

dSPACE MAGAZIN

1/2012

Siemens – Dampfturbinen
in der Simulation

Valtra – Virtueller Feldtest
für Traktoren

Astrium – Kommunikation
via Satellit







Seit mehr als zehn Jahren kennen wir es: Eines der größten Wachstumsprobleme vieler Unternehmen ist der Nachschub an geeigneten Ingenieuren und Informatikern. Das trifft auf jeden Fall für Unternehmen mit hohem Anteil an Forschung und Entwicklung zu und insbesondere gilt es für die Autoindustrie und ihr ganzes Ökosystem aus Zulieferern und Dienstleistern.

Dass dSPACE relativ gesehen extrem viel Personal in der Entwicklung hat, beschrieb ich schon einmal an dieser Stelle. Es ist eben immer schon unsere Strategie gewesen, stets kräftig in die Verbesserung, Erneuerung und Erweiterung unseres Produktportfolios zu investieren. Wir machen das bis auf wenige Ausnahmen auf eigene Faust, ohne Entwicklungsauftrag. Damit können wir auch weiter vorausplanen als es sonst möglich wäre. So ein Vorgehen hat natürlich seinen Preis, und darin liegt auch die Erklärung, weshalb wir nicht im

Billigsegment tätig sind. Die Kunden profitieren aber davon, dass wir nicht stagnieren und schätzen die Fortschritte.

Diese Strategie funktioniert. Allerdings benötigt sie u.a. Nachschub an Personal, denn Bestehendes muss gepflegt werden, während Neues laufend dazukommt. Für das Jahr 2012 wollen wir weit über 100 Ingenieure an Bord holen, hauptsächlich in Deutschland, aber auch beispielsweise in den USA und Japan. Damit sind wir (leider) nicht alleine. In den Medien stehen regelmäßig Meldungen wie „Porsche will 2012 300 Ingenieure einstellen“, „Continental sucht 1500 Softwareentwickler“ oder in den USA „General Electric will in Michigan zu 850 neuen Ingenieuren noch 300 hinzufügen“. Wir sind beim Rekrutieren durchaus erfolgreich, aber es bedarf sehr großer Anstrengungen, suchen wir doch alle ähnliche Qualifikationen bei viel zu geringem Angebot.

Erstaunlicherweise gibt es immer mal Meinungen, es gäbe gar keinen Ingenieurmangel. Diese Meinungen sind entweder im Elfenbeinturm entstanden oder sie beziehen sich auf Branchen, bei denen es gerade nicht so rund läuft. Die Realität ist, dass der Kampf um Talente in vollem Gang ist. Punkten können wir mit einem herausragenden Betriebsklima und mit interessanten Aufgaben, bei denen man viel lernen kann. Wenn man dann viel gelernt hat, eröffnen sich nicht selten auch Karrieremöglichkeiten, an die man vorher nicht herangekommen wäre. Wir sehen es natürlich mit einem weinenden Auge, wenn ein mit Wissen und Können turboaufgeladener dSPACE Mitarbeiter eine besonders begehrte Stelle bei einem unserer besten Kunden angeboten bekommt, aber ein wenig stolz sind wir dann schon auch.

Dr. Herbert Hanselmann
Geschäftsführer



SIEMENS | SEITE

6

MITSUBISHI
HEAVY INDUSTRIES | SEITE

18



VALTRA | SEITE

28

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-magazine@dspace.com
www.dspace.com

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

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

Redaktionelle Mitarbeit an dieser Ausgabe:
Dr. Ulrich Eisemann, Anne Geburzi, Jürgen Klahold,
Susanne Köhl, Holger Krisp, Dr. Karsten Krügel,
Markus Plöger, Frank Puschmann, Andre Rofsmeier,
Thomas Sander

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

Gestaltung:
Krall & Partner, Düsseldorf
Layout: Sabine Stephan

Druck:
Media-Print Group GmbH, Paderborn

© Copyright 2012

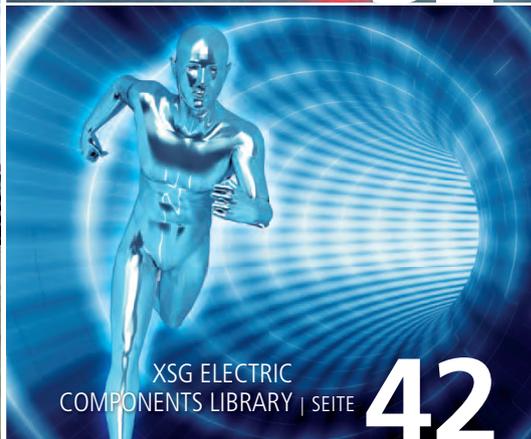
Alle Rechte vorbehalten. Vollständige oder teilweise Vervielfältigung dieser Veröffentlichung ist nur mit schriftlicher Genehmigung und unter Angabe der Quelle gestattet. Die Produkte von dSPACE unterliegen fortwährenden Änderungen. Daher behält sich dSPACE das Recht vor, Spezifikationen der Produkte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

Inhalt



GREENTEAM
UNI STUTTGART | SEITE

32



XSG ELECTRIC
COMPONENTS LIBRARY | SEITE

42



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

www.pefc.de

3 EDITORIAL
von Dr. Herbert Hanselmann,
Geschäftsführer

Kundenanwendungen

6 SIEMENS
1000 MW im Prüflabor
Simulation von Dampfturbinen in
der Energieversorgung

12 ASTRIUM
Auf den Punkt gefunkt
Frühzeitige Evaluierung eines Satelliten-
kommunikationssystems

18 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES
**Effizientere Verbrennungs-
motoren**
Variable Ventilsteuerung eines Camless-
Motors mit schnellen hydraulischen Aktoren

22 CHINA NORTHERN RAILWAY (CNR)
Schnelle Züge für China
Chinesischer Bahnhersteller setzt auf
dSPACE HIL-System, um den Entwicklungs-
prozess seines Antriebssteuergeräts (TCU)
zu beschleunigen.

28 VALTRA
Effizient auf dem Feld
Stufenloses Automatikgetriebe mit leis-
tungsgeteiltem Antrieb für mehr Leistung
und weniger Kosten

32 GREENTEAM UNI STUTTGART
A Winning Formula
Studenten der Universität Stuttgart entwi-
ckeln elektrischen Rennwagen mit innova-
tivem Batteriemangement

Produkte

36 ECU INTERFACE MANAGER
Bypassing ohne Umwege
Ideen schneller auf die Straße bringen

40 TARGETLINK
TargetLink 3.3
Seriencode für höchste Ansprüche

42 XSG ELECTRIC COMPONENTS LIBRARY
Auf zu schnelleren Zeiten
FPGA-basierte Simulationsmodelle für hoch-
dynamische Regelstrecken

46 VIRTUAL ECU TESTING
**Echte Tests für virtuelle Steuer-
geräte**
Erstellung und Simulation virtueller Steuergeräte

50 KURZ NOTIERT

Simulation von Dampfturbinen
in der Energieversorgung

1000 MW im Prüflabor



Abbildung 1: Aufbau
eines Dampfturbosatzes.



Abbildung 2: Rotor einer Dampfturbine.

Moderne digitale Leittechniksysteme für Dampfturbinen zur Energieerzeugung verfügen über sehr komplexe Regelfunktionen. Eine Prüfung der Funktionalität der Turbinenregelung während der Inbetriebnahme ist zeit- und kostenintensiv, so dass sich der frühe Einsatz eines Simulators im Prüffeld anbietet. Der Simulator weist außerdem den Vorteil auf, ohne Risiko für die Anlage kritische Zustände zu prüfen und über standardisierte Tests nicht auszuschließende Fehler frühzeitig erkennen und beheben zu können; ein wichtiger Aspekt bei der Sicherung hoher Qualitätsstandards.

Moderne Dampfturbinen für höchste Wirkungsgrade

Über zwei Drittel der elektrischen Energie werden in Deutschland durch Dampfturbinen, die einen Generator antreiben, bereitgestellt. Weltweit sieht die Situation ähnlich aus, und laut Prognosen werden Dampfturbinen auch in Zukunft maßgeblich an der Stromerzeugung beteiligt sein. Dabei kommt der Effizienz neben der Zuverlässigkeit für maximale Wirtschaftlichkeit und größtmögliche Klimaverträglichkeit besondere Bedeutung zu. Mit über 100 Jahren Erfahrung fertigt Siemens Dampfturbinen von 45 kW bis hin zu 1.900 MW elektrischer Leistung. Mit Dampftem-

peraturen von bis zu 600 °C bei einem Druck von ca. 275 bar können heute Wirkungsgrade von über 48 % in der Stromerzeugung erreicht werden. Über eine Wärmeauskopplung lässt sich der Brennstoff noch effizienter ausnutzen. In Kombination mit einer Gasturbine können sogar Wirkungsgrade von über 60 % in der Stromerzeugung erzielt werden – ein Wert, der noch vor wenigen Jahren als unerreichbar galt.

Leittechnik für steigende Anforderungen

Für einen zuverlässigen Betrieb ist ein modernes Leittechniksystem erforderlich, das auf die jeweilige Anlage

angepasst wird. Die Komplexität der Funktionen hat dabei ständig zugenommen: Mehr als 500 Seiten Software-Funktionspläne sind nicht außergewöhnlich. Auch die ehrgeizigen Ziele insbesondere in Deutschland – Stichwort Energiewende – stellen hohe Anforderungen an den Betrieb im elektrischen Verbundnetz. Die steigende, schwankende Einspeisung aus regenerativen Quellen passt nur selten zum Bedarf der Verbraucher. Da es an geeigneten Speichern für elektrischen Strom unverändert mangelt, müssen Kraftwerke ihre Leistung der Nachfrage schnell anpassen können. Dazu bedarf es einer Leittechnik, die diese Anforderungen mit den verfahren-



Abbildung 3: Mit dem Leittechniksystem T3000® der Siemens AG werden große Dampfturbinenkraftwerke automatisiert.

renstechnischen Randbedingungen der Dampfturbine in Einklang bringt. Die Komplexität und die hohen Qualitätsanforderungen lassen sich nur mit geeigneten Simulatoren während der Entwicklung und anlagenspezifischen Projektierung der Leittechnik beherrschen. Eine im Prüffeld bereits optimierte Leittechnik ermöglicht eine verkürzte Inbetriebnahme, verringert Kosten und vermeidet lebensdauerverbrauchende Versuche an der Turbine. Kein Kraftwerksbetreiber würde zudem das Risiko eingehen, ungeprüfte Leittechnikfunktionen an seiner Turbine zu testen.

Simulation eines Dampfturbosatzes

Der Funktionstest der Leittechnik setzt ein geeignetes Modell nicht nur der Dampfturbine, sondern auch

des Generators und des Netzes voraus, um sämtliche Funktionen realitätsnah prüfen zu können. Eine typische Dampfturbine besteht aus einem Hochdruckteil (HD), einem Mitteldruckteil (MD) und einem Niederdruckteil (ND), die eine gemeinsame Welle antreiben. Der im Kessel (Dampferzeuger) erzeugte Dampf strömt über die sogenannten Frischdampf-Ventile (FV) zunächst in den HD-Teil. Anschließend wird er noch einmal überhitzt, bevor er über die Abfangventile (AV) dem MD- und ND-Teil zugeführt wird. Im Kondensator schlägt sich der Dampf nieder und wird als Wasser über die Speisepumpe wieder dem Dampferzeuger zugeführt. Die mechanische Energie der Welle wird vom Generator in elektrische Energie umgesetzt und über einen Transformator in das

Netz gespeist. Das Simulationsmodell muss daher alle Komponenten einschließlich einer vereinfachten Netznachbildung umfassen. Nur so kann der normale Betrieb vom Anfahren der Turbine auf Nenndrehzahl über Synchronisation des Generators mit dem Netz bis hin zur Steigerung der Kraftwerksleistung auf Vollast simuliert werden. Bei Ausfall anderer Kraftwerke ist automatisch das Netz durch eine schnelle Leistungserhöhung der Dampfturbine zu stützen. Bei einer unerwarteten Störung mit Trennung des Kraftwerks vom Netz kommt es zum sogenannten Lastabwurf, der ebenfalls sicher zu beherrschen ist.

Anforderungen an den Echtzeitsimulator

Die Siemens-Ingenieure erstellen für die Simulation der Dampfturbine

„Der dSPACE Simulator zusammen mit den MATLAB/Simulink-Modellen erfüllt alle Anforderungen. Wir können zwischen den verschiedenen Turbinenkonfigurationen einfach wechseln und eine anlagenspezifische Parametrierung laden. Probleme, die sonst erst während der Inbetriebsetzung aufgefallen wären, können wir nun bereits im Prüffeld erkennen und beheben.“

Michael Schütz, Siemens AG

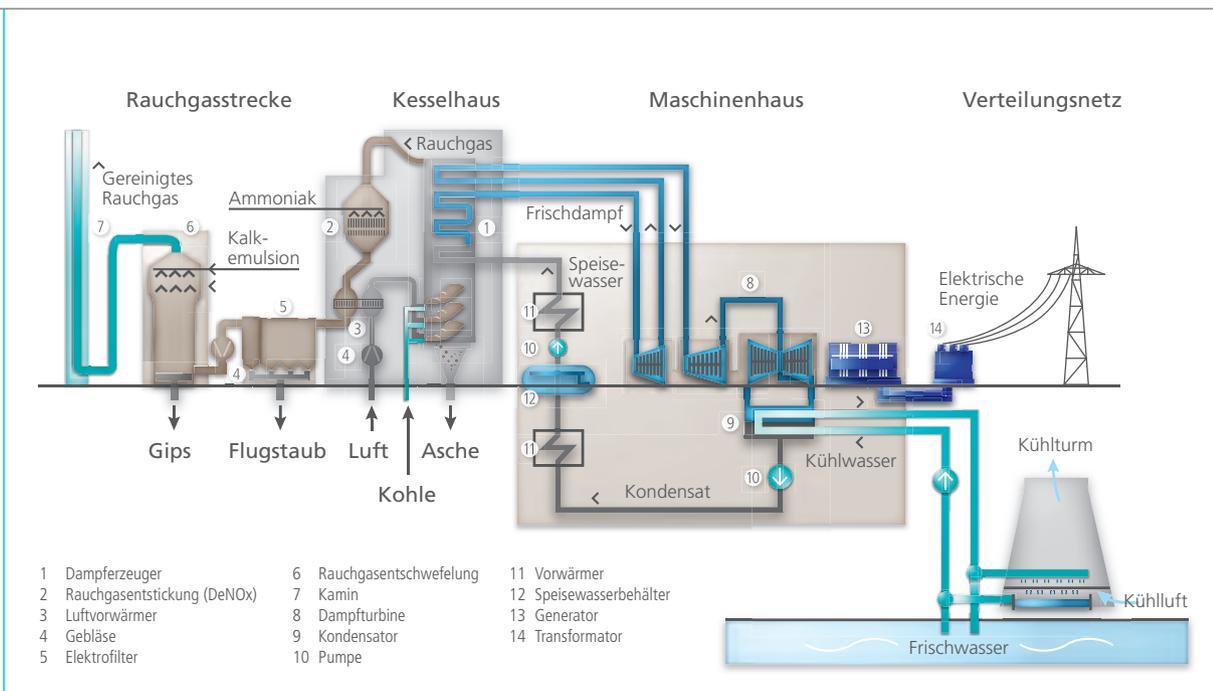


Abbildung 4: Übersicht eines modernen Dampfkraftwerkes.

eine Spezifikation für den Echtzeit-simulator:

- Validierte, modularisierte Modelle aller Siemens-Dampfturbinenkonfigurationen
- Einfache, anlagenspezifische Parametrierung
- Echtzeitfähigkeit bei einer Schrittweite von 1 ms für schnelle Transienten
- Signalkonditionierung zum direkten Anschluss ohne Anpassung an die Leittechnik

- Flexible Änderungsmöglichkeiten
- Komfortable Bedienung und Beobachtung zur Ablaufsteuerung und Dokumentation
- Schnittstelle zu MATLAB®/Simulink®, um Modelle und Simulations- oder Messergebnisse austauschen zu können

Der dSPACE Simulator

Siemens entschied sich für ein flexibles dSPACE System. Mit dem DS1005 PPC Board kann das Modell des Dampf-

turbosatzes mit über 50 Zustandsgrößen bei der geforderten Schrittweite von 1 ms problemlos berechnet werden. Je zwei I/O-Karten mit je 32 analogen Kanälen stellen die zahlreichen analogen Ein- und Ausgangssignale bereit, die zum Anschluss an die Leittechnik benötigt werden. Drei I/O-Karten mit digitalen Kanälen versorgen die binären Signale und Drehzahlimpulse der Turbine. Sämtliche Karten finden in einer dSPACE Expansion Box Platz. Trenn-

Abbildung 5: Für die Prüfung der digitalen Leittechnik werden Signale, wie Drehzahl, Leistung, Frischdampfdruck, Ansteuerungen und Stellungsrückmeldungen der einzelnen Ventile, zwischen Simulator und Leittechnik ausgetauscht.

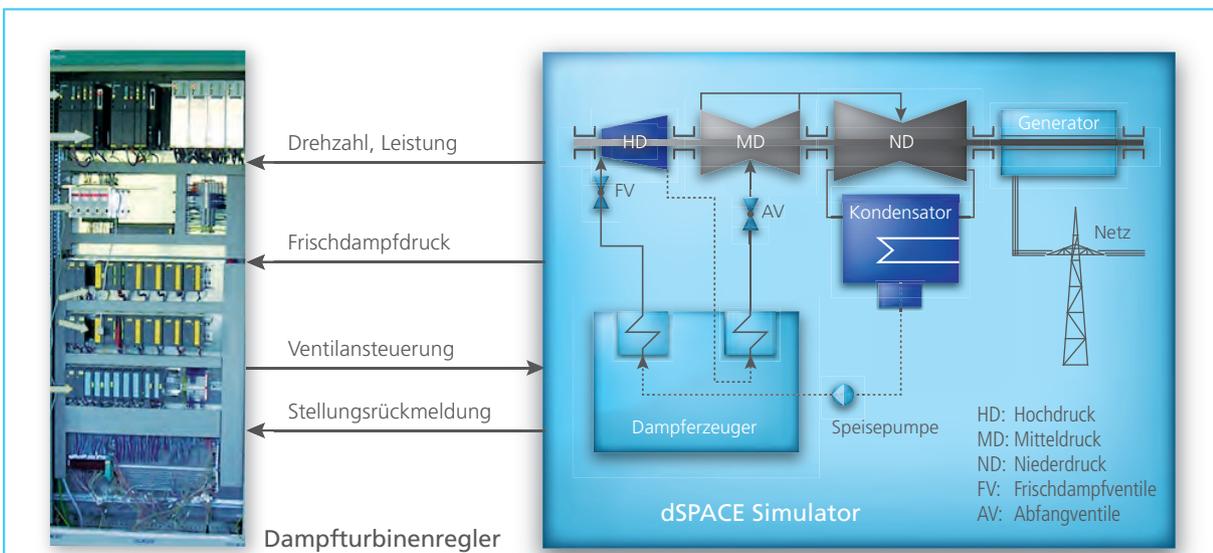




Abbildung 6: Aufbau des Prüffelds samt Simulator im Labor.

verstärker sorgen für eine Potentialtrennung und Anpassung der analogen Signale. Auch die digitalen Signale unterliegen einer Potentialtrennung und Absicherung. Die Verwendung der weit verbreiteten Software MATLAB/Simulink vereinfacht die Zusammenarbeit mit anderen Abteilungen innerhalb der Siemens AG, die sich mit der komplexen Thematik der Dampfturbinenregelung beschäftigen. Auch die Validierung der verwendeten Modelle und Parameter anhand von Messungen an Anlagen gestaltet sich so einfach.

Bedienen und Beobachten

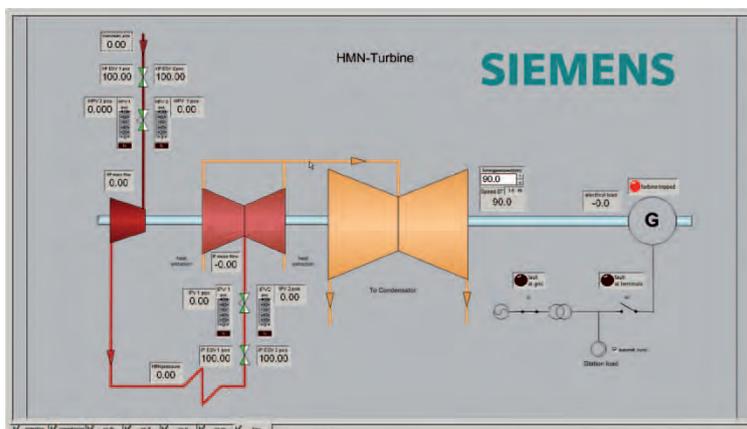
Für jede Anlagenkonfiguration wurde für den Simulator ein eigenes zweisprachiges Bedienbild erstellt, um dem internationalen Kraftwerksgeschäft gerecht zu werden. Mit entsprechenden Schaltern und Vorgaben über die angeschlossene Leittechnik können das Anfahren der Turbine auf Nenndrehzahl, das Synchronisieren des Generators mit dem Netz und der Leistungsbetrieb des Kraftwerks simuliert werden. Zahlreiche weitere Optionen erlauben umfangreiche Prüfmöglichkeiten

sowohl im Normalbetrieb als auch bei Störungen. Sämtliche Signale lassen sich aufzeichnen und analysieren.

Prüfung bestanden

Eine typische Prüfung beginnt zunächst mit dem Hochfahren der Dampfturbine auf Nenndrehzahl von zumeist 3.000 U/min, entsprechend 50 Hz elektrisch. Stimmen Spannung, Drehzahl und Phasenlage, so kann der Generator mit dem Netz verbunden und die Leistung der Turbine bis auf Volllast gesteigert werden.

