

dSPACE MAGAZIN

1/2010



Ricardo – Batterie-Entwicklungs-
zentrum für Elektromobilität

BMW – Simulation von
Li-Ion-Batteriezellen in Echtzeit

GETRAG – Fünf Hybridvarianten
in einem Fahrzeug





*Dr. Herbert Hanselmann
Geschäftsführer*

Alle, die irgendwie im Automobilgeschäft involviert sind, werden das Jahr 2009 nicht vergessen. Die Krise hat viele Automobilhersteller und -zulieferer dermaßen erschreckt, dass sie mit voller Kraft auf ihre Liquiditätsbremse traten. Investitionsstopps, Projektstopps, Projektverlangsamungen, Sofortabbau externer Entwicklungsdienstleistungen – das kurzfristige Sparpotential wurde ausgereizt. Das ging derartig schnell, dass für Zulieferer, Dienstleister und auch Toolhersteller kaum Reaktionszeit blieb. Auch wir, erfolgsgewohnt nach 20 Jahren stetigen Wachstums, mussten dazulernen. Und wir haben dazugelernt und das Schiff auf sicherem Kurs gehalten.

Jetzt ist die Frage, wie schnell unsere Konjunktur wieder in Gang kommt. Das langjährige Trendwachstum, bedingt durch immer mehr Aufwand bei der Fahrzeugelektronik, erscheint zunächst gebrochen. Es kommt nun darauf an, wie es sich entwickelt, wenn die Liquiditätsbremse wieder gelockert wird, was sich derzeit durchaus schon beobachten lässt. Grundsätzlich müssen wir uns auf

folgende Marktgegebenheiten und Veränderungen einstellen, die den Einsatz bisheriger Tools einschränken könnten: Reduktion von Modellpaletten, mehr Modelldesigns aus weniger Plattformen, die Modularisierung, Wiederverwendung und Vereinheitlichung der Autoelektronikarchitekturen, Global Engineering und eine eventuelle Verlangsamung der Innovation bei nicht ganz so notwendig erscheinenden Systemen.

Es ergeben sich aber auch neue Chancen. Ganz wichtig ist der Zwang, gerade jetzt neue Technologien zu entwickeln: Stichwort „grün“. Ob dies die obengenannten bremsenden Faktoren überkompensiert, wissen wir noch nicht, möglich ist es schon. Wir tun jedenfalls einiges, um bei „grünen Entwicklungen“ vorne dabei zu sein. Eine Reihe von Artikeln in diesem Magazin unterstreicht das. Artikel zeigen meist nur, was schon passiert ist, aber wir haben auch noch einiges in der Pipeline. Dass es uns damit ernst ist, beweist auch unsere Beteiligung an Forschungsaktivitäten wie beispielsweise Elektro-Mobil.NRW. In diesem Programm

der nordrhein-westfälischen Landesregierung hat dSPACE als Konsortialführer kürzlich ein Projekt aufgesetzt, das inzwischen in hartem Wettbewerb die Zustimmung der Jury fand.

Neben den automotiven Themen sind wir auch weiterhin sehr an nicht-automotiven Anwendungen interessiert und freuen uns, dass wir immer wieder neue Projekte in ganz verschiedenen Feldern haben. Auch dafür finden sich in der aktuellen Ausgabe interessante Beispiele.

Last but not least noch ein Wort zu unserer neuen Firmenzentrale. Nachdem wir in Paderborn bisher an drei Standorten in rund zehn Gebäuden verteilt waren, sind wir seit Anfang 2010 endlich wieder auf einem Campus vereint. Das fördert unsere interne Kommunikation und steigert unsere Effizienz. Ein ausführlicher Bericht dazu erscheint im nächsten Magazin.

Dr. Herbert Hanselmann
Geschäftsführer



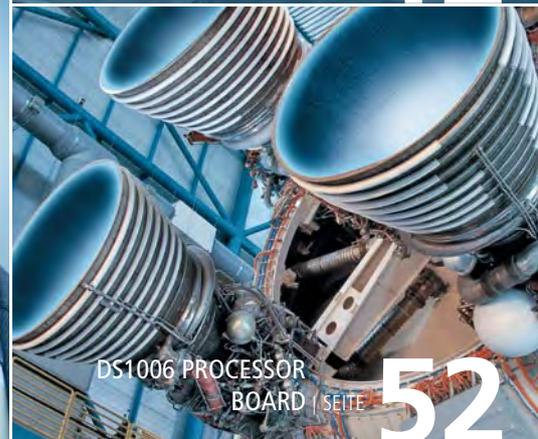
BMW GROUP | SEITE

6



GETRAG | SEITE

12

DS1006 PROCESSOR
BOARD | SEITE

52

IMPRESSUM

dSPACE MAGAZIN wird periodisch
herausgegeben von:

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

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

Fachredaktion: Ralf Lieberwirth, Sonja Lillwitz,
Julia Reinbach, Dr. Gerhard Reiß, Nina Riedel
Redaktionelle Mitarbeit: Jörg Bracker, Claus
Diener, Dr. Ulrich Eisemann, Nils Holthaus,
Jesse Lakemeier, Erich Loge, Hisako Masuhara,
Markus Plöger, Dr. Thomas Schulte,
Joachim Stroop

Schlussredaktion und Übersetzung:
Robert Bevington, Stefanie Bock,
Dr. Michelle Kloppenburg, Christine Smith
Gestaltung: Krall & Partner, Düsseldorf
Layout: Sabine Stephan
Druck: Merkur Druck, Detmold

© Copyright 2010

Alle Rechte vorbehalten. Vollständige oder
teilweise Vervielfältigung dieser Veröffent-
lichung ist nur mit schriftlicher Genehmigung
und unter Angabe der Quelle gestattet.

Diese Veröffentlichung sowie deren Inhalte
unterliegen Änderungen ohne vorherige
Ankündigung. Markennamen oder Produkt-
namen sind eingetragene Warenzeichen ihrer
jeweiligen Hersteller und Organisationen.

Inhalt

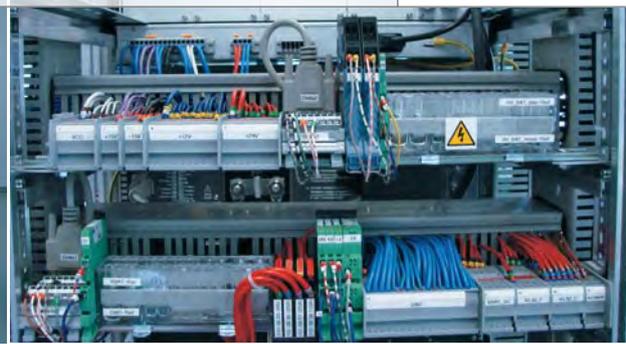


- 3** EDITORIAL
von Dr. Herbert Hanselmann, Geschäftsführer
- Kundenanwendungen**
- 6** BMW GROUP
Virtuelle Energiezellen
 dSPACE HIL-Simulatoren als Testsysteme für Lithium-Ionen-Batteriemangement-systeme bei der BMW Group
- 12** GETRAG
Fünf in Eins
 Verschiedene Hybridvarianten in einem Fahrzeug
- 16** RICARDO
Im Batterie-Eldorado
 Ricardo eröffnet integriertes Batterie-Entwicklungszentrum für Hybrid- und Elektrofahrzeuge
- 20** DENSO CREATE
Ganz klar AUTOSAR
 DENSO CREATE untersucht Einführungsstrategien für den AUTOSAR-Standard
- 24** FERROCONTROL
Antriebssicherheit mit System
 Integrationstest mit modularer FPGA-Plattform für SIL-3-Antriebstechnik
- 30** DMECS
Gelenkte Gefühle
 HIL-Simulation mit Feedback-Lenkrad für die Entwicklung von Lenksystemen
- 34** DELPHI
Seitenfenster – Sicher auf und zu
 Delphi Electronics & Safety entwickelt Fensterhebersteuerungen mit TargetLink
- 38** UNIVERSITÄT STUTTGART
Schon gehört?
 Biomechanik: Forschung am Innenohr für die Weiterentwicklung von Hörprothesen
- 44** YOUNICOS
Neue Energie – Autark mit Sonne und Wind
 Rein regenerative Energieversorgung einer ganzen Insel
- Produkte**
- 50** MOTIONDESK
Augenschmaus mit MotionDesk
 Realitätsnahe grafische Darstellung per 3D-Animation
- 52** DS1006 PROCESSOR BOARD
Quad Power
 Neu entwickeltes DS1006 Processor Board sorgt für Leistungsschub bei der HIL-Simulation
- 56** ELEKTRONISCHER LASTEMULATOR
Mit voller Leistung
 Elektronische Lastemulation für Elektromotoren mit höherer Leistung
- 58** TARGETLINK 3.1
Gute Karten
 Starke Features ins Spiel gebracht mit TargetLink 3.1
- 60** KURZ NOTIERT

dSPACE HIL-Simulatoren als Testsysteme für Lithium-Ionen-Batteriemanagementsysteme bei der BMW Group

Virtuelle Energiezellen





Wie lange konventionelle Antriebe den Markt noch dominieren werden, kann niemand mit Sicherheit sagen. Sicher hingegen ist, dass das Zeitalter der elektrischen Antriebe längst begonnen hat. Für die Fahrzeuge der Zukunft sind heute umfangreiche Steuergeräte-Tests notwendiger denn je, da Komplexität und Umfang der Software mit atemberaubender Geschwindigkeit zunehmen. Die Funktionsentwicklung und der Steuergerätestest eines von der BMW Group entwickelten Batteriemanagementsystems für Lithium-Ionen-Energiespeicher erfolgt an einem dSPACE Simulator. Die Entwickler können damit Batteriezellen in Echtzeit simulieren und untersuchen, ob das Batteriemanagementsystem allen Anforderungen gerecht wird.

Elektrisches System im Fahrzeug

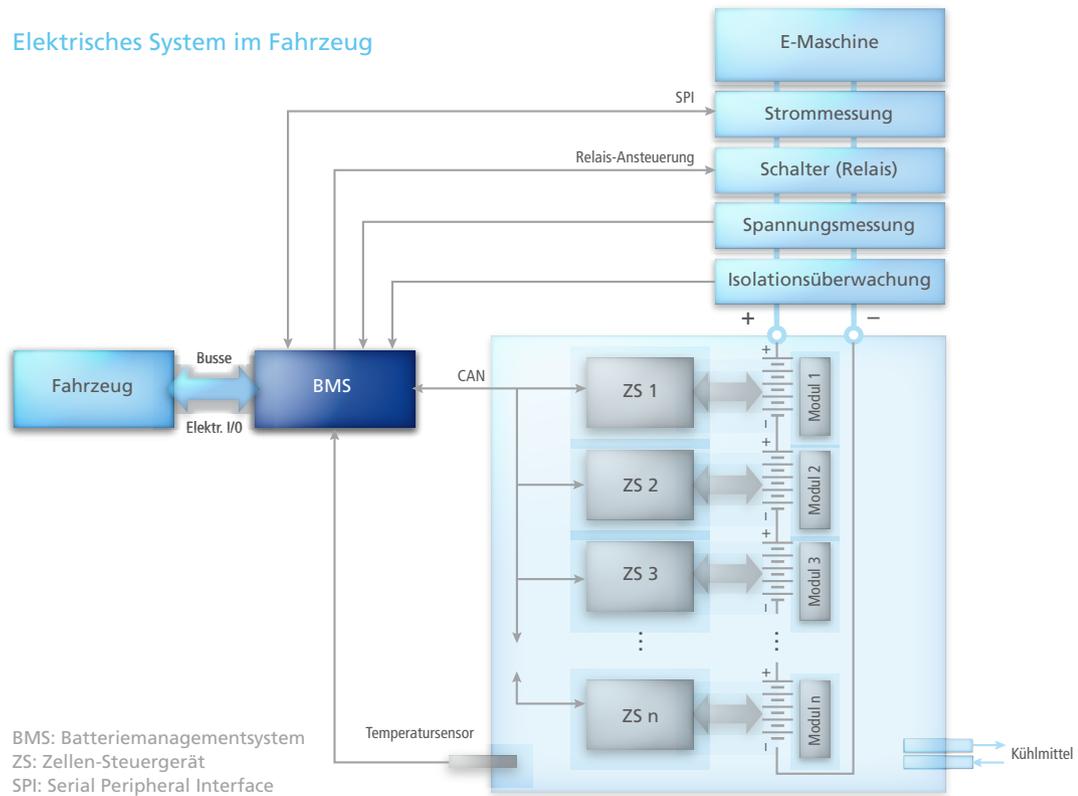


Abbildung 1: Das Batteriemangement wird über das BMS in Verbindung mit den ZS-Einheiten durchgeführt, die direkt mit den Speichermodulen verbunden sind und diese überwachen.

Herausforderung: Elektrische Mobilität

Die Geschichte des Fahrzeugantriebs durchläuft eine interessante Evolutionsstufe: Ingenieure entwickeln Antriebskonzepte von morgen – unter Berücksichtigung vieler neuer Effizienz- und Sicherheitskriterien. Für den elektrifizierten Antriebsstrang bieten sich Lithium-Ionen-Energiespeicher mit einem wirtschaftlich sinnvoll darstellbaren Mix aus hoher Energie- und Leistungsdichte sowie langer Lebensdauer an. Um Gefahren zu vermeiden, ist es unbedingt erforderlich, die typischerweise über einen Spannungsbereich von mehreren 100 Volt verfügenden Energiespeicher innerhalb spezifizierter Grenzwerte zu betreiben. Eine besondere Herausforderung besteht darin, diese Energiespeicher im Automobil sicher zu beherrschen und dabei eine optimale Fahrzeugverfügbarkeit zu gewährleisten. Neben den hohen Sicherheitsanforderungen gilt es auch, die

für Leistungsfähigkeit und Lebensdauer optimalen Betriebsbedingungen einzuhalten.

Batteriemanagementsysteme für Hochvolt-Energiespeicher

Um die Überwachung und Umsetzung dieser Anforderungen kümmert sich ein elektronisches Steuerungssystem, das sogenannte Batteriemanagementsystem (BMS). Das BMS überwacht den elektrischen und thermischen Zustand des Energiespeichers. Über diverse integrierte Steuermodule und Aktuatoren kann es diesen bzw. seine einzelnen Zellen beeinflussen. Typische Funktionen sind zum Beispiel Schutz gegen Tiefentladung, Überladung und thermische Überlastung. Im Automobil ist das BMS mit dem Fahrzeugbus verbunden, wodurch es Fahrzustände und Betriebszustände erkennen kann. Aufgrund der hohen Spannungen und Ströme der verwendeten Energiespeicher

kommt dem BMS eine sicherheitskritische Bedeutung zu. Um die funktionale Sicherheit des Systems im Fahrzeug zu gewährleisten, sind die Anforderungen an die Entwicklung nach ISO 26262 einzuhalten.

Aufbau des Batteriemanagement-Steuergerätesystems

Um die für die Elektrifizierung des Antriebsstrangs notwendigen hohen Spannungen und Ströme zu realisieren, sind die Lithium-Ionen-Energiespeicher aus kaskadierten Zellmodulen aufgebaut. Für ihre Überwachung und Steuerung ist bei BMW ein umfangreiches Steuergerätesystem (Abbildung 1) zuständig. Es setzt sich aus einem Zellen-Steuergerät (ZS) pro Batteriemodul und einem übergeordneten BMS zusammen, die per CAN verbunden sind. Ein ZS ist hauptsächlich für die Messung der Zellspannung sowie die gezielte Entladung der Zellen zuständig und das BMS führt das Batteriemangement durch.

Aufgabe des Batteriemanagementsystems

Das BMS ist die Schaltzentrale für alle elektrischen, thermischen und chemischen Prozesse der Batterie. Folgende Funktionen sind implementiert:

Cell Balancing: Um einen gleichmäßigen Ladezustand der Zellen zu erreichen, werden auf Basis von Ladezustandsanalysen Zellen gezielt symmetriert. Somit wird die optimale Leistungsfähigkeit der Zellen gewährleistet und eine Zellüberlastung ausgeschlossen, was wiederum über die Lebensdauer entscheidet.

Temperaturmanagement: Kühlungsstrategien sorgen für eine Temperaturregulierung, um die Lebensdauer der Speicherzellen zu erhöhen und die optimale Leistung zu garantieren. Bei extremer Belastung wird eine Überhitzung durch eine Strombegrenzung oder durch Regulierung des Kühlkreislaufes vermieden.

Ladekontrolle: Regelung der entnehmbaren und der beim Laden aufzuwendenden Energie, um den Ladewirkungsgrad zu optimieren.

Sicherheitsfunktionen: Um bei hohen Spannungen und Strömen stets einen sicheren Betrieb zu gewährleisten,

sorgen zahlreiche Sicherheitsfunktionen dafür, dass an den Hochspannungskontakten der Batterie nur in definierten Betriebszuständen eine Spannung vorliegt. Einbau, Transport und Lagerung der Batterie sind somit gefahrlos möglich.

Isolationsüberwachung: Beide Pole der Batterie müssen aus Sicherheitsgründen gegenüber der Karosseriemasse vollständig galvanisch isoliert sein. Die Einhaltung wird mit dem Isolationswächter geprüft.

On-Board-Diagnose: Tritt während des Betriebs ein Fehler oder eine Überschreitung von Grenzwerten auf, erfolgt ein Eintrag in den Fehlerpeicher, der von extern ausgelesen werden kann.

Hinzu kommen Funktionen, mit denen beispielsweise wichtige Batteriezustände dargestellt und kontrolliert werden:

- Messung und Anzeige des Ladezustands
- Überwachung des Allgemeinzustands
- Ermittlung des Alterungszustands
- Berechnung der verfügbaren Leistung und Energie
- Einhaltung der Strom-, Spannungs- und Leistungsgrenzen

Konzeption des HIL-Simulators

Um die BMS- und ZS-Steuergeräte vollständig zu testen, müssen ihnen die unterschiedlichen Ladungs- und Betriebszustände des Energiespeichers reproduzierbar zur Verfügung stehen. Die Lösung liefert eine mehrstufige, den Testanforderungen entsprechende Simulation sowohl einzelner Batteriezellen als auch des kompletten Zellmoduls. Um Sicherheitsaspekten zu genügen, wird die Gesamtspannung durch Anpassung im Steuergerät auf unter 60 V skaliert. Hierfür hat dSPACE eine sehr genaue und schnelle 60-V-Spannungsquelle entwickelt, die im Gegensatz zu normalen Netzgeräten die Spannung ebenso schnell absenken wie anheben kann. Die Gesamtspannungssimulation muss der Einzelzellsimulation dynamisch folgen können, um konsistente Werte für das Steuergerät zu generieren.

Für die Einzelzellenemulation ist der Simulator wie folgt konzipiert: Eine emulierte Zellspannung wird dem Steuergerät mit einer hohen Genauigkeit zur Verfügung gestellt. Die Emulation der Zellen von ZS1 erfolgt mit einer hochgenauen Spannungsquelle der Firma Scienlab electronic systems GmbH. Sie liefert eine von 0 bis 5 Volt regelbare und galvanisch



Zusammenfassung und Ausblick

isolierte Klemmenspannung, die mit bis zu 150 mA belastbar ist. Diese Emulatoren sind zu einem Zellmodul kaskadiert, das eine Spannung von 60 V liefert. Ströme und Spannungen der einzelnen Zellen können direkt auf dem Emulator vermessen werden und ermöglichen den Test der Cell-Balancing-Funktion.

Die Emulation ausgewählter Zellen wird mit verminderter Genauigkeit, aber der Möglichkeit einer elektrischen Fehlerrückmeldung versehen. Für diese Zellmodule steht ebenfalls eine Emulation von notwendigen Temperaturfühlern zur Verfügung. Weitere Zellmodule werden per Restbussimulation in das System eingebunden (Abbildung 2).

Die Kommunikation zwischen der dSPACE-Hardware und dem Scienlab Cell Emulator erfolgt über eine dSPACE-Low Voltage Differential Signaling (LVDS)-Schnittstelle. Durch ein sogenanntes Plug-on Device (POD) von dSPACE wird die serielle LVDS-Schnittstelle auf Seiten des Cell Emulators in eine parallele Mikrocontroller-

Schnittstelle umgewandelt. Auf diese Weise lässt sich bei einer Leitungslänge von bis zu 5 Metern eine sehr schnelle Datenübertragung (400 ns pro Messwert) erreichen. Die Zellspannungen können in weniger als einer Millisekunde verstellt werden.

HIL als Batterie-Simulationsumgebung

Mit dem so konfigurierten dSPACE Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulator ist es möglich, den Energiespeicher vollständig zu simulieren. Als Simulationsmodell dient ein bei der BMW Group entwickeltes Batterie-Modell. In einer Testautomatisierung werden die erforderlichen Testfälle erstellt und ausgeführt. Mit diesen Testfällen bildet der Simulator die Batteriezustände nach, bei denen das Batteriemanagementsystem zu prüfen ist. Gleichzeitig kann der Simulator die Steuerströme und Signale der Steuergeräte erfassen und so ihre Funktion auswerten. Der Steuergerätestest gibt Aufschluss darüber, ob Fehler erkannt werden, richtig reagiert wird und die entspre-

Derzeit sind mehrere dSPACE-Simulatoren für die Entwicklung und den Test der Batteriemangement-Steuergeräte bei BMW installiert. Die Systeme werden sowohl für die Funktionsentwicklung als auch den Freigabetest der Steuergeräte eingesetzt. Die HIL-Simulation hat sich als ein probates Instrument für die Entwicklung und den Test von Batteriemangement-Steuergeräten erwiesen. Für zukünftige Entwicklungsprojekte im Bereich Batteriemangement wird die HIL-Simulation eine wichtige Rolle spielen.

chende Regelstrategie durchgeführt wird. Für bestimmte Testabläufe ist es erforderlich, hochdynamische Vorgänge, wie zum Beispiel plötzliche Spannungseinbrüche und andere transiente Vorgänge sowie Kurzschlüsse, an den Batteriepolen sehr genau zu simulieren.

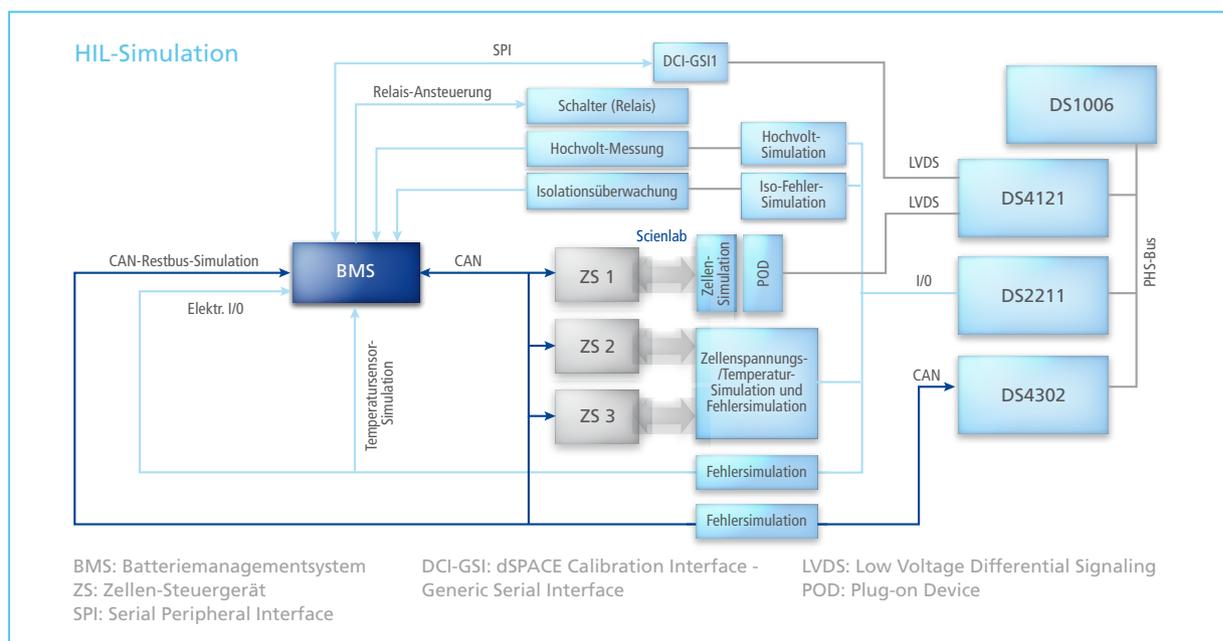


Abbildung 2: Das BMS, einige Zellmodulemulatoren und weitere Echtteile sind im HIL-Simulator integriert. Die Testumgebung wird durch dSPACE-Komponenten vervollständigt.

Elektrische Fehlersimulation

Bei Fehlern in der Batterie oder im Kabelbaum muss das BMS unter allen Umständen korrekt funktionieren und entsprechend reagieren. Wichtiger Bestandteil der HIL-Simulation ist daher die elektrische Fehlersimulation. Mit einer Failure Insertion Unit (FIU) können verschiedene Fehlertypen auf alle I/O- und Kommunikationskanäle aufgeschaltet werden, beispielsweise

- Kabelbruch,
- Kurzschlüsse nach Masse oder mit anderen Steuergerätesignalen, und
- Wackelkontakte.

Diese Fehlersimulation wird sowohl auf den elektrischen I/O- als auch auf den CAN-Leitungen des BMS und den Zellsteuergeräten durchgeführt.

Test der Isolationsüberwachung

Die Pole der Batterie müssen aus Sicherheitsgründen vom Fahrzeugchassis-Potenzial getrennt sein (IT-Netz). Das Steuergerät ist in der Lage zu prüfen, ob einer der beiden Pole der Batterie einen zu niedrigen Isolationswiderstand zum Chassis aufweist. Für den HIL-Test können definierte Widerstandswerte sowohl auf der Plus- als auch auf der Minuseite vorgegeben werden, die der BMW-Spezifikation für diesen Test entsprechen und bestimmte Bereiche der

Isolationswerte repräsentieren. Das Steuergerät muss daraufhin diese Fehlerfälle erkennen und reagieren (z.B. das System abschalten).

