

# dSPACE MAGAZIN

2/2010



NASA –  
Ferngesteuerte Testflüge

Volkswagen – HIL-Tests  
für den Touareg Hybrid

BMW – Vorausschauendes  
Wärmemanagement





Fotograf: Nikolay Kazakov



*Dr. Herbert Hanselmann  
Geschäftsführer*

Als ehemaliger „Privatrennfahrer“ mit einem 60 PS Fiat 124 völlig ohne Elektronik über die Landstraße driftend, war ich bezüglich des Bedarfs an irgendwelchen Fahrerassistenzsystemen zunächst skeptisch. Ich kann mich gut erinnern, vor sieben Jahren in den USA in einem Versuchsauto mitgefahren zu sein, das mit zwei MicroAutoBoxen die Erkennung von Stoppschildern an Kreuzungen demonstrierte, einschließlich selbsttätigen Stoppens des Fahrzeugs. Ich hielt das für ein interessantes Projekt für kreative Ingenieure, dass man das einmal gebrauchen und einsetzen würde, davon war ich nicht überzeugt.

Das hat sich geändert. Nicht nur wegen zunehmenden Alters, sondern auch, weil die heutigen Fahrsituationen viel komplexer geworden sind: hohe Verkehrsdichte, unendlich viele Ampeln, Schilder, Lkws auf Autobahnen und oft komplizierte Straßenführungen.

Noch verwende ich selbst nur wenige Fahrerassistenzsysteme, bin aber

immerhin seit Jahren ein Fan des Abstandsradars. Zwar haben wir in Deutschland kaum „American Highways“, wo sich das zur Vermeidung von Gasfußstarre lohnen würde, aber Adaptive Cruise Control (ACC) trägt auf jeden Fall zu erhöhter Sicherheit bei. Denn wer kann schon von sich sagen, dass er bei stundenlangem zähem Verkehr aufmerksam genug bleibt, um ein plötzliches Stocken rechtzeitig zu erkennen. Das ACC bremst hingegen immer. Der Fahrer aber hat laut Studien noch eine Reaktionszeit von 0,6 bis 2,2 Sekunden, und das bedeutet selbst bei nur 50 km/h immerhin noch bis zu 30 Metern Strecke. Perfekt ist allerdings auch ACC noch nicht. Die Hinderniserkennung reicht noch nicht weit genug und ich erlebe immer wieder starkes Anbremsen, wo es eigentlich unnötig wäre, beispielsweise wenn ein Lkw als großer Radarreflektor in Wahrheit auf der Nebenspur ist oder wenn jemand auf meine Spur einschert, dabei aber absehbar flott beschleunigt. Noch ist das System nicht in der Lage, so eine

Situation richtig zu bewerten. Aber das wird kommen. Und auch so ist das System schon sehr nützlich, insbesondere für Fahrer, die Punkte in der Verkehrssünderkartei haben: Wenn die Geschwindigkeit auf 100 km/h beschränkt ist, ACC auf 100 plus x km/h einstellen. Wenn x bußgeldkatalogkompatibel gewählt ist, kann man sicher sein, keine weiteren Punkte zu sammeln. Jetzt noch die automatische Berücksichtigung der Geschwindigkeitsbeschränkungen perfektionieren und der Fahrer wird zum Musterknaben. Verkehrsschilderkennung ist schließlich sogar schon in Serie umgesetzt. Kartenbasierte Lösungen sind eine andere Möglichkeit. dSPACE hat gerade die Grundlage gelegt, solche hochaufgelösten und mit Zusatzinformationen versehenen Kartendaten in den dSPACE-Systemen zu nutzen. Mein nächstes Auto wird u.a. danach ausgesucht, ob es ein solches Fahrerassistenzsystem hat.

Dr. Herbert Hanselmann  
Geschäftsführer



LUFT- UND RAUMFAHRT-DATENBUSSE | SEITE

46



VOLKSWAGEN | SEITE

6



BMW MOTORRAD | SEITE

36

## IMPRESSUM

dSPACE MAGAZIN wird periodisch  
herausgegeben von:

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

Projektleitung: André Klein  
V.i.S.d.P.: Bernd Schäfers-Maiwald  
Fachredaktion: Ralf Lieberwirth, Sonja Lillwitz,  
Julia Reinbach, Dr. Gerhard Reiß, Nina Riedel

Redaktionelle Mitarbeit an dieser Ausgabe:  
Andreas Filgerdamm, Rainer Franke, Carsten  
Grascher, Dr. Andreas Himmler, Hisako  
Masuhara, Björn Müller, Carsten Rimkus,  
Marie Rövekamp, Andre Rofsmeier,  
Dr. Thomas Schulte, Christian Wächter,  
Dr. Peter Wältermann

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

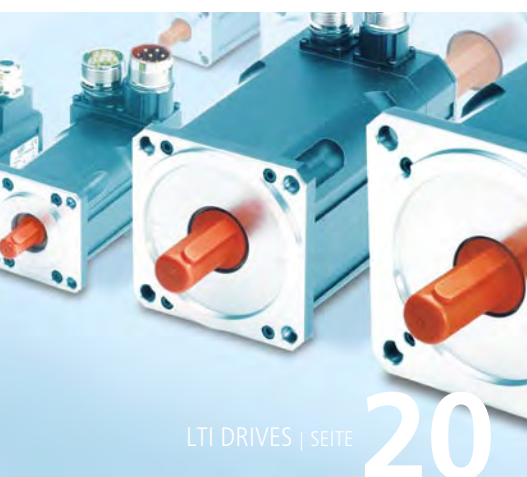
© Copyright 2010

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

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



# Inhalt



LTI DRIVES | SEITE

20



DSPACE CHINA | SEITE

58

- 3** EDITORIAL  
von Dr. Herbert Hanselmann,  
Geschäftsführer
- Kundenanwendungen**
- 6** VOLKSWAGEN  
**Touareg Hybrid – faszinierend  
elektrifiziert**  
Funktionsintegrationstest für einen hybridierten Antriebsstrang bei Volkswagen – im Team liegt die Kraft!
- 14** BMW GROUP  
**Looking forward**  
Das vorausschauende Wärmemanagement zur Optimierung von Effizienz und Dynamik
- 20** LTI DRIVES  
**Elektrische Antriebe effizient  
virtualisiert**  
Automatisierte Software-Tests am HIL-Simulator
- 24** NASA AIRSTAR  
**NASA's Top Model**  
Skaliertes UAV für Testflüge unter Extrembedingungen
- 28** AVL SÖDERTÄLJE  
**AVL Raptor: Hungrig nach  
Motoren**  
Rapid-Prototyping-Controller für Verbrennungsmotoren
- 32** UNIVERSITÄT TOKIO  
**Home Run im Labor**  
Baseballspielendes Robotersystem demonstriert perfekte Wurf- und Schlagtechnik
- 36** BMW MOTORRAD  
**Erfolge aus dem Elektronik-  
Labor**  
Als offizieller Partner von BMW Motorrad Motorsport holt dSPACE die Rennstrecken der Superbike-Weltmeisterschaft ins Labor
- 42** FORMULA STUDENT  
**Über die Schulter geschaut**  
Das UPBracing Team der Formula Student tüftelt an neuen Komponenten ihres Rennwagens, um für die Saison 2010 gewappnet zu sein
- Produkte**
- 46** LUFT- UND RAUMFAHRT-DATENBUSSE  
**Avionik für Überflieger**  
Mit neuen Schnittstellenkarten sind die dSPACE-Systeme gut für Avionik-Entwicklungen gerüstet
- 50** KARTENBASIERTE FAS  
**Entwicklungen unter dem  
elektronischen Horizont**  
Eine durchgängige Entwicklungsumgebung für kartenbasierte Fahrerassistenzsysteme
- Business**
- 58** DSPACE CHINA  
**Mittendrin statt nur dabei**  
Im Gespräch mit Dr. Henry Feng, General Manager, dSPACE China
- 60** DSPACE GMBH  
**Exzellentes neues Gebäude**  
dSPACE am Hauptstandort unter einem Dach
- 62** KURZ NOTIERT

# Touareg Hybrid – faszinierend elektrifiziert

Funktionsintegrationstest für einen hybridisierten Antriebsstrang  
bei Volkswagen – im Team liegt die Kraft!







Der neue Volkswagen Touareg steht ab sofort auch in einer Hybrid-Variante zur Verfügung. Der elektrische Antrieb, die Leistungselektronik und die Traktionsbatterie lassen die Komplexität der vernetzten, elektronischen Systeme sprunghaft ansteigen. Von der Funktionsentwicklung bis zum Freigabetest der Steuergeräte setzt Volkswagen konsequent auf die Hardware-in-the-Loop (HiL)-Simulation, um die Funktionalität und Qualität zu sichern.

#### **Der neue Volkswagen Touareg**

Bereits die erste Auflage des Volkswagen Touareg setzte mit seinen innovativen Fahrzeugfunktionen Maßstäbe bei der Erfüllung hoher Komfort- und Sicherheitsansprüche. Dazu gehörten beispielsweise die automatische Abstandsregelung (ACC), der Spurwechselassistent (SWA) oder die Rückfahrkamera „Rear Assist“.

Mit der Neuauflage des Touareg wird die Unternehmensstrategie weiterverfolgt, kundenorientierte Innovationen in Serie zu bringen und diese im nächsten Schritt auf die breite Fahrzeugflotte im Konzern zu übertragen. Neben weiterentwickelten Assistenzsystemen, wie beispielsweise einem Pre-Crash-System, das die Daten der Radar-

und Videosensoren auswertet, wird der Volkswagen Touareg erstmals auch mit einem Hybrid-Antriebsstrang angeboten (Abbildung 1). Der als Voll-Hybrid ausgelegte Antriebsstrang stellt dabei hohe Anforderungen an die Funktions- bzw. Steuergerätevernetzung. Für den Fahrzeughersteller bedeutet dies einen hohen Anspruch an die Systemintegration. Er ist verantwortlich für das Gesamtfahrzeug und muss dafür sorgen, dass die Systeme, die zum Teil von verschiedenen Zulieferern stammen, fehlerfrei und robust im Gesamtfahrzeug funktionieren.

#### **Motivation für einen HiL-Prüfstand**

Die daraus abgeleitete Erkenntnis, eine vernetzte Hardware-in-the-Loop







(HIL)-Prüfungsumgebung zu schaffen, ergab sich aus zwei Anforderungen:

- Die Integrationserprobung vernetzter Steuererätfunktionen, insbesondere der Hybridfunktionen, muss schnell und dynamisch mit den realen Steuereräten darstellbar sein.
- Aufgrund der, insbesondere in frühen Entwicklungsphasen, in geringer Anzahl verfügbaren Prototypen, muss ein Prüfplatz als entwicklungsbegleitende Instanz für Zulieferer und Fachabteilungen für Funktionsentwicklung und Sondererprobung zur Verfügung stehen.

#### Auswahl des HIL-Prüfstands

Volkswagen setzte für den Touareg Hybrid als erste Marke im Volkswagen Konzern einen vernetzten HIL-Simulator zum Test eines Hybridantriebsstranges ein. Diese Tatsache erforderte einen starken Partner mit umfassender Erfahrung im Bereich von Steuereräten und der Simulation von Elektroantriebskomponenten, wodurch die Wahl auf dSPACE fiel. Besonders in den Erprobungsphasen früh im Entwicklungsprozess sind die Steuereräte noch nicht vollständig diagnose- und funktionsfähig. Diese Tatsache erschwert die Inbetriebnahme am Simulator und wird idealerweise durch die Erfahrungen des HIL-Entwicklungspartners kompensiert. Die Kompetenz im Bereich der neuen, innovativen

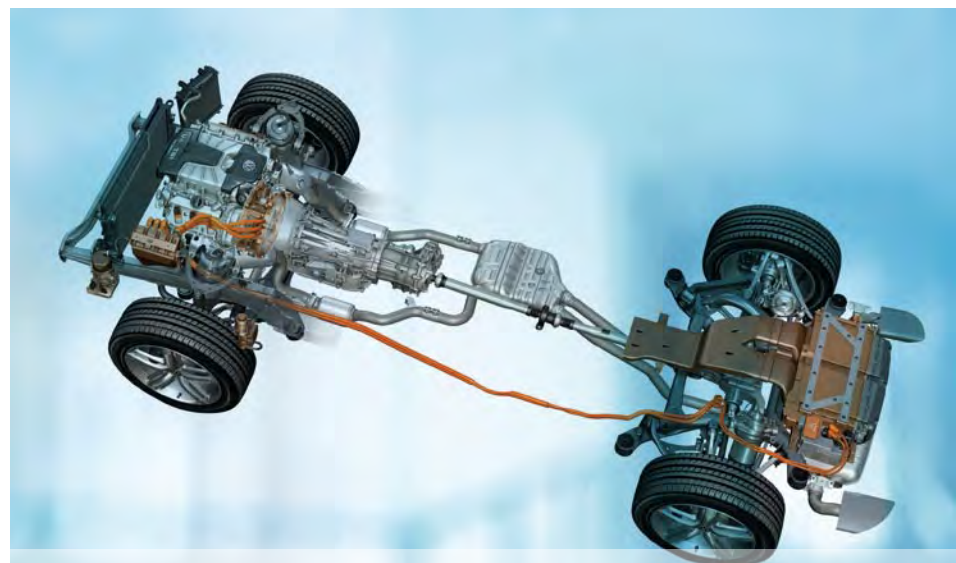
Bussysteme wie FlexRay rundete die Entscheidung für dSPACE als Erprobungspartner ab.

#### Prozess zur Integrationserprobung und Testfallerstellung bei Volkswagen

Um die Komplexität der verteilten Fahrerassistenzfunktionen im Gesamtfahrzeug zu bewältigen, wird neben den Arbeiten an realen Fahrzeugen und Prüfständen bei Volkswagen konsequent auf die Hardware-in-the-Loop-Simulation gesetzt. In einem mehrstufigen Testprozess wird zu festen Zeitpunkten des Produktentstehungsprozesses (PEP) der Gesamtstatus des Fahrzeugs am Integrations-HIL-Prüfstand betrachtet. Diese Prüfungen sind Bestandteil des

Gesamtintegrationstests (GIT). Die Wechselwirkungen und übergreifenden Funktionen der Systeme können so mit hoher Testabdeckung bereits in frühen Entwicklungsphasen untersucht und abgesichert werden. Zur Ermittlung des aktuellen Fahrzeugreifegrades bezüglich der Systemintegration werden im GIT je nach Prüfaufgabe verschiedene Prüforte, wie Prototypenfahrzeuge oder Prüfstände, verwendet, deren gebündelte und konsolidierte Testergebnisse ein detailliertes Monitoring des Gesamtintegrationsstatus des Fahrzeugs ermöglichen. Die Auswahl der jeweiligen Prüforte für die erforderlichen Tests erfolgt nach deren Eignung und Verfügbarkeit aus dem zur Verfügung stehenden Elektro-

Abbildung 1: Der hybridisierte Antriebsstrang samt Batteriemodul des Touareg.





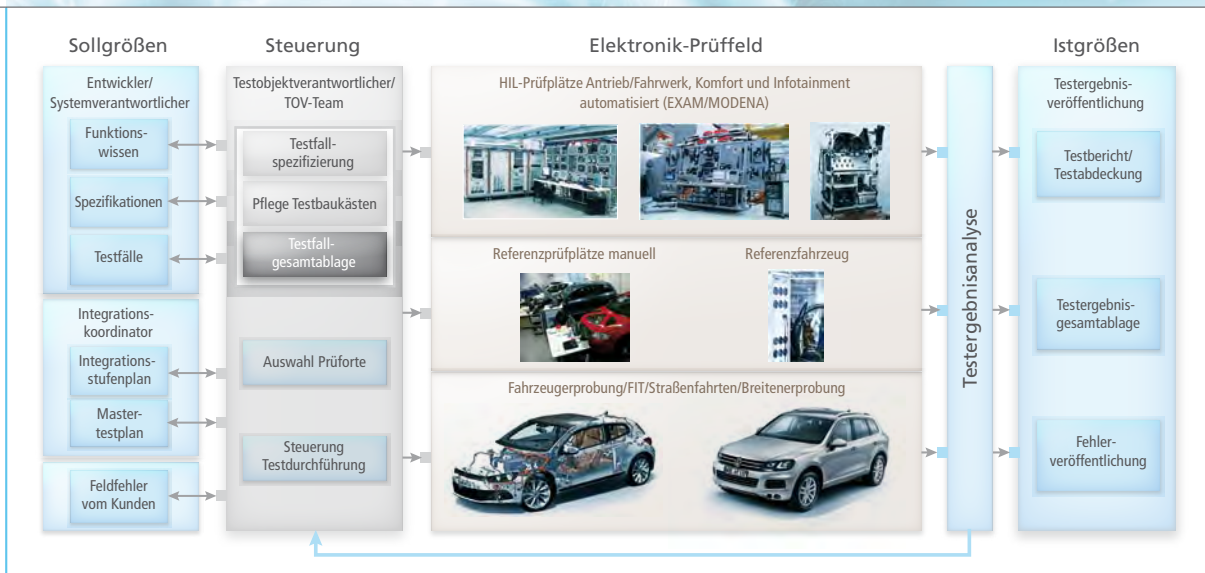


Abbildung 2: Aufbau des Elektronik-Prüffeldes.

nik-Prüffeld (Abbildung 2). Am HIL-Prüfstand werden Steuergerätestests durchgeführt, die schwerpunktmäßig ausgewählte Testthemen umfassen (Tabelle 1). Weiterhin unterstützen die HIL-Tests die systematische Analyse von Auffälligkeiten aus den Fahrversuchen. Dadurch bieten die HIL-Prüfsysteme einen deutlichen technischen Mehrwert und werden somit effizient innerhalb des

Entwicklungs- und Freigabeprozesses eingesetzt.

**Anforderungen an das Prüfsystem**

Die grundsätzliche Anforderung an die Prüfumgebung besteht darin, alle vernetzten, kundenerlebbaren Steuergerätefunktionen am HIL-Prüfplatz abbilden zu können, d.h., das Steuergerät wird wie im Fahrzeug mit Daten von Sensoren und Aktoren versorgt

und soll sich dabei fehlerfrei verhalten. Der vernetzte HIL-Simulator für den Touareg Hybrid ist aufgrund des Umfangs von 29 Steuergeräten äußerst komplex. Um die Komplexität zu beherrschen, muss der Prüfstandslieferant umfassende Anforderungen bei Inbetriebnahme und anschließendem Testbetrieb erfüllen:

**Modularität**

Der Prüfplatz soll zunächst für drei Motorvarianten und das Automatikgetriebe des Volkswagen Touareg ausgelegt sein, zwischen denen schnell gewechselt werden kann: Diesel-Antrieb (3.0 l TDl), Otto-Antrieb (3.6 l FSI) und Hybrid-Antrieb (3.0 l KFSI).

**Flexibilität**

Volkswagen setzt die HIL-Erprobung zwei Jahre vor SOP (Start of Produc-

„Ohne die sehr gute Zusammenarbeit mit den Steuergeräteentwicklern wäre die Inbetriebnahme des Prüfstandes nicht möglich gewesen.“

René Schüler, Volkswagen AG

Tabelle 1: Testthemen für den HIL-Test.

Testthema	Beschreibung
Fahrbereitschaft Hybrid	Bedingungen, bei denen die Fahrbereitschaft erreicht werden muss, bzw. nicht erreicht werden darf.
Koordination der Betriebszustände	Bedingungen für die einzelnen Betriebszustände, wie Starten/ Stoppen des Verbrennungsmotors, E-Fahrbetrieb, Bremsbetrieb/ Rekuperation, Boost-Funktion, (generatorisches Laden), Übergangszustände.
Fahrerinformation und Bedienung Hybrid	Fahrerinformationen Hybrid über Kombiinstrument und Display, Energieflussanzeige, Bordcomputer, Rekuperationsanzeige, Warnsignale, Fehlermeldungen.
Fehlerreaktionen und Ersatzmaßnahmen	Test der Steuergeräte-Soll-Reaktionen auf eingespeiste Fehlerzustände.



Die NiMH-Batterie ist im Heck verbaut.

„Bei Fragen zu Funktionen und Entwicklungsständen der Steuergeräte reichte meist ein Anruf und der entsprechende Entwickler stand mit seinem Wissen zur Verfügung.“

Christian Claus, IAV GmbH

tion) zur Absicherung des ersten Prototyps ein. Die Steuergeräte befinden sich zu dem Zeitpunkt noch in der Entwicklung und erfahren permanente Systemänderungen, z. B. Sensoranpassungen oder Pinning-Änderungen (Belegung der Steckverbindungen). Diese Änderungen müssen mit dem HIL-Simulator schnell und elegant nachpflegbar sein – in der Regel noch mit unausgereifter Steuergerätediagnose.

#### Effiziente Softwarestrukturen und Systemstabilität

Der Verbundsimulator liefert bei Volkswagen einen wichtigen Beitrag für die Funktionserprobung und Freigabe von Softwareständen. Demnach muss ein System – besonders im Rahmen automatisierter Tests – stabil funktionieren. Erschwert wird diese Tatsache durch den regelmäßigen Umbau der Antriebsvarianten.

#### Bedienerfreundlichkeit

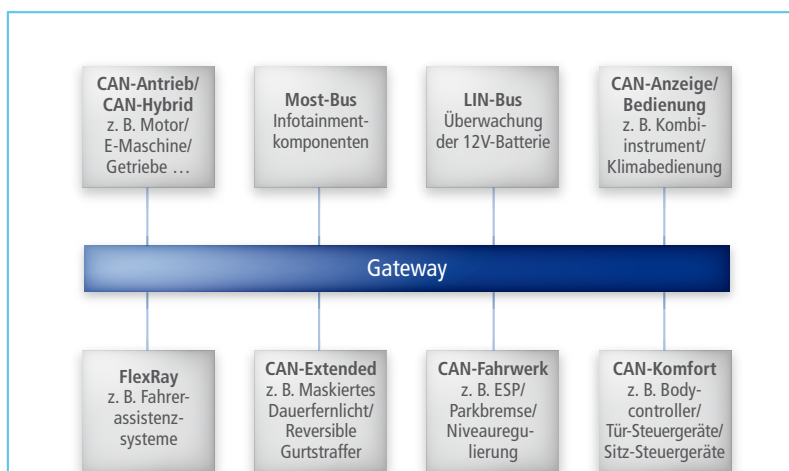
Nicht jeder Prüfstandsnutzer kann zum HIL-Profi ausgebildet werden. Die Testobjektverantwortlichen und die Fachabteilungen/Zulieferer nutzen den HIL-Simulator zur effizienten Durchführung ihrer Testaufgaben. Die Effizienz besteht darin, sich in die Steuergerätefunktionen und nicht in die technischen Details des Simulators einarbeiten zu müssen.

#### Aufbau des Verbundsimulators

Der Simulator des Touareg Hybrid ist als Virtual Vehicle ausgelegt und deckt alle Fahrzeugdomänen ab. Die weitere Betrachtung fokussiert die Domäne Antriebsstrang, die folgende Systeme umfasst:

- Verbrennungsmotor
- Elektromotor
- Getriebe
- Hochvoltbatterie

Abbildung 3: Die Vernetzungsarchitektur des Touareg Hybrid.



Die realitätsnahe Simulation dieser Systeme erfolgt mit Simulationsmodellen, verschiedenen Echtteilen wie Drosselklappe und Einspritzventilen sowie einer Hochspannungselektronik zur Emulation der Batteriespannung.

Das HIL-System ist für drei verschiedene Motorvarianten und ein Automatikgetriebe mit unterschiedlichen Übersetzungen und Wandlern konfigurierbar. Dabei werden die Motor- und Getriebevarianten durch steuergerätespezifische Mappingstecker erkannt. Anschließend werden die zugehörigen Modellparameter geladen. So werden erforderliche



„Gemeinsam mit dSPACE haben wir gelernt, welche Anforderungen und Herausforderungen durch die Absicherung von vernetzten Hybridfunktionen am HIL-Simulator entstehen. Dieses gewonnene Wissen wird in weitere zukünftige Projekte einfließen.“

*René Schüler, Volkswagen AG*

Modularität und Flexibilität erreicht. Die zu testenden Steuergeräte sind größtenteils in einem Bretttaufbau untergebracht, der im Volkswagen-Versuchsbau aufgebaut wurde (Abbildung 4).

### Bussysteme

Die Domäne Antriebsstrang ist mit verschiedenen CAN- und LIN-Bussen sowie einem FlexRay-Bus ausgestattet (Abbildung 3). Für alle Busse wurden Restbussimulationen eingerichtet. Die CAN-Busse sind mit einem Manipulations-Gateway zur Main- und Local-Umschaltung ausgestattet. Damit ist es möglich, jedes einzelne Steuergerät vom Bus zu trennen und auf einem separaten Bus zu isolieren. Die empfangenen Nachrichten können auf dem jeweils anderen Bus gespiegelt wiedergegeben werden. Diese Umschaltung erlaubt eine gezielte Manipulation von CAN-Nachrichten auf Signalebene sowie deren Verzögerung oder die Simulation eines Steuergeräteaustauschs.

### Simulationsmodelle

Die verwendeten Simulationsmodelle setzen sich aus VW-eigenen Modellen für die Verbrennungsmotoren und den Automotive Simulation Models (ASM) von dSPACE zusammen. Die Simulation des hybriden Antriebsstrangs und der Fahrdynamik erfolgt mit ASM DriveTrain, ASM Electric Components und ASM Vehicle Dynamics. Aufgrund der offenen Struktur der ASM ließen sie sich leicht mit den VW-Modellen zu einem Gesamtmodell für den hybriden Antriebsstrang verbinden. Ein im An-

triebsstrangmodell implementierter Spindelaktuator dient zur Abkoppelung des Verbrennungsmotors, um rein elektrisches Fahren zu simulieren. Für die Hochvoltbatterie kommt ein für Nickel-Metall-Hybrid (NiMH)-Charakteristik parametrisiertes Batteriemodell der ASM Electric Components zum Einsatz.