Abbildung 7: Über das Bedien- und Beobachtbild des Simulators einer Turbine mit HD-, MD- und ND-Teil sowie Ventilen können alle relevanten Größen betrachtet werden.



Martin Bennauer
Martin Bennauer koordinierte die Entwicklung des Simulators und ist verantwortlich für den Dampfturbinenregler bei der Siemens AG in Mülheim an der Ruhr.

Achim Degenhardt
Achim Degenhardt koordinierte die Entwicklung des Simulators bei der Siemens AG in Erlangen.



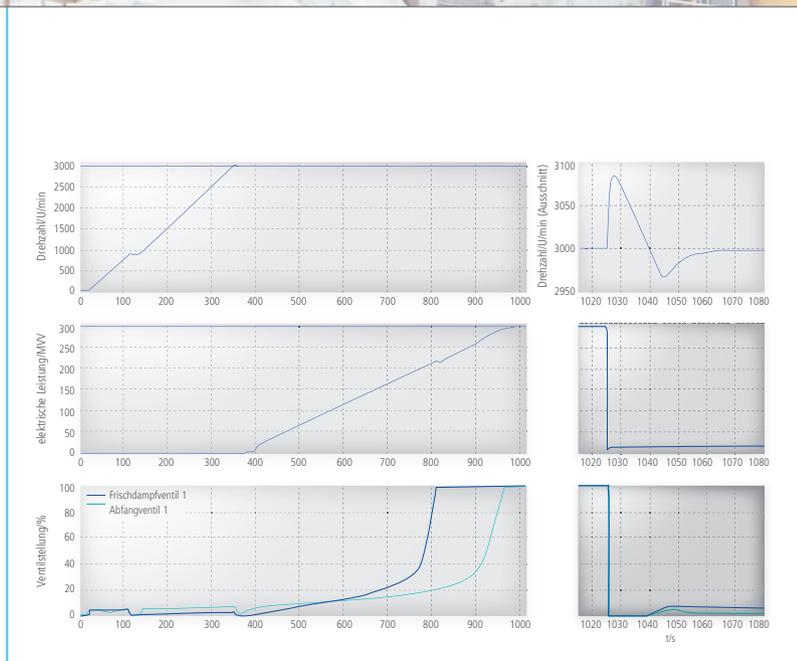


Abbildung 8: Für das Hochfahren der Turbine auf Nenndrehzahl sind nur geringe Ventilöffnungen erforderlich. Die zunächst geschlossenen Abfangventile öffnen nach den Frischdampfventilen. Nach dem Synchronisieren mit dem Netz wird die Leistung auf Vollast gesteigert (links). Beim Trennen des Kraftwerks vom Netz verringert sich die elektrische Last schlagartig auf den geringen Eigenbedarfswert (rechts). Durch das schnelle Schließen der Ventile steigt die Drehzahl auf den unkritischen Wert von ca. 103 %, bevor sie gut gedämpft einschwingt.

Eine wesentliche Forderung ist das Abfangen des Dampfturbosatzes bei Vollast durch das Trennen vom Netz aufgrund eines Netzfehlers auf den Eigenbedarf des Kraftwerks. Hierbei müssen die Frischdampf- und Abfangventile schnell geschlossen werden, um unzulässige Drehzahlüberhöhungen zu vermeiden. Die in den Turbinen enthaltene Dampfmenge lässt die Drehzahl

zunächst ansteigen. Gleichzeitig soll der elektrische Eigenbedarf des Kraftwerks weiterhin versorgt werden. Dies setzt ein sicheres Einhalten des zulässigen Drehzahlbereiches voraus. Stiege die Drehzahl durch ein zu spätes Ventilschließen unzulässig an, würden Schutzsysteme eingreifen, um eine Gefährdung des Turbosatzes auszuschließen. Dann würde jedoch die Anlage abfahren

und könnte ihren Eigenbedarf nicht mehr selbst versorgen. ■

Fazit

Auch für Kundenabnahmen und Schulungen ist der Simulator sehr gut geeignet. Noch vor der Inbetriebnahme lassen sich die komplexen Funktionen der digitalen Leittechnik optimieren und demonstrieren. Bei der Modernisierung einer Anlage kann der Simulator aufgrund seiner Flexibilität schnell angepasst werden und hilft bei der Entwicklung und Optimierung der komplexen Reglerfunktionen. Eine Erweiterung des Modells zur Einbeziehung weiterer Regelkreise ist im nächsten Schritt geplant. Darüber hinaus wird untersucht, ob durch eine Testautomatisierung der Prüf-ablauf weiter optimiert werden kann.

Martin Bennauer
Achim Degenhardt
Dr. Rüdiger Kutzner
Patrick Müller
Christoph Schindler
Michael Schütz
Dr. Andree Wenzel

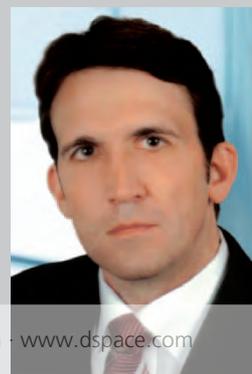
Dr. Rüdiger Kutzner
Dr. Rüdiger Kutzner ist Professor für Regelungstechnik an der Fakultät I – Elektro- und Informationstechnik der Hochschule Hannover.

Patrick Müller
Patrick Müller ist verantwortlich für die Durchführung der Reglerfunktionstests bei der Siemens AG in Erlangen.

Christoph Schindler
Christoph Schindler ist verantwortlich für die Modellierung der Dampfturbine bei der Siemens AG in Mülheim an der Ruhr.

Michael Schütz
Michael Schütz ist verantwortlich für die Automatisierung der Dampfturbinen-Reglerleittechnik bei der Siemens AG in Erlangen.

Dr. Andree Wenzel
Dr. Andree Wenzel war Teamleiter für Echtzeitsimulation von Dampfturbinen und Generatoren bei der Siemens AG in Erlangen. Seit dem 1. Februar ist er Professor für Elektrische Energieanlagen an der Hochschule Hannover.





Frühzeitige Evaluierung eines Satellitenkommunikationssystems

Auf den Punkt gefunkt



Das Satellitenkommunikationsterminal Air Patrol von Astrium Ltd. ermöglicht die Entwicklung eines Systems zur punktgenauen Antennenausrichtung in jeder Fluglage.

Vor kurzem präsentierte Astrium Ltd. das erste Satellitenkommunikationsterminal aus der „Air Patrol“-Reihe, das die Entwicklung von Satellitenkommunikationssystemen für unbemannte Fluggeräte (UAVs) vereinfacht. Seine Stärken zeigen sich gerade bei solchen Anwendungen, die von Randbedingungen wie beispielsweise engen Zeitplänen, begrenzten Budgets, rauen Umgebungsbedingungen sowie den für UAVs typischen Einschränkungen bei Masse, Leistung und Volumen diktiert werden. Die Entwicklung der komplexen Steuerungssysteme wurde mit den Rapid-Prototyping-Werkzeugen und dem Support von dSPACE realisiert.

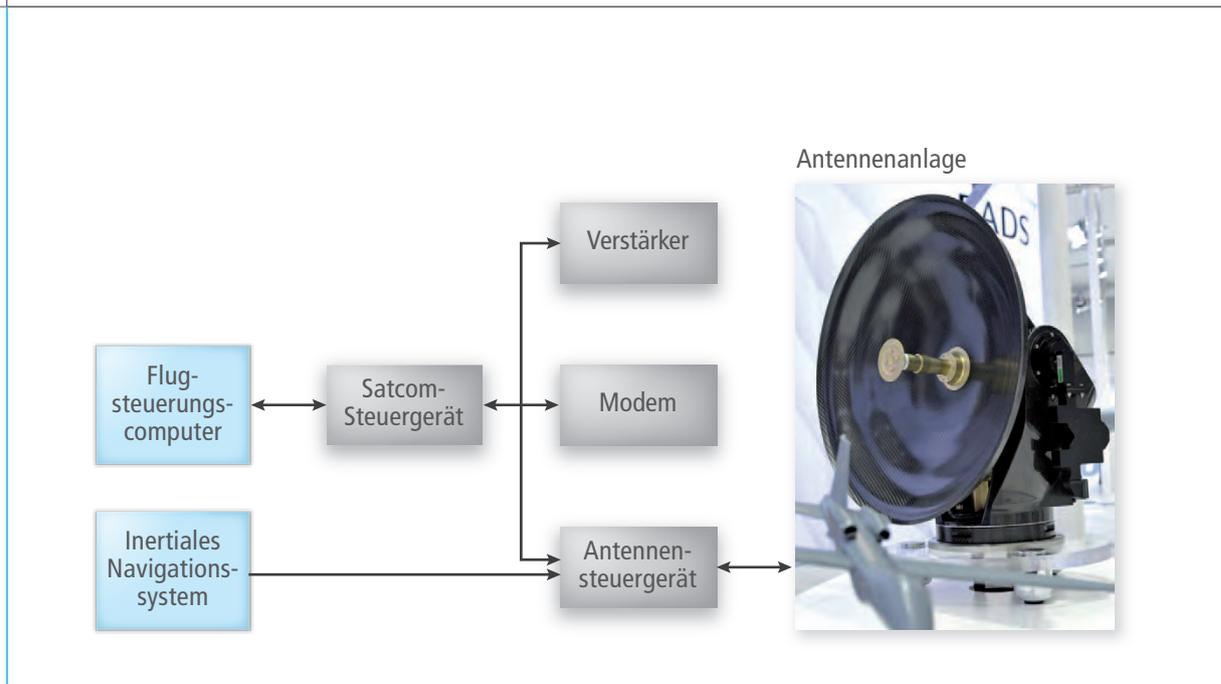


Abbildung 1: Die Komponenten des Air-Patrol-Terminals zur präzisen Nachführung der Antenne.

Entwicklung des Antennensteuergerätes

Astrium Ltd. blickt in der Verteidigungsindustrie auf eine lange Historie im Bereich der see- und luftgestützten Satellitenkommunikation zurück. Das vor kurzem vorgestellte Satellitenkommunikationsterminal Air Patrol ermöglicht die Entwicklung eines gewichtsparenden, kostengünstigen und zugleich robusten und effizienten Satellitenkommunikationssystems für den sich rasant entwickelnden Markt der unbemannten Fluggeräte. Es deckt einen großen Frequenzbereich (X bis Ka, entspricht ca. 8-40 GHz) ab. Astrium Ltd. trägt die Verantwortung für den kompletten Entwicklungs- und Lebenszyklus der Antennenanlage und der austauschbaren Elektronikkomponenten (Line Replaceable Units, LRUs). Die LRUs und die Antennenanlage übernehmen zusammen folgende Aufgaben:

- Senden und Empfangen von Signalen
- Auf- und Abwärtskonvertierung von Frequenzen
- Modulation und Demodulation
- Ausgabe von Steuerungsbefehlen und Überwachung des Systems

- Antennenstabilisierung und Nachführung (zur Kompensation der Flugbewegungen zwecks permanenter Ausrichtung auf den Satelliten)

Die dSPACE Produkte spielten eine Schlüsselrolle für die termingerechte Entwicklung des Antennensteuergeräts, das die Antenne ausrichtet und stabilisiert.

Anspruchsvolle Kundenanforderungen

Anwendungen im Bereich der unbemannten Fluggeräte sind geprägt von den oben erwähnten Randbedingungen wie u.a. raue Umgebungsbedingungen sowie Gewichts- und Volumenbeschränkungen. Weil Testflüge kostspielig sind (aufgrund von Flugwerkpassungen, Installationen, Treibstoffkosten, Versicherungsaspekten und dem hohen zeitlichen Aufwand), besteht großes Interesse, soweit wie möglich auf numerische Simulationen und Hardware-in-the-Loop (HIL)-Tests auszuweichen. Weil sich viele der UAV-Versuchsträger noch in der Entwicklung befinden, sind dabei Methoden und Prozesse erforderlich, die eine schrittweise Entwicklung von Hardware-

Schnittstellen vereinfachen.

Für potentielle Kunden ist die Demonstration der Machbarkeit ihrer Vorhaben sehr wichtig. Durch Rapid Control Prototyping war Astrium Ltd. in der Lage, greifbare Hardware vorzustellen, die wesentlich überzeugender ist als ein abstrakter Entwurf auf Papier.

Punktgenaue Antennenausrichtung im Flug

Die Übertragung von Funkfrequenzen folgt üblicherweise einem $\sin(x)/x$ -Profil, d.h., die Signalstärke nimmt von der Mitte des Richtstrahls nach außen hin ab.

Die Herausforderung für das Antennensteuergerät besteht darin, die Bewegungen des Fluggeräts zu kompensieren und so das Signalmaximum immer bis auf wenige Zehntelgrad genau auf die Empfangsantenne des Satelliten in ca. 36.000 km Entfernung (geostationäre Bahn) auszurichten.

Die Flugbewegungen werden von einem Inertialen Navigationssystem (INS) erfasst, einem Standard-Avionikgerät in der Flugnavigation, das mit dem Flugsteuerungscomputer über einen Air Vehicle Bus verbunden ist. Der Bus liefert Daten an das Steuergerät und versorgt so die Regel-



„Mit den Werkzeugen und der Unterstützung von dSPACE konnten wir schon früh im Projekt das Vertrauen unserer Kunden gewinnen.“

Ed Hagger, Secure Satcom Systems

algorithmen der Antenne mit den Bewegungsdaten des Fluggerätes. Die Regelalgorithmen initiieren die zur Kompensation der Flugbewegungen notwendige Nachführung der Antenne. Bürstenlose Gleichstrommotoren bewegen die Antenne horizontal und vertikal (auf ihrer Azimut- und Elevationsachse). Auf den Motorenachsen befinden sich Absolutwertgeber zur Erfassung der Antennenposition. Ihre Signale werden zurück an die Regelalgorithmen auf dem Antennensteuergerät übermittelt.

Während der Entwicklungsphase des Steuergeräts galt es, verschiedene nichtlineare Störfaktoren zu berücksichtigen, die zu einer ungenauen Antennenausrichtung führen können, beispielsweise Rauschen, Vorspannung, Quantisierungsfehler, Bewegungsverzögerungen, Messbandbreiten, Ansteuerungsverzug, Sättigung, Reibung, Abtasteffekte, Ausrichtungsfehler, elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) etc.

Frühe Evaluierung durch RCP- und HIL-Tests

Rapid Control Prototyping und HIL-Tests erlaubten die frühe Evaluierung der oben beschriebenen Störfaktoren und ermöglichten die erforderlichen Korrekturen.

Die HIL-Umgebung war ein Mittel, die Leistung der einzelnen Komponenten sowie deren Eignung für die Air-Patrol-Anwendung zu evaluieren. Systemtests der Antenne ließen sich durch Einspeisung von Teststimuli durchführen. So konnte der Frequenzgang des realen Systems gemessen werden, das wiederum zur Validierung der linearen Modelle zum Einsatz kam. Mit den HIL-Tests war die Einspeisung von echten oder simulierten Flugdaten eines INS möglich. So konnte der während eines realen Fluges ablaufende Ausrichtevorgang der Antenne simuliert werden. Der Aufbau der HIL-Testumgebung erforderte die frühe Konfiguration der Gerätetreiber, wovon auch spätere Projektphasen profitierten.

So ließen sich Kommunikationsprobleme der Komponenten früh im Projekt beheben. Dank der Rapid-Control-Prototyping-Methode war es möglich, schon frühzeitig die Algorithmen zur Antennenausrichtung auf beweglichen Plattformen am Boden zu testen, beispielsweise mit Hilfe von „Schaukeltischen“ oder Fahrzeugen. Auf diese Weise ließ sich die automatische Antennennachführung auch auf Flugshows und Messen demonstrieren.

Dieser Prozess bestärkte bei Astrium Ltd. nicht nur das Vertrauen in den Systementwurf, sondern, was noch wichtiger ist, er erhöhte auch die Zufriedenheit der Kunden. Dieser Wandel war bei den Entwurfsabnahmen spürbar: An die Stelle früherer Grundsatzdiskussionen im Sinne von „Kann das überhaupt so gebaut werden?“ traten nun ganz konkrete Fragestellungen, die dazu beitrugen, die Qualität des Produktes zu erhöhen.

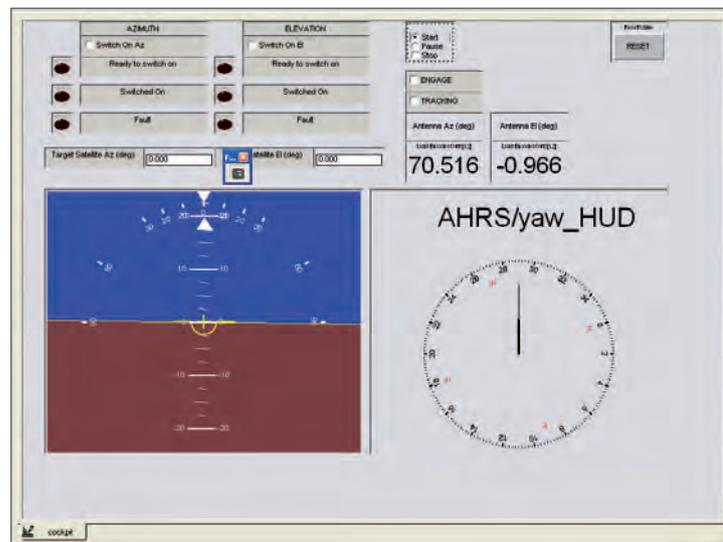


Abbildung 2: Mit Hilfe der Experimentiersoftware ControlDesk von dSPACE wurde die Hardware gesteuert und überwacht.

Breite Palette von dSPACE Produkten im Einsatz

dSPACE ermöglichte die durchgängige Verbindung vom Algorithmus-Prototyping in Simulink® bis hin zum Einsatz der dSPACE Echtzeit-Hardware. Der Zugriff auf die I/O der dSPACE Hardware war relativ einfach, so dass der Fokus auf die Entwicklung der Algorithmen zur Antennenausrichtung gelegt werden konnte. Im Projekt Air Patrol kamen mehrere Hardware-Produkte von dSPACE

zum Einsatz. Anfänglich hat sich das DS1103 mit seiner umfassenden I/O-Ausstattung nicht nur als echtes Arbeitspferd bewährt, sondern es erfüllte auch alle Anforderungen und passte ins begrenzte Budget. Mehrere kostengünstige Varianten der Micro-AutoBox wurden für Marketing-Zwecke und Funktionstests eingesetzt. Die Prozessorkarte DS1005 bildete die Basis des modularen Simulators, der derzeit mit CAN-, RS422-, A/D- und D/A-Karten ausgestattet ist. Diese Lösung ist erweiterbar, um auch zukünftigen Anforderungen (wie Ethernet oder 1553 I/O) zu begegnen.

Die komplette dSPACE Hardware wird mit Hilfe von ControlDesk®, der Experimentiersoftware von dSPACE, gesteuert und überwacht. In hohem Maße profitiert hat Astrium Ltd. von den leichten Zugriffsmöglichkeiten auf alle Zwischenvariablen und Parameter im Simulink-Modell sowie von der grafischen Darstellung in Echtzeit. Der nächste Schritt ist die Realisierung der Serien-Hardware, die parallel zum Antennenausrichtungsalgorithmus entwickelt wird. Dank der Rapid-Prototyping-Hardware von dSPACE war der Test der Algorithmen in einer realen Umgebung bereits möglich, lange bevor die

Serien-Hardware zur Verfügung stand. Weil TargetLink® den Code automatisch generiert, erübrigen sich detaillierte Spezifikationen und eine manuelle Programmierung. So steht bis zur Serien-Hardware eine durchgängige Umgebung für die Entwicklung der Algorithmen und die Tests zur Verfügung. Algorithmische Fehler durch Fehlinterpretationen der Anforderungen lassen sich komplett ausschließen, da die Entwickler die Hoheit über das Simulink-Modell haben, das zugleich als Quelle für den automatisch generierten Code dient.

Der Prozess für die automatische Code-Generierung schließt manuelle Eingaben durch Software-Entwickler nicht aus. Die Zusammenarbeit zwischen dem System- und dem Software-Team ist notwendig, um die Schnittstellen mit dem automatisch generierten Code abzustimmen und zu definieren. Die I/O-Treiber und der Scheduler werden idealerweise handcodiert oder dem Support-Paket der Ziel-Hardware entnommen.

Die Entscheidung für dSPACE

Die dSPACE Werkzeuge waren beim Rapid Control Prototyping des Air-Patrol-Steuergeräts nicht nur unverzichtbar, sondern ermöglichten aus

Ed Hagger

Ed Hagger ist Regelungstechniker bei Secure Satcom Systems, einem Geschäftsbereich von Astrium Ltd. in Portsmouth, Großbritannien.



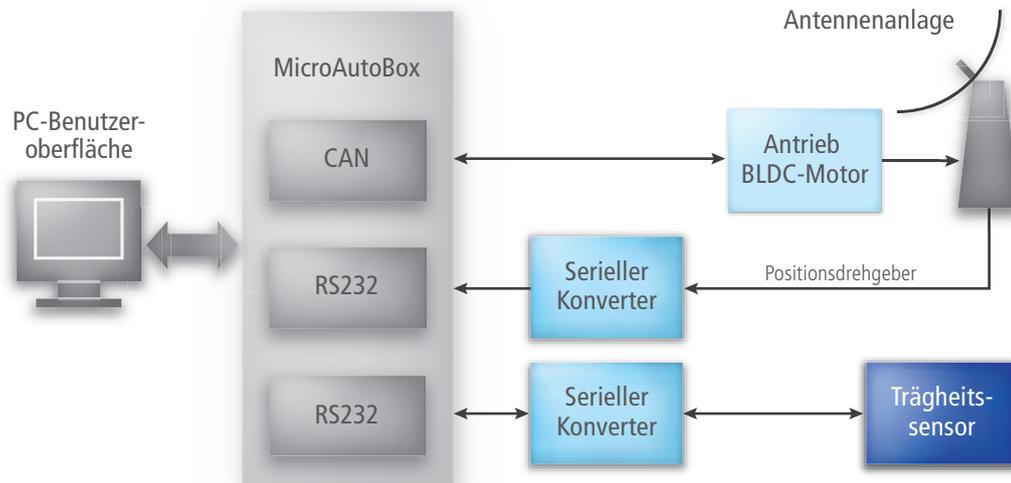


Abbildung 3: Typische Konfiguration der dSPACE Hardware für die Testdurchführung.

