

dSPACE MAGAZIN

2/2020

Great Wall Motors – Effiziente Entwicklung sicherheitskritischer Systeme mit zertifiziertem Code-Generator TargetLink | Seite 20

JEE – Optimierung elektrischer Antriebe durch Simulation
Seite 10

University of Alabama – Geteilte Energie: Laden von Fahrzeug zu Fahrzeug | Seite 24

HELLA – Sicheres autonomes Fahren durch automatisierte Validierung | Seite 28

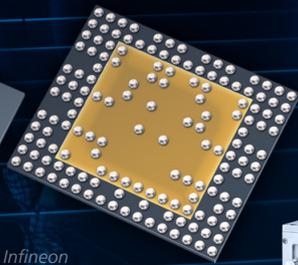


„Um die mit immer mehr Funktionen und Bandbreite ausgestatteten Radarchips zu verifizieren, verlassen wir uns auf das dSPACE Automotive Radar Test System (DARTS). Die hochgenaue Simulation mehrerer Ziele ermöglicht es uns, die Qualität und Leistung der Chips frühzeitig und einfach im Labor zu bestimmen.“

Dr. Patrick Alexander Hölzl, Infineon Technologies



© Infineon Technologies AG 2020



Radar- Chip-Tests

Um sicherer zu fahren als Menschen, müssen autonome Fahrzeuge zunächst klarer sehen können als Menschen. Radarsensoren sind dafür besonders gut geeignet, denn sie ermöglichen die zuverlässige Erkennung von Objekten bei Tag und bei Nacht, bei Sonne und Regen und können potenziell auch um Hindernisse herumsehen. Um Radarchips effizient zu entwerfen, sind Leistungstests in einem sehr frühen Stadium im Labor ein Muss. Daher spielt die Simulation von Radarzielen eine entscheidende Rolle im Entwicklungs- und Verifikationsprozess von Radarchips.

In diesem Zusammenhang haben sich Radarzielsimulatoren (RTS) als flexibel und zuverlässig erwiesen. Sie arbeiten nach dem Over-the-Air-Prinzip: Der reale Chip wird während des Betriebs in Echtzeit mit Radarwellen stimuliert. Das bedeutet, dass der RTS die Welle von einem Radarchip oder -sensor empfängt, intern ein Ziel einprägt und die modifizierte Radarwelle zurück an den Chip oder Sensor sendet. So können sowohl der Chip als auch der Radarsensor genau wie in einer realen Umgebung betrieben und getestet werden.



„Unsere internationalen Kunden treiben in bemerkenswerten Entwicklungsprojekten die Elektromobilität sowie das assistierte und autonome Fahren konsequent voran und setzen dabei auf unser End-to-End-Lösungsangebot.“

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

Komplexität beherrschbar zu machen und neue Ökosysteme zu schaffen, sind die großen Herausforderungen in den aktuellen Entwicklungsprojekten für Elektromobilität sowie dem assistierten und autonomen Fahren.

So geht es bei der Elektromobilität nicht nur um neue Fahrzeugtechnik wie Batterien oder Leistungselektronik, sondern auch darum, die Infrastruktur, die Informationssysteme sowie Service und Wartung neu zu definieren. Im Bereich des autonomen Fahrens besteht die Herausforderung darin, mit skalierbaren, KI- und cloudbasierten Technologien sowohl Komponenten als auch das komplexe Gesamtsystem in unterschiedlichen Szenarien zu simulieren und abzusichern, so dass das Restrisiko beim Inverkehrbringen und Homologieren minimiert wird.

dSPACE bietet hierfür ein End-to-End Lösungsangebot für die modell- und datenbasierte Entwicklung. Mit unserem software- und hardware-basierten Portfolio verstehen und unterstützen wir die Breite der Simulation und Validierung bis hin zur Homologation. Um unseren Service weltweit und zuverlässig zur Verfügung zu stellen, arbeiten wir mit starken Partnern zusammen, unter anderem im Engineering- und Cloud-Bereich.

Ein wichtiges Thema ist die Sensorik. Mit dem Radarziel-simulator DARTS 9040-G haben wir eine Weltneuheit vorgestellt: Er ist der erste Simulator mit einer Bandbreite von 5 GHz. Dies ist ein entscheidender Meilenstein für die Weiterentwicklung und Absicherung der Radarsensorik, wie Infineon im Beitrag auf Seite 2 bestätigt. Mit hoher Dynamik formiert sich der spannende Zukunftsmarkt Elektromobilität. Wenn auch noch von niedrigem Niveau, kletterte der Absatz von Elektro-Fahrzeugen 2019 gegen den Trend um 40 % im Vergleich zu 2018 auf nun

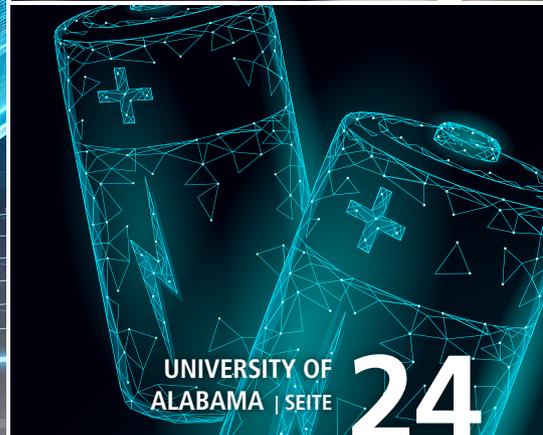
2,1 Millionen Pkw, so die International Energy Agency (IEA). Damit machten Elektroautos 2,6 % des weltweiten Autoverkaufs aus, davon die Hälfte in China. Heute entfallen nach Angaben der IEA 3,35 Millionen der weltweit insgesamt 7,2 Millionen eingesetzten Elektrofahrzeuge auf China.

Die Anstrengungen der Automobilindustrie spiegeln sich auch in vielen Entwicklungsprojekten wider, bei denen wir unsere internationalen Kunden partnerschaftlich begleiten. Im aktuellen dSPACE Magazin berichten sowohl der Zulieferer JEE als auch der OEM Great Wall Motors aus China sowie ein Forscherteam der Universität Alabama, USA, wie sie mit der Entwicklung von Ladetechnologie, Antriebssystemen und Steuerungssoftware die Elektromobilität vorantreiben. Anforderungen wie kurzen Projektlaufzeiten und hohen Sicherheitsstandards begegnen sie zudem mit dem Einsatz des End-to-End-Lösungsangebots von dSPACE. Hierbei spielen sowohl unsere Simulationslösungen für elektrische Systeme als auch der für sicherheitskritische Anwendungen zertifizierte Code-Generator TargetLink eine entscheidende Rolle. In Zeiten von Reise- und Kontakteinschränkungen haben wir unseren Service für Sie weiterentwickelt und einen leicht zugänglichen, weltweit verfügbaren virtuellen Showroom aufgebaut. In Form von Demos können Sie dort das dSPACE Lösungsangebot in Aktion erleben. Besuchen Sie einfach unsere Website und buchen Sie Ihre individuelle Demo.

www.dspace.com/go/vsr_booking

Alles Gute und bleiben Sie gesund.

Ihr Martin Goetzeler



IMPRESSUM

dSPACE MAGAZIN wird periodisch herausgegeben von:

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

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

Fachredaktion: Alicia Garrison, Dr. Stefanie Koerfer,
Ralf Lieberwirth, Lena Mellwig, Simon Neutze,
Ulrich Nolte, Dr. Gerhard Reiß, Patrick Pohsberg

Redaktionelle Mitarbeit an dieser Ausgabe:
Thorsten Pueschl, Jannis Sauer

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

Gestaltung und Layout:
Jens Rackow, Sabine Stephan

Druck:
Media-Print GmbH, Paderborn

© 2020 dSPACE GmbH

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

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

Inhalt



3 EDITORIAL

Kundenanwendungen

6 BRILLIANCE

Prüfstand am Steuer

Fahrwerktests am mechatronischen Prüfstand

10 JEE

Hohe Spannung, niedriges Risiko

Flexible HIL-Simulation mit einer Kombination aus FPGA- und CPU-Basis macht Motoren effizienter und ihre Entwicklung sicherer

14 SIKORSKY

Rein elektrisch

ZFL und Sikorsky entwickeln neue Technologie für elektrische Rotorsteuerung

20 GREAT WALL MOTORS

Elektrisch und vielfältig

Elektro- und Hybridfahrzeuge entwickelt mit dSPACE TargetLink

24 UNIVERSITY OF ALABAMA

Geteilte Energie

Vehicle-to-Vehicle-Laden und sein Potential für die Mobilität von morgen

28 HELLA

Die richtige Strategie zählt

Standardkonformer Workflow bis ASIL D ebnet Wege zu automatisiertem Fahren

Produkte

32 SCENARIO-BASED TESTING

Intelligent inszeniert

KI-basierte Szenariengenerierung aus Sensordaten

36 MICROAUTOBOX III

Optimal vernetzt

Neue MicroAutoBox-III-Varianten mit DS1521 Bus and Network Board

40 DARTS 9040-G

4D-Radarsimulation

5 GHz – neuer Benchmark für Radarziel-simulatoren

Business

42 INTERVIEW PROFESSOR GEIGER

End-to-End-Training

Im Cyber Valley arbeiten Wissenschaftler an Lösungen, um das autonome Fahren besser skalierbar zu machen

46 INTEMPORA

AD-Portfolio verstärkt

Software-Werkzeuge von Intempora ergänzen dSPACE Lösungen für daten-getriebene Entwicklung

Kurz notiert

50 Test von Kamera-Steuergeräten mit simulierten Fahrscenarien

51 Neue Funktionen für SCALEXIO-Systeme

52 MicroAutoBox III Embedded PC – Die ideale PC-Erweiterung für rechenintensive Aufgaben im Fahrzeug

53 High-End-Simulation von Leistungselektronik – auch ohne Expertenwissen

53 dSPACE V-ECU Task Force

55 Unsere Lösungen kommen an



PEFC zertifiziert

Dieses Produkt stammt aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern und kontrollierten Quellen

www.pefc.de





Fahrwerktests am mechatronischen Prüfstand

Prüfstand am Steuer

Zur Entwicklung neuer Fahrwerkregelstrategien setzt Brilliance auf einen Laboraufbau, der einen dSPACE Lenkungs- und einen Bremsprüfstand kombiniert.



Bei der Entwicklung und Erprobung neuer Fahrwerkregelstrategien muss eine Vielzahl von Komponenten berücksichtigt werden. Dazu gehören zum Beispiel die Brems- und Lenksysteme, die unter den Fahrzeugsicherheitssystemen eine große Rolle spielen, da sie eine Reihe von elektrischen und elektronischen Komponenten enthalten und den Fahrstatus für den Fahrer im buchstäblichen Sinne begreifbar machen. Daher hat Brilliance eine Entwicklungsumgebung für Funktionen zur Fahrwerkregelung mit einem Lenkungs- und einem Bremsprüfstand von dSPACE aufgebaut. Hiermit lassen sich umfassende Tests durchführen, um sicherzustellen, dass alle Funktionen für die Fahrwerkregelung zuverlässig funktionieren.

Testherausforderungen

Bei Brilliance ist der Entwicklungsprozess in mehrere Phasen unterteilt. In jeder Phase werden Hardware-

und Software-Komponenten auch von externen Anbietern geliefert. Das elektronische Stabilitätsprogramm (ESP) und die elektrische Servolenkung (EPS) stammen von zwei externen Lieferanten. Um Inkonsistenzen im System auszuschließen, führen die Ingenieure bei Brilliance daher sowohl Komponententests als auch Integrationstests durch. Spezifische Tests wurden beispielsweise für Spurwechsel, Slalomfahrt, Antriebschlupfregelung (ASR), Fahrdynamikregelung (VDC), Antiblockiersystem (ABS) und Hill Hold Control (HHC) durchgeführt.

dSPACE System zur Bewältigung der Testvielfalt

Das dSPACE System wurde angeschafft, um bei der Bewältigung der oben erwähnten Herausforderungen Zeit zu sparen und die Kosten der Tests zu reduzieren. Darüber hinaus möchte Brilliance die Tests in frühe Entwicklungsphasen vorverlagern, um

mögliche Fehler so früh wie möglich zu erkennen und damit letztendlich die technische Reife der Produkte zu erhöhen. Auch möchte das Unternehmen die von den Zulieferern bereitgestellten Controller einfach per Black-Box-Test verifizieren, sie also genau in dem Zustand testen, in dem sie Brilliance zur Verfügung gestellt werden. So muss Brilliance nicht erst Schnittstellen erstellen, um auf das Innenleben der Controller zuzugreifen.

Aufbau des Prüfstands

Zur Steuerung der Prüfstandsmotoren wird ein dSPACE SCALEXIO-Simulator verwendet, der die erforderliche Prozessorleistung, die Ein- und Ausgabeschnittstellen und die Signalkonditionierung bereitstellt (Abbildung 2). Zudem zeichnet der Simulator alle Messdaten auf. Mit der Experimentier- und Instrumentiersoftware dSPACE ControlDesk wird der gesamte Prüfstand gesteuert, um zum Beispiel Parameter einzustellen, zu überwa- >>

Schon gewusst? dSPACE bietet Prüfstände für eine Vielzahl von Anwendungen an, zum Beispiel für Lenkung, Bremsen, Radar, Elektrik, und auch Prüfstände mit Bewegungsplattformen.



Abbildung 1: Der im Juni 2018 auf den Markt gebrachte Brilliance V7 SUV war das erste Fahrzeug, das Brilliance auf dem dSPACE Prüfstand entwickelt hat. Weitere Modelle sind bereits in der Entwicklung.

Bildnachweis:
© Brilliance

HIL-Simulator
 ■ Echtzeit-Fahrdynamiksimulation mit ASM Vehicle Dynamics
 ■ Signale für Referenzkräfte der Gegenmotoren
 ■ Schnittstelle zum Einspeisen der gemessenen Zahnstangenverschiebung

Prüfstand mit integrierter Klimakammer zur Simulation von Umgebungsbedingungen

Synchronmotor
 ■ Simulation von Fahrerhand-drehmoment und Lenkradposition

Synchronmotor
 ■ Simulation der auf die Lenkstange wirkenden Drehmomente

Zu testendes System

ControlDesk
 ■ Steuerung/Überwachung von Experimenten, Parametereinstellungen etc.

MotionDesk
 ■ Visualisierung des Fahrmanövers

Abbildung 2: Für die Entwicklung von Fahrwerkregelungen ermöglicht der dSPACE Aufbau umfassende, genau reproduzierbare, automatisierte Tests zahlreicher Fahrscenarien.