Die Modelle haben sich als sehr robust erwiesen und erlauben die Simulation aller konventionellen und hybriden Betriebsbedingungen, z. B. rein elektrisches Fahren, hybridisiertes Fahren, verbrennungsmotorisches Fahren, Rekuperation und Segeln. Die offenen Modelle erfüllen die geforderte effiziente Softwarestruktur.

### Batteriesimulation und -emulation

Für den Test des Batteriemanagementsystems (BMS) müssen sowohl die Klemmenspannung der Hochvoltbatterie als auch die Spannungen von Batteriezellen-Clustern emuliert werden. Dafür stehen ein


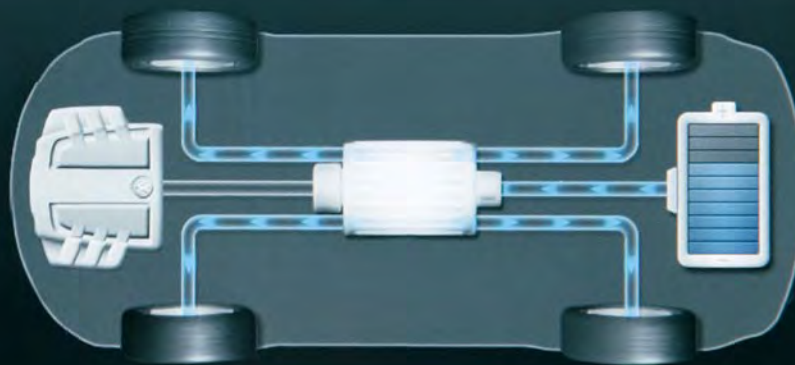
steuerbares 400-Volt-Netzteil und mehrere galvanisch isolierte DC-Trennverstärker zur Verfügung. Die Simulation des Zell- und Batterieerhaltens erfolgt mit dem Batteriemodell der ASM Electric Components, das sowohl das Netzteil als auch die Verstärker steuert. Mit diesem System lassen sich beispielsweise die Ein- und Ausschaltströme sowie das Lade- und Betriebsverhalten des NiMH-Energiespeichers zuverlässig abbilden. Um die hohen Spannungen zu isolieren und das Bedienpersonal zu schützen, ist die Hochvoltelektronik als abgeschlossenes System im Simulator verbaut.

### Elektromotor-Simulation

Die Simulation der elektrischen Maschine, die im Touareg über eine Leistung von 38 kW verfügt, wird mit einem Dreiphasenstrom-Motormodell der ASM Electric Components durchgeführt. Für den Test des E-Motorsteuergeräts ist eine Auswertung auf Signalebene hinreichend.

Abbildung 4: Der Simulator samt Bretttaufbau im Labor.



 530 km


E-Motor

Hybrid

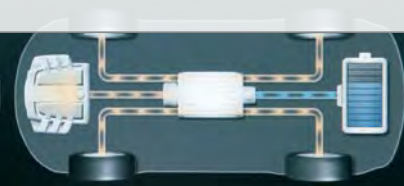
Assistenten

Einstellungen

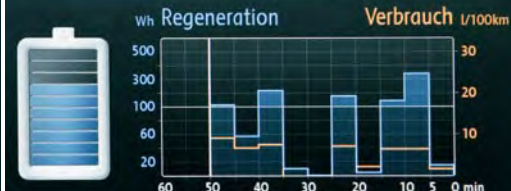
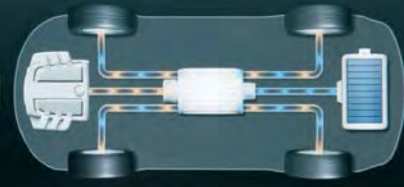
Offroad

530 km

Motor



Boost



Fahrerinformationsdisplay mit Energieflussdarstellungen für rein elektrisches Fahren, Laden, Boosten sowie Batterie-Regeneration und Verbrauch.

Dazu wurden die Schnittstellen zwischen Signal- und Leistungselektronik offengelegt. Die pulsweitenmodulierten Signale (PWM) zur Ansteuerung der Leistungshalbleiter (IGBT) werden mit einer PWM Measurement Solution vermessen und im Motormodell verarbeitet. Das Modell liefert Positions- und Stromsignale, die dem Steuergerät über Schnittstellenkarten (DS5202 PSS, DS2102) zur Verfügung gestellt werden. So lässt sich das Steuergerät im geschlossenen Regelkreis testen.

#### Betrieb und Erfahrungen

Die Inbetriebnahme des Simulators zeigte erneut, dass mit zunehmender

„Die Automotive Simulation Models (ASM) von dSPACE gewährleisten eine solide, zuverlässige Simulation der elektrischen Komponenten des Toureg Hybrid.“

René Schüler, Volkswagen AG

Komplexität der Fahrzeuge auch eine engere Zusammenarbeit zwischen Testern, Prüfstandsbetreibern und vor allem Entwicklern nötig ist. Ohne das Know-how der Steuergeräteentwickler aus den einzelnen Fachabteilungen und deren Bereitschaft, bei der Inbetriebnahme zu unterstützen, ist ein derartiges Pro-

jekt nicht realisierbar. Dies gilt auch für den nachfolgenden Betrieb, denn nur so können Änderungen der Steuergeräte-Software oder -Hardware und somit veränderte Anforderungen an den Prüfstand schnell und effizient umgesetzt werden. Neben den Entwicklern lieferte auch dSPACE mit einem Resident-Ingenieur einen wichtigen Beitrag zur laufenden Anpassung des HIL-Simulators an neue Gegebenheiten. So ist die Unterstützung durch HIL-Experten vor Ort stets sichergestellt, sowie die direkte Verbindung zur dSPACE-Entwicklungsabteilung gewährleistet.

Aufgrund der hohen Dynamik und Modularität beim Umbau des Prüfplatzes konnten stets die zu den oben beschriebenen GIT-Phasen aktuellen Steuergeräteversionen betrieben werden. Neben der Erprobung der vernetzten Funktionen seitens ACC, SWA, ESP etc. lag der Testschwerpunkt im Bereich Hybridkoordination. Hierbei lag der Fokus vor allem auf der Überprüfung der

René Schüler, Volkswagen AG

René Schüler ist Projektleiter für die HIL-Simulation des Toureg Hybrid bei Volkswagen in Wolfsburg.

Christian Claus, IAV GmbH

Christian Claus ist Projekt-Ingenieur und hat den HIL-Test des Toureg Hybrid bei Volkswagen intensiv unterstützt.





Fahrerinformation und Bedienung der Hybridfunktionen sowie einer korrekten Reaktion im Fehlerfall und der plausiblen Auswahl der einzelnen Fahrzustände.

#### Ausblick

Es ist geplant, den HIL-Prüfstand für zukünftige Motorvarianten des Touareg zu erweitern. Dazu sind neue Verbrennungsmotormodelle zu integrieren und die Steuergeräteerkennung per Mappingstecker einzurichten. Darüber hinaus soll die HIL-Testumgebung um eine hoch-

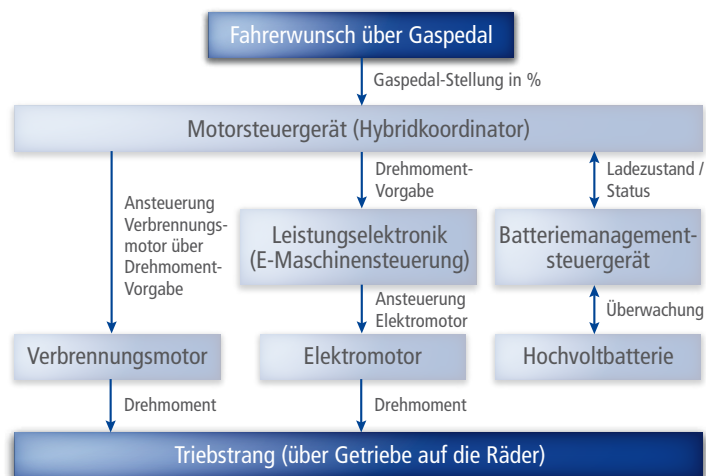
auflösende Umfeldsimulation zur Durchführung von virtuellen Probefahrten ausgebaut werden, um die Steuergeräte einiger Fahrerassistenzsysteme in die Simulation einzubeziehen. Dazu ist es erforderlich, die Sensoren (Kamera, Radar) dieser Systeme geeignet zu stimulieren. ■

*René Schüler,  
Dr. Marcus Brand  
Volkswagen AG  
Christian Claus  
IAV GmbH  
Deutschland*

#### Beispiel für eine vernetzte Funktion aus dem Touareg Hybrid

Das Motorsteuergerät stellt neben der Steuerung des Verbrennungsmotors den Hybridkoordinator dar. Dessen Aufgabe ist sowohl die Momenten-Koordination im Triebstrang als auch die Überwachung der beteiligten Steuergeräte wie Batteriemanagement oder Leistungselektronik.

Wenn der Fahrer das Gaspedal betätigt und so dem Motorsteuergerät sein Fahrerwunschmoment zur Verfügung stellt, wird dort je nach angefordertem Drehmoment (Beschleunigungswunsch/Geschwindigkeitswunsch), Systemstatus, Temperaturen und dem Batterieladezustand (SOC) entschieden, ob eine elektrische Fahrt, eine verbrennungsmotorische Fahrt oder eine Kombination aus beidem, das sogenannte Boosten, realisiert werden soll.



## Fazit

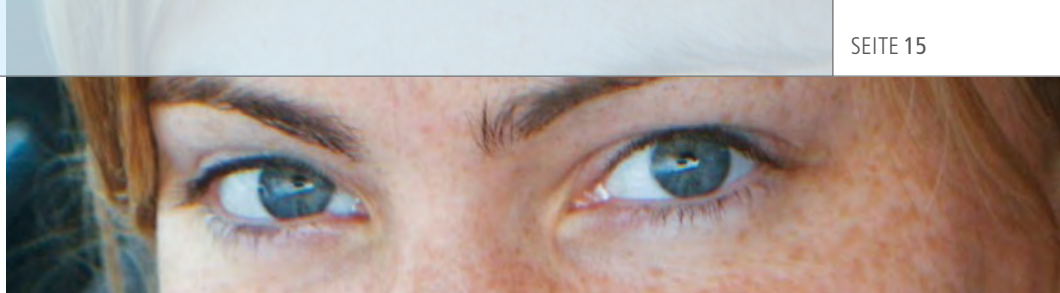
Mit Hilfe des dSPACE HIL-Simulators konnte ein wichtiger Beitrag zur Funktionsabsicherung während der Entwicklung des Volkswagen Touareg geleistet werden. Auch nach dem ersten Serienanlauf wird der Prüfplatz für weitere Anläufe und Modellpflegen genutzt. Aufgrund der sehr geringen Umrüstzeiten konnten innerhalb der GIT-Phasen mehrere Motorvarianten erprobt werden. Gemeinsam mit dSPACE haben wir gelernt, welche Anforderungen und Herausforderungen durch die Absicherung von vernetzten Hybridfunktionen am HIL-Simulator entstehen. Dieses gewonnene Wissen wird in weitere zukünftige Projekte einfließen. Im Volkswagen Konzern ist eine enge, markenübergreifende Zusammenarbeit bei der Funktionserprobung an vernetzten HIL-Prüfständen gelebte Praxis. Sowohl der Nachfolger des Volkswagen Touareg, der des Audi A8 als auch der des Porsche Cayenne basieren auf der Technik des modularen Längsbaukastens (MLB). Daraus abgeleitet entstand das Ziel, für die standardisierte Fahrzeugtechnik auch eine standardisierte HIL-Prüfstandstechnik mit nach Möglichkeit einheitlicher Hardware- und Software-Struktur einzusetzen. Auf dSPACE wurde u.a. aufgrund der umfangreichen Erfahrung bei der Marke Audi (Lead-Entwickler für den modularen Längsbaukasten) in der MLB-Erprobung gesetzt. Audi, Volkswagen und Porsche arbeiteten eng bei der Planung, Umsetzung und Inbetriebnahme der Prüfplätze zusammen und nutzten dabei sämtliche Synergien der eng verwandten Fahrzeugprojekte. Darüber hinaus entstand neben der HIL-Technik auch eine erfolgreiche Zusammenarbeit bei der Testfallerstellung, Testfallautomatisierung (Konzerntool EXAM) und Fehlerverfolgung.



# Looking forward

Das vorausschauende Wärmemanagement zur Optimierung von Effizienz und Dynamik





### Mobilität im Umbruch

Die Mobilität, so wie wir sie heute kennen, ist im Umbruch. Gefährdet durch den weltweit wachsenden Energiebedarf, die Endlichkeit der fossilen Energiequellen, politische Krisen und die Unsicherheit bei den Energiepreisen erfährt sie mittelfristig einen Wandel. Die Gesetzgeber haben weltweit mit Regelungen zur Verbrauchslimitierung und zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen reagiert. Mehr als 90 % des weltweiten Absatzmarktes unterliegen bereits Verbrauchs- und CO<sub>2</sub>-Reglementierungen. Die Gesetze sind zwar noch nicht in allen Details beschrieben und verabschiedet, aber die grobe Richtung ist klar. Von den Automobilherstellern sind in den nächsten 10 Jahren weitere Verbrauchs- und CO<sub>2</sub>-Reduzierungen von 25 bis 30 % zu leisten. Wer dies nicht schafft, muss drastische Strafzahlungen leisten oder kann seine Produkte nicht mehr zulassen.

### Neue Ansätze für Verbrennungsmotoren

Allein durch klassische Entwicklungsarbeit an den Motoren sind diese anspruchsvollen Reduzierungsziele nicht mehr zu erreichen. Deshalb hat die BMW Group bereits Anfang 2000 begonnen, systematisch alle physikalischen Stellhebel zu analysieren und in ihrer Wirkung zu bewerten. Der Verbrennungsmotor als Hauptenergiewandler im Fahrzeug wird dabei weiterhin die dominante Rolle spielen und deshalb auch intensiv weiterentwickelt. Dabei ist es auch entscheidend, gerade im Kunden-

betrieb den Verbrauch der Fahrzeuge weiter zu senken, ohne auf die Dynamik im Premiumsegment verzichten zu müssen.

Ein vielversprechender Ansatz im Rahmen der BMW EfficientDynamics Strategie ist die Integration vorausschauender Informationen über den vorausliegenden Streckenverlauf mit Geschwindigkeits- und Kurvenverläufen sowie Steigungen bzw. Gefälle etc. in das Wärmemanagement eines konventionellen Verbrennungsmotors. Die Vorteile eines solchen vorausschauenden Wärmemanagements zeigt ein Prototyp der BMW Group.

### Modernes Fahrzeugwärmemanagement

Moderne Kühlsystemregelungen verfügen über ein bedarfsgerechtes Wärmemanagement zur Vereinigung von Effizienz, Dynamik und Komfort bei gleichzeitiger Gewährleistung der thermischen Betriebssicherheit. Die Elektrifizierung der Stellglieder im Kühlkreislauf (Abbildung 1) in Verbindung mit gesamtfahrzeugübergreifenden Regelstrategien – zur Umsetzung der gestiegenen Freiheitsgrade in der Ansteuerung – ermöglichen heute bereits Funktionalitäten weit über die ursprüngliche Kühlfunktion hinaus: Kernfunktion des BMW-Wärmemanagements ist die Wahl von Betriebsmodi innerhalb der Motorsteuerungsfunktionen. Nach einem Kaltstart etwa wird ein Warmlauf-Modus aktiviert, mit dem Ziel, den Motor schnell in einen effizienten Betriebsbereich zu bringen. Auf Grund der

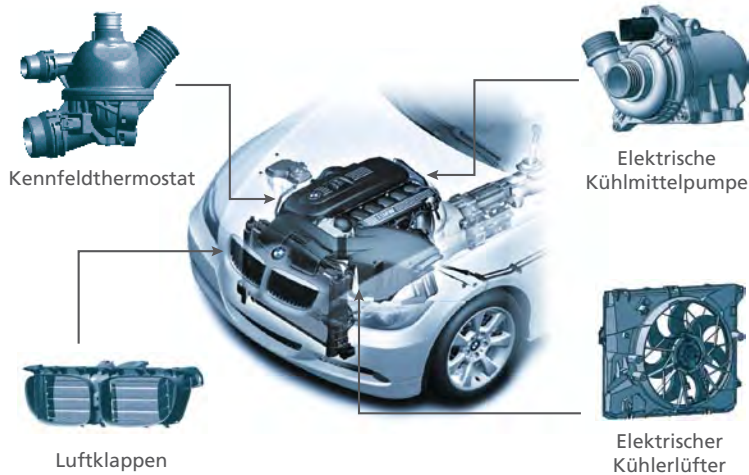


Abbildung 1: Elektrifizierte Stellglieder des Kühlsystems (Quelle: BMW, Internationales Technisches Training).

erforderlich und der damit verbundene Energieaufwand verschwendet. Grund dafür ist, dass primär die aktuelle Fahrsituation in die Regelung einfließt und die thermische Betriebssicherheit stets oberste Priorität in der Regelstrategie hat.

**Grenzen des situativen Ansatzes**

Die BMW Group wertete Versuchsfahrten mit Fokus auf das Kühl-systemverhalten aus und identifizierte typische Anwendungsfälle, wie Beschleunigungen aus dem Stand in Kreuzungs- oder bei Abbiegesituationen bzw. kurze Zwischenbeschleunigungen auf Landstraßen für eine vorausschauende Regelung. Diese können bereits bei leicht dynamischer Fahrweise ein Verlassen des ECO-Betriebs innerhalb des konventionellen Wärmemanagements

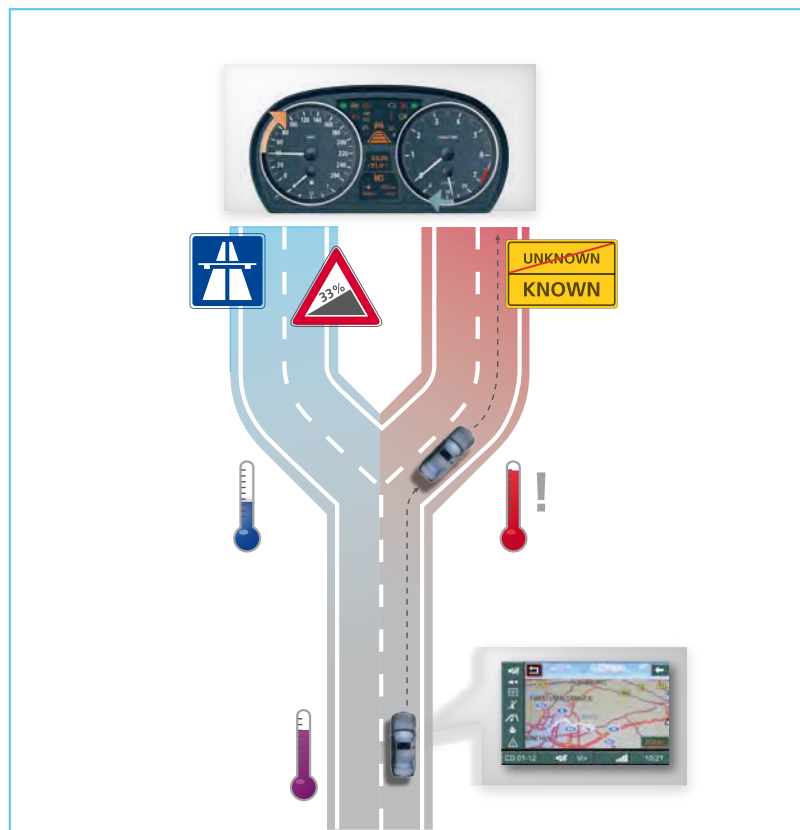
elektrischen, von der Motordrehzahl entkoppelten, Kühlmittelpumpe kann in diesem Modus ein stehendes Kühlmittel realisiert werden, was den Wärmeübergang von den Brennraumwänden an das Kühlmittel verringert und somit den Motor schneller aufwärmt.

**Fahrsituative Regelstrategien**

Nach abgeschlossener Warmlaufphase berechnet die Motorsteuerung eine auf die Fahrsituation bezogene Kühlleistungsanforderung. Dabei versucht die konventionelle Regelstrategie zwei gegenläufige Ziele zu vereinbaren. Zum einen soll durch eine möglichst hohe Motor- und Kühlmitteltemperatur die Reibleistung reduziert werden und zum anderen die Grenzen für die thermische Betriebssicherheit eingehalten werden. Fest applizierte Schwellwerte sowie Kennlinien und Kennfelder für Fluidtemperaturen und Motorlastpunkt beeinflussen die Wahl dieser Betriebsarten, die den gesamten Leistungsbereich des Motors abdecken. Die Einteilung dieser übergeordneten Kühlleistungsstufen erstreckt sich dabei vom verbrauchsorientierten Betrieb (ECO-Betrieb) mit deutlich reduzierter Kühlleistung und höheren Kühlmitteltemperaturen bis zum hochdynamischen Betrieb, der die maximale Kühlleistung bei stark abgesenkten Kühlmitteltemperaturen unter hohen Motorlasten bereitstellt. Die heutige in Serie befindliche Betriebsstrategie kann jedoch situativ zu unnötigen und unerwünschten Anpassungen der abgerufenen Kühlleistung führen. Dies wird insbe-

sondere bei kurzen Beschleunigungsphasen, z. B. im Kreuzungsbereich innerhalb geschlossener Ortschaften, deutlich, da die Regelstrategie in diesem Fall präventiv die Kühlmitteltemperatur absenkt, um die durch die Beschleunigung zusätzlich eingebrachte Wärmemenge abführen zu können. Im Fall kurzer Beschleunigungsphasen ist die Absenkung der Kühlmitteltemperatur jedoch nicht

Abbildung 2: Idee und Ansatz des vorausschauenden Wärmemanagements: Abhängig von der wahrscheinlichsten Route werden Motor und Kühlsystem gezielt vorkonditioniert; hier beispielsweise die Steigungsstrecke auf der Autobahn mit geringerer, die Stadtfahrt mit höherer Temperatur.





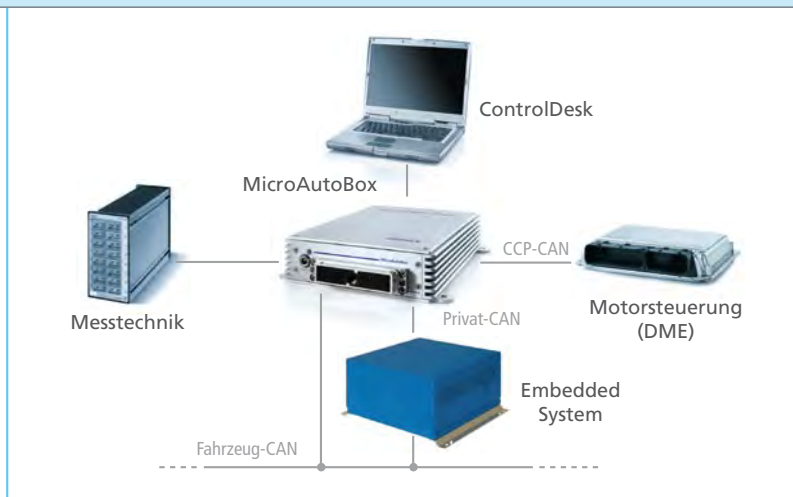


Abbildung 3: Hardware- und Kommunikationsstruktur im Versuchsträger.

bewirken. Hintergrund ist, wie eingangs dargestellt, die Regelung auf die aktuelle Fahrsituation. Daraus resultiert eine – wenn auch nur kurzzeitige – Steigerung der Kühlleistung in Verbindung mit einer abgesenkten Sollvorgabe für die Kühlmitteltemperatur, die zur optimalen Leistungsentfaltung des Motors beitragen soll.

### Vorausschauende Betriebsstrategien

Die Aufbereitung und Auswertung des vorausliegenden Streckenverlaufs, der sogenannte elektronische Horizont, wird herangezogen, um situationsabhängig die systemimmanenten Trägheiten des Kühlkreislaufs konsequenter auszunutzen bzw. um diese zu umgehen und Motor sowie Kühlsystem gezielt vorkonditionieren zu können. Eine Fahrertyp-Einordnung zwischen ruhig und sportlich ergänzt dabei die weitere Differenzierung der Fahrsituation (Abbildung 2). Durch eine Klassifizierung der bevorstehenden Beschleunigung hinsichtlich Dauer und wahrscheinlicher Endgeschwindigkeit auf Basis der Vorausschauinformationen kann die benötigte Kühlleistung besser abgeschätzt und eingeregelt werden. Die Beibehaltung des ECO-Betriebs führt in dem Fall zur gewünschten Verbrauchsreduzierung. Ohne, dass die Grenzen des Kühlsystems durch die kurze Dauer des Beschleunigungsvorgangs überschritten werden, können eine höhere Last der Stellglieder (wie z. B. der elektrischen Kühlmittelpumpe) vermieden und

das angehobene Temperaturniveau aufrecht erhalten werden.

### Mehr Dynamik durch prädiktive Anpassungen

Das vorausschauende Wärmemanagement ermöglicht zudem die prädiktive Anpassung der Kühlleistung sowie der Motortemperatur und damit eine Vorkonditionierung des Motors auf bevorstehende höhere Leistungsabfragen und damit steigende Kühlleistungsanforderungen. Die Ausprägung des prädiktiven Eingriffs kann abhängig von Fahrertyp und Art des Übergangs unterschiedlich stark gewählt werden. Eine vorausschauende Konditionierung durch das Wärmemanagement – mit daraus resultierender positiver Beeinflussung z. B. des Klopfverhaltens sowie der Zylinderfüllung des Motors – kann die Dynamik des Fahrzeugs, beispielsweise bei sportlicher Auffahrt auf eine Autobahn, deutlich verbessern.