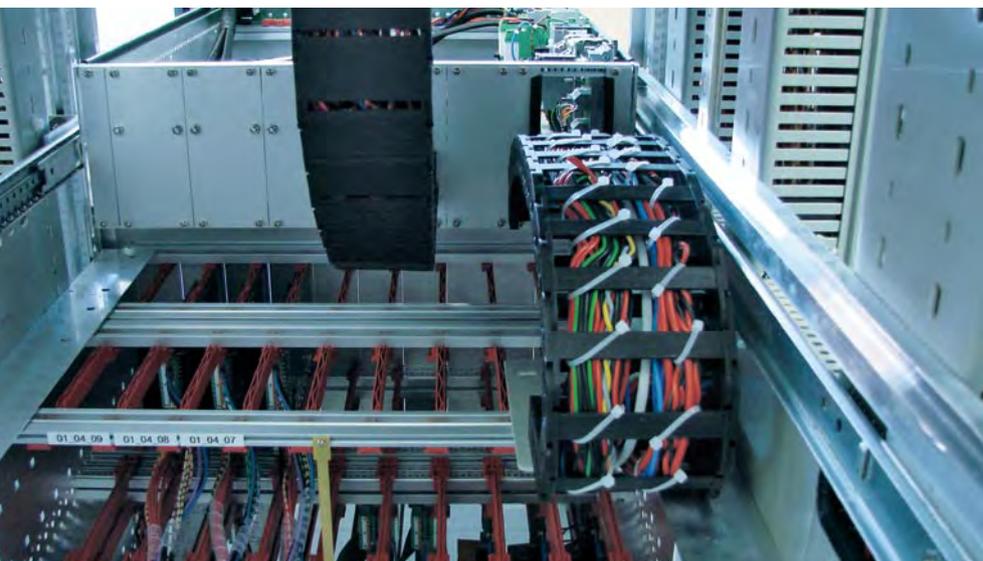
Bewertung des Testsystems

Mit Hilfe der HIL-Simulation ist es möglich, eine Batterie realitätsnah zu simulieren und alle Zustände zu erzeugen, um die Funktionen weiterzuentwickeln und in systematischen Tests zu prüfen. Das ist sowohl mit elektrischen als auch den Kommunikationsschnittstellen (SPI, CAN inkl. Software-Gateway-Funktion) möglich. Des Weiteren stehen leistungsfähige Funktionen zur Simulation elektrischer Leitungsfehler und Isolationsfehler zur Verfügung, die ein wichtiger Bestandteil der Testabläufe zur Freigabe von Steuergeräten sind. Das System von dSPACE hat sich im Betrieb als stabil und zuverlässig erwiesen. Die emulierten Zell- und Klemmenspannungen sind für die Prüfung elementarer Batteriemangementfunktionen, wie z.B. Balancing, hinreichend genau. Der Simulator erfüllt die Anforderungen für die Überprüfung des BMS sowohl bei Funktionstests als auch beim Test der Kommunikation im Steuergeräteverbund. ■

Mit freundlicher Genehmigung der BMW Group.

Kommunikation via SPI-Interface

Die Kommunikation zwischen Steuergerät und Sensorik findet beim BMS über SPI (Serial Peripheral Interface)-Schnittstelle statt. Bei SPI handelt es sich um einen sehr generischen Standard zur synchron-seriellen Master-Slave-Kommunikation integrierter Schaltkreise untereinander. SPI ist demnach für sehr kurze Leitungslängen ausgelegt, was eine Herausforderung für den Simulator-Einsatz darstellt, weil der Aufbau meistens größere Leitungslängen erfordert, als es im Fahrzeug der Fall ist. Um eine Integration im HIL zu ermöglichen, wird ein von dSPACE entwickelter LVDS-SPI-Umsetzer genutzt. Der Umsetzer befindet sich direkt am Steuergerät und wandelt die SPI-Daten in ein LVDS-Protokoll um, über das Leitungslängen von 5 Metern realisiert werden. Ebenso werden über die LVDS-Schnittstelle ankommende Daten in SPI umgesetzt und an das Steuergerät weitergeleitet.



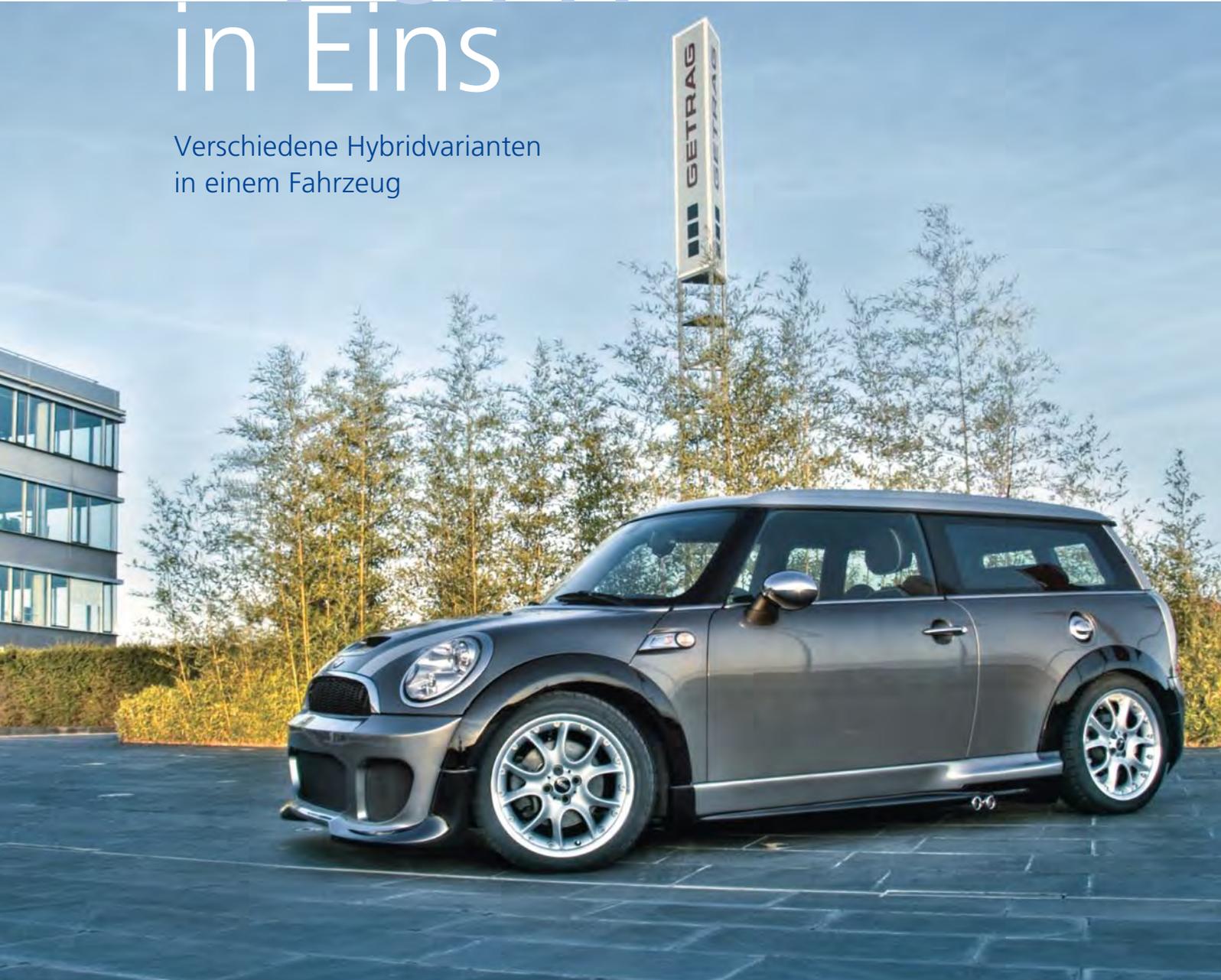
Fazit

- Elektrifizierter Antriebsstrang stellt neue Herausforderungen an die Entwicklung und den Test von Batteriemangement-Steuergeräten
- Testsystem zur virtuellen Nachbildung der elektrischen und thermischen Eigenschaften eines Lithium-Ionen-Energiespeichers bis auf Zellebene
- Umfassende Funktionstests unter Anwendung elektrischer Fehlersimulation für ein Batteriemangementssystem



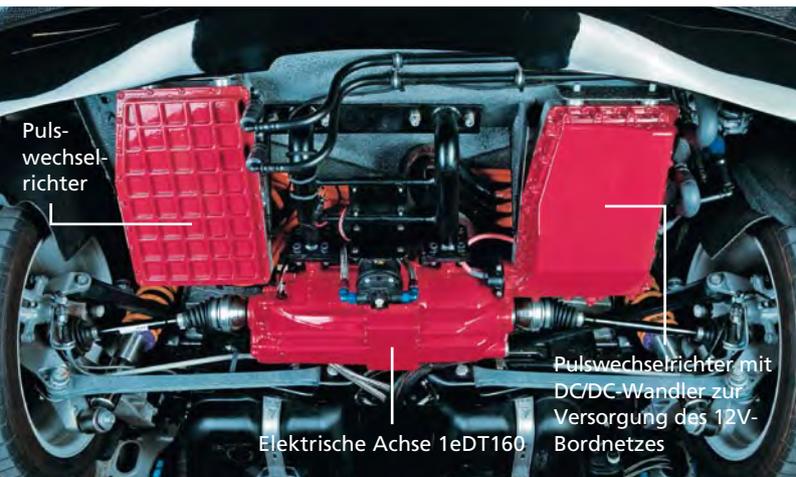
Fünf in Eins

Verschiedene Hybridvarianten
in einem Fahrzeug



Links: Unterbodenansicht des Demo-Fahrzeugs mit den zwei Pulswechselrichtern (PWR) von BOSCH zur Ansteuerung der E-Maschinen, der elektrischen Achse 1eDT160 sowie des hybridisierten 6HDT250 Doppelkupplungsgetriebes. Der rechte PWR versorgt über einen integrierten DC/DC-Wandler das 12V-Bordnetz. Für die Achse liefert BOSCH den Motor und GETRAG das eingängige Getriebe mit elektromagnetischer Abkopplungseinrichtung und mechanischer Ölpumpe.

Rechts: Ansicht des Motorraums mit 6HDT250 PowerShift® Getriebe.



Hybridantriebe und Elektrofahrzeuge sind aktuell wichtige Entwicklungsthemen der Automobilbranche. Doch nur wenige wissen, dass bereits Anfang des 20. Jahrhunderts die ersten elektrisch betriebenen Fahrzeuge auf den Straßen fahren. Denn bis zur Erfindung des elektrischen Anlassers waren Elektrofahrzeuge – gerade in Nordamerika – genauso verbreitet wie Fahrzeuge mit Ottomotor. Durch die Verknappung und Verteuerung des Rohöls und ein gesteigertes Umweltbewusstsein ist das Interesse an alternativen Antrieben wieder gestiegen.

Im Rahmen einer Hybridkooperation hat GETRAG zusammen mit BOSCH ein Demo-Fahrzeug basierend auf einem Mini Clubman aufgebaut, mit dem sich verschiedene Hybridvarianten (Torque-Split und Axle-Split) darstellen und „erfahren“ lassen. So können verschiedene Ansätze direkt verglichen werden.

Innerhalb dieser Kooperation liefert BOSCH die E-Maschinen, die Pulswechselrichter (PWR) sowie das Motorsteuergerät. GETRAG steuert das modifizierte 6-Gang-PowerShift®-Doppelkupplungsgetriebe (DKG) bei, welches in der nicht hybridisierten Variante als 6DCT250 im Frühjahr 2010 in Serie geht. Es verfügt über eine rein elektromotorische Aktuierung von Kupplung und Schaltung und

bietet damit beste Voraussetzungen für eine Hybridisierung.

Aufbau des Demo-Fahrzeugs

Im Demo-Fahrzeug kann sowohl die an das Getriebe angeflanschte E-Maschine als auch die E-Maschine der Hinterachse abhängig vom Betriebszustand durch eine elektromagnetische Koppelvorrichtung an- und abgekoppelt werden. Dadurch können ungünstige Betriebspunkte der E-Maschine, z.B. eine bei hohen Geschwindigkeiten bzw. Drehzahlen erforderliche Feldschwächung, umgangen und auch Schlepptomente beim Deaktivieren der Hybrid-Zusatzfunktionen reduziert werden. Die Motivation, beide Hybridansätze in einem Fahrzeug darzustellen, besteht

darin, die unterschiedlichen Fahrverhalten im selben Fahrzeug auf Knopfdruck vergleichen zu können.

Mit dem Demo-Fahrzeug lassen sich folgende Antriebsstrangkonfigurationen darstellen:

- Rein konventioneller Antriebsstrang
- Rein konventioneller Antriebsstrang mit Start/Stop-Funktionalität
- Hybridantriebsstrang mit GETRAG PowerShift® Getriebe und elektrischer Hinterachse
- Hybridantriebsstrang mit GETRAG Torque-Split Hybridgetriebe
- Hybridantriebsstrang mit GETRAG Torque-Split Hybridgetriebe und der elektrischen Hinterachse

Applikationspanel: Optimaler Zugang für die Applikation mit sechs CAN-Anschlüssen, Anschluss an das dSPACE-System, Hauptschützensteuerung in elektronischer Form.



Wechselwirkungen und Abhängigkeiten

Die Auslegung eines Hybridantriebs mit einer Vielzahl von Wechselwirkungen und Abhängigkeiten kann mittels modellgestützter Entwicklungsmethoden beherrscht werden. Die Batterie und die E-Maschine stehen beispielsweise in direkter Wechselwirkung und sind für eine optimale Performance aufeinander abzustimmen. Die Größe der E-Maschine wiederum entscheidet über ein mögliches Downsizing des Verbrennungsmotors bei gleichbleibendem Komfort und mindestens gleichwertiger Fahrleistung des Antriebs. Nicht zuletzt bestimmen die einzelnen Komponenten und deren aktueller Zustand über den möglichen Einsatz im Fahrbetrieb. Die übergeordnete Betriebsstrategie von BOSCH entscheidet aus den an sie gemeldeten Randbedingungen der Komponenten, wie diese zum aktuellen Zeitpunkt eingesetzt werden. Die optimale Auslegung der Kompo-

nenten und deren bestmögliche Ausnutzung im Betrieb bestimmen letztendlich das erzielbare Verbrauchspotential des Hybridantriebs. Um unterschiedliche Betriebsstrategien untersuchen zu können, sind der Hybridmanager auf einem modifizierten Motorsteuergerät von BOSCH und die Getriebesoftware auf einem dSPACE-System implementiert. Die Hybridisierung des Antriebs-

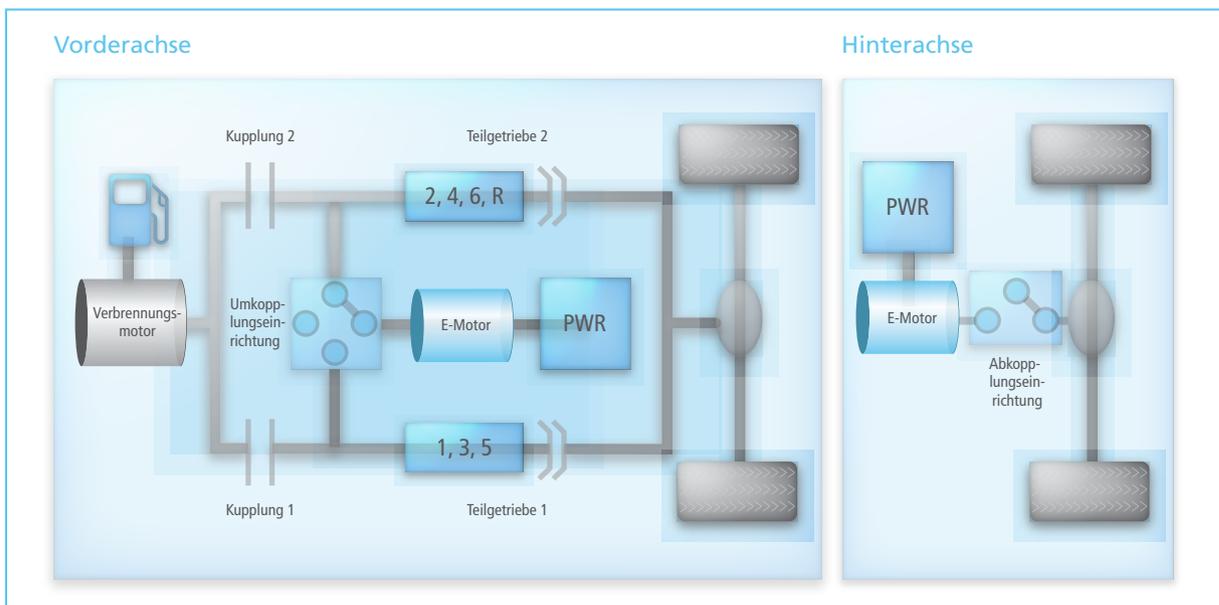
strangs erfordert eine sehr starke Anpassung der Getriebesoftware, z.B. hinsichtlich Änderung der Momenteneingriffe und Schaltabläufe.

Aufbau der Getriebesteuerung

Durch den Einsatz des dSPACE-Systems erhält GETRAG die notwendige Flexibilität und Rechenleistung, um die erweiterten Funktionsumfänge zur Steuerung des Getriebes in Ver-

„Mit dem dSPACE-System erhielten wir die notwendige Flexibilität, um die Steuerung des Hybridsystems frei zu entwickeln.“

Tibor Niedermayer, GETRAG



Das serienmäßig motorisierte Demo-Fahrzeug der GETRAG-BOSCH-Hybridkooperation ist an der Vorderachse mit einem Doppelkupplungsgetriebe des Typs 6HDT250 mit zusätzlichem Elektromotor ausgestattet. Durch diese Modifikation kann das Fahrzeug als Hybrid betrieben werden: der Elektromotor unterstützt dabei den Verbrennungsmotor. Da sowohl der Verbrennungsmotor als auch der Elektromotor über das DKG gekoppelt werden, können beide Antriebsarten im jeweils für eine bestimmte Geschwindigkeit optimalen Gang, also bei optimalem Wirkungsgrad, eingesetzt werden. An der Hinterachse sitzt eine separate elektrische Antriebseinheit, womit das Fahrzeug über die Hinterräder als Hybrid oder auch als reines Elektrofahrzeug angetrieben werden kann.

Links: Dipl.-Ing. Tibor Niedermayer, ist als Entwicklungsingenieur für elektrische Hardware bei GETRAG für die elektrischen Umfänge des Fahrzeugs verantwortlich.

Mitte: Dipl.-Ing. (FH) Ingo Matusche, ist als Entwicklungsingenieur bei GETRAG für die Software des Axle-Split Hybrid verantwortlich.

Rechts: Dipl.-Ing. (BA) Thomas Hoffmeister, ist als Entwicklungsingenieur bei GETRAG für die Software des Torque-Split Hybrid verantwortlich.



bindung mit den hinzugefügten E-Maschinen zu realisieren. So wurde das serienmäßige Getriebesteuergerät durch eine eigens erstellte, erweiterte Version ersetzt, um auch die Zusatzumfänge bedienen und alle Messgrößen gleichzeitig und ohne zusätzliche Hardware in dSPACE CalDesk einbinden zu können. Das Hardware-System ist aufgeteilt in eine hochintegrierte, an das Getriebe angebrachte Leistungsendstufe, vier bürstenlose Gleichstrommotoren zur Doppelkupplungs- und Getriebeaktuierung, eine magnetische Abkopplungseinrichtung und zehn Endstufen zur Ansteuerung von Pumpen, Lüftern und zusätzlichen Verbrauchern im Fahrzeug. Im Kofferraum übernimmt eine Signaladapionsplatine mit Field Programmable Gate Array (FPGA)-Logik die Signalaufbereitung der erfassten Signale zur Weiterverarbeitung im dSPACE-System und realisiert ein NOT-AUS-Konzept.

Erfasst werden neben den Strömen jedes elektrischen Aktuators auch die Ströme der Pumpen und Ventilatoren. Die Temperaturerfassung geht noch einen Schritt weiter und erfasst neben den Kühlmittel- und Öltemperaturen der Hybridumfänge die Temperaturen jeder einzelnen Leistungsendstufe der Getriebesteuerung. Insgesamt werden 16 Ströme, 16 Temperaturen und 14 Positionsgeber erfasst. So kann zu jedem beliebigen Zeitpunkt ein hochauflösendes und zeitstimmiges Abbild einer Fahrsituation aufgenommen werden. Durch die hochauflösende Erfassung von insgesamt neun Drehzahlsensoren, darunter auch die Raddrehzahlen,

kann auf die aktuelle Momentenverteilung geschlossen werden. Vier CAN-Schnittstellen stellen die Kommunikation mit den Antriebsstrang-Komponenten, dem Hybrid-Master und der Hochvoltbatterie her. Insgesamt 150 Leitungen verbinden die Leistungs- und die Signalplatine, 170 Leitungen münden in das dSPACE-System.

Erlebbarkeit im Fahrzeug

Um den Gedanken „Alles in einem System“ fortzuführen, wurde ein Bedienpanel entwickelt, welches dem Fahrer über sechs beleuchtete Taster die Bedienung und das Anzeigen des aktuellen Fahrzustands ermöglicht. Die Auswertung dieses Bedienpanels erfolgt mit dem dSPACE-System.

Ein wichtiges Entwicklungsziel war es, alle Zusatzumfänge so zu integrieren, dass der Innenraum bis auf die zusätzlichen Bedienelemente und die Zusatztechnik im Kofferraum unverändert bleibt. Dies unterstreicht die Alltagstauglichkeit des Fahrzeugs und das Know-how der GETRAG-BOSCH-Hybridkooperation.

Großes Einsparpotential

Simulationen weisen bereits Verbrauchseinsparungen im NEFZ (Neuer Europäischer Fahrzyklus) von ca. 6% (Micro Hybrid), 18% (Axle-Split Hybrid) und 24% (Torque-Split Hybrid) aus – jeweils bezogen auf den Verbrauch mit dem nicht hybridisierten 6DCT250 PowerShift® Getriebe. Diesen Rechnungen liegt eine komfort- und fahrdynamikbetonte Betriebsstrategie zugrunde. Mit einer verbrauchsorientierten Strategie sind

die Einsparungen bei Torque-Split und Axle-Split nochmals größer. Da die elektrische Leistung der Hybridisierung zusätzlich zum konventionellen Antriebsstrang zur Verfügung steht, verbessert sich die Fahrleistung. Die Beschleunigungszeiten von Null auf 100 km/h verkürzen sich von 7,8 s beim konventionellen Automatikgetriebe auf 7,5 s mit dem GETRAG PowerShift® Getriebe, auf 7,1 s mit dem hybridisierten PowerShift® Getriebe und auf 6,7 s bei der Kombination PowerShift® Getriebe mit elektrischer Achse. ■

*Tibor Niedermayer, Ingo Matusche, Thomas Hoffmeister
Systems Engineering
Electrotechnics
GETRAG Getriebe- und Zahnradfabrik
Hermann Hagenmeyer GmbH & Cie KG
Deutschland*

Fazit

- Aufbau eines Demo-Fahrzeugs mit integrierten Hybridvarianten Torque-Split und Axle-Split Hybrid
- Austausch des Getriebesteuergeräts durch ein dSPACE-System
- Test und Vergleich verschiedener Hybridvarianten
- Hohe Kraftstoffeinsparungen von bis zu 24% und Verbesserungen der Beschleunigungsdauer um bis zu 1s auf 100km/h
- Aktuell: Inbetriebnahme der kundenwertigen Fahrfunktionen des Hybridantriebsstrangs

Elektrofahrzeuge sind umweltfreundlich, leise und wirtschaftlich. Ihre Zukunft ist allerdings untrennbar mit einer effizienten Batterietechnologie verknüpft. Für den endgültigen Durchbruch von Elektrofahrzeugen müssen zukünftige Batteriesysteme noch erheblich leistungsfähiger werden. Wichtig sind vor allem kürzere Ladezeiten und weniger Gewicht. Um diese Herausforderungen anzugehen, hat Ricardo ein Zentrum gegründet, das ganz im Zeichen der Entwicklung von Batteriesystemen steht. Mit dabei: ein dSPACE Simulator.

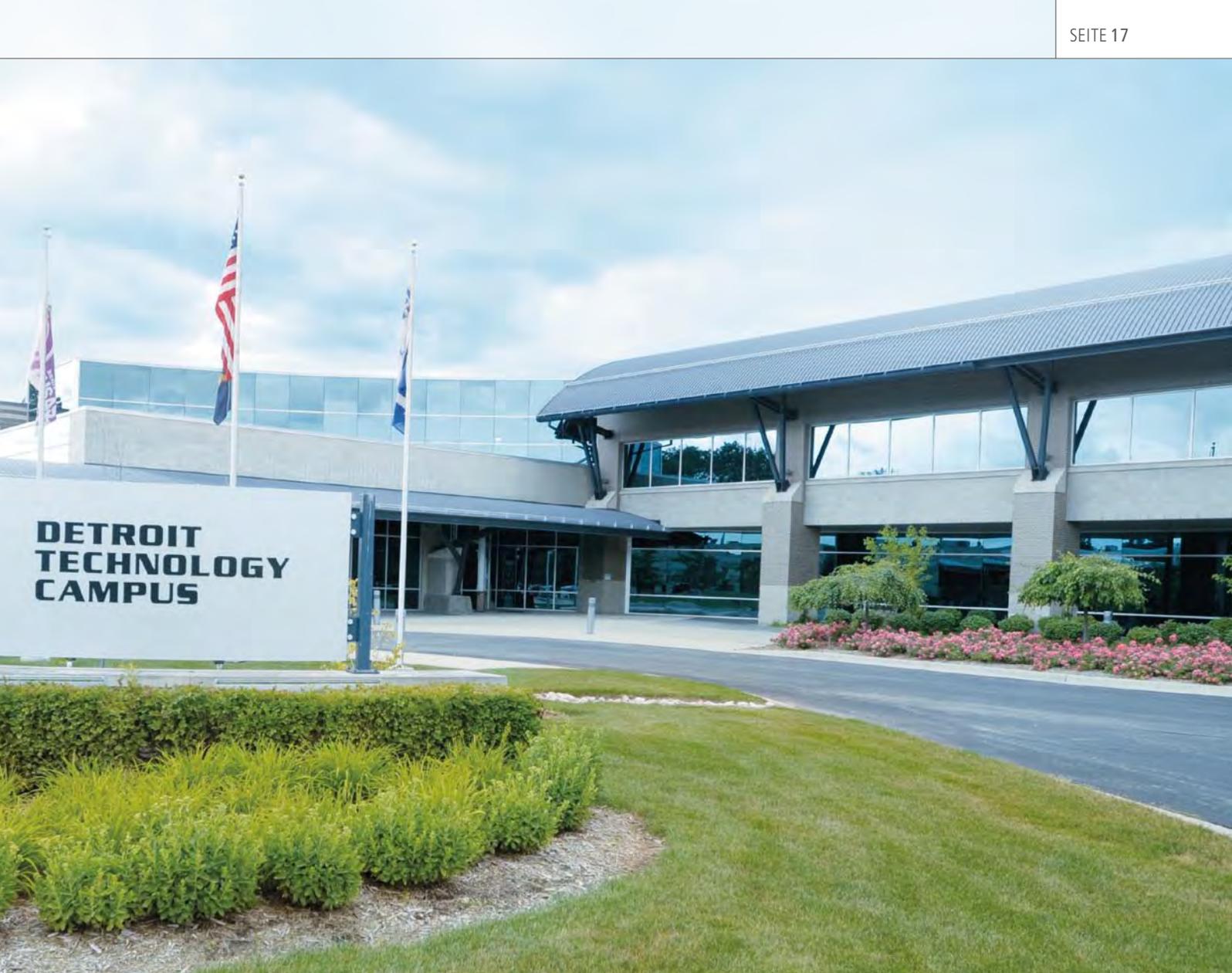
Batterien – der Schlüsselfaktor für „grünere“ Autos

In der Entwicklung neuer Fahrzeugtechnologien liegt noch enormes Potential, um wirtschaftlichere und emissionsärmere Fahrzeuge zu konstruieren. Zu den vielversprechendsten Kandidaten für umweltfreundlichere Transportmittel zählen Hybridfahrzeuge (HEV), Plug-in-Hybridfahrzeuge (PHEV) und Elektrofahrzeuge (EVs). Um eine breite Akzeptanz sicherzustellen, dürfen sie herkömmlichen Fahrzeugen in puncto Zuverlässigkeit und Robustheit aber in nichts nachstehen. Maßgeblich für ihren Erfolg

werden dabei vor allem die Hochspannungsbatterien sein. Ricardo Inc., einer der führenden Technologie-Zulieferer und -Berater in der Automobilindustrie, setzt für diese Technologierevolution mit der Eröffnung des neuen Entwicklungszentrums im US-amerikanischen Detroit ein deutliches Zeichen. „Während woanders noch theoretische Diskussionen über erneuerbare Energien geführt werden, bringt Ricardo die Technologie vom Reißbrett auf die Straße“, so Kent Niederhofer, President, Ricardo Inc. „2008 haben wir TVFE™ – eine Lösung zur Kraft-

Das neue Entwicklungszentrum für Batteriesysteme in Detroit, Michigan, USA, ermöglicht die schlüsselfertige Entwicklung kompletter Hochspannungs-Batteriepacks.