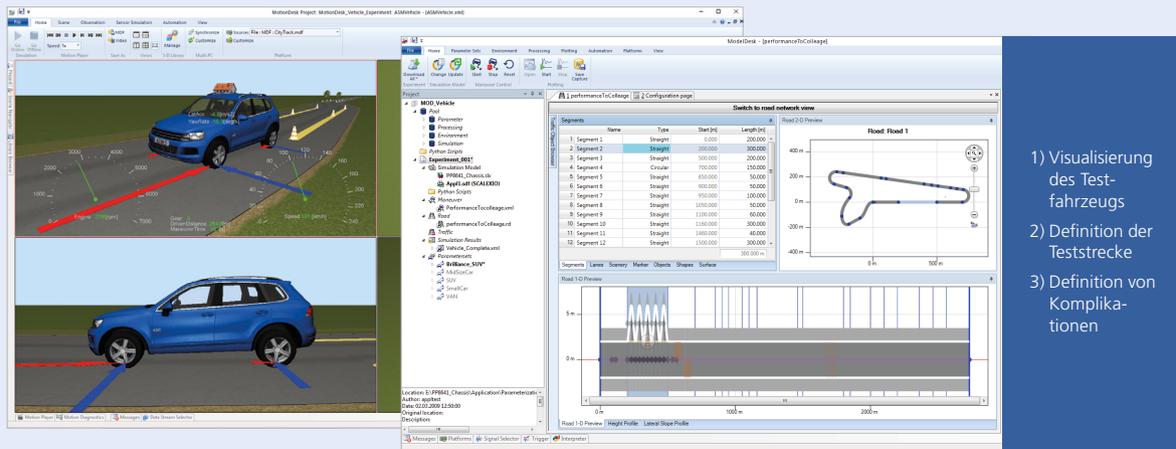
„Unsere Ingenieure konnten den dSPACE Prüfstand sehr produktiv für eine Vielzahl von Fahrwerkregeltests nutzen.“

Chenggang Shen, Brilliance

chen und grafisch darzustellen. Auch die Testautomatisierungssoftware dSPACE AutomationDesk spielt beim Testen eine große Rolle, denn mit ihr lassen sich alle Testabläufe automatisieren, auch bei Tests über Nacht. Die Fahrdynamik wird mit der Tool-

suite dSPACE Automotive Simulation Models (ASM) in Echtzeit simuliert. Die grafische Benutzeroberfläche von dSPACE ModelDesk dient dabei der komfortablen Parametrierung der Fahrzeugmodelle. Mit dieser Entwicklungsumgebung haben die Inge-

nieure von Brilliance Dutzende Fahrmanöver und Straßenparcours für ihre Experimente erstellt. Die 3D-Animationssoftware dSPACE MotionDesk stellt alle Testfahrten visuell dar und ermöglicht die schnelle Auswertung und Modifikation der Fahrmanöver.



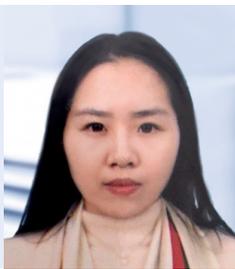
- 1) Visualisierung des Testfahrzeugs
- 2) Definition der Teststrecke
- 3) Definition von Komplikationen

Abbildung 3: Links eine typische 3D-Animation mit MotionDesk, rechts die ModelDesk-Benutzeroberfläche zur Parametrierung der Fahrversuche.


BRILLIANCE

Über Brilliance

Brilliance China Automotive Holdings Ltd. besteht aus zwei Geschäftsbereichen: Herstellung und Vertrieb von Kleinbussen und Kfz-Komponenten sowie Herstellung und Vertrieb von BMW-Fahrzeugen. Die wichtigste operative Tochtergesellschaft des Unternehmens in China ist Shenyang Brilliance Jinbei Automobile Co., Ltd., auf die rund 90 % des Umsatzes entfallen. Das Unternehmen ist auch am Bau und Umbau von Kleinbussen und Limousinen beteiligt und bietet über seine Tochtergesellschaften Finanzierungsdienstleistungen an.



„Wir sind sehr zufrieden mit dem dSPACE Prüfstand. Mit diesem leistungsstarken Testsystem konnten wir unsere Qualitätsziele erreichen.“

Yiqi Zhao, Brilliance

Testen kritischer Fahrsituationen

Eine große Stärke des dSPACE Systems ist die Fähigkeit, Tests unter klar definierten und reproduzierbaren Bedingungen im Labor so durchzuführen wie mit einem Fahrzeug auf der Straße. Diese Methode ermöglicht die exakte Analyse spezieller und kritischer Fahrsituationen, deren reproduzierbare Durchführung bei Fahrversuchen in den meisten Fällen gefährlich oder sogar unmöglich wäre. Darüber hinaus können die Ingenieure auf dem Prüfstand auch ganz gezielt Fehler einspeisen, zum Beispiel um einen technischen Defekt in Komponenten zu simulieren und so die Systemreaktion zu analysieren und zu optimieren. Unterm Strich erreicht man hierdurch bereits eine sehr hohe Testabdeckung, noch bevor ein Prototyp-Fahrzeug seine erste Testfahrt absolviert hat. Diese vielfältigen Möglichkeiten

des Prüfstands erleichtern die Tests ungemein und gestalten sie gleichzeitig sehr effizient.

Schnelle Einarbeitung

Neben der Benutzerfreundlichkeit und der Zeitersparnis, die das dSPACE System bei den vielfältigen Testaufgaben bietet, ist eine weitere hervorstechende Eigenschaft die kurze Einarbeitungszeit. Die Ingenieure bei Brilliance benötigten lediglich in der Anfangsphase die Unterstützung von dSPACE Mitarbeitern. Bereits nach wenigen Wochen konnten die Ingenieure mit dem System selbstständig und äußerst produktiv an verschiedenen Projekten arbeiten.

Weitere Projekte in Planung

Die dSPACE Entwicklungslandschaft für die Fahrwerkreglerentwicklung auf Basis des dSPACE Lenkungsprüfstands und verschiedener dSPACE

Software-Werkzeuge ist bei Brilliance bereits seit einiger Zeit im Einsatz und war sowohl beim Testen des SUV Brilliance V7 (Abbildung 1) als auch bei der Markteinführung im Juni 2018 sehr hilfreich. Aufgrund der positiven Erfahrungen wird die dSPACE Entwicklungsumgebung bereits für andere Projekte eingesetzt, außerdem sind verschiedene Erweiterungen geplant. ■

*Chenggang Shen,
Yiqi Zhao,
Yancheng Zhang,
Brilliance*

Yancheng Zhang, Brilliance



Hohe Spannung, niedriges Risiko



Flexible HIL-Simulation mit einer Kombination aus FPGA- und CPU-Basis macht Motoren effizienter und ihre Entwicklung sicherer

Moderne elektrische Antriebe vereinen hohe Leistung mit mikrosekunden-genaue Steuerung. Bei der Entwicklung dieser Antriebe sind Hersteller auf effiziente Plattformen angewiesen, die diese Hochleistungen freisetzen und gleichzeitig eine hohe Betriebssicherheit gewährleisten. Um dies zu erreichen, setzt JEE auf Hardware-in-the-Loop (HIL)-Testing mit leistungsfähiger Software-Modellierung und SCALEXIO-Hardware von dSPACE.

„Die offenen dSPACE Modellbibliotheken waren von großer Bedeutung für das Projekt. Der Einsatz der ASM- und XSG-Bibliotheken ermöglichte Messungen unter Laborbedingungen, die auf einem realen Prüfstand eine enorme Herausforderung dargestellt hätten.“

Ying Jiang, JEE

Als Chinas führender Anbieter von E-Antriebssystemen treibt JEE die Entwicklung in verschiedenen Sektoren voran. Diese reichen von einzelnen Komponenten bis hin zu hochintegrierten Lösungen bestehend aus E-Motor, Wandler und Untersetzungsgetriebe. Neben rein batterieelektrischen Systemen für industrielle Fahrzeuge und Pkw stehen dabei auch E-Drive-Systeme für Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge (PHEV) im Fokus. Gemäß den Vorgaben des ISO-26262-Standards muss dabei auch die funktionale Sicherheit der Motorsteuerung gewährleistet werden. Für die entsprechenden Tests der Software-Sicherheit und Validierung auf Zielhardware setzt JEE bereits in frühen Entwicklungsphasen dSPACE HIL-Systeme ein, um dies zu gewährleisten und bereits auf der Entwicklungsebene eine möglichst hohe Effizienz zu erzielen.

Mehrstufige Steuerung

Die typische Struktur der Motorsteuerung (Abbildung 1) besteht aus einem Controller und einem Leistungsmodul. Mit diesem leistungsfähigen System werden zum einen Algorithmen berechnet, zum anderen werden Steuersignale in eine dreiphasige Hochspannung gewandelt, um den Elektromotor anzutreiben. Das vom Motor erzeugte Drehmoment wird auf den Antriebsstrang übertragen.

Absicherungssystem und Konzept

Für die Absicherung des Motorsteuergeräts stellte dSPACE JEE ein maßgeschneidertes HIL-Simulationssystem bereit, das für eine Simulation auf Signalebene ausgelegt ist. Dies bedeutet, dass der eigentliche Controller des Steuergeräts unter Umgehung der Leistungsstufen mit dem HIL-Simulator verbunden ist und nur die entsprechenden

Signale eingespeist werden. Der Vorteil dieses Prozesses besteht darin, dass der Controller vollständig abgesichert werden kann, ohne dass die realen Ströme und Spannungen unter Laborbedingungen herzustellen sind. Dies ist nicht nur kosten- und ressourceneffizient, sondern auch für die Arbeitssicherheit besonders vorteilhaft, da in der Versuchsphase mögliche Risiken durch für Menschen potentiell gefährliche Spannung und Leistung vermieden werden können.

Modelle des HIL-Simulators

In diesem HIL-System stellt sich die Topologie des Modellteils wie folgt dar: Das Simulationsmodell beinhaltet Wechselrichtermodell, Motormodell, Batteriemodell und das mechanische Modell (Abbildung 2). Die hohe Dynamik sowie die Regeleigenschaften von Umrichter- und Motormodell >>

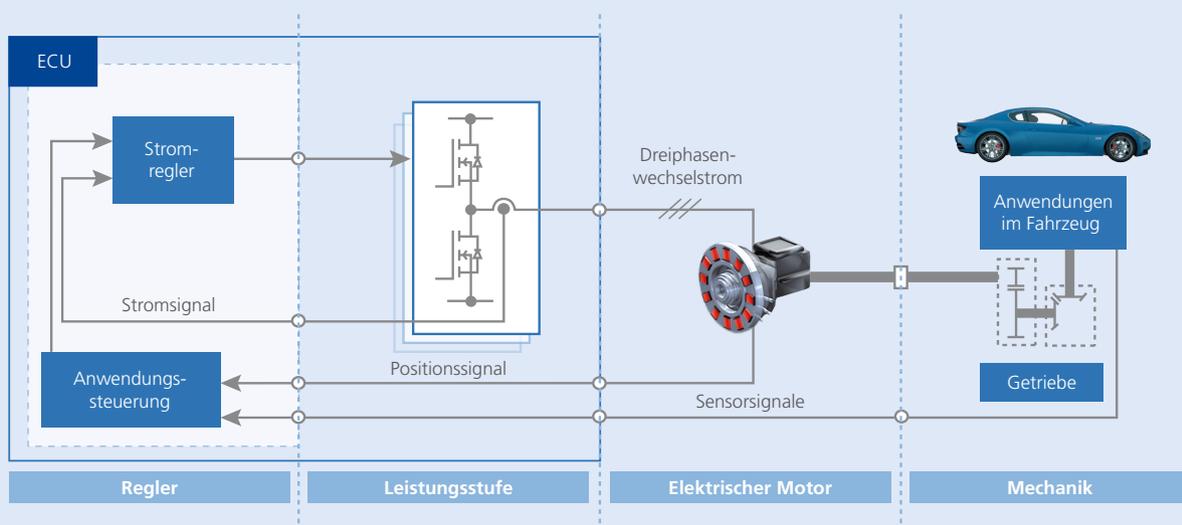


Abbildung 1: Struktur der Motorsteuerung.

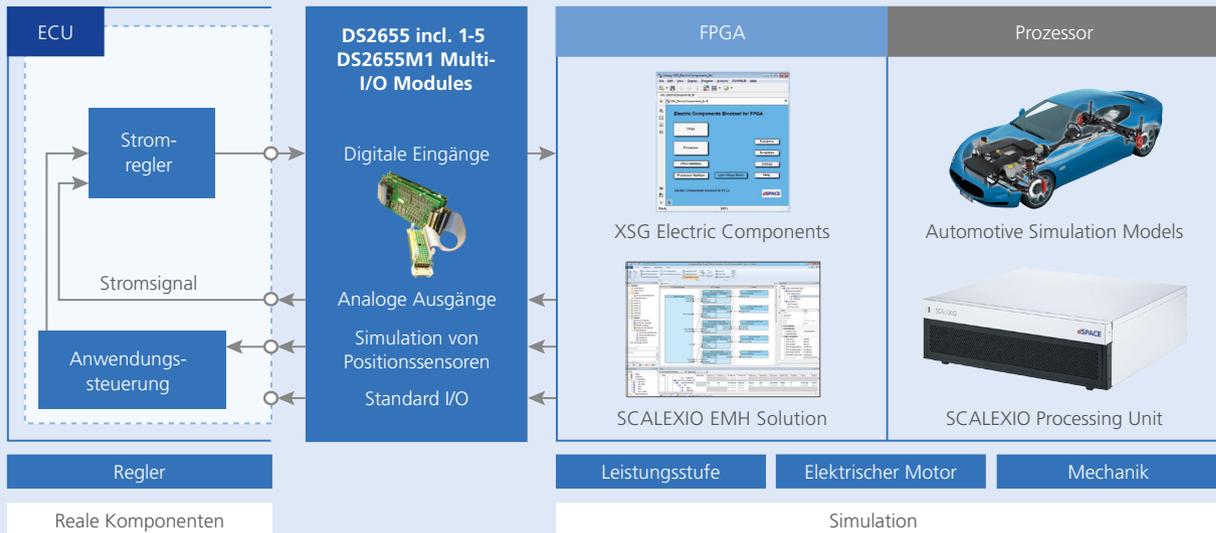


Abbildung 2: Struktur des HIL-Modells.

setzen dabei hohe Simulations- und Berechnungsgeschwindigkeiten voraus. Um diese Anforderung zu erfüllen, müssen Simulationsalgorithmen über FPGA (Field Programmable Gate Array)-Chips implementiert werden. Der Aufbau der JEE-Simulation ist daher entsprechend aufgeteilt (Abbildung 3) verdeutlicht: Der FPGA-Teil enthält Modelle, die eine schnelle Berechnung erfordern – Wechselrichter, Motoren und Resolver –, während der Hauptprozessorteil die weniger

zeitkritischen Modelle enthält, wie beispielsweise das Lastmodell.