### Aufbau eines Versuchsträgers

Für die zuvor beschriebenen Anwendungsfälle wurde im Bereich Vorentwicklung Wärmemanagement der BMW Group auf Basis eines serienmäßigen BMW 335i ein Prototyp realisiert, um die Machbarkeit des Konzeptes zu bestätigen. Den Vorausschauhorizont im Versuchsfahrzeug stellt eine Entwicklung der BMW Forschung und Technik GmbH zur Verfügung. Das Projekt „Intelligente Lernende Navigation“ (iLeNa) bietet dabei erweiterte Funk-

## Glossar

**ADASIS** – Advanced Driver Assistance Systems Interface Specification, ADASIS-Forum im Internet: [www.ertico.com/en/activities/safemobility/adasis\\_forum.htm](http://www.ertico.com/en/activities/safemobility/adasis_forum.htm)

**ADAS RP** – Advanced Driver Assistance Systems Research Platform. Entwicklungsplattform für kartenbasierte Fahrerassistenzsysteme der Firma NAVTEQ.

**BMW EfficientDynamics** – Mit diesem innovativen Maßnahmenpaket gelingt der BMW Group, was bislang als Zielkonflikt galt: die Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei gleichzeitiger Steigerung von Fahrdynamik und Motorleistung. Oder: Aus jedem Tropfen Kraftstoff das Maximum an Fahrspaß herausholen.

**GPS** – Das Global Positioning System ist ein globales Navigationssatellitensystem zur Positionsbestimmung und Zeitmessung.

**Karteneinpassung** – Mapmatching; Abgleich einer Ortung mit den Ortsinformationen einer digitalen Karte.

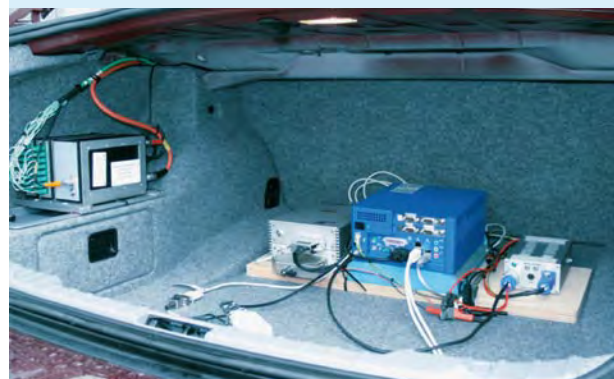
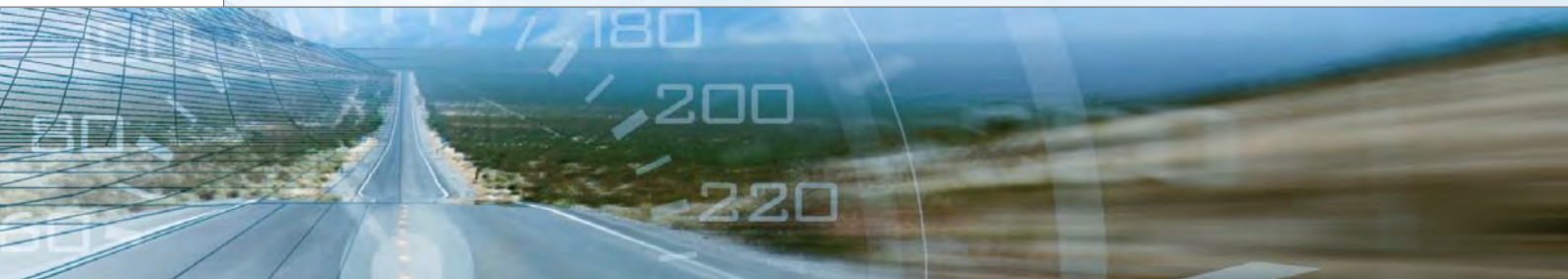


Abbildung 4: Hardwareaufbau im Versuchsträger: Messtechnik, MicroAutoBox, Embedded System, Spannungsversorgung (v.l.n.r.).

tionalitäten im Vergleich zu aktuellen, werksseitigen Navigationslösungen. Diese sind z. B. die lernende Wissensdatenbank, die neben den bekannten gesetzlichen Geschwindigkeitsbegrenzungen aus der digitalen Karte, etwa individuelle Geschwindigkeitsprofile speichern kann. Ein Ziele- und Routenschätzer berechnet auf Grundlage von historischem Wissen den wahrscheinlichsten Routenverlauf (auch „Most Probable Path“ genannt) auch ohne durch den Fahrer aktivierte Zielführung. Zur Positionsbestimmung und Karteneinpassung greift iLeNa



über den Fahrzeugbus auf die fahrzeugeigene GPS-Antenne zurück. Ein automotive-taugliches Embedded System mit Microsoft Windows-Betriebssystem (Abbildung 3) bildet die Hardwareumgebung der Navigationsplattform, die auf der NAVTEQ-Entwicklungsumgebung für kartenbasierte Fahrerassistenzsysteme (ADAS RP) basiert.

**Reglerstruktur und Funktionslogik**

Zwischen dem BMW-Wärmemanagement, partitioniert auf der Motorsteuerung (DME), und der MicroAutoBox wurde eine CAN-Schnittstelle mit CCP (CAN Calibration Protocol) aufgesetzt. Reglerstruktur und Funktionslogik des vorausschauenden Wärmemanagements wurden mittels MATLAB®/Simulink®/Stateflow® von The MathWorks® umgesetzt und auf einer dSPACE MicroAutoBox im Fahrzeug implementiert (Abbildung 4). Existierende Messtechnik, zum Beispiel zur Temperatur- und Spannungserfassung, konnte problemlos durch Einlesen der zugehörigen DBC-Konfigurationsdatei mittels dSPACE RTI CAN Blockset im Simulink-Modell integriert und mit der MicroAutoBox gekoppelt werden.

**Funktionsblöcke des vorausschauenden Wärmemanagements**

Das vorausschauende Wärmemanagement umfasst dabei mehrere logische Funktionsblöcke (Abbildung 5). Der Rekonstruktor stellt die Schnittstelle zu iLeNa dar und bereitet die über CAN-Bus versandten Datenpakete auf. Das dafür verwendete Kommunikationsprotokoll ist ein an BMW-spezifische Anforderungen angepasstes ADASIS-Protokoll. Auf Grund des zyklischen Versands des

sichtlich der bereits beschriebenen Situationen gefiltert und mit Entfernungsinformationen an die eigentliche vorausschauende Funktionslogik übergeben. Diese wertet den Situationshorizont bezogen auf die momentane Position aus und berechnet Regeleingriffe seitens des Wärmemanagements bezüglich Ausprägung und Zeitpunkt. Unter Berücksichtigung der Validität der Vorausschau und zusätzlicher aktueller Fahrzeugparameter erfolgt abschließend eine Priorisierung der Funk-

„Mit vorausschauenden Betriebsstrategien können wir Motor sowie Kühlsystem gezielt vorkonditionieren, um Dynamik und Effizienz zu steigern.“

*Mathias Braun, BMW Group*

elektronischen Horizonts zur Entlastung des Fahrzeugbusses kommt ein Speicherblock zum Einsatz, der als Zwischenspeicher und Schnittstelle für die wärmemanagementspezifische Situationsauswertung fungiert. Die Profile für den Straßentyp (aus der digitalen Karte) und die erwartete Geschwindigkeit (aus der iLeNa-Wissensdatenbank) werden hin-

tionseingriffe oder ein Überblenden zum Serienstand. Die ausgewerteten Informationen über die aktuelle und die kommenden Umgebungssituationen werden zusammen mit der konventionellen und vorausschauenden Wärmemanagement-Betriebsstrategie sowie den Verbrauchseffekten im Fahrzeug mit dSPACE ControlDesk dargestellt.

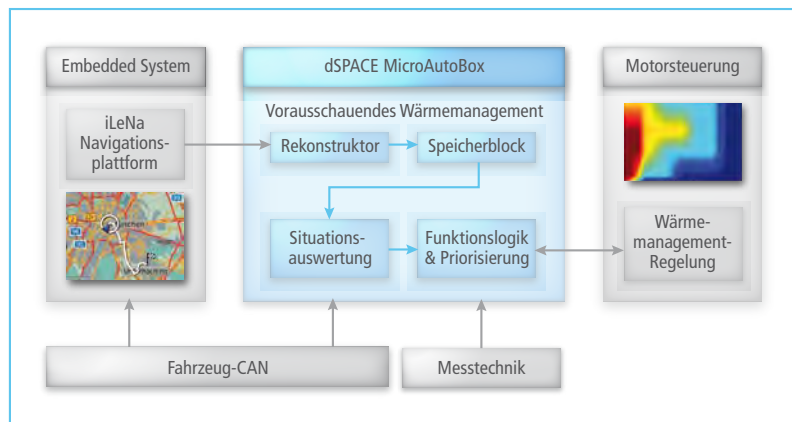


Abbildung 5: Software- und Regelungsstruktur des vorausschauenden Wärmemanagements.

**Ergebnisse der Verbrauchsreduzierung**

Die Vernetzung des Wärmemanagements mit der Fahrzeugnavigation ermöglicht die intelligente, gleichzeitige Weiterentwicklung von Effizienz und Dynamik eines Fahrzeugs. Bei typischen Kundenfahrten in der Stadt kann ein gleichmäßigerer Kühlmitteltemperaturverlauf sowie ein angenehmes Temperaturniveau realisiert werden. Zusammen mit der Entlastung des Bordnetzes, durch Ausblendung von vermeidbaren Sprüngen in der abgerufenen Kühlleistung, wird



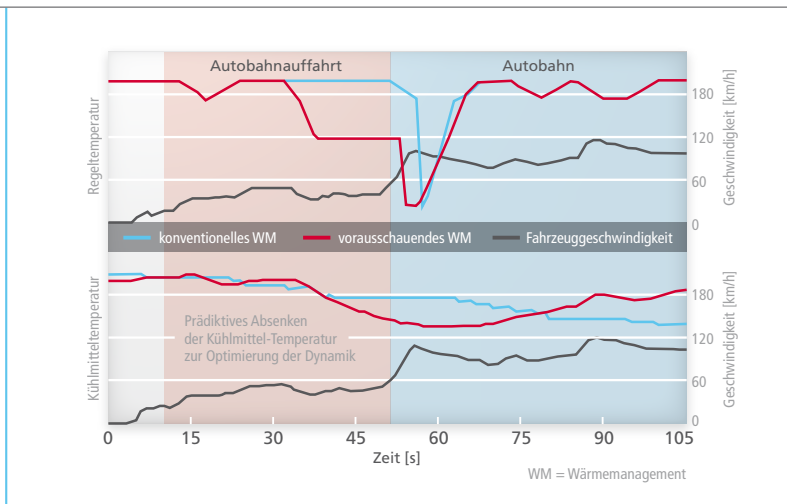


Abbildung 6: Vergleich der Regelung von konventionellem und vorausschauendem Wärmemanagement.

eine Verbrauchsreduzierung im Bereich von bis zu 1 % durch reine Anpassung der Betriebsstrategie erreicht, d. h. ohne den Einsatz zusätzlicher Bauteile. Dies ist ein zusätzlicher wichtiger Baustein neben einer Vielzahl weiterer Maßnahmen im Gesamtpaket von BMW EfficientDynamics.

### Erzielte Steigerung der Dynamik

Bei dem zweiten aufgezeigten Anwendungsfall ermöglicht das vorausschauende Wärmemanagement eine Anhebung des Motortemperaturniveaus bei niedriger Last, ohne das Risiko von Grenztemperaturüberschreitungen – etwa im Kühlmittel – bei dem Übergang zu höheren Lastpunkten zu erhöhen. Durch die Vorkonditionierung des Motors mittels einer prädiktiven Absenkung des Temperaturniveaus (Abbildung 6) kann zudem eine Steigerung der Dynamik dargestellt werden. Diese

Effekte sind v.a. bei Saugmotoren und typischen Zwischenbeschleunigungen (z. B. Elastizität bei 60 - 120 km/h) in der Beschleunigungszeit messbar und liegen im Bereich von bis zu 3 - 5 % beim nicht aufgeladenen BMW 6-Zylinder-Reihenmotor. Bei Turbomotoren zeigen sich die positiven Dynamikeffekte weniger deutlich, da hier die Zylinderfüllung durch die Aufladung dominiert wird. Speziell bei Volllast jedoch kann die vorausschauende Temperaturabsenkung eine weitere Steigerung der Effizienz von Turbomotoren bewirken, da unter diesen Bedingungen ein günstigerer Zündwinkel zur Optimierung des Brennverlaufs bei Ottomotoren gewählt werden kann. ■

*Mathias Braun,  
Dr. Matthias Linde,  
Dr. Andreas Eder,  
BMW Group  
Dr. (RUS) Evgeny Kozlov,  
ALTRAN Technologies*

*Dipl.-Phys.  
Mathias Braun,  
BMW Group  
Wärmemanagement,  
Doktorand „Vorausschauendes Wärmemanagement“.*

*Dr. rer.nat.  
Matthias Linde,  
BMW Group  
Wärmemanagement,  
Projektleiter „Vorausschauendes Wärmemanagement“.*

*Dr.-Ing.  
Andreas Eder,  
BMW Group  
Wärmemanagement,  
Leiter Vorentwicklung  
und Simulation.*

*Dr. (RUS)  
Evgeny Kozlov,  
ALTRAN Technologies  
Managing Consultant  
Rapid Control Prototyping.*



## Zusammenfassung und Ausblick:

Durch Erweiterung um eine vorausschauende Komponente wurde die intelligente Weiterentwicklung des Wärmemanagements beim konventionellen Antriebsstrang aufgezeigt. Auf Basis eines 3er BMW wurden erste Regelstrategien in einem Prototyp implementiert und der Funktions- und Potentialnachweis erbracht. Die Nutzung vorhandener Informationen im Fahrzeug durch die Vernetzung der unterschiedlichen Steuergeräte führt zur Steigerung von Effizienz und Dynamik, wie am Beispiel des vorausschauenden Wärmemanagements aufgezeigt wurde.

Fahrerassistenzsysteme, wie die Aktive Geschwindigkeitsregelung „Adaptive Cruise Control“ oder die Verkehrsschilderkennung „Speed-Limit-Anzeige“, profitieren bereits seit einiger Zeit von der Vernetzung mit der Navigationsdomäne. Fortschritte seitens der Navigationssysteme im Hinblick auf Informationsgehalt und Informationsgüte der digitalen Karte sowie im Bereich der Routenberechnung durch Verfügbarkeit auch ohne aktive Zielführung eröffnen erweiterte, vorausschauende Funktionen für eine optimale Steuerung der Energie- und Wärmeströme im Fahrzeug. Neben dem vorausschauenden Wärmemanagement eröffnen sich beispielsweise auch Möglichkeiten zu einer exakteren Reichweitenberechnung für reine Elektrofahrzeuge und sind damit eine ideale Ergänzung zur erfolgreich umgesetzten BMW EfficientDynamics Strategie der BMW Group.



Automatisierte Software-  
Tests am HIL-Simulator

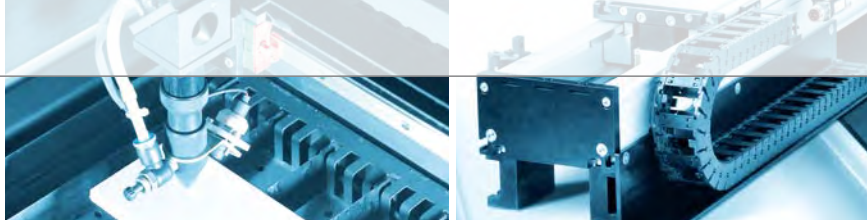
## Elektrische Antriebe

# effizient virtualisiert

Geregelte elektrische Antriebe stellen in vielen technischen Anwendungen eine Schlüsseltechnologie dar. Insbesondere bei Servoreglern für die Industrieautomation wird aufgrund der Vielzahl von möglichen Anwendungen ein hohes Maß an Flexibilität gefordert. Durch die Konfigurationsmöglichkeiten der Servoregler-Software entstehen zahlreiche Varianten, die enorme Testaufwände verursachen. Mit automatisierten Tests am HIL-Simulator können diese Tests entscheidend vereinfacht und beschleunigt werden.

Die LTI DRIVES GmbH entwickelt, produziert und vertreibt Servoregler für elektrische Antriebe im Leistungsbereich von wenigen hundert Watt bis zu 250 kW. Mit Antriebsprodukten von LTI werden neben der klassischen Automatisierungstechnik unter anderem so unterschiedliche Anwendungsbereiche wie Medizintechnik, Windkraftanlagen oder magnetgelagerte Hochgeschwindigkeitsantriebe bedient. Darüber hinaus werden seit mehr als zehn Jahren auch dieselektisch angetriebene Flurförderfahrzeuge mit kundenspezifisch entwickelten Umrichtern von





LTi ausgerüstet. Unabhängig vom Einsatzgebiet wird der Software-Anteil bei elektrischen Antrieben zunehmend größer und die Innovationszyklen werden immer kürzer. Daher kommt der effizienten Durchführung der notwendigen Software-Tests für den Servoregler eine sehr große Bedeutung zu.

**Ein Servoregler für alle**

Jeder Servoregler beinhaltet als Kernfunktionalität die Regelung von Strom, Drehzahl und Position für verschiedene Motorenarten wie Gleichstrom-, Synchron- oder Asynchronmotoren. Der Servoregler ServoOne von LTi enthält darüber hinaus zahlreiche Sonderfunktionen, die durch den Anwender für die verschiedens-

che Kombinationen ergeben sich aus verschiedenen Leistungsendstufen, Motor- und Drehgeberarten sowie unterschiedlichen Feldbus- und Technologieoptionskarten. Ein Test am Prüfstand erfordert umfangreiche Umbauarbeiten, beispielsweise für die elektrische und mechanische Installation von Umrichter und Motor, wenn die Hardware als Echtteile verwendet wird. Dadurch wird nicht nur der Freigabeprozess für die Software verzögert, sondern auch wertvolle Prüfstandskapazität belegt. Eine weitere Herausforderung von Software-Tests mit Echtteilen liegt in den zum Teil sicherheitskritischen Testbedingungen. Diese ergeben sich beim Testen kritischer Fehler, beispielsweise Überstrom, Über-

spannung, Überdrehzahl oder Übertemperatur.

**Lösung: HIL-Simulation**

Die Lösung für die Tests umfangreicher Software-Funktionen und Hardware-Konfigurationen ist die Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulation. Hier werden die jeweils benötigten Regelstrecken und Echtteile durch Simulationsmodelle ersetzt, wodurch ein Großteil der Umbauaufwände während der Tests entfällt. Da eine HIL-Simulation automatisiert ablaufen kann, können die Tests rund um die Uhr erfolgen. Die Testautomatisierung ist dabei insbesondere bei Routinetests hilfreich, wenn es um den Nachweis der Konformität mit standardisierten Feldbusprofilen wie CANopen, SERCOS oder CAN J1939 geht. Auch im Rahmen von sicherheitstechnischen Abnahmen müssen wiederholt Testabläufe mit Fehlersimulationen reproduzierbar durchgeführt werden, was durch eine Testautomatisierung enorm vereinfacht wird.

„Die HIL-Simulation von dSPACE leistet bei LTi einen wichtigen Beitrag zur Qualitätssicherung und Reduzierung der Entwicklungskosten.“

*Dr. Harald Wertz, LTi DRiVES GmbH*

ten Applikationen konfiguriert werden können. Abbildung 1 zeigt typische Software-Funktionsbausteine eines Servoreglers, für die umfangreiche Tests durchzuführen sind. Es wird deutlich, dass die Variantenvielfalt und der Funktionsumfang einen enormen Testaufwand nach sich ziehen. Vor diesem Hintergrund verspricht die Automatisierung von Regressionstests im Software-Änderungsprozess ein enormes Einsparpotenzial.

**Herausforderung: Echtteile**

Neben der Software alleine muss auch ihr Zusammenspiel mit einer Vielzahl von Hardware-Konfigurationen intensiv getestet werden. Mögli-

Abbildung 1: Typische Software-Funktionsbausteine eines Servoreglers.



### Aufbau der Simulationshardware

Sämtliche Simulatorkomponenten sind in einem mobilen Schaltschrank integriert (Abbildung 2). Als Plattform für die Echtzeitsimulation wird ein dSPACE-System, bestehend aus einem Prozessorboard (DS1005), zwei I/O-Karten für die Simulation elektrischer Antriebe (DS5202 Electric Motor HIL Solution) und einer CAN-Schnittstellenkarte (DS4302), eingesetzt. Die Verbindungstechnik und die Signalkonditionierung zwischen dem dSPACE-System und der Elektronik des Testobjekts wurden im Hause LTI geplant und umgesetzt. Der Schaltschrank enthält weiterhin



Abbildung 2: Der Schaltschrankaufbau des HIL-Simulators.

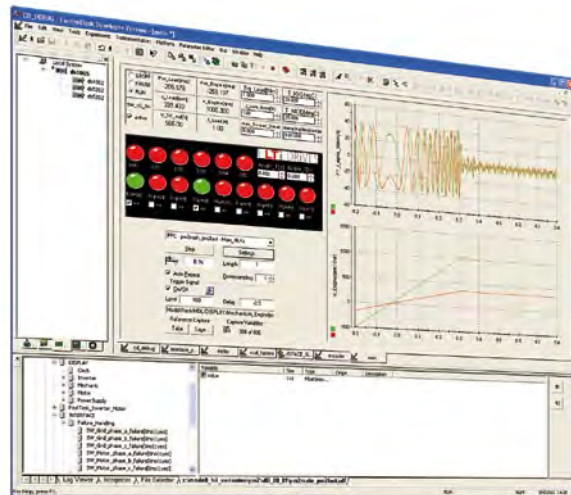


Abbildung 3: Das Layout der ControlDesk-Oberfläche.

einen Industrie-PC, der gleichzeitig als Feldbus-Master und als Host-Rechner für die Software zur Testautomatisierung dient. Um den Simulator möglichst vielseitig nutzen zu können, besteht die Möglichkeit, Steuerteilarten aus unterschiedlichen Antriebsprodukten als Testobjekt in den Schaltschrank zu integrieren. Dies geschieht über eine Wechselschublade und einen standardisierten Adapter mit robusten, hochpoligen Steckverbindern.

### Simulationsmodelle

Die Simulationsmodelle für die Regelstrecken wurden in Simulink® erstellt. Als Basis dienten Modelle der ASM Electric Components Library von dSPACE wie Synchron- und Asynchronmaschinen sowie Leistungsumrichter. Durch ihre offene Struktur konnten sie leicht an die Anforderungen von LTI angepasst werden. Darüber hinaus wurden auch Bestandteile der SimPowerSystems Toolbox von The MathWorks® genutzt, um beispielsweise dreiphasige Netze in Echtzeit zu simulieren.

### Antriebsperipherie

Die Echtzeitsimulation von Leistungselektronik und elektrischen Antrieben stellt aufgrund der hohen Streckendynamik sehr hohe Anforderungen an das verwendete Simulations-

system. Das von dSPACE speziell für die HIL-Simulation von elektrischen Antrieben entwickelte DS5202 EMH Board verfügt über eine Reihe von intelligenten I/O-Kanälen. Auf dem integrierten FPGA (Field Programmable Gate Array) werden I/O-Prozesse mit hoher zeitlicher Auflösung ausgeführt. Dies betrifft die Analyse der von der Steuerelektronik generierten PWM-Ansteuersignale für die Leistungsendstufe sowie die Generierung der bei der Lagegebersimulation auftretenden digitalen und analogen Signale. Neben den üblichen analogen Gebersystemen Resolver und Encoder können mit dem DS5202 EMH auch TTL-Inkrementalgeber sowie Geber mit den seriellen Übertragungsprotokollen SSI, EnDat2.1® und Hiperface® simuliert werden. Das Protokoll der seriellen Gebersysteme ist ebenfalls flexibel parametrierbar und kann alle gängigen Gebertypen nachbilden.

### Testautomatisierung

Für die interaktive Arbeit mit dem HIL-Simulator kommt dSPACE ControlDesk zum Einsatz (Abbildung 3). Die automatischen Tests werden in der Skriptsprache Python implementiert. Durch entsprechende Python-Bibliotheken von dSPACE und LTI wird der einfache Zugriff vom Hostrechner auf den Simulator und auf das Testobjekt realisiert.



### Vergleich Simulation und Realität

Zur Bewertung der Güte des Echtzeitmodells wurden zunächst an einem realen Versuchsaufbau mit Hilfe der im Antrieb integrierten Autotuning-Funktion die Parameter eines 11-kW-Synchronmotors ermittelt. Nach diesem automatischen Reglerentwurf wurden Sprungantworten der Strom- und Drehzahlregelung gemessen. Anschließend wurde das HIL-Motormodell mit den am echten Aufbau identifizierten Motordaten parametrisiert und die Sprungantworten wurden mit identischer Reglerparametrierung für das Testobjekt am HIL-Simulator aufgezeichnet. Dabei ergab sich eine gute Übereinstimmung der entsprechenden Verläufe (Abbildung 4).

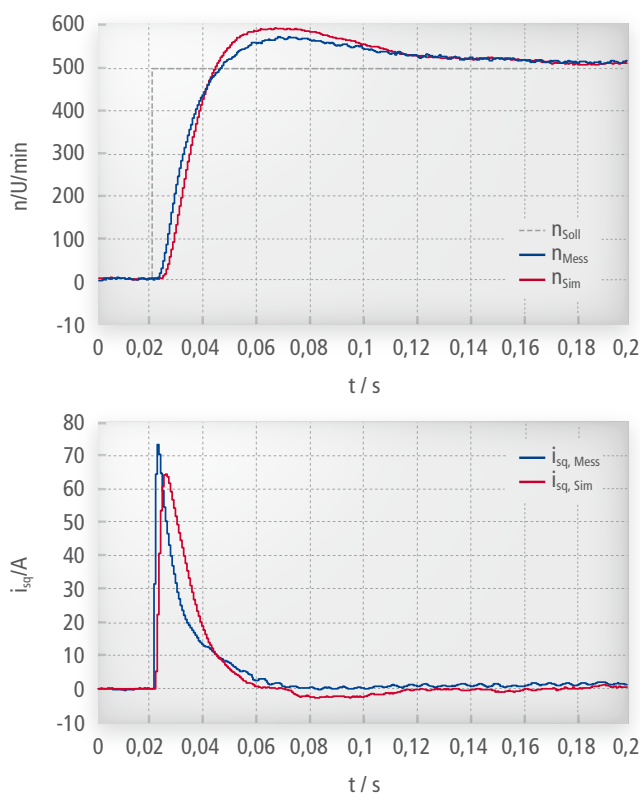


Abbildung 4: Vergleich der Drehzahlregelung in der HIL-Simulation (rot) und mit realem Versuchsaufbau (blau) jeweils bei einer Abtastung mit 125  $\mu$ s.