A photograph of the Detroit Technology Campus building. The building is a modern, multi-story structure with large glass windows and a grey metal roof. In the foreground, there is a sign that reads "DETROIT TECHNOLOGY CAMPUS". To the left of the sign, there are three flagpoles with flags. The building is surrounded by green grass and some landscaping, including bushes and small trees. The sky is blue with some clouds.

**DETROIT
TECHNOLOGY
CAMPUS**

Im Batterie- Eldorado

Ricardo eröffnet integriertes Batterie-Entwicklungszentrum
für Hybrid- und Elektrofahrzeuge

stoffeinsparung – auf den Weg gebracht, 2009 folgte die Eröffnung des Batterie-Entwicklungszentrums. Diese Einrichtung gehört zu den bestausgestatteten in der Branche und arbeitet mit zahlreichen Batterie-zulieferern, Tier-1s und OEMs im Bereich Batteriesysteme für Hybrid- und Elektrofahrzeuge zusammen.“

Das Komplettpaket für die Batterieentwicklung

Das Zentrum bringt Experten verschiedenster Fachrichtungen (Konstruktion, Test etc.) zusammen und stellt außerdem die nötige Ausrüstung zur Verfügung. Heraus kommen Entwürfe vollintegrierter, schlüsselfertiger Batteriesysteme mit den dazugehörigen elektronischen Regelungssystemen. „In dieser hochmodernen Einrichtung werden Batterien über den gesamten Entwicklungsprozess hinweg evaluiert und optimiert – angefangen bei frühen Phasen über die Batteriepackproduktion bis hin zur



Die Testkammern verfügen über robuste Sicherheits- und Filtersysteme – ideal für die Arbeit mit Zellen und Packs, die nicht validierte Zusatzsysteme verwenden.

Integration im Fahrzeug“, so Karina Morley, Vice President, Controls and Electronics, Ricardo. „Das Zentrum bietet eine einzigartige Bandbreite an Dienstleistungen. Zum Beispiel ist es uns möglich, mit Batterie-zulieferern zusammenzuarbeiten, um komplette Batteriepacks zu entwickeln. Auch können wir für OEMs Evaluierungen und Teilsystementwürfe für Batteriepacks durchführen. Unsere virtuelle Entwicklungsumgebung erlaubt automotiven OEMs, die Packs

in einem simulierten Fahrzeug zu evaluieren. Ebenso haben wir die Möglichkeit, die Leistung von Packs, die mit einem Hybrid-Antriebsstrang verbunden sind, auf unseren Rollenprüfständen zu evaluieren.“ Im weitläufigen Werkstattbereich des Zentrums besteht die Möglichkeit, die Batteriepacks für weitere Evaluierungen in Fahrzeugen zu verbauen. Obwohl das Hauptaugenmerk auf der Batterieentwicklung für Hybrid- und Elektrofahrzeuge liegt, stehen alle Einrichtungen gleichwohl auch für nicht-automotive Einsatzfelder zur Verfügung. Dazu gehören beispielsweise Landmaschinen oder Militär- und Offroad-Fahrzeuge.

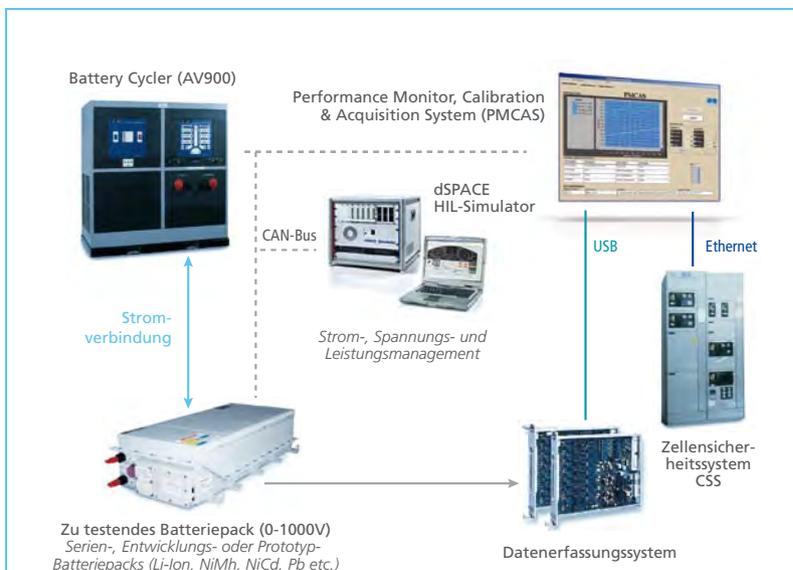
„Wir setzen dSPACE-Simulatoren in zahlreichen Projekten ein und sind mit der Leistung sehr zufrieden.“

Karina Morley, Ricardo Inc.

Virtual Vehicle mit dSPACE HIL-Simulator

Eine der wichtigsten Einrichtungen des Entwicklungszentrums ist das virtuelle Fahrzeug, denn es erlaubt die Simulation der vollständigen Fahrzeugintegration unter sicheren, kontrollierbaren und reproduzierbaren Bedingungen.

„Der dSPACE HIL-Simulator fungiert als virtuelles Fahrzeug und verifiziert die Vorgänge des Batteriesystems“, so Morley. „Ein Fahrzeug wird ganz oder teilweise modelliert und auf



Der Aufbau für den Test der Batteriepacks. Der dSPACE HIL-Simulator ist das Herz des virtuellen Fahrzeugs und simuliert alle für die Tests notwendigen Fahrzeugkomponenten.



Integration eines Batteriepacks in ein Fahrzeug.

Glossar

PHEV – Plug-in Hybrid Electric Vehicle – Hybridfahrzeug mit Batterien, die über externe Stromquellen aufladbar sind.

TVFE™ – Ricardo-eigene Lösung für maximale Effizienz und minimale Energieverluste sowie verringerte Fahrzeuglasten.

dem dSPACE HIL-System simuliert. In einem typischen Anwendungsfall untersucht der HIL-Simulator beispielsweise die Auswirkungen, die das häufige Laden und Entladen auf das Batteriepack hat – ein Vorgang, der typisch ist für den tagtäglichen Straßenverkehr. Um diese Vorgänge nachzubilden, sind die Batteriepacks mit den Lade-/Entladestationen (Battery Cycler) verbunden.“ Von besonderem Interesse sind dabei die Auswirkungen auf die Batterielebensdauer. Andere Aspekte sind zum Beispiel die Wärmeentwicklung in der Batterie und ihre mechanische Robustheit. „Wir haben schon in vielen Projekten dSPACE-Simulatoren eingesetzt und waren mit der Leistung immer sehr zufrieden“, so Morley.

„Der Simulator erfüllt unsere Erwartungen und leistet sehr gute Arbeit. Dank seiner unvergleichlichen Testmöglichkeiten sind wir in der Lage, zahlreiche virtuelle Fahrzeugkonfigurationen kostengünstig zu testen, da wir die hohen Kosten für die Integration realer Komponenten wie Antriebsstränge, Motoren oder Chassis-Dynamometer vermeiden können. Viele der Tests wären ohne den HIL-Simulator gar nicht möglich.“

Sicherheitseinrichtungen für anspruchsvolle Batterietests

Bisher bietet das Zentrum drei Testkammern mit äußerst leistungsfähigen Sicherheits- und Filtersystemen. „Das derzeitige Sicherheitsniveau der Testkammern ist einer der Hauptfak-

toren, der uns von anderen Testeinrichtungen unterscheidet“, so Morley. „Dadurch sind wir in der Lage, auch mit solchen Zellen und Packs sicher zu arbeiten, die noch nicht validierte Komponenten besitzen. Andere Einrichtungen konzentrieren sich auf das reine Testen von Batteriepacks, wir dagegen sind auf die Entwicklung von Batteriesystemen spezialisiert“, führt Morley fort. „Unser Testzentrum ist auch für zukünftige Aufgaben aus anderen Bereichen bestens geeignet. Dazu gehören Test und Entwicklung von Batteriesystemen oder Superkondensator-Systemen für Anwendungen wie Windräder und Solaranlagen sowie Anwendungen aus der Luft- und Raumfahrt und dem Militär.“ ■

Kent Niederhofer
ist President bei Ricardo Inc.



Karina Morley
ist Vice President, Controls and Electronics,
bei Ricardo Inc.



Über Ricardo Inc.

Ricardo Inc. ist einer der führenden unabhängigen Technologiezulieferer und strategischer Berater im Bereich der Transportmittelindustrie. Das Portfolio reicht von Fahrzeugsystemintegrationen, Steuerungen, Elektronik- und Software-Entwicklung bis hin zu aktuellen Antriebs- und Getriebesystemen sowie Antriebsstrangtechnologien für Benzin, Diesel, Hybrid und Brennstoffzellen. Zu den Kunden gehören weltweit führende Fahrzeug-, Motoren- und Getriebehersteller, Tier-1-Zulieferer und Rennsportteams.

Die Automobilindustrie setzt auf die Entwicklung immer fortschrittlicherer, vernetzter Systeme im Fahrzeug. Eine konsequente Standardisierung basierend auf AUTOSAR ist eine Antwort auf die dabei stetig steigende Komplexität. DENSO CREATE untersucht im Rahmen dreier Referenzprojekte Einführungsstrategien für den neuen Standard. Im Rahmen dieser Projekte vergleicht DENSO CREATE intensiv die derzeit verwendeten sowie die von AUTOSAR geforderten Vorgehensweisen und Methoden. Ziel ist es, mögliche Konflikte aufzulösen und eine reibungslose Einführung von AUTOSAR bei DENSO zu gewährleisten.



Anforderungen an den Prozess

DENSO CREATE, ein 100%-iges japanisches Tochterunternehmen der DENSO CORPORATION, ist für die Bereiche IT und Softwareentwicklung zuständig und hat im Rahmen eines Projektes die Prozesse zur Einführung von AUTOSAR optimiert. AUTOSAR bietet die Möglichkeit, eine Software sehr detailliert zu beschreiben, mit dem Ziel, sie einfach wiederverwenden zu können. Im Entwicklungsprozess gemäß AUTOSAR werden daher in unterschiedlichen Phasen Beschreibungen für die Software-Architektur, das System als Ganzes sowie die Systemkonfigurationen je Steuergerät erstellt. Dagegen gibt es in parallel laufenden, herkömmlichen Entwicklungsprojekten weitere Entwurfsschritte, die nahtlos und konfliktfrei integriert werden sollen. Einige Aspekte sind dabei wichtig:

- Die Festlegung der Funktionsarchitektur muss weiterhin mit der notwendigen Abstraktion möglich sein.
- Ein Regelungstechniker, der Werkzeuge wie Simulink® oder dSPACE AutoBox zur Entwicklung von Pro-

totypen verwendet, sollte durch AUTOSAR in seiner Entwurfsfreiheit nicht eingeschränkt werden.

- Ein Steuergerätezulieferer sollte bestimmte Freiheiten zur optimierten Umsetzung einer Software-Architektur behalten.

Ein Schritt nach dem anderen

DENSO CREATE überprüft im Rahmen dreier Referenzprojekte eine Abfolge wichtiger Schritte und Methoden, die in Summe einen AUTOSAR-konformen Entwicklungsprozess darstellen (Abbildung 1). Dabei werden die Modellierung der Architektur und der Funktionsalgorithmen separat voneinander betrachtet:

Entwurf der Funktionsarchitektur: Die erforderlichen Funktionsblöcke und Signale werden definiert und visualisiert. Dieser Schritt stellt eine formalisierte Beschreibung wesentlicher Anforderungen dar und kann Whiteboard-Charakter haben. Die Toolunterstützung ermöglicht frühe Konsistenzchecks.

Entwurf des Reglermodells: Die definierten Komponenten werden

mit Algorithmen vervollständigt. Diese klassische Funktionsmodellierung erfolgt mit MATLAB®/Simulink® und TargetLink.

Entwurf der Netzwerktopologie: Die Steuergeräte und deren Vernetzung werden definiert.

Funktionsmapping & Kommunikationsentwurf:

Nach Abbildung der Funktionen auf die Steuergeräte kann die lokale und globale Kommunikation definiert werden.

Entwurf der Software-Struktur: Die auf den Steuergeräten zu implementierende Softwarestruktur wird definiert. Dazu kann es erforderlich sein, eine Struktur so zu transformieren, dass durch die Software-Entwicklung vorgegebene Anforderungen erfüllt werden.

Implementierungsmodell:

Das Modell wird auf die gewählte Software-Struktur adaptiert und für die Serencode-Generierung mit TargetLink verfeinert. Dies beinhaltet beispielsweise das Hinzufügen von Skalierungsinformationen und die Verknüpfung mit Mess- und Kalibriergrößen.



DENSO CREATE untersucht Einführungsstrategien für den AUTOSAR-Standard

Ganz klar AUTOSAR

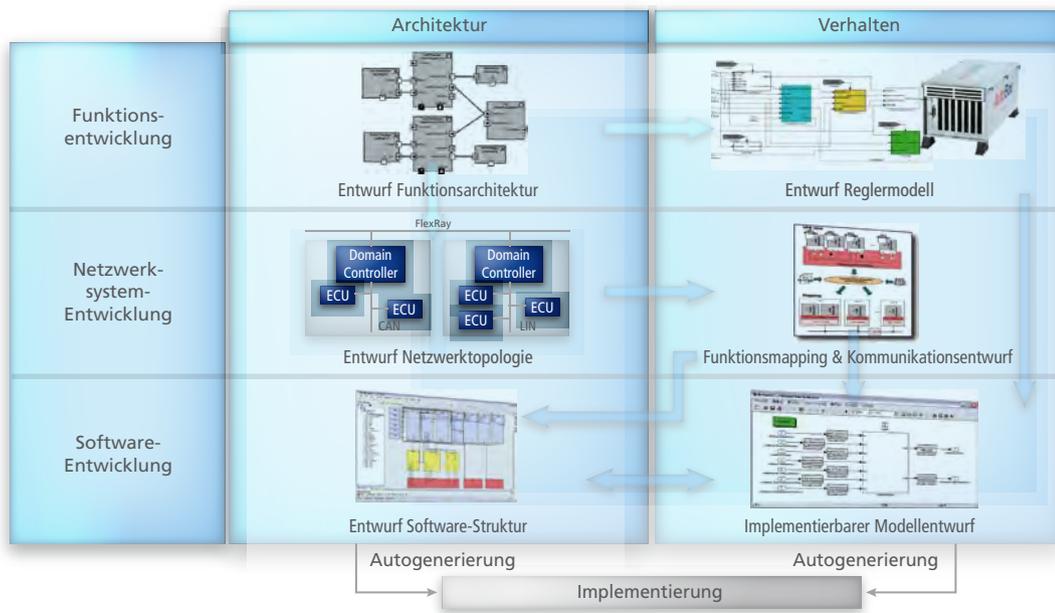


Abbildung 1: Abfolge wichtiger Schritte und Methoden in einem architekturbasierten Entwicklungsprozess.

Automatische Code-Generierung:

Nach der Designphase werden aus den Implementierungsmodellen die Software-Komponenten der Anwendungsschicht per Autocoding mit TargetLink erzeugt. Ferner wird die Run-Time Environment (RTE) generiert, die Basis-Software konfiguriert und generiert, z.B. werden Kommunikationstreiber aus der Netzwerkbeschreibung generiert.

Implementierung: Schließlich werden der C-Quellcode in Objektcode übersetzt, die Objektcodes gelinkt und die Software auf das Steuergerät aufgespielt. Zugleich wird pro Schritt eine Teilmenge von AUTOSAR-Beschreibungselementen festgelegt, die in der jeweiligen Stufe genutzt werden. Damit ist gewährleistet, dass in jedem Schritt nur die wirklich notwendigen Elemente definiert werden.

Rollen und Kompetenzen für beste Effizienz

Ein entscheidendes Kriterium ist die Effizienz des neuen Prozesses. Dazu wurden die einzelnen Schritte eingehend untersucht und die erforderlichen Arbeitstechniken, Aufwände und Umfänge ermittelt. In Arbeitsgruppen konnten so Kompetenzfelder identifiziert, Rollen definiert, und Abläufe optimiert werden. Dabei wurde deutlich, dass beispielsweise

die regelungstechnischen Entwicklungen weitgehend unverändert durchgeführt werden können, ohne dass bei den dafür Verantwortlichen ein detailliertes Verständnis von AUTOSAR benötigt wird. Die AUTOSAR-konforme Modellierung und Implementierung übernimmt ein Kompetenzteam, das über geeignete Entwicklungswerkzeuge verfügt.

Neue Entwurfsumgebung mit verfügbaren Lösungen

Basierend auf den Erkenntnissen über den neuen Prozess, wurde eine Werkzeugkette zu dessen Umsetzung untersucht. Nach mehreren zielführenden Zusammentreffen der User-Groups war DENSO CREATE in der Lage, eine Entwurfsumgebung basierend auf dSPACE-Produkten und ergänzenden kommerziell verfügbaren Lösungen aufzubauen.

Für den grundlegenden Entwurf der Funktionsarchitektur haben sich DENSO und DENSO CREATE für SystemDesk

von dSPACE entschieden. MATLAB/Simulink/dSPACE RTI und die AutoBox wurden für die Überprüfung der regelungstechnischen Funktionen genutzt. Aus der Funktionsarchitektur konnte mit SystemDesk die Softwarearchitektur abgeleitet werden. An diesem Punkt kam EB tresos® von Elektrobit für die Konfiguration der Basis-Software zum Einsatz – einschließlich der RTE-Generierung zur Verbindung der Applikations-Software mit der Basis-Software. Die Entwicklung der AUTOSAR-kompatiblen Applikations-Software erfolgte mit TargetLink. Dazu wurden die Reglermodelle zunächst mit Implementierungsinformationen angereichert und dann durch TargetLink in effizienten, AUTOSAR-konformen Code umgesetzt.

Verschiedene Anwendungspraktiken

Mit Anwendungen aus unterschiedlichen Fahrzeugdomänen führte DENSO CREATE insgesamt drei Teil-

„SystemDesk hat sich als adäquates Werkzeug für den AUTOSAR-konformen Architekturentwurf erwiesen und bietet die erforderliche Unterstützung zur Integration der Funktionsalgorithmen.“

Masahiro Goto, DENSO CORPORATION

projekte mit jeweiligen Schwerpunkten durch (Abbildung 2).

- Im ersten Teilprojekt stand der Nachweis zur Durchgängigkeit der Werkzeuge im Fokus.
- Im zweiten Teilprojekt wurde die Wiederverwendung existierender Software untersucht. Daraus wurden Erkenntnisse zur methodischen Entwicklung solcher Software und deren Integration abgeleitet, z.B. zur Frage, ob Sensor- und Aktuatorfunktionen als Software-Komponenten entwickelt werden sollten.
- Im letzten Teilprojekt wurde die Software eines bereits existierenden Klimasteuergeräts herangezogen und nach AUTOSAR konvertiert.

Blick in die Zukunft

Für die Weiterentwicklung des Prozesses legt DENSO CREATE besonderes Augenmerk auf die Durchgängigkeit der Werkzeugkette. Dabei geht es u.a. um die automatische Transformation von Spezifikationen zwischen den Prozessschritten sowie einen Mechanismus, um die verschiedenen Entwicklungswerkzeuge in verteilten Entwicklungen zu synchronisieren. Nicht zuletzt ist es erforderlich, die



*Nobuhide Kobayashi, DENSO CREATE Inc.
Nobuhide Kobayashi ist Projektleiter im Bereich Softwareentwicklung bei DENSO CREATE in Aichi, Japan.*



*Yasuo Tatematsu, DENSO CREATE Inc.
Yasuo Tatematsu ist Projektleiter im Bereich Softwareentwicklung bei DENSO CREATE in Aichi, Japan.*

Leistungsfähigkeit von Verifikationsfeatures wie das neue SystemDesk Simulation Module im Detail kennenzulernen und ihre Einbindung in den Prozess zu untersuchen. So kann der Prozess für zukünftige und komplexe

Aufgaben optimiert und seine Effizienz weiter verbessert werden. ■

*Nobuhide Kobayashi, Yasuo Tatematsu DENSO CREATE Inc.
Masahiro Goto DENSO CORPORATION*

„Es freut uns sehr, dass dSPACE nicht nur eine AUTOSAR-konforme Werkzeugkette bieten kann, sondern uns im Projekt tatkräftig bei der Suche nach dem geeigneten Ansatz unterstützte. Wir schätzen ebenfalls die effiziente, unkomplizierte Produkteinführung sowie das umfassende Training.“

Nobuhide Kobayashi, DENSO CREATE Inc.

Abbildung 2: Drei Teilprojekte mit Anwendungen aus unterschiedlichen Fahrzeugdomänen.

		Versuch 1 Fahr dynamiksystem	Versuch 2 - Anzeigesystem (Armaturenbrett)	Versuch 3 Klimaanlage
Versuchszweck		Durchführen der architektur-basierten Entwicklung	Wiederverwendung alter Software festlegen	Anpassung des Serienprogramms
Entw.-Umfang	Anzahl der SWC/Runnables	6/11	26/299	41/141
	Anzahl der Datenelemente bzw. Meldungen	42/5 (übertragen), 5 (empfangen)	56/3 (übertragen), 18 (empfangen)	59/5 (übertragen), 14 (empfangen)
	Verwendetes BSW-Modul	Hauptsächlich COM-Stack (Teilweise MCAL)	Hauptsächlich MCAL (Legacy COM wird verwendet)	COM Stack, ECUM, MCAL etc.
Ergebnis	Kennenlernen der AUTOSAR-Spezifikation	■ VFB, RTE, COM, ECUM	■ VFB, RTE, COM, ECUM ■ MCAL	■ VFB, RTE, COM, ECUM ■ MCAL
	Aufbau Engineering-Umgebung (Entwicklungs-Umgebung, Entwurfsausrichtung)	■ Inkonsistenz zwischen Tools beheben ■ Erfahrung mit Debug-Know-how sammeln (Verständnis für BSW-Struktur etc. entwickeln)	■ Implementierung von Legacy-SW in AUTOSAR-Struktur planen ■ Debug-Know-how testen	■ Ausführen mit Werten aus Versuchen 1 und 2 (Werkzeugkette und Entwurfsausrichtung evaluieren)
Personenmonate		9,3 Personenmonate	13,4 Personenmonate	18,0 Personenmonate

Antriebssicherheit mit System

Integrationstest mit modularer FPGA-Plattform
für SIL-3-Antriebstechnik



Bei der Entwicklung des FPGA-basierten Antriebsreglers E-Darc setzt Ferrocontrol auf dSPACE-Hardware und -Software. Der Hersteller von Steuerungssystemen testet damit die einzelnen Module auf Sicherheit und Zuverlässigkeit und stellt so sicher, dass sie den strengsten Qualitätsrichtlinien genügen.

Wir bei Ferrocontrol entwickeln, fertigen und vertreiben Automatisierungskomponenten und komplette Automatisierungslösungen aus dem Bereich der Antriebstechnik (Hardware und Software) für Maschinenhersteller von Bearbeitungsmaschinen sowie für Endkunden. Unser Ziel ist es, auch für komplexe Systeme einen leicht konfigurierbaren und wartbaren Regler zu entwickeln, um hochgradig automatisierte Produktionsprozesse effektiv und wirtschaftlich zu gestalten. Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, haben wir den FPGA-basierten Antriebsregler E-Darc entwickelt.

FPGA-basiertes Antriebssystem E-Darc

Der E-Darc ist speziell für Mehrachsenanwendungen in der Antriebs- und Automatisierungstechnik geeignet, beispielsweise für Verarbeitungszentren der Fenster- und Holzindustrie oder allgemein für CNC-Bearbeitungszentren. Achsmodule mit Ausgangsströmen von 2 bis 32 A und Versorgungsmodule im Bereich von 5 bis 25 kW decken ein großes Anwenderspektrum ab. Die Anzahl der angesteuerten Regler hängt alleine von der zur Verfügung stehenden Versorgungsleistung ab, E-Darc selbst setzt hier keine Grenzen



Abbildung 1: Der Antriebsregler E-Darc setzt sich aus mehreren Modulen zur Ansteuerung mehrerer Achsen zusammen.

(Abbildung 1). Wir haben das System so entworfen, dass die komplette Antriebsregelung parallel auf einem FPGA platziert, also „in VHDL gegossen“, ist. Mit dieser quasi-analogen Regelung ergibt sich eine höchstmögliche Dynamik auch für Positions- und Drehzahlregelung. Durch den Einsatz von Oversampling-Verfahren für die Positions- und Strommesswerterfassung verbessert sich die Regelgüte, ohne zusätzliche Latenzzeiten innerhalb der Regelschleifen zu generieren. Auf Istwertfilter kann somit verzichtet werden. Überlagerte Funktionalitäten wie der Profilgenerator oder die Zustandsmaschine des Reglers werden auf einem Soft-core-Prozessor, dem Nios II®, abgearbeitet. Da dieser Prozessor ebenfalls auf dem FPGA platziert wird, ergibt sich hier ein zentraler Baustein, auf dem die gesamte Firmware des Achsreglers ausgeführt wird. Den Regelalgorithmus haben wir mit MATLAB®/Simulink® entwickelt und später mit einem VHDL-Autocoder der Firma Synopsys übersetzt (Abbildung 2). Zusätzlich zum E-Darc bietet Ferrocontrol optional das Versorgungsmodul „RePower“ an. Es arbeitet

mit Rückspeisung und entnimmt dem Versorgungsnetz ausschließlich Wirkleistung.

Entwicklung mit dSPACE

Bei der Entwicklung des E-Darc kamen Entwicklungstools und -hardware der Firma dSPACE zum Einsatz (Abbildung 2). Unser Antriebssystem ist mit separaten Hardware-Modulen

VHDL-Codierung, Synthese und Place&Route. Dies ermöglichte uns, Module und Algorithmen unabhängig voneinander zu entwickeln und bereits in Entwicklungsvorstufen umfangreich zu testen und die Testergebnisse immer wieder iterativ in den Entwicklungsprozess einfließen zu lassen. Die Zusammenarbeit der einzelnen Module haben wir in Integrationstests überprüft. Sie wurden auf Basis der Testdatenbank in-Step von microTOOL erstellt und mit dSPACE AutomationDesk automatisiert. Die so erreichte Durchgängigkeit vereinfacht den Nachweis der funktionalen Sicherheit von sicherheitskritischen Modulen gemäß SIL 3.

