

# dSPACE

---

# NEWS

FACTS · PROJECTS · EVENTS

## Produkte

dSPACE Simulator:  
Neuheiten zur elektrischen  
Fehlersimulation

## Kundenanwendungen

Continental Teves  
entwickelt ESP II

**Bremsen, Lenken – Sicherheit**



## Editorial

- 3** von Dr. Herbert Hanselmann  
Geschäftsführer

## Kunden- anwendungen

- 4** Continental Teves:  
ESP II – Die nächste Generation
- 6** Atena: TargetLink für  
sicherheitskritische Systeme
- 8** Audi: Sportlich und dynamisch

## Produkte

- 10** MTest: Systematisch testen  
statt ausprobieren
- 12** dSPACE Simulator:  
Neuheiten zur elektrischen  
Fehlersimulation
- 14** DS1005: Mehr Power für  
High-Level-Applikationen

## Business

- 14** Anwenderkonferenzen 2004

## dSPACE NEWS

dSPACE NEWS werden periodisch herausgegeben von:

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

Projektleitung und Redaktion: Bettina Henking  
Fachredaktion: Ralf Lieberwirth, Thomas Pöhlmann,  
Dr. Gerhard Reiß, Klaus Schreiber  
Redaktionelle Mitarbeit an dieser Ausgabe:  
Dr. Herbert Hanselmann, Dr. Klaus Lamberg, Susanne Köhl  
Schlussredaktion und Übersetzung: Robert Bevington,  
Stefanie Bock, Louise Hackett, Christine Smith  
Layout: Marei Schmiedeskamp, Beate Eckert, Ute Bergmann

© Copyright 1998-2003

Alle Rechte vorbehalten. Vollständige oder teilweise  
Vielfältigung dieser Veröffentlichung ist nur mit schriftlicher  
Genehmigung und unter Angabe der Quelle gestattet.

Diese Veröffentlichung sowie deren Inhalte unterliegen Ände-  
rungen ohne vorherige Ankündigung.

Markennamen oder Produktnamen sind eingetragene Waren-  
zeichen ihrer jeweiligen Hersteller und Organisationen.



**4** Continental Teves konnte mit dSPACE Prototypen die Entwicklung des Fahrdynamikregelsystems ESP II erheblich beschleunigen. Die Funktionsentwicklung für den aktiven Lenkeingriff wurde im Bypass-Betrieb realisiert.



**6** ATENA Engineering entwickelt sicherheitskritische Systeme, die entsprechend IEC 61508 SIL3 eingestuft sind. Beim eingesetzten Entwicklungsprozess bestimmt TargetLink maßgeblich die Implementierungsphase.



Sind ABS und ESP nicht tolle Fortschritte in der Automobiltechnik gewesen? Noch habe ich beide nicht in wirklich kritischen Situationen erlebt, von ein paar Versuchen auf einer Teststrecke abgesehen. Auch kurz unter der ESP-Eingriffsschwelle

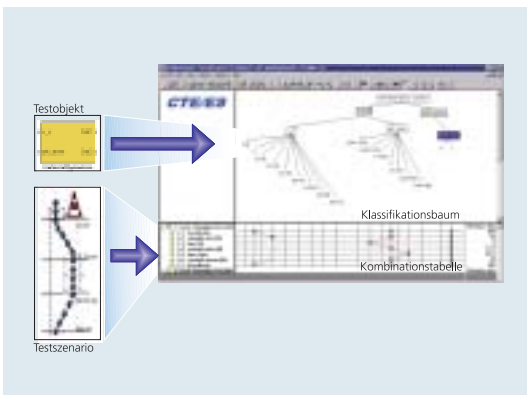
ist es schon schade um den Reifengummi. Die Kommentare (oder das ebenso aussagekräftige Stillschweigen) der erheblich querbeschleunigten Mitfahrer bei der Autobahnausfahrt tun das Übrige. Beruhigend ist aber allemal, dass da im Ernstfall noch mehr ginge – und das computergesteuert und sicher. Nun ist es damit aber noch nicht genug. Das ESP II darf sogar mitlenken. Ich freue mich darauf, auch das einmal auszuprobieren.

Wir haben gesehen, dass in den letzten Jahren die Umsetzung vieler fortschrittlicher Ideen zur X-by-Wire-Technologie auf die fernere Zukunft verschoben worden sind. Kleinere und vorsichtige Schritte in diese Richtung werden dennoch gemacht. Schritte, die einen großen Teil des möglichen Nutzens bereits erbringen, wie beim

Global Chassis Control durch die mechanisch sichere Überlagerungslenkung (ESP II) statt der rein elektrischen Lenkung, oder wie die elektrohydraulische Bremse statt der elektromagnetischen Bremse.

Bei all diesen Entwicklungen müssen trotz der bei Fahrversuchen üblichen Sicherheitsvorkehrungen die verwendeten Entwicklungswerkzeuge besonders zuverlässig funktionieren. Dies gilt ganz besonders für alles, was nicht offline erledigt werden kann – also für Rapid Control Prototyping, für die spätere Umsetzung in Seriencode und auch für das Applikationswerkzeug. Für Letzteres wird dSPACE die Zuverlässigkeit ebenso hochhalten, wie das auch bereits in Pilotprojekten beurteilt werden konnte. Für Rapid Control Prototyping und Seriencode-Generierung ist die Betriebsbewährtheit bei zahlreichen Kunden längst bekannt und gesetzt. Rückhaltesysteme, elektrohydraulische Bremsen, Lenksysteme – dSPACE ist dabei. Bis wir Autos mit Joystick statt Lenkrad, Gas und Bremse kaufen können, müssen wir uns einfach noch etwas gedulden.

*Dr. Herbert Hanselmann*  
*Geschäftsführer*



**10** *MTest, eine weitere Bereicherung der dSPACE-Produktpalette, unterstützt das systematische, modellbasierte Testen speziell von Software und Funktionsmodulen in Verbindung mit Simulink® und TargetLink.*



**12** *Mit einer neuen Software wird die elektrische Fehlersimulation mit dSPACE Simulator noch komfortabler. Grund genug, auch verschiedenen Hardware-Lösungen im Detail vorzustellen.*

# ESP II – Die nächste Generation

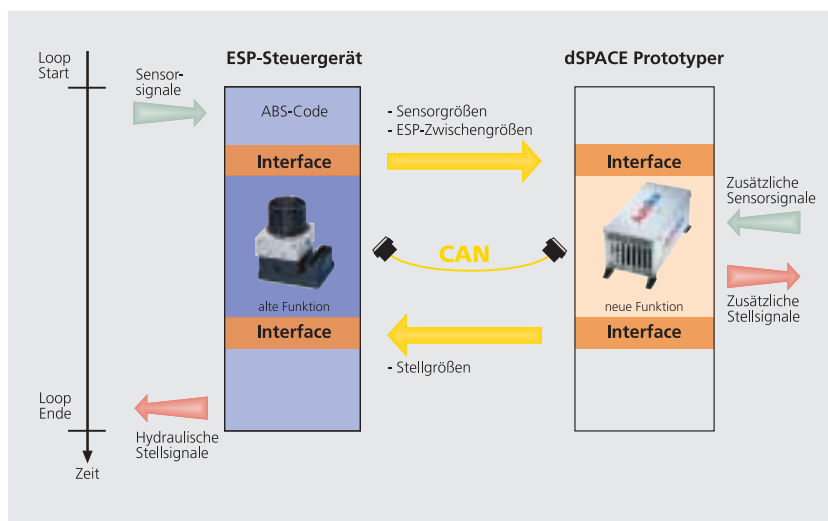
- **Fahrdynamikregelung mit aktivem Lenkeingriff**
- **Aktive Fahrsicherheit und Fahrkomfort durch ESP II**
- **Funktionsentwicklung mit dSPACE Prototypen im Bypass-Betrieb**