Sicht von Astrium Ltd. auch den derzeit schnellsten Weg für das Prototyping eingebetteter Echtzeitsteuerungen. Die dSPACE Werkzeuge lieferten sehr frühzeitig im Projekt ein Bild über die Schnittstellen und die Leistungsfähigkeit der Antennenanlage.

TargetLink komplettierte den Software-Entwicklungsprozess und erlaubte den Einsatz von Serien-Software für Serien-Hardware. Integrierte Features wie Model-in-the-Loop-Simulation, Software-in-the-Loop-Simulation und ein Profiler Tool zur Verfolgung der zeitlichen Lage von Tasks und Events während der Laufzeit unterstützten die Verifikation des generierten Codes. Während der gesamten Entwicklung von Air Patrol standen uns die dSPACE Ingenieure bei Bedarf jederzeit mit umfassendem Fachwissen sowie Rat und Tat zur Seite.

dSPACE TargetLink auch für Folgeprojekte

Weil die eingesetzten dSPACE Produkte ihre Flexibilität unter Beweis gestellt haben, wird Astrium Ltd. sie sowohl für weitere Prototyping- und Testaufbauten anpassen als auch in Folgeprojekten einsetzen. Außerdem ist geplant, mit Unterstützung der

dSPACE Ingenieure die TargetLink-Kenntnisse bei Astrium Ltd. weiter auszubauen, denn die Anforderungen an automatisch generierten Code werden mit der Komplexität kommender Projekte wachsen. Entscheidend dabei ist die Konformität mit dem Standard DO-178B. Astrium Ltd. hegt keinerlei Zweifel daran, dass TargetLink auch die zukünftigen Anforderungen erfüllen wird. ■

*Ed Hagger
Astrium, Secure Satcom Systems*

Zusammenfassung

Damit zwischen UAVs, Satelliten und Bodenstationen ein reibungsloser Funkverkehr stattfinden kann, ist eine zuverlässige Antennenaufrichtung notwendig, die unabhängig von den jeweiligen Flugbewegungen stets bis auf wenige Zehntelgrad gehalten werden muss. Aus den mit Hilfe eines Inertialen Navigationssystems (INS) erfassten Flugbewegungen werden die entsprechenden Befehle für die Antennenmotoren errechnet, die zur Nachführung der Antennen benötigt werden, wobei verschiedene Störfaktoren zu berücksichtigen sind, beispielsweise Rauschen, Ausrichtungsfehler, Bewegungsverzögerungen, EMV, Abtasteffekte etc. Durch eine Einspeisung von echten oder simulierten Flugdaten ließ sich im Labor der während des realen Fluges ständig ablaufende Ausrichtvorgang der Antenne simulieren.

Mit Hilfe der dSPACE Hard- und Software wurden alle beteiligten Komponenten getestet und evaluiert. Zum Abschluss wurde dann der Seriene-code für das Antennensteuergerät mit Hilfe des Seriene-code-Generators TargetLink von dSPACE generiert. Die dSPACE Werkzeuge ermöglichten eine frühzeitige, praxisnahe Evaluierung anhand greifbarer Hardware und trugen entscheidend zur termingerechten Fertigstellung des Systems bei.

An einem experimentellen EVC (Electronic Valve Control)-System mit schnellen hydraulischen Aktoren erforscht Mitsubishi Heavy Industries die weitere Optimierung von Verbrennungsmotoren. Mit dem EVC-System lässt sich jedes Ventilhubprofil realisieren, was einen hochgradig flexiblen Betrieb und zudem hohe Drehzahlen ermöglicht. Ein DS1006-basiertes dSPACE Multiprozessor-Echtzeitsystem dient als experimentelle Steuerungseinheit.

Variable Ventilsteuerungen

Bereits in vielen Serien-Verbrennungsmotoren werden variable Ventilsteuerungen eingesetzt. Zur weiteren Effizienzsteigerung von Motoren werden weiterhin Forschungsprojekte für variable Ventilsteuerungen durchgeführt, beispielsweise im Bereich der Einlassventile zur Steuerung der angesaugten Luftmenge, zur Vermeidung von Motorklopfen und für die interne Abgasrückführungssteuerung. Eine variable Ventilsteuerung lässt sich über verschiedene Verfahren realisieren, die jeweils einen unterschiedlichen Grad an Variationsmöglichkeiten bieten. Ein hohes Maß an Freiheit bei der Ventilsteuerung gilt für die Entwicklung zukünftiger Motoren als wünschenswert, um noch weitergehende Optimierungen erreichen zu können. Die benötigte Flexibilität betrifft sowohl die Ventilöffnungs- und -schließzeiten als auch Ventilhub, Betriebswinkel, Überschneidungen zwischen Einlass- und Auslassventil sowie die Möglichkeit, das Ventilprofil selbst zu variieren.

Elektrische und hydraulische Aktuatorik

Variable Ventilsteuerungen verwenden entweder Magnetspulen oder hydraulische Aktoren. Magnetspulen

haben exzellentes Reaktionsverhalten, allerdings bieten sie nur wenig Stellkraft und ermöglichen keine kontinuierliche Lageregelung. Daher werden sie meist nur für Ein/Aus-Steuerungen eingesetzt und sind für eine besonders präzise Reproduktion des Hubprofils nicht geeignet. Im Gegensatz dazu ermöglichen hydraulische Aktoren zwar große Stellkräfte und sind gut steuerbar, haben aber im Allgemeinen ein weniger gutes Ansprechverhalten und unterstützen keine hohen Drehzahlen. Mitsubishi Heavy Industries hat nun seine langjährige Erfahrung im Bereich der Hydrauliksteuerung in die Entwicklung eines kleinen, schnellen hydraulischen Aktors einfließen lassen, der in einem EVC (Electronic Valve Control)-System eingesetzt werden soll.

Aufbau des EVC-Systems

Das EVC-System besteht aus hydraulischen Aktoren (Abbildung 1), die am Zylinderkopf angebracht sind und die Ventile antreiben, aus Servoventilen zur Lenkung von Fluss und Richtung der Hochdruckhydraulikflüssigkeit, aus Sensoren und einer Steuerung für die Aktorposition sowie aus einer Hydraulikpumpe und Zusatzequipment (Abbildung 2).



Effizientere

Verbrennungs- motoren

Variable Ventilsteuerung eines Camless-Motors
mit schnellen hydraulischen Aktoren

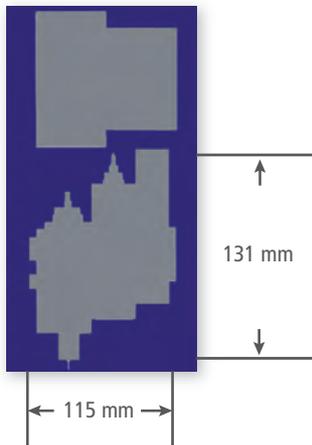


Abbildung 1: Abmessungen (links) und Aufbau (rechts) des EVC-Aktors.

des Ventils von ca. 2 ms erlaubt. Dieses Ventil verbessert die Möglichkeit, dem Hubprofil mit hoher Geschwindigkeit zu folgen; zudem sind seine Abmaße so gering, dass es gut in kleinen Motoren verbaut werden kann.

Prototypische Regelung im Labor

Die Regelung besteht aus einer Aktor-Positionssteuerung, einem digitalen Signalprozessor zur Sicherheitskontrolle – repräsentiert durch das DS1006-basierte dSPACE Echtzeitsystem – und einem Host-PC, um das Hubprofil einzustellen und das System in Echtzeit zu überwachen. Die Regelsoftware für das System wurde in Kooperation mit Ono Sokki Co., Ltd. entwickelt. Ausgeführt auf dem dSPACE Echtzeitsystem, bietet die Software eine Aktorkolbenregelung und kann unterschiedliche Ventilprofile sehr genau reproduzieren. Zudem kann sie Übergänge im Betriebsmodus kompensieren, z.B. bei Änderungen von Drehzahl und Drehmoment.

Zusätzlich überwacht die Regelung die zuverlässige mechanische Funktion und erkennt mögliche Defekte, die z.B. bei extremen Abweichungen der Bauteile oder bei Abstandsänderungen und Differenzen von Aktorkolben auftreten können. Darüber hinaus bietet sie zahlreiche Sicherheitsoptionen zur Vermeidung von Ventil-Kolben-Kollisionen etc.

Test am Mehrzylindermotor

Die EVC-Systemaktoren wurden zu Testzwecken in den Zylinderkopf eines 4-Zylinder-Dieselmotors mit 4 Ventilen eingebaut. Zunächst wurde in laufenden Tests ein Zylinderdruckvergleich zwischen einem normalen Nockentrieb und der Reproduktion desselben Hubprofils mit dem EVC-System durchgeführt (Abbildung 3). Die Ergebnisse zeigen, dass die mit dem EVC-System

„Unser Ziel, einen dynamischen, hydraulischen Aktor zu entwickeln, haben wir mit dem dSPACE System schnell erreicht.“

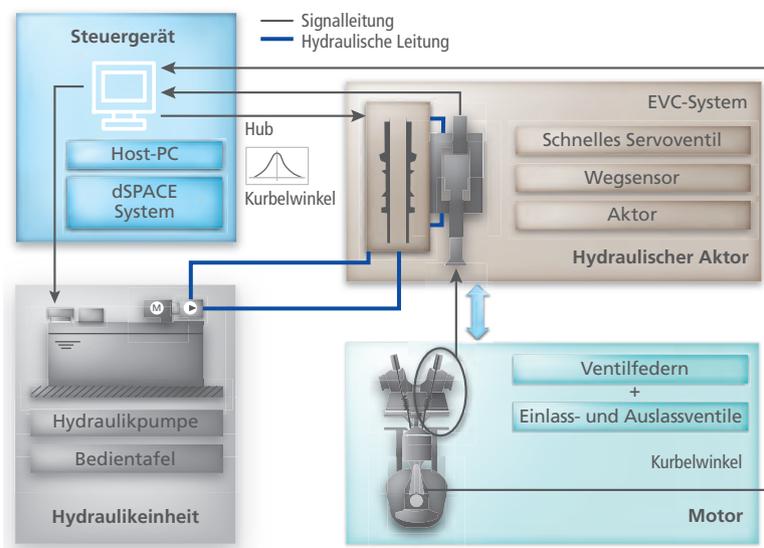
Ryuji Uehara, Mitsubishi Heavy Industries

Eigenschaften und Vorteile des EVC-Systems

Das EVC-System zeichnet sich dadurch aus, dass es Hubprofilen exakt und sehr schnell folgen kann. Ein Vorgang, der durch sehr schnelle

Servoventile und eine Echtzeitregelung erleichtert wird. Die Servoventile wurden von Mitsubishi Heavy Industries für eine Aktorgeschwindigkeit von bis zu 6 m/s ausgelegt, was einen Öffne- und Schließzyklus

Abbildung 2: Schematische Darstellung der Systemkonfiguration des vollständigen EVC-Demonstrators inklusive Steuereinheit.



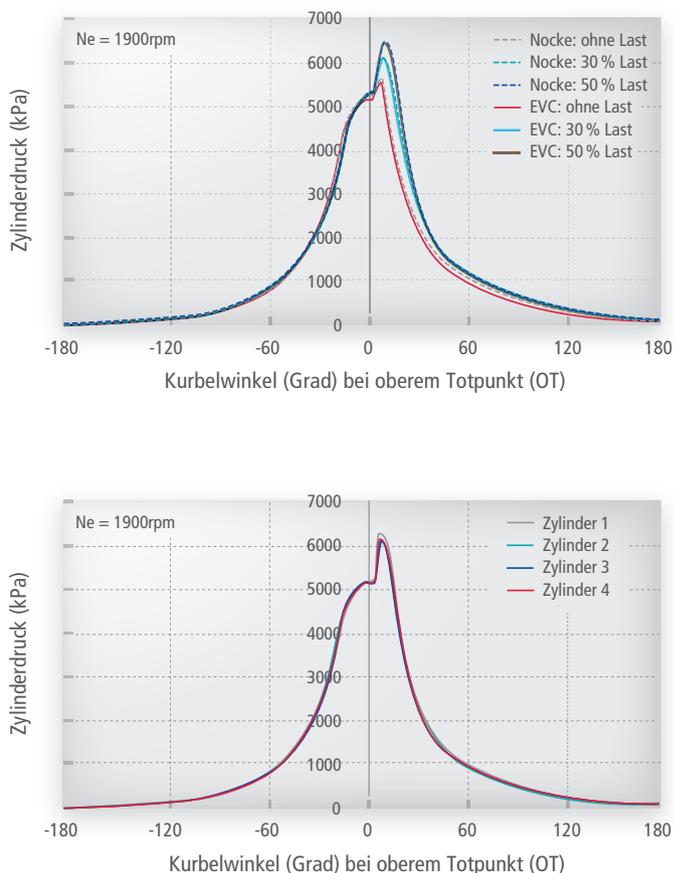


Abbildung 3: Vergleich von Zylinderdrücken mit mechanischer Nockenwellensteuerung und EVC-System.

Abbildung 4: Zylinderdruckvergleich aller 4 Zylinder.

erreichte Genauigkeit vergleichbar mit dem normalen Nockenmechanismus ist. Im nächsten Schritt wurden die Drücke aller 4 Zylinder im EVC-Betrieb verglichen (Abbildung 4). Die Unterschiede zwischen den Zylindern waren minimal und die Leichtigkeit, mit der das Hubprofil zwischen den Zylindern mit EVC-System reproduzierbar war, ist offensichtlich.

Da das EVC-System den Kurbelwinkel konstant beobachtet und die Ventilposition entsprechend sehr schnell anpasst, ist es auch in der Lage, der Motordrehzahl bei Drehzahländerungen zu folgen. Die durchgängige

Steuerung ist daher unter allen Bedingungen während des Testens möglich, ohne die Einstellungen des EVC-Systems zu ändern – vom Start mit dem Startermotor bis zum Stopp mit Unterbrechung der Kraftstoffzufuhr genauso wie mit höherer und niedrigerer Drehzahl. ■

Ryuji Uehara
Mitsubishi Heavy Industries

Fazit

Die Tests mit dem Mehrzylindermotor zeigten, dass das EVC-System die Schwankungen zwischen den Zylindern reduzieren konnte und das Hubprofil nahezu deckungsgleich reproduzierbar war. Der Einsatz des EVC-Systems in der Erforschung neuer Verbrennungstechnologien belegt seine Wirksamkeit bei der Definition der Optimierungsbedingungen für den Verbrennungsprozess. Das dSPACE System bietet Mitsubishi Heavy Industries als experimentelle Steuerungseinheit eine hohe Flexibilität, so dass schnell Änderungen umgesetzt und neue Ideen eingebracht werden können. Dabei überzeugt das System durch einfache Bedienung und stabilen Betrieb. Das dSPACE System führte zu kürzeren Entwicklungszeiten und zu einer Verbesserung der thermischen Effizienz bei neuen Verbrennungstechnologien. In zukünftigen Entwicklungsprojekten wird das EVC-System für Tests auf dem Motorenprüfstand eingesetzt, um das optimale Hubprofil automatisch zu erkennen.

Ryuji Uehara

Ryuji Uehara ist Principal Engineer bei Mitsubishi Heavy Industries, Shimonoseki Designing & Production Department Power System, in Yamaguchi, Japan.





Schnelle Züge für China

Chinesischer Bahnhersteller setzt auf dSPACE HIL-System, um den Entwicklungsprozess seines Antriebssteuergeräts (TCU) zu beschleunigen.



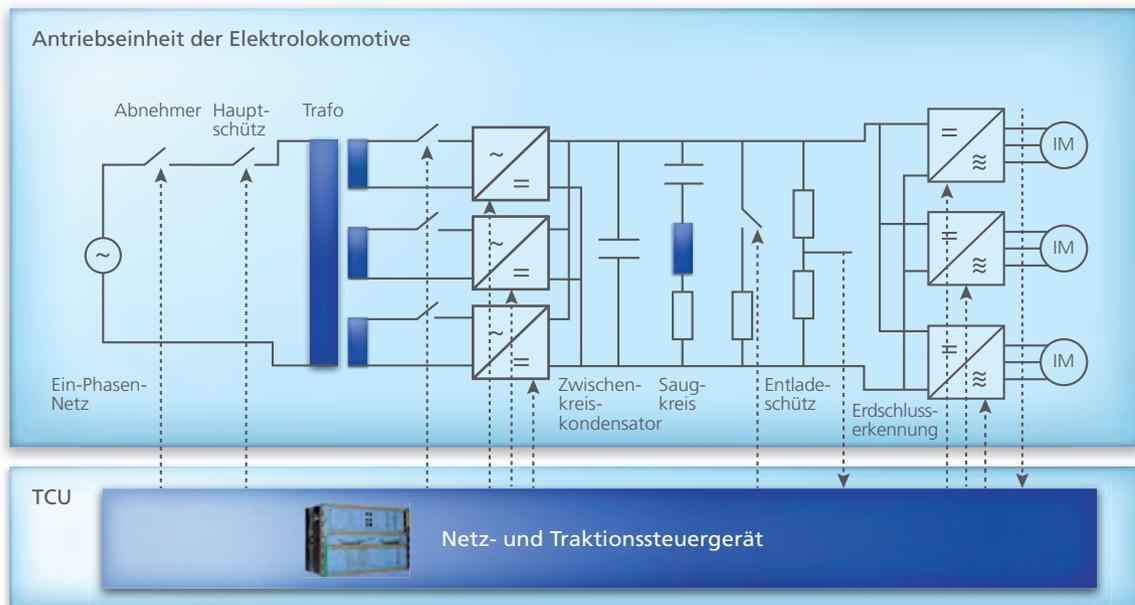


Abbildung 1: TCU und Hauptantriebssteuerung von Elektroloks.

Hintergrund

China hat die größte Bevölkerungsdichte und ist die zweitgrößte Wirtschaftsmacht der Welt. Nun revolutionieren die Asiaten ihre einst hoffnungslos veraltete und ineffiziente Hauptverkehrsinfrastruktur, die Eisenbahn. Nach nur 5 Jahren konnte China sein altes Bahnsystem erfolgreich modernisieren und es in ein hochmodernes Transportnetz verwandeln, angefangen bei Stadtbahnlinien bis hin zu Hochgeschwindigkeitszügen, ähnlich dem europäischen TGV und ICE. Dadurch eröffnen sich auch für die regionale Zuliefererindustrie viele Möglichkeiten.

Stark subventioniert vom Staat, startete das Dalian Electric Traction R&D Center, ein Unternehmenszweig der chinesischen Eisenbahngruppe CNR (China Northern Railway Group), vor kurzem die Entwicklung von Antriebssteuergeräten (Traction Control Unit, TCU) für Elektrolokomotiven. Hier spielt der Entwicklungsprozess eine sehr große Rolle: Da das Projekt bei null anfing, müssen alle Funktionen einschließlich zahlreicher Diagnosefunktionen eingehend evaluiert und getestet werden; Zeit für einen Full-Scale-Prüfstand gibt es nicht. Daher hat sich das Forschungszentrum für den in der Automobilindustrie etab-

lierten Hardware-in-the-Loop (HIL)-Ansatz entschieden, um die Soft- und Hardware ihrer Antriebssteuergeräte (TCU) zu testen.

Was ist TCU?

TCU steht für Traction Control Unit und ist verantwortlich für den optimalen Betrieb der Hauptantriebssteuerung von Elektrolokomotiven. Die Hauptantriebssteuerung zieht mit Scherenstromabnehmern und einer Festfrequenz Strom aus der Oberleitung und konvertiert ihn in Wechselstrom mit variabler Frequenz, um die Elektromotoren auf dem Drehgestell anzutreiben (Abbildung 1).

„Mit dem dSPACE DS5203 FPGA Board können wir eigene Simulationsmodelle mit 100 ns ausführen und die Echtzeitsimulationsdaten so perfekt den Experimentierergebnissen des Prüfstands anpassen.“

Congqian Xu, Ingenieur im HIL-Team, CNR

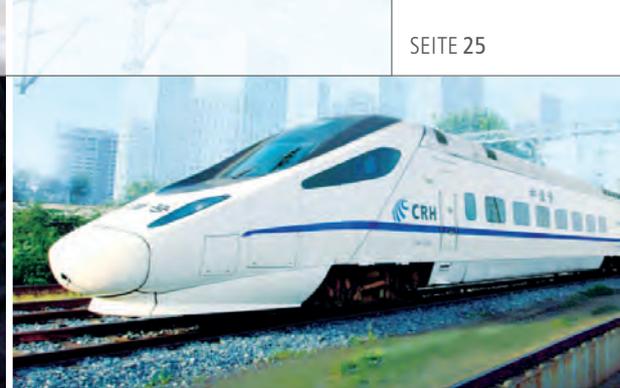


Abbildung 2: HIL-Aufbau mit einem TCU, einer Signalkonditionierungseinheit und modularer dSPACE Hardware (DS1005, DS5203, DS5001, DS5101 und DS2302).

Ein typisches TCU besteht aus zwei Bereichen, einem für die Trasse und einem für die Motoren. Der Teil für die Trasse steuert den Leistungsfaktor und stabilisiert die DC-Zwischenkreisspannung. Der Teil für den Motor steuert den Umrichter und die Antriebsmotoren, um den notwendigen Drehmoment und die Drehzahl zu erreichen.

Warum der HIL-Ansatz?