Modularer Aufbau des E-Darc-Systems

Der modulare Achsregleraufbau des E-Darc beinhaltet nicht nur steckbare Geber-, sondern auch Feldbuseinschubkarten. Er unterstützt folgende Geber(-systeme):

- Resolver
- SSI
- Hiperface®
- EnDat® 2.1
- EnDat® 2.2 (Safety)

„Mit dem dSPACE-HIL-Prüfstand stellen wir sicher, dass der Antriebsregler E-Darc strenge Qualitätsrichtlinien, zum Beispiel für die Sicherheitstechnik, einhält.“

Andreas Pottharst, Ferrocontrol Steuerungssysteme

modular aufgebaut, beispielsweise Feldbuskommunikation, Geberauswertung und Leistungsteil. Mittels Simulation an einem dSPACE-HIL-Prüfstand konnten wir den Fortschritt der Produktreife einzelner Module leicht prüfen und somit den Entwicklungsprozess des gesamten Systems entscheidend beschleunigen. Der klassische Entwicklungsprozess einer FPGA-Plattform beinhaltet die Stationen

Zwei Einschubplätze stehen für die unterschiedlichsten Anwendungsfälle zur Verfügung. Nachrüstbarkeit und Unabhängigkeit von einem bestimmten Feldbussystem garantiert das steckbare Feldbusmodul, wobei momentan Module für CANopen, SERCOS III und Ethercat verfügbar sind. Um eine hohe Störfestigkeit im Achsregler gewährleisten zu können, sind die einzelnen Module über rein digitale

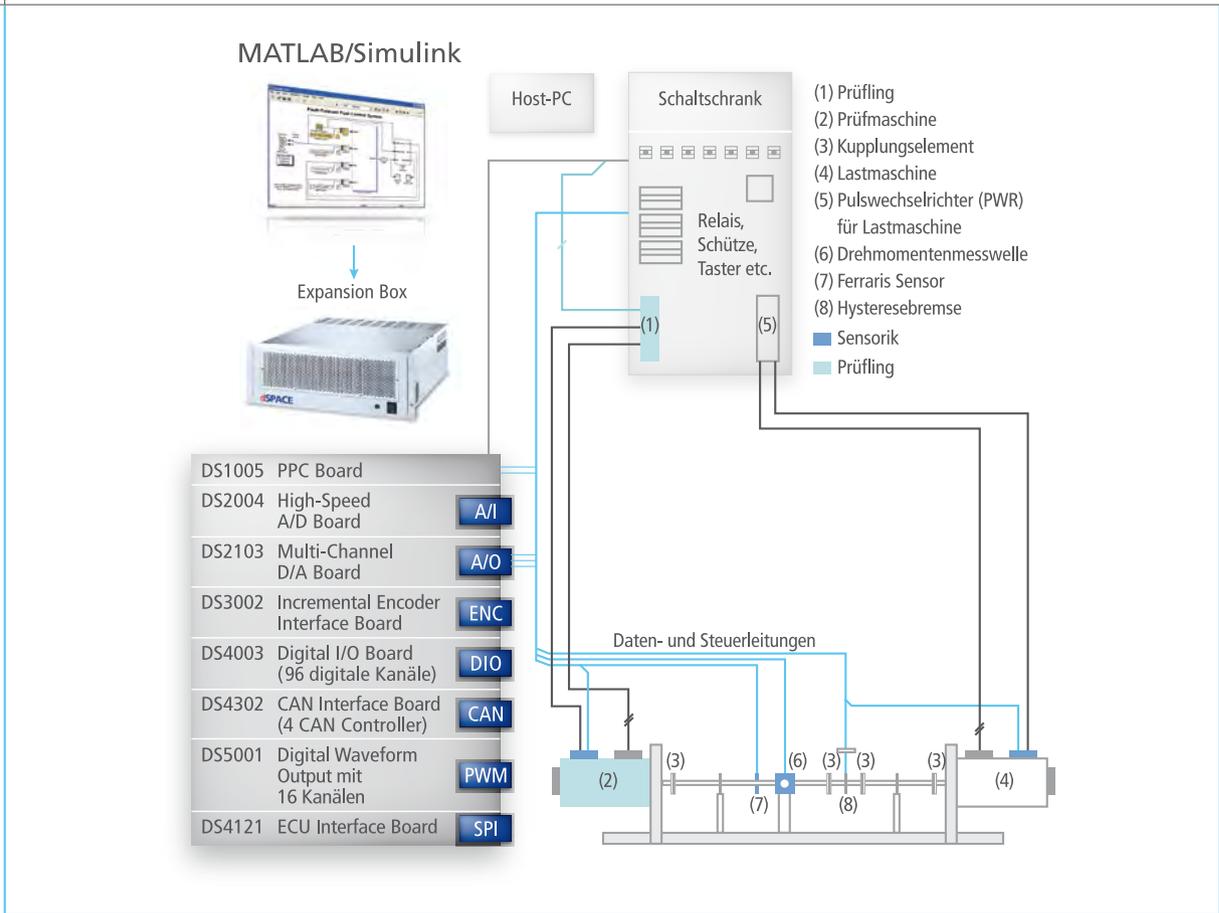


Abbildung 3: Integrations- und HIL-Prüfstand.

bildet ein modulares System der Firma dSPACE, das aus einem DS1005 PPC Board besteht, an das die I/O-Boards über den PHS (Peripheral High-Speed)-Bus angebunden

sind. Aufgrund der vielfältigen und flexiblen I/O dieses Systems, über das sämtliche äußeren Schnittstellen des E-Darcs angesteuert und überwacht werden können, ist eine

umfangreiche Testtiefe möglich, die für den Test sicherheitskritischer Systeme unabdingbar ist:

- So lassen sich zum Beispiel mit Hilfe der Lastmaschine unter-

Abbildung 4: FPGA Evaluation Board (Altera 3C120) mit DS551.

Fazit

- Umfangreiche Modultests, basierend auf Prototyping mit angebundener FPGA-Plattform, beschleunigen die Entwicklung des E-Darc-Antriebs-systems. Fehler werden frühzeitiger erkannt.
- Eine vollständige Testfalldatenbank mit daraus abgeleiteten automatisierten Tests ist ein wichtiger Bestandteil für die Zertifizierung von antriebstechnischen Baugruppen des E-Darcs für die funktionale Sicherheit.
- Automatisierte Tests verringern dauerhaft den Testaufwand bei der Einführung neuer Firmware-Stände.



schiedlichste und aufwendige Lastprofile simulieren, die Vorgänge an realen Kundenmaschinen nachbilden. Bei diesen Testläufen besteht dann nicht die Gefahr, dass im Fehlerfall die reale Maschine beschädigt oder ein Werkzeug zerstört wird.

- Mit Hilfe des RTI CAN MultiMessage Blocksets konnte der hierzu notwendige CANopen-Master nachgebildet werden, indem unter anderem ein DBC-File basierend auf dem aktuellen Objektverzeichnis in Simulink eingebunden wurde. Dieser CANopen-Master kann die komplette CNC-Steuerung einer Maschine simulieren.

Nach Ablauf einer Testreihe generiert AutomationDesk einen Testreport, der

zeigt, ob die neue Firmware-Version für die jeweiligen Module freigegeben werden kann oder nicht. Zeitintensiv gestaltet sich hierbei allerdings das Einpflegen der Testergebnisse per Hand in die Testfalldatenbank, um den aktuellen Stand einer Firmware zu dokumentieren. Eine Software-Schnittstelle, über die automatisch die Testergebnisse in diese Datenbank eingepflegt werden, wie sie beispielsweise bereits für die Anforderungsverfolgungs-Software IBM® Rational® DOORS® existiert, ist in einer weiteren Ausbaustufe geplant. ■

*Dr.-Ing. Andreas Pottharst
Leiter Entwicklungsabteilung
Ferrocontrol Steuerungssysteme
Deutschland*



Dr.-Ing. Andreas Pottharst

Dr.-Ing. Andreas Pottharst leitet die Entwicklungsabteilung für Antriebs- und PC-Technik bei Ferrocontrol Steuerungssysteme in Herford.

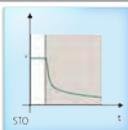
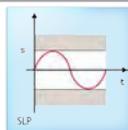
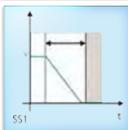
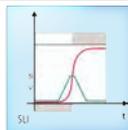
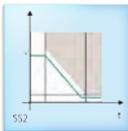
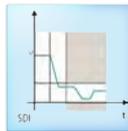
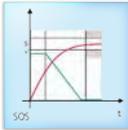
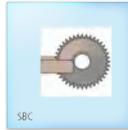
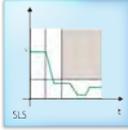
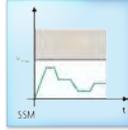
STO – Safe torque off		SLP – Safely limited position	
SS1 – Safe stop category 1		SLI – Safely limited increment	
SS2 – Safe stop category 2		SDI – Safe direction	
SOS – Safe operating stop		SBC – Safe brake control	
SLS – Safely limited speed		SSM – Safe speed monitor	

Abbildung 5: Sicherheitsfunktionen des E-Darc-Safety-Moduls.

Firmenprofil

Als Steuerungshersteller ist Ferrocontrol seit 36 Jahren der Innovationspartner der Fenster- und Holzindustrie. Seit 2006 gehört das Unternehmen zu der Eckelmann AG mit Sitz in Wiesbaden. Die Produkte und Dienstleistungen von Ferrocontrol umfassen das gesamte Spektrum der Fensterfertigung, von Steuerungen für Lager, Zuschnittzentren, Sägen, Schweißmaschinen über Eckenverputzmaschinen sowie Beschlagsmontageautomaten bis hin zu Puffersystemen im Versandbereich sowie Logistik, Fertigungssteuerungs- und Leitsystemen. Bei der Entwicklung von branchenspezifischen Lösungen, die auf Anforderungen und Wünsche der Kunden bzw. des Marktes abgestimmt sind, setzt man auf die Entwicklung, Projektierung und Fertigung eigener Hard- und Softwarekomponenten.



Abbildung 1: HIL-Prüfstand mit Feedback-Lenkrad.

Innovationen für Servolenkungen

Steigende Ansprüche an Energieeffizienz, Komfort und Sicherheit sind die treibenden Kräfte bei der Entwicklung mechatronischer Systeme im Kraftfahrzeug. Diese Ansprüche gelten besonders für den Bereich der Lenksysteme. Hier setzen sich zunehmend elektromechanische Servolenkungen durch, deren Funktionalität über Software erweiterbar ist und ständig wächst. Das entwickelte System muss individuellen haptischen und besonderen sicherheitskritischen Anforderungen genügen. Um diesen Herausforderungen zu begegnen, hat die DMecS GmbH & Co. KG in einem Kooperationsprojekt mit dem Kölner Labor für Mechatronik (Cologne Laboratory of Mechatronics, CLM) an der Fachhochschule Köln ein Feedback-Lenkrad realisiert (Abbildung 1). Damit werden bei der Entwicklung von Lenksystemen Tests mit Prototypen an einen Hardware-in-the-Loop (HIL)-Prüfstand verlagert.

Simulationsumgebung für das Feedback-Lenkrad

Für die Realisierung dieses Prüfstands wurden verschiedene echtzeitfähige Modelle verwendet. Das Simulationsmodell für das Lenksystem, bestehend aus Lenkmechanik und Electric-

Power-Steering-Aktor (EPS-Aktor) mit Regler, steht dabei mit Modellen für Fahrzeug, Fahrbahn und Fahrer in Wechselwirkung.

Für die Simulation von Fahrzeug und Fahrbahn werden die Automotive Simulation Models (ASM) von dSPACE eingesetzt. Bei dem verwendeten ASM Vehicle Dynamics Simulation Package handelt es sich um ein offenes Simulink®-Modell für die Echtzeitsimulation fahrdynamischer Anwendungen. Das Modell ermöglicht eine realitätsnahe Simulation der Fahrzeugdynamik und der sich auf die Lenkung auswirkenden Lastkräfte. Aufgrund der offenen Struktur der ASM konnten eigene Modelle von EPS-Lenkungen auf einfache Weise integriert werden.

Mit dSPACE ModelDesk wurden für die Fahrbahn eigene Straßenverläufe mit speziellen Oberflächeneigenschaften erstellt. In dieser Umgebung erfolgte die Entwicklung und Abstimmung der Lenkung mit üblichen Fahrmanövern, bei denen der Entwickler die Funktion des Fahrers mit Hilfe des Feedback-Lenkrads übernimmt.

Für automatisierte Tests wurden ASM-Fahrermodelle verwendet, mit denen Manöver stets unter den gleichen Bedingungen wiederholt werden können.



Das Engineering-Unternehmen DMecS untersucht mit Hilfe eines dSPACE Simulators das Systemverhalten von Lenkungen. Dieses kann somit bereits in der frühen Entwicklungsphase der Simulation vor der Durchführung von Fahrversuchen getestet werden. Neuartige Algorithmen für die Erzeugung unterschiedlicher Lenkungscharakteristika oder Assistenzsysteme werden mit einem Feedback-Lenkrad im Vorfeld hinsichtlich ihrer Akzeptanz durch den Fahrer realistisch getestet, bewertet und optimiert.

Gelenkte Gefühle

HIL-Simulation mit Feedback-Lenkrad für die Entwicklung von Lenksystemen



Abbildung 2: Das Feedback-Lenkrad sorgt für realitätsnahe haptische Rückkopplung.

„Die vollständig offenen Automotive Simulation Models (ASM) ermöglichten eine leichte Implementierung eigener Lenkmodelle und neuer Lenksystem-Algorithmen.“

Thorben Herfeld, DMecS GmbH & Co. KG

Feedback-Lenkrad und HIL-Prüfstand

Für die Vermittlung eines realistischen Lenkgefühls erfüllen die Mechanik und die Elektronik des Feedback-Lenkrads hohe Anforderungen (Abbildung 2). Störende Einflüsse auf das Lenkgefühl durch zusätzliche Trägheitsmomente, Rastmomente, Reibung und Signallaufzeiten wurden bereits beim konstruktiven Entwurf minimiert. Verbliebene Unzulänglich-

keiten konnten mit Hilfe geeigneter Erweiterungen der HIL-Aktorregelung auf ein kaum spürbares Maß verringert werden.

Die ASM sind mit dem Modell des Lenksystems im HIL-Prüfstand auf einem dSPACE Simulator implementiert. Dieser enthält eine modulare Echtzeithardware mit einem DS1006 Processor Board und die zur Ansteuerung des Feedback-Lenkrads benötigten Schnittstellenkarten. Damit steht für das gesamte Simulationsmodell und mögliche Erweiterungen ausreichend Rechenleistung bereit.

Einsatzmöglichkeiten für den HIL-Prüfstand

Bei der Model-in-the-Loop- und Software-in-the-Loop-Simulation wird der EPS-Regler zusammen mit dem ASM-Fahrzeugmodell auf dem dSPACE Simulator betrieben. Mit dem Einsatz des Feedback-Lenkrads kann das Lenkgefühl analysiert und durch Veränderung von Reglerstruktur, Parametern und Kennlinien angepasst werden. Weiter können bei Implementierung der Regelalgorithmen mit dSPACE TargetLink die Auswirkungen von Festkomma-Arithmetik unter-

sucht und durch geeignete Maßnahmen gemindert werden. Wird der Regler auf einem Seriensteuergerät betrieben (Abbildung 3), kommen weitere Realisierungseffekte durch die Serienhardware (z.B. Signallaufzeiten und spezielle Schnittstellen) hinzu. Sie können separat betrachtet und in ihren möglichen Auswirkungen auf das Lenkgefühl minimiert werden.

Entwicklung von Algorithmen für Lenksysteme

Mit Hilfe der beschriebenen Prüfstands-umgebung wurden bereits verschiedene Algorithmen zur Erzeugung von Lenkgefühl erfolgreich entwickelt. So wurde zum Beispiel ein Algorithmus implementiert, der in der Grundcharakteristik des vermittelten Lenkgefühls einer hydraulischen Servolenkung entspricht und darüber hinaus die Lenkunterstützung abhängig von der aktuellen Fahrzeuggeschwindigkeit anpasst. Der Algorithmus ermöglicht so zum Beispiel momentenfrees Parkieren sowie eine zunehmende Mittenzentrierung bei höheren Geschwindigkeiten. Andere Algorithmen vermitteln dem Fahrer durch die Verwendung von Reifenkräften Informationen über das Kraftschlusspotential an den Radaufstandsflächen. Für diese Algorithmen wurde ein spezieller Fahrdynamikbeobachter eingesetzt, der neben den üblichen fahrdynamischen Größen wie Schräglaufwinkel oder Gierrate auch die Reifenkräfte schätzt und dabei ohne Reifenmodelle arbeitet.

Neben der Erzeugung von Lenkgefühl über Software bietet eine elektromechanische Lenkung ebenso die Möglichkeit, über aktive Lenkeingriffe die aktuelle Fahrsituation gezielt zu beeinflussen. Hierfür wurden Assistenzsysteme entwickelt und getestet, die über einen solchen Lenkeingriff das Fahrzeug in fahrdynamisch kritischen Situationen stabilisieren. Durch den Einsatz des HIL-Prüfstands

Fazit

- Verlagerung von Lenksystem-Entwicklungsarbeiten vom Fahrversuch in die Phase der Simulation am HIL-Prüfstand
- Neuartige Algorithmen für Lenkungscharakteristika und aktiven Lenkeingriff hinsichtlich der Akzeptanz durch den Fahrer mit Feedback-Lenkrad realistisch getestet, bewertet und optimiert
- Effiziente Umsetzung, unterstützt durch die offene Struktur der Automotive Simulation Models (ASM)

konnte bei der Entwicklung aller Algorithmen mit dem Feedback-Lenkrad bereits im Vorfeld die Akzeptanz durch den Fahrer untersucht, bewertet und durch geeignete Maßnahmen optimiert werden. ■

*Thorben Herfeld
Entwicklung Mechatronische Systeme
DMecS GmbH & Co. KG*

*Jan Guderjahn
Fachhochschule Köln
Cologne Laboratory of Mechatronics*



*Jan Guderjahn,
Cologne Laboratory of Mechatronics
Jan Guderjahn ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Cologne Laboratory of Mechatronics an der Fachhochschule Köln.*



*Thorben Herfeld,
DMecS GmbH & Co. KG
Thorben Herfeld ist Entwicklungsingenieur für mechatronische Systeme bei DMecS in Köln.*

„Die durchgängige dSPACE-Toolkette hat uns sehr bei der Entwicklung des HIL-Prüfstands unterstützt – von der Parametrierung der ASM-Echtzeitsimulation mit ModelDesk über die Analyse und Synthese von Algorithmen mit Hilfe von ControlDesk bis zur Realisierung des HIL-Prüfstands und Visualisierung des Fahrzeugmodells mit MotionDesk.“

Jan Guderjahn, Cologne Laboratory of Mechatronics

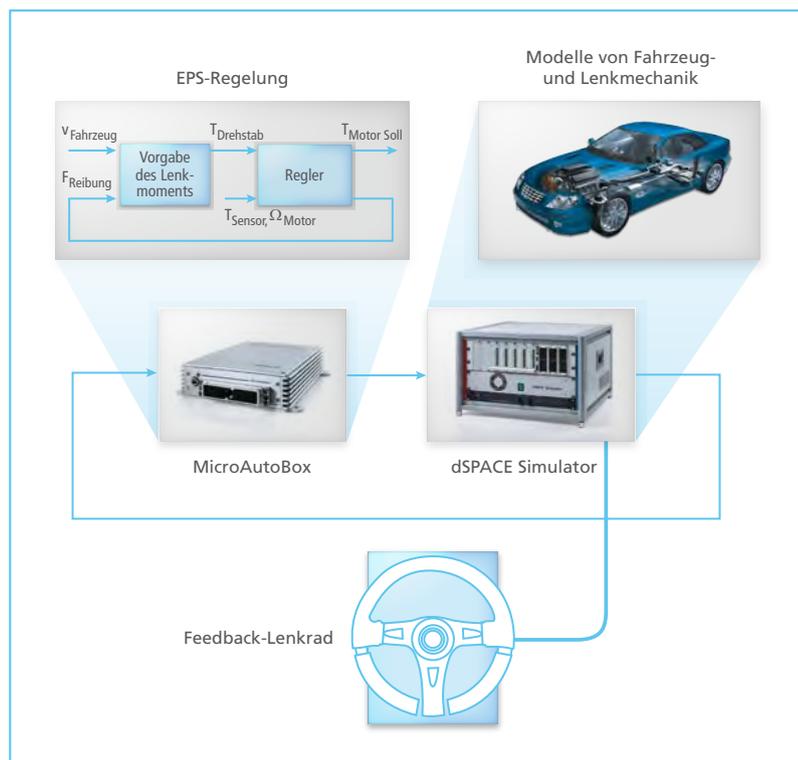


Abbildung 3: Aufbau des Prüfstand-Systems, bestehend aus HIL-Simulator, Prototyping-Steuergerät und Feedback-Lenkrad.

Ausblick

Der Einsatz eines HIL-Prüfstands kann in der frühen konzeptionellen Entwicklungsphase zu einer Reduktion von Entwicklungszeiten beitragen. Der modellbasierte Systementwurf unter Berücksichtigung des haptischen Verhaltens der jeweiligen Lenkung ermöglicht die frühe Abstimmung des Gesamtsystems in der HIL-Simulation. Der Abstimmungs- und Testaufwand im Fahrversuch wird dadurch verringert.

Über die Entwicklung von Lenksystemen hinaus kann diese Vorgehensweise mit dem Einsatz geeigneter HIL-Prüfstände auf weitere Systeme mit haptischer Rückmeldung übertragen werden. Dazu zählen zum Beispiel Bremssysteme oder im Flugzeugbau verwendete Sidesticks und Pedale mit Krafrückkopplung.



Seitenfenster – Sicher auf und zu

Delphi Electronics & Safety entwickelt Fensterhebersteuerungen mit TargetLink

In seinem mexikanischen Technologie-Zentrum entwickelt Delphi Electronics & Safety neue Algorithmen für Seitenfenster-Funktionen. Ziel ist es, höchste Sicherheit beim Einklemmschutz zu erreichen. Dabei nutzt Delphi dSPACE Prototyping-Systeme und den Seriercode-Generator TargetLink, um die neuen Funktionen zu simulieren, zu implementieren und zu testen.

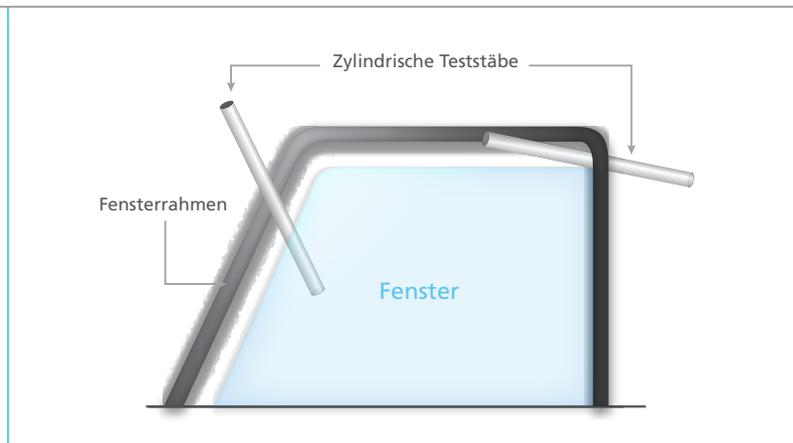


Abbildung 1: Testverfahren für den Einklemmschutz. Die tatsächlich auftretenden Schließkräfte werden durch Einbringen von Teststäben gemessen.

Sicherheitsaspekte beim Fensterheber

Ähnlich wie in anderen Fahrzeugdomänen nimmt die Anzahl elektronischer Funktionen im Innenraumbereich stetig zu. Und auch für Komfortfunktionen dürfen Sicherheitsaspekte nicht außer Acht gelassen werden. Beim automatischen Schließen eines Seitenfensters muss einer potenziellen Verletzungsgefahr, zum Beispiel dem Einklemmen von Fingern, durch entsprechende Gegenmaßnahmen vorgebeugt werden.

Anforderungen an den Einklemmschutz

Der Einklemmschutz eines Seitenfensters muss beispielsweise Vorschriften der EU und der Vereinigten Staaten erfüllen, für die Testverfahren zur Verfügung stehen (Abbildung 1). So erfordern die Vorschriftskriterien,

dass das Seitenfenster maximal eine Kraft von 100 N auf ein Objekt ausüben darf. Die Nichtüberschreitung dieser maximal zulässigen Kraft muss im Bereich von 4 mm bis 100 mm ab dem oberen Fensterrahmen überwacht, bzw. zuverlässig erkannt werden. Ferner ist es wichtig, den Einklemmschutzalgorithmus unmittelbar vor Erreichen der Fensterdichtung zu deaktivieren, damit das Fenster dicht schließt. Zusätzlich muss eine Beschädigung des Hebemotors durch zu langes Blockieren vermieden werden.

Der im Projekt eingesetzte Einklemmschutzalgorithmus basiert auf dem Delphi-Patent „Method for Monitoring Movable Elements“. Die angewandte Methode überwacht das Hall-Effekt-Rückkopplungssignal des Fensterhebemotors, um Rückschlüsse auf die ausgeübte Kraft vorzunehmen.



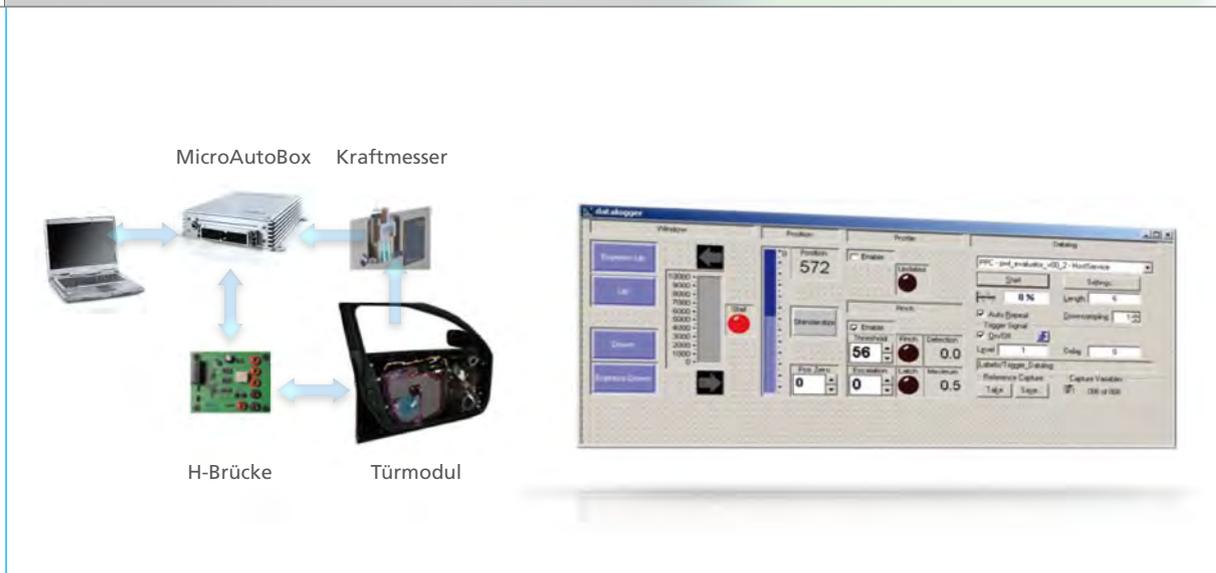


Abbildung 2: Links: Prüfstand zur Algorithmen-Validierung mit MicroAutoBox. Rechts: ControlDesk Experimentier-Layout.