Continental Teves kommt dem Ziel des vollständig vernetzten und ganzheitlich geregelten Chassis jetzt einen großen Schritt näher. Innerhalb des zukunftsweisenden Projektes „Global Chassis Control“ wird mit ESP II ein Meilenstein gesetzt. Das neue Fahrdynamikregelsystem nutzt erstmals aktive Lenkeingriffe über die Vernetzung von Bremse und Lenkung und bietet dadurch ein großes Plus an Fahrsicherheit, Fahrspaß und Fahrkomfort. Zur Entwicklung und Verifikation der Regelungsalgorithmen kommt dSPACE Prototypen zum Einsatz, der im Bypass-Betrieb mit dem Seriensteuergerät von Continental Teves arbeitet.

Das System ESP II setzt sich aus den Subsystemen Bremse, Lenkung und optional Fahrwerk mit deren internen sowie externen Sensoren zusammen. Als elektronisches Bremssystem kommt dabei eine Weiterentwicklung der heutigen ESP-Anlagen zum Einsatz. Dieses Bremssystem verfügt über die für einige ESP II-Funktionen notwendigen internen Drucksensoren zur redundanten Erfassung der vier Raddrücke und des Fahrerwunsches. Sämtliche Software-Funktionen zur Sensordatenauswertung und Ansteuerung der Bremsenhydraulik (analog arbeitende Druckregelventile) sind hierbei im Seriensteuergerät implementiert.

Ein weiteres im Regelungsverbund arbeitendes Steuergerät steuert die Überlagerungslenkung als innovativste Komponente an, die schon durch ihre Grundfunktion das Lenkübersetzungsverhältnis fahrzeugtempoabhängig verändert: direkte, sportliche Lenkübersetzung kleiner als 12:1 oder bei indirekter Lenkübersetzung bis zu 20:1. So wird dem Fahrer eine deutliche Verbesserung hinsichtlich Agilität und Sicherheit seines Fahrzeuges vermittelt. Innerhalb fahrdynamischer oder fahrkritischer Situationen ermöglicht die Überlagerungslenkung, zu dem vom Fahrer am Lenkrad eingeschlagenen Lenkwinkel einen weiteren Winkel zu überlagern. Das übernimmt ein zweistufiges Planetengetriebe, das von einem Elektromotor angetrieben wird und in die Lenksäule integriert ist. Der den Lenkaufwand und die Fahrdynamik beeinflussende Radwinkel setzt sich somit aus dem Fahrerwinkel und dem vom Planetengetriebe eingestellten Überlagerungswinkel zusammen.

Im Prototypenfahrzeug erfolgt die Ansteuerung von Bremsen- und Lenkungs-Steuergerät über dSPACE Prototypen (AutoBox), wobei physikalisch via private-CAN Sensorinformationen und Stellanforderungen zwischen den einzelnen Teilnehmern ausgetauscht werden. Bereits auf dem Bremsensteuergerät vorhandene Funktionen (ABS/ESP) werden durch die erweiterten ESP II-Algorithmen per Bypass ergänzt. Aus Gründen erhöhter Flexibilität und deutlich kürzerer Entwicklungszeiten wird die neue ESP II-Funktionalität zunächst auf dem Prototyping-System entwickelt bevor sie später, im Idealfall mittels Autocodierung, in das Serien-Zielsystem überführt wird.



▲ Bei jedem Regelungszyklus wird ein exakter, loop-synchroner Informationsaustausch zwischen Steuergerät und dSPACE Prototypen (AutoBox) gewährleistet.

### Loop-synchrones CAN-Bypassing

Mittels Bypass-Technologie werden sämtliche neuen Software-Funktionen auf dem Prototyping-System unter Matlab®/Simulink® entwickelt und gleichzeitig wird die bereits vorhandene Software-Funktionalität des Seriensteuergerätes weiter verwendet. Aufgrund der Tatsache, dass es sich bei dem Seriensteuergerät um eine hochoptimierte, auf das Produkt ABS/ESP zugeschnittene Entwicklung

handelt, bot sich CAN als einfache Möglichkeit zur Realisierung des Bypasses an. Bei dem Datenaustausch über CAN muss bei jedem Regelungszyklus zu jedem Zeitpunkt sichergestellt sein, dass sämtliche Informationen vom Steuergerät zur dSPACE AutoBox (Sensorik) und wieder zurück (Aktorik) absolut zeitgenau, also loop-synchron, ausgetauscht werden. Zusammen mit den Engineering Services von dSPACE wurde ein komplett Trigger-gesteuertes und Watchdog-kontrolliertes Simulink-Modell entwickelt, das diese wichtige Anforderung umsetzt. Bei der Bypass-Realisierung wurde der komplette ABS/ESP-Algorithmus des Seriensteuergerätes auf die AutoBox portiert. Treiberansteuerung und Sensorvorverarbeitung wurden auf dem Steuergerät belassen.

### Wintererprobung in Nordschweden

Der Bremsvorgang auf seitenverschieden griffiger Fahrbahn ( $\mu$ -split-Bremsung: Eis - Asphalt) ist ein besonders anschauliches Beispiel für die Effektivität von ESP II. Das von den unterschiedlichen Bremskräften (die auf der Hochreibwertseite aufgebaute Bremskraft ist größer als die der Niedrigreibwertseite) herrührende Giermoment lässt sich situationsgerecht durch automatisches, schnelles Gegenlenken kompensieren. Der Fahrer kann weiter in die gewünschte Richtung lenken. Die Lenkradstellung entspricht – anders als bei heutigen ABS- und ESP-Systemen, wo der Fahrer selbst gegenlenken muss – dem gewünschten Fahrzeugkurs. Je nach Reibwertunterschied und konventioneller ABS/ESP-Abstimmung sind zudem bis zu 15% Bremswegverkürzungen möglich.

Mit der Integration der Lenkung in die Gierratenregelung verfügt ESP II gegenüber dem Standard-ESP neben der Bremse über eine weitere effektive Eingriffsmöglichkeit in die Fahrzeughorizontaldynamik. Der fahrdynamische



▲ Das Prototypenfahrzeug mit ESP II meistert die schwierigsten Fahrmanöver bei der Wintererprobung in Nordschweden.