Offene Modelle erleichtern Adaption

Eine zentrale Rolle spielen auch die eingesetzten Software-Modelle der XSG Electric Components Library und der ASM Electric Components von dSPACE. JEE greift auf diese offenen Modellbibliotheken von dSPACE zurück, die neben kompletten Fahrzeugen unter anderem auch Asynchronmotoren und

Regler abbilden, sowie auf die XSG Electric Components Library, mit denen Kunden in Verbindung mit dSPACE Engineering-Dienstleistungen neue Modelle entwickeln können. JEE überarbeitet das vorhandene Asynchronmotormodell, um daraus die Steuerung für einen Asynchronmotor zu entwickeln. Durch die Modifikation ließen sich auch Messungen durchführen, die für den Erfolg des Gesamtprojektes von entscheidender Bedeutung waren, da entsprechende Tests

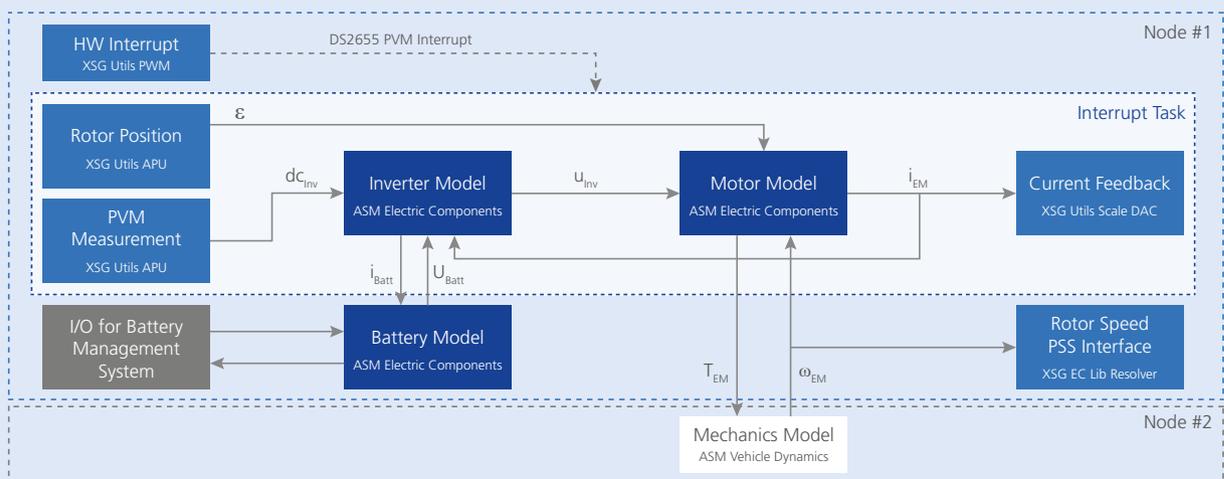


Abbildung 3: Topologie des Modells.

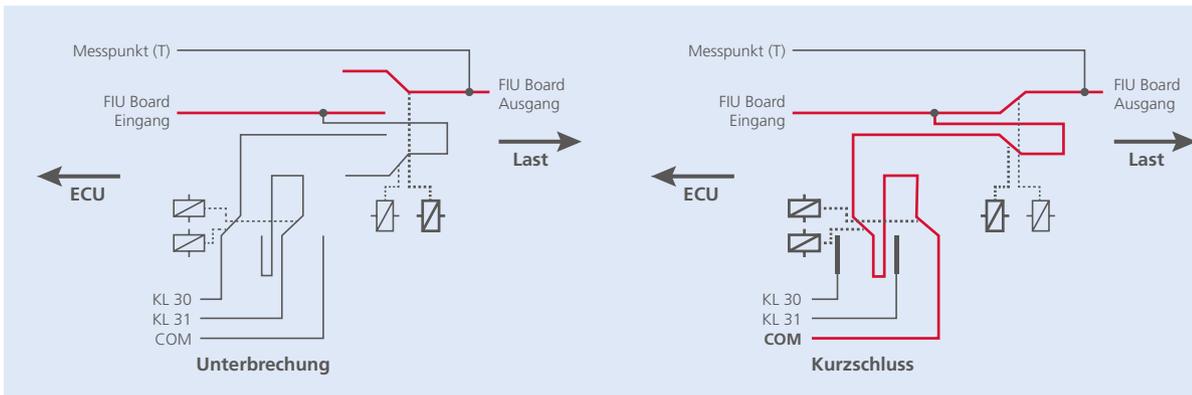


Abbildung 4: Diagramm der Fehlerinjektionseinheit (FIU).

„Durch den frühzeitigen Einsatz der dSPACE HIL-Systeme konnten sowohl die Effizienz des gesamten Entwicklungsprozesses als auch die Arbeitssicherheit entscheidend erhöht werden.“

Ci Zhang, JEE

auf einem realen Prüfstand als alternativer Ansatz mit erheblichen Herausforderungen verbunden gewesen wären.

Funktionale Sicherheit

Beim Entwickeln und Testen der funktionalen Sicherheit der Motorsteuerung wird das HIL-Testsystem zur Simulation verschiedener Fehler eingesetzt, um die Regelstrategien der Fehlerdiagnose und Fehlerbehandlung in der Steuerung zu testen. Die Fehlerdiagnoseeinheit der FIU (Fault Injection Unit) im dSPACE HIL-System wird hauptsächlich für den Steuergeräte-Kabelbaum verwendet, um mögliche Fehler des Kabelbaums zu testen, zum Beispiel Kurzschluss an Masse oder Potential bzw. zwischen den Pins sowie Spannungsausfall. Diese Aufgabe übernimmt der Host-PC, der die entsprechenden Hardware-Module über eine RS232-Schnittstelle steuert. Die Fault Injection Units der dSPACE HIL-Systeme ermöglichen JEE die komfortable Umsetzung sicherheitsrelevanter Funktionstests und Fehlereinspeisungen (Abbildung 4). Durch die flexible Restbussimulation in Echtzeit kann dies auch bei noch unvollständigen Systemen erfolgen. Darüber hinaus können die Testfälle reproduziert und der Entwicklungszyklus verkürzt werden.

Testautomation

Ein wichtiger Bestandteil von HIL-Tests ist die Testautomatisierung. Diese konzentriert sich auf die Durchführung von automatisierten, wiederholbaren Tests und Inbetriebnahmen anhand vordefinierter Automatisierungsabläufe. Unter der Federführung von dSPACE Ingenieuren und mit Hilfe der Python-API-Bibliothek in dSPACE ControlDesk können Testfälle programmiert werden, um komplexere Testroutinen durchzuführen. JEE baute die HIL-Testautomatisierungsplattform und erstellte eine HIL-Testfalldatenbank für verschiedene Projekte, was die Entwicklungseffizienz

und Wiederverwendbarkeit von Testfällen erheblich verbesserte.

Resultate

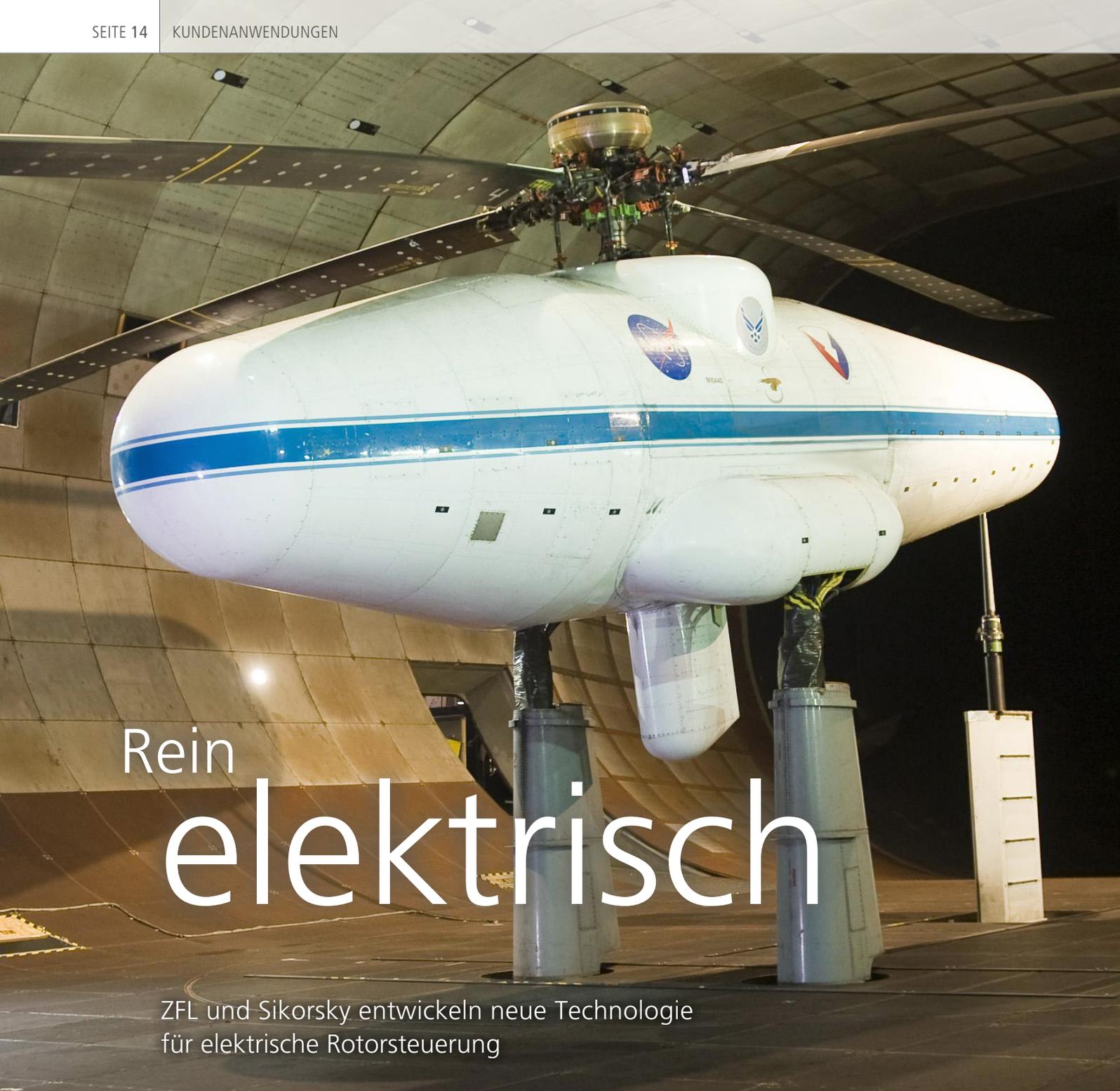
Durch den umfangreichen Einsatz der dSPACE HIL-Systeme von den frühen Entwicklungsabschnitten bis zur Testphase wurde das Motorsteuerungsprojekt von JEE erheblich beschleunigt. Neben einer effizienten Erhöhung des technischen Reifegrads wurden die Einsatzzeiten am realen Prüfstand verringert. Somit ermöglichte das HIL-System eine verbesserte Arbeitssicherheit bei einer gleichzeitigen Reduzierung der notwendigen Ressourcen. ■

Ci Zhang
Ci Zhang ist R&D Supervisor bei JEE in Hefei, China.



Ying Jiang
Ying Jiang ist Senior System Engineer bei JEE in Hefei, China.





Rein elektrisch

ZFL und Sikorsky entwickeln neue Technologie
für elektrische Rotorsteuerung

ZF Luftfahrttechnik (ZFL) und Sikorsky arbeiten an einem neuen elektrischen Rotorsteuerungssystem (LIBRAS™), das primäre Flugsteuerung und individuelle Blattsteuerung zur Vibrations- und Lärmreduzierung, Energieeinsparung und Leistungsverbesserung für Hubschrauber vereint. Dabei wird ein dSPACE System eingesetzt, um die Sensordaten des Rotorkopfes auszulesen, zu verarbeiten und das System so zu steuern, dass es bei der Identifizierung und Optimierung von Regelfunktionen hilft.

Der ca. 25 x 12 m große Testbereich des National Full-Scale Aerodynamic Complex (NFAC), wo der Windkanaltest stattfinden wird.



Im Jahr 1939 fand der erste erfolgreiche Hubschrauberflug statt.

Dieser Hubschrauber namens VS-300 wurde von dem Flugpionier Igor Sikorsky konzipiert; er verfügte über ein Triebwerk und einen Dreiblattrotor mit variablem Anstellwinkel, um den Luftstrom zu lenken und es dem Hubschrauber so zu ermöglichen, senkrecht in die Luft zu steigen und zu fliegen. Seither hat sich an der Grundkonstruktion des klassischen Hubschraubers nicht viel verändert. Hubschrauber sind nach wie vor auf Blattrotoren angewiesen, um zu starten, zu landen, zu schweben und vorwärts und rückwärts zu fliegen; und sie verfügen über Verbrennungsmotoren als Antrieb. Als die Hubschrauber immer größer und schwerer wurden, integrierten die Ingenieure hydraulische Steuersysteme, um die Piloten beim Kontrollieren der Flugbewegungen zu unterstützen. Heutzutage, in der Ära der zunehmenden Elektrifizierung, ist der Hubschrauber aber bereit für grundlegende Veränderungen.

Von hydraulischen zu elektrischen Lösungen

Derzeitige Hubschrauber-Steuerungen nutzen immer noch hydraulische Servomotoren zum Bewegen der aerodynamischen Flächen, allerdings rücken elektrische Lösungen immer mehr in den Fokus. Doch bevor ein vollelektrischer Hubschrauber möglich wird, muss sichergestellt sein, dass hydraulische Komponenten effektiv durch elektrische Systeme ersetzt werden können. Der internationale Zulieferer für Helikopterkomponenten ZF Luftfahrttechnik (ZFL) und der Flugzeughersteller Sikorsky (ein Unternehmen der Lockheed-Martin-Gruppe) sehen hier Potential und arbeiten mit Unterstützung der deutschen und der US-Regierung gemeinsam an der Entwicklung einer neuen Rotorsteuerungstechnologie auf Basis einer rein elektrischen Blattsteuerung für ein Hochgeschwindigkeitsrotorsystem. Das eLectrical Blade

Root Actuation System (LIBRAS™) soll die hydraulischen Komponenten ersetzen, die derzeit für die Flugsteuerung zum Einsatz kommen. Und das System könnte noch weitere Vorteile mit sich bringen. „Das neue Einzelblattsteuerungssystem (Individual Blade Control, IBC), das wir in diesem Programm entwerfen und testen, ist eine innovative Methode zur Steuerung eines Hubschraubers und kann viele Vorteile bieten, da es jedes Rotorblatt über einen eigenen elektrischen Antrieb individuell steuert“, sagt Chris Sutton, Flight Sciences Technology Lead bei Sikorsky. „Zu diesen Vorteilen gehören geringere Lärmemission, verbesserte Treibstoffeffizienz und weniger Vibrationen, die für den Piloten und die Passagiere ermüdend und störend sind und zum Verschleiß von Komponenten führen.“

Blattverstellung steuern – auf die herkömmliche Art

Bei einer traditionellen Hubschrauberkonstruktion bestimmt der Anstellwinkel der Rotorblätter die Art und Weise, wie der Hubschrauber abhebt und fliegt. Alle Änderungen der Flugeschwindigkeit sowie von Steig- und Sinkmanövern werden durch diesen Anstellwinkel reguliert. Je größer der Winkel, desto stärker der Luftstrom. Die Blattverstellung wird mechanisch durch eine Taumelscheibe gesteuert, die mit dem Flugsteuerungssystem des Hubschraubers verbunden ist (Abbildung 1). Das Flugsteuerungssystem sendet zu diesem Zweck Befehle an hydraulische Servos, die dann die Bewegung der Taumelscheibe steuern, und so den Anstellwinkel der Rotorblätter über Blattverstellstangen einstellen. Obwohl die Taumelscheibe dem Piloten die Möglichkeit gibt, den Hubschrauber in jede Richtung zu bewegen, führt ihre Konstruktionsweise trotzdem zu kinematischen Einschränkungen. Denn die Taumelscheibe ist in einem nicht rotierenden festen Rahmen installiert, wodurch die Verstellung der Rotorblätter im

>>



Abbildung 1: Rotorkopf des Sikorsky S-92 mit traditionellem Steuerungssystem. Die Hydraulikservos (nicht sichtbar) befinden sich unterhalb der Taumelscheibe.