Aufbau der Entwicklungs-umgebung

Der Algorithmus wurde von Delphi in Simulink®/TargetLink entwickelt und das Konzept mit einer dSPACE MicroAutoBox und ControlDesk validiert (Abbildung 2). ControlDesk wurde nicht nur zur Anpassung der Parameter des Algorithmus eingesetzt, sondern auch zur Signalaufzeichnung, um Testvektoren für spätere Simulationsläufe in Simulink/

TargetLink zu gewinnen. Neben der Validierung am Prüfplatz wurde eine Umgebung für „Closed-Loop“-Simulationen in Simulink/TargetLink geschaffen, um die Algorithmenentwicklung unter Nutzung von Model-in-the-Loop (MIL)- und Software-in-the-Loop (SIL)-Simulationen für das Gesamtsystem durchzuführen. Das relevante Verhalten des Fensterhebers wurde durch ein Zustandsraummodell eines Gleichstrom-

gefahren, bevor die Positionssteuerung in den normalen Betriebsmodus übergehen kann. In diesem Modus summiert die Positionssteuerung dann sämtliche Änderungen der Fensterposition über die gesamte Lebensdauer hinweg, um die jeweils aktuelle Fensterposition bestimmen zu können. Anhand der Zahl der vollständigen Schließvorgänge des Fensters wird darüber hinaus auch auf die Abnutzung der Fensterdich-

Links: Ernesto Wiebe-Quintana
Advanced Analysis Engineer

Ernesto Wiebe-Quintana ist Ingenieur im Bereich Hochentwickelte Analyse und zuständig für Entwicklungsprojekte für Regel- und Sicherheitsanwendungen bei Delphi.

Rechts: Salvador Canales
Electrical Analysis Engineer

Salvador Canales ist Ingenieur im Bereich Elektrische Analyse und zuständig für Entwicklungsprojekte für Regel- und Sicherheitsanwendungen bei Delphi.



„Der von TargetLink generierte Code ist effizient, wohl strukturiert und gut lesbar.“

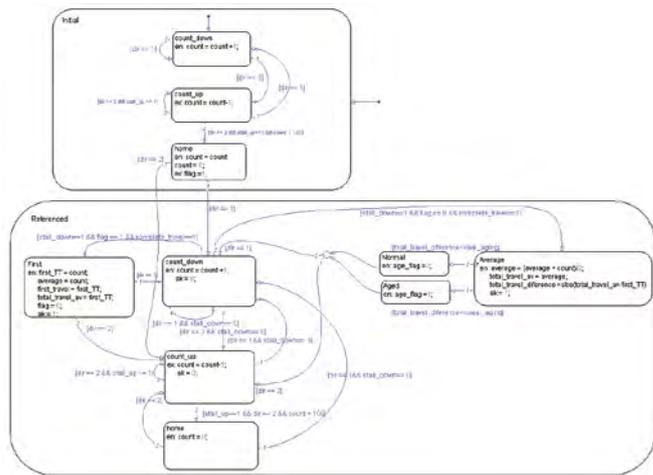
Salvador Canales, Delphi Electronics & Safety

motors sowie mit Hilfe von Look-up-Tables nachgebildet. Zudem wurde dem Positionssignal des Motormodells noch die Wellenform des Hall-Effekts aufgeprägt.

Algorithmik des Einklemmschutzes

Die Algorithmik ist in die Funktionsblöcke Positionssteuerung und Blockiererkennung gegliedert. Die Positionssteuerung dient dazu, Informationen über die jeweils aktuelle Fensterposition und die letzte Bewegungsrichtung vor einem Einklemmvorgang zu ermitteln. Zur Bestimmung der unteren und oberen Positionsgrenzen des Fensters (Home Indexing) wird dieses in einem initialen Betriebszustand von der unteren bis zur oberen Einklemmposition

geführt. Die Positionssteuerung wird durch die Flanken des Hall-Signals des Hebemotors getriggert und ist überwiegend in Stateflow® modelliert (Abbildung 3). Die Blockiererkennung dient nicht nur dazu, Verletzungen durch eingeklemmte Gliedmaßen zu verhindern, sondern auch, einer Überhitzung des Motors an den unteren und oberen Positionsgrenzen des Fensters vorzubeugen. Die Algorithmik zur Erkennung einer Blockierung besteht im Wesentlichen aus dem Vergleich des aktuellen Wertes eines Timers mit einem Schwellwert. Der Timer wird bei jeder detektierten Flanke des Hall-Signals neu gestartet und eine Blockierung diagnostiziert, sofern der Wert des Timers den



Ausblick

Nach der mittlerweile erfolgten Umsetzung der einzelnen Funktionen stehen die Integration der Gesamtfunktionalität in einem Türsteuergerät sowie die Validierung unter den gesamten spezifizierten Betriebsbedingungen noch aus. Zuletzt ist eine Lebensdauerverifikation notwendig, um einige Parameter des Algorithmus zusammen mit der Seitentür zu kalibrieren und zu validieren.

Abbildung 3: Ausschnitt der Algorithmik der Positionssteuerung im normalen Betriebsmodus.

Schwellwert überschreitet. Dieser ist nicht konstant, sondern wird abhängig von der Batteriespannung und der Temperatur gebildet.

TargetLink im Einsatz

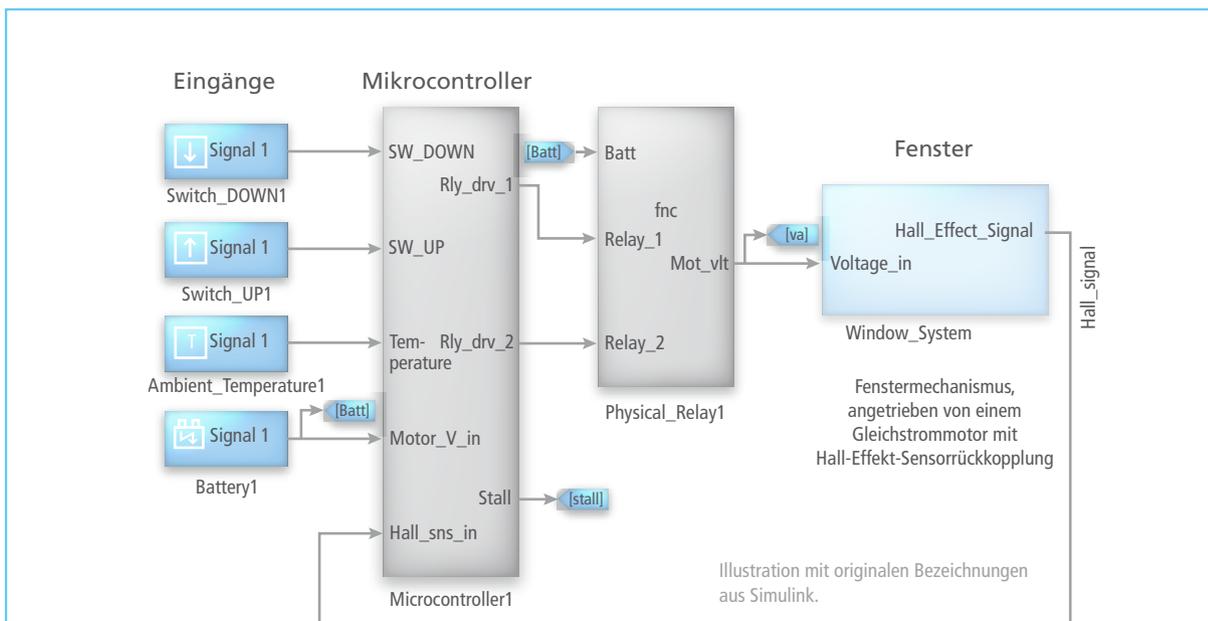
Das Design der Funktionalität der Fensterhebersteuerung wurde vollständig in Simulink/TargetLink vorgenommen und anschließend mit TargetLink autocodiert. Neben der hohen Effizienz und der klaren Struktur des generierten Codes erwies sich vor allem die Simulation im MIL- und SIL-Modus als sehr hilf-

reich, um Reglerentwurf einerseits und Festkomma-Software-Entwicklung andererseits voranzutreiben. Zur Offline-Simulation (Abbildung 4) wurden sowohl im Rapid Control Prototyping aufgezeichnete Signale wiederverwendet als auch zusätzliche Testvektoren entwickelt. Für die Spezifikation der Software-Schnittstellen der Positionssteuerung wurde reger Gebrauch vom TargetLink Property Manager gemacht, um die Stateflow-Anteile des Einklemmschutzes in serienreifen C-Code umzusetzen. Zur Autocodierung der

Blockiererkennung wurde insbesondere auf die flexible Generierung des Codes für Look-up Tables in TargetLink zurückgegriffen. So konnten unterschiedliche Arten von Such- und Interpolationsroutinen genutzt und die Partitionierung auf unterschiedliche Dateien realisiert werden. ■

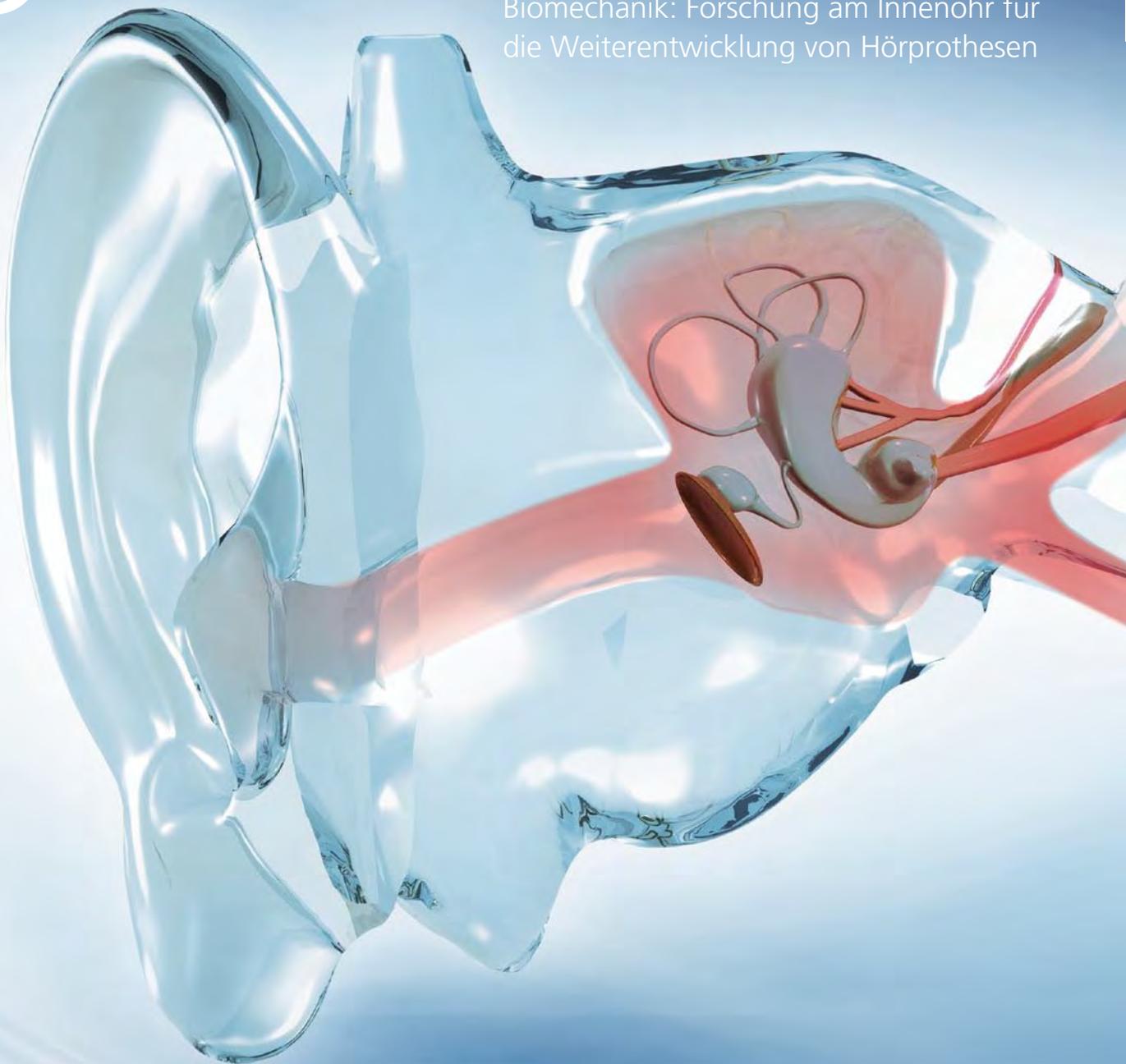
Ernesto Wiebe-Quintana, Salvador Canales, Delphi Electronics & Safety Mexico Technical Center

Abbildung 4: Simulationsumgebung in Simulink/TargetLink.



Schon gehört?

Biomechanik: Forschung am Innenohr für
die Weiterentwicklung von Hörprothesen



Die Fähigkeit zu kommunizieren ist ein elementarer Bestandteil unseres Lebens. Eine wesentliche Voraussetzung hierfür ist das uneingeschränkte Hörvermögen. Forscher arbeiten daher ständig an der Optimierung hörverbessernder Prothesen. An der Universität Stuttgart konnte nun ein neuer Ansatz für die Weiterentwicklung von Mittelohrprothesen erforscht werden. Die Untersuchungen konzentrieren sich auf die Auswirkungen der Gehörknöchelchenkette im Mittelohr, die das Hören unmittelbar beeinflussen.



Wie wir hören

Das Hörorgan hat die Aufgabe, Luftdruckänderungen in neuronale Impulse umzuwandeln und so dem Gehirn zugänglich zu machen. Dies geschieht über eine komplexe Kette funktional ineinandergreifender Elemente. Einfach gesagt gelangen Schallwellen als Druckschwankungen der Luft in den Gehörgang und verursachen im Mittelohr eine Bewegung der Gehörknöchelchen, also von Hammer, Amboss und Steigbügel. Der Steigbügel grenzt mit seiner Fußplatte an das Innenohr. Hinter dieser befindet sich die Innenohrflüssigkeit, die das Gleichgewichtsorgan und die Hörschnecke ausfüllt. Durch die Bewegung der Steigbügel Fußplatte wird die Flüssigkeit des Innenohrs bewegt, was schließlich die Haarsinneszellen reizt. Durch deren Deformation werden elektrische Signale erzeugt, die über den Hörnerv ins Gehirn geleitet werden und den eigentlichen Höreindruck hervorrufen.

Auswirkungen der Kippbewegungen auf das Hören

Für die Prothesenweiterentwicklung will das Forscherteam der Universität Stuttgart herausfinden, in welcher Art und Weise die Gehörknöchelchenkette stimuliert werden muss, damit der Mensch möglichst gut hört.

Der Steigbügel führt kolbenartige und kippende Bewegungen aus, die stark von der Frequenz abhängen:

- Im niederfrequenten Bereich kommt es hauptsächlich zu einer Kolbenbewegung.
- Im hochfrequenten Bereich kommen zusätzliche Kippbewegungen hinzu.

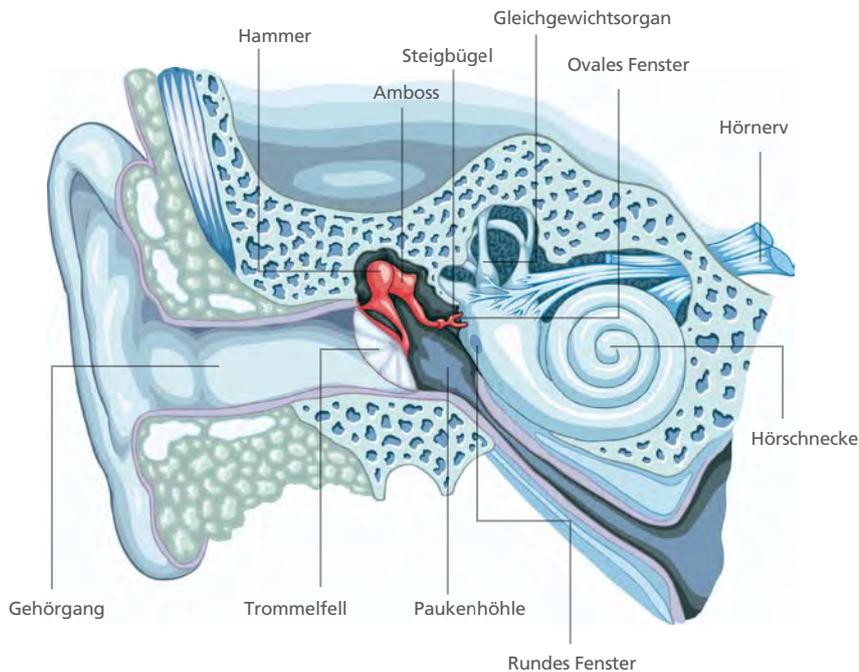
Auswirkungen der Kippbewegungen erforschen

Die klassische These des Hörens besagt, dass lediglich die kolbenartige Bewegung der Steigbügel Fußplatte das Hören unmittelbar beeinflusst, nicht jedoch die kippende. Ziel der Forschergruppe an der Universität Stuttgart und am Universitätsspital Zürich ist es, herauszufinden, ob und inwieweit auch die Kippbewegungen die Haarzellen reizen und Signale an das Gehirn auslösen und somit ein Höreindruck entsteht. Dazu werden In-vivo-Versuche an Meerschweinchen durchgeführt.

Versuchsaufbau mit moderner Mikrosystemtechnik

Der Versuchsaufbau besteht aus

- dem Narkose- und Überwachungsgerät für das Versuchstier,
- dem schwingungsgedämpften Versuchsstand in einer vor akustischen Nebengeräuschen und elektromagnetischer Einstrahlung isolierten Kabine,
- der Apparatur zur mechanischen Steigbügelregung mit einem piezoelektrischen Aktor, sowie



Anatomie des menschlichen Gehörs.

und die Überwachung des Narkosezustandes des Versuchstiers wurden von PD Dr. med. Alexander Huber vom Universitätsspital Zürich ausgeführt.

Mechanische Reizung des Gehörs

Im Unterschied zur akustischen Erregung über einen Lautsprecher bietet die mechanische Anregung des isolierten Steigbügels am Steigbügelkopf die Möglichkeit, die Bewegungsform der Steigbügel Fußplatte vorzugeben. Der Aktor mit seinen drei unabhängigen Piezoaktoren kann dann jede beliebige räumliche komplexe Bewegung ausführen. Insbesondere können so sowohl reine

„Unzureichende Messmethoden gaben Grund zu der Annahme, dass Kippbewegungen der Steigbügel Fußplatte kein Hörereignis zur Folge haben, erst durch modernste Mikrosystemtechnik ist es uns möglich, Kippbewegungen im hochfrequenten Bereich dem Hörorgan einzuprägen und zu messen.“

Dr.-Ing. Albrecht Eiber, Institut für Technische und Numerische Mechanik, Universität Stuttgart

- der Messgrößenerfassung der Steigbügelbewegungen und des Nervenpotentials.

„Unzureichende Messmethoden gaben Grund zu der Annahme, dass die Kippbewegungen der Steigbügel Fußplatte keine Nervenreizung zur Folge haben“, erklärt Dr. Albrecht Eiber vom Institut für Technische und Numerische Mechanik an der Universität Stuttgart. „Erst durch modernste Mikrosystemtechnik ist es uns möglich, die Kippbewegung und deren Auswirkungen im hochfrequenten Bereich überhaupt zu messen.“

Bei der Untersuchung von Schwingungen der Gehörknöchelchen im Nanometerbereich ist die Anwendung von Laser-Doppler-Vibrometern weitverbreitet. Bei diesem Versuch

werden durch den Einsatz eines 3D-Lasers die Geschwindigkeiten des Steigbügelkopfes in allen Raumrichtungen simultan erfasst und die elektrische Spannung der elektrophysiologischen Antwort vom Hörnerv des Versuchstiers über einen besonders hochwertigen Biosignalverstärker verstärkt.

Chirurgischer Eingriff ins Mittelohr

Unter Aufrechterhaltung der Innenohrfunktion wird der Steigbügel des Versuchstieres chirurgisch freigelegt. Somit haben Aktor und Laserstrahlen direkten Zugang zum Steigbügelkopf. Die Kopplung des piezoelektrischen Aktors an den Steigbügelkopf erfolgt mit einer speziell gefertigten Nadel und feinstem Augenoperationsfaden. Diese diffizilen chirurgischen Aufgaben

kolbenförmige Bewegungen des Steigbügels als auch reine Kippbewegungen erzeugt werden. Demgegenüber steht bei der akustischen Anregung das Verhältnis von Kipp- und Kolbenbewegung des Steigbügels in einem festen frequenzabhängigen Verhältnis, das durch die Dynamik der Kette bestimmt wird. Es kann am Steigbügelkopf auch eine Bewegung aufgeprägt werden, die der akustischen Anregung entspricht. Damit lassen sich die gemessenen Nervenpotentiale mit den Ergebnissen anderer Forschungsgruppen vergleichen.

Antriebskonzept des Aktors

Der zeitliche Verlauf der Steigbügelbewegung bestimmt den Frequenzinhalt des Signals und somit die Erregung der inneren und äußeren Haarzellen am frequenzspezifischen Ort

„Mit dem DS1005 PPC Board findet der Antrieb des Aktors statt. Durch die drei unabhängigen Piezoaktoren können die elementaren kolbenförmigen und kippenden Bewegungen des Steigbügels genau definiert und hochdynamisch angeregt werden.“

Dipl.-Ing. Michael Lauxmann, Institut für Technische und Numerische Mechanik, Universität Stuttgart

der Basalmembran. Der üblicherweise in der Elektrocochleographie verwendete akustische Klickreiz besitzt ein breites Frequenzspektrum. Durch die Dynamik des schwingungsfähigen Systems bei akustischer Anregung, bestehend aus Lautsprecher, Übertragungsschlauch, Ohrkanal und Mittelohr, tritt der zeitliche Verlauf der Anregung am Innenohr deutlich tiefpassgefiltert auf. Dabei wird ein kurzer hochfrequenter Klick am Schallwandler in der Bandbreite stark eingeschränkt und erfährt eine Verzögerung durch die Signallaufzeit. Dies macht es möglich, einen akustischen Klick durch die direkte Anregung am Steigbügelkopf mit einem trägeren mechanischen Antriebssystem nachzustellen.

Die für das Experiment notwendigen Anregungsformen lassen sich mit der modularen Hardware von dSPACE optimal erzeugen. „Mit dem dSPACE DS1005 PPC Board findet der Antrieb des Aktors statt“, erklärt Dipl.-Ing. Michael Lauxmann, ebenfalls vom Institut für Technische und Numerische Mechanik der Universität Stuttgart. „Wir rechnen unter Berücksichtigung der Dynamik der Gehörknöchelchenkette und des Aktors im Vorfeld aus, wie wir den Aktor betreiben müssen, damit wir die gewollte Anregung am Steigbügelkopf erhalten. Zur Identifikation der Systemdynamik nutzen wir ein Multisinussignal.“

Aufnahme der Nervenpotentiale

Die Messung erfolgt durch einen Verstärker mit hochohmigem Eingang und großem Verstärkungsfaktor. Im Signal der Reizantwort ist jedoch ein hoher Störanteil resultierend aus Ver-

suchsumgebung und Grundaktivität der Nerven enthalten. Daher wird eine Vielzahl an Reizantworten aufgezeichnet und durch Mittelung die unkorrelierten Störanteile verringert. Klicks werden hierzu in Abständen von beispielsweise 50 ms ausgegeben. Um konsistente Messdaten zu erhalten, müssen sowohl der physische Zustand des Versuchstiers als auch die Position der Elektroden wie bei einer realen Operation überwacht werden und sollten möglichst konstant bleiben.

Folgen der Kippbewegungen der Steigbügelfußplatte

Durch das Einprägen von elementaren kolbenförmigen Bewegungen und elementaren Kippbewegungen kon-

ten die aus der Elektrocochleographie bekannten Nervenpotentiale nachgewiesen werden. Bei den Versuchen wurde erstmalig gezeigt, dass auch die Kippbewegungen im Gegensatz zum bisherigen Wissen einen Nervenreiz auslösen. Die Antwort der Sinneszellen auf Kippbewegungen stimmt in Form und Latenzzeitverschiebung abhängig von der Intensität des Stimulus mit der Antwort der Nerven überein, wie sie bisher nur bei kolbenförmigen Bewegungen beobachtet wurde.

Anregung und Datenaufnahme mit der dSPACE AutoBox

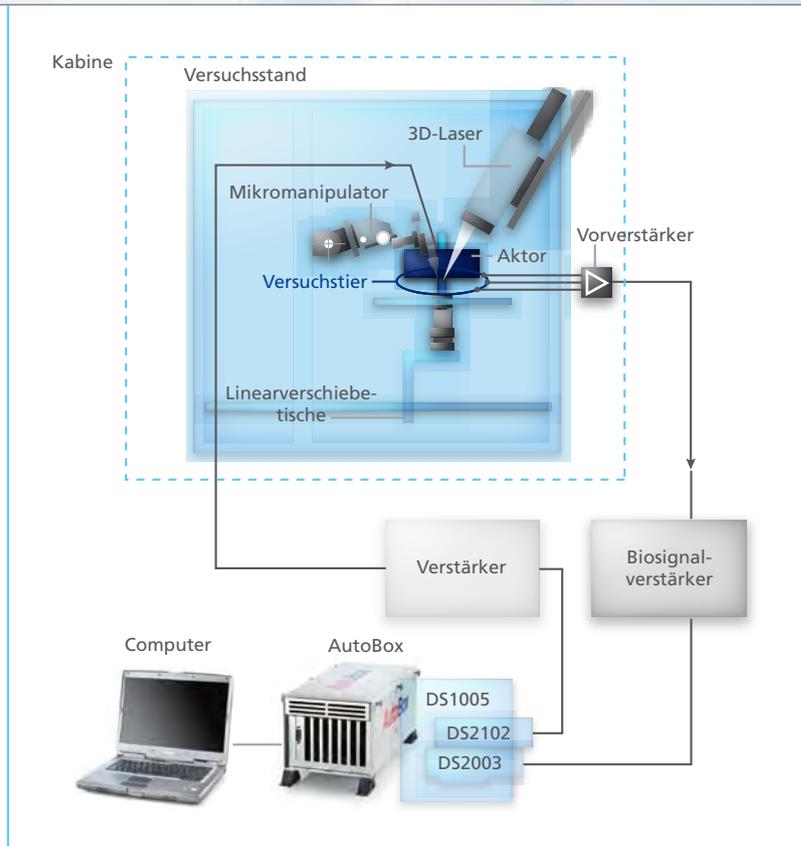
Für den Betrieb des Versuchstandes und die Auswertung steht die dSPACE AutoBox zur Verfügung.

Dr.-Ing. Albrecht Eiber (rechts) und Dipl.-Ing. Michael Lauxmann (links), Institut für Technische und Numerische Mechanik, Universität Stuttgart.



„Aufgrund der guten Erfahrungen mit dSPACE beim Betrieb von Versuchsständen im mechatronischen Bereich haben wir uns bei den biomechanischen Experimenten ebenfalls für dSPACE entschieden“, berichtet der Forschungsbeauftragte Dr. Albrecht Eiber. Dazu gehört das DS1005 PPC Board, auf dem das Messprogramm in Echtzeit läuft. Weitere modulare Hardwarekomponenten von dSPACE wie das DS2102 High-Resolution D/A Board sorgen für die analoge Ausgabe von Größen des Messprogramms und das DS2003 Multi-Channel A/D Board übernimmt das Einlesen analoger Signale.

Der modulare Aufbau des dSPACE-Systems und die hohe Flexibilität im Einsatz ermöglichen es, die Messum-



Komponenten und Signalfluss des Versuchsaufbaus.