Grenzbereich erweitert sich und wird leichter beherrschbar, denn ESP II lenkt für den Fahrer in Übersteuerfällen automatisch gegen. Da der Lenkeingriff für den Fahrer unbemerkt bleibt, kann er früher erfolgen und damit stabilitätskritische Situationen im Ansatz vermeiden. Kommt es dennoch zu einer fahrdynamischen Instabilität, kann ESP II mit der Lenkung durch ihren gegenüber der Bremse größeren wirksamen Hebelarm – Radstand größer als Spurweite – effektiver eingreifen. Der Bremseneingriff zum Abbau der Fahrzeuggeschwindigkeit bleibt in diesen Situationen jedoch unverzichtbar.

### Zusammenfassung

ESP II bietet durch die Integration der Lenkung und optional des Fahrwerks nicht nur eine Steigerung der aktiven Fahrsicherheit und des Fahrkomforts, sondern auch ein erhebliches Einsparungspotenzial beim Applikationsaufwand gegenüber Stand-alone Systemen. Durch den Einsatz der Bypass-Technologie mit der Firma dSPACE konnte die Funktionsentwicklung im ESP II-Basisprojekt und in Kundenprojekten erheblich beschleunigt werden. Der gewählte Prototyping-Ansatz zeichnet sich durch hohe Entwicklungsgeschwindigkeit und Flexibilität aus.

Dr. Stefan Fritz  
Dr. Ralf Schwarz  
Zukunftsentwicklung  
Continental Teves  
Deutschland

# TargetLink für sicherheitskritische Systeme

➤ **ATENA Engineering nutzt automatische Code-Generierung**

➤ **Standards für Software in sicherheitskritischen Systemen**

➤ **TargetLink eingebettet in firmenspezifische Werkzeugkette**

Zukünftig werden Fahrzeuge in immer größerem Maße elektronische, sicherheitskritische Systeme enthalten. Ihre Entwicklung wird die Industrie vor erhöhte Anforderungen stellen. ATENA Engineering ist schon heute in der Lage, Herstellern und Zulieferern aus der Automobilindustrie umfassende Kompetenz bei der Entwicklung sicherheitskritischer Systeme anzubieten. Der für solche Systeme bei ATENA Engineering eingesetzte Entwicklungsprozess basiert auf Erfahrungen und Standards aus der Luftfahrtindustrie und verwendet dSPACE TargetLink zur automatischen Seriercode-Generierung.

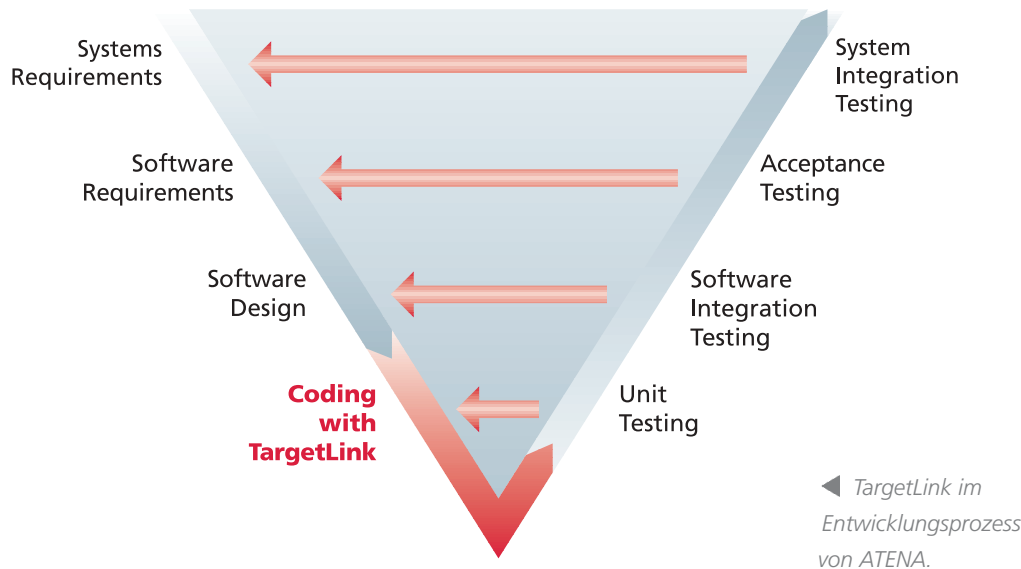
## Know-how für sicherheitskritische Systeme

Die Anzahl sicherheitskritischer Systeme in der Automobilelektronik nimmt rapide zu. Vor einigen Jahren zog die Fehlfunktion eines Systems im schlimmsten Fall den Ausfall einer Funktion nach sich. Bei zukünftigen Systemen kann eine Fehlfunktion dagegen ein Sicherheitsrisiko für Fahrzeuginsassen und andere Verkehrsteilnehmer darstellen. Um die von solchen Systemen ausgehenden Gefahren zu minimieren, wurde für die Automobilelektronik die Sicherheitsnorm IEC 61508 als Richtlinie etabliert, deren Beachtung besondere Herausforderungen bei der Software-Entwicklung bedeutet.

Bei ATENA Engineering können wir durch die enge Zusammenarbeit mit unserer Muttergesellschaft MTU Aero Engines GmbH auf jahrzehntelange Erfahrung in der Entwicklung sicherheitskritischer Systeme aus dem Luftfahrtsektor zurückgreifen. Von der MTU Aero Engines GmbH werden die Triebwerksregler für eine Zahl europäischer Luftfahrtprojekte entwickelt und gefertigt. Bei diesen Reglern, die höchste Sicherheitsanforderungen zu erfüllen haben, handelt es sich um mehrkanalige Steuergeräte mit 4 bis 10 Prozessoren. Die Entwicklung dieser Systeme erfolgt seit Jahren nach der Norm RTCA DO178, die eine für den Automobilbereich



► *ATENA Engineering nutzt Know-how aus der Luftfahrtindustrie für sicherheitskritische Automobilelektronik.*



geeignete Konkretisierung der Sicherheitsnorm IEC 61508 darstellt. Dadurch ist ATENA bereits heute in der Position, Software-Entwicklungsstandards für sicherheitskritische Systeme auch in Automobilen umfassend anzuwenden.

Da Projekte häufig hohen Änderungsraten unterliegen können, haben wir uns für den Einsatz eines automatischen Code-Generators entschieden. Zudem liegt das Software-Design oft schon als ausführbare Spezifikation vor, die durch einen Code-Generator mit weit geringerer Fehlerrate umgesetzt wird, als es bei Handprogrammierung der Fall ist. Ein Code-Generator ist wesentlich zuverlässiger. Er macht keine Flüchtigkeitsfehler, und es gibt keine Fehlinterpretationen bei der Modellumsetzung.

## ATENA setzt auf TargetLink

Wir haben bei ATENA einen Software-Entwicklungsprozess für sicherheitskritische Systeme unter Nutzung des automatischen Seriencode-Generators TargetLink definiert und umgesetzt. TargetLink integriert sich nahtlos in MATLAB®/ Simulink® und ermöglicht eine sichere Umsetzung unseres in Form von Simulink/Stateflow®-Modellen vorliegenden Software-Designs in C-Code.