Wie in der Automobilindustrie haben sich HIL-Simulatoren auch in der Entwicklung und Verifikation von Rege-

lungssoftware für Lokomotiven sehr schnell als hocheffizientes, unverzichtbares Werkzeug etabliert. Große internationale Unternehmensgruppen wie Bombardier, Alstom und ABB setzen HIL-Systeme ein, um die komplexe TCU-Software zu entwickeln und zu testen.

Nach umfassender Auswertung von Erfahrungsberichten des internationalen Wettbewerbs und der Automobilindustrie hat sich das Forschungszentrum der chinesischen Bahn entschieden, HIL-Simulatoren in ihrem gesamten Entwicklungsprozess zu

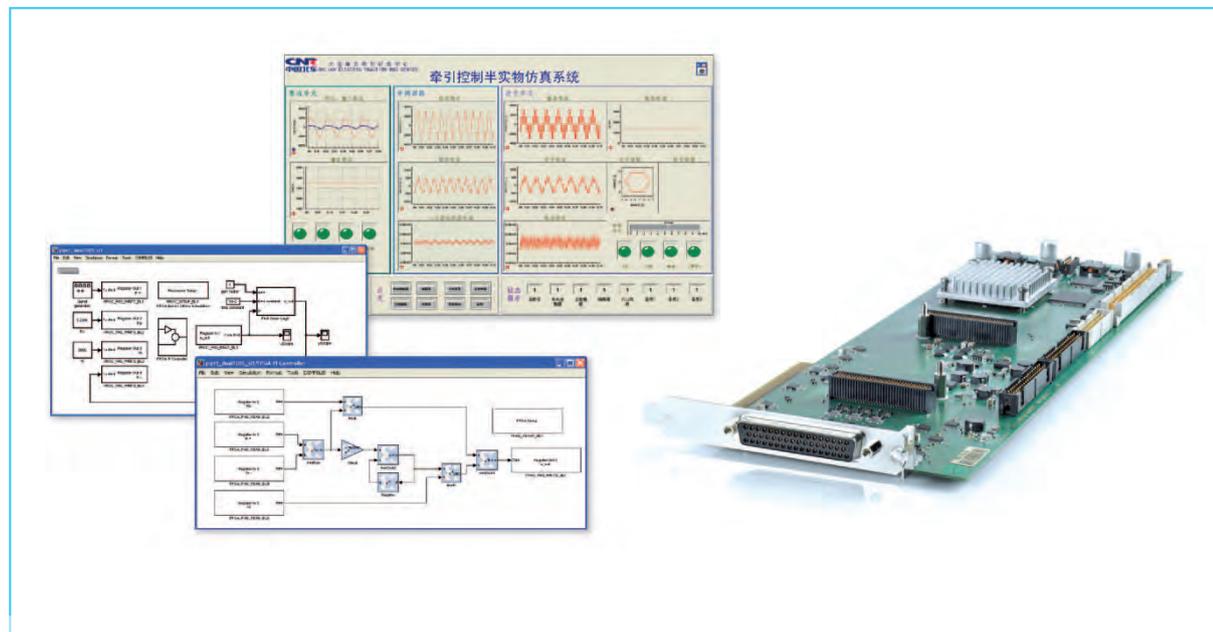
integrieren, um Software- und Hardware-Fehler in einer frühen Phase der Entwicklung aufdecken zu können (Abbildung 2).

Im Gegensatz zu chemischen Prozessen in Verbrennungsmotoren kann der elektromagnetische Prozess in einem TCU mit Hilfe präziser analytischer Gleichungen sehr genau simuliert werden. So ist es möglich, den HIL-Simulator schon in einer frühen Phase der TCU-Entwicklung für die Verifikation der Regelfunktionen einzubinden, beispielsweise um die Auswirkungen mehrerer Modulationsmethoden für

„Wir haben uns für einen dSPACE HIL-Simulator entschieden, da er sich bereits mehrfach in den unterschiedlichsten Bereichen der Automobiltechnik bestens bewährt hat.“

Xiangdong Che, Abteilungsleiter Elektrische Antriebe, CNR

Abbildung 3: Das Streckenmodell kann mit dem RTI FPGA Programming Blockset und den Xilinx®-System-Generator-Blöcken grafisch in Simulink® implementiert werden.



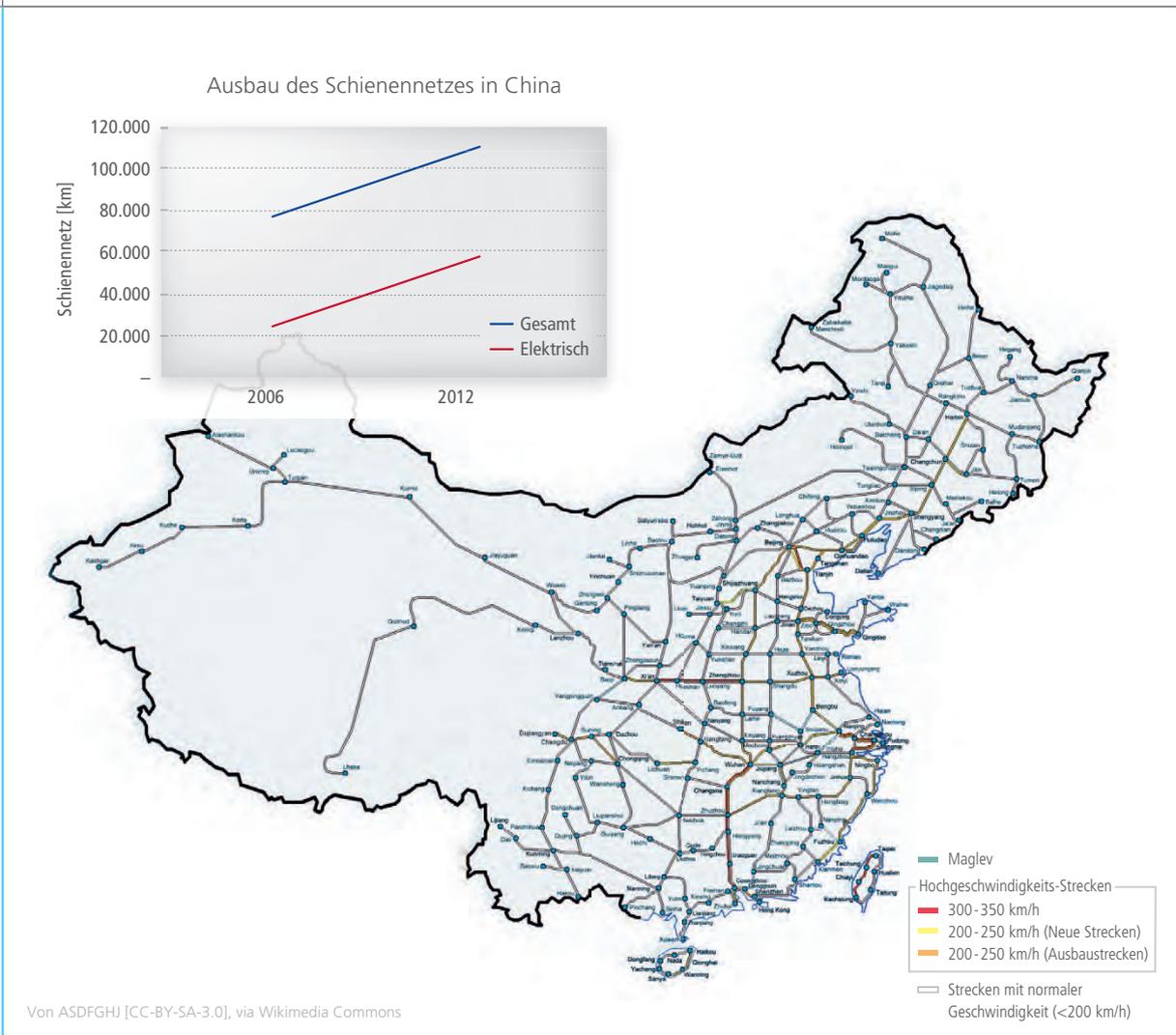


Abbildung 4: In den letzten 6 Jahren wurde der Umfang des chinesischen Eisenbahnnetzes für schnelle Elektrozüge mehr als verdoppelt.

„Ein weiterer Vorteil der HIL-Simulatoren für Lokomotiven ist, dass man sie auch in einer sehr frühen Phase der Entwicklung einsetzen kann und nicht nur für die Integrationstests.“

Xiangdong Che, Abteilungsleiter Elektrische Antriebe, CNR

die Motordrehzahl unter unterschiedlichen Betriebsbedingungen zu bewerten. Da Leistungsschalter wie IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistor) im Modell implementiert sind, besteht keine Gefahr, die Hochspannungskomponenten durch fehlerhafte Ansteuersignale zu beschädigen.

Die Herausforderungen

Bei der Simulation von Leistungselektronik und Antriebssystemen wie dem TCU einer E-Lok ist die größte Herausforderung das Abtasten der hochfrequenten Ansteuersignale des Leistungsschalters. Wenn zum Beispiel der Umrichter und der Antriebsmotor auf einem Echtzeitrechner simuliert

werden sollen, summiert sich der Abtastfehler der Ansteuersignale in der Berechnung des Motorflusses und führt zu mangelhaften Simulationsergebnissen. Dieser Fehler tritt an jedem Ansteuersignalübergang auf und verschlechtert sich, wenn das Verhältnis von Abtastzeit zu Schaltperiode des Ansteuersignals größer wird. Basierend auf Erfahrungswerten, wird ein sehr zufriedenstellendes Simulationsergebnis im HIL-Test mit dem Verhältnis 1:100 erreicht. Das heißt, der Zeitschritt des Echtzeitsimulators sollte 1 μ s sein, um ein für die hochdynamischen Steuerungen elektrischer Maschinen übliches Ansteuersignal von 10 kHz abzutasten.

Diese Vorgabe für den Zeitschritt stellt eine große Herausforderung für die HIL-Zulieferer dar, da es unmöglich ist, Simulationsmodelle auf CPUs mit einem so kleinen Zeitschritt auszuführen. Auch Parallelverarbeitung kann dieses Problem nach heutigem Stand der Technik nicht lösen. Daher wurden FPGA-basierte Lösungen favorisiert und sehr gute Ergebnisse damit erzielt. Allerdings muss bei den kommerziellen Lösungen der HIL-Zulieferer die Neukonfiguration der Hardware übernehmen und nicht jeder Kunde ist mit der Hardware-Beschreibungssprache VHDL oder der Verilog-Codierung vertraut, ganz abgesehen von den Technologien der Hardware-Synthese. Mit dem neuen DS5203 FPGA Board von dSPACE lassen sich beide Probleme elegant lösen. Zudem setzte das Forschungszentrum das dSPACE RTI FPGA Programming Blockset und den Xilinx System Generator ein, um das Simulationsmodell in Simulink komfortabel nachzubauen, zu kompilieren, in Bit-Strömen nachzubilden und schließlich auf das Board herunterzuladen, und das

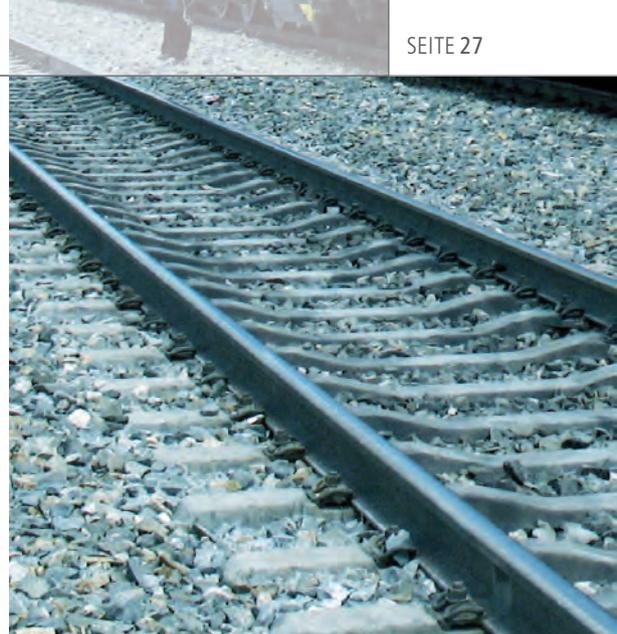
alles automatisiert. Die FPGA-Neukonfiguration erfolgte in einer grafischen Umgebung ohne Vorkenntnisse in VHDL oder der Verilog-Codierung. Das Forschungszentrum portierte so ihr Ursprungsmodell ohne viel Aufwand auf das FPGA-Modell auf dem DS5203 Board (Abbildung 3). Das leistungsstarke FPGA Xilinx Virtex 5 auf dem DS5203 bietet die Möglichkeit, ein sehr großes, komplexes Modell auf dem FPGA zu implementieren. Nach wenigen Optimierungen konnte die vollständige Hauptantriebssteuerung einschließlich 3 4QC-Konvertern, 1 Zwischenkreis, 3 Umrichtern und 3 elektrischen Antriebsmotoren auf einem einzigen DS5203 Board implementiert werden. Durch die FPGA-Parallelverarbeitung kann die Hauptantriebssteuerung in einem Zeitschritt von 100 ns ausgeführt werden, was zu sehr genauen Echtzeitsimulationsergebnissen führt. ■

*Dr. Xizheng Guo
Congqian Xu
Xiangdong Che
China Northern Railway*

*Congqian Xu
Congqian Xu ist Ingenieur im HIL-Testteam des Forschungszentrums der China Northern Railway Group in Dalian.*



*Dr. Xizheng Guo
Dr. Xizheng Guo forscht auf dem Gebiet der eDrives und ist Leiter der HIL-Systementwicklung bei CNR.*



Ergebnisse und Ausblick

Da der HIL-Simulator in einer sehr frühen Phase der Entwicklung eingesetzt wird und viel weniger Verifikationstests für die der Algorithmen am Prüfstand notwendig sind, konnte der TCU-Entwicklungsprozess stark verschlankt werden: TCU-Software und -Hardware-Tests unter verschiedenen Betriebsbedingungen können nun leicht implementiert werden, ohne Leistungselektronik oder Maschinen zu beschädigen. Motiviert durch den aktuellen Erfolg in der TCU-Entwicklung, plant das Forschungszentrum der chinesischen Bahn, weitere DS5203 Boards für den Test von TCUs größerer Eisenbahnfahrzeuge einzusetzen. Auch sollen mehrere Full-Size-HIL-Simulatoren angeschafft werden, um einen vollständigen virtuellen Zug zu implementieren und ganze Steuergeräte-Verbunde für die CRH-Hochgeschwindigkeitszüge zu testen.



Effizient auf dem Feld

In modernen Traktoren werden Gangschaltungen immer seltener. Direct-Traktoren von Valtra verfügen für den optimalen Drehzahlbereich über stufenlose Automatikgetriebe und sorgen damit für mehr Effizienz und Wirtschaftlichkeit auf dem Feld.

Auf der Suche nach dem optimalen Getriebe für ihre Traktoren beauftragte Valtra die Technische Universität im finnischen Tampere, um die am Markt befindlichen Getriebe zu evaluieren. Das Team der Hochschule setzte dafür ein neu entwickeltes statisches Berechnungsmodell ein, das die Attribute der in Frage kommenden Getriebe als Zugkraft/Drehzahl-Diagramm visualisierte. Anhand dessen konnten die Studenten die

Effizienz des hydraulischen Converters in Bezug auf den Gesamtwirkungsgrad bewerten und berechneten so das Druckniveau des hydrostatischen Wandlers sowie Drehmomente und Drehzahlen aller beweglichen Teile. So waren die Eigenschaften der unterschiedlichen Getriebekonstruktionen leicht vergleichbar.

Die Untersuchungen zeigten, dass kein Getriebe alle aufgestellten An-

forderungen erfüllte, so dass Valtra sich entschied, die Entwicklung selbst in die Hand zu nehmen.

Anforderungen an das stufenlose Getriebe

Valtra setzte folgende Anforderungen an ein leistungsstarkes, hocheffizientes stufenloses Getriebe:

- Robuste Konstruktion
- Leichte Bedienbarkeit



Stufenloses Automatikgetriebe mit leistungsgeteiltem Antrieb für mehr Leistung und weniger Kosten

Abbildung 1: In den Direct-Traktoren von Valtra lässt sich der ideale Fahrbereich für die jeweilige Aufgabe individuell wählen. Alle vier Fahrbereiche beginnen bei 0 km/h und bieten stufenlose Geschwindigkeitsanpassung, auch im Rückwärtsgang.

				
	Fahrbereich A: Schwere Zugarbeiten/ Ernte von Sonderkulturen	Fahrbereich B: Feldeinsatz	Fahrbereich C: Schnelles Arbeiten	Fahrbereich D: Straßentransport
0-9 A	Für schwerste Arbeiten wie langsame Aussaat/ Pflanzung oder spezielle Ernteverfahren. Ideal wenn konstant maximale Zugkraft und präzise Geschwindigkeitsanpassungen notwendig sind. Extrem hohe Zugkräfte können mit wegzapfwellengetriebenen Anhängern erreicht werden.	Universeller Feldarbeitsbereich. Ideal für Aussaat, Bodenbearbeitung und Ernte. Leichte Kontrolle der verschiedenen Operationen (z.B. Erntegewindigkeit). Transportarbeiten im Forstbereich.	Ideal bei Transportarbeiten unter Feldbedingungen. Anwendung im kommunalen Bereich. Effizientes Startverhalten mit schweren Lasten.	Ideal für Straßentransport mit hohen Endgeschwindigkeiten.
0-18 B				
0-30 C				
0-50 (40) D				
0 km/h 50				

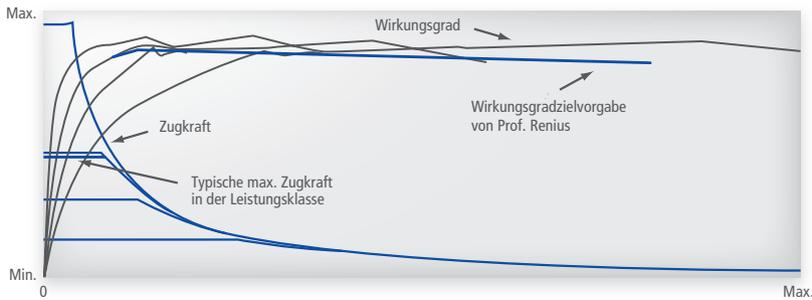


Abbildung 2: Getriebe-Wirkungsgrad bei Vollast. Die erreichte Effizienz erfüllt die Zielvorgaben von Professor Karl Theodor Renius. Renius ist Professor i.R. am Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik der Technischen Universität München. Seine Beiträge im Bereich Traktorenforschung und Technologietransfer sowie seine Rolle in der Lehre der Landmaschinentechnik finden international hohe Anerkennung.

„Mit dem HIL-Simulator von dSPACE hatten wir die Freiheit, alle in Frage kommenden Varianten auszutesten.“

Ville Viitasalo, Valtra Oy

- Verschiedene Einstell- und Bedienmodi mit automatischen Hilfefunktionen
- Minimale Änderungen an Valtras bestehendem Getriebekonzept
- Kostengünstig in Herstellung und Betrieb
- Geeignet für arktische Witterungsbedingungen
- Hohe Lebensdauer
- Einfache Wartung

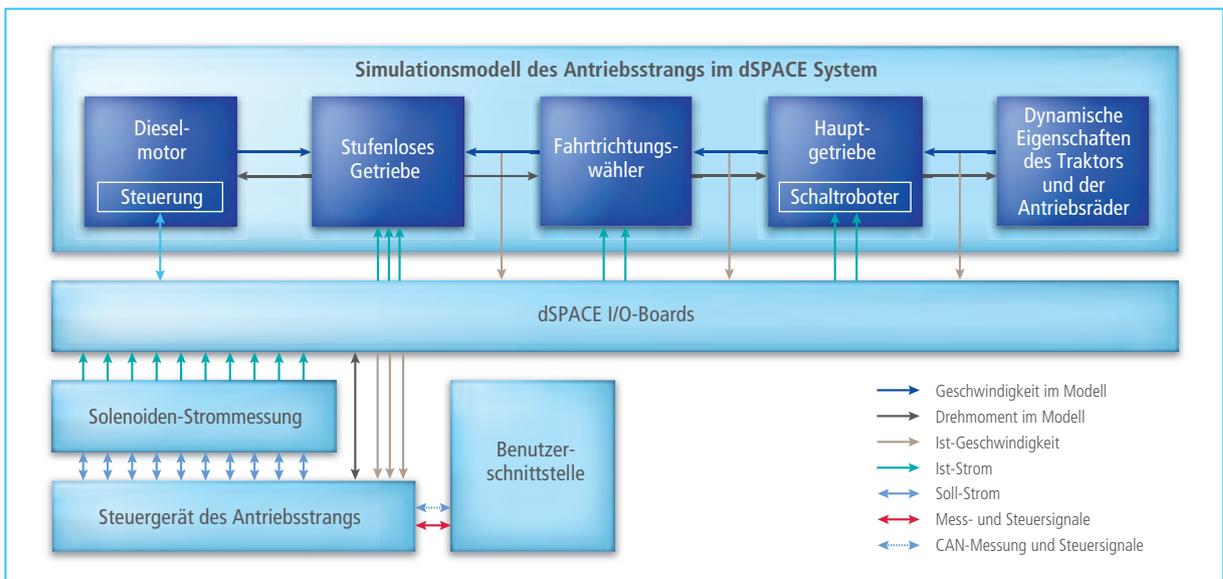
Mit Hilfe des statischen Berechnungsmodells wurde die beste Lösung aus hunderten möglicher Varianten ausgewählt.