„Aufgrund der guten Erfahrungen mit dSPACE beim Betrieb von Versuchsständen im mechatronischen Bereich haben wir uns bei den biomechanischen Experimenten ebenfalls für dSPACE entschieden.“

Dr.-Ing. Albrecht Eiber, Institut für Technische und Numerische Mechanik, Universität Stuttgart

Glossar

Basilarmembran – Membran in der Hörschnecke, deren Bewegungen über die Haarsinneszellen in Nervensignale umgewandelt werden. Diese werden über den Hörnerv ans Gehirn geleitet und erzeugen dort den eigentlichen Höreindruck.

Elektrocochleographie – Untersuchungsmethode der Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde zur Messung von Potentialen, die als Antwort auf akustische Reize innerhalb der Hörschnecke erzeugt werden.

Kurze und lange Achse – Der Steigbügel hat zwei charakteristische Bügel, die von der Fußplatte ausgehen und am Steigbügelkopf zusammen treffen. Die Fußplatte hat eine ovale Form und weist somit eine kurze und eine lange Achse auf.

gebung schnell und optimal an verschiedenste Fragestellungen aus der Biomechanik anzupassen“, so der Forscher weiter. Die Bedienung des Messprogramms auf dem Echtzeitrechner erfolgt über die dSPACE-Experimentiersoftware ControlDesk. Automatisiert und beschleunigt wird die Versuchsdurchführung durch MATLAB 2008a, zudem stellt dSPACE mit der Bibliothek MLib Funktionen zur Verfügung, mit denen ein Datentransfer zwischen dem Messrechner und dem Arbeitsspeicher von MATLAB erfolgen kann.

Nach der Versuchsdurchführung werden die Daten nach MATLAB übertragen, wodurch die Zeit

zwischen zwei Messzyklen minimiert wird, da die Anzahl der manuellen Schritte reduziert ist und die Dokumentation von Parametern der Versuchseinstellung entfällt. Der automatisierte Messablauf baut sich folgendermaßen auf:

- Eingabe der Anregung in ControlDesk
- Start der Messprozedur aus der Kommandozeile in MATLAB
- Speichern der Messdaten und Kontrolle der Messung in MATLAB

Positive Messergebnisse mit weiterem Forschungsbedarf

Die gesammelten Daten stellen die These in Frage, dass lediglich die kolbenförmige Bewegung des Steigbügels, nicht aber die kippende das Hören bewirkt. Die Ergebnisse vermitteln, dass eine komplexe Bewegungsstruktur der Steigbügel Fußplatte zu einer Aktivierung des Innenohrs und somit zu einem Hörereignis führt – und zwar sowohl die kolbenförmige als auch die kippenden Bewegungen der Steigbügel Fußplatte. Zur statistischen Auswertung

Die Verbindung zwischen Aktornadel und Steigbügel wird durch einen Faden hergestellt.



der Versuche müssen weitere Versuchstiere untersucht werden. Sollten weitere Untersuchungen beweisen, dass die Kippbewegungen des Steigbügels ebenfalls einen Hörreiz auslösen, wird dies die Zielsetzungen bei der Weiterentwicklung von Mittelohrprothesen nachhaltig prägen. Die Bewertung eines

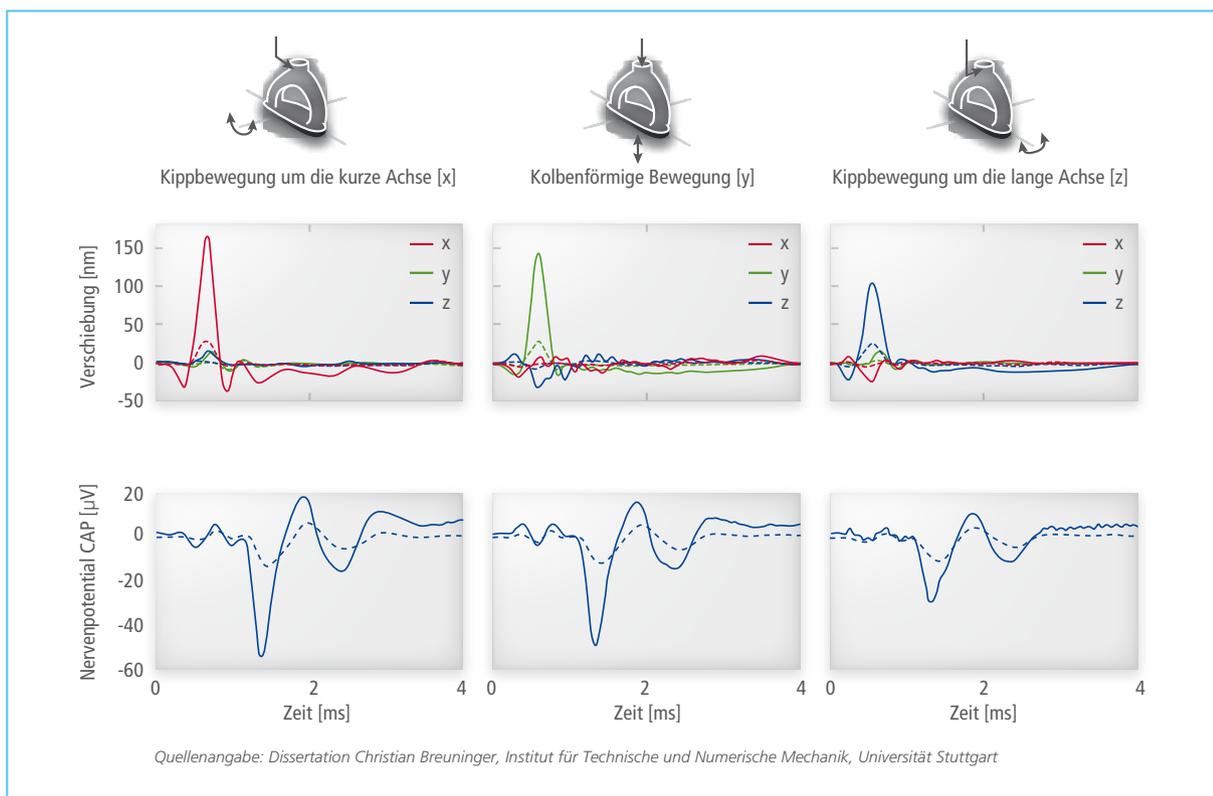
Implantats ließe sich dann nicht mehr ausschließlich anhand der mit dem Implantat erzeugten kolbenförmigen Steigbügelbewegung festmachen, sondern die komplexe räumliche Steigbügelbewegung müsste der neue Maßstab zur Bewertung der Leistungsfähigkeit eines Implantats werden. ■

„Der modulare Aufbau des dSPACE-Systems und die hohe Flexibilität im Einsatz ermöglichen es, die Messumgebung optimal an verschiedenste Fragestellungen aus der Biomechanik anzupassen.“

Dr.-Ing. Albrecht Eiber, Institut für Technische und Numerische Mechanik, Universität Stuttgart

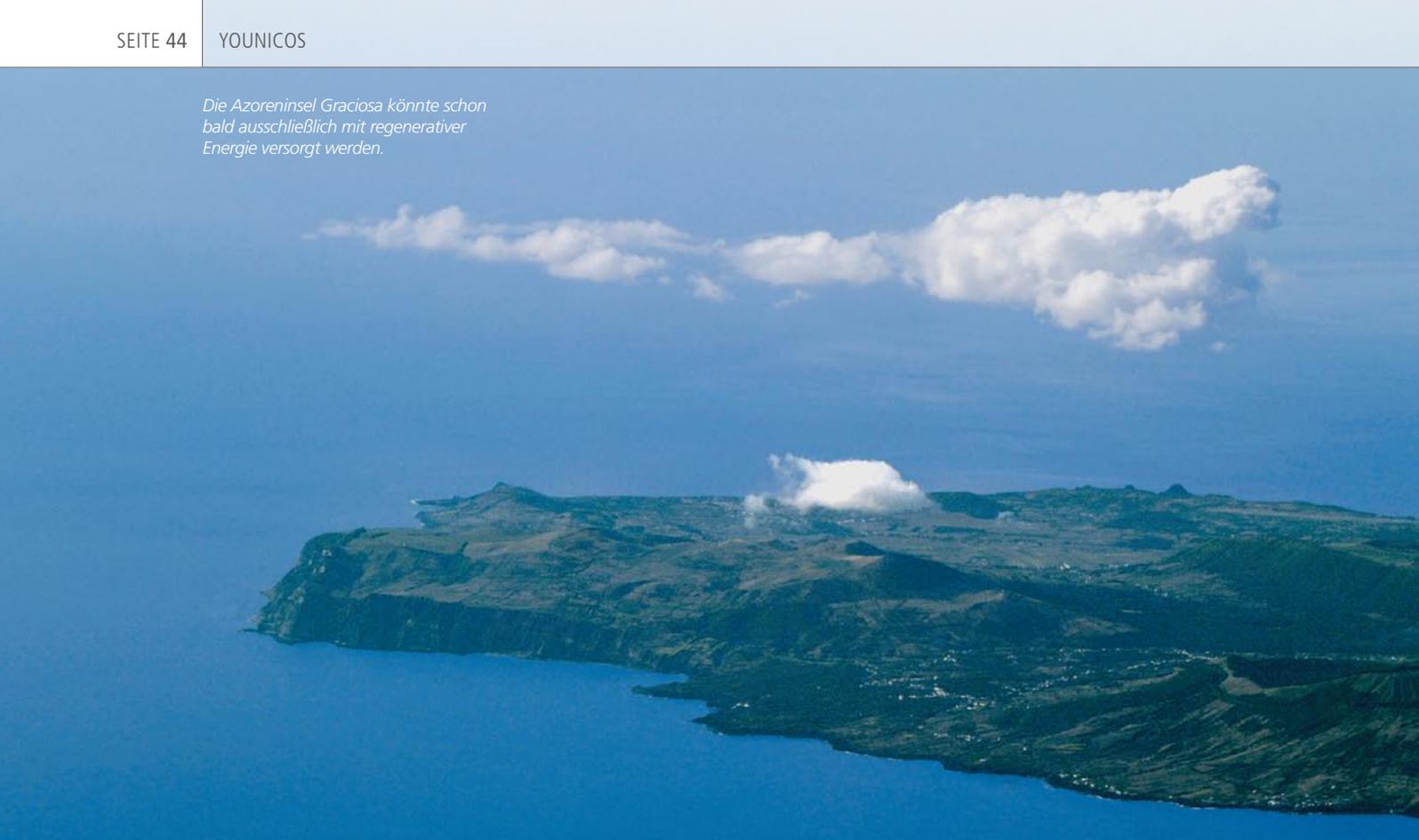
Fazit

- Ein Forscherteam der Universität Stuttgart liefert entscheidende Ergebnisse für die Weiterentwicklung von hörverbessernden Mittelohrprothesen.
- Untersucht wird, ob Kippbewegungen des Steigbügels im Mittelohr einen Hörreiz auslösen.
- Mit den dSPACE-Produkten lassen sich komplexe Fragestellungen aus der Biomechanik beantworten.
- Der modulare Aufbau und die flexiblen Einsatzmöglichkeiten des dSPACE-Equipments bieten ideale Forschungsvoraussetzungen.



Compound Action Potential (CAP) für kolbenförmige und kippende Bewegungen der Steigbügel Fußplatte. Die durchgängige Linie stellt eine starke Anregung dar, die gestrichelte Linie eine weniger starke Anregung.

Die Azoreninsel Graciosa könnte schon bald ausschließlich mit regenerativer Energie versorgt werden.



Neue Energie – Autark mit Sonne und Wind

Rein regenerative Energieversorgung einer ganzen Insel

Eine Azoreninsel mitten im Atlantik: viel Sonne, stetiger Wind und meilenweit vom nächsten Stromnetz oder der nächsten Tankstelle für den Dieselgenerator entfernt. Was liegt da näher, als die Energieversorgung vollständig auf regenerative Quellen umzustellen. Auf Sonnen- und Windenergie eben.

Rein regenerative Energieversorgung

Eine autarke, CO₂-neutrale Stromversorgung auf Basis regenerativer Energien für entlegene Gebiete – Inseln oder Dörfer –, die weit vom großen Stromnetz entfernt sind: Genau das planen und entwickeln wir bei Younicos. Unser erstes Projekt ist die Azoreninsel Graciosa. Zurzeit liefert ein Schiff regelmäßig den benötigten Dieselmotorkraftstoff für die Generatoren der Insel. Windkraftanlagen und Photovoltaikanlagen können dies überflüssig machen und der Insel eine kostengünstigere Alternative bieten. 70-90% der benötigten



Energie liefern dabei Sonne und Wind, die restlichen 10-30% könnten auf Basis lokal erzeugter Biokraftstoffe erzeugt werden. Zusammen mit einer 3-Megawatt-Natrium-Schwefel-(NaS)-Batterie, die als Speicher dient und zu starke Energieschwankungen ausgleicht, kann die Insel vollständig unabhängig von fossilen Energieträgern werden.

Bevor jedoch die ganze Insel mit ihren Bewohnern zu einem Testobjekt wird, haben wir ihr Energienetz in unserem Berliner Testgelände nachgebaut. Hier testen wir für zwei Jahre das Versorgungskonzept, also den

Übergang von konventioneller zu regenerativer Energieversorgung auf Herz und Nieren, stellen Extremsituationen nach, überprüfen und optimieren verschiedene Regelstrategien und beweisen, dass unser Konzept sowohl alltagstauglich als auch wirtschaftlich ist. Bei dem Teststand handelt es sich nach unserem Kenntnisstand um die erste Versuchsanlage dieser Art im Megawatt-Bereich.

Testgelände

Der Teststand umfasst ein vollständiges elektrisches Versorgungsnetz. Natürlich herrschen in Berlin nicht die gleichen Wind- und Sonnenver-



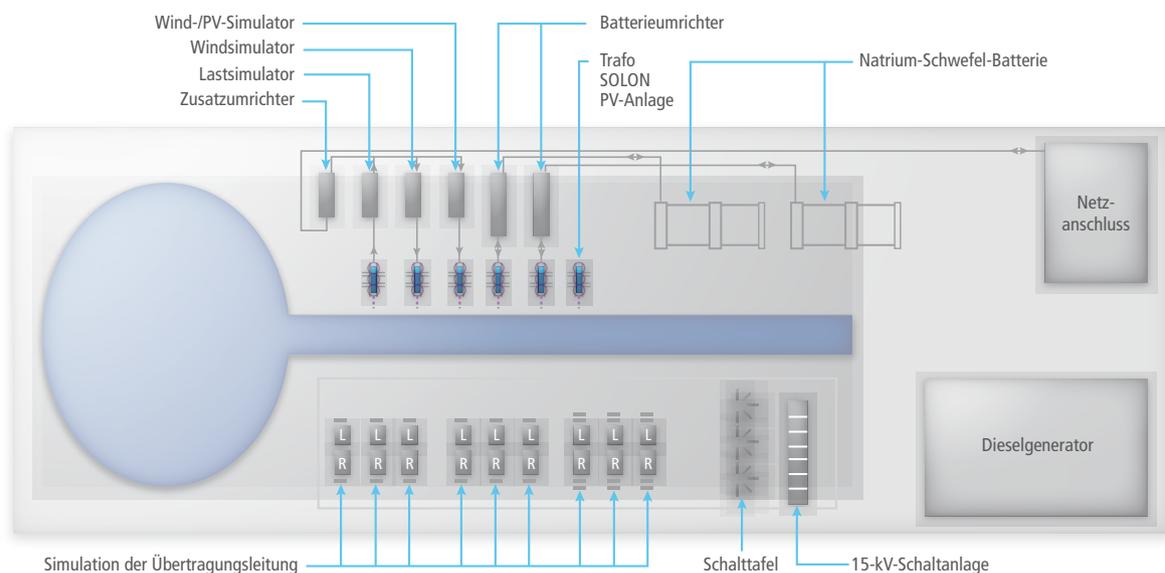


Abbildung 1: Auf dem Testgelände in Berlin wird die Sonnen- und Windenergie der Azoreninsel Graciosa simuliert.

hältnisse wie auf den Azoren. Daher verwenden wir Simulationsmodelle für die Wind- und Sonnenenergie, um Daten für die Energieregung zu erhalten. Die Wetterdaten für die Simulation werden direkt auf Graciosa gemessen und durch die Simulation im Teststand in Echtzeit verarbeitet. Damit stellen wir sicher, dass unser Konzept realen Anforderungen genügt. Die Testanlage umfasst folgende Komponenten (Abbildung 1):

- 2 x 500-kW-NaS-Batterie mit einer Kapazität von insgesamt 6 MWh
- 2 x 500-kW-Batterieumrichter
- 1-MW-Dieselmotor als Repräsentant der konventionellen Energieversorgung
- 210-kW-Photovoltaikanlage
- 2-MW-Windparksimulator, bestehend aus einem Umrichter mit integriertem Windkraftanlagenmodell zur Umrechnung von Windmessungen in Einspeiseleistung
- 1-MW-Lastsimulator, bestehend

- aus einem Umrichter zum Abfahren einer Lastganglinie
- Übertragungsstrecken auf der Mittelspannungsebene, aufgebaut aus Transformatoren und Leitungen, abgebildet durch konzentrierte Elemente R, L und C
- Umschaltfeld für den Aufbau unterschiedlicher Netztopologien
- Kurzschlussbildner zur Optimierung des Schutzkonzeptes in Netzen der Zukunft
- dSPACE Hardware für die Rege-



„Die Tests der weltweit ersten autarken regenerativen Energieversorgung im Megawatt-Bereich laufen mit der dSPACE Rapid-Prototyping-Hardware reibungslos.“

Mohamed Mostafa, Younicos

lung der Batterieumrichter sowie für die Simulation des Windaufkommens, der Sonneneinstrahlung und der auftretenden Lasten.

Besonders wichtig beim Aufbau der Anlage war uns die redundante Aus-

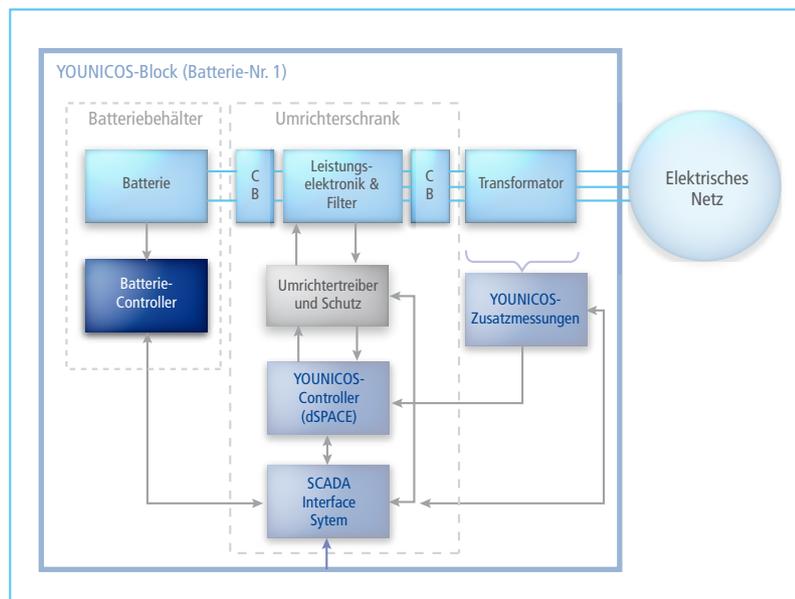
legung, um sie robust und wenig fehleranfällig zu gestalten. Gleichzeitig sollte das System modular und erweiterbar sein. Die systeminterne Kommunikationsstruktur zwischen Umrichter und Batterie-Management-System sollte möglichst klein

und effizient sein, um sie flexibel, verlässlich und gut wartbar zu halten. Die komplette Hardware-Struktur des Teststands und die Funktionen der Einzelkomponenten zeigt Abbildung 2.

Stabilität durch Batterie und Umrichter

Da der Ertrag der Wind- und Solar-energie schwankend und nur kurzfristig voraussagbar ist, kommt den NaS-Batterien und den Umrichtern besondere Bedeutung für die Stabilisierung des Stromnetzes zu. Diese Komponenten angebots- und bedarfsgerecht zu regeln und zu koordinieren, sind die Kernaufgaben des Batterie-Management-Systems und der Umrichterregelung. Die Batterien (Abbildung 3) werden geladen, wenn das Angebot aus PV- und Windgeneratoren den Strombedarf übersteigt, und entladen,

Abbildung 2: Die detaillierte Hardware-Struktur mit ihren Funktionen im Teststand.



Mohamed Mostafa
Research and Development
Grid Management and Control System
Yunicos AG
Berlin, Deutschland

Elena Franzen
Research and Development
Grid Management and Control System
Yunicos AG
Berlin, Deutschland





Abbildung 3: Die Natrium-Schwefel-Batterie gleicht Energieschwankungen aus und dient als Reserve für schlechte Zeiten.

wenn PV- und Windanlagen weniger Strom erzeugen, als auf der Insel verbraucht wird. Mithilfe der schnellen Regelung der Umrichter werden Frequenz und Spannung im Netz stabil gehalten. Die verwendete NaS-Batterie ist aufgrund ihrer hohen Zyklentfestigkeit optimal mit erneuerbaren Energien kombinierbar, da sich Zeiten erhöhter Stromerzeugung und Flauten unregelmäßig abwechseln.

Entwicklung der Umrichterregelung

Die Regelung des Batterieumrichters besteht aus zwei Hauptkomponenten: einem Echtzeitregler und einem Kommunikationssystem. Um die optimale Ansteuerung des Umrichters zu bestimmen, testen wir per Rapid Prototyping unterschiedliche Regelalgorithmen für Spannungs- und Frequenzregelung, die wir in MATLAB®/Simulink® entworfen haben. Zum Testen selbst verwenden wir die AC Motor Control Solution der Firma dSPACE. Sie besteht aus einem DS1005 Processor Board und einem DS5202 FPGA Base Board mit Piggy-Back-Modul. Die Algorithmen werden mittels dSPACE Real-Time Interface (RTI) auf das DS1005 implementiert und dort ausgeführt. Das DS5202 stellt die notwendige I/O-Anbindung zwischen dem Prozessor-Board und dem Umrichter bereit. Änderungen im Algorithmus konnten durch das RTI sehr schnell aus MATLAB/Simulink auf das DS1005 übertragen werden. Das Kommunikationssystem überwacht die Schnittstellen zwischen Batterie, Umrichter und Leittechnik und koordiniert Batterie und Umrichter. Über ein Web-Terminal kann man von überall auf das System zugreifen, den Status abfragen oder Änderungen

Leistungsmerkmale der NaS-Batterie

Hohe Energiedichte	3-mal höher als bei Blei-Säure-Akkus
Hohe Kapazität/Laufzeit	6 Stunden bei 100% oder 8 Stunden bei 75%
Erwartete Lebensdauer	15 Jahre, ca. 4.500 Aufladezyklen
Ladungseigenschaften	Keine Selbstentladung Kein Memory-Effekt
Einfache Wartung	Inspektion alle 3 Jahre
Schnelle Reaktionszeit	2 ms
Betriebstemperatur	300 °C



Abbildung 4: Ein weiteres Younicos-Projekt nutzt ebenfalls die Kraft der Sonne: Diese Solaranlage speist eine autarke Tankstelle für Elektrofahrzeuge.

Glossar

Zyklusfestigkeit – Die Zyklusfestigkeit gibt an, ob durch das Aufladen und Entladen des Akkus Verschleißerscheinungen mit Leistungsverlust entstehen.

Natrium-Schwefel-Akkumulator – Wiederaufladbarer Akku, dessen Anode aus geschmolzenem Natrium und die Kathode aus Granitgewebe, getränkt mit flüssigem Schwefel bestehen.

Selbstentladung, Memory-Effekt – Wichtige Aspekte beim Einsatz von Akkus. Bei der Selbstentladung verliert der Akku Energie, ohne an einen Verbraucher angeschlossen zu sein.

vornehmen. Somit lässt sich das System leicht fernüberwachen und warten. Für den Einsatz in weit entfernten Gebieten oder auf Inseln ist dies unerlässlich, da nicht immer ein Techniker vor Ort ist.

Simulation von Verbrauch, Wind und Sonne

Für die Simulation der Windkraft- und Solaranlagen verwenden wir eigene Modelle. Sie sind auf mehreren dSPACE DS1005 PPC Boards implementiert und werden dort auch gerechnet. Real auf der Insel Graciosa gemessene Wind- bzw. Sonnendaten dienen als Eingangsparameter, woraus sich die aktuell zur Verfügung stehende Leistung ergibt. Die vorhandene Leistung wird mit einem Verbrauchsprofil abgeglichen, das über den Tag verteilt den Energiebedarf der Inselbewohner angibt. Umrichter sorgen nun für die Energieverteilung. Beide Batterien sind über einen Umrichter an das simulierte Versorgungsnetz gekoppelt. Auf dem Testgelände wird die Einspeisung von

Wind- und Sonnenenergie in das elektrische Versorgungsnetz mit Hilfe zweier Umrichter simuliert. Die Last des Netzes wird durch einen weiteren Umrichter nachgebildet, der ein skaliertes Lastprofil der Insel abfährt. Weiterhin speist eine reale Solaranlage 210 kWp (Kilowatt peak) in das Inselnetz. Die Solaranlage ist auf dem Dach des Gebäudes der Solon SE montiert.

Ziel der Versuche

Während der Testphase wollen wir demonstrieren, dass eine stabile Energieversorgung auf Basis erneuerbarer Energien technisch machbar und wirtschaftlich lohnend ist. Während bisher der Anteil fluktuierender, erneuerbarer Energien in Stromnetzen durch die Beeinträchtigung der Netzstabilität limitiert war, wollen wir zeigen, dass die Batterie zusammen mit der intelligenten Umrichter-Regelung ein Inselnetz stabilisiert und somit der Anteil an erneuerbarer Energie in der Stromversorgung problemlos weiter ausgebaut wer-

den kann. Nach Abschluss des zweijährigen Testzeitraums soll mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnisse die Energieversorgung für Graciosa ganz auf Wind und Sonne ausgerichtet werden. ■

Mohamed Mostafa
Elena Franzen
Research and Development
Grid Management and Control System
Younicos AG

Szenerie aus Google 3D warehouse
mit MotionDesk gerendert.



Augenschmaus mit MotionDesk

Realitätsnahe grafische Darstellung per 3D-Animation

Bei der Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulation ist eine realitätsnahe Visualisierung der bewegten Objekte und ihrer Umgebung unverzichtbar. Die neue Version von MotionDesk stellt die Simulationsergebnisse mit einer deutlich verbesserten Grafik als Online-Animation dar. Performance und Handhabung wurden optimiert.

Verbesserte 3D-Grafikdarstellung

Die neue Version der dSPACE 3D-Animationssoftware MotionDesk enthält eine detailreiche, feingezeichnete 3D-Landschaftsumgebung, die eine noch realistischere Darstellung der Fahrscenen ermöglicht. Wie gewohnt, kann der Anwender für die Gestaltung zudem eigene 3D-Objekte integrieren und die Strecken und Szenen damit besonders anschaulich gestalten. Dank verfeinerter Linien- und Kanten-glättung, dem Anti-Aliasing, werden unerwünschte Treppeneffekte in der Darstellung vermieden. Zudem kommt eine Texturfilterung zum Einsatz, die

das „Pixelflackern“, also das Erscheinen von Pixelpunkten an weiter entfernten Objekten, unterdrückt. Die gesamte Darstellung wirkt hierdurch ruhiger und harmonischer.