Unserer Entscheidung für TargetLink ging eine detaillierte Evaluierung der am Markt verfügbaren Code-Generatoren voraus. Maßgeblich für unsere Wahl waren die hohe Produktqualität, insbesondere die Qualität des generierten Codes, sowie die technischen Eigenschaften von TargetLink. Ganz wichtig ist, dass TargetLink umfassende Konfigurationsmöglichkeiten anbietet, die unser Prozess nutzt, um den Anforderungen an Code für sicherheitskritische Systeme gerecht zu werden.

## Bewährter Entwicklungsprozess bei ATENA

Der Software-Entwicklungsprozess, dessen Implementierungsphase maßgeblich von TargetLink unterstützt wird, wird nun seit November 2002 bei ATENA angewandt. TargetLink ist dabei in eine projektspezifische Werkzeugkette eingebettet. Diese Werkzeugkette garantiert einerseits die Einhaltung der Qualitätskriterien für sicherheitskritische Anwendungen, andererseits ermöglicht sie einen hohen Automatisierungsgrad bei der Implementierung. Wir entwickeln damit sicherheitskritische Fahrzeugsysteme, die entsprechend IEC 61508 SIL3 eingestuft sind, und deren Software-Anteil bis zu 25000 Programmzeilen umfasst. Der automatischen Code-Generierung kommt dabei ein sehr hoher Stellenwert zu. So ist es uns mit TargetLink gelungen, ca. 80% des gesamten Seriencodes inklusive unserer Hardware-Schnittstellen automatisch zu erzeugen.

ATENA und dSPACE stehen in engem Kontakt miteinander, um bei Folgeversionen von TargetLink die Integration in unsere Werkzeugkette weiter auszubauen und sicherheitskritische Aspekte in der Code-Generierung noch stärker zu berücksichtigen.

*Hermann Tauber*  
Teamleiter Elektronik  
ATENA Engineering GmbH  
Deutschland

*Michael Jungmann*  
MTU Aero Engines GmbH  
Deutschland

# Audi: Sportlich und dynamisch

- **dSPACE Prototyper für Audi Dynamic Steering**
- **Funktionstests im Fahrzeug mit MicroAutoBox und AutoBox**
- **Seriencode-Generierung mit TargetLink**

Kurz vor der Serienreife steht Audis neues Überlagerungslenksystem Audi Dynamic Steering, das sowohl ein sportlicheres Fahrzeugverhalten als auch eine erhöhte Sicherheit beim Fahren ermöglichen wird. Das gesamte Funktions-Prototyping für die Neuentwicklung des Lenksystems wurde erfolgreich mit Hilfe von dSPACE Prototyper auf Basis von MATLAB®/Simulink® durchgeführt. Für die automatische Seriene-Code-Generierung kommt TargetLink zum Einsatz.

## Audi Dynamic Steering

Mit unserem Lenksystem Audi Dynamic Steering, das auf einem von ZF entwickelten Planetengetriebe basiert, bietet sich die Möglichkeit, über einen Stellmotor einen Zusatzlenkwinkel abhängig vom Fahrerlenkwinkel und von fahrdynamischen Größen des Fahrzeugs einzustellen. So kann zum Beispiel die Lenkübersetzung abhängig von der Geschwindigkeit gesteuert werden. Das neue Lenksystem bietet Fahrern darüber hinaus Agilitätsfunktionen sowie Zusatzfunktionen zur Stabilisierung in Grenzbereichen, was ein deutliches Plus in Sachen Sportlichkeit und Sicherheit bedeutet. Für die Steuerungsentwicklung ergeben sich allerdings erhebliche Veränderungen im Entwicklungsprozess, denn während Lenksysteme bisher relativ autark entwickelt werden konnten, muss nun aufgrund der neuen Funktionen eine Vernetzung mit weiteren fahrdynamischen Regelungssystemen wie ESP (Elektronisches Stabilitätsprogramm) realisiert werden.

## Neue Funktionen mit dSPACE Prototyper

Die Umsetzung des neuen Lenksystems Audi Dynamic Steering erforderte Anstrengungen in allen Entwicklungsfeldern, von der Plausibilisierung der Eingangssignale über die Fahrzustandsbeobachtung und die Konzeption der Fahrzeugmodelle bis hin zum Funktionsentwurf. Die neuen Funktionen für Audi Dynamic Steering wurden in MATLAB/Simulink konzipiert, mit Hilfe von Software-in-the-Loop-Simulationen überprüft und erfolgreich mit dSPACE Prototyper im Fahrzeug getestet und optimiert. Zu diesem Zweck wurden zwei Fahrzeuge mit der AutoBox und eines mit der MicroAutoBox ausgestattet. Zunächst wurde die dSPACE-Hardware – da noch kein Aktuator zur Verfügung stand – zum Messen von Analogsignalen (z.B. Messlenkrad) und Bus-Signalen (CAN-Signale, Gierrate, Querbeschleunigung, Getriebschaltstellung) verwendet. Diese Messungen dienten der ersten Parametrisierung der Fahrzeugmodelle. Nach dem Einbau der Aktuatorik und der Sensorik im Fahrzeug



▲ Audi Dynamic Steering im Hardware-Package.





▲ Funktionsumfänge von Audi Dynamic Steering. Das Lenksystem ermöglicht mit seinen Funktionen sowohl ein sportlicheres Fahrverhalten als auch mehr Fahrzeugsicherheit in Grenzsituationen.

wurde die Regelstrecke vermessen und die Fahrzeugmodelle wurden angepasst. Von der ZF Lenksysteme GmbH stammende Basisfunktionen wurden in Form von S-Funktionen in die Audi-Modelle mit eingebunden. Alle neu entwickelten Funktionen wurden immer erst in einer Simulink-Simulation geprüft und dann mit dSPACE Prototyper im Fahrzeug eingehend getestet und verfeinert. Um die Software-Entwicklung bei Audi zu vereinheitlichen, kamen hauseigene Style-Guides zum Einsatz, die zum Beispiel die Benennungen von Funktionen vorgeben.

## Beschleunigung durch automatische Seriene-Generierung

Die automatische Seriene-Generierung mit Target-Link spielt im Projekt Audi Dynamic Steering eine große Rolle, um die geforderten Termine und die Software-Konsistenz einhalten zu können. Um die Faktoren Zeit, Qualität und Kosten insgesamt zu optimieren, wurde und wird auf eine durchgängige Werkzeugkette in allen Entwicklungsstufen Wert gelegt, vom ersten Entwurf bis zur Serienreife, wobei MATLAB/Simulink den Referenzstandard bildet. So wird beispielsweise ein nahtloser Übergang zwischen Funktions-Prototyping und automatischer Seriene-Generierung gewährleistet.