Zyklus der Rotorumdrehung erfolgt, was alles andere als optimal ist. ZFL und Sikorsky wollen mit der Individual-Blade-Control (IBC)-Technologie die Rotorkonstruktion optimieren und effizienter gestalten. Bei der IBC-Technologie besitzt jedes Blatt einen eigenen Aktor, was sowohl die in einem einzigen System kombinierte Primärsteuerung mit der Frequenz der Rotorumdrehung ermöglicht als auch höherfrequente (in der Regel harmonische) Änderungen der Blattverstellung. „Mit dem IBC-System lässt sich, in Kombination mit der Fähigkeit, jedes Blatt individuell zu steuern, auch das realisieren, was wir Oberwellensteuerung nennen“, erklärt Sutton. „Herkömmliche Steuerungssysteme können nur stetige Steuereingaben einmal pro Umdrehung an den Rotorkopf übertragen. Das bedeutet, dass sich jedes Rotorblatt bei jeder Umdrehung einmal auf und ab bewegt. Mit einer Oberwellensteuerung kann dies zweier oder mehrmals während einer Umdrehung geschehen. Die Oberwellensteuerung und die individuelle Blattsteuerung reduzieren zum Beispiel

die Vibrationen und verbessern die Effizienz, wenn man weiß, wie man sie anwenden muss.“

Individual Blade Control (IBC)

Seit vielen Jahren leistet ZFL mit dem IBC-Konzept Pionierarbeit. Tatsächlich wurden während verschiedener Windkanal- und Flugtests mehrere Systeme entwickelt und erfolgreich demonstriert. Bei Flugversuchen mit IBC-Technologie an Bord konnten die Vibrationen um bis zu 90 % reduziert, die Lärmemissionen um 3 bis 9 dB gedämpft und der Leistungsbedarf des Rotors konsequent um mehr als 5 % gesenkt werden. Darüber hinaus stabilisieren solche aktiven Systeme den Rotorweg während des Fluges und kompensieren das Ungleichgewicht von Blatt zu Blatt. Zudem eröffnen die Systeme inhärente Rekonfigurationsmöglichkeiten zur Vermeidung von gefährlichen Fremdkörperschäden (FOD). ZFL entwickelt neuartige Rotorsteuerungssysteme, die auf mehrfach redundanten elektromechanischen Hochleistungsaktoren basieren. Bei der Architektur dieses Systems werden

nicht nur alle hydraulischen Elemente ersetzt (keine Blattverstellstangen, keine Taumelscheibe, keine hydraulischen Verstärker), sondern es fallen auch alle mechanischen Steuerstangen vom Rumpf bis zu den Rotorblättern weg (Abbildung 2). Wird die Taumelscheibe entfernt, kann ein IBC-System die volle Funktionalität erreichen und so die oben genannten Vorteile (Vibrations- und Geräuschreduzierung, Energieeinsparung und Leistungssteigerung) erzielen. Durch den Verzicht auf ein Hydrauliksystem ergibt sich außerdem ein zusätzlicher Vorteil in puncto Sicherheit, denn es befindet sich damit dann auch kein heißes, unter Druck stehendes und entflammendes Hydrauliköl mehr an Bord.

Anpassung an die Leistung hydraulischer Aktoren

Die IBC-Technologie und ihre elektrischen Pendanten bieten viele Vorteile, allerdings ist der Aufwand, die gleiche Leistungsdichte wie mit hydraulischen Aktoren zu realisieren, deutlich höher. Damit das Gewicht des Systems konkurrenzfähig wird, muss eine völlig neue Steuerungstopologie zum Einsatz kommen. Insbesondere müssen die Primärsteuerung und die IBC-Funktionen in einem einzigen System kombiniert werden. Eine solche Konstruktion könnte die gleiche Zuverlässigkeit bieten, die für das primäre Regelsystem erforderlich ist, und damit den Einsatz für sicherheitskritische aktive Regelanwendungen ermöglichen, wie zum Beispiel die Unterdrückung von Bodenresonanzen. Darüber hinaus ist es denkbar, dass der Ausfall eines einzelnen Blattes (sei es der Aktor für die Blattverstellung oder das Blatt selbst) durch eine geeignete Anpassung der Steuerung der übrigen

„Das dSPACE System spielt eine zentrale Rolle dabei, die Zielvorgaben für unser elektrisches Rotorsteuerungssystem zu erreichen.“

Chris Sutton, Flight Sciences Technology Lead, Sikorsky

Blätter kompensiert werden kann. Laut Sutton stützen entsprechende Simulationen dieses Konzept, allerdings stehen Tests mit Hardware in einer geeigneten Umgebung noch aus.

Validierung des Konzepts

Um die Durchführbarkeit des IBC-Konstruktionskonzepts zu validieren, haben Sikorsky und ZFL einen Demo-Aufbau entworfen, bei dem Hardware in Originalgröße unter realistischen Bedingungen getestet wird. Sikorsky hat alle relevanten High-Level-Systemanforderungen für die mechanische und primäre Steuerleistung, die Betriebslasten, die elektrischen Schnittstellen und die IBC-Leistung definiert. In verschiedenen Simulationen wurde der erforderliche IBC-Einfluss bei den jeweiligen höheren harmonischen Frequenzen bestimmt. Es besteht Grund zu der Annahme, dass sich die IBC-Technologie nicht nur für etablierte Anwendungen wie Vibrations- und Geräuschreduzierung eignet, sondern auch für innovative Möglichkeiten in Bezug auf die Eigenschaften des koaxialen starren Rotors wie die Optimierung des Hubversatzes oder kleinere Zwischenrotorabstände.

Systemarchitektur

Auf Grundlage der identifizierten Systemanforderungen hat ZFL ein Systemkonzept entworfen und mit Sikorsky abgestimmt. Die High-Level-Systemarchitektur besitzt eine LIBRAS™ Rotornabe (Abbildung 3). Diese enthält die elektromechanischen Aktoren (EMAs) sowie die Leistungs- und Steuerelektronik, die sogenannte Actuator Power Control Unit (APCU). Die meisten ZFL-Komponenten befinden sich im rotierenden Rahmen und sind in der Systemarchitektur in Rot, Grün und Blau dargestellt (Abbildung 4). Die Hardware- und Software-Komponenten für die Steuerungs- und Versorgungsfunktionen befinden sich hauptsächlich im nicht rotierenden Rahmen (in Blau). Die übergreifende dreifach-redundante

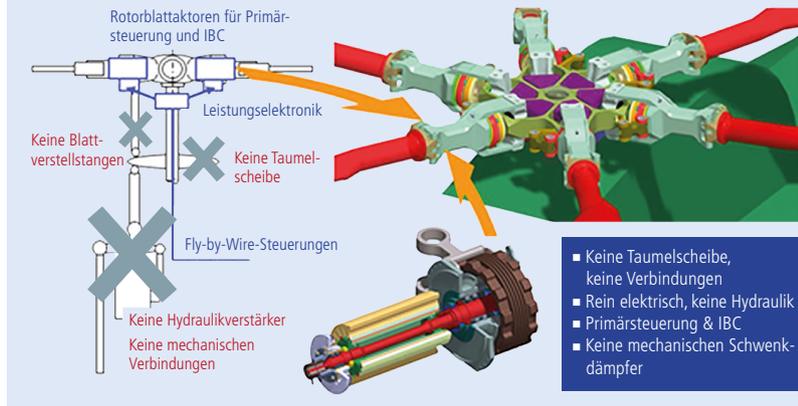


Abbildung 2: Ansatz für ein elektrisches Rotorsteuerungssystem ohne Taumelscheibe.

Architektur ist leicht zu erkennen (abgebildet in Rot, Blau und Grün, eine Farbe für jede Einheit des dreifach-redundanten Systems) und reicht von der Stromversorgung bis zum elektromechanischen Aktor und seinen Sensoren. Die Hauptkomponenten der Systemarchitektur sind nachfolgend zusammengefasst:

Rotierende Rahmenkomponenten:

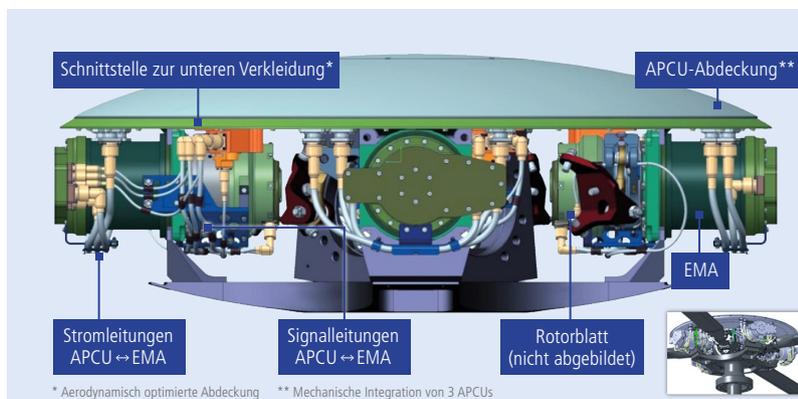
- 4x elektromechanische Aktoren (EMA)
- 3x Actuator Power Control Unit (APCU) (zur Verarbeitung der eingehenden Befehle, zur Steuerung der Leistungselektronik, zur Lageregelung der Stellantriebe und zum Überwachen der Grenzwerte [Ströme, Drehmomente, Temperaturen usw.]

- 3x Rotor-Azimuthsensoren (erforderlich für eine zuverlässige Referenz der Ist-Rotorposition)
- Datenerfassungssysteme (DAS) zum Empfangen von Sensorsignalen und Überwachen der Blattlasten und anderer sicherheitsrelevanter Flugparameter

Nicht drehende Rahmenkomponenten:

- 1x Flugsteuerungsrechner (FCC) bestehend aus:
 - Pilot Control Console (stellt primäre Eingaben für die Steuerung bereit)
 - Higher Harmonic Controller (ein dSPACE System das geeignete Amplituden- und Phasenwerte für die Oberwellen- und/oder blattindividuellen Komponenten auf >>

Abbildung 3: Ein CAD-Modell der Rotorkonstruktion von LIBRAS™.



* Aerodynamisch optimierte Abdeckung ** Mechanische Integration von 3 APCUs

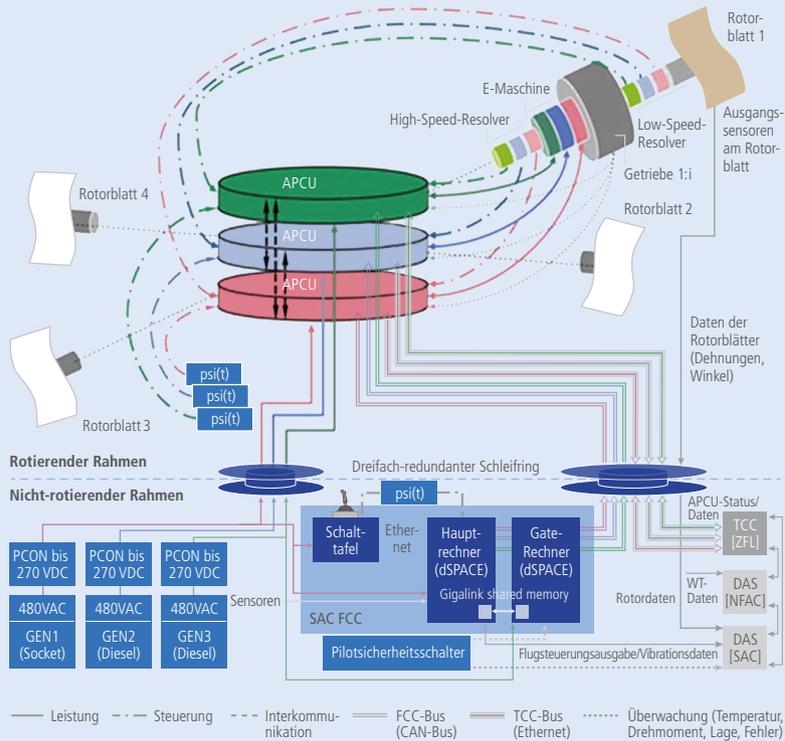


Abbildung 4: High-Level-Systemarchitektur und Aufbau der Steuerungs-Überwachungs-peripherie.

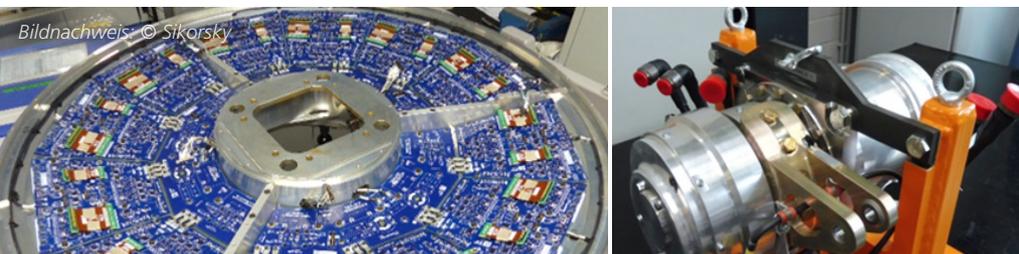
Basis eingeegebener Voreinstellungen synthetisiert oder aus Echtzeit-Sensorsignalen berechnet)

- Gate Verification System (ein dSPACE System, das Pilot- und HHC-Steuerungseingaben anhand eines Regelbereichs und einer Hüllkurve überwacht, um ungültige oder außerhalb des Bereichs liegende Befehle zu verhindern)
- 1x Teststeuerungsrechner (TCC)
- 3x Stromversorgung
- Datenerfassungssysteme

Zur Testplattform von Sikorsky und ZFL gehört auch ein ausgereiftes

Regelungssystem. Für die Testplattform wurden die Rotornabe und das Rotorblattdesign fertiggestellt und zusammen mit den Aktoren, der Leistungselektronik und den Stromrichtern hergestellt. Die Rotornabe und die Rotorblätter wurden mit anderen Systemkomponenten integriert, was zu einem sehr ausgeklügelten Design sowohl der mechanischen als auch der elektronischen Teile geführt hat. Abbildung 5 zeigt die kundenspezifische Leistungs- und Steuerelektronik-Hardware (APCU), die zur Kühlung und für geringen Luftwiderstand in eine Rotorverkleidung

Abbildung 5: Montage der Leistungselektronik auf der Aluminiumverkleidung (links) und der elektromechanische Aktor (rechts).



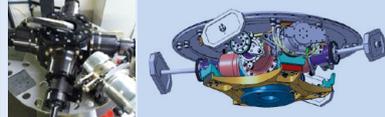
eingebaut ist, sowie den kundenspezifischen, hochgradig integrierten, hochgradig zuverlässigen und hochleistungsstarken Rotoraktor (EMA).

Simulation und Test

Um den mechanischen Aufbau und die Leistungsfähigkeit der elektromechanischen Aktoren und Software-Funktionen zu verifizieren, führen Sikorsky und ZFL Simulationen und Tests auf Komponentenebene, Teilsystemebene und Systemebene durch. Außerdem werden verschiedene Software-Tests innerhalb einer hochautomatisierten Testumgebung durchgeführt, um die Anforderungen auf Grundlage des DO-178-Standards zu verifizieren. Dazu gehören zum Beispiel komplexe Sensordatenverarbeitung, Lageregelung, Querkommunikation, Abstimmungen und Fehlerbehebungs-funktionen der Software der Antriebssteuer-einheit. Zusätzlich wurden thermische Simulationen durchgeführt, um die Wärmeverteilung unter verschiedenen Betriebsbedingungen zu validieren.