### Ausblick

Die HIL-Simulation von elektrischen Antrieben in Echtzeit ist mit der performanten dSPACE-Hardware und darauf abgestimmten speziellen Simulationsalgorithmen mit einer hohen Qualität möglich. Die Genauigkeit des Echtzeitmodells ist dabei so gut, dass sogar regelungstechnisch anspruchsvolle Untersuchungen durchgeführt werden können. Neben der automatischen Durchführung von Softwaretests für Servoregler ergaben sich bei LTi weitere interes-

sante Anwendungsmöglichkeiten für den HIL-Simulator:

- Optimierung von Reglerparametern für Kundenapplikationen, um Inbetriebnahmen vor Ort vorzubereiten und zu beschleunigen.
- Frühzeitige Erprobung von Software-Prototypen, um Regelungsfunktionen hardware-nahen Tests zu unterziehen.

- Frühzeitige regelungstechnische Bewertung der Entwurfsdaten von Sondermotoren für Hybrid- und Elektrofahrzeuge. ■

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Küsterarent,  
Dipl.-Ing. Jens Schirmer,  
Dr.-Ing. Harald Wertz,  
Dipl.-Ing. Ulrich Schumacher  
LTi DRIVES GmbH,  
Unna, Deutschland



Von links nach rechts:

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Küsterarent  
entwickelt das Software-Framework  
zur Testautomatisierung.

Dipl.-Ing. Jens Schirmer  
entwickelt die Echtzeitmodelle.

Dr.-Ing. Harald Wertz  
ist Leiter der Software-Entwicklung.

Dipl.-Ing. Ulrich Schumacher  
ist Projektleiter für das Projekt  
HIL-Software-Test.



# NASA'S Top Model

Skaliertes UAV für Testflüge unter Extrembedingungen



Bei Kunstflugveranstaltungen kann man als Zuschauer die Grenzen des fliegerisch Machbaren hautnah erleben. Die NASA erforscht mit ihrem unbemannten Flugzeug (UAV) sogar noch extremere Flugsituationen.

Die NASA arbeitet bei ihrer Testeinrichtung AirSTAR (Airborne Subscale Transport Aircraft Research) mit einem UAV (Unmanned Aerial Vehicle), um Flugsituationen zu untersuchen, die mit echten, bemannten Flugzeugen zu riskant und zu kostspielig wären. Ein per Funk angebundenes dSPACE-System übernimmt dabei die Rolle des Flugsteuerungscomputers.

**Skalierungseffekte:  
Kleiner, stärker, schneller**

Basierend auf den Testflügen entwerfen die NASA-Ingenieure Automatisierungssysteme, die für einen sicheren und kontrollierten Flug sorgen und so die Flugsicherheit erhöhen sollen. Typische Beispiele für extreme Flugsituationen, die bis zum Kontrollverlust führen können, sind beispielsweise Strukturschäden, Hydraulikausfälle oder Vereisung. In solchen Extremsituationen, in denen herkömmliche Autopiloten unter Umständen versagen können, sind Piloten teilweise mit einem unkalkulierbaren Flugverhalten des Flugzeugs konfrontiert.

Um solche Flugbedingungen zu untersuchen, hat die NASA für die Tests ein maßstabsgetreues UAV und eine größtenteils automatisierte Boden-

station entwickelt. Weil das UAV (Maßstab 1:18) wesentlich kleiner ist als ein echtes Verkehrsflugzeug, reagiert es sehr viel empfindlicher auf die Anweisungen des Piloten. Trotzdem zeigt es wegen seiner besonderen Konstruktion, bei der die Massenverteilung und die Dichte zusammen mit der Geometrie skaliert wurden, dieselben Dynamik- und Reaktions-eigenschaften wie das Vorbild. Die Ergebnisse der Testflüge müssen lediglich zeitlich rückskaliert werden (um die Wurzel des Skalierungsfaktors), um auf die Dynamik des echten Flugzeugs zu schließen. Auf diese Weise ist die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf reale Verkehrsflugzeuge sichergestellt; das UAV erlaubt aber die Durchführung riskanterer Experimente mit höheren Belastungen, als es bei einem echten Flugzeug möglich wäre.

Abbildung 1: Die Testflüge mit dem UAV (hier vor der mobilen Bodenstation) dienen zur Optimierung der Funktionen für Flugsteuerungscomputer in Verkehrsflugzeugen.





- 1 Navigationsanzeige, Draufsicht auf Standort, Flugrichtung und Reichweite
- 2 Flugzeugkonfiguration, Leitwerkpositionen, Triebwerkeinstellungen, Flugplandetails und Systemstatusindikatoren
- 3 Frontscheibenanzeige (HUD) – künstliche Sicht aus dem Fenster mit überlagertem Fahrtmesser, Höhenmesser, vertikaler Beschleunigung, Flugbahninformationen und Warnanzeigen
- 4 Zweite NAV-Anzeige (redundant)
- 5 Zweite HUD-Anzeige (redundant)
- 6 Sicht der analogen Tracker-Kamera am Boden
- 7 Sicht der analogen Bugkamera während des Fluges
- 8 Diskrete Modiwählschalter zum Aktivieren von Fehlersimulationen und Regelalgorithmen

Abbildung 2: Der Platz des Testpiloten. Das per Funk mit dem UAV kommunizierende dSPACE-System erledigt alle anfallenden Echtzeit-Berechnungsaufgaben, damit der Testpilot vom Boden aus beliebige Manöver realitätsnah fliegen kann.

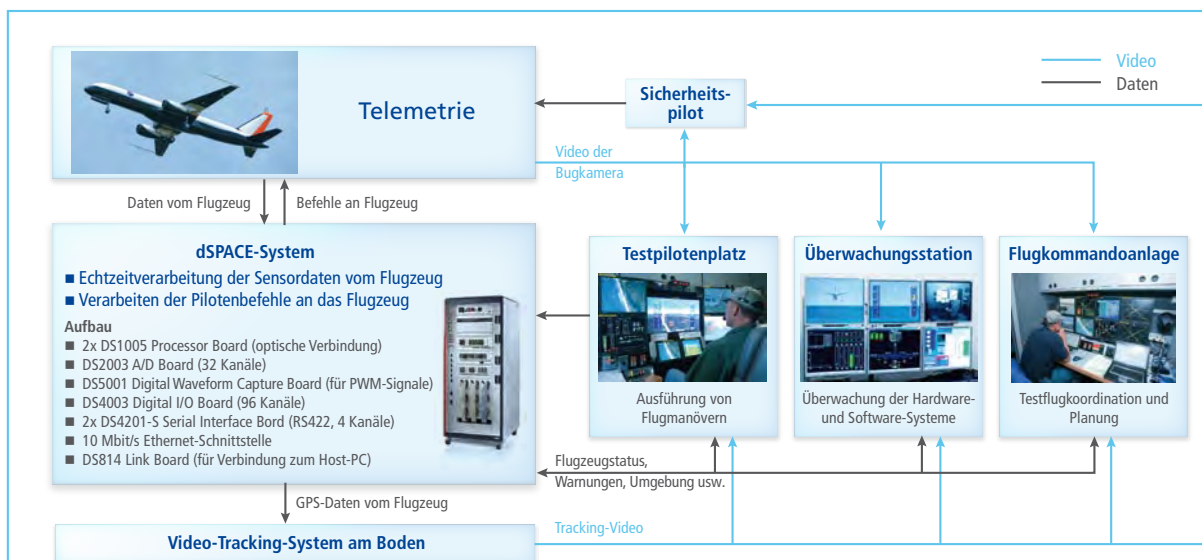
### Flugsteuerung mit dSPACE-System

Obwohl das UAV im Vergleich zu einem echten Verkehrsflugzeug klein ist, können die von der NASA getesteten Algorithmen sehr umfangreich sein. Die Regelstrategien und die Anforderungen an das Echtzeitsystem entwickeln die Ingenieure zumeist am Schreibtisch, und zwar mit Algorithmen-Prototypen, die in einem modellbasierten Simulationstool wie MATLAB®/Simulink® implementiert sind. Ein Ziel des AirSTAR-Programms ist es, die Übertragung dieser Algorithmen auf ein Echtzeitsystem für die Flugtests zu beschleunigen und ausreichend Rechenleistung für den

untersuchten Code bereitzustellen. Hierdurch ist es möglich, die Ergebnisse realer Flugversuche bereits in einer frühen Phase der Technologieentwicklung zu berücksichtigen. Möglich wurde das durch den Einsatz des dSPACE-Systems am Boden, das mit dem Flugzeug über eine breitbandige telemetrische Verbindung kommuniziert. Zusätzlich zum UAV selbst gehört zur AirSTAR-Testeinrichtung eine mobile Basisstation zur Flugkontrolle. Die Station besteht zum einen aus einem Multiprozessor-dSPACE-System und zum anderen aus weiteren Rechnern zur Erzeugung der Bildschirmdarstel-

lung und für die Messdatenaufzeichnung. Auf dem ersten Prozessorboard des dSPACE-Systems befinden sich die „Bordsysteme“, die die Pilotenbefehle empfangen (diskret, analog und PWM I/O), die Telemetriedaten des UAVs verwalten (RS422 seriell) und die Daten für die Echtzeitanzeige (UDP) verarbeiten und einstellen. Das zweite dSPACE-Prozessorboard untersucht die jeweils aktivierten Regelalgorithmen, und zwar sowohl unter regulären als auch fehlerhaften Flugzeugkonfigurationen. Die je nach Testflug unterschiedlichen Regelalgorithmen führen Code aus, der in Simulink mit Hilfe eines Simula-

Abbildung 3: Aufbau der mobilen AirSTAR-Testeinrichtung. Das auf dem dSPACE-System eingerichtete Flugsteuerungssystem empfängt Telemetriedaten vom UAV und sendet Pilotenbefehle und weitere Parameter an das UAV. Einer der drei Kontrollplätze (der Testpilotenplatz) ist detailliert in Abb. 2 zu sehen.





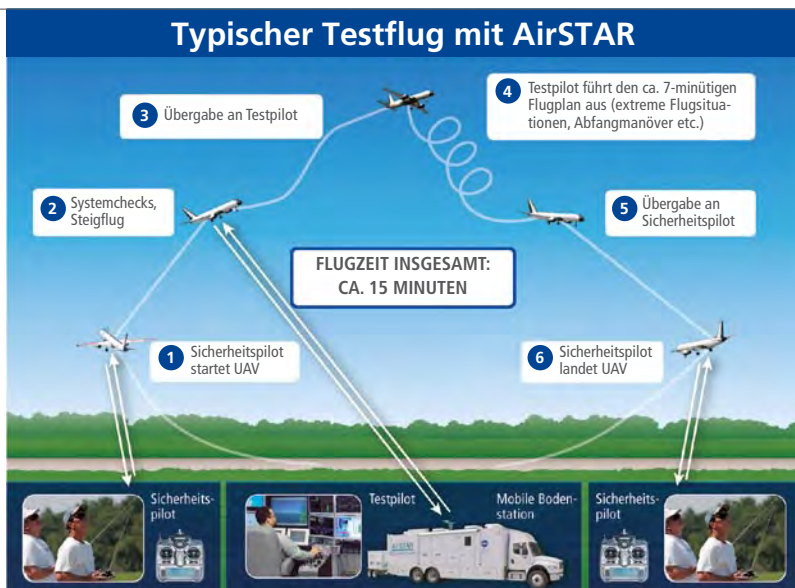


Abbildung 4: Typischer Ablauf eines Testflugs. Das Hauptaugenmerk liegt auf der Untersuchung von Kontrollverlustszenarien und entsprechenden Abfangmanövern.

tionsmodells für das UAV entwickelt wurde. Der Einsatz des zweiten Prozessors für diesen Code sorgt nicht nur insgesamt für sehr viel Rechenleistung, sondern ermöglicht es dem Hauptprozessor auch, Software-Fehler zu überwachen und zu isolieren, darunter Code-Sperrungen, Segmen-

#### Typischer Ablauf eines Testflugs

Mit dem UAV ist ein Flug von 15 Minuten möglich. Ein zweiter Pilot, der Sicherheitspilot, übernimmt die Start- und Landephase und hält ständig Blickkontakt zum UAV. Er überlässt dem Testpiloten das UAV nur oberhalb einer bestimmten Höhe. Während

„Für die aufwendigen Echtzeitberechnungen während der Testflüge mit dem UAV bietet das dSPACE-System die erforderliche Leistung.“

Tommy Jordan, NASA Langley Research Center

tierungsfehler oder unkontrolliertes Verhalten, und automatisch an eine der Überwachungsstationen weiterzuleiten. Die Telemetrie übermittelt Rohdaten auf 70 Kanälen mit einer Frequenz von 200 Hz. Dazu kommen noch Kalibrierungen in Echtzeit, Korrekturen und die Berechnung von abgeleiteten Variablen, die den Datenstrom weiter anwachsen lassen. Über die optische Verbindung des dSPACE-Host-PCs werden mehr als 500 Variablen mit 200 Hz übertragen, einschließlich 75 Variablen zur Dokumentation interner Variablen, um die Steuerungsalgorithmen während des Flugs zu untersuchen. Diese Daten liegen binnen weniger Minuten nach der Landung als MATLAB-Datei vor und ermöglichen es den Ingenieuren, Testergebnisse nachzuvollziehen und Testpläne zu modifizieren.

der verbleibenden Zeit absolviert der Testpilot das Flugprogramm und fliegt das UAV anhand der simulierten Anzeigen der mobilen Basisstation. Im Rahmen des „NASA Aviation Safety Program“ ist es erklärtes Ziel der Testflüge, besonders sogenannte Kontrollverlustszenarien – extreme Fluglagen in Verbindung mit dem Ausfall von Bordsystemen – und geeignete Abfangmanöver zu analysieren. Der Testpilot kann wahlweise mit Unterstützung des Flugsteuerungssystems fliegen oder auch ohne. Zusätzlich kann er frei konfigurierbare Fehler-szenarien einspeisen und so zum Beispiel das Leitwerk blockieren oder das UAV destabilisieren. Damit die strukturelle Belastbarkeit des UAVs nicht überschritten wird, begrenzt das Flugsteuerungssystem im Notfall die Schub- und Leitwerkeinstellungen.

Zudem hat der Sicherheitspilot stets die Oberhoheit über den Testflug – er kann jederzeit eingreifen und die Steuerung des UAVs vom Testpiloten übernehmen.

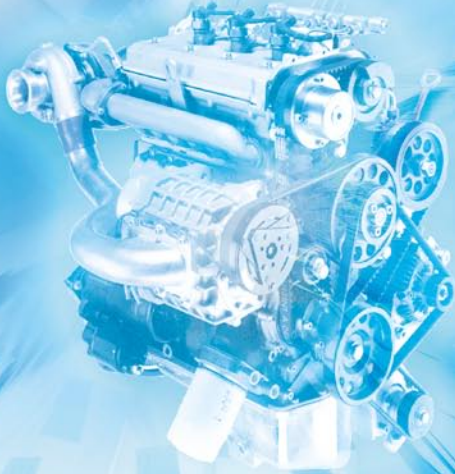
#### Zusammenfassung & Ausblick

Mit Hilfe der Testeinrichtung AirSTAR unternimmt die NASA Testflüge mit einem UAV, um gefahrlos Flugsituationen (Kontrollverlustszenarien) zu untersuchen, die in der Verkehrsfliegerei einen hohen Anteil der Unglücke ausmachen. Das mit einem dSPACE-System realisierte Flugsteuerungssystem am Boden muss dabei in Echtzeit sowohl die vom UAV gesammelten Messwerte als auch die Flugbefehle des Testpiloten verarbeiten. Es unterstützt die Generierung der Daten für die Fluginstrumente und zeichnet Testdaten für die Analyse nach einem Flug auf. Für die Zukunft sind eine Erweiterung der möglichen Flugsituationen, komplexere Algorithmen und die Einführung verschiedener Flugzeugtypen in das System geplant. Aufgrund der flexiblen Struktur der Bodenstation lassen sich diese Änderungen mit geringem Aufwand in der Architektur und Software implementieren. ■

Tommy Jordan  
NASA Langley Research Center  
USA

Tommy Jordan ist AirSTAR Projektmanager beim NASA Langley Research Center.





# AVL Raptor:

## Hungrig nach Motoren

Rapid-Prototyping-Controller für Verbrennungsmotoren

Mit dem Rapid-Prototyping-Controller AVL Raptor können Kunden der gesamten AVL-Gruppe flexibel und schnell die Steuerung komplexer Motorkonfigurationen für Demonstrations- und Applikationszwecke erstellen und testen. Die Lösung basiert auf Modellen von AVL sowie auf dSPACE-Prototyping-Hardware. Modelle von Kunden und Zulieferern lassen sich ebenfalls integrieren.



### Rapid Prototyping für komplexe Motorsteuerungen

Moderne Motorsteuerungen helfen dabei, eine Vielzahl von Anforderungen zu erfüllen: Einhalten von Emissionsgrenzwerten, Senken des Treibstoffverbrauchs, optimale Unterstützung von Fahrzuständen und Fahrstilen – und dies alles zu niedrigen Kosten. Technologien wie variabler Ventiltrieb, Turbolader mit variabler Geometrie (VGTs) und Mehrfach-Direkteinspritzung erhöhen die Freiheitsgrade des zu kontrollierenden Motorsystems. Die Folge: eine hohe Komplexität innerhalb der Motorsteuerung, so dass diese letztlich aus tausenden Parametern und Teilmodellen besteht, deren Applikation viel Zeit benötigt. Die Applikation am Prüfstand kann gut bis zu 12 Monate in Anspruch nehmen, ohne die Zeitaufwände für die Applikation im Fahrzeug in Winter- und Sommertests sowie auf dem Dynamometer-Teststand. Für Serienmotoren und -Motorsteuerungen ist ein solch gründliches Vorgehen notwendig und effizient. Jedoch werden für die Demonstration

und den Testbetrieb von Motorsteuergeräte-Software viel schnellere und flexiblere Rapid-Prototyping-Lösungen benötigt. Während Seriencontroller genau auf die Zielanwendung ausgelegt sind, benötigt man beim Prototyping flexible I/O, hohe Rechenleistung, Unterstützung zur Beherrschung der Komplexität (zum Beispiel durch Teilsysteme-Tests oder durch weniger Eingangsgrößen), Möglichkeiten zur Offline-Simulation und schnellen Code-Generierung für Tests mit der Prototyping-Hardware.

### Plattform für schnelle Entwicklung von Motorsteuerungen

AVL hat eine lange Tradition in der Entwicklung von Serien-Motorsteuerungen sowohl für OEMs als auch für Tier-1-Zulieferer. Das Ergebnis dieser weitreichenden Erfahrung: AVL Raptor. Die Plattform kann für die normale Algorithmenentwicklung sowie für Rapid Prototyping eingesetzt werden. Der Entwickler kann die Funktionalität entweder offline mit Hilfe der Model-in-the-Loop (MIL)-Simulation oder online

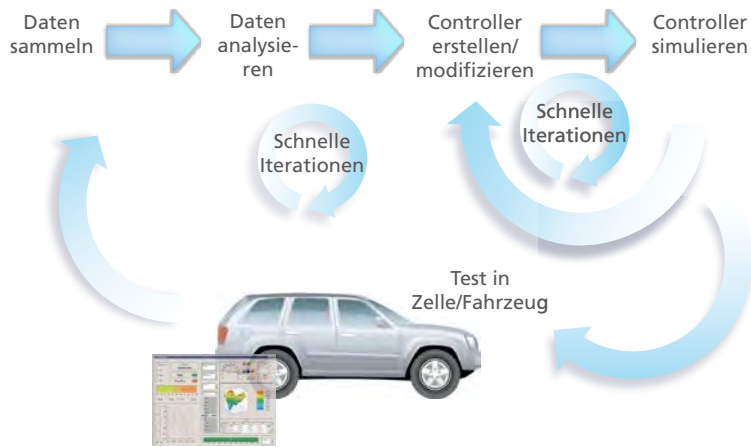
mit dem Rapid-Prototyping-Controller testen. Die Einfachheit, mit der die Plattform offline und online verwendet werden kann, beschleunigt die Entwicklung wesentlich, da das System in seiner Gesamtheit getestet wird und nicht nur einzelne Funktionen mit künstlichen Eingangswerten.

### Zeit sparen beim Prototyping

AVL Raptor bietet den weltweiten AVL-Kunden einen kompletten Rapid-Prototyping-Controller zum Testen von Motorsteuergeräte-Software, basierend auf dSPACE RapidPro-Hardware, dSPACE MicroAutoBox und Modellen von AVL sowie solchen von Kunden und Zulieferern. Obwohl ein serienreifer Controller oft schon verfügbar ist, ist er in vielen Fällen zu komplex oder hat begrenzte I/O. Daher ist ein Rapid-Prototyping-Controller wie AVL Raptor eine ideale Lösung. AVL Raptor stellt einen kompletten Motor-Controller mit voll entwickelter Drehmomentstruktur und Basisbetriebssystem dar. Die Software ist modulbasiert, wobei jedes Modul in seiner eigenen Bibliothek platziert ist. Mit der Raptor-Oberfläche, über die der Benutzer die Module selbst auswählt, ist es sehr einfach, eine Komponente wie einen neuen Aktor hinzuzufügen oder sogar komplett von Benzin- auf Diesel-Controller zu wechseln. Der Controller nutzt den Zylinderdruck zur Closed-Loop-Feedback-Steuerung und ist für den Einsatz am Prüfstand sowie im Fahrzeug geeignet. Er ist so modifizierbar, dass er auf alle Motortypen angewendet



*AVL Raptor bietet einen kompletten Rapid-Prototyping-Controller zum Testen von Motorsteuergeräte-Software, basierend auf dSPACE RapidPro-Hardware, dSPACE MicroAutoBox und Modellen von AVL sowie von Kunden und Zulieferern.*



AVL Raptor: Rapid-Prototyping-Controller für Offline-Simulation, Prüfstand und Fahrzeugtests.

„Durch die Flexibilität des dSPACE-RapidPro-Systems kombiniert mit der AVL-Raptor-Umgebung können wir selbst sehr komplexe Entwicklungsaufgaben unserer Kunden beschleunigen.“

Richard Backman, AVL Södertälje Powertrain Engineering AB

### Hardware und Konfiguration von AVL Raptor

- MicroAutoBox
- RapidPro-Hardware
- Typische Sensor-/Aktoranbindungen (kundenspezifisch)
  - Halbbrücke
  - Hochdruck-Kraftstoffpumpe
  - Hochdruck-Injektor-Aktuator (Mehrfacheinspritzung)
  - Zündaktuator (Mehrfachzündung)
  - Unterstützung von bis zu 12 Zylindern mit zusätzlicher winkelbasierter Regelung
  - Zahlreiche Kurbelwinkel-Decoder
  - Nockenwellen-Phaser-Unterstützung
  - Lambdasensor
  - Temperatursensor
  - CAN-Kommunikation mit DBC-Files
- Komplette Fahrzeugschnittstelle
- Zylinderdruck-Schnittstelle

werden kann. Mit AVL Raptor kann AVL zusammen mit dem Kunden in nur 10% der Zeit, die normalerweise für eine Applikation anfällt, 90% des angestrebten Endzustands erreichen. Dies ist ideal zur Demonstration, zum Beispiel bei der Einführung neuer Technologien.