## Blick über das Lenkrad

Wie schon bei Audi Dynamic Steering wird in Zukunft weniger die separate Entwicklung einzelner Bauelemente im Mittelpunkt stehen, sondern die bauteilübergreifende Funktionsentwicklung. Ein noch höherer Vernetzungsgrad wird sich bei der Steer-by-Wire-Lenkung ergeben, die im Vergleich zum Audi Dynamic Steering keine mechanische Rückfallebene mehr besitzt. Auch die Prozesse innerhalb der Entwicklung unterliegen Veränderungen, so bieten zum Beispiel immer mehr Lieferanten intelligente Aktuatoren und Sensoren an, die zusammen mit den zugehörigen Basisfunktionen geliefert werden. Die High-Level-Funktionalitäten hingegen, die die Unterscheidung zu Wettbewerbern ausmachen, werden von Audi selbst entwickelt.

*Dipl.-Ing. Wolfgang Dick  
Entwicklung Mechatronics und Testing  
Konzernkoordination Fahrwerk  
Audi AG, Deutschland*

*Dipl.-Ing. Michael Holle  
Bereich Fahrwerk  
Institut für Kraftfahrwesen Aachen, Deutschland*

# Systematisch testen statt ausprobieren

Die Komplexität heutiger Steuergeräte-Software macht es praktisch unmöglich, ihr Verhalten in allen möglichen Situationen vollständig zu testen. Welche Situationen müssen getestet werden und welche nicht? Wie viele Tests sind nötig? – Um solche Fragen zu beantworten, ist eine „Systematik des Testens“ notwendig. Zur Bewältigung dieser Herausforderung hat dSPACE eine ursprünglich von DaimlerChrysler entwickelte Testmethodik in Form des Werkzeuges MTest in AutomationDesk umgesetzt.

## Über MTest

MTest unterstützt das systematische, modellbasierte Testen speziell von Software und Funktionsmodulen in Verbindung mit Simulink® und dem Seriene-Generator TargetLink von dSPACE. Innerhalb des Funktionstests bietet MTest eine einheitliche, durchgängige Testumgebung für MIL (Model-in-the-Loop), SIL (Software-in-the-Loop) und PIL (Prozessor-in-the-Loop). Darüber hinaus existiert Datendurchgängigkeit, das heißt mit MTest erstellte Testvektoren können auch in einem Hardware-in-the-Loop (HIL) System wiederverwendet werden.

## Die Klassifikationsbaum-Methode

Das zentrale Element von MTest ist die Klassifikationsbaum-Methode [1], die zusammen mit dem zugehörigen, in MTest integrierten Klassifikationsbaum-Editor CTE/ES die systematische Ermittlung und übersichtliche Dokumentation von

Testfällen unterstützt.

Um nach der Klassifikationsbaum-Methode zu arbeiten, muss der Tester die möglichen Eingaben des Testobjektes unter verschiedenen Gesichtspunkten (disjunkt und

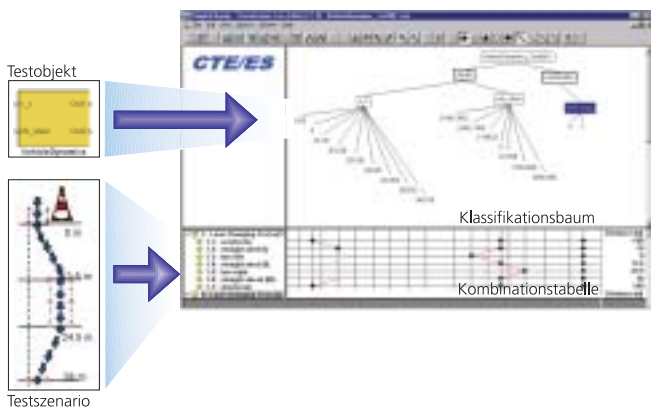
vollständig) in Klassen zerlegen. Die Gesichtspunkte und Klassen werden dann übersichtlich als Baum dargestellt, der den Kopf einer Kombinationstabelle bildet. Die Test-szenarien ergeben sich dann durch gezielte Kombination einzelner Klassen: Jede Zeile der Kombinationstabelle beschreibt einen Schritt einer Testsequenz. Um einen solchen Testschritt zu definieren, werden dort einige der senkrecht darüber stehenden Klassen des Klassifikationsbaumes markiert.

Das in der folgenden Abbildung dargestellte einfache Beispiel macht den Grundgedanken der Klassifikationsbaum-Methode deutlich:

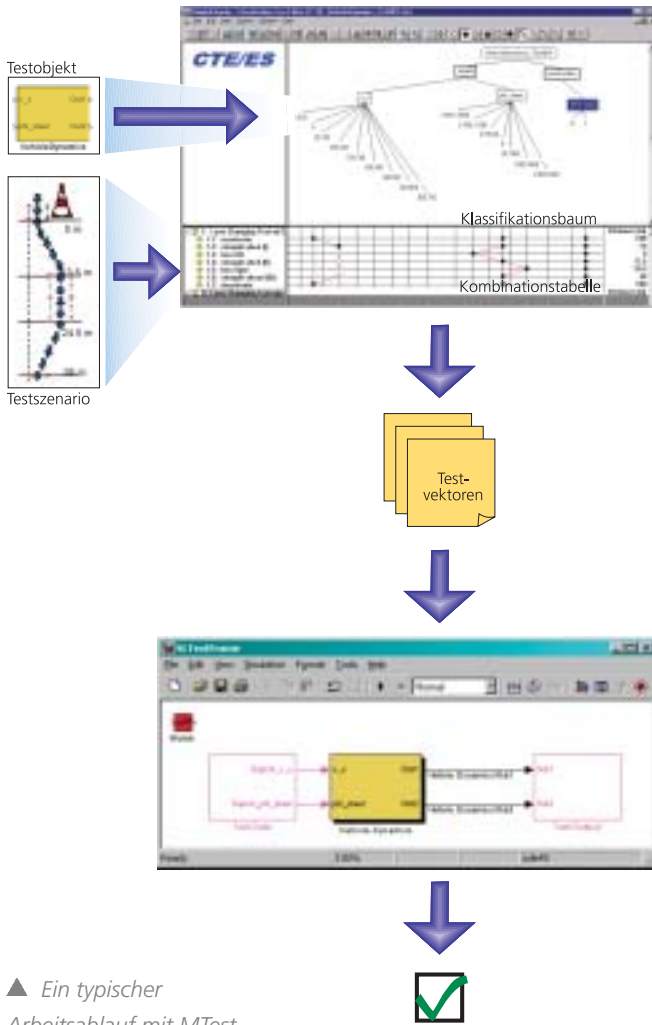
Für eine Fahrfunktion soll eine Testsequenz in Form eines Spurwechseltests beschrieben werden. Hierzu werden im Klassifikationsbaum die relevanten Eingangsgrößen und Parameter, hier die Fahrzeuggeschwindigkeit  $v_x$ , der Lenkwinkel  $\phi_{steer}$  und das ESP-aktiv Flag, klassifiziert. Bei geeigneter Unterteilung der einzelnen Wertebereiche könnten auf diese Weise verschiedenste Fahrmanöver beschrieben werden. Beispielhaft ist dies in der darunter liegenden Kombinationstabelle für den Spurwechseltest erfolgt.