Funktionen des dSPACE Systems

ZFL und Sikorsky setzen bei dieser Forschungsarbeit dSPACE Systeme für eine Vielzahl von Anwendungen ein. So erfolgt beispielsweise die Steuerung und Überwachung aller Prüfstände für Komponenten- und Teilsystemtests bei ZFL mit dSPACE Systemen. Auf Seiten von Sikorsky kommt ein dSPACE System zum Einsatz, das über vier DS1005 PPC Boards für die Verarbeitung und Berechnung von Echtzeitanwendungen verfügt, außerdem ein DS2202 HIL I/O Board für die Simulation und Messung von Signalen, ein DS4002 Timing and Digital I/O Board für die Erzeugung und Erfassung digitaler Signale sowie ein DS2302 Direct Digital Synthesis Board für die Simulation komplexer Sensorsignalförmigkeiten. Der dSPACE Controller empfängt Daten von Sensoren wie beispielsweise Beschleunigungssensoren und Dehnungsmess-

Komponentenebene (vollständig)	Teilsystemebene (steht kurz vor dem Abschluss)	Systemebene (gestartet)
<ul style="list-style-type: none"> ■ Netzteil ■ Power Control Unit Converter ■ Aktor-Steuergerät (erster Hardware-Test) ■ Aktor-Steuergerät (Software-Modultest) ■ Elektromotor 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Elektromechanischer Aktor ■ Aktor-Steuergerät: Hardware-Software-Integrations-test ■ Actuator Power Control Unit: Funktionaler Integrationstest 	<ul style="list-style-type: none"> ■ LIBRAS-System (nicht rotierend) ■ LIBRAS-System (rotierend) ■ Mit Rotorblattsimulator
		

Bildnachweis: © Sikorsky

Abbildung 6: Qualifikationstests: Komponenten-, Teilsystem- und Systemebene.

streifen am Rotor, verarbeitet die Daten und nutzt diese Informationen dann in einem Regelalgorithmus, um optimierte Regeleingaben zu identifizieren. Das dSPACE System schlägt Amplituden, Oberwellenphasen und Rotorblätterbefehle vor, um relevante Größen wie Vibrationen, Blattlasten oder den Leistungsbedarf anzupassen. Die Befehle für die Vorsteuerungen sowie die höherharmonischen und blattindividuellen Steuerungen werden dann digital gepackt und als Triplex-Stream vom dSPACE Rechner an das ZFL-IBC-System am Rotorkopf gesendet. „Das dSPACE System ist von zentraler Bedeutung, um die anvisierten Ziele zu erreichen“, sagt Sutton.

Ausblick und zukünftige Tests

Nach Abschluss der meisten Qualifikationstests bei ZFL in Deutschland wird im Jahr 2020 ein vollständiges System an Sikorsky in den USA geliefert, um mit den Vorbereitungen für die System-Integration-Lab Tests bei Sikorsky zu beginnen. Hauptziele der Tests:

1. Verifizieren des Testaufbaus und der mechanischen Integration des LIBRAS-IBC-Systems
2. Verifizieren des Sikorsky-Flugsteuerungsrechners (worin das dSPACE System eine Hauptkomponente ist) im vollintegrierten System

3. Validieren des LIBRAS-Systembetriebs über einen Bereich von Rotordrehzahlen und Steuerbewegungen hinweg
4. Nachweisen der Robustheit der Triplex-Systemarchitektur gegenüber eingespeisten Fehlern
5. Erfüllen der Anforderungen der Eingangskriterien für die Windkanalanlage (Dauerlauf-, Vibrations- und Übergeschwindigkeits-tests)

Nach Abschluss dieser Tests finden Windkanaltests statt, um die primäre Flugsteuerung zu demonstrieren, den Nutzen der IBC-Technologie zu quantifizieren und die IBC-Konstruktion und ihre Herausforderungen bei der Implementierung zu bewerten. Während der Windkanaltests verpackt das dSPACE System Befehle und sendet sie zusammen mit Vorsteuerungen an einen menschlichen Piloten, der das Modell mit einem Joystick von einem an den Windkanal angrenzenden Kontrollraum aus steuert. Sobald die Befehle implementiert sind, liest der Controller die Sensordaten, um die Veränderungen zu messen und wiederholt dann den Vorgang. „Im Windkanal werden wir unter verschiedensten Bedingungen unterschiedliche Fluggeschwindigkeiten testen, um festzustellen, wie das IBC-System

die Parameter beeinflussen kann, damit zukünftige Hubschrauberplattformen davon profitieren“, so Sutton. „Wenn die System-Integration-Lab- und Windkanaltests günstig verlaufen, werden wir Folgeversuche durchführen. Dies ist der nächste logische Schritt nach einem Windkanaltest in unserer Technologieentwicklung.“ Am Ende wollen Sikorsky und ZFL die Machbarkeit eines rein elektrischen, „taumelscheibenlosen“ Steuerungssystems demonstrieren, das sowohl Primär- als auch IBC-Funktionen vereint. ■

Chris Sutton, Sikorsky

Chris Sutton

Chris Sutton leitet den Bereich der flugwissenschaftlichen Technologien in der Engineering Sciences Group bei Sikorsky, einer Lockheed Martin Company in Stratford, Connecticut, USA.



Elektrisch und vielfältig

Great Wall Motors: Elektro- und Hybridfahrzeuge entwickelt mit dSPACE TargetLink

Schon seit über zehn Jahren setzt Great Wall Motors (GWM) einen seiner Entwicklungsschwerpunkte auf neue Antriebstechnologien und betreibt Entwicklungs- und Testeinrichtungen für Elektro- und Hybridfahrzeuge. Im Portfolio der GWM-Marken befinden sich heute entsprechende innovative Serienfahrzeuge wie der Plug-in-Hybrid Wey P8 sowie das Elektroauto Ora R1. Für deren Entwicklung kam auch der Seriercode-Generator dSPACE TargetLink zusammen mit weiteren Tools aus dem TargetLink Ecosystem zum Einsatz.





Bildnachweis: © Great Wall Motors

Elektrische und Hybridfahrzeuge sowie deren Ladeinfrastruktur haben zahlreiche sicherheitskritische Funktionalitäten, die gemäß den Sicherheitsanforderungen entwickelt und vor dem Serieneinsatz abgesichert werden müssen. Zu den sicherheitskritischen Funktionalitäten gehören etwa das Batteriemanagement zum Verhindern von Überladen und Überhitzen, die Antriebsregelung zur Drehmomentkontrolle, das Bremsen und Rekuperieren, die Sicherheit der elektrifizierten Lenkungen und außerdem das Ladesäulenmanagement mit Spannungskontrolle. Zur Entwicklung und Absicherung der zugehörigen Steuergeräte-Software-Funktionen und des generierten Seriencodes setzen wir bei GWM eine ausgefeilte Tool-Umgebung ein, in der zahlreiche spezialisierte Werkzeuge ineinandergreifen.

Abgestimmte Tool-Umgebung

Bei Great Wall Motors wird der größte Teil der Software für Elektro- und

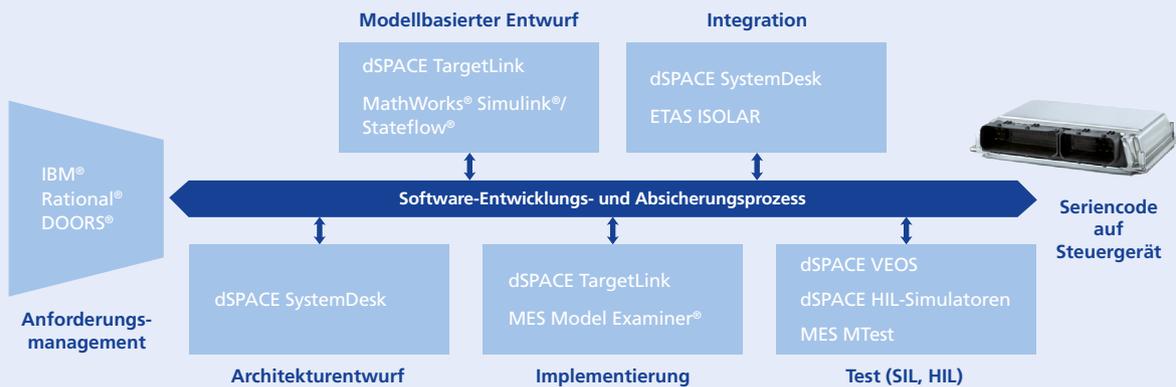
Hybridantriebe zentral entwickelt und dann in die jeweiligen Fahrzeuge der GWM-Marken integriert. Eine große Rolle spielt bei GWM die Arbeit in verteilten Teams, die üblicherweise bis zu 20 Mitarbeiter umfassen. Für das Management der komplexen Anforderungen nutzen wir IBM® Rational® DOORS®. Der Seriencode-Generator dSPACE TargetLink, der seit 2015 in der New-Energy-Sparte bei GWM verwendet wird, kam bereits in über zehn Serienprojekten erfolgreich zum Einsatz und hat sich auch bei der Arbeit in verteilten Teams bewährt. Ein spezielles Team für funktionale Sicherheit stellt übergreifend sicher, dass alle sicherheitsrelevanten Anforderungen erfüllt werden, wozu neben allgemeinen Standards und Normen auch GWM-spezifische Guidelines gehören. Basierend auf Simulink®/Stateflow® wird mittlerweile die Funktionsmodellierung direkt in TargetLink durchgeführt. Dabei nutzt GWM in TargetLink intensiv die AUTOSAR- und Simula-

tionsfunktionalitäten (MIL, SIL) sowie das TargetLink Data Dictionary. Wir haben auch das Architekturwerkzeug dSPACE SystemDesk eingeführt und nutzen es zur Modellierung unserer AUTOSAR-Architekturen und deren Integration. Mit SystemDesk können wir effiziente AUTOSAR-Roundtrips mit TargetLink durchführen. Zudem ist es eine ideale Basis, um für die aus SystemDesk generierten virtuellen Steuergeräte (V-ECUs) bereits frühe Tests mit der Simulationssoftware dSPACE VEOS durchzuführen, weit vor den HiL-Tests. Die Einhaltung der GWM-spezifischen Modellierungsrichtlinien werden mit dem MES Model Examiner® geprüft, während als Testmanagement-Tool für das anforderungsbasierte Testen der Simulink- und TargetLink-Modelle MES MTest eingesetzt wird. Nach der Software-Implementierung auf dem Steuergerät folgt die Absicherung durch Hardware-in-the-Loop (HiL)-Simulation auf dSPACE HiL-Simulatoren. >>

„An TargetLink begeistert hat uns von Anfang an die hohe Qualität und Effizienz des erzeugten Codes, seine sehr gute Lesbarkeit sowie die Tool-Stabilität im Dauerbetrieb und im Zusammenspiel mit den anderen Tools.“

Xuechen Zang, Great Wall Motors

Mit dSPACE TargetLink, Tools aus dem TargetLink Ecosystem und weiteren Tools sorgt GWM für die Entwicklung und Absicherung der Software für Elektro- und Hybridfahrzeuge.



Optimierter Seriencode

Wir haben die wichtigsten Seriencode-Generatoren evaluiert und uns nach unseren Benchmarks schließlich im März 2015 für dSPACE TargetLink entschieden, denn TargetLink hat sich als besonders leistungsfähig und optimal für unsere Anforderungen erwiesen. Seitdem ist TargetLink fester Bestandteil in unserem Entwicklungsprozess. Dank schneller Starthilfe durch unsere dSPACE Ansprechpartner konnten wir sehr schnell den entsprechenden Prozess aufsetzen und mit dem neuen Tool bereits nach kurzer Zeit produktiv arbeiten. Wir nutzen TargetLink heute für nahezu alle Bestandteile der Anwendungssoftware unserer Steuergeräte. Begeistert in der Entwicklungsarbeit hat uns von Anfang an die hohe Qualität und Effizienz des erzeugten Codes, seine sehr gute Lesbarkeit und die Stabilität von TargetLink im Dauer-

betrieb und Zusammenspiel mit den anderen Tools. Als sehr praktisch hat sich das TargetLink Data Dictionary erwiesen, das wir in sämtlichen Projekten verwenden. Mit dem TargetLink Data Dictionary verwalten wir zum Beispiel Schnittstellen-, Mess- und Kalibriervariablen und nutzen es außerdem für die Generierung von Variablenbeschreibungen im A2L-Format. Die TargetLink API ermöglicht es uns, begleitend selbst entwickelte Skripte einzusetzen, etwa zum Handling von Library-Funktionen und zur Ergänzung zusätzlicher Informationen bei der A2L-Generierung.

Abgesicherte Software im Serieneinsatz

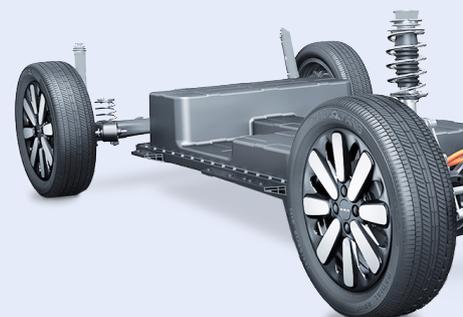
Unsere Serienfahrzeuge Wey P8, ein Plug-in-Hybrid mit Allradantrieb, sowie das besonders auf den Stadtverkehr abgestimmte Ende 2018 auf den

Markt gebrachte Elektroauto Ora R1 sind Beispiele für die mit der beschriebenen Tool-Umgebung entwickelte und abgesicherte Software im Serieneinsatz. Beim Wey P8 kommen neben der hybridantriebsbedingten Kraftstoffeffizienz und Emissionsreduktion insbesondere auch der Fahrspaß durch die Kombination des Allradantriebs mit alternativem Verbrennungs-/Elektroantrieb nicht zu kurz. Die Ora-Modelle nutzen alle eine gemeinsame intelligente „New-Energy-Plattform“ (Hardware/Software), aus der sich zahlreiche Modellvarianten ableiten lassen. Es ist die erste exklusive Plattform für Elektrofahrzeuge aus China.

Ausblick

Wir planen, zukünftig noch mehr Software inhouse zu entwickeln, weiterhin mit TargetLink und der be-

Fährt vollelektrisch:
Ora R1.

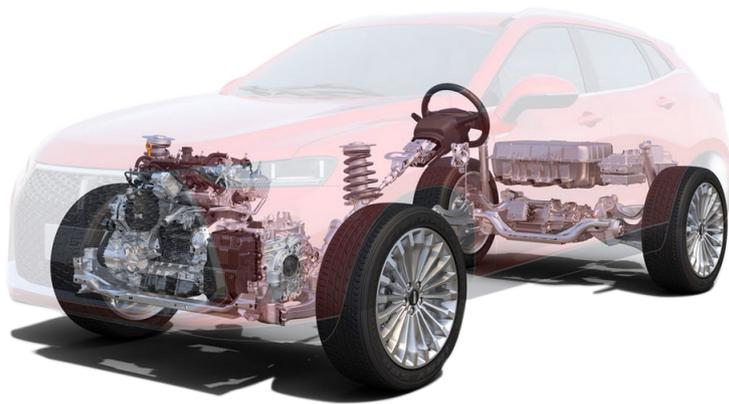


Der leistungsstarke Plug-in-Hybrid: Wey P8.