All diese grafischen Neuerungen haben bei Einsatz aktueller Grafikkarten geringen Einfluss auf die Performance und können daher auch auf weniger rechenstarken Computern genutzt werden.

Flexible Instrumentendarstellung

In MotionDesk wird nicht nur das Fahrzeug animiert, sondern auch die einzelnen Anzeigeelemente. Tachometer, Drehzahlmesser oder

Statusanzeigen zeigen jeweils die aktuellen Werte an. Zur Darstellung stehen vier Anzeigetypen zur Verfügung (Abbildung 1):

- Numerische Digitalanzeige, zum Beispiel für Kraftpfeile
- Runde Skala, zum Beispiel für den Tachometer und die Motordrehzahlanzeige
- Balkenanzeige, zum Beispiel für Füllstandsanzeigen
- LED, zum Beispiel für Ganganzeige und Blinker

Die einzelnen Instrumente lassen sich umfangreich konfigurieren und Erscheinungsbild, Größe und Werte-

bereich beeinflussen. Die Anzeigen können je nach Bedarf positioniert werden: relativ zu bewegten Objekten, so dass sie mit diesen synchron bewegt werden, auf dem Armaturenbrett, in Form eines Head-Up-Displays auf der Windschutzscheibe oder als beschriftete Kraftpfeile an den Fahrzeugrädern. Alternativ kann man sie auch statisch in die Szene einblenden, beispielsweise am unteren Bildrand (Abbildung 2). Die Anzeigewerte einer Simulation werden gespeichert und können später erneut in den Instrumenten angezeigt werden.

Optimiertes Blockset

Mit Version 2.0 wurde das MotionDesk-Blockset vollständig überarbei-



Abbildung 1: Die Anzeigeeinstrumente können auf bewegten Objekten platziert werden.

Die optimierte grafische Darstellung lässt die Fahrscenen noch realistischer erscheinen und gibt dem Anwender ein „Mittendrin-Gefühl“.

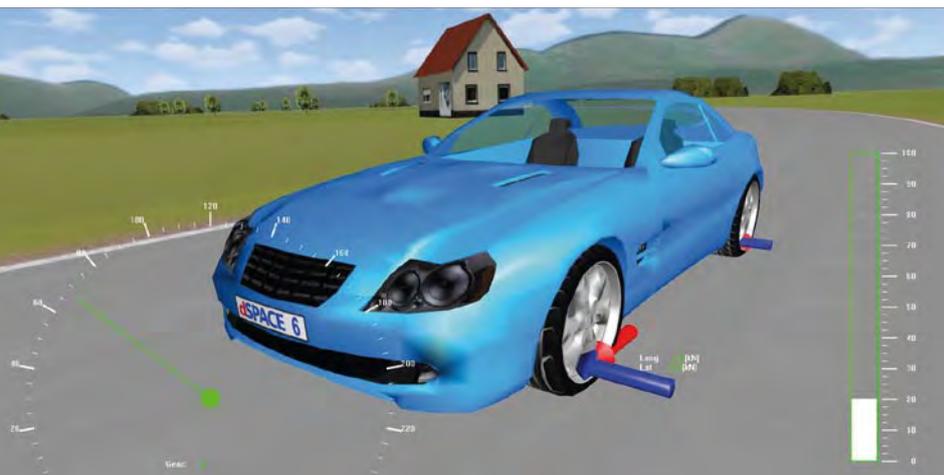


Abbildung 2: Die Fahrzeuginstrumente können sowohl im Fahrzeug als auch außerhalb dargestellt werden.

Steckbrief MotionDesk

- Version 2.1.4
- 3D-Animationssoftware zur Darstellung simulierter mechanischer Systeme in Echtzeit
- Intuitiver grafischer Szenenaufbau
- 3D-Bibliothek mit Objekten im VRML2-Format
- Online- und Offline-Animationsmodus

tet. Das Blockset bildet die Schnittstelle zwischen Simulink, der dSPACE-Simulationshardware und MotionDesk. Mit ihm werden die Bewegungsdaten aus einem Simulink-Modell nach MotionDesk transferiert, beispielsweise die kinematische Kette bei der Simulation einer Roboterarmbewegung. Die Handhabung und die Konfiguration wurden vereinfacht und komfortabler gemacht,

unter anderem indem einzelne Blöcke zusammengefasst und die Übersicht verbessert wurde. Zusätzlich erfolgt die Modell-Initialisierung unter Simulink schneller und auch während der Echtzeitausführung konnte die Rechenzeit reduziert werden.

dSPACE bietet die neue MotionDesk-Version als Online- oder als preisgünstige Offline-Lizenz an.

Simulationsabläufe lassen sich so auch ohne Anschluss an einen Hardware-in-the-Loop-Simulator durchführen. Solche Vorabtests erhöhen die Qualität der Simulation und sparen wertvolle Zeit am HIL-Simulator. Der Anwender kann jederzeit zwischen Online- und Offline-Simulation hin- und herschalten, ohne Veränderungen an seinem Projekt vornehmen zu müssen. ■

Quad Power

Neu entwickeltes DS1006 Processor Board
sorgt für Leistungsschub
bei der HIL-Simulation

dSPACE hat das DS1006 Processor Board – das Herz der dSPACE-Echtzeitsysteme – mit einem AMD Opteron™ Quad-Core-Prozessor aufgerüstet. Damit steht jetzt noch mehr Rechenleistung für die wachsenden Anforderungen bei Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulationen zur Verfügung. Große, rechenintensive Modelle können einfach auf die Prozessorkerne verteilt und synchron ausgeführt werden.

Simulation braucht Leistung

Bei der HIL-Simulation wächst der Bedarf an höherer Rechenleistung ständig – typische Beispiele dafür sind zahlreich. So sind bei der HIL-Simulation von Elektromotoren für Hybridantriebe höhere Rechengeschwindigkeiten notwendig, denn einige Tasks erfordern hierbei sehr kurze Zykluszeiten, damit beispielsweise auch bei hohen Schaltfrequenzen ein Oversampling möglich ist. Ein anderes Beispiel sind Ottomotoren mit variablen Ventilsteuerzeiten und Ventilhuben. Hier genügen die üblichen Mittelwertmodelle nicht mehr, stattdessen sind genauere und damit rechenintensivere Modelle nötig. Dies gilt ebenso für Dieselmotoren mit Zylinderinnendruckmessung. Für

all diese Einsatzfälle bietet das neue DS1006 die erforderliche Rechenleistung und besitzt gleichzeitig noch genügend Reserven für weitere Aufgaben. Verschiedene Leistungstests ergeben für das neue DS1006 eine Beschleunigung von bis zu 60% gegenüber seinem Vorgänger in Multiprozessorsystemen.

Die Lösung: Multi-Core-Prozessoren

Um die Prozessorgeschwindigkeit zu steigern, war lange Zeit das Erhöhen der Taktfrequenz der übliche Weg. Diese Methode stößt aber wegen der kaum noch handhabbaren Wärmeentwicklung an physikalische Grenzen. Auch die Verbesserung der Prozessorarchitektur, die zweite gängige

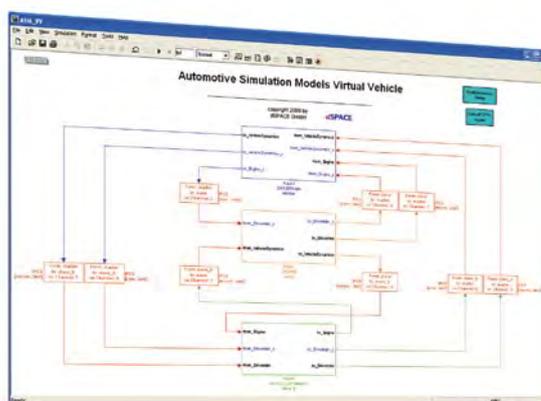


Abbildung 1: Beispiel der Aufteilung eines Modells auf mehrere Kerne des DS1006. Es handelt sich um ein ASM Virtual Vehicle, dessen Teilmodelle Drivetrain, Engine (mit Soft_ECU_Gasoline) und Vehicle dynamics auf drei der vier Kerne eines DS1006 verteilt und untereinander durch 9 IPC-Blöcke gekoppelt sind.

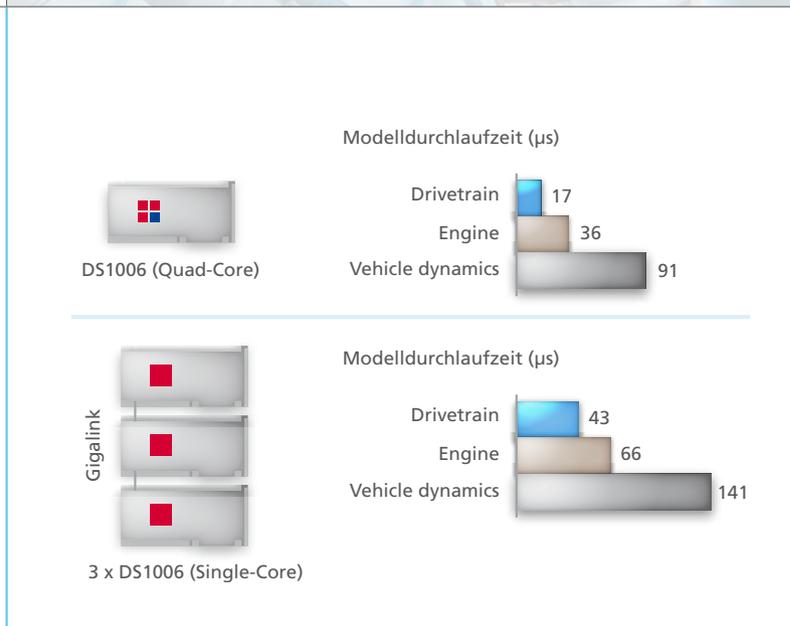


Abbildung 2: Rechenleistung des DS1006 Quad-Core 2,8 GHz im Vergleich zum Vorgänger DS1006 2,6 GHz (jeweils ohne I/O). Auf drei Kernen des DS1006 Quad-Core laufen gleichzeitig drei Teilmodelle von ASM Virtual vehicle: Drivetrain, Engine und Vehicle dynamics.

Methode zur Geschwindigkeitssteigerung, ist bereits stark ausgereizt. Der Ausweg aus dieser Sackgasse sind Multi-Core-Prozessoren, die mehrere CPU-Kerne enthalten. Zusätzlich zur Rechenleistung jedes einzelnen CPU-Kerns, die höher ist als die Rechenleistung früherer Single-Core-Prozessoren, ist die schnelle Datenkommunikation zwischen den Kernen besonders vorteilhaft. Die Herausforderung bei der Nutzung der hohen Rechenleistung von Multi-Core-Prozessoren für Echtzeit-Simulationen besteht daher in einer durchdachten Verwaltung der verschiedenen Tasks, das heißt dem sinnvollen Verteilen und Parallelisieren von Tasks sowie dem Organisieren der Kommunikation zwischen Tasks.

Rechenleistung ganz nach Bedarf

Dort wo früher noch mehrere DS1006 Single-Core Boards notwendig waren, wird der Anwender in Zukunft oft nur noch ein einziges DS1006 Quad-Core Board benötigen. Dies macht den HIL-Simulator dann nicht nur preiswerter, sondern bietet auch mehr Flexibilität bei eventuellen Erweiterungen. Selbstverständlich erlaubt auch das neue DS1006 Quad-Core den gewohnten Aufbau von Multiprozessorsystemen aus mehreren zusammengeschalteten DS1006. Auf diese Weise lässt sich die Rechenleistung maßgeschneidert an die gewünschten Anforderungen anpassen – egal ob es sich „nur“ um rechenintensive Modelle handelt oder ob die Modularität von Multiprozessorsystemen gefordert ist, mit

denen Testsysteme für einzelne Steuergeräte oder Fahrzeugdomänen zu einem „Virtual Vehicle“ zusammengeschaltet werden können.

Grafische Kontrolle mit Hilfe des Real-Time Interface

Das Implementierungswerkzeug „Real-Time Interface für Multiprozessorsysteme“ (RTI-MP) unterstützt den Anwender bei der Skalierung großer und auch rechenintensiver Modelle auf seinem System. Der Anwender kann durchgängig mit der gleichen Benutzeroberfläche arbeiten, egal ob es sich dabei um ein einzelnes DS1006 Quad-Core Board oder einen Aufbau aus mehreren Boards handelt. Mit RTI-MP erfolgt die Aufteilung der Modelle zur optimalen Auslastung der Prozessorkerne und die Definition und Spezifikation der Kommunikationskanäle zur Datenübertragung zwischen den Kernen des DS1006 Quad-Core wie bei Multiprozessorsystemen. Die Kommunikationsparameter lassen sich über Interprocessor-Communication (IPC)-Blöcke definieren. Dabei spielt es keine Rolle, wie die Kommunikation physikalisch abläuft, das heißt ob es sich um interne Gigalinks zwischen mehreren Prozessorkernen oder um optische Gigalink-Verbindungen zwischen verschiedenen Prozessor-Boards handelt. Alternativ zur synchronen Berechnung mehrerer Tasks lassen sich auf den Kernen des neuen DS1006 Quad-Core auch mehrere nicht synchronisierte Modelle ausführen.

Steckbrief des neuen DS1006 Prozessor Boards

AMD Opteron™ Quad-Core-Prozessor, 2,8 GHz

512 kB L2 Cache pro Kern; 6 MB L3 Cache

1 GB Local Memory zur Ausführung von Echtzeit-Modellen

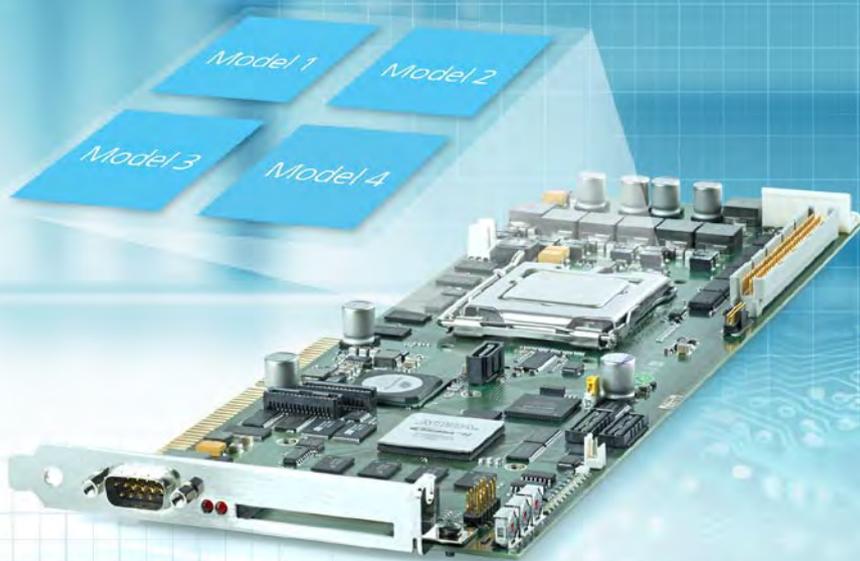
128 MB Global Memory pro Kern für den Datenaustausch mit dem Host-PC

2 MB On-board Boot Flash Memory

Optionaler Anwendungs-Flash-Speicher auf einer CompactFlash-Karte für das automatische, Host-unabhängige Booten von Echtzeit-Anwendungen

Im Vergleich: Das neue DS1006 und sein Vorgänger

Die Leistungsfähigkeit des neuen DS1006 Quad-Core Boards zeigt sich bei der Berechnung diverser ASM (Automotive Simulation Models)-Modelle (Abbildung 2 u. 3), wobei jedes Teilmodell auf einem Kern des Boards läuft. Alle Kerne sind über interne Gigalinks verbunden.



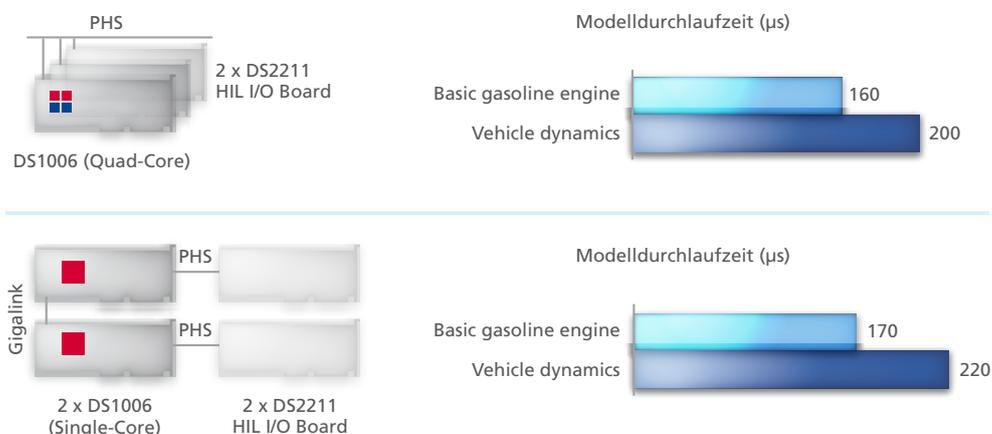
Beim Vorgängerboard, dem DS1006 Single-Core, laufen die ASM-Modelle jeweils auf einem eigenen Board. Die DS1006 Single-Core Boards sind dabei über externe Gigalinks verbunden. Ohne angeschlossene I/O (Abbildung 2) ergibt sich je nach berechnetem Modell eine Zeitersparnis zwischen 35% und 60%. Zusätzlich zur höheren Taktfrequenz und der verbesserten Prozessorarchitektur ist hierfür vor allem die Bandbreite der internen Gigalink-Verbindungen verantwortlich.

Auch mit angeschlossener I/O (Abbildung 3) ist das neue Board schneller, und das obwohl die I/O-Zugriffe auf beide DS2211 über eine gemeinsame Prozessor-Schnittstelle erfolgen. Grund ist die hohe Geschwindigkeit der internen Gigalink-Verbindungen des DS1006 Quad-Core. In dem gezeigten Beispiel wird das Potential der internen Gigalink-Verbindungen durch die Anzahl der übertragenen Signale jedoch bei weitem noch nicht ausgenutzt. ■

Fazit

Das neue DS1006 Processor Board bietet durch den neuen AMD Opteron™ Quad-Core-Prozessor eine erheblich höhere Rechenleistung als sein Vorgänger. Verschiedene Tests ergaben je nach Modell eine um bis zu 60% höhere Geschwindigkeit als bei seinem Vorgänger in Multiprozessorsystemen. Wie von dSPACE gewohnt, erlaubt das neue Prozessor-Board ebenfalls den Aufbau von Multiprozessorsystemen aus mehreren zusammenschalteten DS1006, um die Rechenleistung noch weiter zu erhöhen. Typische Beispiele für einen hohen Bedarf an Rechenleistung sind zum Beispiel die HIL-Simulation von E-Motoren für Hybridantriebe, Ottomotoren mit variablen Ventilsteuerzeiten sowie Dieselmotoren mit Zylinderinnen-druckmessung. Der Anwender kann die Partitionierung der Rechen-Tasks durchgängig mit der Software „Real-Time Interface für Multiprozessorsysteme“ (RTI-MP) komfortabel bearbeiten, egal ob es sich um ein einzelnes DS1006 Board oder ein System aus mehreren Boards handelt.

Abbildung 3: Leistungsdaten des DS1006 Quad-Core 2,8 GHz im Vergleich zum Vorgänger DS1006 2,6 GHz bei Verwendung mit I/O-Boards. Auf je einem Kern des DS1006 Quad-Core läuft eine der Kernkomponenten von ASM Virtual vehicle, das sind hier basic gasoline engine und Vehicle dynamics.





Elektronischer Lastemulator ermöglicht die HIL-Simulation nun auch für Elektromotoren mit höherer Leistung



Mit voller Leistung



Für die Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulation kleinerer Elektromotoren, beispielsweise bei elektrischen Lenksystemen, setzt dSPACE bereits seit mehreren Jahren elektronische Lastsimulationen ein. Bei dem neu entwickelten elektronischen Lastemulator konnte der Leistungsbereich deutlich nach oben erweitert werden. Damit ist es nun auch möglich, große Antriebsmotoren von Hybrid- oder Elektrofahrzeugen auf elektrischer Leistungsebene zu simulieren.

Simulation eines Elektromotors auf Leistungsebene

Sollen beim HIL-Test eines elektrischen Antriebssystems auch die Leistungsstufen einbezogen werden, reicht ein Test auf Signalebene nicht aus. Neben dem Betrieb des echten Antriebsmotors auf einem Prüfstand bietet sich die Simulation des Elektromotors auf elektrischer Leistungsebene an (Abbildung 1). Für das Steuergerät wird hierbei das elektri-

sche Verhalten des realen Motors durch Nachbildung der realen Klemmenspannungen und -ströme simuliert. Im Vergleich zum Betrieb eines mechanischen Antriebsprüfstands ist ein solcher rein elektrischer Prüfstand einfacher und sicherer zu betreiben. Tests sind schon in einem sehr frühen Stadium möglich, auch wenn der reale Antriebsmotor noch nicht verfügbar ist. Zudem ist auch die Simulation unterschiedlicher

Motortypen möglich. Im Gegensatz zu mechanischen Prüfständen besteht keine Einschränkung bei dynamischen Vorgängen.

Der neue elektronische Lastemulator deckt Spannungen von mehr als 600 V und Leistungen von bis zu 100 kW ab. Damit eignet er sich für die HIL-Simulation aktueller und zukünftiger elektrischer Antriebssysteme.

Funktionsprinzip des elektronischen Lastemulators

Beim elektronischen Lastemulator werden als veränderliche aktive Anteile die in den Motorwicklungen induzierten Spannungen u_{EMK} emuliert, während das induktive Verhalten der Motorwicklungen durch äquivalente Ersatzinduktivitäten L_{Motor} nachgebildet wird. Die induzierten Spannungen u_{EMK} werden durch ein Elektromotormodell in Echtzeit berechnet und durch den elektronischen Lastemulator umgesetzt.

Realisierung des elektronischen Lastemulators

Im vorgestellten Lastemulator werden Umrichter der Reihe ServoOne von LTI eingesetzt.

Das Elektromotormodell zur Berechnung der induzierten Spannungen ist mittels Simulink® auf einem dSPACE-Echtzeitsystem implementiert.

Als Modellkomponenten kann unter anderem der Antriebsstrang simuliert werden. Entsprechend den projektspezifischen Anforderungen wird das Echtzeitsystem hierfür um verschiedene Sensor- und Aktuator Simulationen ergänzt. Für ein Hybridsteuergerät

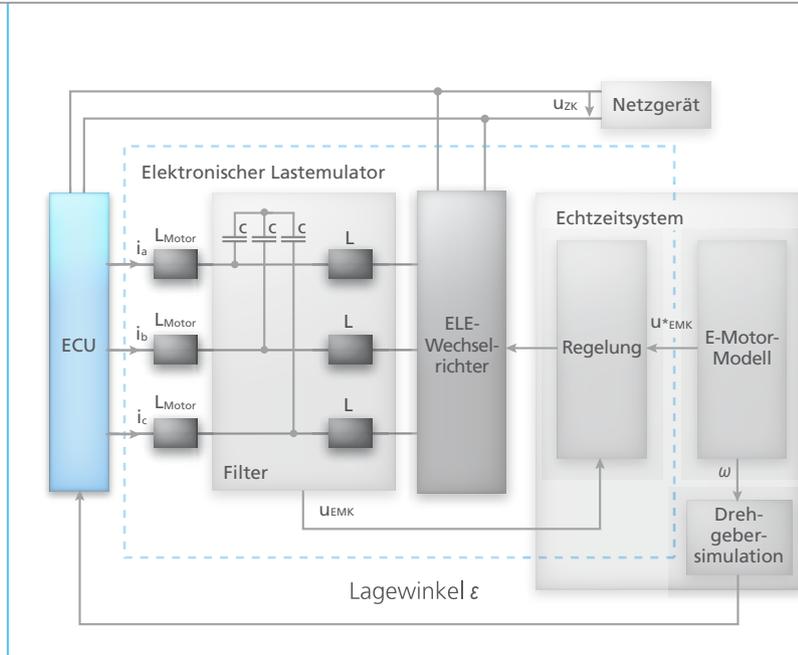


Abbildung 2: HIL-Gesamtsystem mit elektronischem Lastemulator. (ELE = Elektronische Lastemulation, EMK = Elektromotorische Kraft)

ist dabei zumindest eine geeignete Simulation eines Drehzahlsensors (beispielsweise Resolver) notwendig.