## Die Arbeit mit MTest

MTest unterstützt den Entwickler in allen Phasen des modellbasierten Tests durch ein systematisches Vorgehen und eine weitgehende Automatisierung. Ein typischer Arbeitsablauf mit MTest sieht folgendermaßen aus: Während der Testfallermittlung werden auf Basis der Testidee die Testszenarien unter Verwendung der Klassifikationsbaum-Methode systematisch ermittelt und kompakt beschrieben. Anschließend werden diese durch konkrete



▲ Die Grundidee der Klassifikationsbaum-Methode: Die Wertebereiche der relevanten Eingangsgrößen werden übersichtlich in Form eines Baums klassifiziert. Durch Kombination einzelner Klassen werden die Testszenarien beschrieben.



▲ Ein typischer Arbeitsablauf mit MTest.

**Schritt 1:**  
Formulieren der Testidee im Klassifikationsbaum-Editor und Definition der Testfälle

**Schritt 2:**  
Generierung der Testvektoren

**Schritt 3:**  
Erstellung eines Testrahmens

**Schritt 4:**  
Test ablaufen lassen

Testvektoren, d.h. die zur Stimulation des Modells bzw. der Software benötigten Signalverläufe, instantiiert. Aus den Testdatenverläufen werden automatisch Testtreiber zur Stimulation des Modells bzw. der Software generiert, so dass die Testdurchführung danach automatisch erfolgen kann. Die Daten der Simulation werden durch den Testrahmen aufgezeichnet. Zur Testauswertung werden die während des Tests aufgezeichneten Ergebnisse mit Erwartungswerten verglichen. Bei Modelländerungen können neue Modellversionen automatisch mit den bereits vorhandenen Prüfscenarien getestet und die Ergebnisse mit Referenzwerten verglichen werden. Die Testvektoren können auch an anderer Stelle, zum Beispiel bei Hardware-in-the-Loop (HIL) Tests, wiederverwendet werden.

**AutomationDesk und MTest**

Während AutomationDesk schwerpunktmäßig die grafische Testbeschreibung und die Verwaltung von

Testprojekten unterstützt, liegt der Fokus von MTest auf einer systematischen Herangehensweise bei der Testfallermittlung und einer durchgängigen Testumgebung von MIL über SIL zu PIL. Mit MTest lassen sich mit Hilfe des Klassifikationsbaum-Editors auf intuitive Weise Testfälle ermitteln und Funktionsmodule in Simulink® und TargetLink testen. Somit eröffnet die Kombination von MTest und AutomationDesk die Möglichkeit für eine „Systematik des Testens“.

[1] M. Grochtmann, K. Grimm: Classification Trees for Partition Testing. Software Testing, Verification and Reliability, 3, 63-82, 1993

G. Reiß, K. Lamberg, dSPACE GmbH,  
I. Fey, M. Conrad, DaimlerChrysler AG,  
Forschung und Technologie,  
Deutschland

# Fehlersimulation mit dSPACE Simulator

Neuentwicklungen für elektrische Fehlersimulationen

ControlDesk Failure Simulation

dSPACE Simulator Mid-Size: Fehlersimulation jetzt auch auf Steuergeräte-Eingängen

In der letzten Ausgabe der dSPACE NEWS berichteten wir von der dSPACE-Simulator-Erfolgsstory und wir kündigten neue Features schon in naher Zukunft an. Heute erfahren Sie mehr Details zur elektrischen Fehlersimulation mit dSPACE-Simulatoren.

Wie verhält sich das Fahrzeug, wenn ein Fehler im elektrischen System auftritt? Wie reagieren die Steuergeräte? Lässt sich das Fahrzeug beim Ausfall des Gierratensensors noch manövrieren? Oder geht der Motor in den sicheren Notlaufbetrieb, wenn der EGAS-Drosselklappensteller kurzgeschlossen ist, damit der Fahrer das Fahrzeug von der Überholspur der Autobahn lenken kann?

Hardware-in-the-Loop-Simulation (HIL) mit dSPACE Simulator ermöglicht es schon lange, entsprechende Fehlersituationen im Labor zu simulieren. dSPACE Simulator erlaubt den automatisierten Test einzelner Steuergeräte oder ihres Zusammenspiels in einer beliebigen Simulationsumgebung, sei es der gesamte Antriebsstrang mit Motoren und Getrieben aller Bauarten, Teststrecken mit verschiedensten Fahrbahnbeschaffenheiten oder auch Komfort- und Sicherheitskomponenten. Effiziente Werkzeuge zur elektrischen Fehlersimulation sind von entscheidender Bedeutung. Daher hat dSPACE jetzt die Software-Umgebung für die Ansteuerung der Fehlersimulationshardware nahtlos in die grafische Bedienoberfläche ControlDesk integriert und damit noch komfortabler gemacht.

### ControlDesk Failure Simulation

ControlDesk Failure Simulation ist eine neue Software, die dialogbasierte Simulation von elektrischen Fehlern im Steuergeräte-Kabelbaum ermöglicht. Fehlersimulationshardware, Fehlermuster und Steuergeräte-Signalkanäle werden zentral über Software verwaltet. Elektrische Fehler werden zentral aktiviert und deaktiviert. Beim Test vernetzter Steuergeräte werden die Steuergeräte und ihre Signalleitungen separat angezeigt. Als weiterer Sicherheitsfaktor kann die Fehlersimulation auch auf einzelne Steuergeräte oder Signalleitungen beschränkt werden.

ControlDesk Failure Simulation läuft auf existierenden dSPACE Simulator Mid-Size (Fehler auf Steuergeräte-Ausgängen) und Full-Size (Fehler auf Steuergeräte-Eingängen und -Ausgängen) und arbeitet Hand in Hand mit unserer Testautomatisierungssoftware AutomationDesk.

Der Failure Navigator ermöglicht den grafischen Zugang zu allen Elementen des Fehlersimulationssystems:

- Angeschlossene Steuergeräte – Zugang zu allen Signalleitungen, die für elektrische Fehlersimulation freigegeben sind
- Fehlermuster – Zusammenstellung von Leitungsfehlern, die zur gleichen Zeit simuliert werden sollen



Der Failure Navigator von ControlDesk Failure Simulation: zentrale Verwaltung von Fehlersimulationshardware, Fehlermustern und allen Steuergeräte-Leitungen.

Das Failure Pattern Window visualisiert Fehlermuster, den Status der Fehlersimulationshardware und erlaubt das Editieren und Sichern von Fehlermustern.



Failure Pattern Window: jedes Fehlermuster wird in einem Layout dargestellt.

**Fehlersimulationshardware für verschiedene Simulatorvarianten**

Fehlersimulation ist mit fast allen Hardware-Varianten von dSPACE Simulator möglich. Mit leistungsfähiger Fehlersimulationshardware wird ihre Funktionalität nochmals gesteigert.