Bildnachweis: © Great Wall Motors

schriebenen Tool-Umgebung. Dabei werden AUTOSAR und die Entwicklung sicherheitskritischer Funktionalitäten zukünftig eine noch größere Rolle spielen. Genau dafür bietet TargetLink die richtigen Voraussetzungen wie direkte, native Unterstützung des AUTOSAR-Standards sowie die Zertifizierung für die Software-Entwicklung nach ISO 26262, ISO 25119 und IEC 61508. ■



Xuechen Zang, Hangdi Yao,
Great Wall Motors

„TargetLink erleichtert uns die Entwicklung sicherheitskritischer Systeme durch seine Zertifizierung für die Software-Entwicklung nach ISO 26262, ISO 25119 und IEC 61508.“

Hangdi Yao, Great Wall Motors



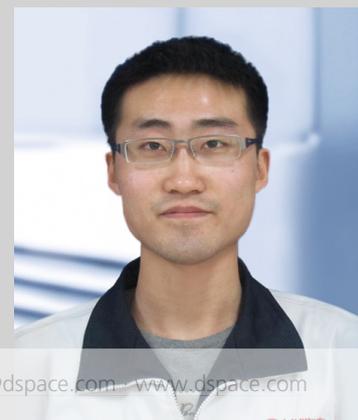
Xuechen Zang

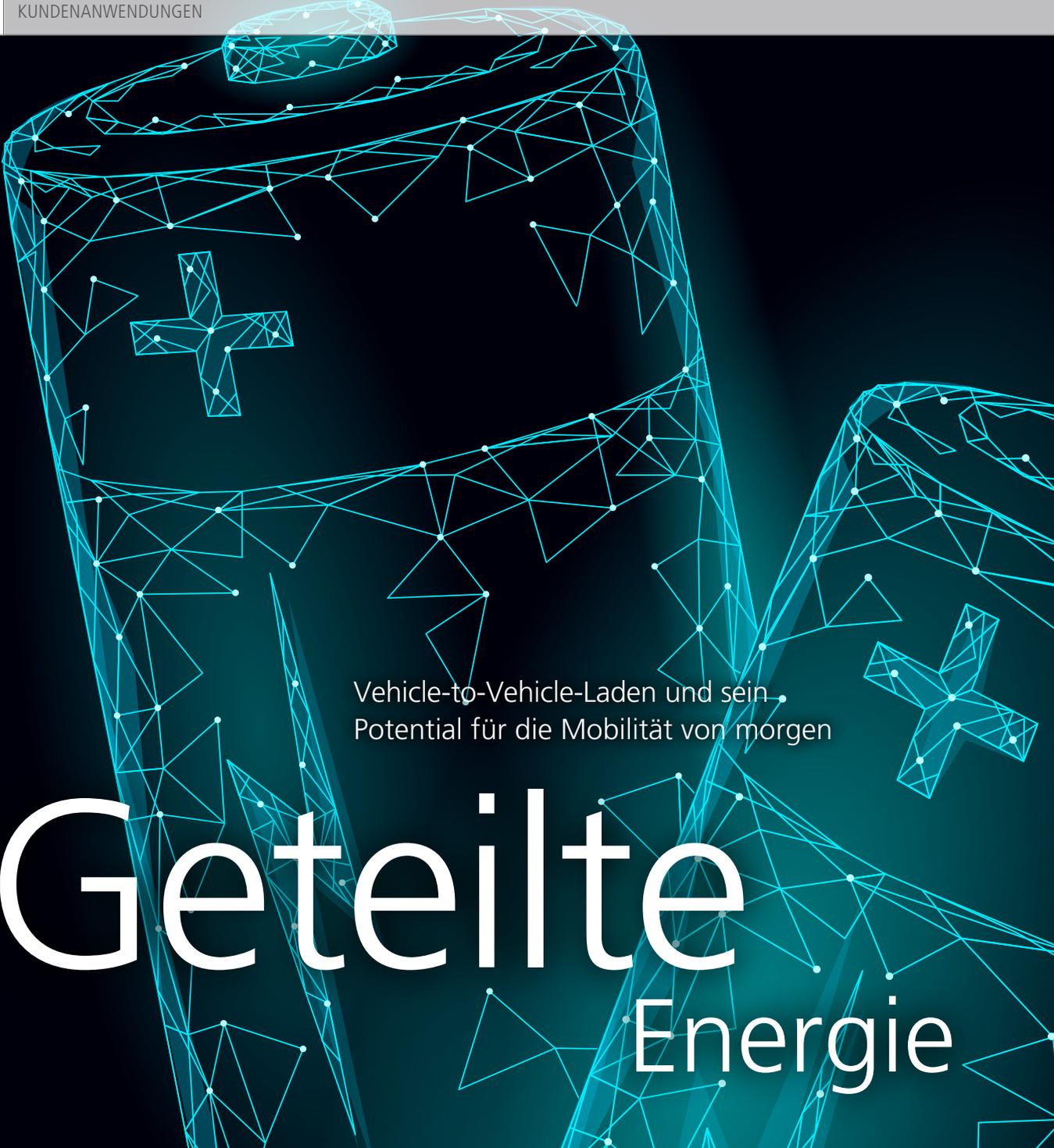
Xuechen Zang ist Software-Entwicklungsingenieur bei Great Wall Motors, China.



Hangdi Yao

Hangdi Yao ist Software-Entwicklungsingenieur bei Great Wall Motors, China.





Vehicle-to-Vehicle-Laden und sein
Potential für die Mobilität von morgen

Geteilte Energie

Forscher aus dem wissenschaftlichen und dem privaten Bereich haben sich zusammengeschlossen, um eine Lösung für ein schnelleres und effizienteres Laden von Elektrofahrzeugen zu finden. Ihre umfangreiche Studie zeigt, dass eine Vehicle-to-Vehicle (V2V)-Ladelösung eine sinnvolle Alternative sein kann, die zu einer schnelleren und breiteren Kundenakzeptanz von Elektroautos führen könnte. Um die Umsetzbarkeit der V2V-Ladelösung zu verifizieren, führte das Team umfangreiche Tests durch, bei denen eine MicroLabBox von dSPACE zum Einsatz kam.



Wenn es um das Laden von Elektrofahrzeugen geht, herrscht in einem Punkt Einigkeit: je schneller, desto besser. Allerdings wird die Verbreitung schnellerer Ladeprozesse durch verschiedene Faktoren ausgebremst, darunter etwa die Verfügbarkeit öffentlicher Ladestationen, begrenzte Netzkapazitäten und unterschiedliche Ladegeschwindigkeiten. Forscher der University of Alabama, der Virginia Commonwealth University und der University of Akron haben sich zusammengetan, um sich gemeinsam dieser Herausforderung zu stellen. Dazu gehört auch eine Partnerschaft mit Andromeda Power, LLC, einem in Kalifornien ansässigen Unternehmen, das Ladegeräte für Elektrofahrzeuge herstellt.

Die Idee: Ein V2V-Ladeverbundnetz

Netzbasierte AC- und DC-Schnellladesysteme zählen heute zu den bekanntesten Ladelösungen für Elektroautos. Das Forscherteam schlägt jedoch eine Vehicle-to-Vehicle (V2V)-Ladelösung vor. Die Idee dahinter: Der Strom wird zwischen den Elektrofahrzeugen mit Hilfe eines bidirektionalen DC/DC-Wandlers übertragen, was effizienter ist als die herkömmliche AC/DC-Leistungswandlung. Laut Dr. Kisacikoglu, Dozent für Elektro- und Computertechnik an der University of Alabama und Initiator des Projekts, laden die meisten Besitzer ihre Elektrofahrzeuge über Nacht zuhause auf, verbrauchen im Laufe des Tages aber im Schnitt nur den Strom für eine Strecke von ca. 40-50 km. Die in der Batterie verbleibende ungenutzte Energie könnte anderen Elektroautobesitzern zum Kauf angeboten werden. Über ein V2V-Ladeverbundnetz könnten sich Fahrzeugbesitzer mit ungenutzter elektrischer Energie an Bord ihres Elektroautos theoretisch mit Besitzern verbinden, die eine Aufladung mit vergleichbaren Übertragungsraten wie bei Ladestationen benötigen. „Diese Lösung könnte nicht nur den Besitzern von Elektrofahrzeugen, sondern auch

Städten, Gemeinden und dem Versorgungsnetz zugutekommen – insbesondere in Spitzenlastzeiten“, so Dr. Kisacikoglu. „Ein Ladeverbundnetz könnte eine bequemere und flexiblere Möglichkeit bieten, Ladevorgänge zu minimalen Infrastrukturkosten durchzuführen.“

Fallstudie anhand einer Prototyp-Stadt

Um die Realisierbarkeit eines V2V-Ladeverbundnetzes zu untersuchen und zu zeigen, welchen Einfluss ein solches System auf das Stromnetz haben könnte, entwickelte das Forscherteam eine virtuelle Umgebung. Mit einem Java-basierten Simulationstool erstellten sie eine maßgeschneiderte Simulationsumgebung mit verschiedenen Parametern, wie Art und Anzahl von Elektrofahrzeugen, Art und Standort von Ladestationen sowie Mobilitätsmustern der Fahrzeugbesitzer. Das Team legte eine Fallstudie mit dem Großraum Dallas als Prototyp-Stadt an. Simuliert wurden Arten und Anzahl der in Dallas fahrenden Elektroautos sowie Anzahl und Standorte von Level 2 (L2)-Ladestationen. Als nächstes wurden die Ladestände der Fahrzeugbatterien und das Pendlerverhalten mit einbezogen, um Nutzungsmuster für die L2-Ladestationen erkennen zu können.

Einbindung von V2V-Ladegeräten

Während der Simulation wurde mit zunehmender Anzahl an Elektrofahrzeugen immer deutlicher, welche Auswirkungen ein steigender Strombedarf auf die Ladestationen hat. Um besser zu verstehen, wie das „Energy-Sharing“ zur Deckung des Energiebedarfs beitragen kann, wurde nun der Einsatz von V2V-Ladern in die Betrachtung mit einbezogen. Das Team stellte fest, dass mit einem V2V-Ladeverbundnetz in der jeweiligen Region eine größere Anzahl an Elektrofahrzeugen abgedeckt und einem steigenden Strombedarf begegnet werden kann, ohne dass dafür zusätzliche L2-Ladestationen installiert werden müssten. In ih- >>



Bildnachweis: Andromeda Power, LLC

Abbildung 1: Ein Nissan Leaf überträgt per Ladekabel Strom an einen Tesla Model S. Der Fahrer steuert den Ladevorgang über eine mobile App, die mit beiden Fahrzeugen kommuniziert.

rem speziellen Anwendungsfall wurde die Ladespitzenlast durch den Einsatz des V2V-Ladens effektiv um 44 % reduziert und somit die Belastung für das Stromnetz verringert.

Evaluieren verschiedener DC/DC-Wandler

Als klar war, dass ein Ladeverbundnetz tatsächlich einen beträchtlichen Nutzen für Gemeinden darstellen kann,

nahm das Team im nächsten Schritt die Energieübertragung von einem Elektrofahrzeug auf das andere genauer unter die Lupe. Das Team untersuchte bei den bidirektionalen DC/DC-Wandlern drei verschiedene Ansätze: mit einphasiger, zweiphasiger und dreiphasiger Umwandlung. Für die Evaluierung der einzelnen Lösungen wurde ein passender Prüfstand konzipiert. Dieser bestand im Wesent-

lichen aus Emulatoren für das Versorger- und das Empfängerfahrzeug, einer V2V-Ladelösung, die auf drei verschiedenen Leistungsebenen arbeitet, und einer MicroLabBox von dSPACE, mit der der Ladevorgang koordiniert und gesteuert werden konnte. Die Untersuchung ergab, dass mehrphasige, bidirektionale DC/DC-Wandler für den V2V-Ladevorgang am besten geeignet sind, da sie im Vergleich zu ihrem einphasigen Gegenstück ein besseres Rippelstrom-Verhalten in Bezug auf die Induktivität zeigen.

Testen mit einem Closed-Loop-Reglerentwurf

Als nächstes validierte das Team die Ergebnisse seiner Analyse. Das V2V-Ladegerät wurde auf einem Closed-Loop-Prüfstand mit einer dSPACE MicroLabBox ausgeführt. Im Rahmen der Hardware-Implementierung wurde ein Back-to-Back-Umrichtersystem mit der dSPACE MicroLabBox verbunden, um die verschiedenen Betriebsarten zu testen. Die MicroLabBox fungierte als Steuermodul für die Elektronik und führte alle High- und Low-Level-Controller aus. „Mit der MicroLabBox stand dem Team eine flexible Umgebung für die Reglerentwicklung zur Verfügung, die für den Closed-Loop-Reglerentwurf mit einer Schaltfrequenz von 20 kHz gut geeignet war“, so Dr. Kisacikoglu. Die Tests bestätigten schließlich, was das Team durch seine Untersuchungen bereits festgestellt hatte – mehrphasige, bidirektionale DC/DC-Wandler

Entwickeln und Testen intelligenter Ladetechnologien mit dSPACE Werkzeugen

Wussten Sie, dass dSPACE spezielle Werkzeuge für die Entwicklung und den Test von Technologien für den Ladevorgang von Elektrofahrzeugen anbietet? Die neue Smart Charging Solution ist hochgradig flexibel und bietet vielseitige Einsatzmöglichkeiten, darunter die Simulation von Ladesäulen und -systemen für Elektrofahrzeuge sowie die Simulation, der Test und die Entwicklung von Onboard-Ladern.

Smart Charging Solution – Highlights

- Prototyping und Testen der Ladekommunikation
- Unterstützung regionaler Ladestandards
- Erweiterte Manipulations- und Fehlersimulationsoptionen auf Protokollebene
- Emulation von Ladestationen mit realer Leistung



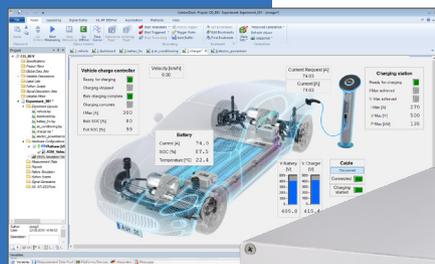
Weitere Informationen über die Smart Charging Solution:
www.dspace.de/go/dMag_20202_DS5366



Erfahren Sie mehr darüber, wie Sie Onboard-Lader von Elektrofahrzeugen mit Hilfe von dSPACE Werkzeugen testen können:
www.dspace.de/go/dMag_20202_OBC



Die Smart Charging Solution von dSPACE umfasst Hardware- und Software-Komponenten.



„Mit der MicroLabBox stand dem Team eine flexible Umgebung für die Reglerentwicklung zur Verfügung, die für den Closed-Loop-Reglerentwurf mit einer Schaltfrequenz von 20 kHz gut geeignet war.“

Dr. Mithat Can Kisacikoglu,
Dozent für Elektro- und Computertechnik, The University of Alabama (Tuscaloosa, AL)



sollten die erste Wahl für das V2V-Laden sein.