### Modellanbindung und Simulation

AVL stellt eine komplette MIL-Umgebung zur Verfügung, mit der offline ein gesamter NEDC-Zyklus (New European Driving Cycle) durchlaufen werden kann. Diese Umgebung beinhaltet ein Motormodell, ein Verbrennungsmodell, ein Getriebemodell, ein Fahrermodell und ein Sensor- und Aktormodell. Neben Modellen von AVL können die Kunden auch andere Modelle einsetzen. Die Simulationszeit für das verwendete Modell und den Controller ist kürzer als die Echtzeit. Gibt es keinen Motor, für den Modellparameter generiert werden können, bietet AVL die Verwendung von Simulationstools (AVL Boost) an, so dass Reglerstrategien simuliert und für einen Motor implementiert werden können, bevor dieser existiert. Das Entwicklungsteam sammelt mit dSPACE RapidPro die Eingangsdaten, analysiert sie, erstellt den Regler, testet ihn offline und kompiliert ihn anschließend, um ihn auf die Echtzeit-Hardware (dSPACE MicroAutoBox) zu laden. Es ist auch möglich, Serienelemente mit Hilfe von Wrapper-Code auf der Echtzeit-Hardware zu validieren und zu verifi-

#### Richard Backman

Experte, Advanced Engineering Controls & Software, AVL Södertälje Powertrain Engineering AB, Schweden

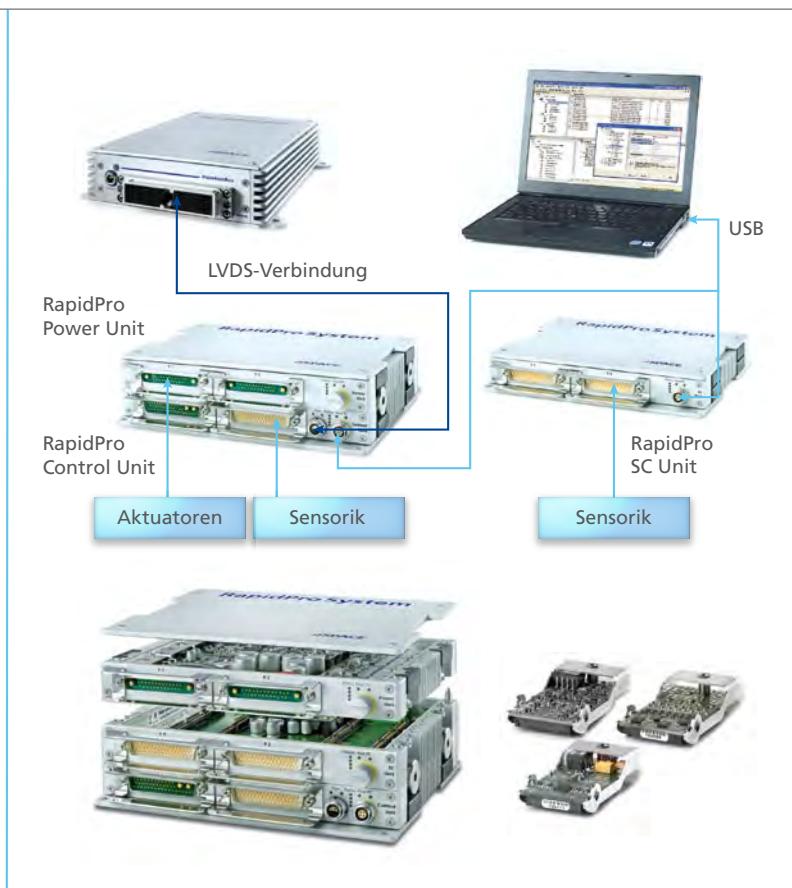


#### Jonas Cornelsen

Entwicklungingenieur, Advanced Engineering Controls & Software, AVL Södertälje Powertrain Engineering AB, Schweden







dSPACE-Hardware im Einsatz für AVL Raptor.

zieren. Für automatische Tests nutzt AVL die Experiment-Software dSPACE ControlDesk in Verbindung mit Python-Skripten. AVL setzt AVL Raptor in der Offline-Simulation, am Prüfstand und im Fahrzeugtest ein. Rund 99% der Fehler eines neuen Reglers werden bereits in der Simulation gefunden.

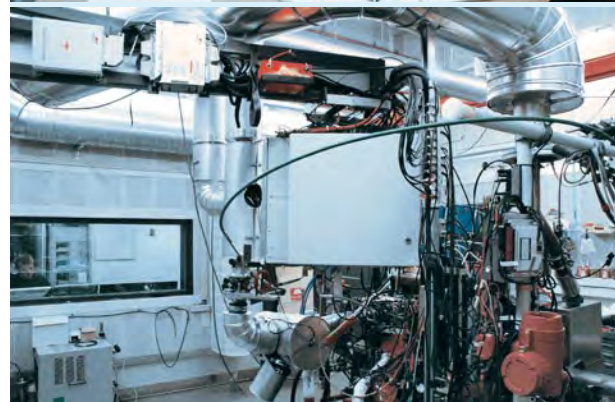
#### In der Praxis

AVL Raptor ist bereits in vielen Projekten im Einsatz. Bei AVL in Södertälje steuert ein dSPACE-System einen Einzelzylinder-Prüfstand für Benzinmotoren mit voll flexiblen Ventilsystem. An der Königlichen Technischen Hochschule in Stockholm (Kungliga Tekniska Högskolan, KTH) ist ein vergleichbarer Prüfstand für Dieselmotoren in Betrieb, und an den Universitäten Linköping und Lund sind Mehrzylinder-Prüfstände für Benzinmotoren geplant. Ein Demonstrationsfahrzeug für den Straßeneinsatz von AVL Raptor wird in Kürze zur Verfügung stehen.

#### Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten

AVL Raptor ermöglicht es AVL und seinen Kunden, alle denkbaren, komplexen Motorkonfigurationen zu erstellen, diese in einer Closed-Loop-Simulation zu entwickeln und sie in einem Fahrzeug zu demonstrieren. Dazu zählen Technologien wie homogene Kompressionszündung (HCCI) und Hybridantriebe. Mit Hilfe des Rapid-Prototyping-Controllers lassen sich Standardfunktionen bereits applizieren und Dauertests am Motor durchführen, bevor der Seriencontroller existiert. Besonders geeignet ist AVL Raptor zudem für Lehre und Forschung im Bereich Verbrennungsmotoren. ■

*Richard Backman,  
Jonas Cornelsen  
Advanced Engineering  
Controls & Software  
AVL Södertälje Powertrain Engineering AB  
Schweden*



AVL Raptor kann zusammen mit einem dSPACE-System zum Beispiel einen Einzelzylinder-Prüfstand für Benzinmotoren mit voll flexiblen Ventilsystem steuern.

#### Fazit

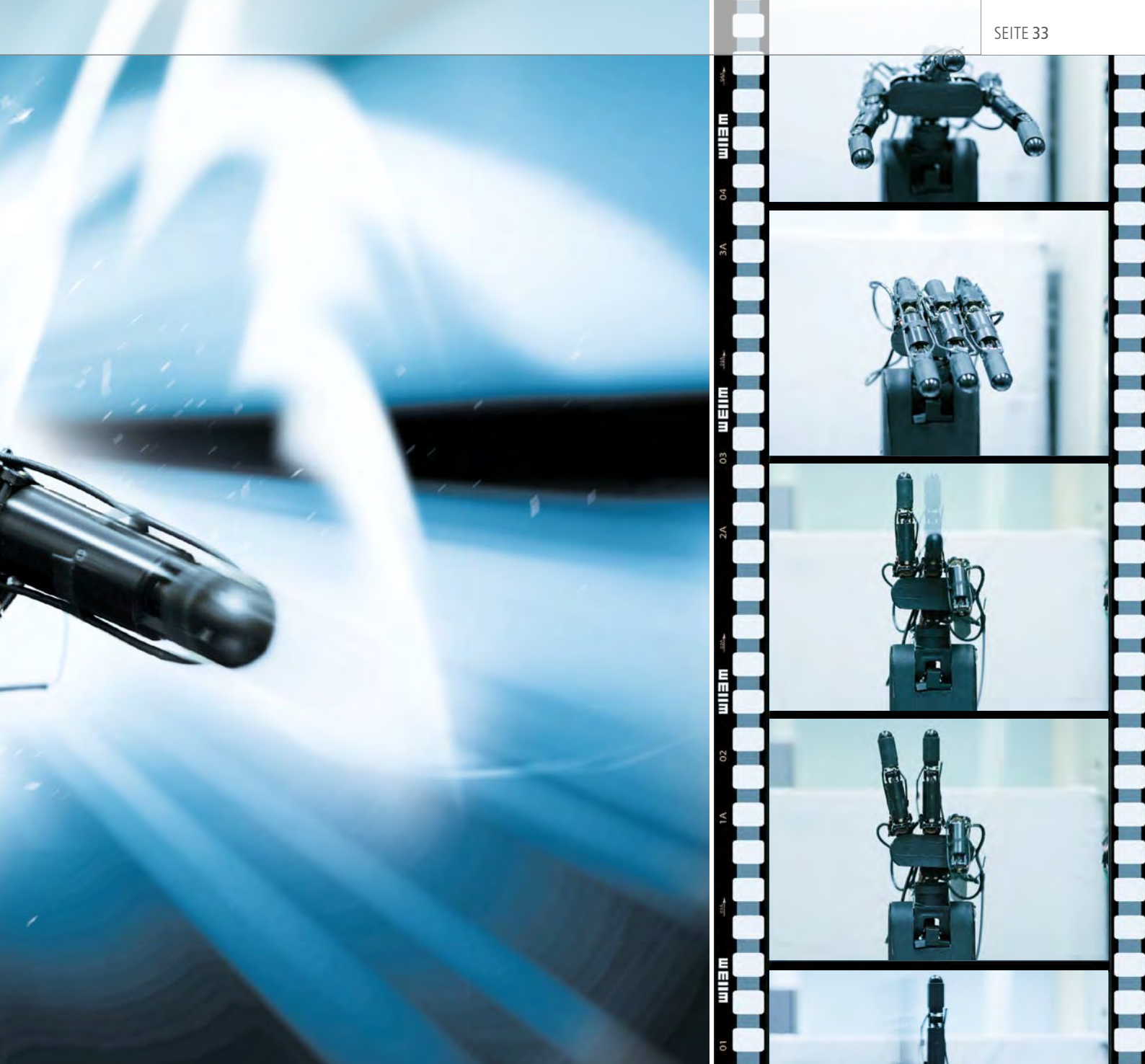
- AVL Raptor: dSPACE RapidPro und dSPACE MicroAutoBox als leistungsfähiges Rapid-Prototyping-System für Motorsteuergeräte-Software
- Flexible Modellanbindung, flexible Motorkonfigurationen
- Applikationsaufwände für Demonstrations- und Testzwecke drastisch reduziert
- Prototyping-Plattform zur Verifikation von Serienneurcode-Algorithmen



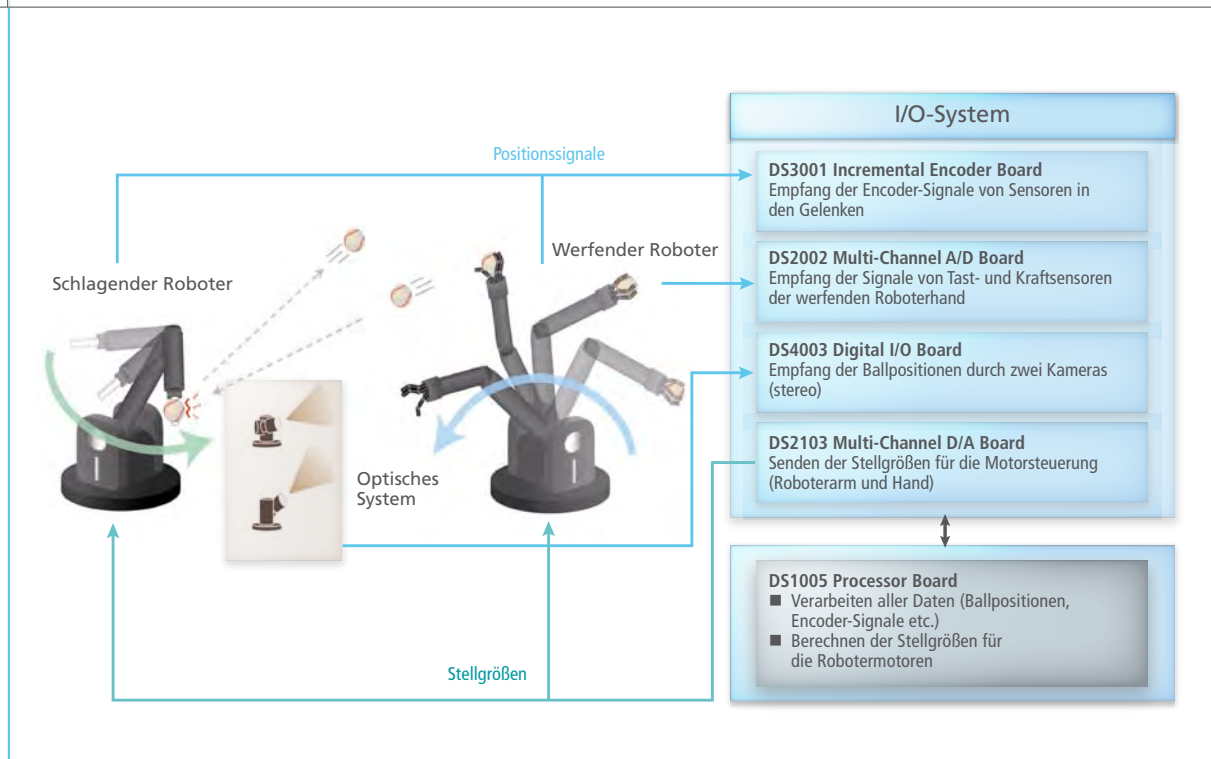
# Home Run im Labor

Baseballspielendes Robotersystem demonstriert perfekte Wurf- und Schlagtechnik.





Mit ihren motorischen und kognitiven Leistungen, die in manchen Bereichen menschliche Fähigkeiten übertreffen, erschließen sich moderne Roboter ganz neue Einsatzmöglichkeiten. Ein Projekt mit Baseball-Robotern an der Universität Tokio zeigt eindrucksvoll den aktuellen Stand der Forschung.



Der werfende und der schlagende Roboter sind wie Baseballspieler aufgestellt. Das dSPACE-System evaluiert die Signale von den Sensoren und der Stereokamera über mehrere Schnittstellenkarten und berechnet die Werte für die Motorsteuerung.

### Das menschliche Gehirn – ein Hochleistungsrechner

Im Gegensatz zu herkömmlichen Computern ist das menschliche Gehirn höchst lernfähig. Das liegt daran, dass es kein geschlossenes, sondern ein offenes System ist, das Informationen der Außenwelt durch zahlreiche Sinnesorgane aufnimmt und komplexe Bewegungen steuert. Zudem steigert das Gehirn seine Anpassungs- und Lernfähigkeit durch den Informationsaustausch mit der Außenwelt. Pianisten, Zirkusakrobaten oder Jongleure sind typische Beispiele für Menschen, die feinmotorische und kognitive Höchstleistungen erbringen.

### Ultraschneller Roboter

Das Ziel des Forschungsprojektes an der Universität Tokio ist die Konstruktion eines ultraschnellen Robotersystems, das nicht nur die Geschwindigkeit bisheriger Roboter und Maschinen übertrifft, sondern auch menschliche Fähigkeiten überflügeln soll. Um die dafür notwendige Geschwindigkeit zu erreichen, wurden zwei wesentliche Merkmale spezifiziert:

- Ein optisches System, das mit einer Frequenz von 1 kHz Bilddaten erfassen, verarbeiten, berechnen und senden kann.
- Eine leichte Roboterhand mit drei Fingern – dem notwendigen Minimum für Stabilität –, ausgestattet mit Miniaturmotoren mit einem hohem Drehmoment bei niedrigem Gewicht.

die in Zusammenarbeit mit Harmonic Drive Systems Inc. entwickelt wurde, benötigt nur 0,1 Sekunden zum Öffnen und Schließen. Die Sensoren und Prozessoren des optischen Systems wurden in Kooperation mit Hamamatsu Photonics K.K. entwickelt. Der Kamerakopf ist als aktives Sichtsystem mit 2 Freiheitsgraden ausgelegt und lässt sich schwenken

„Mit der modularen Hardware von dSPACE konnten wir ein robustes, leistungsfähiges Echtzeitsystem für unseren Hochgeschwindigkeitsroboter aufbauen.“

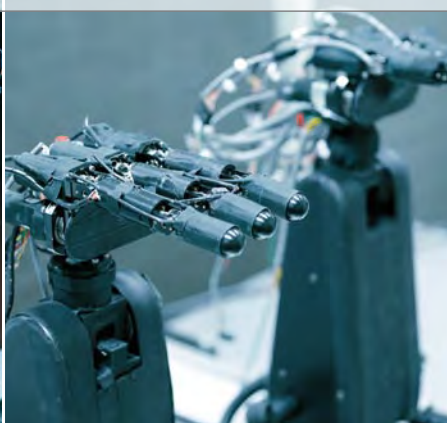
Dr. Taku Senoo, Universität Tokio

### Systemaufbau

Das System besteht aus Roboterarm, Roboterhand, optischem System, diversen Sensoren und einem Echtzeitregelsystem, das auf dSPACE-Hardware basiert. Die Fingerspitzen sind mit hauchdünnen Tastsensoren ausgestattet; an den Fingergelenken befinden sich Kraftsensoren. Beide erfassen die Berührung von Objekten mit 1 kHz. Die ultraschnelle Hand,

und kippen. Dadurch kann die Nachverfolgungssteuerung ein Objekt im Sehfeld permanent zentrieren – genau wie das menschliche Auge. Die Stereosicht, basierend auf zwei aktiven Sichtsystemen, erlaubt die dreidimensionale Erfassung sämtlicher Abläufe. Die Reglersoftware zum Herunterladen auf das dSPACE-System wurde mit MATLAB®/Simulink® entwickelt.





### Baseball-Experimente

Bei den Experimenten übernimmt einer der Roboter die Rolle des Werfers (Pitcher), der andere die des Schlägers (Batter): Das Werfen verläuft über eine Ausholbewegung vom Arm bis in die Fingerspitzen und ergibt einen schnellen, gleichmäßigen Schwung. Beim Schlagen macht es die koordinierte Steuerung der verschiedenen Armgelenke und die Video-Nachverfolgung des Balles möglich, auch einen Curve Ball (im Bogen geworfener, schwer zu treffender Ball) zu treffen.

### Ergebnis

Weil der werfende Roboter seine Finger nahezu wie ein Mensch bewegen kann, beherrscht er problemlos

gezielte Würfe in die Schlagzone (Strike Zone). Der 3,9 Meter entfernt stehende schlagende Roboter schlägt den Ball bereits 0,2 Sekunden nach dem Wurf zurück. Weil der schlagende Roboter die Ausholbewegung des Schlagholzes in 1-kHz-Schritten auf Basis der Stereodaten der Kameras anpassen kann, trifft er jeden Ball, egal wie dieser geworfen wird. Bei diesem Experiment sind sowohl die Wurfgeschwindigkeit als auch die Zeit zum Schwungholen für den schlagenden Roboter durch die Räumlichkeiten des Labors eingeschränkt. Überträgt man den Versuch auf ein echtes Baseballfeld, d.h. auf einen Abstand von 18,4 m zwischen Abwurfstelle (Pitcher's Mound) und Ziel (Home Base), so könnte theoretisch sogar ein 300 km/h schneller Ball getroffen werden.

### Rolle und Evaluierung des dSPACE-Systems

Das dSPACE-System übernahm in diesem Aufbau das Empfangen der Sensordaten, das Berechnen der Flugbahn des Balls und das Weiterleiten der resultierenden Steuerbefehle an die verschiedenen Motoren. Bei der Auswahl für ein Steuerungssystem fiel die Entscheidung auf einen modularen Aufbau mit einer dSPACE Expansion Box, weil sie die Möglichkeit für eine flexible Erweiterung des Systems bietet. ■

*Dr. Taku Senoo  
Universität Tokio  
Japan*

### Dr. Taku Senoo

*Dr. Senoo ist Projektforschungsstipendiat an der Universität Tokio, Fakultät für Informatik und Technik, Fachbereich Kreative Informatik.*



## Ausblick

Im Labor können Roboter bereits viele anspruchsvolle Bewegungsabläufe schnell und präzise ausführen, beispielsweise Bleistifte in den Fingern drehen, dribbeln, oder Gegenstände fangen. Dadurch eröffnen sich für ultraschnelle Robotersysteme in Zukunft zahlreiche neue Einsatzmöglichkeiten, die wesentlich dynamischer ablaufen können als in der Vergangenheit.

Demovideo unter  
[www.dspace.com/goto?cv](http://www.dspace.com/goto?cv)



BMW Motorrad Motorsport –

# Erfolge

## aus dem Elektronik-Labor

Als offizieller Partner von BMW Motorrad Motorsport holt dSPACE die Rennstrecken der Superbike-Weltmeisterschaft ins Labor.





BMW ist auch im Motorradsport auf der Überholspur. Seit 2009 nimmt BMW Motorrad erfolgreich an der Superbike-Weltmeisterschaft teil. Neben dem Top-Thema Sicherheit wird Zuverlässigkeit im Rennsport großgeschrieben. Das gilt besonders für die Motorsteuerung der Rennmaschinen. BMW Motorrad setzt auf dSPACE, um die Qualität der komplett selbst entwickelten Steuergeräte sicherzustellen.

#### Kompetenzzentrum Motorsport

BMW Motorrad kann auf eine 87-jährige Rennsporttradition zurückblicken, ist jedoch bei der Superbike-Weltmeisterschaft als Neuling eingestiegen. Seit 2009 startet das BMW-Team dort mit der Rennmaschine S 1000 RR. Im oberbayerischen Stephanskirchen bei Rosenheim ist in Zusammenarbeit mit der Firma alpha Racing ein Motorsport Kompetenzzentrum für die Weiterentwicklung der Maschine entstanden. BMW-Entwicklungsingenieure sind für die Sicherstellung der Wettbewerbsfähigkeit der S 1000 RR in der Superbike-Weltmeisterschaft verantwortlich.

#### Elektronikentwicklung bei BMW Motorrad

Die Elektronikentwicklung ist im Motorsportbereich eine BMW Kernkompetenz. Die selbst entwickelte Motorsteuerung, die RSM5 (Rennsport Motorsteuerung 5. Generation) spielt für das World-Superbike-Projekt eine wesentliche Rolle. Von der Auswahl der einzusetzenden Prozessoren und Bauteile über das Layout der Platinen bis hin zur Programmierung der Low- und High-Level-Funktionen werden alle Arbeitsschritte bei BMW Motorrad durchgeführt. Auf neue Anforderungen der Test- und Rennstrecken kann deshalb schnell und flexibel reagiert werden. Beispielsweise wurden mehr als

>> Weiter auf Seite 39

BMW-Fahrer Ruben Xaus hochkonzentriert mit Renningenieur Wolfgang Martens kurz vor dem Rennen in Portimão, Portugal 2010.





# Meilensteine

der 87-jährigen Historie von BMW Motorrad

Chefkonstrukteur Max Friz entwickelt **1923** das erste BMW Motorrad, die R 32.

**1933** holt das Team von Ernst Henne in Wales auf 33 PS starken Boxermaschinen vom Typ R 16 erstmals den Titel der Geländefahrer-EM nach Deutschland. Der Geländesport dient zur Erprobung von Innovationen. Sowohl Teleskopgabel als auch die erste BMW-Hinterradfederung absolvieren bei den Sechstagesfahrten ihre Feuertaufe, bevor sie in Serienmodelle verbaut wurden.

Ernst Henne erzielt **1937** den Geschwindigkeitsweltrekord mit 216,75 km/h. Der Rekord hat 14 Jahre lang Bestand und verschafft BMW Weltgeltung als Motorradhersteller.

**1963** Technik-Durchbruch der BMW Wettbewerbsmaschinen durch neues Fahrwerk, die in ihrer Fahrstabilität jetzt auch auf US-Highways neue Maßstäbe setzen und deren Fahrwerk **1969** in der 5er Reihe verbaut wird.

Erster „Superbike“-Erfolg für BMW im Jahr **1976** in Daytona, USA. Der Amerikaner Steve McLaughlin gewinnt das AMA-Superbike-Rennen

in einem spannenden Fotofinish gegen seinen Teamkollegen.

Mit der R 100 RS baut BMW **1984** das erste Serienmotorrad der Welt mit Vollverkleidung. Neben aerodynamischen Überlegungen steht der Schutz des Fahrers vor Wind und Wetter im Vordergrund der Entwicklung.

Mit dem Franzosen Hubert Auriol, der wegen seines Navigationstalentes auch „der Afrikaner“ genannt wird, gewinnt BMW **1981** und **1983** bei der Wüstenrallye „Paris-Dakar“, der schwersten Rallye der Welt.

Als erster Hersteller der Welt bringt BMW **1988** ein elektronisch-hydraulisches Anti-Blockier-System (ABS) für Motorräder auf den Markt.

Zur INTERMOT **2004** präsentiert BMW mit der K 1200 S seinen ersten quer eingebauten Vierzylindermotor.

167 PS (123 kW) sind ein Vorstoß in eine neue Leistungsdimension für BMW Motorrad.

Einstieg in das Superbike-Weltmeisterschaftsjahr **2009** beim ersten Rennen in Phillip Island, Australien. Die Serienmaschine BMW S 1000 RR bietet innovative Features wie das 2,5 kg leichte Race-ABS und eine schräglagenabhängige, schlupfzulassende dynamische Traktionskontrolle.

**2010** kommen die BMW-Fahrer Troy Corser und Ruben Xaus bei der Superbike-Weltmeisterschaft in Portimão unter die ersten zehn. Troy Corser fährt in Monza als Dritter für das Team BMW Motorrad Motorsport in der Superbike-Weltmeisterschaft auf das Siegerpodest – das bisher beste Ergebnis. Weitere spannende Rennen auf legendären Rennstrecken wie dem Nürburgring oder dem Circuit in Imola folgen.





>> Fortsetzung von Seite 37

14 Softwareversionen für die 28 weltweiten Superbike-Rennen an insgesamt 14 Tagen der Saison 2009 erstellt und gefahren.

### Zuverlässigkeit als oberste Priorität

Elektrik und Elektronik machen ein Bike nicht nur schnell, sondern auch zuverlässig. „To finish first, first you have to finish.“ – an dieser Rennsportdevise hat sich das BMW-Motorrad-Team orientiert und sich für einen Fullsize Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulator von dSPACE entschieden, um die Steuergeräte unter anderem mit dSPACE AutomationDesk automatisiert zu testen (Abbildung 1). Der Simulator erfüllt primär drei Hauptaufgaben:

- Automatisierte Qualitätssicherung der Steuergeräte-Hardware
- Automatisierte, individuelle Steuergeräte-Kalibrierung
- High-Level-Softwareentwicklung mithilfe eines kompletten Fahrzeugmodells

„Der Entwicklungsanspruch von BMW Motorrad ist es, Probleme nicht auf der Teststrecke oder gar auf der Rennstrecke zu finden.“

Ralf Schmidt, BMW Motorrad

### Automatisierte Qualitätssicherung

Um die Motorsteuerung RSM5 absolut zuverlässig auf die Strecke zu bringen und für Kleinserien einfach zu reproduzieren, muss die Qualität der Steuergeräte automatisiert sichergestellt werden. Fehler in der Elektronik sind nicht akzeptabel, da ein Ausfall auf der Renn- und Teststrecke ausgeschlossen werden muss. Die Steuergeräte werden nach jeder Hardware- und Softwareänderung einem fast zweistündigen Testprogramm am dSPACE HIL-Prüfstand unterzogen. Hierbei werden die Ein-



Letzter Check vor dem Rennen am Superbike. Die Nervosität steigt auch bei BMW-Pilot Troy Corser.

gänge mit dem Simulator stimuliert und die Ausgänge, wie beispielsweise Zünd- und Einspritzsignale, über den Simulator zurückgelesen. Diese werden dann mit den berechneten Werten des Steuergeräts, die über die ASAM-MCD-3-Schnittstelle vom Simulator an das Steuergerät geschickt werden, verglichen. Die erlaubten Abweichungen werden bewertet, und in einem über 100-seitigen Testprotokoll dokumentiert und archiviert. Falls ein Kanal über

hen Fertigungstoleranzen, die sich beispielsweise als Gain- und Offset-Werte bei manchen analogen Eingangskanälen bemerkbar machen. Um diese Abweichungen zu eliminieren wird jedes Steuergerät automatisiert vom Simulator vermessen. Dazu wurde mit AutomationDesk ein Testprotokoll implementiert, das gezielt Signalspannungen an jeden einzelnen analogen Eingangskanal des Steuergeräts anlegt.