**dSPACE Simulator Mid-Size**

dSPACE Simulator Mid-Size unterstützt das DS2210 HIL I/O Board und bietet in der Standardausführung Fehlersimulation auf Steuergeräte-Ausgängen mit abgeklemmter Last. Jeder Kanal ist mit 8 A abgesichert. Die Ansteuerung der Fehlersimulationshardware (DS749) erfolgt über die Standard-RS232-Schnittstelle des Host-PCs. Seit kurzem ist es mit einer Hardware-Erweiterung (DS789) zusätzlich möglich, elektrische Fehler auch auf den Steuergeräte-Eingängen zu simulieren. Die Hardware-Erweiterung wird vom Host-PC über die gleiche serielle Schnittstelle gesteuert, wie bei den Ausgängen. Es ist auch möglich, existierende dSPACE Simulator Mid-Size mit der neuen Fehlersimulationskarte nachzurüsten.

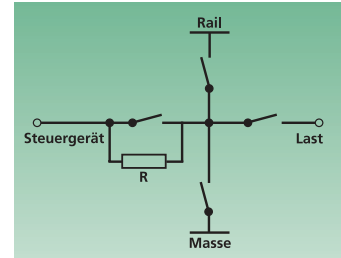
**dSPACE Simulator Full-Size (Standard)**

Die Fehlersimulation von dSPACE Simulator Full-Size unterstützt das DS2210 und alle anderen digitalen und analogen I/O-Karten von dSPACE. Diese Variante ist bei

vielen Kunden erfolgreich im Einsatz. Die Relaiskarten (DS291) zur Fehlersimulation können alleine oder in Kombination mit Lastkarten (DS281) verwendet werden. Bei Steuergeräte-Eingängen ist keine Last anschließbar. Jeder Kanal ist mit 8 A abgesichert. Die Ansteuerung der Relais erfolgt seriell über RS232.

**dSPACE Simulator Full-Size (Ausbaustufe)**

Für spezielle Anforderungen bieten wir auch ein anderes Fehlersimulationskonzept. Eine zentrale Relaischaltmatrix (DS293) sorgt hier für die Fehlersimulation auf Steuergeräte-Eingängen und -Ausgängen. Über Lastmodule (DS282) können Signalleitungen auf drei verschiedene Rails aufgeschaltet werden. Zusätzlich können 5 verschiedene Systempotentiale (z. B. KL30, KL31, KL15, usw.), diverse Messgeräte, Rsim-Module (DS289, zur Simulation realer Ersatzlasten), u.a. angeschlossen werden. Die Fehler-simulationskarte ist auf 24 A (reale Last) ausgelegt, so dass auch auf zusammengeschalteten Lastmodulkanälen Fehler simuliert werden können. Die Ansteuerung aller Komponenten dieser Ausbaustufe erfolgt über CAN (z. B. CAN CardX auf Host-PC).



▲ Schaltbare Fehlerarten bei dSPACE Simulator (abhängig von der gewählten Hardware).

■ dSPACE Simulator

Fehlersimulationssystem	Mögliche Fehlerarten
dSPACE Simulator Mid-Size (Standard)	
n x DS749 FIU Module (bis zu 10, jede Karte hat 10 Kanäle)	Auf den Ausgängen des Steuergeräts: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kabelbruch</li> <li>■ Kurzschluss gegen Masse</li> <li>■ Kurzschluss gegen Batteriespannung</li> </ul>
dSPACE Simulator Mid-Size (Erweiterungsoption)	
n x DS789 Sensor FIU Module (bis zu 2, 80 Kanäle)	Auf den Eingängen des Steuergeräts: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kabelbruch</li> <li>■ Kurzschluss gegen Masse</li> <li>■ Kurzschluss gegen Batteriespannung</li> </ul>
dSPACE Simulator Full-Size (Standard)	
n x DS291 FIU Module (jede Karte hat 10 Kanäle) n x DS281 Load Module	Auf Ein- und Ausgängen des Steuergeräts: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Leitungsunterbrechung</li> <li>■ Kurzschluss gegen Masse oder Minuspol der Batteriespannung (KL31) mit oder ohne Last (ein Steuergeräte-Eingang ist nicht an einen dSPACE-Ausgangskanal angeschlossen)</li> <li>■ Kurzschluss gegen Pluspol der Batteriespannung (KL30) mit oder ohne Last (ein Steuergeräte-Eingang ist nicht an einen dSPACE-Ausgangskanal angeschlossen)</li> <li>■ Kurzschluss gegen anderen Steuergeräte-Pin mit oder ohne Last (durch gemeinsames Rail)</li> </ul>
dSPACE Simulator Full-Size (Ausbaustufe)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1 x DS293 Central FIU Module</li> <li>■ n x DS282 Load Module (10 Kanäle)</li> <li>■ 1 x DS289MK Rsim Module (simuliert Widerstand zwischen 1..131 kΩ in Schritten von 1 Ω)</li> </ul>	Auf Ein- und Ausgängen des Steuergeräts: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Leitungsunterbrechung mit oder ohne zusätzliche Hardware (Rsim, MEAS oder SOURCE) in Serie</li> <li>■ Kurzschluss gegen anderen Steuergerät-Pin direkt oder durch zusätzliche Hardware (Rsim, MEAS oder SOURCE)</li> <li>■ Kurzschluss gegen 5 Bezugspunkte (Potential 0..4) direkt oder über zusätzliche Hardware-Elemente (Rsim, MEAS oder SOURCE)</li> </ul>

# Mehr Power für High-Level-Applikationen

- **DS1005 jetzt mit 800-MHz-Prozessor**
- **Volle Kompatibilität zur Vorgängerversion**

Das bewährte DS1005 PPC Board, Basis der modularen Hardware von dSPACE, ist ab sofort mit einem leistungsstarken IBM PowerPC 750 FX ausgerüstet. Im Vergleich zur Vorgängerversion erhöht sich damit die Prozessorfrequenz von 480 auf 800 MHz. Zudem verfügt der neue Prozessor über einen integrierten Level 2 Cache. Dadurch laufen Cache-Operationen statt mit 240 MHz jetzt ebenfalls mit der höheren Prozessorfrequenz von 800 MHz ab. Das DS1005 PPC Board stellt die Rechenleistung für Ihr Echtzeit-System bereit und fungiert zudem als Schnitt-



▲ Das neue DS1005 PPC Board mit 800-MHz-Prozessor.

■ DS1005 PPC Board

stelle zu den I/O-Karten und dem Host-PC. Durch Anordnung von bis zu 20 Boards zu einem Multiprozessor-system lässt sich die ohnehin schon hohe Rechenleistung noch weiter steigern. So können Entwicklungssysteme individuell auf Kundenwünsche zugeschnitten werden.

Zusammen mit entsprechender I/O steht dem Anwender ein leistungsfähiges, schlüsselfertiges System mit höchster Rechenleistung zur Verfügung.

Das neue Board ist voll kompatibel zu alten Board-Versionen und wird unterstützt ab dSPACE Release 3.1. Es kann ohne Einschränkungen zusammen mit allen bestehenden I/O-Boards eingesetzt werden. In Multiprozessor-systemen können alte und neue DS1005 Boards ohne Leistungseinbußen miteinander gemischt werden. Programme oder Modelle, die für die ältere Version kompiliert wurden, laufen unverändert auch auf dem neuen Board.