Zusammenfassung und Ausblick

Durch ihre umfassenden Untersuchungen konnte das Forscherteam nachweisen, dass das V2V-Laden im Rahmen zukünftiger Mobilitätskonzepte eine wertvolle Ergänzung sein kann. Im nächsten Schritt möchte das Team den Forschungsumfang erweitern. Untersucht werden soll dann ein V2V-Ladegerät mit hoher Leistungsdichte, das den Platzbedarf der Lösung minimieren könnte. Zudem möchte das Team herausfinden, wie sich ein solches V2V-Ladegerät auf eine stärkere Netzintegration von Elektrofahrzeugen auswirken würde und inwieweit erneuerbare Energien verstärkt mit einbezogen werden können. ■

Mit freundlicher Unterstützung der University of Alabama

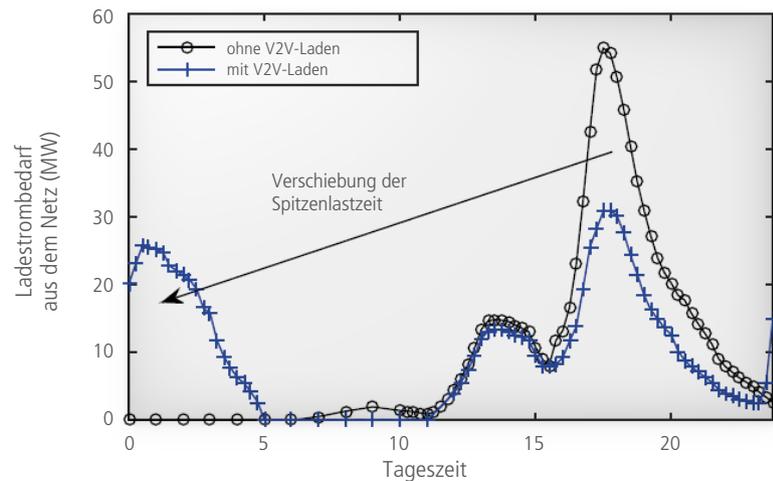


Abbildung 2: Verteilung des Ladestrombedarfs aus dem Netz mit und ohne V2V-Laden.

Weitere Informationen zu dieser Studie finden Sie in der folgenden Publikation:

E. Y. Ucer, R. Buckreus, M. C. Kisacikoglu, E. Bulut, M. Guven, Y. Sozer, L. Giubolini, "A flexible V2V charger as a new layer of vehicle-grid integration framework," vorgetragen auf der IEEE Transport. Electrific. Conf. (ITEC), Jun. 2019

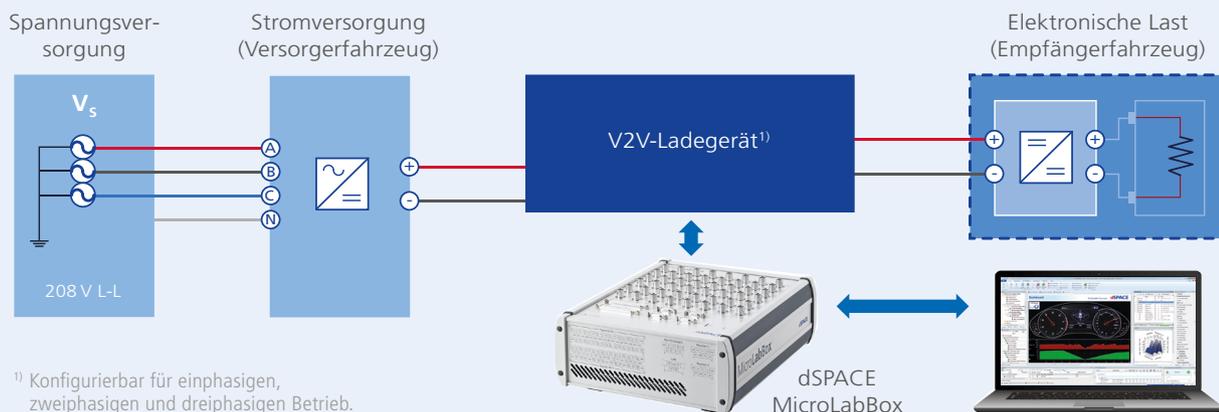


Abbildung 3: Das Forscherteam testete für das V2V-Ladesystem drei verschiedene Lösungen mit bidirektionalen DC/DC-Wandlern: mit einphasiger, zweiphasiger und dreiphasiger Umwandlung. Der Testaufbau bestand im Wesentlichen aus Emulatoren für das Versorger- und das Empfängerfahrzeug, einer V2V-Ladelösung, die auf drei verschiedenen Leistungsebenen arbeitet, und einer dSPACE MicroLabBox.

Standardkonformer Workflow
bis ASIL D ebnet Wege zu
automatisiertem Fahren

Die richtige Strategie zählt

Für die Entwicklung der nächsten Generation elektrischer Servolenkungen setzt die HELLA auf neue Teststrategien und -systeme. Parallel zu dem Lenksystem entwickelt HELLA zusammen mit dSPACE Consulting eine innovative Teststrategie, die höchste Sicherheitsanforderungen erfüllt und kompromisslos auf automatisierte Testabläufe setzt – dies erfordert Erfahrung und Expertise.



„Wenn man kompromisslos auf automatisierte Tests setzt, müssen Simulation und Test-Tools unbedingt zuverlässig sein. Mit dem Expertenwissen von dSPACE konnten wir das sicherstellen.“

Biju Kollody, Testmanager bei der HELLA GmbH & Co. KGaA, Lippstadt, Deutschland, ist verantwortlich für das gesamte Testmanagement der Lenkungssteuergeräte.

HELLA hat in den letzten Jahren verschiedene EPS (Electrical Power Steering)-Steuergeräte entwickelt, die millionenfach weltweit im Einsatz sind. Insbesondere die steigende Nachfrage nach Steuergeräten für das teilautomatisierte Fahren (ab Level 2 des autonomen Fahrens) war der Anlass, zusammen mit dem dSPACE Consulting eine automatisierte Absicherungswerkzeugkette einzurichten. Diese Toolkette musste dem Standard für funktionale Sicherheit von E/E-Systemen in Straßenfahrzeugen (ISO 26262) entsprechen und soll schon heute die Möglichkeit zur Entwicklung von Lenksystemen bieten, die für das hochautomatisierte Fahren bis Level 4 geeignet sind (Abbildung 1). Hierfür mussten der Testprozess und die Toolkette die ISO 26262 bis ASIL D erfüllen (Abbildung 2). Die ISO 26262 empfiehlt den Einsatz von Hardware-in-the-Loop (HIL)-Tests zum Testen von sicherheitskritischen Funktionen, Komponenten, einzelnen Steuergeräten und Steuergeräte-Verbunden, weil HIL-Tests seit Jahren Stand der Technik sind. Fast genauso lange setzt man sie zum Testen sicherheitskritischer Funktionen ein. Teststrategie und Testumgebung müssen nahtlos ineinander greifen und aufeinander abgestimmt sein, damit sicherheitskritische Systeme getestet und freigegeben werden können und die dafür notwendige Testabdeckung erreicht werden kann. Für den Nachweis, dass dieses Zusammenspiel standardkonform ist, ist es notwendig, regelmäßig zu überprüfen, dass alle am Test beteiligten Komponenten

und Prozesse dafür geeignet sind. Dies reicht von Kalibrierstrategien für die eingesetzte Hardware bis hin zur Qualifizierung der Software-Toolkette nach ISO 26262. So kristallisierten sich schnell vier Themenbereiche heraus, bei denen dSPACE Experten HELLA unterstützen konnten:

- Erstellung eines technischen Sicherheitskonzeptes
- Konzeptionierung und Aufbau einer Testinfrastruktur bestehend aus mehreren HIL-Systemen
- Entwicklung einer Werkzeugkette für automatisierte Tests
- Einhaltung des Standards ISO 26262

Mit Hilfe von dSPACE ließen sich diese Aufgaben parallel zur Steuergeräteentwicklung durchführen und die Test-

systeme schon vor den eigentlichen Tests in Betrieb nehmen und prüfen – inklusive der Anbindung an bereits vorhandene Konfigurations- und Anforderungsmanagement-Werkzeuge. „Dieses Vorgehen spart enorm viel Zeit, weil es Umwege und Sackgassen vermeidet. Das Ergebnis ist ein nachvollziehbarer, standardkonformer Prozess, der auch zukünftige, komplett neue Kundenprojekte, die ganz andere Anforderungen haben, erheblich erleichtert“, erklärt Andreas Brentrup von HELLA.

... von Anfang an dabei

„Da die Berater von dSPACE schon zu einem sehr frühen Zeitpunkt eingebunden waren, konnten bereits die Testziele zusammen mit HELLA erarbeitet werden“, ergänzt Biju Kollody >>

Abbildung 1: Autonomiestufen (Level) nach SAE J3016, herausgegeben von der SAE International.





Abbildung 2: Typische Klassifikationen nach Automotive Safety Integrity Level (ASIL). ASIL ist eine Schlüsselkomponente des Standards ISO 26262. Der ASIL-Level wird jeweils zu Beginn eines Entwicklungsprozesses bestimmt. Dabei werden die Systemfunktionen analysiert und in Bezug zu möglichen Risiken gestellt.

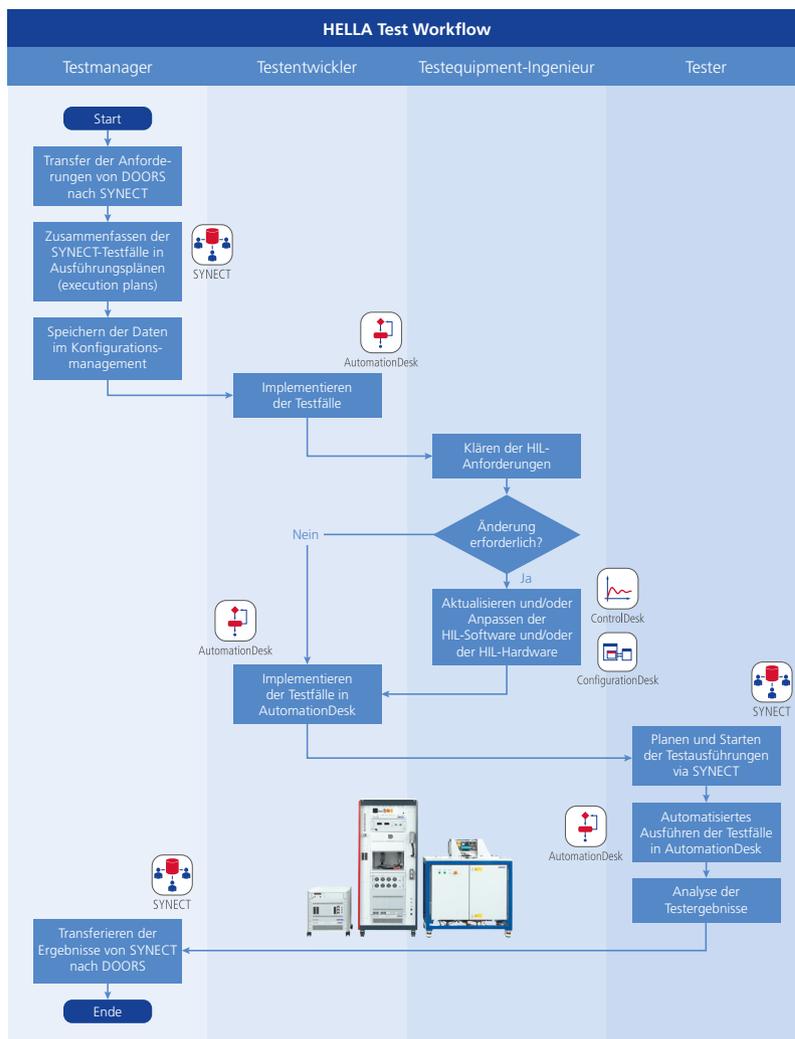


Abbildung 3: Durch den definierten Workflow und die dokumentierten Handlungsanweisungen in dem Safety Manual ist die Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse und die Qualifizierung der gesamten Toolkette zu jeder Zeit sichergestellt.

von HELLA. Das EPS-Steuergerät befand sich zu Beginn des Projektes noch in der Vorentwicklungsphase. Das Testkonzept wurde komplett neu erstellt, was in diesem Fall detaillierte Kenntnisse sowohl im Bereich der funktionalen Sicherheit als auch für das Testen erfordert. Dazu wurden alle involvierten Personengruppen, seien es Tester, Entwickler, Systemarchitekten oder Testingenieure, mit einbezogen. Die gemeinsam erarbeitete Absicherungsstrategie erfüllt alle Anforderungen der funktionalen Sicherheit für EPS-Systeme und wurde mit dem Fokus auf einfache Testbarkeit ausgelegt (Abbildung 3).

Simulatoren und Prüfstand – Fit-for-Purpose

Nicht nur bei den Vorarbeiten, sondern auch bei den konkreten Tests mit Simulatoren und Prüfständen setzt HELLA auf dSPACE. Die Test-Hardware besteht aus zwei Simulatoren: einem SCALEXIO Standard-Rack-System, das auf Signalebene auf ein speziell vorbereitetes Steuergerät zugreift, und einem SCALEXIO Full-Size-Simulator, der das Steuergerät auf Leistungsebene stimuliert. Dieser kann außerdem mit einem dSPACE Lenkungsprüfstand verbunden werden. Der Prüfstand kann als ein drittes Testverfahren den realen Motor des EPS-Steuergeräts stimulieren. Die FPGA-basierten Motormodelle von dSPACE erlauben sowohl eine realistische Motorsimulation für Tests auf Signal- und Leistungsebene als auch einen Closed-Loop-Betrieb des Steuergeräts. Durch diesen flexiblen Aufbau der Testinfrastruktur ist es möglich, verschiedene Systemkomponenten flexibel einzeln oder im Verbund zu testen. Dadurch ist der von der ISO 26262 geforderte Integrations- und Testprozess effizient umsetzbar. Die ISO 26262 fordert eine regelmäßige Kalibrierung der Testsysteme. Hierfür hat dSPACE ein projektspezifisches Kalibrierhandbuch verfasst.



„Eine Absicherungsstrategie zu erarbeiten, erfordert Gespräche mit allen Beteiligten. Ob Entwickler, Systemarchitekt, Sicherheitsmanager oder Testingenieur – alle müssen gleichermaßen eingebunden werden. Mit den Experten von dSPACE konnten wir alle ins Boot holen und eine zuverlässige, ISO-26262-konforme Absicherung gewährleisten.“

Andreas Brentrup, Leiter des Testlabors bei der HELLA GmbH & Co. KGaA, Lippstadt, Deutschland, ist verantwortlich für die globale Teststrategie der Lenkungssteuergeräte.