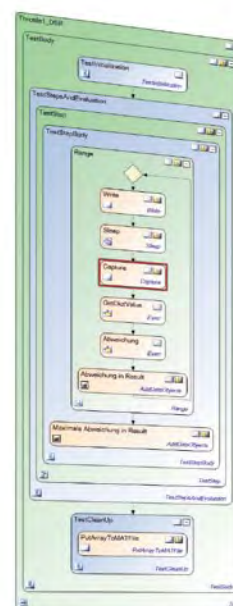


Abbildung 1: AutomationDesk hat eine grafische Benutzeroberfläche zum Erstellen und Ändern von Testprojekten und Testsequenzen.

einer definierten Abweichungsschwelle liegt, wird das gesamte Steuergerät in einem Intensivtest komplett zerlegt, um die Ursache zu finden und den Fehler zu beheben. Nur so kann die Qualität der Hard- und Software zuverlässig und kontinuierlich gesichert werden. Mit dieser Vorgehensweise wurde für die eingesetzten Systeme ein ausgezeichneter Qualitätsstandard erreicht.

### Automatisierte, individuelle Kalibrierung

Da die Steuergeräte in sehr geringer Stückzahl produziert werden, entste-

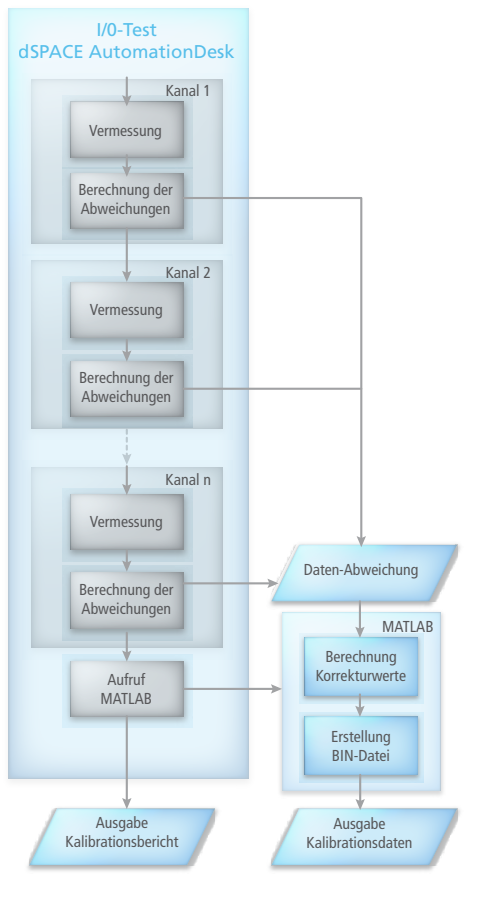


Abbildung 2: Ermittlung der Korrekturwerte mit der Steuergerätekalibration, bestehend aus flexibler Hardware und skalierbarer Software für Mess-, Applikations- und Diagnoseaufgaben.

Jeder Spannungswert wird wiederum über die ASAM-MCD-3-Schnittstelle vom Steuergerät zum Simulator übertragen und die Abweichung protokolliert. Mit MATLAB® wird dann automatisiert eine individuelle, binäre Kalibrierungsdatei erstellt, die in den Flash-Speicher des Steuergeräts geschrieben wird. Funktionen der Steuergerätesoftware nutzen diese Kalibrierdaten, um Bauteiltoleranzen in jedem Steuergerät individuell auszugleichen. Sogar die beiden BMW-Motorrad-Werksfahrer Troy Corser und Ruben Xaus haben den dadurch erzielten Qualitätssprung bemerkt und dem Team ein sehr positives Feedback bezüglich der identischen Reproduktion der Steuergeräte gegeben (Abbildung 2).



Labor-Test des Motorsteuergerätes RSM5 von BMW Motorrad Motorsport am dSPACE HIL-Prüfstand.

### Entwicklung eines kompletten Fahrzeugmodells

Ende 2009 wurde mit der Entwicklung eines Fahrndynamikmodells speziell für die Rennversion der BMW S 1000 RR in MATLAB/Simulink® begonnen, wobei der Fokus zunächst auf die Längsdynamik des Fahrzeugs beschränkt war. Ziel ist es, eine möglichst realistische Abbildung des realen Fahrzeugs zu generieren, um komplexe Regelfunktionen wie Traction Control, Launch Control oder Wheelie Control bereits im Labor zu simulieren. Das Entwicklungslabor in Stephanskirchen bietet dem Team dafür einen idealen Standort. Hier konzentriert sich das Know-how der Spezialisten aus den Fachbereichen Motor und Fahrwerk sowie dem alpha-Racing-Team, die alle Input für eine detailgetreue Abbildung des realen Fahrzeugs liefern. Viel Zeit und hohe Kosten, zum Beispiel für die Miete der Rennstrecke, das Personal und das Equipment, die sogenannte Tracktime, können dadurch eingespart werden.

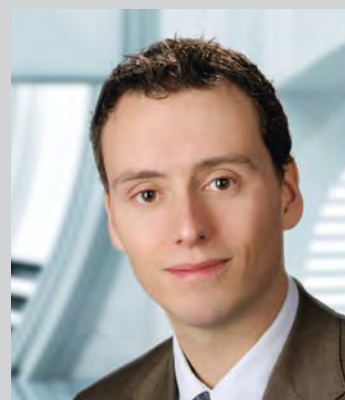
### Die Rennstrecke im Labor

Durch die zahlreichen Testeinsätze der S 1000 RR und die 28 Rennen in der World-Superbike-Saison 2009 konnten durch den leistungsfähigen, integrierten Datenlogger der Motorsteuerung RSM5 extrem viele Aufzeichnungsdaten gesammelt werden, die nun als Stimuli für das neu entwickelte Modell des Fahrzeugs verwendet werden können:

- Gasgriffstellung
- Lenkwinkelstellung
- Hydraulikdruck der Vorder- und Hinterradbremsen
- Gangposition
- Kraft am Gangschalthebel
- Startknopf
- Not-Aus-Schalter

Die ersten Versuche im Labor zeigten, dass im Bereich der Längsdynamik die berechneten Größen des Modells nahezu identisch mit den realen Größen des Rennfahrzeugs sind. Simuliert wurden legendäre Rennstrecken wie der Nürburgring, Monza oder Valencia, die im Rahmen der Superbike-Weltmeisterschaft als Austragungsort dienen und somit als Datensammlung zur Simulation mit dem dSPACE Simulator vorlagen.

Ralf Schmidt,  
BMW Motorrad Motorsport  
Entwicklung Elektrik/Elektronik  
München, Deutschland





### Technische Daten des Superbike S 1000 RR:

Hubraum:	999 cm <sup>3</sup> , Viertakt-Vierzylinder, flüssigkeitsgekühlt
Getriebe:	6-Gang
Leistung:	> 200 PS bei >14.000 min <sup>-1</sup>
Bohrung x Hub:	80 x 49,7 mm
Verdichtungsverhältnis:	14:1
Trockengewicht:	162 kg
Vorderradfederung:	Öhlins Upsidedown-Teleskopgabel, ø 43 mm
Hinterradfederung:	Öhlins TTX

„Die automatisierte Steuergerätequalitätssicherung ist bei BMW Motorrad nicht mehr wegzu-denken, da die Attribute höchste Zuverlässigkeit und identische Reproduktion der Motorsteuerungen unverzichtbar geworden sind.“

*Ralf Schmidt, BMW Motorrad*

#### Herausforderung Querdynamik

Der schwierigste Block des Fahrzeugmodells ist die Querdynamik. Die Fahrdynamik eines Einspurfahrzeugs ist durch die sich permanent ändernden Radaufstandskräfte, hervorgerufen durch die Gewichtsverlagerung des Fahrers, äußerst komplex. Sie kann nur über ein exaktes Modell der Schwerpunktage des Fahrzeugs nachgebildet werden. Der Fahrer

arbeitet beispielsweise mit seinem Körpergewicht im Beschleunigungsvorgang gegen ein aufsteigendes Vorderrad, dem sogenannten Wheelie. Bei engen Kurvenfahrten neigt sich das Fahrzeug zudem durch den Impuls des Lenkeinschlags bis zu 65 Grad in die Kurve. Die Radaufstandskräfte und die daraus resultierende mögliche Kraftübertragung des Motors hängen sehr stark von der

Gewichtsverlagerung des Fahrers ab. Ziel ist es daher, diese Aktionen realitätsgetreu in einem Modell nachzubilden, damit weitere Erfolge für das BMW-Team bei der Superbike-Weltmeisterschaft gesichert sind.

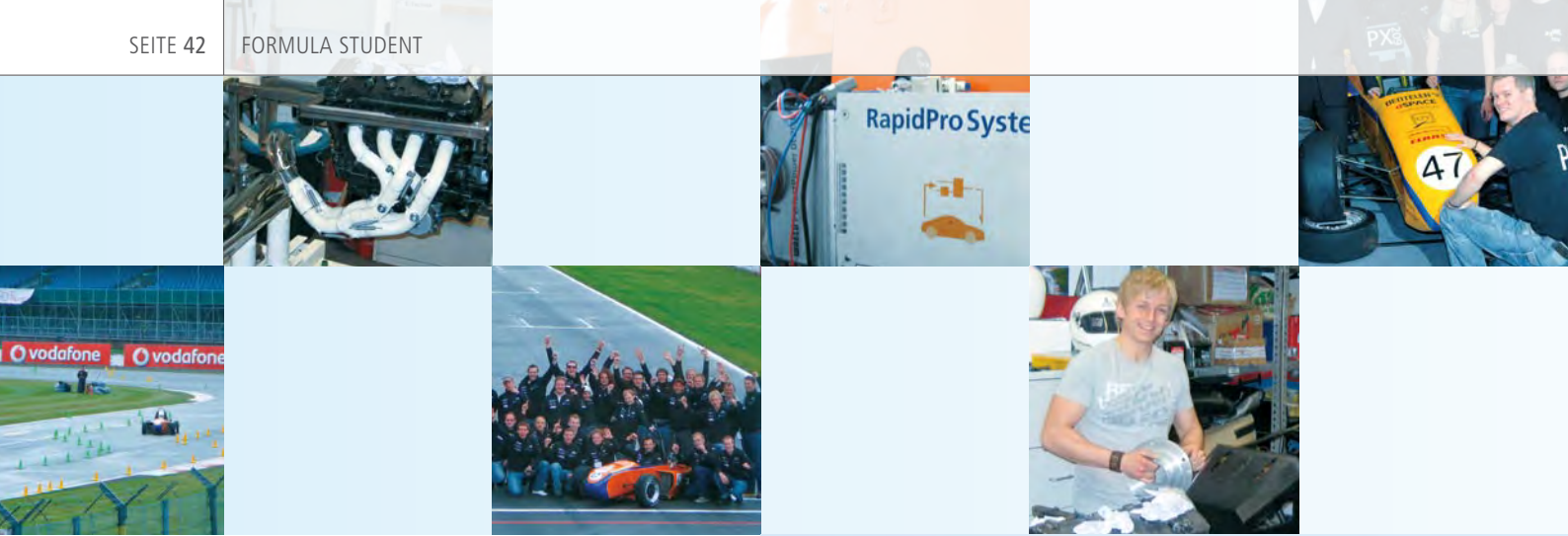
#### Ausblick auf die World Superbike 2010

In der Saison 2010 wollen die BMW-Fahrer Ruben Xaus und Troy Corser konstante Ergebnisse abliefern. Die Weiterentwicklung der Elektrik und Elektronik der S 1000 RR sowie der Simulationsmodelle sind die Ziele, die sich ihr Team gesetzt haben, um einen wichtigen Beitrag für einen erfolgreichen Einsatz der S 1000 RR in der Superbike-Weltmeisterschaft zu leisten. ■

*Ralf Schmidt  
BMW Motorrad Motorsport  
Entwicklung Elektrik/Elektronik  
München, Deutschland*

*Superbike-Fahrer Ruben Xaus und Renningenieur Wolfgang Martens haben bei der Leistung der S 1000 RR ein gutes Gefühl.*





Die Formula Student, ein bekannter internationaler Wettbewerb, in dem es nicht nur um Geschwindigkeit geht, sondern vor allem um Know-how, startet in die Saison 2010. dSPACE hat dem UPBracing Team der Universität Paderborn bei seinen Entwicklungsarbeiten über die Schulter geschaut. Das Team legt einen Entwicklungsschwerpunkt auf den Ausbau der elektrischen und elektronischen Komponenten – bis hin zur elektronischen Kupplung.







# Über die Schulter geschaut

Das UPBracing Team der Formula Student tüftelt an neuen Komponenten ihres Rennwagens, um für die Saison 2010 gewappnet zu sein.





### Formula Student als Aushängeschild

Kaum eine deutsche Universität hat es nicht – ein Formula Student Team. Seit 2006 richtet der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) die Formula Student Germany aus. Sie hat sich mittlerweile zu einem Großprojekt entwickelt, das von den Hochschulen und der Automobilindustrie neugierig beobachtet und äußerst geschätzt wird. Die Teilnahme gilt als Aushängeschild für Partnerunternehmen, die bei Bewerbungsverfahren Studenten mit Formula-Student-Erfahrungen gezielt suchen. Verwunderlich ist es daher nicht, dass die ausgeschriebenen Startpositionen der Formula Student Germany in den letzten Jahren bereits innerhalb von wenigen Minuten vergeben waren. Durch die permanente Verbesserung der Teams steigt auch das Niveau des deutschen Wettbewerbs, der im internationalen Vergleich den Ruf des fairsten, aber auch anspruchsvollsten Wettstreits genießt. Jedes Jahr erhöhen die Organisatoren den Schwierigkeitsgrad des Wettbewerbs und gewährleisten einen fortschreitenden, professionellen Entwicklungsprozess, der auch beim UPBracing Team gelebt wird. Mit Hilfe von dSPACE-Produkten haben die Nachwuchsengeieure auch in diesem Jahr spannende Neuerungen umgesetzt, mit denen sie auf dem Hockenheimring glänzen wollen.

### Schneller und leichter durch Elektronik

Kreativität und Zusammenarbeit sind gefragt, wenn die Paderborner Nachwuchsengeieure neue Fahrzeugkomponenten planen und nach wochenlangen Recherchen testen, bauen und messen. Um zwischen den 78 registrierten Teams zu bestehen, hat sich das UPBracing Team in diesem Jahr

strukturierter Kabelbaum den schnellen Zugriff. Die Planung für den neuen Kabelbaum ist sehr aufwändig und umfangreich, da jede einzelne Verbindung vorher durchdacht werden muss und jede Positionsänderung der Komponenten einen kompletten Neubau des Kabelbaums zur Folge hat. Das Ergebnis kann sich sehen lassen: das Fahrzeuggewicht insgesamt ist reduziert,

## Die fünfte Einspritzdüse sorgt für effizientere Kraftstoffnutzung und bringt fünf PS mehr.

unter anderem auf die Umsetzung von drei neuen Features konzentriert, die ihrem eigens konstruierten Rennwagen, dem PX210, Gewicht nehmen und mehr PS verleihen sollen.

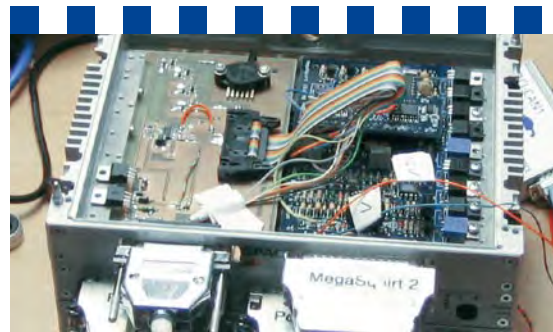
### Strukturierter Kabelbaum

In einem Vorgängermodell, dem PX208, ist jedes Kabel im Fahrzeug einzeln verlegt und ummantelt, was eine eventuell notwendige Fehlerbehebung erschwert. Im neuen Rennwagen ermöglicht jetzt ein

Fehler werden einfacher gefunden und die Zuverlässigkeit ist verbessert.

### Fünfte Einspritzdüse bringt 5 PS mehr

Mehr Leistung und Effizienz fördert auch der Einbau einer fünften Einspritzdüse. Der E85-Kraftstoff des UPBracing Teams verfügt über eine hohe Verdampfungsenergie. Damit dieser Effekt besser genutzt wird und die Luft im Zylinder noch früher abkühlen kann, bauen die Studenten







am Anfang des Luftkanals eine fünfte Einspritzdüse mit ein. Die Luft kann durch Kraftstoffeinspritzung in den Luftkanal von 30 °C bis auf 5 °C abgekühlt werden und versorgt die Zylinder bei erhöhter Drehzahl weitaus besser. Da die fünfte Einspritzdüse andere Einspritzwerte benötigt, die nicht durch das Motorsteuergerät eingestellt werden können, nutzen die Nachwuchingenieure das RapidPro-System von dSPACE. RapidPro arbeitet simultan mit dem gleichen Algorithmus wie das Motorsteuergerät und garantiert, dass alle fünf Signale parallelisiert und synchronisiert werden. Das Resultat ist eine effizientere Nutzung des Kraftstoffes und eine Leistungssteigerung von 5 PS.

#### Gekuppelt wird mit der Hand

In einem normalen Pkw findet man im Fußraum drei Pedale: die Kupplung, das Brems- und das Gaspedal. In dem kompakten PX210 ist es für den Piloten allerdings schwierig, das mittlere Pedal zu erreichen. In diesem Jahr wird im PX210 wie in einem Gokart links gebremst, rechts beschleunigt und mit einem Hebel am Lenkrad die elektronische Kupplung betätigt. Bei der Betätigung des Kupplungshebels am Lenkrad werden die Informationen elektronisch über einen CAN-Bus an das RapidPro-System weitergeleitet, das den Kupplungsmotor steuert. Dieses System, das auch in der professionellen Formel 1 eingesetzt wird,

stieß bei den Piloten zunächst auf Skepsis, später auf Begeisterung. Das Anfahren funktioniert ohne Schwierigkeiten, das Handling ist sehr gut und das Fahrgefühl ist stimmig.

#### Zusammenarbeit und Engagement

Insgesamt ist die Formula Student für die Studenten weitaus mehr als ein Konstruktionswettbewerb. Die Teilnehmer haben die Möglichkeit, einen kompletten Prototypenbau mitzuerfolgen und wichtige Arbeitsabläufe aus der Praxis von der Idee über die Entwicklung bis zur Fertigung kennenzulernen. „Wir arbeiten quasi schon wie in einer Firma“, erläutert UPBracing-Teammitglied Denis Wachsmann. Dabei spielt vor allem Teamarbeit und eine fachübergreifende Kommunikation eine große Rolle. Die verschiedenen Arbeitsgruppen wie Maschinenbau, IT und Rechnungswesen müssen sich permanent untereinander absprechen und ein Gespür für die Arbeit des anderen entwickeln. „Nicht der persönliche Sieg ist bedeutend, sondern ein Erfolg für das gesamte Team“, fügt Teamkollege Felix Langemeier hinzu. Auch bei den Rennen merken sowohl die Teilnehmer als auch die Zuschauer schnell, dass Fairness und Sportlichkeit wichtige Bestandteile des Wettbewerbs sind. Da auch die Veranstalter Soft Skills fördern wollen, gibt es bei der Formula Student für genau diese Eigenschaften einen Preis.

## Die Zeit läuft

Bis zum eigentlichen Rennen hat das UPBracing Team noch einiges zu tun und die Zeit läuft, bevor das UPBracing Team im Sommer Formel-1-Terrain betritt. In diesem Jahr schnuppern die Studenten jedoch nicht nur vom 04. bis 08. August Luft auf dem Hockenheimring, sondern starten auch bei dem österreichischen Formula Student Event.

Auch wenn jedes Team gewinnen möchte, sollen die Studenten nicht ihre Ellbogen einsetzen, sondern die Ärmel hochkrempeln, wenn ein anderes Team Hilfe benötigt. Die Nachwuchingenieure arbeiten zu 99,9 % durch Learning-by-Doing und zeichnen sich durch Kreativität und Engagement aus. Eine 60-Stunden-Woche ist daher keine Seltenheit, denn die Studenten suchen immer wieder neue Herausforderungen und sind bei innovativen Planungen sehr ehrgeizig. Trotzdem bedeutet die Formula Student vor allem eines: Spaß und Begeisterung für den Automobilsport. ■



dSPACE hat neue Schnittstellenkarten für Avionik-Busse im Programm und adressiert damit die komplexen Anforderungen für die Entwicklung und den Test von Luft- und Raumfahrtanwendungen. Die Schnittstellenkarten für die Avionik-Busse ARINC 429 und MIL-STD-1553 wurden um zusätzliche Kanäle, Features und neue Blocksets erweitert. Hinzugekommen ist eine Schnittstellenkarte für ARINC 717. Diese Lösungen eignen sich optimal für den Einsatz in modularen dSPACE-Echtzeitsystemen für Hardware-in-the-Loop (HIL)-Tests und Rapid Control Prototyping (RCP) in der Luft- und Raumfahrtindustrie.

#### **Avionik-Busse flexibel und einfach testen**

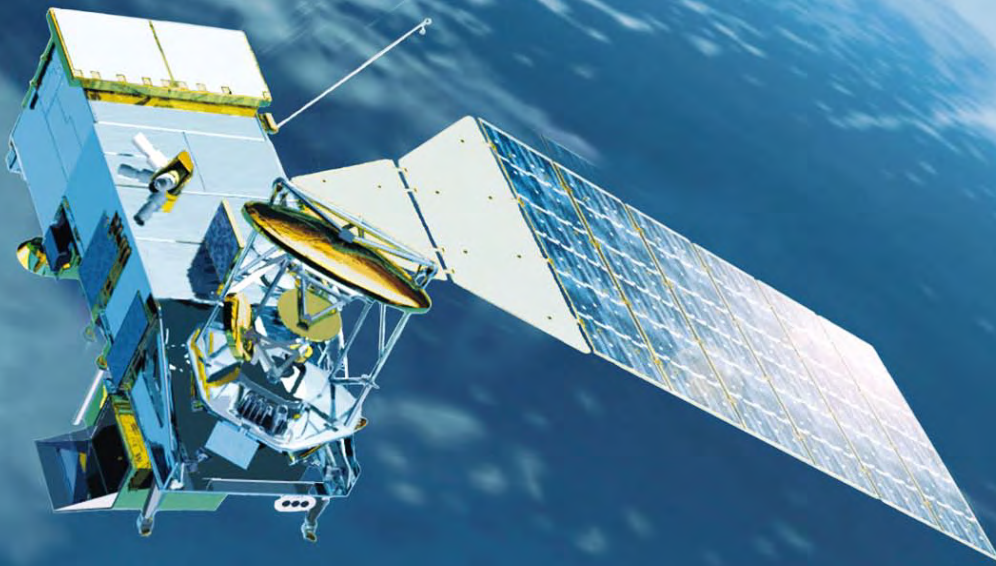
Integrationstests mehrerer Steuergeräte mit HIL-Simulatoren bei Luft- und Raumfahrtanwendungen erfordern eine hohe Anzahl von Bus-Kanälen auf einer Schnittstellenkarte, eine möglichst einfache Konfiguration der Bus-Kommunikation für die Tests und die Unterstützung aller Eigenschaften der Busse. Für Komponententests mit einem Steuergerät am HIL-Simulator liegen die Anforderungen zum Teil anders, denn es müssen zusätzlich auch Bus-Teilnehmer simuliert werden, die während der Tests nicht vorhanden sind. Die

Forderung nach einer möglichst einfachen Definition der Bus-Kommunikation gilt aber auch hier. Für MIL-STD-1553 ist auch die besondere Bus-Struktur zu berücksichtigen, die einen Bus Controller, bis zu 32 Remote Terminals und einen Bus Monitor vorsieht. Für HIL-Tests von Komponenten ist es der Bus Controller, der simuliert werden muss, für Integrationstests sind es vor allem die Remote Terminals. Die neuen Schnittstellenkarten von dSPACE erfüllen alle diese Anforderungen. Dafür wurden sie in enger Zusammenarbeit mit führenden Luft- und Raumfahrtunternehmen entwickelt, die Komponenten bzw.





*NPOESS (National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite System) sammelt, verarbeitet und verteilt Daten bezüglich Wetter, Atmosphäre, Ozeanen, Land und erdnahem Raum. dSPACE-Tools kamen dabei für die Entwicklung und die Integration verschiedener Teilsysteme zum Einsatz.*



# Avionik für Überflieger

Mit neuen Schnittstellenkarten sind die dSPACE-Systeme gut für Avionik-Entwicklungen gerüstet.