Fahrstrategien für jeden Fahrbereich

Valtra analysierte die verschiedenen Betriebsmodi der Traktoren und entwickelte eine optimale Fahrstrategie für jeden Fahrbereich. Alle Fahrstra-

tegien beginnen bei 0 km/h und beschleunigen konstant bis zur Maximalgeschwindigkeit. Das stufenlose Automatikgetriebe besteht aus einem leistungsgeteilten Antriebsstrang, in dem ein hydrostatisches Getriebe von Linde integriert ist. Die Fahrbereiche werden über eine Mehrscheibenkupplung gewechselt. Die Wendeschaltung erlaubt sanftes Starten und Fahrtrichtungswechsel bei unter 10 km/h in den Fahrbereichen A und B. In allen Fahrbereichen lassen sich die Gänge per Knopfdruck einlegen und den eigentlichen Gangwechsel übernimmt ein Roboter. Das gewählte Fahrprofil erreicht optimale Effizienz in jedem Fahrbereich und erfüllt den von Professor

Abbildung 3: Das HIL-System von dSPACE unterstützt Valtra beim Test der Regelalgorithmen für das stufenlose Getriebe.



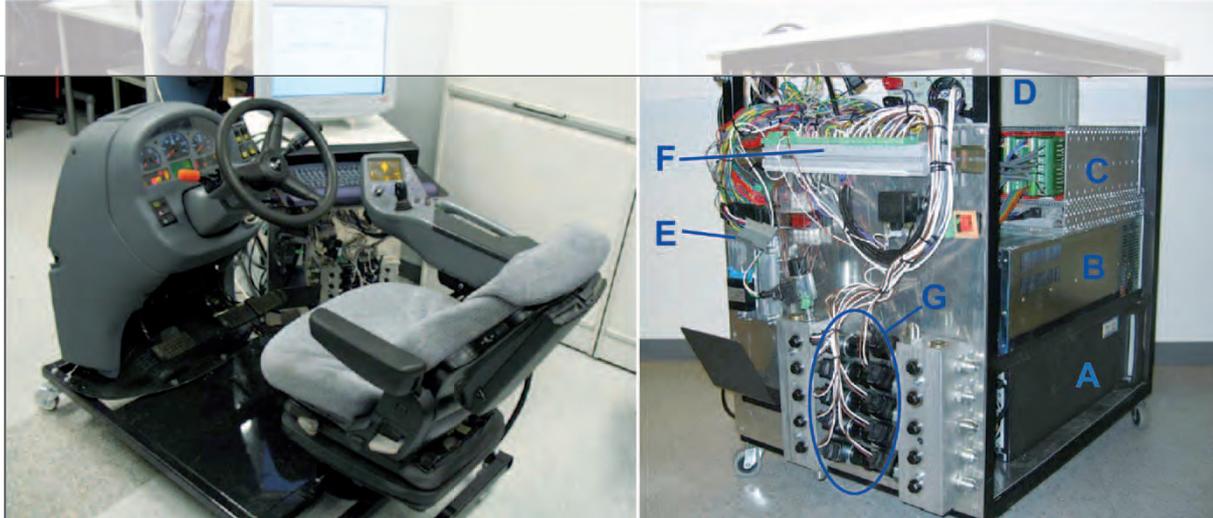


Abbildung 4: HIL-Benutzerschnittstelle und System (A – PC, B – dSPACE AutoBox mit Prozessor- und I/O-Boards, C – Transformator, D – Stromversorgung, E – Antriebssteuerung, F – Anschlussleiste, G – Magnetspulen).

„Dieses Projekt zeigt, dass die Zusammenarbeit von Universität und Industrie exzellente Ergebnisse hervorbringen kann.“

Dr. Mikko Erkkilä, Technische Universität Tampere

K.T. Renius definierten erstrebenswerten Wirkungsgrad (Abbildung 2).

Entwicklung der Getriebesteuerung mit HIL-Simulation

Für die Entwicklung der Antriebssteuerung des neuen stufenlosen Getriebes wurde ein dynamisches Antriebsstrangmodell erstellt, das alle Komponenten zwischen Dieselmotor und Antriebsrädern abdeckt. Valtra baute basierend auf diesem Dynamikmodell ein Hardware-in-

the-Loop (HIL)-System auf und setzte es für die Entwicklung der Regelalgorithmen und die Programmierung der Antriebssteuerung ein. Das HIL-System besteht aus mehreren dSPACE I/O-Boards und einem dSPACE Prozessorboard, das die Simulationsmodelle ausführt. Die Steuersignale werden gemessen und zur Steuerung des Simulationsmodells digitalisiert. Die Übertragung diverser Steuer- und Messsignale erfolgt über den CAN-Bus gemäß SAE-

Standard J1939. Mit dem HIL-Simulator ist es möglich, die Steuerung unter realen Bedingungen zu testen – und das am Schreibtisch. Fehler und Gefahrensituationen lassen sich so umfassend prüfen, was die Sicherheit der Steuerung maßgeblich verbessert. ■

*Dr. Mikko Erkkilä,
Technische Universität Tampere
Ville Viitasalo, Valtra Oy*

Dr. Mikko Erkkilä

Dr. Mikko Erkkilä schrieb seine Dissertation „Modeling and Simulation of CVT Drive Lines“ an der Technischen Universität in Tampere in Kooperation mit Valtra Oy. Heute ist er als Technologieleiter bei Hydac Oy in Vantaa, Finnland beschäftigt.



Ville Viitasalo

Ville Viitasalo ist Teamleiter im Bereich Getriebe bei Valtra Oy in Suolahti, Finnland.



Fazit

Das statische Berechnungsmodell bietet in der Entwicklung neuer Getriebe- und Antriebskonzepte leistungsstarke Unterstützung. Zusammen mit statischen, dynamischen und HIL-Simulationsmodellen ermöglichen simulationsgestützte Entwicklungswerkzeuge, die Entwicklungszeiten und -kosten drastisch zu reduzieren. So stehen mehr Ressourcen sowohl für virtuelle Tests und Feldtests als auch für die Steigerung der Funktionalität und Zuverlässigkeit der Maschinen zur Verfügung. Die Kooperation zwischen Universität und Industrie verlief äußerst fruchtbar. Durch das Verschmelzen von Know-how aus Theorie und Praxis konnten hervorragende Ergebnisse erzielt werden.

Studenten der Universität Stuttgart entwickeln elektrischen Rennwagen mit innovativem Batteriemangement

A Winning Formula



Der E0711-2

Motoren:	2 permanentmagneterregte Synchronmotoren mit je 50 kW
Steuerung:	MicroAutoBox II
Akkumulatoren:	Lithium-Polymer-Pouch-Zellen mit 588 V
Gewicht:	266 kg
Beschleunigung:	0 auf 100 km/h in 3,0 s



Das Regelwerk der Formula Student hat strenge Richtlinien, wenn es um die Sicherheit der elektrisch angetriebenen Rennwagen geht. Um diese zu gewährleisten, setzt das GreenTeam Uni Stuttgart bei der Entwicklung seines High-Speed-Boliden auf Technik von dSPACE. Die neue dSPACE MicroAutoBox II steuert die Fahrdynamik, überwacht das Sicherheitssystem und regelt das Batteriemangement.

Das GreenTeam in der Formula Student Electric

GreenTeam Uni Stuttgart ist ein gemeinnütziger Verein, in dem über 30 aktive studentische Mitglieder Elektro-Rennwagen nach dem Reglement der Formula Student Electric entwickeln und bauen. Besonders ist, dass der komplette Entwicklungsprozess, von der Konzeptionierung und Konstruktion über die Fertigung der Teile bis hin zur Montage und Erprobung des Prototyps, von den Studenten selbst gestaltet wird.

Im Oktober 2009 gegründet, war das Ziel die Entwicklung eines Formula-Student-Rennwagens mit einem rein elektrischen Antrieb und die erfolgreiche Teilnahme an Wettbewerben der Formula Student Electric.

Zur Entwicklung des ersten elektrisch angetriebenen Rennwagens wurde das verbrennerangetriebene Weltmeisterschaftsauto von 2008 des

Rennteams, der F0711-3, entsprechend modifiziert und optimiert. Der Fokus lag hierbei vor allem auf der Integration des Elektromotors, der Hochvoltbatterie sowie der erforderlichen Steuerung.

Elektrische Fahrzeugkomponenten

Der zweite Rennwagen E0711-2 der Saison 2010/11 ist mit zwei 50-kW-Elektromotoren, Typ AMK DT7-80-20-POW, ausgestattet, die hinten längs im Fahrzeug verbaut sind und unabhängig voneinander die Hinterräder antreiben. Die notwendige Betriebsspannung wird von einer Hochvoltbatterie, Zellentyp Lithium Polymer (LiPo), geliefert. Ihre Kapazität liegt bei 8,4 kWh mit einer maximalen Spannung von 588 V und einer Energiedichte von 180 Wh/kg. Die Akkumulatoren in diesem Stuttgarter Rennboliden sind in drei Strängen von 140 Zellen in Reihe

angeordnet, womit das Fahrzeug drei unabhängige, parallel geschaltete Batterien hat.

Funktionen eines Batteriemangementensystems (BMS)

Ein BMS wird zur Kontrolle elektrischer und thermischer Vorgänge der Batterie verwendet, wenn mehrere Akkuzellen, die zu einer Batterie zusammengeschaltet werden, überwacht und geregelt werden sollen. In der Fahrzeugtechnik steuert ein BMS darüber hinaus verschiedene Betriebszustände im Fahrzeug, optimiert Lebensdauer und Leistung der Batterie und bringt sie, falls nötig, in einen sicheren Zustand.

Ist das Fahrzeug etwa abgeschaltet, so wird das BMS in einen Schlafmodus versetzt. Befindet sich das Fahrzeug in einem (zyklisch programmierbaren) Wachmodus, können Größen wie Spannung, Stromstärke

oder Temperatur durch das BMS auf Unregelmäßigkeiten oder Ausfälle hin überwacht werden. Diese werden dann in Echtzeit an den Fahrer und auch an das Rennteam übermittelt, die so entsprechende Maßnahmen treffen können.

Anforderungen an das Batteriemanagementsystem

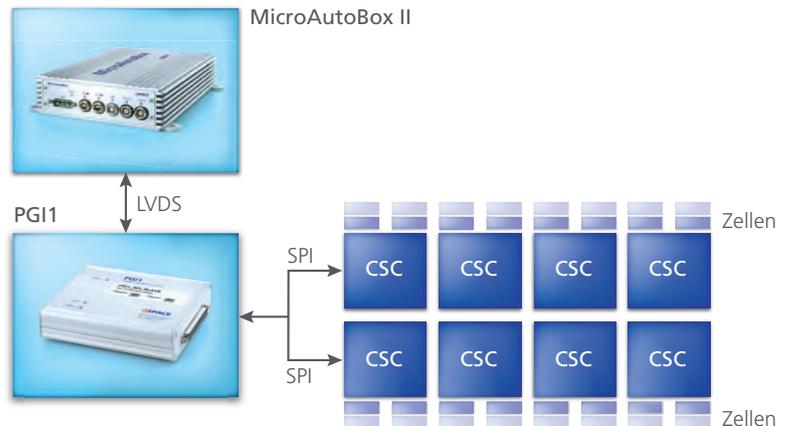
Das Reglement der Formula Student Electric Germany (FSE) gibt für den Rennwagen E0711-2 vor, dass sich ein Batteriesystem selbsttätig abschaltet, wenn dessen Zellen außerhalb der vorgegebenen Parametergrenzen arbeiten. Für den vollen Funktionsumfang des BMS müssen weitere Eingangsgrößen zur Optimierung des Batteriemanagements erfasst und ausgewertet werden. Dazu gehören die Spannungen der einzelnen Zellen und deren Temperaturen. Darüber hinaus müssen Zustände wie Überladung, Tiefenentladung, Überströme, Kurzschlüsse und die Umgebungstemperatur erfasst werden. Dadurch wird das Risiko minimiert, dass eine geschwächte

oder ausgefallene Batteriezelle die anderen Zellen des in Reihe geschalteten Systems und damit die Gesamtleistung beeinflusst. Dies ist besonders in der Formula Student Electric wichtig, da die Batterieladung eines elektrisch angetriebenen Rennwagens auch in einem Ausdauerrennen (insgesamt

22 km) über die gesamte Zeit halten muss, ohne neu geladen zu werden.

Konzeption des BMS

Um einen zuverlässigen Betrieb der Batterie zu gewährleisten, ist das Team folgendermaßen vorgegangen: Die abgegriffene Leistung wird als

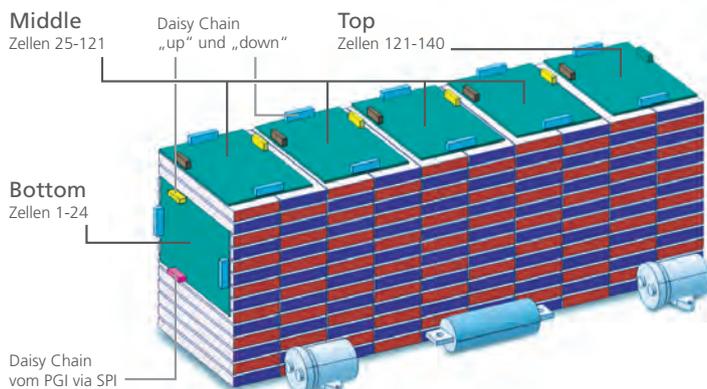


Batteriemanagementsystem: Die dSPACE MicroAutoBox II ist über den LVDS-Bus mit dem dSPACE Schnittstellenmodul PGI1 verbunden und kontrolliert das BMS. Das PGI1 bezieht über SPI-Busse Informationen von den Cell-Supervisor-Controllern, die die einzelnen Zellen überwachen.

„Mit der MicroAutoBox II und dem dSPACE PGI1 können wir elementare Zustände der Hochvoltbatterie präzise erfassen und das Sicherheitssystem steuern.“

Leonardo Uriona, Teamleiter E0711-2





Das Batteriemodul Bottom beinhaltet Batteriezelle 1-24, Middle beinhaltet Batteriezelle 25-121 und Top beinhaltet Batteriezelle 122-140.
Das Bottom-Modul bildet die Schnittstelle zum dSPACE PGI1-Modul mittels SPI-Bus.
Das Top-Modul beendet die Daisy Chain des Bussystems, das die Informationen übermittelt.

Funktion von Temperatur T und Ladezustand SOC (State of Charge) geregelt. Überladung und Tiefenladung werden durch eine Intervallsteuerung verhindert: An der oberen Grenze (4,2 V) wird der Ladevorgang unterbrochen, dann werden alle Zellen auf die niedrigste Spannung balanciert. Sobald alle Zellen die gleiche Spannung haben, wird versucht, diese auf 4,2 V zu laden. Der Ladevorgang wird so iterativ fortgesetzt bis alle Zellen bei ihrem maximalen SOC liegen. An der unteren Ladegrenze (3,5 V) errechnet das System den

erwarteten Spannungsabfall, so dass die Batterielast die untere Grenze nicht überschreitet.

Über das Verhältnis der SOC-Kennlinien, der Temperatur und der noch zu fahrenden Kilometer kann das BMS errechnen, wie viel Leistung freigegeben werden kann. Dies geschieht mit Hilfe der dSPACE MicroAutoBox II.

dSPACE Technik im Rennwagen

Die MicroAutoBox II dient als Rechenzentrale für das Batteriemanagementsystem. Sie überwacht das Gesamtsystem und verarbeitet über LVDS (Low Voltage Differential Signaling)-Bus die Informationen aus dem dSPACE PGI (Programmable Generic Interface). Das PGI kommuniziert dann per SPI (Serial Peripheral Interface) mit den einzelnen CSC (Cell Supervisory Controller).

Die Auswertung der Batteriezellen und verschiedene Steuerungsmechanismen übernimmt ein BMS-Modell, das auf einer dSPACE Engineering-Lösung basiert. Das dSPACE-gestützte Batteriemanagement hat sich für das GreenTeam bewährt und wird auch in dieser Form im richtigen Wettbewerb eingesetzt. Die vielen Erfolge des Rennteams mit dem elektrischen



Edward Eichstetter (links)
Edward Eichstetter ist Teamleiter Gesamtfahrzeug des GreenTeam Uni Stuttgart, Deutschland.

Leonardo Uriona (rechts)
Leonardo Uriona ist Teamleiter Gesamtfahrzeugelektronik des GreenTeam Uni Stuttgart, Deutschland.

Rennwagen der zweiten Generation belegen die zuverlässige Funktion des Fahrzeugs.

Die Entwicklung schreitet voran

Das Greenteam Uni Stuttgart konnte in 4 Wettbewerben bereits 3 Top-Platzierungen für sich verbuchen. 2010 wurde in Deutschland und Italien beide Male der Gesamtsieg gefeiert. Auch 2011 bewies das Team seinen Kampfgeist mit dem zweiten Platz in Italien.

Diese Erfolge motivierten das Team, jedes Jahr mit einem neuentwickelten und verbesserten Rennwagen in Deutschland auf dem Hockenheimring und in Italien anzutreten. Darüber hinaus strebt das Team noch weitere Teilnahmen an internationalen Wettbewerben an.

Inzwischen befindet sich das GreenTeam an den Arbeiten für den E0711-3, die nun dritte Generation selbstentwickelter Elektro-Rennboliden. ■

Edward Eichstetter
Leonardo Uriona
GreenTeam Uni Stuttgart

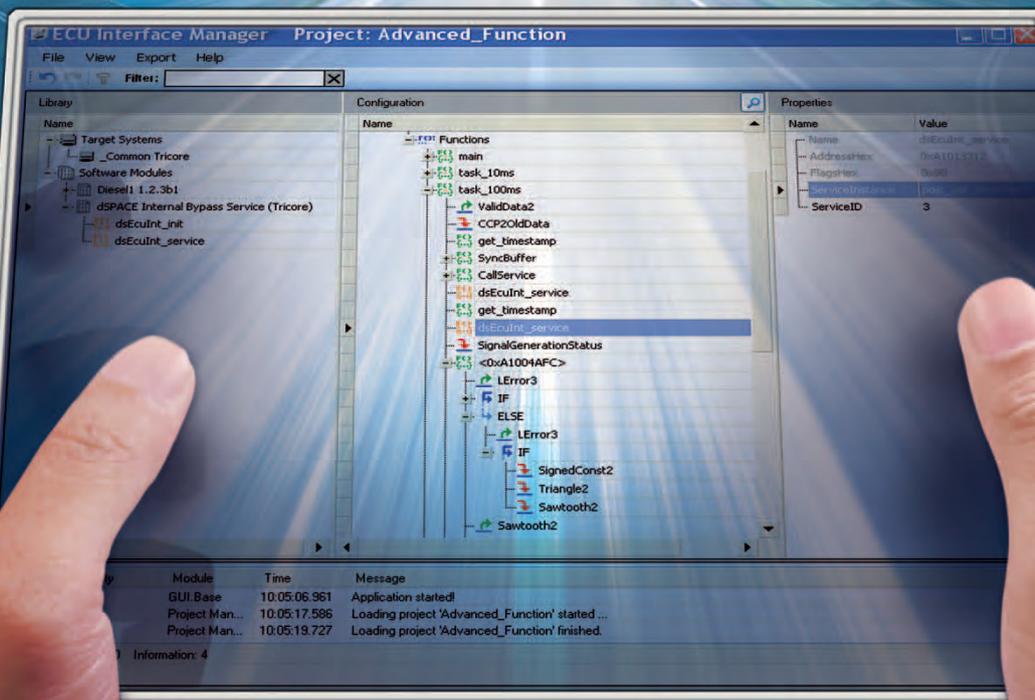


Bypassing

ohne Umwege

Ideen schneller auf die Straße bringen

Umleitung



Mit dem ECU Interface Manager und der internen Bypass-Option erweitert dSPACE das Werkzeugportfolio für die schnelle Funktionsentwicklung und das servicebasierte Bypassing. Funktionsfreischnitte lassen sich nun unmittelbar in die kompilierte Steuergeräte-Software einfügen und neue Ideen direkt auf dem Zielsteuergerät umsetzen. Der Steuergeräte-Quellcode und die Build-Umgebung sind dafür nicht erforderlich.



Neue Herausforderungen

Heutzutage wird für neue Fahrzeuggenerationen in der Regel keine komplett neue Steuergeräte-Software entwickelt, sondern der bestehende Code angepasst. Für diese Arbeitsweise hat sich das servicebasierte externe Bypassing bewährt, bei dem ein Rapid-Prototyping-System die neuen Funktionen parallel zum Steuergerät berechnet. Die notwendigen Schnittstellen (sog. Freischnitte) in der Steuergeräte-Software muss der Zulieferer als Service-Aufrufe im Quellcode integrieren. Dieser Prozess ist in der Regel durch iterative Abstimmungen zwischen Fahrzeughersteller und Zulieferer gekennzeichnet, und in einigen Fällen werden im Projektverlauf zusätzliche, vorab nicht eingeplante Software-Anpassungen notwendig. Für den Fahrzeughersteller können entsprechend lange Projektlaufzeiten und hohe Projektkosten die Folge sein.

Bei AUTOSAR-Steuergeräten ergeben sich weitere Herausforderungen, denn werden Software-Komponenten beim Fahrzeughersteller oder bei Projektpartnern entwickelt und dem Steuergeräte-Zulieferer zur Integration in die Gesamtsoftware als Objekt-Code übergeben, kann der Steuergeräte-Lieferant diese Komponenten meist nicht mehr verändern, d.h. keine Freischnitte einfügen.

Obwohl aktuelle Innovationstreiber wie Elektromobilität, CO₂-Reduktion und Verkehrssicherheit den Bedarf an geeigneten Prototyping-Entwicklungsumgebungen erhöhen, steht einem Ausbau häufig das Budget im

Weg. Kostengünstige Einstiegsysteme werden zunehmend gefordert. Gleichzeitig stößt man bei der Entwicklung von sehr schnellen Regelschleifen mit der externen Bypass-Methode an Grenzen.