Durch immer komplexere Simulationsmodelle erhöht sich permanent der Bedarf an Rechenleistung. dSPACE bietet seinen Kunden darum Upgrade-Möglichkeiten von alten DS1003 und DS1005 Boards auf das neue DS1005 Board an. Mit dem neuen DS1005 rüsten Sie sich für rechenintensivere Anwendungen.

## Anwenderkonferenzen 2004

- **4. dSPACE Anwenderkonferenz jetzt vom 21.-22. Oktober 2004 in Stuttgart**

dSPACE GmbH und The MathWorks haben sich auf eine langfristige gemeinsame Veranstaltungsstrategie verständigt. Die in Deutschland stattfindende dSPACE Anwenderkonferenz wird zukünftig in ungeraden Jahren durchgeführt, während The MathWorks ihre International Automotive Conference (IAC) in den geraden Jahren veranstaltet. Die 4. dSPACE Anwenderkonferenz findet jetzt vom **21. bis 22. Oktober 2004** im Kultur- und Kongresszentrum Liederhalle in Stuttgart statt.



▲ Die Konferenz findet auch 2004 wieder in der Liederhalle in Stuttgart statt.

Die Konferenz bietet zum ersten Mal ein europäisches Forum, wo sich Anwender und Produktexperten treffen können, um sich über den Einsatz von dSPACE-Systemen bei der Steuergeräte-Entwicklung auszutauschen. Es wird deutsche und englische Vorträge geben. Die deutschen Vorträge werden simultan ins Englische übersetzt.

### US User Conference

Die amerikanische Anwenderkonferenz wird – wie in der letzten dSPACE NEWS-Ausgabe angekündigt – im Sommer 2004 stattfinden.

### Möchten Sie einen Vortrag einreichen?

Dann beschreiben Sie bitte in einem Abstract mit 400-500 Wörtern Ihre Anwendung, die dort eingesetzten dSPACE-Tools und die erzielten Ergebnisse und senden diese Informationen

- für die Anwenderkonferenz in den USA an:

Louise Hackett: [lhackett@dspaceinc.com](mailto:lhackett@dspaceinc.com)  
(Einsendeschluss 30. September 2003)

- für die Anwenderkonferenz in Deutschland an:

Bettina Henking: [bhenking@dspace.de](mailto:bhenking@dspace.de)  
(Einsendeschluss 9. Februar 2004).

Bitte informieren Sie auch Ihre Kollegen von den aktualisierten Terminen. Aktuelle Informationen zu den Konferenzen finden Sie in Kürze im Internet unter:  
[http://www.dspace.de/goto?konferenz\\_stuttgart](http://www.dspace.de/goto?konferenz_stuttgart)  
[http://www.dspace.de/goto?konferenz\\_detroit](http://www.dspace.de/goto?konferenz_detroit)

## Jobs



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

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

## Termine



### EUROPA

#### MeasComp

23.-25. September, Wiesbaden, Deutschland  
Rhein-Main-Hallen, Halle 1  
Stand #33/34

#### VDI – Elektronik im Kraftfahrzeug

25.-26. September, Baden-Baden, Deutschland  
Kongresshaus Baden-Baden

#### Aachener Kolloquium

6.-8. Oktober, Aachen, Deutschland  
Eurogress Aachen

#### Mesurexpo

21.-23. Oktober, Paris, Frankreich  
Paris Expo – Porte de Versailles, Halle 7/1,  
Stand #J39

## Schulungen



Bitte entsprechendes Kästchen auf der Antwortkarte ankreuzen.

- dSPACE Systems
- ControlDesk
- AutomationDesk
- HIL Simulation
- TargetLink
- dSPACE Calibration System

## Infos anfordern



Bitte entsprechende Kästchen auf der Antwortkarte ankreuzen und zurücksenden

- per Post
- per Fax an 0 52 51 - 6 65 29  
oder
- fordern Sie die Informationen über unsere Homepage [www.dspace.de/goto?dSPACE-news-info](http://www.dspace.de/goto?dSPACE-news-info) an
- finden Sie weitere Informationen unter [www.dspace.de](http://www.dspace.de)
- schicken Sie uns eine E-Mail an [dSPACE-news@dspace.de](mailto:dSPACE-news@dspace.de)

Ihre Meinung ist uns wichtig. Kritik, Lob und sonstige Anmerkungen senden Sie bitte an [dSPACE-news@dspace.de](mailto:dSPACE-news@dspace.de) – vielen Dank!

### Australien

CEANET Pty Ltd.  
Level 1, 265 Coronation Drive  
Milton  
Queensland 4064  
Tel.: +61 7 3369 4499  
Fax: +61 7 3369 4469  
info@ceanet.com.au  
www.ceanet.com.au

### Israel

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

### Niederlande

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

### Taiwan

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

### China und Hong Kong

Beijing JiuZhou HiRain Tech. Co. Ltd.  
Shangfang Plaza No. 27  
Room 430  
Bei San Huan Zhong Lu 100029  
Beijing, P.R. China  
Tel.: +86 10 820 114 56  
Fax: +86 10 620 736 00  
ycji@hirain.com  
www.hirain.com

### Japan

LinX Corporation  
1-13-11 Eda-nishi  
Aoba-ku, Yokohama-shi  
Kanagawa, 225-0014 Japan  
Tel.: +81 45 979 0731  
Fax: +81 45 979 0732  
info@linx.jp  
www.linx.jp

### Polen

ONT  
ul. Obozna 11  
30-011 Kraków  
Tel.: +48 12 632 32 60  
Fax: +48 12 632 17 80  
info@ont.com.pl  
www.ont.com.pl

### Tschechische Republik und Slowakei

HUMUSOFT s.r.o.  
Novákových 6  
180 00 Praha 8  
Tel.: +420 2 84 01 17 30  
Fax: +420 2 84 01 17 40  
info@humusoft.cz  
www.humusoft.cz

### Indien

Cranes Software Intern. Ltd.  
29, 7th Cross, 14th Main  
Vasanthanagar  
Bangalore - 560 052  
Tel.: +91 80 2381 740  
Fax: +91 80 2384 317  
info@cranessoftware.com  
www.cranessoftware.com

### Korea

Darim Systems Co., Ltd.  
404 Jang Young Sil Hall  
Venture Business Building  
1688-5 Shinil-Dong,  
Daedeok-Gu Daejeon, Korea 306-203  
Tel.: +82 42 934 8377  
Fax: +82 42 934 8381  
info@darimsystems.co.kr  
www.darimsystems.co.kr

### Schweden

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

### Firmensitz in Deutschland

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

### Frankreich

dSPACE Sarl  
Parc Burospace  
Bâtiment 17  
Route de la Plaine de Gisy  
91573 Bièvres Cedex  
Tel.: +33 1 6935 5060  
Fax: +33 1 6935 5061  
info@dspace.fr  
www.dspace.fr

### USA und Kanada

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

### Großbritannien

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