Photo: Lockheed Martin



Photo: Eurocopter



Photo: Honda Aircraft



## Die neue Hardware im Überblick

Produkt:	Carrier Board:	Erweiterungsmodule:
MIL-STD-1553	DS4504 PMC	QPM-1553 von GE Intelligent Platforms
ARINC 429	DS4501 IP	IP-429HD-88P von GE Intelligent Platforms
ARINC 717	DS4501 IP	IP-717-HBP von GE Intelligent Platforms

Systeme fertigen. Die neuen Schnittstellenkarten werden u.a. im Joint Strike Fighter (F35)-Programm und im NPOESS-Programm – einem US-amerikanischen Umweltsatelliten – erfolgreich eingesetzt.

RCP-Anwendungen) ermöglichen die Blocksets mit ihrer grafischen Oberfläche eine intuitive Konfiguration der Kommunikation. Eine Programmierung der Erweiterungsmodule auf tiefer Protokollebene erübrigt sich.

**Mit den grafischen Blocksets rufen Anwender komfortabel den vollen Leistungsumfang der Avionik-Schnittstellenkarten ab.**

## Lösung für durchgängigen Entwicklungsprozess

Basis der neuen Solutions für MIL-STD-1553, ARINC 429 und ARINC 717 sind industriebewährte Module von GE Intelligent Platforms nach PMC- und IP-Standard, die durch dSPACE-eigene Trägerkarten optimal an das modulare dSPACE-Echtzeitsystem mit PHS (Peripheral High Speed)-Bus angepasst sind. Durch diese Konfiguration sind die sehr kurzen Latenzzeiten der modularen Hardware von dSPACE nutzbar, ohne auf die Vorteile von industrieerprobten Bus-System-Karten von Drittanbietern zu verzichten. So sind Entwicklungsprozesse realisierbar, die von der modellbasierten Entwicklung bis zum Freigabetest der Regler am HIL-Simulator durchgängig und nachvollziehbar sind. Zur einfachen Anbindung der Bus-Schnittstellen stehen dSPACE-eigene Blocksets zur Verfügung. Als Schnittstelle zum Echtzeitmodell (Streckenmodell für HIL-Tests bzw. Reglermodell bei

Der Funktionsumfang der Erweiterungsmodule lässt sich benutzerfreundlich mit den jeweiligen Real-Time Interface (RTI) Blocksets von dSPACE für die einzelnen Busse nutzen. Hervorzuheben ist dabei die Konfiguration der Bus-Kommunikation mit Konfigurationsdateien, die eine einfache Änderung der Parametrierung der Modelle in Simulink® ermöglichen.

## MIL-STD-1553

Die neue Schnittstellenkarte der dSPACE-Echtzeithardware zum seriellen Avionik-Bus MIL-STD-1553 hat vier doppelt redundante Kanäle, die der aktuellen MIL-STD-1553A / B Notice II entsprechen. Jeder der vier Kanäle kann vom Anwender unabhängig von den anderen als eines der im Standard spezifizierten Terminal Devices konfiguriert werden: Bus Controller, Remote Terminal oder Bus Monitor. Das ermöglicht eine optimale Nutzung der neuen Schnitt-

*Beispiele für Flugzeuge und Satelliten, die mit Hilfe von dSPACE-Werkzeugen und Schnittstellenkarten entwickelt wurden: Lockheed Martin F35, Eurocopter EC145, Honda Jet, ESA MetOp Wettersatellit (von oben nach unten).*



DS4504 PMC Carrier Board mit installiertem QPM-1553 Modul von GE Intelligent Platforms. Daneben die Module QPM-1553, IP-429HD-88P und IP-717-HBP (von rechts nach links).



stellenkarte sowohl für die Entwicklung anspruchsvoller Komponenten als auch für komplexe Netzwerktests. Wesentlicher Bestandteil ist ein neu entwickeltes RTI Blockset von dSPACE, das eine Bibliothek mit Sende- und Empfangsblöcken für Remote Terminals enthält. Der Anwender hat mit diesem Blockset den vollen Zugriff auf das funktionale Verhalten der Kanäle, ihre physikalische Ebene, die übertragenen Nachrichten sowie Statusinformationen. An den Ausgängen der Empfangsblöcke sind im Echtzeitmodell zusätzlich zum Botschaftsinhalt auch Time Stamps, Commands, Status-Nachrichten und Message Counts zugänglich. Mit diesen Blöcken können bis zu 32 Remote Terminals an einem MIL-STD-1553 Bus simuliert werden, wobei Subadresse, Word Count, Mode Codes und Broadcast-Nachrichten für jedes Remote Terminal einstellbar sind. Für Fehlertests können sowohl die physikalische Bus-Ebene als auch das Übertragungsverhalten beeinflusst werden. Für physikalische Tests lässt sich die Bus-Ausgangsspannung entweder fest vorgeben oder von außen einspeisen, für Tests des Übertragungsverhaltens sind die Zeiten für No-Response Timeout und Late-Response Timeout einstellbar. Eine Besonderheit

ist, dass bei einem als Bus Monitor konfigurierten Kanal die zu überwachenden Nachrichten nicht nur im Echtzeitmodell verfügbar sind, sondern auch über Ethernet an einen PC geschickt werden können.

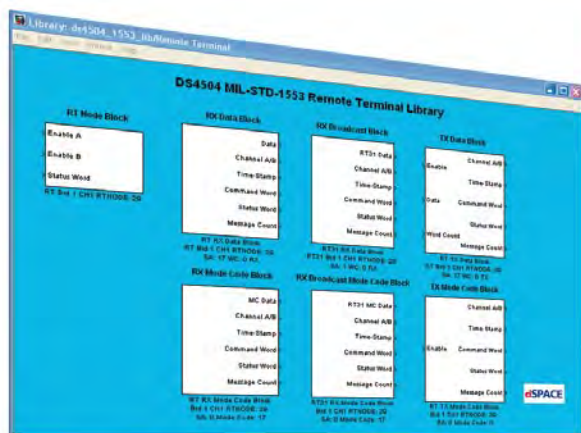
**ARINC 429 und ARINC 717**

Die neue Schnittstellenkarte von dSPACE für ARINC 429 eignet sich ideal für den Test vollständiger Avionik-Netzwerke, mit denen die Kommunikation vieler Bus-Teilnehmer getestet wird. Mit bis zu 32 Sende- und 32 Empfangskanälen auf einem I/O-Board besitzt sie doppelt so viele Kanäle wie ihr Vorgänger. Herausragend ist aber das vollständig neu entwickelte Blockset, das die Konfiguration der Bus-Kanäle wesentlich erleichtert. In den verwendeten Konfigurationsdateien sind alle Eigenschaften der ARINC-Label definiert: Datenformat, Start-Bit, Datenlänge, Skalierungsfaktor und SDI-Filter. Änderungen von ARINC-Labeln sind so bequem möglich. Mit

den Daten aus den Konfigurationsdateien werden die ARINC-Nachrichten im Echtzeitmodell mittels Encode- und Decode-Blöcken komfortabel automatisch erzeugt bzw. Nutzdaten aus empfangenen ARINC-Nachrichten extrahiert. Für die wichtigen Tests einer fehlerhaften Bus-Übertragung gibt es die Möglichkeit der Fehler-einspeisung, und zwar für Bit-Count-, Inter-Message-Gap- und Paritätsfehler. Bestandteil der Netzwerktests mit ARINC-429-Bussen sind häufig auch ARINC-717-Busse, um die Datenübertragung zwischen Digital Flight Data Acquisition Unit (DFDAU) und Digital Flight Data Recorder (DFDR) zu testen. Hierfür gibt es jetzt von dSPACE ebenfalls eine Schnittstellenkarte, die die gleichen Vorteile bietet wie die ARINC-429-Schnittstellenkarte. ■

**Fazit**

Die neuen Schnittstellenkarten für MIL-STD-1553, ARINC 429 und ARINC 717 erlauben mit ihrer grafischen Oberfläche und der Möglichkeit zur Nutzung einer Datenbasis eine intuitive und einfache Konfiguration der Kommunikation. In Verbindung mit den modularen dSPACE-Systemen eignen sie sich ideal für die Entwicklung und den Test von Komponenten und Systemen für Luft- und Raumfahrtanwendungen. Hierfür wurden die neuen Schnittstellenkarten in enger Zusammenarbeit mit führenden Luft- und Raumfahrtunternehmen entwickelt.



Bibliothek der Remote-Terminal-Blöcke der DS4504 MIL-STD-1553 Schnittstellenkarte als Beispiel für das Real-Time Interface von dSPACE.



# Entwicklungen unter dem elektronischen Horizont

Eine durchgängige Entwicklungsumgebung für  
kartenbasierte Fahrerassistenzsysteme





Moderne, kartenbasierte Fahrerassistenzsysteme sind ein Lösungsansatz für die Herausforderungen des Straßenverkehrs von morgen. Für ihre effiziente Entwicklung bedarf es einer Werkzeugkette, in der in allen Entwicklungsphasen flexibel und konfigurierbar auf Kartendaten zugegriffen werden kann. NAVTEQ und dSPACE haben ihre Entwicklungswerkzeuge für diese Aufgaben aufeinander abgestimmt.





### Der Straßenverkehr von morgen

Die Automobilindustrie steht in der Zukunft vor großen Herausforderungen. Eine hohe Verkehrsdichte, Stress und Reizüberflutung des Fahrers erschweren zunehmend die Fahrzeugführung und die Übersicht im Straßenverkehr. Aufgrund des demographischen Wandels steigt gleichzeitig der Anteil älterer Verkehrsteilnehmer. Neben dem Thema Verkehrssicherheit steht auch die Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes im Mittelpunkt vieler Diskussionen.

### Motivation für Fahrerassistenzsysteme

Moderne Fahrerassistenzsysteme stellen einen wichtigen Lösungsansatz für diese Herausforderungen dar. Sie helfen dem Fahrer, jederzeit den Überblick im Straßenverkehr zu behalten und können einen signifikanten Beitrag für mehr Sicherheit und Energieeinsparung leisten. Grundlage vieler heutiger Fahrerassistenzsysteme ist die zuverlässige

Erkennung der unmittelbaren Fahrzeugumgebung. Informationen von Radar-, Kamera- oder Ultraschallsensoren bilden dabei die Basis vieler Anwendungen, zum Beispiel beim Abstandsregeltempomat, dem Spurhalteassistenten oder der Einparkhilfe. Zukünftige Fahrerassistenzsysteme (FAS; engl. Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) werden stärker und autonomer in das Fahrgeschehen eingreifen. Beispielsweise werden sie Brems- und Lenkmanöver beeinflussen und dadurch den Fahrer im Straßenverkehr deutlicher unterstützen.

### Kartenbasierte Fahrerassistenzsysteme

Eine zentrale Überlegung bei zukünftigen Fahrerassistenzsystemen ist es, nicht nur den Nahbereich des Fahrzeugs zu erfassen, sondern auch Informationen über den bevorstehenden Streckenverlauf auf Basis von hochwertigen digitalen Karten und der aktuellen Fahrzeugposition

zu berücksichtigen. Detailwissen über die unmittelbar vorausliegende Fahrstrecke wie Straßensteigungen, Kurvenradien oder Geschwindigkeitsbegrenzungen bietet Potential für eine Vielzahl von Anwendungen zur Erhöhung der Fahrsicherheit und der CO<sub>2</sub>-Reduktion. Beispiele dafür sind prädiktive Abstandsregeltempomaten, Überhol- und Kurvenwarnassistenten oder intelligente Konzepte zum Energie- und Wärmemanagement (Looking forward, BMW Group, Seite 14). Diese Systeme werden als kartenbasierte Fahrerassistenzsysteme bezeichnet.

### Grundlagen – Der elektronische Horizont und der Most Probable Path

Um Fahrerassistenzsystemen Informationen über die vorausliegende Strecke zur Verfügung zu stellen, bedarf es eines auswertbaren, elektronischen Horizonts. Diesen kann man sich als einen virtuellen Sensor

*Kartenbasierte Fahrerassistenzsysteme greifen auf die Kartenattribute der wahrscheinlichsten, vorausliegenden Route (Most Probable Path) zu und steuern vorausschauend unterschiedliche Fahrzeugfunktionen.*



Digitale Karte



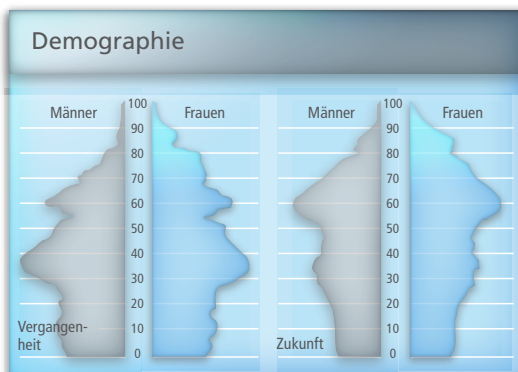
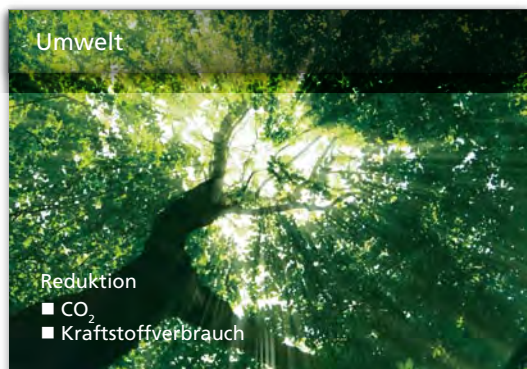
Elektronischer Horizont

- Fahrbahnsteigungen
- Kurvenradien
- Tempolimits
- Fahrspuren



Fahrzeug





Wie sich die Mobilität in der Zukunft entwickelt, wird besonders durch die Leitthemen Umwelt, Sicherheit, Verkehrsdichte und Demographie bestimmt.

vorstellen, der auf Basis von Kartendaten eines digitalisierten Straßennetzes, der aktuellen Fahrzeugposition und der Fahrtrichtung Informationen über die Umgebung des Fahrzeugs bereitstellt. Dies sind sowohl topografische Daten wie Höhen und Radien als auch Infrastrukturdaten wie Verkehrszeichen oder die Anzahl der Fahrspuren. Ein Horizont-Provider stellt diesen elektronischen Horizont zyklisch zur Verfügung; er ermittelt dazu ständig die vorausliegende Route, auf der sich das Fahrzeug voraussichtlich bewegen wird. Diese Route wird als Most Probable Path (MPP) bezeichnet. Hat der Fahrer im Navigationsgerät eine Route ausgewählt, wird diese als MPP verwendet. Ist die Navigation nicht aktiviert, wird der MPP durch verschiedene heuristische Verfahren ermittelt. Die Algorithmen verwenden statische Kartenattribute sowie dynamische Größen wie Geschwindigkeit oder Blinker. Diese Methode wird auch verwendet, wenn statt eines Navigationsgerätes

## Die dSPACE-Werkzeugkette unterstützt eine durchgängige Entwicklung von kartenbasierten Fahrerassistenzsystemen.

ein kostenoptimiertes Spezialsteuergerät ohne Bedienschnittstelle eingesetzt wird.

Die Fahrerassistenzfunktionen erhalten die Attribute des elektronischen Horizonts und werten diese aus. Beispielsweise nutzt ein vorausschauendes Energiemanagement Steigungsinfos und Geschwindigkeitsbegrenzungen, Adaptive Scheinwerfersysteme und Kurvenwarnassistenten werten die Kurvenradien aus.

### Toolkopplung NAVTEQ-dSPACE

Für die schnelle Umsetzung von Konzeptideen, deren Erprobung im Fahrzeug und den Test der Seriensoftware sind geeignete Werkzeuge erforderlich. Die Firmen NAVTEQ und dSPACE bieten im Zusammenhang mit kartenbasierten Fahrer-

assistenzsystemen eine gemeinsam abgestimmte Entwicklungs- und Testumgebung.

### Entwicklungsumgebung NAVTEQ ADAS RP

Die ADAS Research Platform (ADAS RP) von NAVTEQ ist eine Entwicklungsumgebung für kartenbasierte Fahrerassistenzsysteme, die auf Windows®-PCs arbeitet. ADAS RP bietet grundlegende Funktionen wie die Visualisierung von Karten, die Routenplanung und die Darstellung der Fahrzeugposition in Bezug auf die digitale Karte. Es arbeitet ebenfalls als Horizont-Provider und versendet den MPP samt ausgewählten Attributen zum Beispiel per Netzwerkdienst. Die Entwicklungsumgebung kann durch Plug-ins an anwendungsspezifische Anforderungen angepasst

werden, um beispielsweise den MPP per proprietäres Protokoll zu versenden.

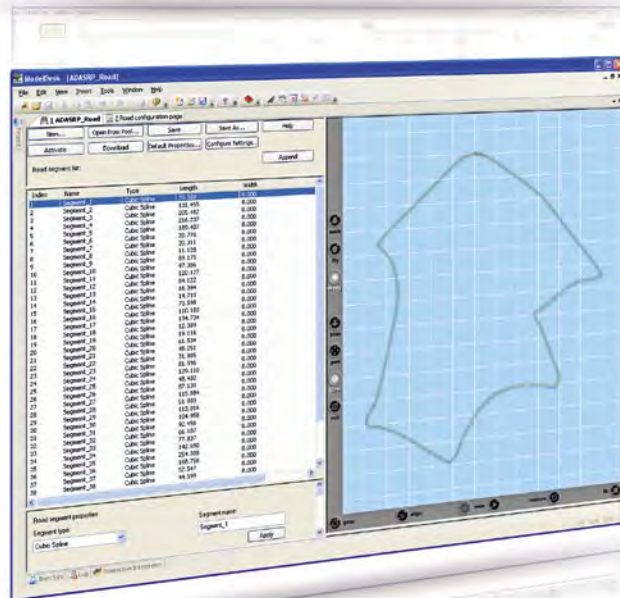
**dSPACE-Werkzeugkette für kartenbasierte Fahrerassistenzsysteme**

Die dSPACE-Werkzeugkette unterstützt die modellbasierte Softwareentwicklung von kartenbasierten Fahrerassistenzsystemen in wesentlichen Entwicklungsphasen. Dazu wurde ein Simulink-Blockset erstellt, das den Datenaustausch mit ADAS RP durchführt und sowohl für PC-Simulationen als auch für Echtzeitanwendungen eingesetzt werden kann. Unter anderem werden folgende Entwicklungsphasen unterstützt:

- Funktionsentwicklung und Offline-Simulation auf dem PC mit den Automotive Simulation Models (ASM) und der Parametrierungssoftware ModelDesk
- Rapid Control Prototyping (RCP) im Fahrzeug mit der MicroAutoBox oder AutoBox
- Steuergerätestest per Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulation mit dem dSPACE Simulator und ASM

**Kopplung der Entwicklungswerkzeuge**

Die Kopplung der dSPACE-Werkzeuge mit ADAS RP erfolgt sowohl über



Eine Route aus NAVTEQ ADAS RP (oben) wurde als Trasse nach dSPACE ModelDesk (unten) exportiert.

**Sinisa Durekovic, NAVTEQ**

Wir bedanken uns bei Herrn Sinisa Durekovic von NAVTEQ für die freundliche Unterstützung bei der Bearbeitung dieses Themas. Herr Durekovic leitet die anwendungsspezifische Weiterentwicklung von ADAS RP bei NAVTEQ in Sulzbach am Taunus, Deutschland.



Dateiexport als auch per UDP/IP (User Datagram Protocol/Internet Protocol)-Netzwerkprotokoll. Beispielsweise kann eine Navigationsroute als Trasse für die Fahrsimulation exportiert werden. Während der Simulation (PC/HIL) oder beim Rapid Control Prototyping werden Daten bidirektional über UDP/IP ausgetauscht. Die Empfänger-Funktionsblöcke des ADAS RP Blocksets von

dSPACE stellen den von ADAS RP empfangenen elektronischen Horizont im Simulink-Modell zur Verfügung. Die Sender-Funktionsblöcke übertragen die mit ASM simulierte Fahrzeugposition als GPS-Koordinaten an ADAS RP. Mit den Sender-Funktionsblöcken wird ebenfalls im RCP-Anwendungsfall die im Fahrzeug erfasste Fahrzeugposition an ADAS RP übermittelt. ■



# Anwendungsbeispiele

Ein durchgängiger Entwicklungsprozess für kartenbasierte Anwendungen

## Funktionsentwicklung und PC-Simulation

### Aufgabe

Im Rahmen der modellbasierten Funktionsentwicklung sollen neue Funktionen frühzeitig in einer virtuellen Umgebung ausprobiert und getestet werden. Für die Simulation neu entwickelter Funktionen kartenbasierter Assistenzsysteme bedarf es dazu eines virtuellen Fahrzeugs und einer virtuellen Umgebung, bestehend aus Straßen und gegebenenfalls anderen Verkehrsteilnehmern.

### Entwicklungsumgebung

Das Fahrsimulationsmodell ASM VehicleDynamics ist ein offenes MATLAB/Simulink-Modell. Es ist mit der grafischen Parametriersoftware

ModelDesk ausgestattet, um Fahrzeuge, Straßen und Manöver zu definieren und zu konfigurieren. Die Entwicklungsumgebung ADAS RP stellt den elektronischen Horizont zur Verfügung. Beide Werkzeuge sind per Netzwerkdienst gekoppelt und können zusammen auf einem Windows-PC betrieben werden.

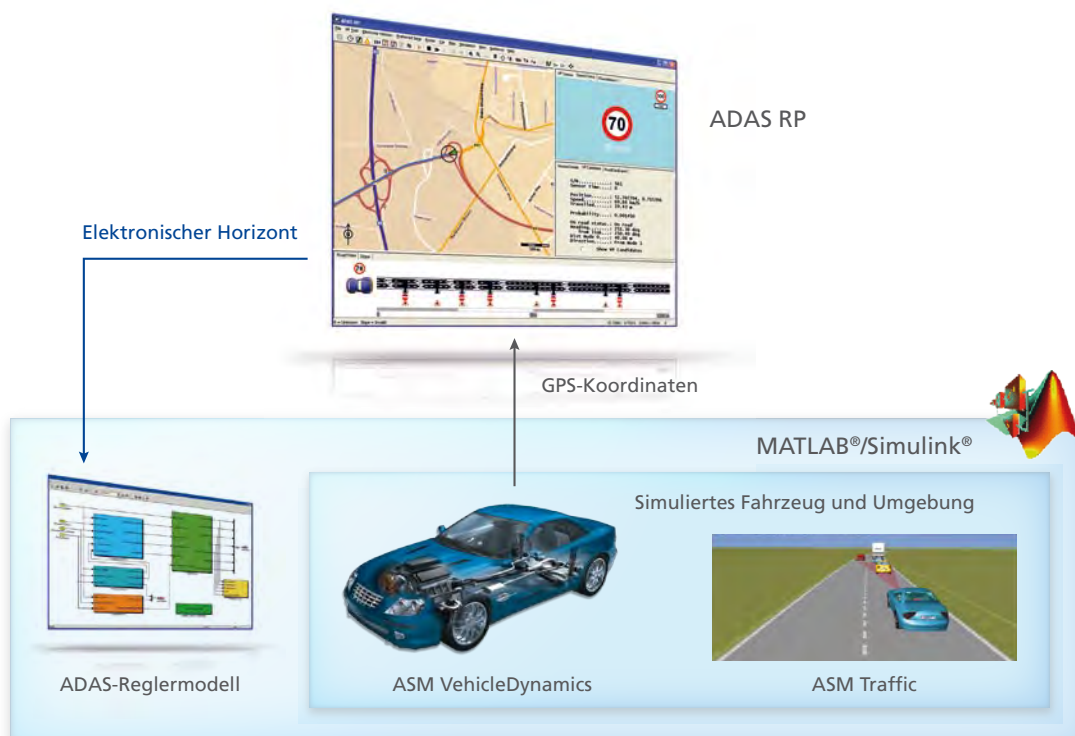
### Rollen und Signale

Eine in ADAS RP definierte Route wird nach ASM VehicleDynamics exportiert und steht dort als Trasse für die Simulation zur Verfügung. Während der Fahrsimulation folgt das Fahrzeug der Trasse mit einer variablen, vom Manöver vorgegebenen Ge-

schwindigkeit. Seine Position wird zyklisch in Form von GPS-Koordinaten an ADAS RP übermittelt. Für diese Koordinaten ermittelt ADAS RP den elektronischen Horizont und verschickt diesen an das Simulationsmodell. Die Attribute des elektronischen Horizonts stehen dem FAS-Algorithmus zur Auswertung zur Verfügung.

### Vorteile

- Nutzung von Kartendaten in frühen Entwicklungsphasen
- Fahrsimulationen auf realistischen Trassen



# Anwendungsbeispiele

## RCP – Funktionsentwicklung und -tests im Fahrzeug

### Aufgabe

Entwicklung, Erprobung und Optimierung der Software für kartenbasierte FAS im Fahrzeug. Dazu muss der FAS-Prototyp wie ein reales Steuergerät im Fahrzeug integriert sein und mit den dort vorhandenen Bussystemen (z. B. Fahrzeug-CAN) kommunizieren. Der elektronische Horizont muss flexibel konfigurierbar zur Verfügung stehen.

### Entwicklungsumgebung

Die MicroAutoBox und die AutoBox sind kompakte Prototyping-Lösungen, mit denen rechenintensive Embedded Software ausgeführt und im elektrischen System eines Fahrzeugs integriert werden kann. Sie können mit allen Schnittstellen konfiguriert

werden, die für kartenbasierte Assistenzsysteme erforderlich sind. Üblicherweise liefern die Sensoren des Fahrzeugs die GPS-Koordinaten. Falls erforderlich kann eine Sensorbox mit hochgenauer Sensorik zur Positionsbestimmung (GPS-Antennen, Gyroskopen) eingesetzt werden. ADAS RP wertet diese Positionsdaten aus und stellt den elektronischen Horizont für die reale Fahrzeugposition zur Verfügung.