Die Antwort: Erweiterte Werkzeugkette

Die Antwort auf diese Herausforderungen bietet dSPACE mit einer erweiterten Werkzeugkette für die Funktionsentwicklung mittels der Bypass-Methode. Neben den existierenden Lösungen für das externe Bypassing auf leistungsfähigen Rapid-Prototyping-Systemen wird nun zusätzlich das interne Bypassing, auch On-Target-Prototyping genannt, unterstützt. Auf Basis einer durchgängigen Entwicklungsumgebung in MATLAB®/Simulink® können somit Software-Funktionen direkt auf dem vorhandenen Steuergerät unter Ausnutzung der freien RAM- und Flash-Speicherressourcen entwickelt werden. Zudem steht ein neues Werkzeug, der ECU Interface Manager, zur Verfügung. Damit haben Endanwender die Möglichkeit, selbstständig Bypass-Freischnitte für das interne und externe Bypassing in die kompilierte Steuergeräte-Software einzubinden. Die Bereitstellung von speziellen Software-Ständen durch den Steuergeräte-Zulieferer ist somit nicht mehr erforderlich.

Vorteile des servicebasierten Bypassings

dSPACE bietet verschiedene Services für das interne und externe Bypassing, mit folgenden Vorteilen:

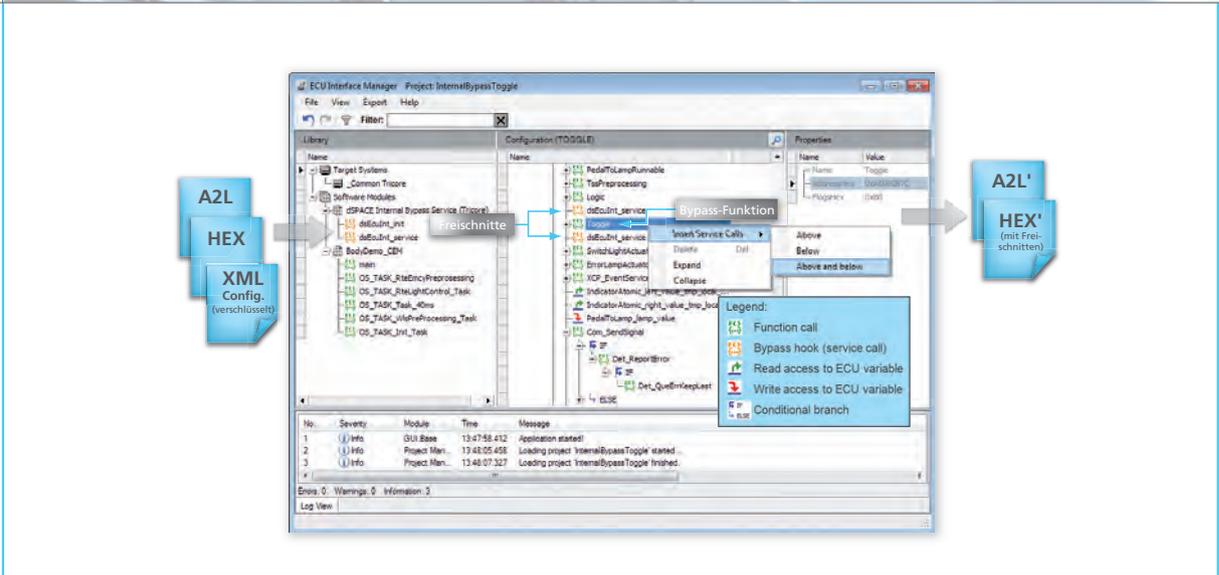


Abbildung 1: Schnelle Integration von Freischnitten mit dem ECU Interface Manager.

- Freischnittkonfiguration in der Modellierungsumgebung:**
Liegt ein Steuergeräte-Softwarestand mit Freischnitten vor, können Entwickler in der Modellierungsumgebung definieren, durch welchen Freischnitt welche Bypass-Funktionen gestartet und welche Steuergeräte-Variablen gelesen und überschrieben werden sollen.
- Datenkonsistenz:**
Beim Lesen und Schreiben mehrerer Steuergeräte-Variablen lässt sich Datenkonsistenz über Doppel-

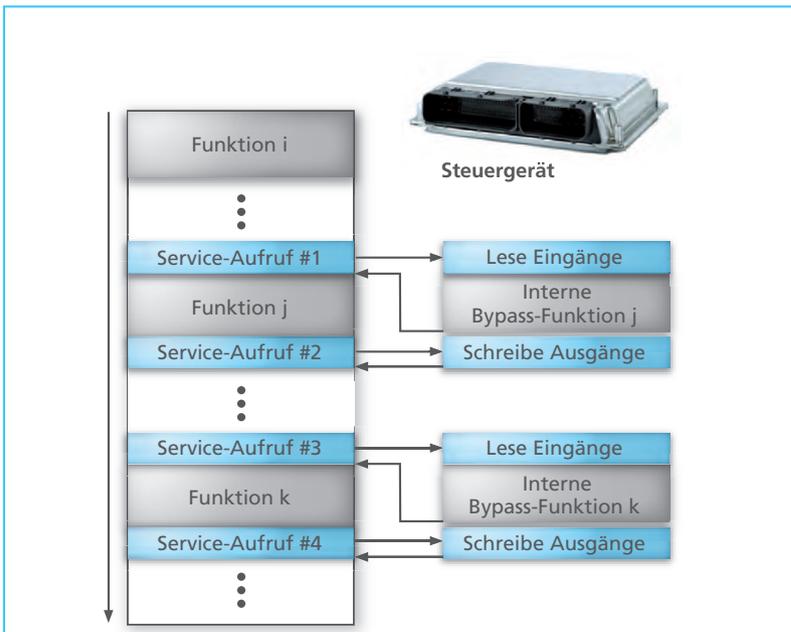
Puffer-Mechanismen sicherstellen. Diese Option ist insbesondere dann wesentlich, wenn die Ausführung der Bypass-Funktion und das Lesen der Eingangs- oder das Schreiben der Ausgangsgrößen in unterschiedlichen Steuergeräte-Tasks stattfindet.

- Sicherheit:**
Es gibt verschiedene Sicherheitsmechanismen, u.a. Fehlerzähler mit automatischer Freischnittabschaltung und Plausibilitätsprüfungen vor dem Schreiben von Variablen.

Integration von Freischnitten in die kompilierte Steuergeräte-Software

Der ECU Interface Manager ermöglicht beim externen und internen Bypassing die Integration von Service-Aufrufen in die kompilierte Steuergeräte-Software (HEX-Datei), und das ohne jede Änderung am Steuergeräte-Quellcode. Hierfür sind neben der HEX-Datei und der zugehörigen Steuergeräte-Variablenbeschreibung (A2L-Datei) nur wenige Zusatzinformationen nötig, z.B. über freie RAM- und Flash-Speicherbereiche und Einsprungadressen für den HEX-Code-Parser, die der Steuergeräte-Zulieferer meist in Form einer verschlüsselten XML-Konfigurationsdatei bereitstellt. Der ECU Interface Manager analysiert den HEX-Code und ermittelt Funktionsaufrufe, Zugriffe auf Steuergeräte-Variablen und bedingte Verzweigungen. In der Konfigurationsdatei ist definiert, welche dieser Informationen der Endanwender im ECU Interface Manager sieht. Filter- und Suchmechanismen lokalisieren dedizierte Variablenzugriffe und Funktionsaufrufe im Programmablauf. Nach Festlegung der Freischnittpositionen lassen sich die Service-Aufrufe intuitiv in den Steuergeräte-Code einfügen und auf Knopfdruck eine modifizierte A2L- und HEX-Datei generieren. Der Zugriff auf die Build-Umgebung des Steuergeräte-Zulieferers erübrigt sich. Auf diese Weise

Abbildung 2: Beispielimplementierung für das interne, servicebasierte Bypassing mit zwei freigeschnittenen Steuergeräte-Funktionen.



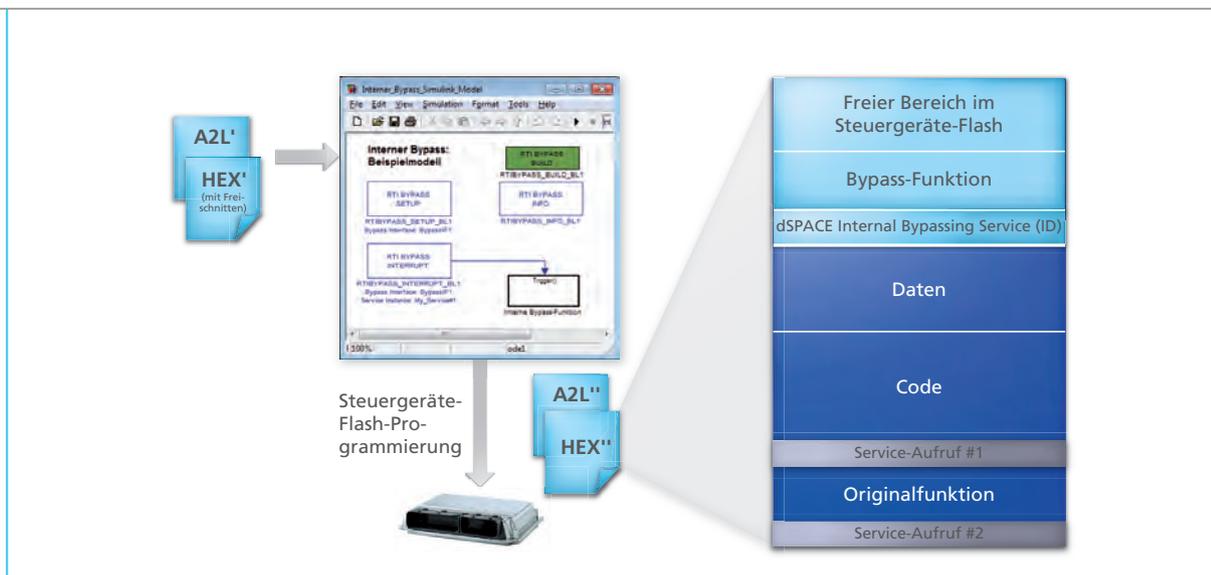


Abbildung 3: Entwicklung einer Software-Funktion direkt auf dem Steuergerät mit der neuen, internen Bypass-Option für das RTI Bypass Blockset.

integrieren Endanwender in wenigen Minuten selbstständig die Freischnitte in die Steuergeräte-Software. Änderungen am Original-Softwarestand können somit auf die spezifische Bypass-Aufgabe begrenzt werden, wodurch sich Speicheranforderungen und Einflüsse auf das Laufzeitverhalten des Steuergerätes minimieren. Zum Beispiel benötigen Freischnitte für das interne Bypassing bei Infineon TriCore™ Mikrocontrollern 32 Byte im Steuergeräte-RAM und bei typischen Anwendungen etwa 2 kByte im Steuergeräte-Flash-Speicher.

On-Target-Prototyping

Die neue interne Bypass-Option für das RTI Bypass Blockset unterstützt die modellbasierte Funktionsentwicklung direkt auf dem Steuergerät. Insbesondere erlaubt sie ein Umschalten zwischen externem und internem Bypassing, und das ohne Änderungen am Funktionsmodell. Erweist sich zum Beispiel beim internen Bypass-Betrieb der RAM- und Flash-Speicher des Steuergerätes als zu klein oder sind zusätzliche Sensorsignale nötig, so lässt sich ohne Modelländerung schnell auf ein externes Prototyping-System wechseln. Umgekehrt gilt das Gleiche, wenn zum Beispiel eine im externen Bypass-Betrieb entwickelte Funktion im Flottentest direkt auf Steuergeräten erprobt werden soll. Zudem sind externe und interne Bypass-Anteile beliebig in einem

Funktionsmodell kombinierbar. Da Steuergeräte mit Seriensoftware-Ständen meist nur wenig freien RAM- und Flash-Speicher haben, könnte man zum Beispiel Funktionsanteile in sehr schnellen Rastern auf dem Steuergerät rechnen, Berechnungen in langsameren Regelschleifen dagegen auf ein externes Prototyping-System auslagern.

Nach dem Einlesen der A2L- und HEX-Datei über entsprechende RTI-Bypass-Blöcke lassen sich in der Modellierungsumgebung die zuvor per ECU Interface Manager integrierten Service-Aufrufe auswählen und zum Lesen und Schreiben von beliebigen Steuergeräte-Variablen oder zum Aufrufen der Bypass-Funktion verwenden. Auf Knopfdruck wird der zugehörige Code für das Funktionsmodell generiert, in den freien Bereich des Steuergeräte-Flash-Speichers gelinkt und mit der ursprünglichen Steuergeräte-Software zusammengeführt. Das Ergebnis ist eine um die Variablen der internen Bypass-Funktion erweiterte A2L-Datei und ein neuer, mit etablierten Werkzeugen auf das Steuergerät flashbarer Hex-Code. Während der Modellierung erlaubt ein Info-Block die Überprüfung des freien RAM- und Flash-Speichers. Bei Verwendung des Simulink® Coders™ zur Generierung von 32-bit Floating-Point-Code sind beispielsweise bei einem Funktionsmodell mit etwa 400 Blöcken und 30 Ein- und Ausgangs-

größen ca. 30 kByte Flash-Speicher und weniger als 4 kByte RAM-Speicher bei Infineon TriCore™ Mikrocontrollern erforderlich.

Der ECU Interface Manager und die interne Bypass-Option unterstützen aktuell Infineon TriCore™ Mikrocontroller. Es gibt keine Abhängigkeiten von Steuergeräte-Plattformen bestimmter Zulieferer. Weitere Mikrocontroller-Familien, z.B. MPC5xxx von Freescale, sollen in der zweiten Jahreshälfte 2012 folgen. ■

Die Vorteile auf einen Blick:

- Schnelle Integration von Funktionsfreischnitten in die kompilierte Steuergeräte-Software durch den Endanwender
- Unterstützung von On-Target-Prototyping und externem Bypassing
- Keine Zugriffe auf Steuergeräte-Quellcode und Build-Umgebung erforderlich
- Erleichterte Freischnittintegration durch grafische Darstellung von Funktionsaufrufen, bedingten Verzweigungen und Variablenzugriffen in der Steuergeräte-Software
- Wechsel zwischen internem und externem Bypassing ohne Modellanpassung



AUTOSAR

3.2 4.0

Seriencode für höchste Ansprüche

TargetLink 3.3

Ob für konventionelle, sicherheitskritische oder AUTOSAR-4.0- und -3.2-konforme Entwicklungsprojekte – die neue Version 3.3 von dSPACE TargetLink ist in Sachen Seriencode-Generierung wegweisend. Sie enthält umfangreiche Erweiterungen im Bereich der AUTOSAR-konformen Entwicklung, des Daten-Managements im Data Dictionary und des komponentenbasierten Arbeitens. TargetLink 3.3 ist sowohl als 64-Bit- als auch 32-Bit-Variante verfügbar.

Unterstützung für AUTOSAR 4.0 und AUTOSAR 3.2

Besonderes Augenmerk lag bei TargetLink® 3.3 auf einer Ausweitung der AUTOSAR-Unterstützung. So werden mit AUTOSAR 4.0 und AUTOSAR 3.2 die zukünftig maßgeblichen AUTOSAR-Versionen unterstützt. Damit stehen TargetLink-Anwendern alle Türen für die AUTOSAR-Projekte der Zukunft offen, wobei aus dem gleichen TargetLink-Modell Software-Komponenten für unterschiedliche AUTOSAR-Versionen erzeugt werden können (Single-Source-Prinzip). Darüber hinaus wurde der durch TargetLink unterstützte AUTOSAR-Sprachumfang maßgeblich erweitert, etwa im Bereich des Mode-Managements und des Umgangs mit Strukturen. Auch die Flexibilität bei der Datei- und Package-Partitionierung und die Usability

wurden verbessert. Für den kombinierten Einsatz von TargetLink und SystemDesk® wurde das Software-Container-Konzept noch weiter optimiert. Anwender können AUTOSAR-Round-Trips zwischen SystemDesk und TargetLink prozesssicher, transparent und mit einem Minimum an Benutzereingriffen durchführen.

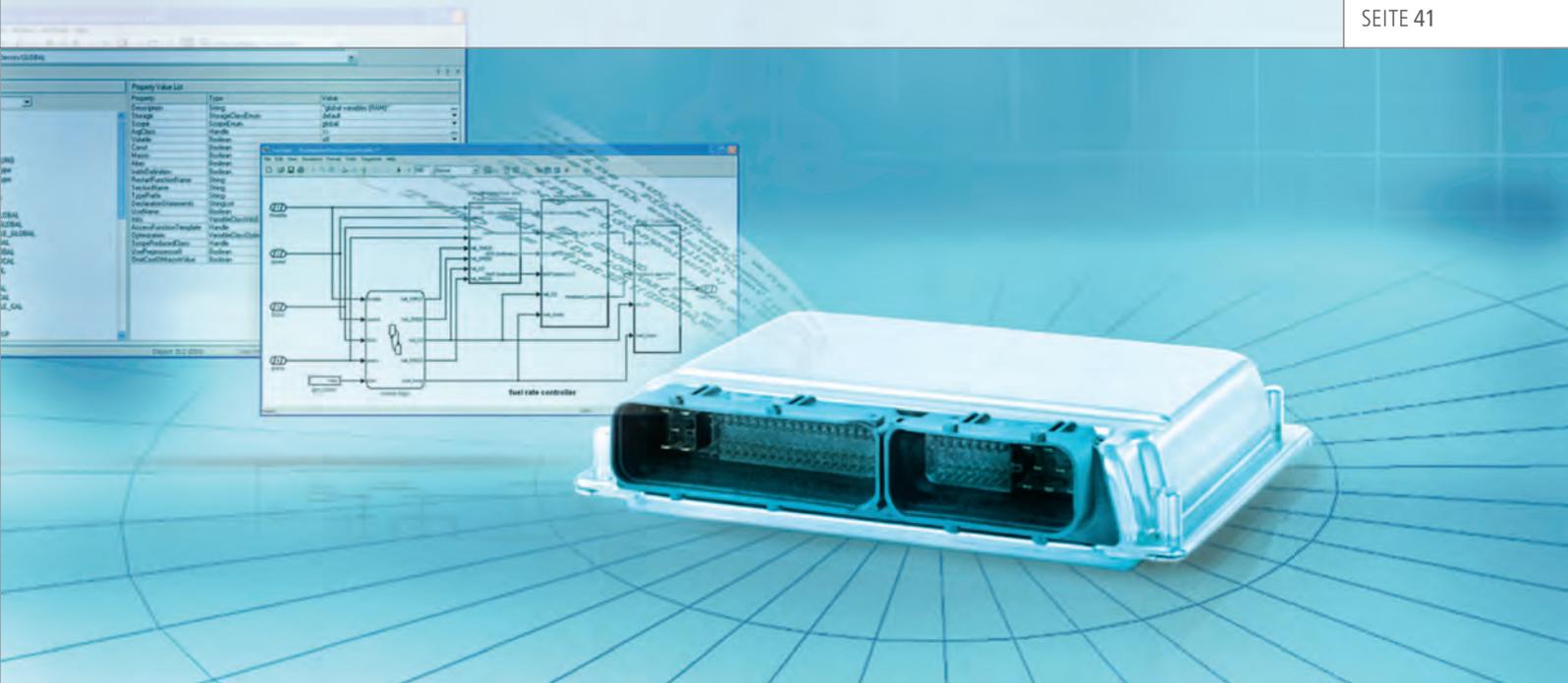
Einfacherer Umgang mit großen Modellen

Mit TargetLink 3.3 haben Anwender die Wahl, ob sie mit einer 64-Bit- oder 32-Bit-Variante der Software arbeiten möchten. Die 64-Bit-Variante von TargetLink 3.3 bietet genau dort Vorteile, wo große Modelle eingesetzt werden, die auf einem 32-Bit-System zu Speicherproblemen führen können. Der Umgang mit großen Modellen als auch das modulare, komponentenbasierte Arbeiten werden

ferner durch eine leistungsfähigere inkrementelle Code-Generierung für Teilsysteme und referenzierte Modelle deutlich verbessert. Der TargetLink-eigene Mechanismus zur Wiederverwendung von generiertem Code wurde substantiell ausgebaut.

Daten-Management für prozesssichere Engineering-Round-Trips

Mit TargetLink 3.3 erfährt das Daten-Management im Data Dictionary eine umfangreiche Verbesserung. So können zukünftig multiple Data Dictionary Workspaces verwaltet und mit unterschiedlichen Projekt-Dateien verknüpft werden. Dies vereinfacht insbesondere Szenarien für Engineering-Round-Trips, in denen projektglobale Daten zwischen dem dSPACE Data Dictionary und sonstigen Werkzeugen im Entwicklungsprozess ausgetauscht werden. Dies können



TargetLink 3.3 ist für die Anwendung in ISO-26262- und IEC-61508-konformen Projekten zertifiziert.

z. B. AUTOSAR-Dateien, XML-Dateien oder SWC-Container sein. Zum Management der Änderungen lädt der TargetLink-Anwender einfach die aktualisierten Daten in einen weiteren Workspace und führt eine Diff&Merge-Operation mit dem alten Datenstand durch, um die Änderungen bzw. Aktualisierungen prozesssicher ins Data Dictionary zu übernehmen und die Auswirkungen auf das TargetLink-Modell zu inspizieren, (Abbildung 1). Zudem unterstützt das Data Dictionary nun ein vereinfachtes Laden von partiellen Data-Dictionary-Dateien, etwa um deren Inhalt zu inspizieren bzw. in ein existierendes Data-Dictionary-Projekt zu überführen.