Anwendungen

Das Konzept des elektronischen Lastemulators ist auf die Simulation aller Motortypen anwendbar. Dabei wird der Motor in seinen physikalischen Eigenschaften wie Motorinduktivität, Drehmomentbildung und aufgenommener Motorleistung weitgehend

real nachgebildet. Bei veränderlichen Induktivitäten (wie im IPM (Interior Permanent Magnet)-Motor oder bei Sättigungseffekten) müssen aufgrund der konstanten Ersatzinduktivitäten im Lastemulator mittlere Werte verwendet werden. Dennoch ist eine korrekte Nachbildung von Drehmoment und Leistung möglich. Durch unterschiedliche Elektromotormodelle in Verbindung mit variablen Antriebsstrangmodellen (z. B. ASM-Modelle) können beliebige Hybrid- oder Elektrofahrzeugkonfigurationen simuliert werden. Darüber hinaus ist das Konzept auch für diverse industrielle HIL-Anwendungen geeignet. ■

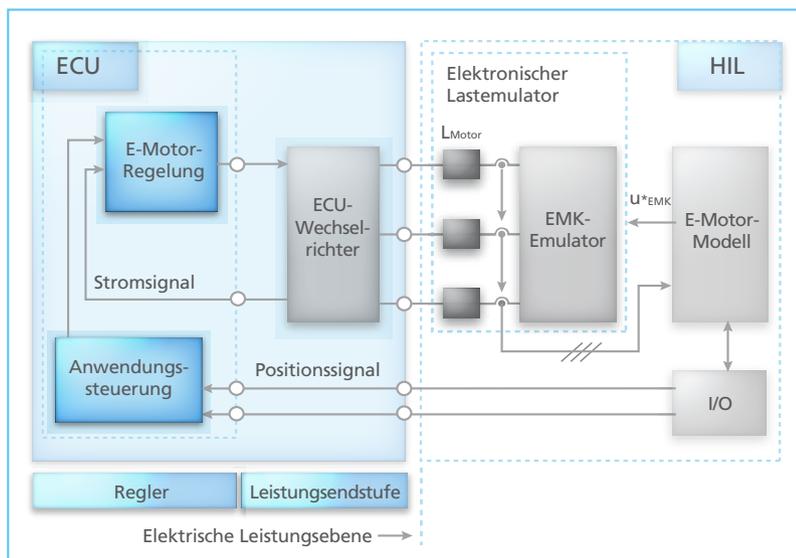
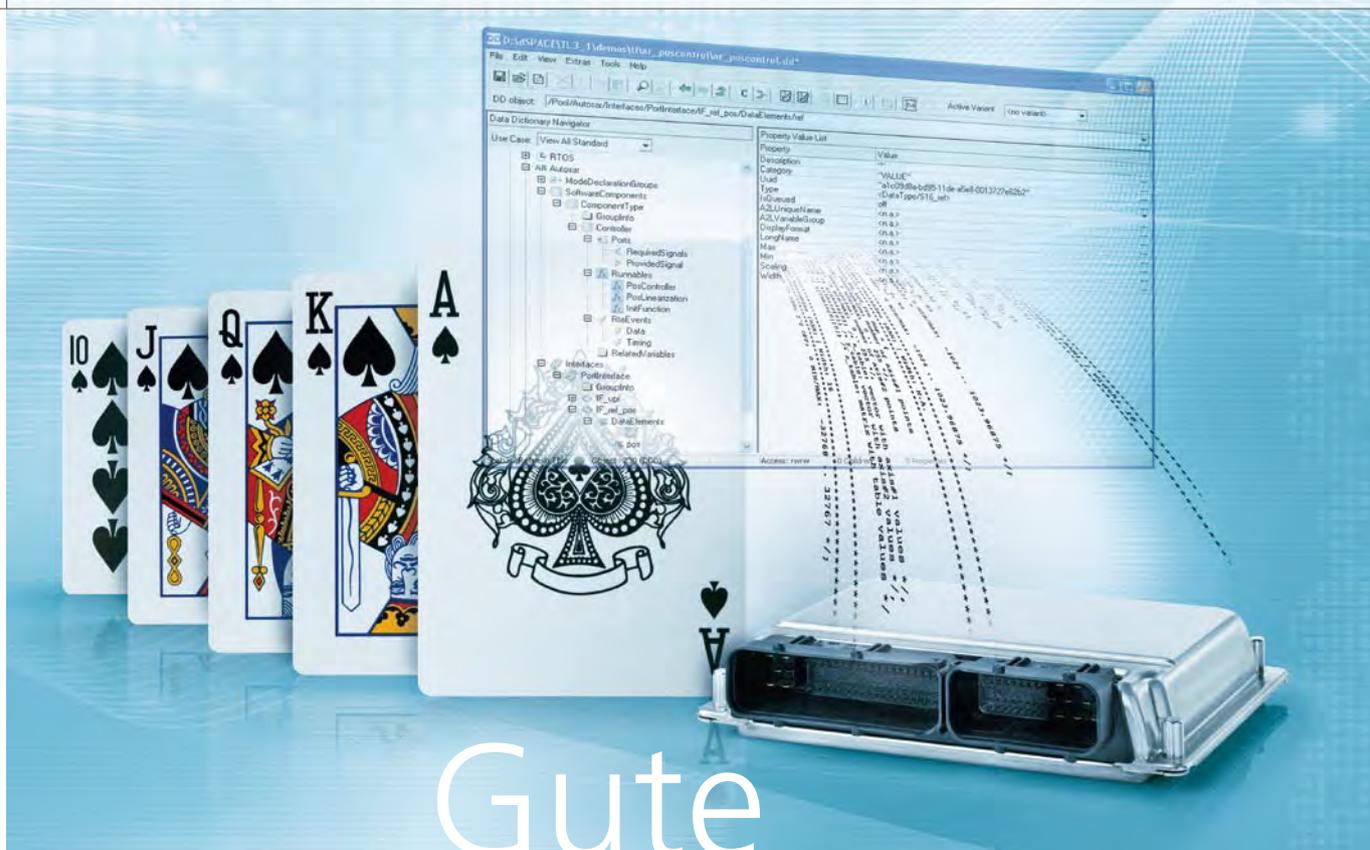


Abbildung 1: Elektronischer Lastemulator zur Simulation eines Elektromotors an der Leistungsschnittstelle.

Fazit

Mit der neuen Generation elektronischer Lasten stehen ab sofort Lösungen für die HIL-Simulation von elektrischen Antriebsmotoren zur Verfügung. Ihr Einsatzfeld ist dort, wo eine flexible, vergleichsweise einfach handhabbare Simulation auf Leistungsebene wichtig ist, auf einen aufwendigen mechanischen Motorprüfstand jedoch verzichtet werden soll.



Gute Karten

Starke Features ins Spiel gebracht mit TargetLink 3.1

TargetLink 3.1 bietet umfangreiche Erweiterungen bei der Code-Generator-Kernfunktionalität, der AUTOSAR-Unterstützung sowie eine verbesserte Integration in MATLAB®/Simulink®. Auch die Benutzerfreundlichkeit wurde weiter optimiert.

Etabliertes weiter verbessert – mit der neuen TargetLink-Version 3.1 wird Seriencode-Generierung noch attraktiver und mächtiger:

Code-Generierung direkt aus dem dSPACE Data Dictionary

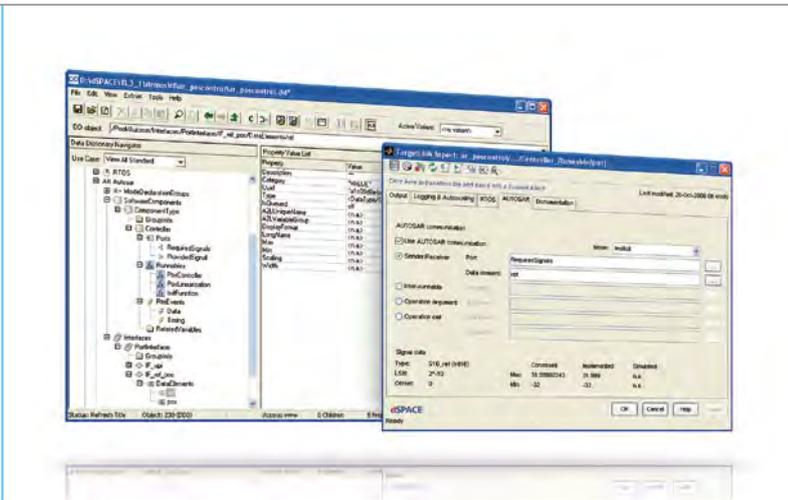
Eine grundlegende Neuerung in TargetLink 3.1 besteht darin, dass Code nun nicht nur aus Modellen, sondern auch direkt aus dem zentralen Datencontainer, dem Data Dictionary, heraus generiert werden kann. Dies bietet große Vorteile für die Software-Integration und den

Software-Integrationstest. Variablen mit entwicklerübergreifender Relevanz wie Schnittstellenvariablen, Mess- und Applikationsgrößen oder Legacy-Code-Parameter können im Data Dictionary definiert und individuellen Modulen zugeordnet werden. Für diese Variablen werden anschließend Code und A2L-Dateien (ASAP2) direkt aus dem Data Dictionary generiert, unabhängig von individuellen Modellen. Beispielsweise können sämtliche Applikationsparameter eines kompletten Projektes inklusive der Legacy-Variablen im Data Dictio-

nary verwaltet und in eine einzige C- und A2L-Datei hineingeneriert werden. Ferner werden Software-Integrationstests mit TargetLink unter Nutzung von Modellreferenzierung bzw. inkrementeller Code-Generierung drastisch vereinfacht.

Vektorisierter Code mit variablen Vektorbreiten

Mit TargetLink 3.1 wird die Flexibilität bei der Generierung von Code für Vektorsignale weiter ausgebaut. Code für Vektoren kann nun so erzeugt werden, dass die Vektorbreite nicht durch eine fixe Zahl, sondern flexibel durch ein Makro festgelegt wird. Hierdurch können Entwickler denselben Code für unterschiedliche Vektorbreiten (z.B. je für einen 4-, 6- und 8-Zylinder-Motor) wiederverwenden, was die Aufwände für Code-Reviews und Tests deutlich reduziert.



Das neue TargetLink-AUTOSAR-Blockset: Vereinfachte Migration von Modellen und nahtlose Integration in die Simulink-Welt.

Nachverfolgbarkeit von den Anforderungen bis zum Code

TargetLink 3.1 vereinfacht die Nachverfolgung von Anforderungen bis hin zu den generierten Artefakten, wodurch das prozesskonforme Arbeiten entsprechend Standards wie IEC 61508 oder ISO 26262 mit TargetLink noch komfortabler wird. Mit Modellen verknüpfte Anforderungen werden als Kommentare in den von TargetLink generierten Code eingefügt. Ferner verdeutlicht die automatisch generierte Dokumentation den Zusammenhang, welche Anforderungen durch welche Modellteile umgesetzt werden, und sorgt so für Transparenz im Entwicklungsprozess.

Native Unterstützung für Bit-Operationsblöcke

Die erweiterte TargetLink-Block-Bibliothek stellt dem Anwender jetzt auch native Unterstützung für Bit-Operationen wie Bit Set, Bit Clear, Bitwise Operations, Extract Bits und arithmetische Bit-Shifts zur Verfügung. Die neuen TargetLink-Bit-Operationsblöcke bieten nicht nur den von TargetLink gewohnten Komfort bei der Signal-Spezifizierung und -Visualisierung, sondern liefern auch hocheffizienten Code unter Ausnutzung der Interblock-Optimierung.

Umfangreiche Erweiterungen der AUTOSAR-Unterstützung

Das neue TargetLink-AUTOSAR-Blockset ist direkt in das reguläre

TargetLink-Blockset integriert. Dies vereinfacht nicht nur die Migration von konventionellen TargetLink-Modellen nach AUTOSAR, sondern sorgt auch für eine nahtlose Integration in die Simulink-Welt. Konventionelle TargetLink-Modelle können in Verbindung mit dem TargetLink AUTOSAR Migration Tool auf Knopfdruck nach AUTOSAR migriert und anschließend sowohl für konventionelle als auch für AUTOSAR-konforme Code-Generierung verwendet werden, was die Wartungsaufwände für Modelle deutlich reduziert. Auch unterstützt TargetLink neben dem AUTOSAR-Standard 3.1 jetzt auch zahlreiche weitere AUTOSAR-Features, wie etwa Client-Server-Kommunikation für komplexe Datentypen, Signal-Acknowledgement und Signal-Invalidierung beim Versenden von Daten sowie „Per Instance Memories“. Zusätzlich wurde das Zusammenspiel mit dSPACE SystemDesk

und anderen Architektur-Werkzeugen weiter optimiert, um einen nahtlosen, iterativen AUTOSAR-Entwicklungsprozess zu ermöglichen.

Bessere Benutzerfreundlichkeit und MATLAB/Simulink-Integration

Das alltägliche Arbeiten mit TargetLink wird mit der Version 3.1 weiter vereinfacht. So weist der Data Dictionary Manager nun einen eigenen Message Browser zur Ausgabe von Nachrichten auf. Benutzerkonfigurierbare (Kontext-)Menüs lassen sich in den Data Dictionary Manager einhängen und mit Anwender-Skripten hinterlegen. Unterschiedliche Sets für Code-Generierungsoptionen können von nun an einheitlich im Data Dictionary gehalten und vereinfacht zwischen unterschiedlichen Entwicklern ausgetauscht werden. Ferner bietet TargetLink 3.1 weiterentwickelte Dialoge zur Verknüpfung von Modell und Data Dictionary und eine verbesserte Simulink-Integration von TargetLink-Demo-Modellen und TargetLink-spezifischen Menüs.

Erweiterung des TargetLink-Simulationsmoduls

Das TargetLink Simulation Module (TSM) in TargetLink 3.1 unterstützt nun auch die Durchführung von Processor-in-the-Loop-Simulationen (PIL) für den Infineon TriCore TC 1767 Controller in Verbindung mit Tasking-Compilern. ■

In TargetLink 3.1 kann derselbe Code für unterschiedliche Vektorbreiten wiederverwendet werden, da der Anwender die Vektorbreite flexibel durch ein Makro festlegen kann.

```
#define NumOfCyl 4

....

Float64 Sal_U[NumOfCyl];
Float64 Sal_Y[NumOfCyl];

....

for (Aux_S32 = 0; Aux_S32 < NumOfCyl; Aux_S32++)
{
  Sal_U[Aux_S32] = (Sal_REF[Aux_S32] * ((Float64) P_Sal_Kp[Aux_S32] * NumOfCyl - 1) * /
  /* Unit delay: picontroller/Unit Delay [0.001] */
  X_Sal_Unit_Delay[Aux_S32] = Sal_Y[Aux_S32];
}
}
```



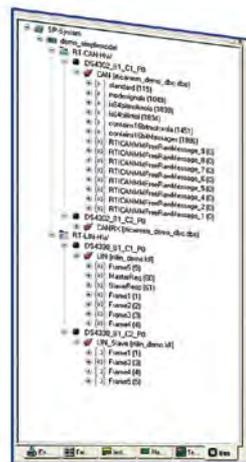
Fahrdynamiktests für Nutzfahrzeuge

Um die Sicherheit von Nutzfahrzeugen im Straßenverkehr zu erhöhen, schreibt die neue Richtlinie der United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) 13-H den Einsatz von elektronischen Stabilitätssystemen (ESP-Systemen) in Nutzfahrzeugen ab 2011 vor. Erstmals erlaubt diese Regelung die Verwendung von Simulationsmodellen zum Nachweis der korrekten Funktionsweise der ESP-Systeme. Das neue **Simulationsmodell ASM Truck** von dSPACE bietet schon jetzt alle notwendigen Voraussetzungen zum Testen und Validieren von ESP-Funktionen für die Fahrtrich-

stabilisierung und den Überschlagschutz. Der virtuelle Fahrdynamiktest ermöglicht dabei die Verlagerung von Testaufwänden von der Straße in die Simulation. Gerade durch die Vielzahl von Fahrzeugvarianten in der Nutzfahrzeugindustrie lassen sich so Aufwand und Kosten signifikant reduzieren. ASM Truck ist ein offenes MATLAB®/Simulink®-Modell, das in Kombination mit ASM Trailer eine Zugmaschine samt Auflieger simuliert. Durch die offene Implementierung in Simulink lässt sich das Modell beliebig erweitern und an spezielle Testaufgaben anpassen. ■

ControlDesk: Bus Navigator jetzt auch mit LIN-Unterstützung

Mit ControlDesk 3.5 (Teil von dSPACE Release 6.5) ist nun auch eine LIN-Unterstützung im Bus Navigator verfügbar. Auf diese Weise werden komplette CAN- und LIN-Netzwerke übersichtlich in einer Baumansicht dargestellt. Der Anwender erhält hiermit einen zentralen und intuitiven Zugriff auf die im Echtzeitmodell konfigurierte CAN- und LIN-Kommunikation, inklusive aller enthaltenen Varianten. Insbesondere können Layouts für RX- und TX-LIN-Frames komfortabel über die Baumdarstellung erzeugt werden. ■



Leistungsfähige Ethernet-Unterstützung

Im automotiven Umfeld besteht zunehmend der Bedarf, dSPACE Rapid-Prototyping-Plattformen (MicroAutoBox und AutoBox) mit Ethernet-basierten Systemen wie Embedded PCs oder Human Machine Interfaces (HMIs) zu koppeln oder drahtlos über WLAN miteinander zu verbinden. Insbesondere im Zusammenhang mit der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen stellt Ethernet eine wichtige Schnittstelle dar. Im Markt befindliche dSPACE Systeme können seit Mitte 2009 um Ethernet erweitert werden, indem an die LVDS-Schnittstellen ein Adapter angeschlossen wird, der die Kommunikation über 100 MBit/s UDP-IP erlaubt. Über das dazugehörige RTI Ethernet Blockset besteht die Möglichkeit, die Ethernet-Schnittstelle direkt in Simulink zu konfigurieren. Um die oftmals aufwendige und fehleranfällige Interpretation der Rohdaten der Ethernet Frames in physikalische Signale zu vereinfachen, bietet dSPACE seit 2010 ein „Encode/Decode“ Blockset an. Basierend auf einer Konfigurationsdatei, die die Nutzdaten in den Ethernet Frames beschreibt, ermöglicht dieses Blockset die automatische Generierung von Schnittstellen-Blöcken, die die Verbindung zwischen den Receive- und Transmit-Blöcken des RTI Ethernet Blocksets und dem signalverarbeitenden Simulink-Subsystem herstellen. ■



Effizientere Entwicklung von Steuergeräte-Tests

Mit der neuen Version der Testautomatisierungssoftware **AutomationDesk** erhöht dSPACE die Offenheit der Testentwicklung und verbessert die Teamarbeit.

AutomationDesk 3.0 unterstützt bereits Teile des neuen ASAM-Standards „HIL API“. Darin werden die Schnittstellen zwischen Testautomatisierungswerkzeugen wie AutomationDesk und Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulatoren definiert. In AutomationDesk entwickelte Tests für die Steuergeräte-Prüfung können somit

noch einfacher auf beliebigen HIL-Simulatoren wiederverwendet werden. Version 3.0 unterstützt zudem den Import und Export von Projekten, Tests und kundenspezifischen Bibliotheken als XML-Dateien. Tests, entwickelt mit proprietären oder Drittanbieter-Tools, können somit nach AutomationDesk migriert werden. Ebenso lassen sich zum Beispiel aus Microsoft Excel Tests generieren und

verwenden. Für die reibungslose Zusammenarbeit mit mehreren Personen an einem Projekt bietet AutomationDesk eine feingranulare Versionskontrolle. Nun können auch einzelne Tests oder einzelne Testschritte unter Versionskontrolle gestellt und separat bearbeitet werden. Gerade für größere Entwicklungsteams vereinfacht sich damit die Testaufgabe erheblich. ■



Gestatten: Fehlersimulation, extern und elektrisch

Für Anwender der Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulation bietet dSPACE jetzt eine **externe Fehlersimulationseinheit** an. Die dSPACE External Failure Insertion Unit (FIU) kann zu allen dSPACE-Simulator-Systemen nachträglich hinzugefügt werden. Dazu wird sie einfach zwischen Steuergerät und HIL-Simulator geschaltet. Bei Bedarf kann eine External FIU für verschiedene Simulatoren und Projekte verwendet werden. Die External

FIU ist in drei Varianten verfügbar – mit 90, 180 oder 270 Kanälen. Optionale Break-Out-Box (BOB)-Panels an der Vorderseite der externen FIU ermöglichen jeweils einen leichten Zugriff auf alle Signale, die das Steuergerät sendet oder empfängt. Die Definition unterschiedlicher Fehlermuster geschieht am PC mit ControlDesk Failure Simulation, einer Erweiterung zu dSPACE ControlDesk. Mit dSPACE AutomationDesk werden

die Fehlermuster in die automatischen Testsequenzen integriert und verarbeitet. Während die Testsequenz ausgeführt wird, lässt sich das Fehlermuster aktivieren und deaktivieren, um die Diagnosefunktionen auf dem Steuergerät zu testen. ■

dSPACE Release 6.5 unterstützt Windows 7

Release 6.5 von dSPACE unterstützt alle industriell relevanten Windows-7-Versionen. Die 64-Bit-Versionen von Windows 7 werden von dSPACE Release 6.5 im WOW64-Modus

bedient. Eine Ausnahme bildet die dSPACE Software CalDesk, die zu Windows 7 nicht kompatibel ist. ■



Neuer dSPACE Distributor in Indien

DynaFusion Technologies Private Limited unterzeichnete ein offizielles Abkommen als Exklusiv-Distributor für dSPACE-Produkte in Indien. DynaFusion ist Spezialist für eingebettete Software- und Hardware-Lösungen für die Bereiche Automobil, Nutzfahrzeuge, Luft- und Raumfahrt sowie Industrieautomation. Vertrieb und

Support der dSPACE-Produkte bietet das Unternehmen durch seine Zentrale in Bangalore und regionale Niederlassungen in Delhi und Pune. Bisherige indische dSPACE-Kunden erhalten Support durch DynaFusion. Das Team von DynaFusion ist seit über 15 Jahren eingehend mit dSPACE-Produkten vertraut. Zusätzlich verfü-

DynaFusion

gen die Ingenieure über langjährige Erfahrung in den Bereichen mathematische Modellierung und Simulation, digitale Signalverarbeitung sowie Test und Messtechnik. ■

dSPACE verstärkt Präsenz in China



Seit Februar 2010 werden dSPACE-Kunden in China direkter und exklusiver durch dSPACE China betreut. Der Vertrieb und der Support sämtlicher dSPACE-Produkte werden von dSPACE China direkt übernommen. Der chinesische Markt hat sich verändert: Immer stärker werden dSPACE-Produkte nachgefragt, die spezielles Know-how erfordern. Immer größere und komplexere Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulatoren verlangen nach hoch spezialisierter Beratung, Schulung und Betreuung vor Ort. Dieser Service wird jetzt direkt über

dSPACE-Spezialisten in China sichergestellt. „Wir haben 10 Jahre erfolgreich mit unserem Distributor HiRain in China unsere Produkte vermarktet. Höhere Anforderungen unserer Kunden und das Wachsen des dSPACE-Portfolios erfordern jetzt direkte Kommunikation und stärkere Präsenz“, so Henry Feng, General Manager von dSPACE China. Mit dieser Maßnahme baut dSPACE die Bedeutung der 2008 gegründeten Niederlassung in Shanghai weiter aus und stärkt die erfolgreiche Präsenz in China. ■

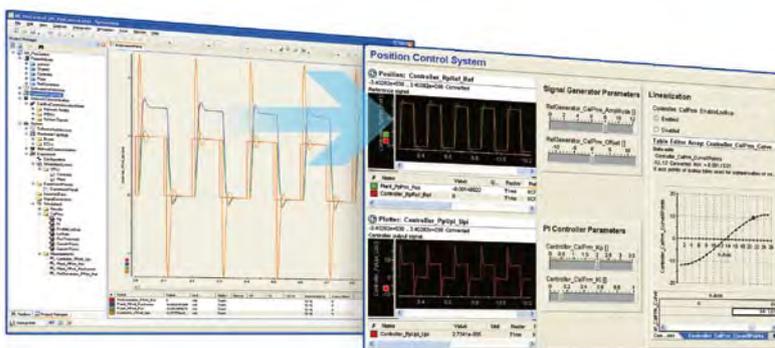
Experimentieren mit virtuellen Steuergeräten

SystemDesk, die Architektur-, Modellierungs- und Simulationssoftware von dSPACE, ermöglicht die Simulation von AUTOSAR-Steuergeräten bereits während der Entwurfsphase. Zum Zwecke einer komfortablen Analyse können externe Applikationswerk-

zeuge, wie beispielsweise dSPACE CalDesk, angekoppelt werden. Für modellierte AUTOSAR-Steuergeräte wird in SystemDesk RTE-Code generiert. Gleichzeitig können A2L-Dateien erzeugt werden. Sie enthalten Informationen über die einstellbaren

und messbaren Variablen und werden in CalDesk oder einem anderen Applikationswerkzeug eingelesen. Während SystemDesk das virtuelle Steuergerät, also den bereits vorhandenen Code, simuliert, zeichnet CalDesk die Signalmesswerte zeitsynchron per XCP on Ethernet auf und visualisiert sie. Die Variablenwerte können währenddessen kalibriert und die Auswirkungen direkt überprüft werden. Der Anwender kann auf die gesamte Experimentier-Oberfläche von CalDesk mit Plottern, Schiebern und Anzeigen zurückgreifen.

So lässt sich das Verhalten der jeweils verfügbaren Steuergeräte-Software komfortabel direkt am PC testen, variieren und erneut testen. ■





dSPACE SARL veranstaltete Mitte 2009 drei Elektronik- und Regelungstechniktage in Versailles, Paris und Toulouse. Mehr als 50 Teilnehmer aus über 20 Unternehmen besuchten die Roadshows und repräsentierten einen breiten Querschnitt aus Automobil- und Aerospace-Industrie sowie aus den

dSPACE Roadshows in Frankreich

Bereichen Engineering-Services und Embedded Systems. Zu den Teilnehmern gehörten Valeo, PSA Peugeot Citroën, Delphi, Université de Lille, Université de Picardie, Phineo, Renault, E2Cad, IFP, ESG France, Meïto, NSI, Sherpa Engineering, CNM Paris, Continental Automotive, Actia, Aboard Engineering, Laplace und Liebherr Aerospace. Nach einem Überblick über Produktneuheiten gaben dSPACE-Experten und der Kooperationspartner BTC Embedded Systems Einblicke in die Produktpalette. Vorgestellt wurden Modellierung und Simulation der AUTOSAR-Software-Architektur, Implementierung, Generierung und

Simulation von Serienelementen sowie BTC-Embedded-Systems-Werkzeuge für den dSPACE-Serienelement-Generator TargetLink, elektrische Antriebe und Hybridlösungen. Nachmittags wurden die zuvor behandelten Themen in Workshops vertieft. Zudem wurde die Implementierung von Richtlinien für Sensoren und Aktoren erläutert, um Anwender beim Einsatz der dSPACE-Werkzeuge und deren neuen Features zu unterstützen. Das Feedback war durchgehend positiv und zeigte zum wiederholten Mal, dass sich die dSPACE „Rencontres Electronique et Automatique“ in der Branche etabliert hat. ■

TargetLink zertifiziert für ISO 26262 und IEC 61508

Der TÜV SÜD hat den Serienelement-Generator TargetLink für die Entwicklung sicherheitsrelevanter Systeme zertifiziert. Die Experten vom TÜV bescheinigten nach ausgiebigen Prüfungen, dass TargetLink geeignet ist für die Software-Entwicklung nach ISO DIS 26262, IEC 61508 und daraus abgeleiteten Standards (zum Beispiel EN 50128 speziell für sicherheitsrelevante Software der Bahn). Basis für die TÜV-Zertifizierung waren unter anderem die Prüfbereiche:

- Software-Entwicklungsprozess und Software-Änderungsprozess von TargetLink
- Problem-Reporting und -Aufbereitung für die Nutzer

Darüber hinaus ist ein vom TÜV anerkannter Referenz-Workflow für die modellbasierte Software-Entwicklung sicherheitsrelevanter Systeme mit

TargetLink erstellt worden. Der Referenz-Workflow bietet den TargetLink-Anwendern Hilfestellung und Orientierung dabei, die Anforderungen des neuen Sicherheitsstandards ISO 26262 und der IEC 61508 praktisch in ihren Serienprojekten zu erfüllen. ■

IEC 61508 und ISO 26262

Die IEC 61508 ist der weltweit anerkannte generische Standard für die Entwicklung sicherheitsrelevanter elektronischer Systeme.

Die ISO 26262 löst als Norm zur funktionalen Sicherheit von Straßenfahrzeugen die IEC 61508 für die Automobilindustrie ab.



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



Gerne können Sie uns Ihr Feedback auch online mitteilen. Weitere Informationen finden Sie unter www.dspace.com/magazine

Releaseinformationen zu dSPACE-Produkten finden Sie unter: www.dspace.com/releases



System Architecture

Rapid Prototyping

ECU Autocoding

HIL Testing

ECU Calibration



HIL-Simulation mit Saft und Kraft

Jede neue Technik muss gründlich abgesichert sein. So auch Steuergeräte für das Batterie-Management in Hybrid- und Elektrofahrzeugen. Und genau hier kommt dSPACE ins Spiel. Als Experte für Hardware-in-the-Loop-Simulation bietet dSPACE spezielle Simulationsmodelle und Echtzeit-Hardware. Um die Steuergeräte auf Herz und Nieren zu prüfen. Modelle für Lithium-Ionen- und Nickel-Metallhydrid-Batterien für realistische Tests des Batterie-Managements – so kommt die Realität ins Labor. Echtzeit-Hardware für hohe Spannungsgenauigkeit mit galvanischer Trennung – für genaues, schnelles und sicheres Arbeiten.

Eine Batterie allein macht noch kein Auto. Daher bietet dSPACE HIL-Hardware und passende Echtzeitmodelle für das komplette Fahrzeug mit Elektro- und Verbrennungsmotor, Getriebe, Fahrndynamik, Fahrerassistenzsystemen und vielem mehr.

Damit Sie auch mit neuer Technik ganz vorne mitfahren.

Embedded Success