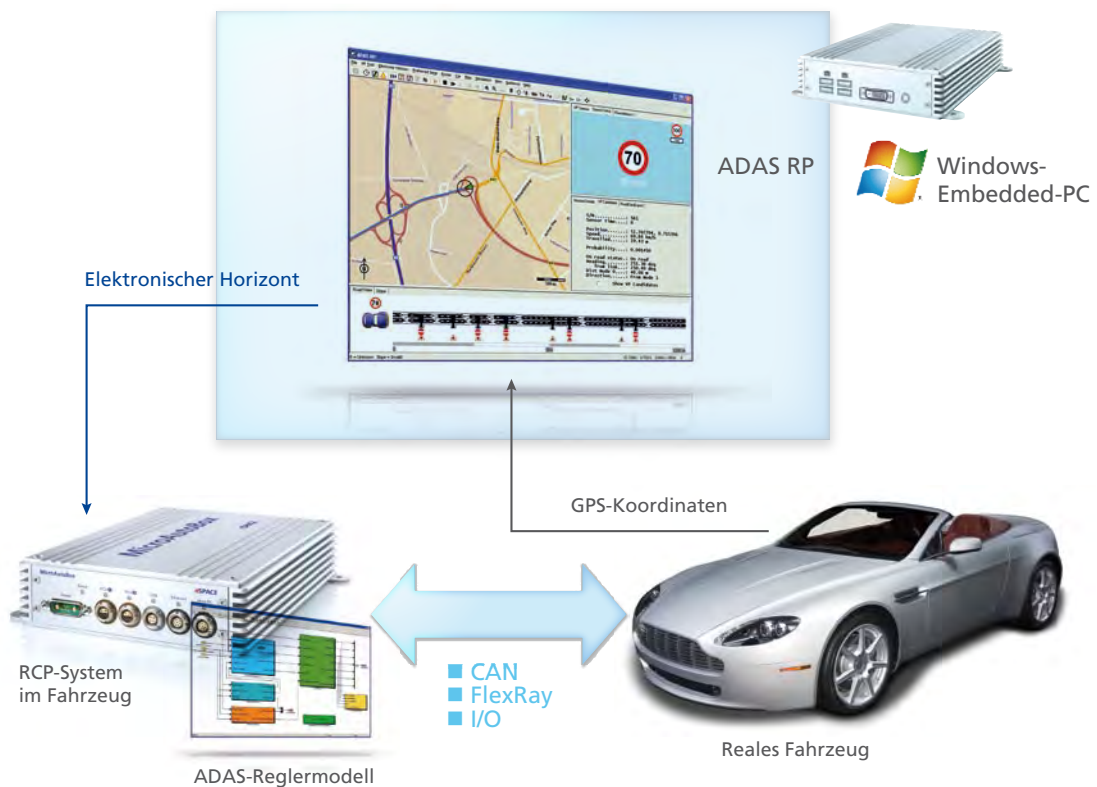
### Rollen und Signale

Über die im Fahrzeug verbaute Sensorik oder eine spezielle Sensorbox (z. B. von der Firma NAVTEQ) werden positionsrelevante Daten ermittelt und an ADAS RP übertragen. Dort wird die Fahrzeugposition in die digi-

tale Karte eingepasst und dann einmal pro Sekunde der elektronische Horizont (MPP + Streckenattribute) verschickt. Das über Ethernet verbundene dSPACE-System empfängt die Daten und dekodiert sie mit dem ADAS-RP-Blockset. Sie stehen dann für den zu erprobenden Algorithmus auf der MicroAutoBox oder AutoBox zur Verfügung.

### Vorteile

- Frühzeitige Erprobung und Optimierung kartenbasierter Assistenzsysteme unter realen Fahrbedingungen
- Test der Kommunikation im Fahrzeug-E/E-System





## Steuergerätetest per HIL-Simulation

### Aufgabe

Im Rahmen der Entwicklung sollen neue Softwarestände des kartenbasierten FAS-Steuergerätes am Simulator auf Funktion und Diagnose getestet werden. Zur Serienfreigabe sind dabei auch Verbundtests mit den Steuergeräten des Fahrzeugs notwendig.

### Entwicklungsumgebung

Der dSPACE Simulator bildet zusammen mit dem Fahrdynamikmodell ASM VehicleDynamics die virtuelle Regelstrecke für das serienreife FAS-Steuergerät. Er kann mit allen Schnittstellen und Simulationsmodellen ausgestattet werden, um ein vollständiges Fahrzeug sowie dessen Umgebung in Echtzeit zu

simulieren. Der elektronische Horizont wird von ADAS RP auf einem Windows-PC bereitgestellt. Mit ModelDesk wird das Fahrzeugmodell parametriert und Manöver und Trassen für Testfälle erstellt.

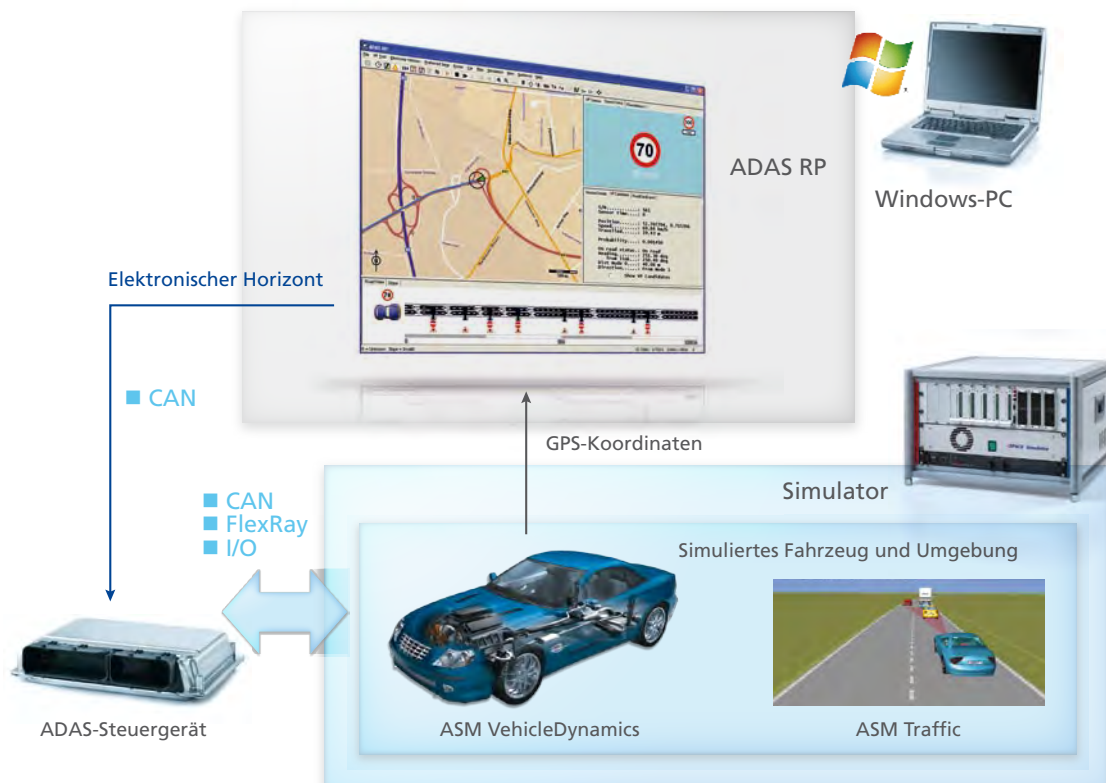
### Rollen und Signale

Auf dem dSPACE Simulator steht eine aus ADAS RP exportierte Trasse zur Verfügung. Die Fahrzeugposition (GPS-Koordinaten), Geschwindigkeit und Fahrrichtung werden im Simulationsmodell berechnet und ADAS RP über Ethernet zur Verfügung gestellt. ADAS RP berechnet zur Fahrzeugposition den MPP und sendet diesen samt den Attributen des elektronischen Horizonts, z. B. über CAN, an das kartenbasierte

Fahrerassistenzsteuergerät. So kann das kartenbasierte FAS-Steuergerät im geschlossenen Regelkreis getestet werden. Des Weiteren stehen die üblichen Testmethoden und -prozesse zur Verfügung, um Steuergeräte automatisiert und reproduzierbar zu testen.

### Vorteile

- Automatisierte, reproduzierbare Testfälle
- Funktionstest und Diagnosetest auf Komponenten- und Verbundebene





13,8 Millionen verkaufte Fahrzeuge in 2009. Damit ist China schon jetzt auf Platz 1 der weltweit größten Automobilmärkte. Nur jeder 70. Chinese verfügt über ein Auto. In dem Land mit 1,3 Milliarden Einwohnern ist also noch reichlich Kaufpotential vorhanden. dSPACE ist mit seinem neuen Tochterunternehmen im dynamischen Markt mittendrin.

Im Gespräch mit Dr. Henry Feng,  
General Manager, dSPACE China

# Mittendrin statt nur dabei



### *Wie profitieren Kunden jetzt von dSPACE China?*

dSPACE ist seit über zehn Jahren zusammen mit einem Distributor erfolgreich auf dem chinesischen Markt tätig. Die Spezifikation und Kommissionierung immer umfangreicherer Systeme und deren Integration in die Entwicklungsprozesse erfordern eine direkte, kontinuierliche Kommunikation zwischen Werkzeughersteller und Anwender. Seit Februar 2010 werden unsere Kunden in China exklusiv durch das neue Büro in Shanghai betreut. Das bedeutet direkter Engineering-Service, qualifizierte Ansprechpartner vor Ort und Kommunikation ohne Umwege.

### *Wie ist dSPACE China aufgestellt?*

dSPACE China bietet umfassenden, kompetenten Service für Beratung, Engineering, Support und Finanzen. Wir verfügen über Field Application Engineers und Consultants, die Kunden von der ersten Idee bis zur Durchführung der Projekte direkt unterstützen. Die verantwortlichen Ingenieure sind ausgewiesene dSPACE-Experten, die zuvor in der Applikations- und Entwicklungsabteilung am Hauptsitz in Deutschland beschäftigt waren. Dieses Team erweitern wir kontinuierlich mit Spezialisten aus der Automobilindustrie, die über umfangreiche Erfahrung mit dSPACE-Produkten verfügen.

### *Sie selbst sind in China geboren und haben viele Jahre in Schweden gelebt. Wie kamen Sie zu dSPACE?*

1995 habe ich zusammen mit zwei Experten für eingebettete Systeme den dSPACE-Distributor Fengco in Schweden gegründet. Daher kenne ich das Kerngeschäft seit über 15 Jahren sehr genau. Ich freue mich, nun mein Know-how für dSPACE China und die chinesischen Kunden einzubringen.

### *Was charakterisiert den chinesischen Markt und wie ist dSPACE China darauf eingestellt?*



Über 100 chinesische Hersteller haben staatliche Lizenzen für die Produktion von Automobilen. Etwa 50 davon stellen tatsächlich Fahrzeuge her und 5 entwickeln eigene Automobile inklusive der Elektronik-Systeme. Der chinesische Markt ist im Wandel. Viele Joint Ventures werden gebildet und es verändert sich einiges. Zurzeit

### *Wie sieht Ihr Geschäftsalltag aus?*

Zufriedene Kunden – das ist unsere oberste Priorität. Vom Ansatz bis zur schlüsselfertigen Lösung werden die Projekte unserer Kunden ganzheitlich betreut. Ich halte dabei alle Fäden zusammen. Engineering, Vertrieb, Logistik und Finanzen müssen so koordiniert werden, dass bei maxi-

## Über 100 chinesische Hersteller haben staatliche Lizenzen für die Produktion von Automobilen.

produzieren 10 große OEMs 90% der Fahrzeuge in China. Für die Dynamik des Marktes muss man vor Ort das richtige Gespür entwickeln. dSPACE ist jetzt mittendrin statt nur dabei. Wir müssen auf die vielfältigen Bedürfnisse unserer Kunden schnell reagieren und uns stetig mit ihnen austauschen.

### *Welchen Trend verfolgt die Automobilindustrie derzeit in China?*

Es gibt einen Hype auf Hybrid- und Elektrofahrzeuge. Rund sechs Milliarden Euro investiert der Staat in die Entwicklung alternativer Antriebstechnik. Das Thema Energieeffizienz, weniger Kraftstoffverbrauch und CO<sub>2</sub>-Ausstoß ist fest in den Köpfen der chinesischen Ingenieure verankert. Mit den Werkzeugen von dSPACE können sie ihre Ideen wesentlich schneller umsetzen und die komplexen elektronischen Systeme zuverlässig gegen Fehler absichern.

maler Transparenz kundengerechte Lösungen entstehen. Ohne ein kompetentes Team und ein vertrauensvolles Netzwerk zur Wirtschaft wäre dies nicht möglich.

### *Was sind Ihre wichtigsten Ziele für dSPACE China?*

Wir wollen wachsen, wir wollen den Markt für dSPACE erschließen, wir wollen unseren Kunden den besten Service bieten.

### *Nehmen Sie dSPACE abends mit nach Hause?*

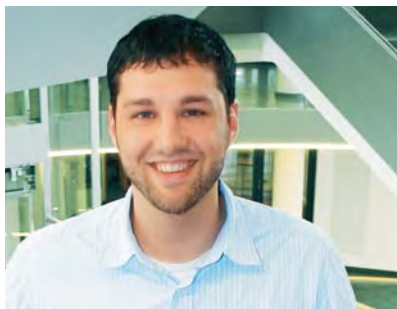
Ja (*lacht*), es gibt schon Tage, da arbeitet man bis zu 15 Stunden, da lässt es sich natürlich auch schwer abschalten. Aber es macht Freude zu sehen, dass sich das Geschäft sehr gut entwickelt.

### *Vielen Dank für das Gespräch!*



dSPACE am Hauptstandort  
unter einem Dach

# eXzellentes neues Gebäude



**Christian Saalbach, Hardware Development:**  
„Durch das neue Gebäude hat sich die Kommunikation stark verbessert. Man erhält durch die kurzen Wege schneller die wirklich wichtigen Informationen und ist dadurch in den Entwicklungsprozess intensiver eingebunden.“



**Britta Dorn, Personal:**  
„Gerade bei uns in der Personalarbeit handelt es sich oft nicht um lange Besprechungen, sondern um kurze Absprachen. Seit wir in dem neuen Gebäude arbeiten, kann man vieles direkt und persönlich absprechen statt Telefonate zu führen oder anonyme E-Mails zu schreiben. Es hat sich vieles vereinfacht.“



**Michael Strugholz, Direktvertrieb:**  
„Das Spannende am X-Gebäude ist für uns, die Personen der Abteilungen Produktmanagement und Produktentwicklung besser kennen zu lernen. Dank des Gebäudes trifft man sich auf dem Flur, im Fahrstuhl oder beim Mittagessen und kann so schnell neue Kontakte knüpfen.“





Technologiepark Adé! Mit 5.650 Möbelstücken und 12.000 Kartons ist dSPACE Anfang 2010 in seine neue, X-förmige Unternehmenszentrale in Paderborn gezogen. Futuristisch, großräumig, kommunikativ – das sind die drei Attribute, die das neue Gebäude perfekt beschreiben. Jetzt ist dSPACE nicht mehr auf drei Standorte in zehn Gebäuden in ganz Paderborn verteilt, sondern alle Mitarbeiter arbeiten auf einem Campus zusammen.

#### Nach H kommt X

Mitten im Zentrum von Paderborn befindet sich das 33.000 Quadratmeter große dSPACE-Areal, auf dem ein H-förmiges und jetzt auch ein X-förmiges Gebäude stehen. Die dSPACE-Abteilungen Applikation, Logistik, Elektronikproduktion, Einkauf und technischer Vertrieb sind bereits 2006 in das 5.400 Quadratmeter große H-Gebäude gezogen. Nach Baubeginn im Winter 2008 war das X-Gebäude im Januar 2010 bezugsfertig. In der neuen Unternehmenszentrale befinden sich jetzt die Abteilungen Administration, Vertrieb, Marketing, Produktmanagement, Entwicklung und die Geschäftsführung. Der Standort ist nur wenige Minuten vom Bahnhof in Paderborn entfernt.

#### Modern und lichtdurchflutet

Kurze und direkte Wege – statt E-Mails zu schreiben oder Telefonate zu führen, gehen die Mitarbeiter jetzt lieber persönlich bei ihren Kollegen vorbei. In jedem Flügel gibt es einen Besprechungsraum – Besprechungen können dadurch spontaner

stattfinden. Transparenz und Offenheit sind die Leitideen der dSPACE-Architektur. Jedes Büro hat eine Fensterwand nach draußen und zum Flur hin. Viel Licht sorgt für eine angenehme Arbeitsatmosphäre. Lichtdurchflutete Flügel, ein helles und einladendes Treppenhaus und gläserne Fahrstühle runden die Modernität des Gebäudes ab.

#### Niedriger Energieverbrauch

Bei der Energieversorgung setzt dSPACE Maßstäbe in Sachen Sparsamkeit. Eine „Low Tec“-Klimatisierung führt temperiertes Wasser durch Leitungen in den Decken der einzelnen Etagen. Diese Betonkernaktivierung unterstützt die Heizung im Winter und kühlt die Räume im Sommer.

#### Komfort für Mitarbeiter und Besucher

Neu ist auch das dSPACE-Parkhaus, das sich auf sechs Ebenen mit über 530 Stellflächen erstreckt. Die 1.600 Quadratmeter große Kantine ist für 800 Mitarbeiter und Gäste ausgelegt. Auch größere Events sind in dem freistehendem Bauwerk möglich. ■

## Einstein extrem



Mit der Messung des „Frame-Dragging“-Effekts gelang Forschern der Stanford University jüngst der bisher genaueste Test der Einsteinschen Relativitätstheorie überhaupt. Beim Frame-Dragging handelt es sich um eine extrem kleine Raumzeitverzerrung, die in der Nähe rotierender Massen, beispielsweise Planeten, entsteht. Für die Messung wurde im Jahr 2004 ein Satellit mit vier Gyroskopen (Präzisionskreisel) an Bord in eine Erdumlaufbahn geschossen. Die elektronische Regelung der Gyroskopaufhängung durchlief zuvor umfassende Tests, unter anderem mit Hilfe eines Testaufbaus, bestehend aus DS1005 Prozessor Board, diversen I/O Boards und der Experimentsoftware ControlDesk (dSPACE berichtete in den dSPACE NEWS 1/2002). Gemäß Einstein sollten die anfangs auf einen Fixstern ausgerichteten Rotationsachsen der Gyroskope nach gut einem Jahr in der Umlaufbahn eine minimale Abweichung zeigen. Die Ursache sind verschiedene relativistische Effekte, an denen der Frame-Dragging-Effekt einen Anteil von etwa  $1/40.000.000$  Grad hat. Zum Vergleich:  $1/40.000.000$  Grad entspricht dem Winkel, den ein Stecknadelkopf aufspannt, wenn man ihn aus 1000 km Entfernung betrachtet. Diese mikroskopisch kleine Winkelabweichung der Gyroskope konnten die Forscher schließlich Ende 2009 nach mehrjähriger Datenauswertung nachweisen und damit den Frame-Dragging-Effekt bestätigen. ■



## Simulation von Abgassystemen

Internationale Standards und Normen legen immer höhere Grenzwerte für Stickoxide im Abgas von Dieselmotoren fest. Um diese einzuhalten, bedarf es elektronisch geregelter Katalysatoren. Eine besonders effektive Lösung sind Selektive katalytische Reduktionssysteme (SCR), die mit Harnstoffeinspritzung (AdBlue) arbeiten. Für die Entwicklung dieser Systeme spielt die Simulation der Regelalgorithmen eine entscheidende Rolle. Das dSPACE ASM Diesel Exhaust Model stellt ein komplettes, virtuelles Diesel-Abgasnachbehandlungssystem zur Verfügung. Neben dem Teilmodell für die Harnstoffeinspritzung (SCR-System) enthält es auch Teilmodelle für einen Diesel-

oxidationskatalysator (DOC) und einen Dieselpartikelfilter (DPF). Das Simulationsmodell kann vom Reglerentwurf mit Simulink® bis zum Steuergerätestest mit einem dSPACE Simulator durchgängig im Entwicklungsprozess eingesetzt werden. Eine Besonderheit ist, dass alle Simulink-Blöcke im Modell für die Anwender frei zugänglich sind. Der Vorteil für die Anwender: Sie können die modellierten Funktionen nachvollziehen und selbst an besondere Anforderungen anpassen. Die einzelnen Komponenten des Abgasmodells (DOC, DPF, SCR) sind verschieden kombinierbar und lassen sich so optimal für das zu testende Nachbehandlungssystem konfigurieren. ■

## MicroAutoBox II: Leistungsfähiger mit neuem Prozessorboard

Die Nachfolge-Generation der MicroAutoBox bietet ein vollständig überarbeitetes Prozessorboard, das mit einer Taktrate von 900 MHz in Rapid-Prototyping-Anwendungen zu einer merklich höheren Rechenleistung und schnelleren Boot-Zeiten führt. Neu sind außerdem eine leistungsfähige Ethernet-Host-Schnittstelle sowie, zur Anbindung externer Geräte wie Messsysteme oder auch PCs, eine echtzeitfähige Ethernet-Bus-Schnittstelle. Bisherige Markenzeichen wie kompakte Bauform und passive Kühlung wurden beibehalten, wobei die mechanische Robustheit des Systems

nochmals verbessert wurde. Modelle und Kabelbaum können aus bisherigen MicroAutoBox-Anwendungen übernommen werden. Zum Betrieb der neuen MicroAutoBox ist das aktuelle dSPACE-Release notwendig. Neben den bekannten I/O-Varianten sind für die MicroAutoBox II weitere bis zum Jahresende 2010 geplant. ■





## EcoCAR-Challenge – das zweite Jahr



Das zweite Jahr der EcoCAR-Challenge endete mit der eindrucksvollen Demonstration innovativer Nachwuchs-Ingenieurleistungen. Ende Mai 2010 präsentierten 16 Teams US-amerikanischer Universitäten ihre Prototypfahrzeuge. Die Top-Fünf-Teams, die alle ein Elektrofahrzeug mit Reichweitenverlängerer (Extended-Range Electric Vehicles) entwarfen, sind:

1. Mississippi State University
2. Virginia Tech
3. Pennsylvania State University

4. University of Victoria  
5. Ohio State University

Vier der Top-Fünf-Teams arbeiteten mit dSPACE-Systemen, um ihre Fahrzeuge zu simulieren und die Regelstrategien zu entwickeln und zu testen. Im Finale des zweiten EcoCAR-Jahres zeichnete dSPACE drei Teams mit dem "Embedded Success Award" aus. Dieser Preis wird den Teams verliehen, die ein dSPACE-HIL-System am effektivsten eingesetzt haben. Ganz oben auf dem Sieger-

treppchen stand dabei die Ohio State University. Den zweiten und dritten Platz belegten die Mississippi State University und die University of Victoria. dSPACE wird den EcoCAR-Wettbewerb auch weiterhin unterstützen. Im Frühjahr 2011 endet die EcoCAR Challenge mit der Vorstellung der seriennahen Prototypfahrzeuge – es bleibt spannend, welches Team dann die Nase vorne haben wird. dSPACE gratuliert allen Teams der EcoCAR-Challenge zu ihren großartigen Leistungen! ■

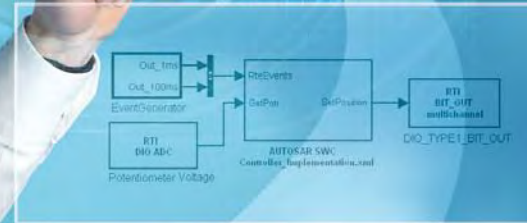
## Optimiert für Nutzfahrzeuge: J1939-Unterstützung

dSPACE baut die Entwicklungswerkzeuge **RTI CAN MultiMessage Blockset** und **ControlDesk** für den Einsatz im Nutzfahrzeugbereich aus. Ab Version 2.5.1 lassen sich mit dem Blockset umfangreiche Restbussimulationen für das im Nutzfahrzeugbereich häufig verwendete J1939-Protokoll konfigurieren. Das Blockset unterstützt die Transportprotokolle Broadcast Announce Messages (BAM) und Request to Send/Clear to Send (RTS/CTS) Messages und ist damit z. B. in der Lage, umfangreiche Steuerungsinformationen und Diagnosedaten zu übertragen. Durch das J1939-Netzwerkmanagement (Address Claiming) können unter anderem Adresskonflikte aufgelöst und Steuergeräteadressen zur Laufzeit verändert werden. Ab ControlDesk 3.6 unterstützt der integrierte Bus Navigator das J1939-

Netzwerkprotokoll. Neu sind spezielle Layouts, die J1939-spezifische Informationen enthalten, z. B. Message-Priorität, Parameter Group Number (PGN) sowie Ausgangs- und Zieladresse. Zudem ist ein auf J1939 zugeschnittenes Gateway-Layout verfügbar. Für alle Bussysteme wurde das Handling der Layouts im Bus Navigator

verbessert, so dass sich bereits erzeugte Bus-Layouts nun sehr viel schneller öffnen lassen. ControlDesk 3.6 wurde für die Wiedergabe mehrerer Megabyte großer CAN-Logging-Dateien optimiert. Das neue RTI CAN MultiMessage Blockset 2.5.1 und ControlDesk 3.6 sind mit dSPACE Release 6.6 verfügbar. ■





System Architecture

Rapid Prototyping

ECU Autocoding

HIL Testing

ECU Calibration

## Rapid AUTOSAR mit dem dSPACE RTI AUTOSAR Package

Der AUTOSAR-Standard gewinnt zunehmend an Bedeutung, auch im Rapid Prototyping und für die HIL-Test-Phase. Mit dem RTI AUTOSAR Package von dSPACE können Sie Ihre bestehenden AUTOSAR-Software-Komponenten einfach in die gewohnte MATLAB®/ Simulink®-Umgebung integrieren, simulieren und auf der dSPACE-Echtzeit-Hardware ausführen.

Ob Funktionsentwicklung oder Test, nutzen Sie AUTOSAR-Software-Komponenten flexibel auf Ihrem dSPACE-System. Unkompliziert und ohne Ballast – einfach schneller am Start.