Kontinuierliche Weiterentwicklung bei Modellierung, Usability und Code-Effizienz

TargetLink 3.3 bietet diverse neue Modellierungsmöglichkeiten und Usability-Verbesserungen:

- Multirate-Modellierungsstile für konventionelle oder AUTOSAR-konforme Modelle
- API-Funktionen für die Visualisierung und den Zugriff auf Simulationsdaten

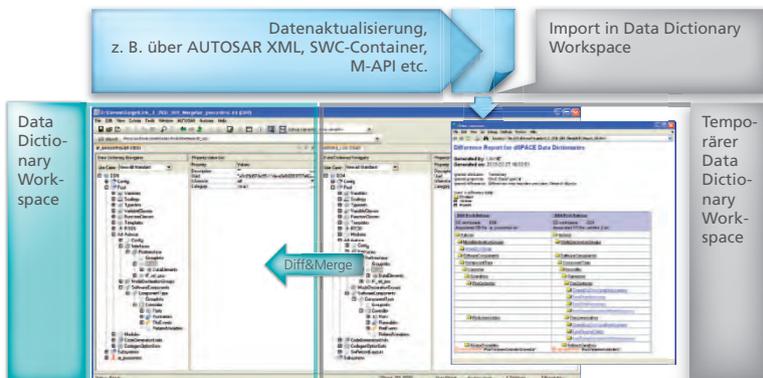
- Dialoge zum komfortablen Editieren von Stateflow®-Charts
 - Möglichkeiten zur einfacheren Verknüpfung von Variablen-Objekten und -Modellen im Data Dictionary
- Auch die Effizienz des generierten Codes wurde durch die Einführung von Lebenszeitanalysen für Variablen weiter erhöht.

Einfache Migration – hohe Flexibilität

Die Migration von TargetLink 3.1 bzw. TargetLink 3.2 auf TargetLink 3.3

gestaltet sich besonders einfach, wobei TargetLink 3.3 dank einer neuen Installationstechnologie parallel zu älteren TargetLink-Versionen installiert und betrieben werden kann. Die 64-Bit- bzw. 32-Bit-Varianten von TargetLink 3.3 werden jeweils mit MATLAB®-Versionen gleicher Bitbreite eingesetzt, wobei TargetLink 3.3 gleich sechs unterschiedliche MATLAB-Versionen von R2009a bis R2011b unterstützt und dem Anwender somit ein Maximum an Flexibilität bietet. ■

Abbildung 1: Multiple Data Dictionary Workspaces inklusive Diff&Merge-Funktionalität zur besseren Unterstützung von Engineering-Round-Trips.





FPGA-basierte Simulationsmodelle für hochdynamische Regelstrecken

Auf zu schnelleren Zeiten

In anspruchsvollen, hochdynamischen Elektromobilität-Anwendungen bieten FPGAs einen enormen Performance-Schub für die Echtzeitsimulation. Mit vollständig FPGA-basierten Simulationsmodellen geht dSPACE jetzt einen Schritt weiter in Richtung Zukunft.

Bei der Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulation dienen FPGAs (Field-Programmable Gate Array) typischerweise zur Entlastung des Prozessors. Dabei werden besonders zeitkritische I/O-Berechnungen der Simulationsmodelle auf das FPGA ausgelagert, so dass auf dem Prozessor mehr Kapazität zur Berechnung des Streckenmodells verfügbar ist. Diese Vorgehensweise ist jedoch nur sinnvoll, wenn die Modelle nicht zu komplex oder die Abstraten nicht zu hoch sind. Bei der Reglerentwicklung von dynamischen, hochgenauen Steuergeräten für Elektrofahrzeuge stößt diese Vorgehensweise manchmal an ihre Grenzen. Die Lösung ist, nicht nur die I/O, sondern das komplette Streckenmodell auf das FPGA auszulagern. dSPACE bietet dafür jetzt eine fertige Bibliothek mit sofort einsetzbaren Komponenten (Abbildung 1).

Für höchste Dynamikanforderungen

Bei konventionellen Ansätzen reicht die Rechenleistung von Prozessoren oft nur für die Simulation von Mittelwertmodellen aus, wobei das Ausgangssignal oft nur einmal pro PWM-Zyklus aktualisiert werden kann. Bei höchsten Anforderungen an Dynamik und Signalgenauigkeit bietet die FPGA-basierte Modellberechnung entscheidende Vorteile. So erzielen FPGAs sehr hohe Abstraten, die es ermöglichen, die Ausgangssignale auch deutlich öfter als einmal pro PWM-Zyklus zu aktualisieren. Damit wird eine deutlich höhere Simulationsgüte erreicht (Abbildung 3). Zum Beispiel ist es mit der hochfrequenten Simulation möglich, die durch PWM-Ansteuerung hervorgeru-

rufene Stromwelligkeit in Induktivitäten zu simulieren, die Präzision bei der Simulation hoher Frequenzen zu verbessern und eine hohe Stabilität des Regelkreises zu gewährleisten. Im Vergleich zum prozessorbasierten Modell verringern sich die Zykluszeiten von typischerweise 50 μ s auf 100 ns.

Komfortable Modellbibliothek

Um die Erstellung von FPGA-basierten Modellen so komfortabel wie möglich zu gestalten, bietet dSPACE eine Bibliothek mit vollständig modellierten elektrischen Komponenten, die XSG Electric Components Library. Diese Bibliothek steht während der Arbeit mit Simulink® zur Verfügung. Die Modelle sind mit dem Xilinx® System Generator (XSG) Blockset erstellt und werden bei der Code-Generierung direkt in VHDL-Code umgesetzt, der auf einem FPGA, z. B. auf dem DS5203 FPGA Board, lauffähig ist. Durch eine teilautomatisierte Generierung der Schnittstellen benötigen Anwender für viele Projekte keine speziellen Kenntnisse der FPGA-Programmierung, sondern nur Erfahrungen im Umgang mit Simulink.

Die FPGA-Bibliothek enthält die fertigen Modelle folgender Komponenten:

- Permanentmagnet-Synchronmotor
- Bürstenloser Gleichstrommotor
- Gleichstrommotor
- Dreiphasiger Wechselrichter
- Drehgeber
 - Resolver
 - Sinus-Encoder
 - TLL-Encoder
 - Hall-Encoder
- Hilfsmittel
 - Mittelwertberechnung
 - Kennfelder: 1D, 2D
 - Scope-Funktion
 - Mittensynchrone PWM-Vermessung

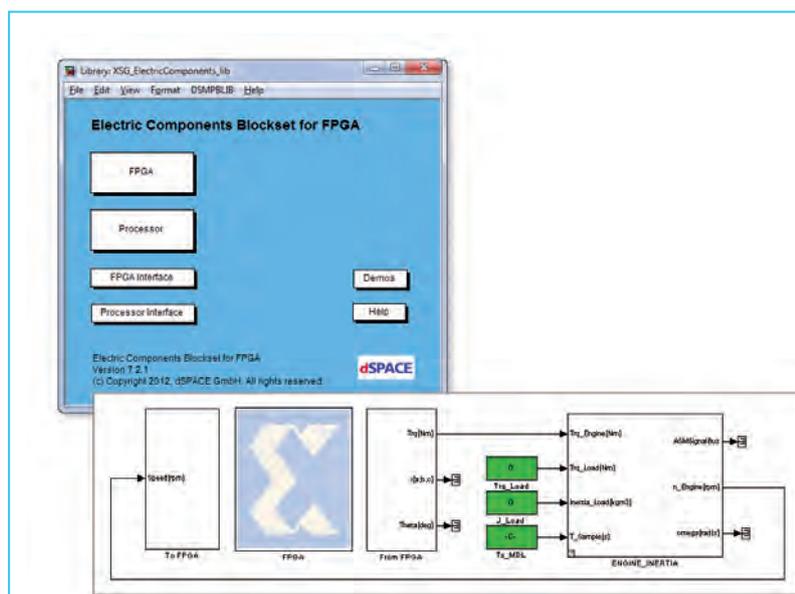
Vorteile der FPGA-basierten Simulation

Neben der sehr schnellen Rechengeschwindigkeit bieten die FPGA-basierten Modelle von dSPACE weitere Vorteile:

■ Projektspezifische Anpassungen

Die Modelle sind offen und ihre Implementierung kann bis auf Basisblockebene nachvollzogen werden. Dadurch können Anwender

Abbildung 1: Die XSG Electric Components Library enthält fertige Modellkomponenten, die direkt verwendet werden können.



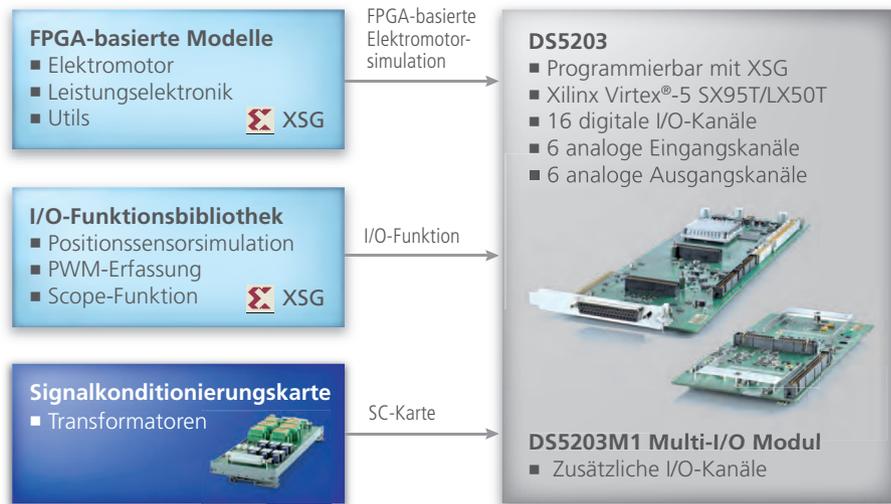


Abbildung 2: Bei der FPGA-basierten Simulation kommen die FPGA-Simulationsmodelle sowie das DS5203 FPGA Board mit eventuell zusätzlichen Modulen zum Einsatz.

projektspezifische Anpassungen selbst vornehmen, oder sie werden auf Wunsch im Rahmen des dSPACE Engineerings realisiert. So ist es möglich, flexibel auf kurzfristige Projekt- oder Anforderungsänderungen zu reagieren.

- **Modellkomponenten erweitern**
Die Offenheit der Modelle ermöglicht nicht nur die freie Anpassung; der Anwender kann sie auch durch spezifische, eigene Modellkomponenten erweitern und ergänzen.
- **Offline- und Online-Simulation**
Die Funktionsentwicklung am PC wird per Offline-Simulation unterstützt. Dasselbe Modell und dieselbe Parametrierung können durchgän-

gig in allen Phasen der Entwicklung genutzt werden. So lassen sich Tests einfach wiederverwenden und Simulationsergebnisse unterschiedlicher Phasen leicht vergleichen.

Know-how aus der Praxis

Um ihre intuitive und einfache Nutzung sicherzustellen, flossen in den Aufbau der FPGA-Bibliothek die Erfahrungen aus vielen Kundenprojekten ein. Die I/O-Funktionen sind an die Funktionen der speziell für die HIL-Simulation von Elektromotoren ausgelegten I/O-Karte, der dSPACE EMH Solution, angelehnt. Auch bei deren Entwicklung nutzte dSPACE die Erfahrungen aus zahlreichen Kundenprojekten.

Die Modelle sind so strukturiert, dass beispielsweise die Berechnung des hochdynamischen Elektromotormodells und des Resolver-Modells parallel auf dem FPGA erfolgen. Per RTI-Interface kommunizieren sie mit einem langsameren Mechanikmodell auf der Prozessorkarte.

Leistungsfähige Kombination aus Hardware und Software

Die neue FPGA-Bibliothek ist optimal für den gemeinsamen Einsatz mit dem frei programmierbaren DS5203 FPGA Board geeignet. Der Anwender kann vollständige Modellkomponenten aus der Bibliothek auf dem FPGA implementieren, beispielsweise ein Permanentmagnet-Synchron-

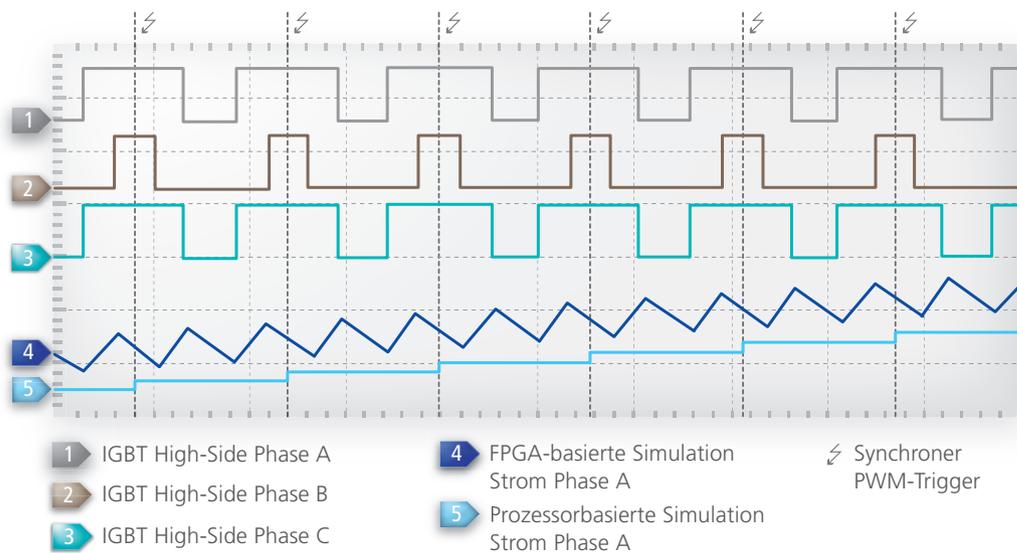


Abbildung 3: Vergleich der Signalqualität von prozessorbasierten und FPGA-basierten Modellen.

motor-Modell samt Resolver-Modell. Das FPGA-Modell wird in ein Gesamtmodell integriert, das auf einer Prozessorkarte ausgeführt wird. Die notwendigen Schnittstellen werden automatisch erstellt. Die Verbindung zwischen dSPACE Hardware und Simulink erfolgt wie gewohnt per Real-Time Interface (RTI) Blockset. I/O-Aufsteckmodule erweitern das DS5203, dessen Kanalzahl sich beispielsweise durch das Modul DS5203M1 verdoppeln lässt. Weitere spezielle Karten bieten zum Beispiel die für die Simulation von Elektromotoren benötigte Signalconditionierung inklusive Transformatoren für die Resolver-Simulation.

Anwendungsbeispiele

Typische Anwendungsgebiete der XSG Electric Components Library sind die HIL-Simulationen hochdynamischer Regelstrecken im Bereich der elektrischen Antriebstechnik. Durch die Kombination aus schneller Modellberechnung und niedriger I/O-Latenzzeit ergeben sich Vorteile,

um auch diese Herausforderungen zu meistern:

- Die für die Entwicklung analoger Stromregler notwendige realistische Abbildung des Stromverlaufs mit einer Abtastrate deutlich über einmal pro PWM-Periode.
- Die Simulationen elektrischer Kreisfrequenzen größer 1000 Hz bringt die prozessorbasierte Simulation an ihre Grenzen. Die Nutzung der FPGA-Technologie erweitert diesen Bereich um ein Vielfaches. Mit einem FPGA-basierten Modell ist die Berechnung um ein 500-faches schneller.
- Gerade bei hochdynamischen Anwendungen wie zum Beispiel DCDC-Konvertern sind höhere PWM-Frequenzen nötig. Bei diesen Frequenzen größer 20 kHz kann die realistische Nachbildung von Strom und Spannung nur noch durch FPGA-basierte Simulation erreicht werden.
- Bei der Simulation eines Elektromotors auf Leistungsebene müssen

Spannungs- und Stromwerte möglichst realitätsnah abgebildet werden. Das ist notwendig, da diese Sollwerte als Ansteuersignale für die elektronische Last dienen. Auch hier ist eine schnelle Berechnung unumgänglich. ■

Fazit

- Komfortable Erstellung FPGA-basierter Modelle durch fertige Komponenten
- Schnelle projektspezifische Anpassungen des Modells
- Online- und Offline-Simulation
- FPGA-basierte Simulation bietet gegenüber der prozessorbasierten Simulation einen weitaus höheren Realitätsgrad.



Echte Tests für virtuelle Steuergeräte

Der Trend ist klar: Steuergeräte-Modelle aus dem Entwicklungsprozess für die Simulation nutzen, um durch frühe Erprobungen und Tests viel Zeit, Geld und Aufwand zu sparen. dSPACE unterstützt diesen Ansatz mit der Simulation virtueller Steuergeräte.

Herr Dr. Krügel, was sind eigentlich virtuelle Steuergeräte?

Die Applikations- und die Basis-Software eines Steuergeräts liegen heute bereits in einer frühen Phase der Entwicklung vor. Integriert man diese beiden Ebenen, führt sie also zusammen, dann erhält man ein virtuelles Steuergerät, eine sogenannte V-ECU (Virtual Electronic Control Unit). Diese V-ECU ist ein realistisches Steuergeräte-Modell, das auf einer Simulationsplattform wie einem PC ausgeführt werden kann. Dank des AUTOSAR-Standards ist eine solche Integration heute viel einfacher möglich als ohne Standardisierung.

Immer mehr Kunden haben uns nach dieser Integration und weiteren Nutzungsmöglichkeiten gefragt.

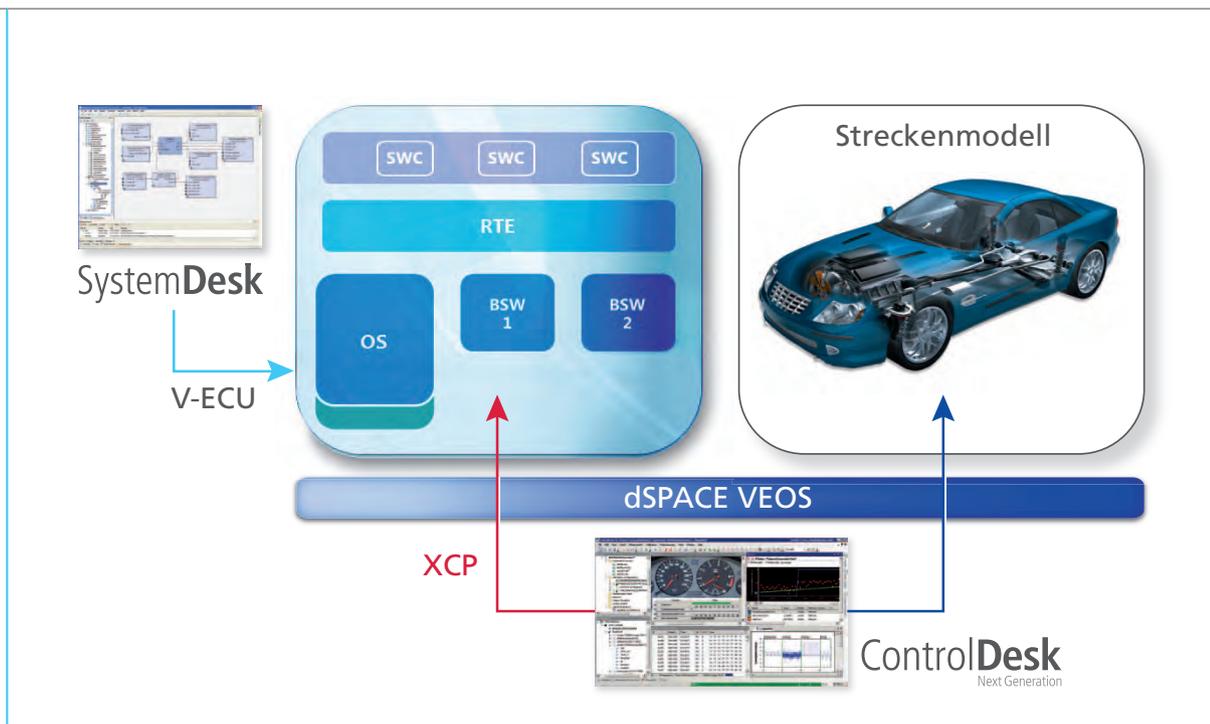
Welche Vorteile hat der Kunde durch den Einsatz virtueller Steuergeräte?

Heute kann der Steuergeräte-Architekt schnell den Überblick über ein komplexes System verlieren. Mit der Generierung einer V-ECU erhält er hingegen schon in der Entwicklungsphase ein realistisches Abbild des späteren Steuergeräts, das offline am PC simuliert werden kann. Hierdurch ist er in der Lage, frühzeitig Konsistenztests durchzuführen, Schnittstellen auf Plausibilität zu

prüfen und das Task-Scheduling zu verifizieren. Diese frühe Erlebbarkeit ermöglicht eine Absicherung der Steuergeräte-Funktionalität, noch bevor erste Steuergeräte-Prototypen vorliegen.

Ganz andere Vorteile ergeben sich für den HIL-Anwender: Dieser kann vorhandene V-ECUs nutzen, um HIL-Tests im Vorfeld zu testen sowie die Ausnutzung des HIL-Simulators beispielsweise durch eine Vielzahl vorverlagerter Variantentests zu optimieren.

Solche und weitere Anwendungsfälle, in denen virtuelle Steuergeräte zur Absicherung eingesetzt werden,



Anwendungsfall für VET: Integration und virtuelle Erprobung von Steuergeräten. SystemDesk dient zur Modellierung einer Steuergeräte-Architektur und zur Integration implementierter SWCs und Basis-Software-Komponenten (BSWCs). Das Verhalten der Steuergeräte-Software kann zusammen mit dem Streckenmodell direkt mit dem Offline-Simulator dSPACE VEOS simuliert werden. Die Visualisierung und Steuerung der Offline-Simulation erfolgt mittels ControlDesk Next Generation.

„Frühe Erlebbarkeit von Steuergeräte-Funktionen und eine Vorverlagerung der Absicherungstests – so arbeitet man zukünftig!“

Dr. Karsten Krügel, dSPACE GmbH

bezeichnen wir als „Virtual ECU Testing“ oder kurz VET.

Welche dSPACE Produkte kommen bei VET zum Einsatz?

