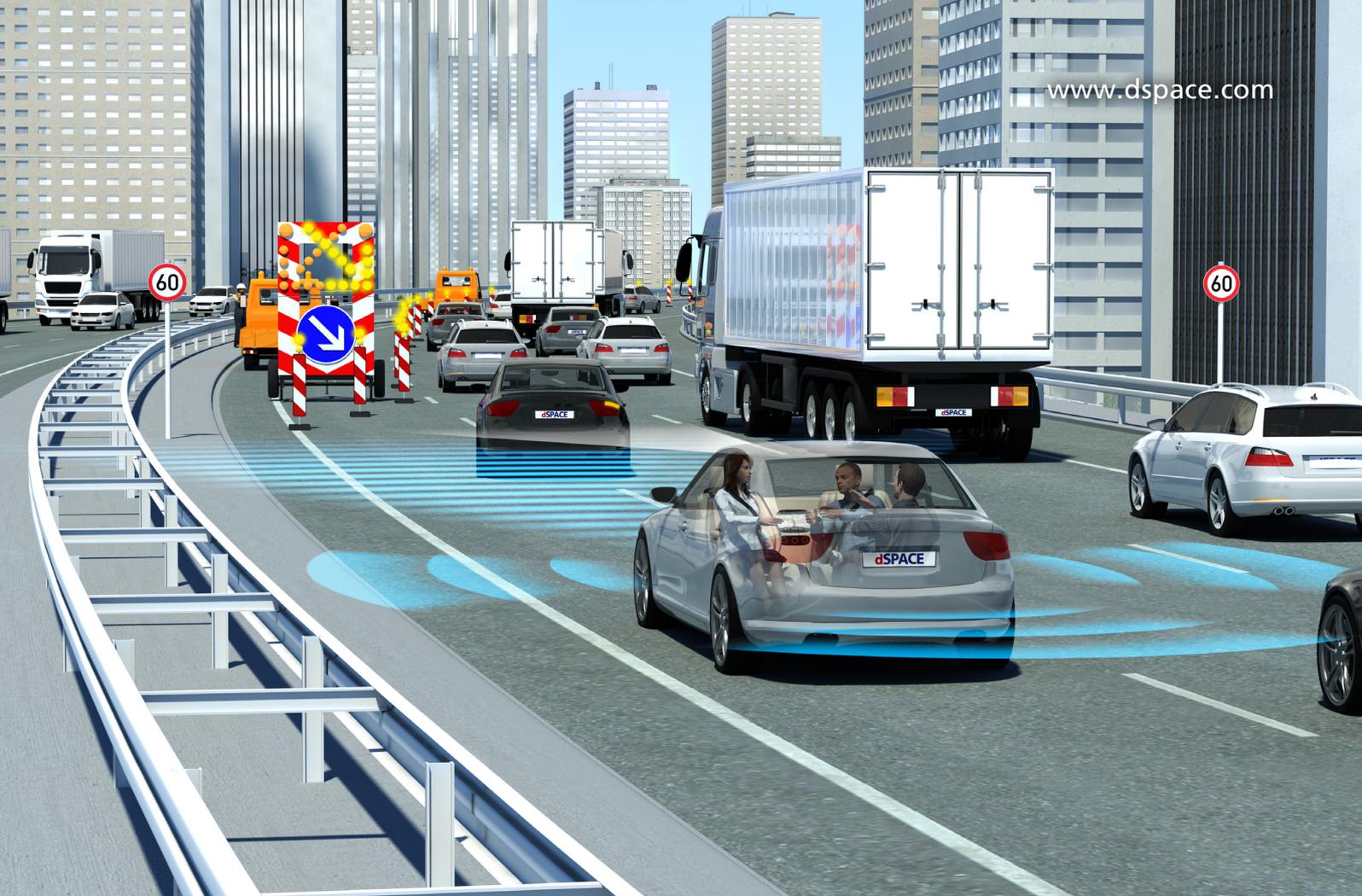
Ein Driver-in-the-Loop-Simulator bildet die Einflüsse der Umgebung und auch die Fahrdynamik wie im realen Fahrversuch ab. www.dspace.com/goldMag_20172_Cruden



Fahrzeugverhalten, Verkehr und Umwelt werden mit der Simulation Tool Suite ASM in Echtzeit berechnet. www.dspace.com/goldMag_20172_Ostfalia



Erfahren Sie mehr über diese Anwendungen mit Videos, Fotos und Berichten im Internet: www.dspace.com/goldMag_20172_REF_D



Funktionen für autonomes Fahren – Schneller entwickeln mit dSPACE

Die Vision vom autonomen Fahren bietet wesentliches Innovationspotential. Trotz hoher Komplexität muss der Entwicklungsaufwand aber beherrschbar bleiben. Die Lösung: eine abgestimmte Werkzeugkette für Funktionsentwicklung, virtuelle Absicherung, Hardware-in-the-Loop-Simulation und Datenaufzeichnung im Fahrzeug. Profitieren Sie von Tools aus einem Guss, die über alle Entwicklungsschritte hinweg reibungsfrei zusammenarbeiten. Egal ob es gilt, Software-Funktionen zu entwickeln, Fahrzeuge, Umgebungssensoren und Verkehrsszenarien zu modellieren oder Testfahrten auf PC-Clustern virtuell zu simulieren.

Bringen Sie Ihre Funktionen für autonomes Fahren schnell und sicher auf die Straße!