Da wir der Überzeugung sind, dass V-ECUs im gesamten Entwicklungsprozess eine wichtige Rolle spielen werden, integrieren wir nahezu unsere gesamte Toolkette: In der ersten Ausbaustufe sind das TargetLink® als Seriene-Code-Generator und SystemDesk® als AUTOSAR-Architekturwerkzeug für die Generierung von V-ECUs. Die für Closed-Loop-Szenarien benötigten Streckenmodelle liefert dSPACE ASM; ControlDesk® Next Generation ermöglicht die Visualisierung und das Experimentieren. Als Basis für die PC-basierte Simulation dient unser Offline-Simulator dSPACE VEOS. Durch die Offenheit unserer Lösungen können auch an vielen Stellen des Entwicklungsprozesses Produkte von Drittanbietern eingebunden werden.

Bereits heute adressieren wir viele Einsatzszenarien virtueller Steuergeräte und es werden noch mehr. dSPACE greift hierbei auf seine große Erfahrung in den Bereichen HIL und Rapid Control Prototyping zurück. Erste Kundenrückmeldungen bestätigen uns, dass wir auf dem richtigen Weg sind.

Welche weiteren Entwicklungen sind geplant?

Wir sehen ein riesiges Potenzial in der Automatisierung für Tests virtueller Steuergeräte. Wie auch die HIL-Tests sollen sie selbstständig über Nacht oder am Wochenende ablaufen. Gleichzeitig sind die Durchgängigkeit und die Wiederverwendung dieser Tests ein zentraler Punkt. Die gleichen Tests, die vorher am PC verwendet wurden, sollen später am HIL-Simulator erneut zum Einsatz kommen. Dieses gilt natürlich auch für Modelle, Datensätze und Layouts.

Natürlich werden die einzelnen Tools kontinuierlich erweitert und ihr Zusammenspiel für VET-Anwendungsszenarien optimiert.

Herr Dr. Krügel, wir danken Ihnen für das Gespräch!

Dr. Karsten Krügel

Dr. rer. nat. Karsten Krügel ist als Produktmanager bei der dSPACE GmbH unter anderem verantwortlich für die Themen Offline-Simulation und Virtuelle Absicherung.



Erstellung und Simulation virtueller Steuergeräte

Einleitung

Mit der dSPACE Toolkette werden Architekturen und Funktionsmodelle basierend auf dem AUTOSAR-Standard erstellt, zusammengebracht und zu einem virtuellen Steuergerät (V-ECU) integriert. Die so angelegte V-ECU wird mit einem Streckenmodell verbunden, um das entstandene Simulationssystem in einer Offline-Simulation auf dem PC auszuführen und mit Experimentierwerkzeugen zu visualisieren und zu testen. Das folgende Beispiel beschreibt anhand eines ACC (Adaptive Cruise Control)-Systems, wie der Workflow mit den dSPACE Produkten TargetLink®, SystemDesk®, dem dSPACE Offline-Simulator VEOS und ControlDesk® Next Generation aussieht.

ACC-System

Das als Referenzbeispiel verwendete ACC-System besteht zum einen aus den Funktionsmodellen für die Abstands- und Geschwindigkeitsregelung (Distance und Speed), die später auf dem ACC-Steuergerät integriert werden, und zum anderen aus einem Streckenmodell. Dieses bildet die Fahrzeugumgebung für das ACC-Steuergerät ab und enthält somit beispielsweise eine Modellierung der Getriebesteuerung und Kennfelder zur Abbildung des Motors sowie einen Radarsensor zur Abstandsmessung. Teil des Streckenmodells ist zusätzlich ein vorausfahrendes Referenzfahrzeug, das in verschiedenen Szenarien mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten fährt.

Erstellung von AUTOSAR-konformem Modellcode

Im angenommenen Entwicklungsprozess werden die beiden Reglermodelle „Distance“ und „Speed“ des ACC-Systems mit TargetLink entwickelt. Die Funktionsentwickler modellieren hierfür unter Verwendung von AUTOSAR die entsprechenden Schnittstellen und Runnables. Für jedes TargetLink-Modell wird AUTOSAR-konformer Modellcode und eine zugehörige Variablenbeschreibung (ASAP2) generiert. Um die Modellteile in einer Software-Architektur in SystemDesk zusammenzuführen, werden sie als AUTOSAR-Software-Komponenten (SWCs) in einem Container exportiert, der sowohl die generierten Code- und ASAP2-Dateien sowie die zugehörigen AUTOSAR-Beschreibungsdateien (ARXML) enthält.

Modellierung von AUTOSAR-Software-Architekturen

Die aus TargetLink exportierten Container für die Distance- und Speed-Reglermodelle können direkt in SystemDesk importiert werden. Bei diesem Bottom-up-Vorgehen sind so nun die SWCs und alle beschreibenden AUTOSAR-Elemente wie Ports, Interfaces und Datentypen sowie deren internes Ver-

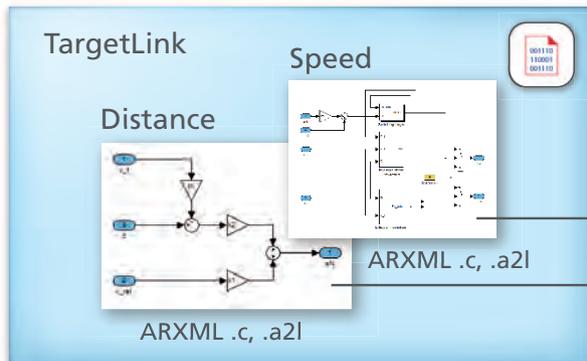
halten in SystemDesk vorhanden. Die kompatiblen Schnittstellen der beiden Komponenten werden anschließend in einer Software-Architektur miteinander verbunden.

Generierung virtueller Steuergeräte

Die Software-Architektur und die darin enthaltenen SWCs werden auf ein mit SystemDesk modelliertes System mit einem Steuergerät gemappt. Innerhalb der Konfiguration des Steuergeräts werden OS-Tasks angelegt

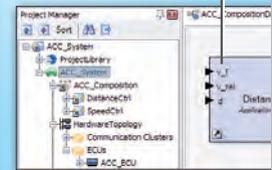
und die in TargetLink modellierten Runnables den Tasks zugeordnet. Neben der manuellen Erstellung und Konfiguration des Steuergerätsystems kann dieser Vorgang mit SystemDesk auch automatisiert erfolgen. Ist das Steuergerät soweit erstellt, wird die AUTOSAR Runtime Environment (RTE) generiert, um sowohl die Verbindungen zwischen den Komponenten der Applikation als auch hin zur Basis-Software zu realisieren. Zur Vorbereitung des Steuergeräts für die

Funktionsmodelle



Architektur/Steuergeräte-System

SystemDesk

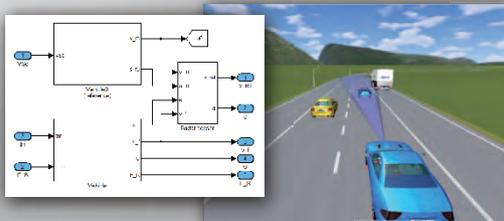


ControlDesk Next Generation

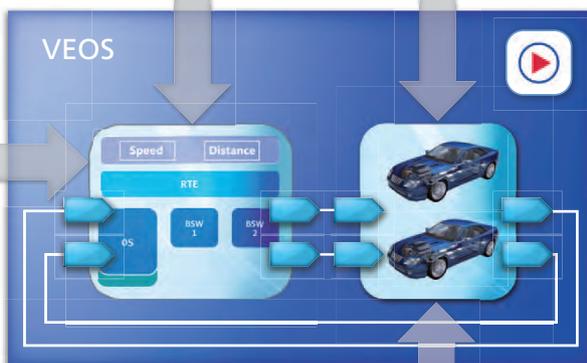


Streckenmodell

Simulink



Simulationssystem



Closed-Loop-Simulation mit einem Streckenmodell werden die offenen Schnittstellen der SWCs als Ein- und Ausgänge des Steuergeräts definiert und anschließend die V-ECU generiert.

Streckenmodell und Erstellung des Simulationssystems

Für die Simulation des Gesamtsystems wird ein Streckenmodell eingesetzt, welches das physikalische Verhalten der beiden Fahrzeuge und des Radarsensors widerspiegelt.

So ist es möglich, die in der V-ECU hinterlegte ACC-Regelung schon vorab virtuell auszutesten und das Verhalten im Gesamtsystem mit ControlDesk Next Generation zu visualisieren. Die Modellierung des Streckenmodells findet hierbei mit MATLAB®/Simulink®/Stateflow® statt und kann später in weiteren Absicherungsschritten, z.B. der HIL-Simulation, wiederverwendet werden. Zur Erstellung des Simulationssystems werden die V-ECU und das Streckenmodell in einem

speziellen Editor anhand ihrer definierten Ein- und Ausgänge miteinander verbunden. Aufgrund der Namensgleichheit der Schnittstellen sind die Verbindungen bequem mit einem Klick definierbar.

dSPACE VEOS

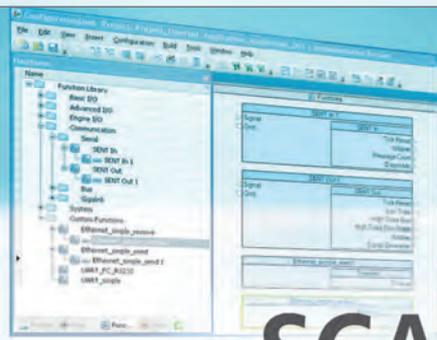
Idealerweise kommt für die Berechnung am PC Simulationstechnik zum Einsatz, die in der Lage ist, mit den identischen Tools, Modellen, Übertragungsprotokollen und Variablenbeschreibungen umzugehen, die sich seit vielen Jahren in der Echtzeitwelt etabliert haben. dSPACE bietet hierfür mit dSPACE VEOS genau das Produkt an, das eine solche Durchgängigkeit zwischen PC-Offline-Simulationen und Echtzeitsimulationen am HIL-Simulator ermöglicht. In Online- und Offline-Anwendungsfällen wird hierbei mit den gleichen Variablenbeschreibungen gearbeitet, d.h. ASAP2 für Steuergeräte und TRC für Streckenmodelle. VEOS ermöglicht dadurch die Simulation des komplexen Gesamtsystems auf dem PC des Entwicklers zur frühzeitigen Absicherung im Entwicklungsprozess.

Experimentieren und Testen

Mit ControlDesk Next Generation kann interaktiv mit dem virtuellen Gesamtsystem gearbeitet werden, wobei es möglich ist, völlig transparent auf Größen aus dem Streckenmodell und der V-ECU zuzugreifen. Die Mess- und Kalibriervariablen der V-ECU (z.B. interne ACC-Regelparameter) und Größen des Streckenmodells (z.B. der Abstand der beiden Fahrzeuge sowie die Momentangeschwindigkeiten) können über zahlreiche Instrumententypen wie Schalter, Anzeigen und Schieberegler visualisiert und verstellt werden. Damit lassen sich fotorealistic Layouts erstellen, mit denen während der laufenden Offline-Simulation intuitiv geprüft werden kann, ob die simulierten Software-Komponenten richtig arbeiten. Die entstehenden Projektdaten, z.B. Layouts, Messdaten und Datensätze, können später am HIL-Simulator einfach wiederverwendet werden.

Und weiter?

Für Ende 2012 ist der direkte Zugriff von AutomationDesk® auf VEOS geplant, so dass automatisierte Tests virtueller Steuergeräte effizient erstellt und durchgeführt werden können. Zudem ist die Simulation virtueller Steuergeräte mit dSPACE SCALEXIO® vorgesehen. Damit ist es möglich, auf dem SCALEXIO-Echtzeitrechner virtuelle Steuergeräte in Kombination mit real existierenden zu testen und zu prüfen. Darüber hinaus sollen Real-Time Testing und der Signal Editor von ControlDesk Next Generation die Offline-Simulation unterstützen.



SCALEXIO

SCALEXIO: Neue I/O-Funktionen und neues Lizenzierungskonzept für Fehlersimulation

Mit Release 7.2 erweiterte dSPACE zum einen den SCALEXIO®-I/O-Funktionsumfang für das SENT- und das Ethernet-Protokoll und führte zu anderen ein hochflexibles Lizenzierungskonzept für die Fehlersimulation ein. Die neuen Funktionen „SENT In“ und „SENT Out“ unterstützen das SENT-2010-Protokoll. Mit diesem SAE-Standard (J2716) steht dem Anwender eine gesicherte Datenübertragung

zwischen Sensoren und Steuergerät zur Verfügung. Eine weitere neue I/O-Funktion ermöglicht die Nutzung des Ethernet-Protokolls. Über eine Ethernet-Schnittstelle der SCALEXIO Processing Unit kann der Anwender die Kopplung mit Ethernet-Komponenten realisieren. Zur Konfiguration stellt dSPACE dokumentierten C-Code zur Verfügung, den der Anwender individuell anpasst.

Die Konfiguration aller I/O-Funktionen erfolgt grafisch mit dSPACE ConfigurationDesk®. Das neue SCALEXIO-Lizenzierungskonzept für die Fehlersimulation erhöht die Flexibilität des Anwenders. Über eine Hardware-Lizenz kann die benötigte Kanalanzahl zur Fehlersimulation jederzeit aktiviert oder erweitert werden. Für die Aktivierung ist weder ein Umbau noch eine Erweiterung des Systems erforderlich. Zudem lässt sich eine Lizenz an verschiedenen Systemen nutzen.

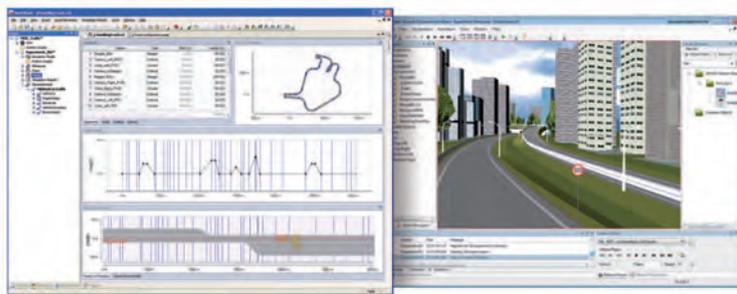
Die nächste SCALEXIO-Ausbaustufe wird Echtzeitrechner mit Multi-Core-Architekturen unterstützen. Damit lassen sich Testsysteme mit deutlich mehr Rechenleistung aufbauen. ■

Umgebungssimulation für kamerabasierte Assistenzsysteme

Die dSPACE **Automotive Simulation Models (ASM)** sind für die Simulation von Szenarien für kamerabasierte Fahrerassistenzsysteme weiter optimiert worden. Neue Funktionen zur Definition mehrerer Fahrspuren auf virtuellen

Straßen sowie ein weiteres Sensormodell zur Erkennung der Fahrspuren unterstützen die Entwicklung von Spurhalteassistenten und Spurwechselassistenten. Zusammen mit der 3D-Animationssoftware dSPACE Motion-

Desk ist auch der Aufbau von Testsystemen zur kamerabasierten Verkehrszeichenerkennung intuitiv möglich. Dazu können z.B. Verkehrsschilder direkt in MotionDesk in der virtuellen Welt platziert werden. Mit der komfortablen, grafischen Bedienoberfläche in ModelDesk werden Trassen, Manöver und die virtuelle Umgebung erstellt. Die realitätsnahe grafische Darstellung in MotionDesk ermöglicht die Auswertung der Verkehrszeichen in Echtzeit. Im Zusammenspiel mit MotionDesk bieten die ASM eine umfassende Simulationslösung für komplexe Verkehrsszenarien inklusive realistischer Umgebungssimulation und -animation. Die Modelle stehen als offene Simulink®-Modelle für die Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulation und spezielle Operator-Versionen für die Offline-Simulation zur Verfügung. ■





Vorausschauende Fahrerassistenzfunktionen mit ADASIS-v2-Standard entwickeln

dSPACE hat die Produktpalette zur Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen um das ADASIS v2 Horizon Reconstructor Blockset (ADASIS v2 HR Blockset) erweitert. Dieses Simulink®-Blockset erlaubt den Zugriff auf Daten der vorausliegenden Fahrstrecke, die zum Beispiel vom Navigationssystem oder einem Spezialsteuergerät mittels ADASIS-v2-Protokoll übertragen werden. In Kombination mit den dSPACE

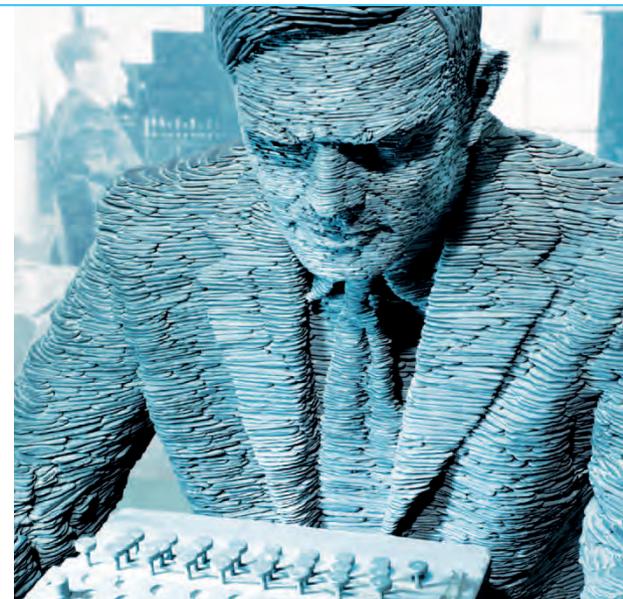
Rapid-Prototyping-Systemen **Micro-AutoBox** und **AutoBox** lassen sich mit dem ADASIS v2 HR Blockset kartenbasierte Fahrerassistenzfunktionen direkt im Fahrzeug entwickeln. Auf diese Weise können Funktionsentwickler ihre Ideen unmittelbar im Fahrzeug erlebbar machen und Iterationszyklen während der Entwicklung auf ein Minimum reduzieren. Neben dem CAN-Bus unterstützt das

ADASIS v2 HR Blockset zusätzlich Ethernet als Übertragungsmedium. Die gewünschten prädiktiven Streckendaten wie zum Beispiel Kurvenradien, Steigungen und Höchstgeschwindigkeiten lassen sich mit wenigen Mausklicks auswählen und im Simulink-Modell auf dem PC mit den eigentlichen Fahrerassistenzfunktionen verbinden. Danach erfolgt auf Knopfdruck die Generierung des Echtzeitcodes, der anschließend auf das Rapid-Prototyping-System geladen wird. Funktionsentwickler stehen somit nicht vor der Herausforderung, das ADASIS-v2-Protokoll eigenständig und zeitaufwendig implementieren zu müssen, sondern können sich vollständig auf die Umsetzung der eigentlichen Anwendungsfunktion konzentrieren. ■

Genial & Geheim – Alan Turing

Er ist einer der bedeutendsten Computerpioniere. Seine Arbeiten haben wesentlich zur Entschlüsselung der Enigma-Funknachrichten beigetragen und damit besonderen Einfluss auf den Verlauf des Zweiten Weltkriegs genommen, doch sein Name ist außerhalb der Computerszene weitgehend unbekannt: Alan Turing. Die Ausstellung „Genial & Geheim – Alan Turing in 10 Etappen“ im weltweit größten Computermuseum, dem

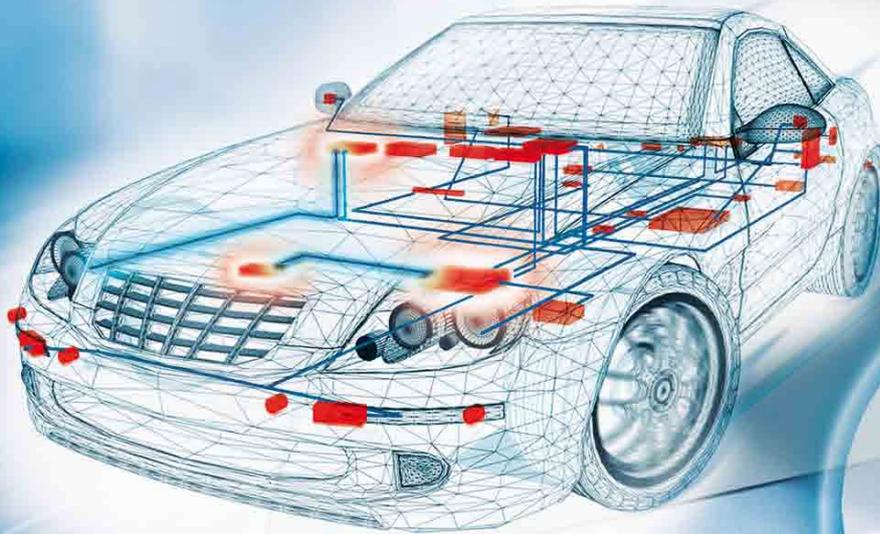
Paderborner Heinz Nixdorf MuseumsForum will nun vom 11. Januar bis zum 16. Dezember 2012 die Leistungen und das Leben des englischen Genies einem breiten Publikum vorstellen. Anlass ist der 100. Geburtstag Turings, der am 23. Juni 1912 in London geboren wurde. Die Ausstellung ist zu den üblichen Öffnungszeiten des HNF zu sehen: dienstags bis freitags von 9 bis 18 Uhr, am Wochenende von 10 bis 18 Uhr. ■



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



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



System Architecture

Rapid Control Prototyping

ECU Autocoding

HIL Testing

Tests virtueller Steuergeräte



Steuergeräte-Software frühzeitig absichern – der Traum eines jeden Entwicklers. Mit dSPACE wird dieser Traum wahr! Erleben Sie Ihre Funktionen zusammen mit anderen als virtuelles Steuergerät in Aktion: Software pur, direkt am PC, während der Entwicklung. Und trotzdem so realistisch wie der erste Steuergeräte-Prototyp. Profitieren Sie von Modellen, Layouts und Testszenarien, die Ihre Kollegen tagtäglich für den Test echter Steuergeräte am HIL-Simulator einsetzen. Durchgängig testen, durchgängiges Konzept, durchgängig dSPACE.

Und, wann wird Ihr Traum wahr?

Embedded Success **dSPACE**