Integration von bestehenden Tools

„Eine wichtige Anforderung zum Projektstart war, dass die Software-Toolkette in der Lage ist, „von DOORS zu DOORS“ zu arbeiten. Das heißt, dass eine Testspezifikation aus IBM Rational DOORS von der dSPACE Toolkette geprüft und das Ergebnis wieder nach DOORS importiert werden kann“, berichtet Biju Kollody von HELLA. Dazu wurde die dSPACE Datenmanagement-Software SYNECT mit DOORS verbunden. Die Anbindung ermöglicht die automatisierte Überführung der Testspezifikation aus DOORS in die Testautomatisierungsumgebung von dSPACE. Dadurch können Testentwickler und Testingenieure die dort geforderten Tests implementieren und ausführen, ohne dabei zu irgendeinem Zeitpunkt die Rückverfolgbarkeit zu den Anforderungen zu verlieren. Dadurch ist eine Verlinkung von Anforderungen, Testspezifikationen und Testergebnissen jederzeit sichergestellt. Anschließend führt SYNECT die Tests automatisch rund um die Uhr auf den HIL-Simulatoren aus und stellt die Ergebnisse dar. Ein Steuergerät so hochautomatisiert zu testen, ist besonders effizient, erfordert aber Vertrauen in die Simulation und die eingesetzten Werkzeuge (Abbildung 4).

Funktionale Sicherheit

Die Sicherheitsstufe des EPS-Systems entspricht ASIL D (Automotive Safety

Integrity Level D), der höchstmöglichen Sicherheitsstufe für ein automatisches E/E-System. Um die Anforderungen der ISO 26262 zu erfüllen, haben die Berater im dSPACE Consulting ein Safety Manual zusammengestellt, in dem Arbeitsabläufe für den Verifikationsprozess spezifiziert werden. Die Software und der definierte Workflow (Abbildung 3) wurden fit-for-purpose qualifiziert.

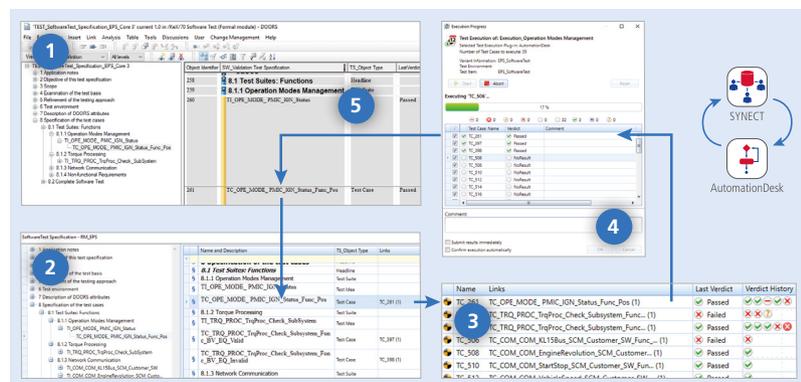
Fazit und Ausblick

„Mit Hilfe der Berater von dSPACE konnte Hella schon früh die Herausforderungen, die ein sicherheitsrelevantes Projekt sowohl an Prozess, Toolkette und Testequipment stellt,

meistern“, bestätigt Andreas Brentrup von HELLA. Die dSPACE Toolkette wurde erfolgreich eingesetzt, um Fehler schon in der Vorentwicklungsphase zu finden. Dass zu dem Zeitpunkt bereits ein automatisiertes Testsystem zur Verfügung stand, erleichterte den Übergang zur kundenspezifischen Entwicklung für HELLA erheblich. In Zukunft wird dSPACE HELLA bei den Anpassungen der Toolkette an die Anforderungen von Kundenprojekten unterstützen und dabei sicherstellen, dass die Arbeitsweisen weiterhin ISO-26262-konform sind. ■

Mit freundlicher Genehmigung der HELLA GmbH & Co.KGaA

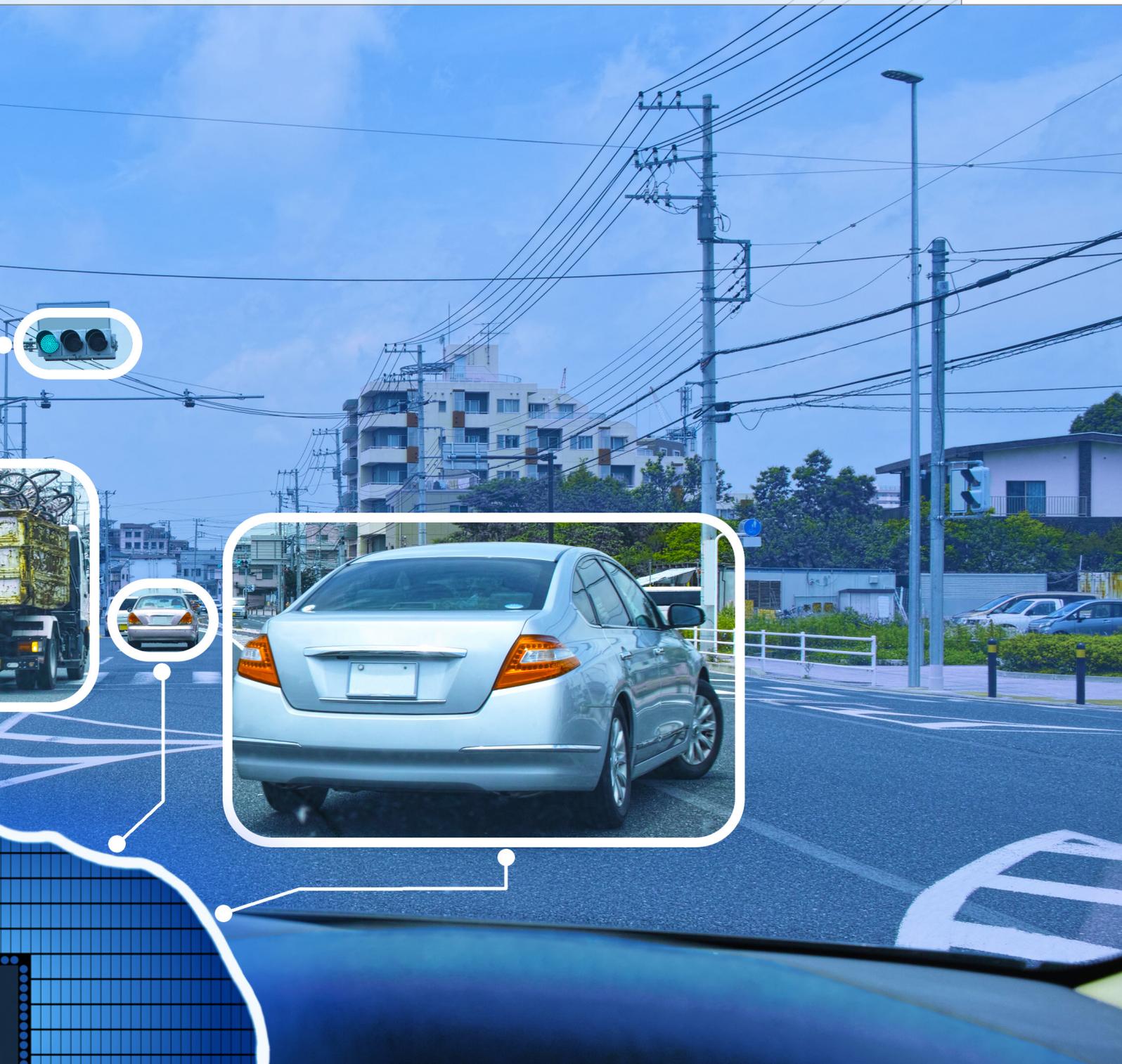
Abbildung 4: Vereinfachte Darstellung des HELLA-Workflows: „From DOORS to DOORS“. Die Testspezifikation wird aus DOORS (1) in den dSPACE Workflow importiert – so werden Spezifikationsänderungen sofort in SYNECT Requirements Management sichtbar (2). Mit SYNECT Testmanagement (3) werden die notwendigen Tests angelegt, geplant und dann mit Hilfe von AutomationDesk automatisch ausgeführt (4). Im letzten Schritt werden die Testergebnisse automatisch zurück nach DOORS übertragen (5).



Intelligent inszeniert

KI-basierte Szenariengenerierung
aus Sensordaten

Um die Alltagstauglichkeit und Sicherheit von Systemen für das autonome Fahren trotz stetig an Komplexität zunehmender Technologien zu gewährleisten, müssen diese bereits weit vor der Inbetriebnahme getestet werden. Mit Hilfe der Lösung von dSPACE und understand.ai zur Generierung von Simulationsszenarien lassen sich tausende Tests sicherheitskritischer Fahr-szenarien mit spezieller Hardware und Software per Simulation durchführen.



Mit einer innovativen, auf künstlicher Intelligenz (KI) basierenden Methodik bieten dSPACE und understand.ai einen neuen Service, um Szenarien aus real gemessenen Rohdaten zu generieren. Gegenüber klassisch generierten Objektlisten, die in Echtzeit bzw. online im Fahrzeug berechnet werden, unterliegt die nachträgliche Szenariogene-

rierung aus Rohdaten keinerlei Restriktionen in Bezug auf Rechenkapazität. Somit werden Imperfektionen durch falsch (false positives) oder nicht erkannte (false negatives) Objekte im Datenbestand vermieden. Um dabei möglichst viele unterschiedliche Situationen des Straßenverkehrs abzudecken, wird mit Hilfe von Testszenarien vor Fertigstellung eines physikalischen

Prototyps bereits vieles vorab virtuell getestet. Diese Szenarien werden vielfach in Tests verwendet und gleichzeitig variiert, so dass am Ende ein aussagekräftiges Ergebnis steht. Um das zu erreichen, müssen aber zunächst realistische Szenarien vorhanden sein. Da diese Szenarien speziellen Anforderungen unterliegen, bedarf es kompetenter Szenariogenerierung:

>>

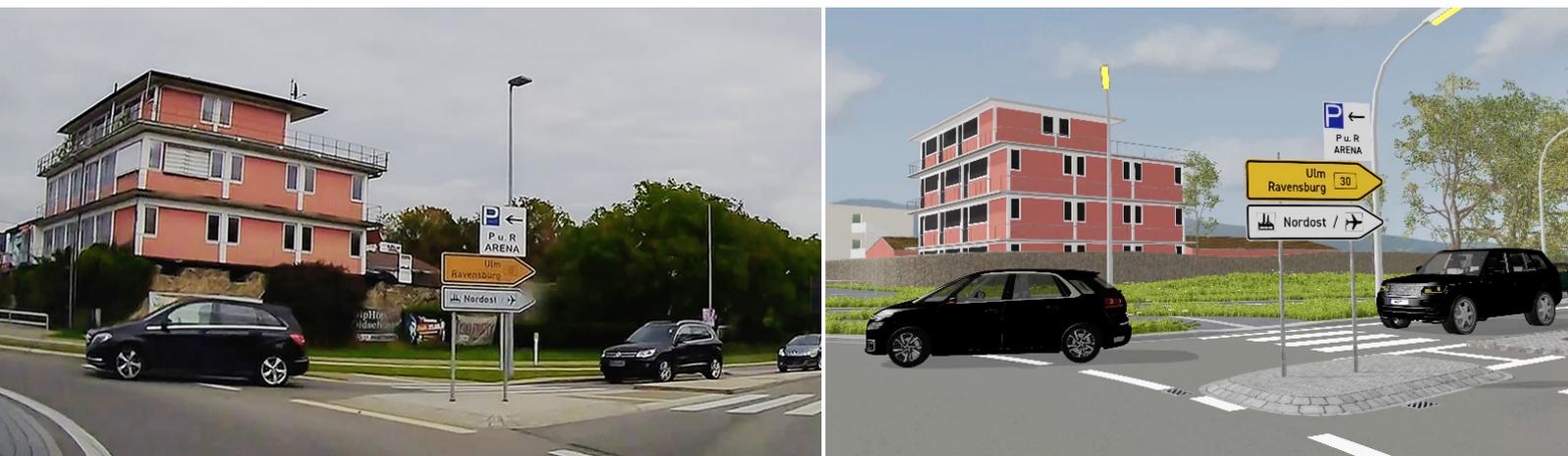


Abbildung 1: Kreisverkehrszone als Kameraaufnahme und als generiertes Szenario.

Runter von der Straße, rein ins Labor – mit Testszenerien auf Basis von Realdaten

Die Szenarien müssen Situationen in vielen unterschiedlichen Umgebungen der realen Welt abbilden. Dabei gilt es zu beachten, dass neben einer hohen Varianz von Variablen wie beispielsweise Wetter und Verkehrsdichte eine ausgewogene Mischung an sowohl kritischen als auch unkritischen Situationen abgebildet wird.

Analyse realer Situationen und Absicherung autonomen Fahrens

Um den Kundenanforderungen gerecht zu werden, wird zwischen zwei unterschiedlichen Szenariotypen unterschieden: den logischen Szenarien, um autonomes Fahren abzusichern, und den Replay-Szenarien, mit deren Hilfe fehlerhafte Algorithmen in Simulationen realer Situationen analysiert werden können. Replay-Szenarien sind eine exakte Rekonstruktion realer Situationen auf Basis von aufgezeichneten Sensordaten. Szenarien dieser Art können zwar nicht durch Parametrierung angepasst werden, sie eignen sich aber ausgezeichnet, um beispielsweise Fehlfunktionen und andere Ereignisse aus der Realität im Labor

nachzustellen. So können Fehlfunktionen der Fahrfunktion im Labor unter reproduzierbaren Bedingungen untersucht und behoben werden. Außerdem können Replay-Szenarien zur Sensormodellvalidierung eingesetzt werden, indem Sensordaten eines realen Szenarios gegen simulierte Sensordaten des identischen virtuellen Szenarios abgeglichen werden. Bei den logischen Szenarien hingegen werden die Bewegungen der Fahrzeuge abstrahiert und generalisiert, um so Parameter des Szenarios freizulegen, über die sich das Szenario einfach variieren lässt. Zum Einsatz kommen diese Szenarien bei der Validierung von ADAS/AD-Algorithmus unter Anwendung des szenariobasierten Testens. Aus Messdaten generierte Szenarien bieten den großen Vorteil, dass die Diversität der getesteten Situationen nicht ausschließlich von der Kreativität der Entwickler abhängt. Zudem sind die Szenarien realistisch und daher relevant. Auf diese Weise ist es möglich, genau diejenigen Parameter zu ermitteln, welche die Herausforderungen für den ADAS/AD-Algorithmus darstellen.

Generierung von Szenarien

Vor dem Einsatz von Szenarien in der Simulation und den Tests steht ihre Generierung. Dafür gibt es unterschiedliche Herangehensweisen; das Beispiel in diesem Artikel soll zunächst die Generierung auf Basis von Messdaten erklären. Hier kommen Videoaufnahmen, Lidar-Punktwolken und Fahrzeug-Bus-Daten zum Einsatz, die mit spezieller Data-Logging-Hardware wie dSPACE AUTERA aufgezeichnet werden können. Die Realitätsnähe eines auf diese Weise generierten Szenarios wächst dabei mit der Menge und Güte der vorliegenden Daten. Eine Kombination aus verschiedenen Algorithmen ermöglicht eine semantisch korrekte Nachbildung des realen Szenarios, inklusive der Bewegungsprofile aller Verkehrsteilnehmer sowie der Straße und einer 3D-Szene, in der sich alle wesentlichen Elemente der statischen Umgebung wiederfinden. Dafür werden zunächst relevante Informationen zu der Straße und der Umgebung sowie die Trajektorien der Verkehrsteilnehmer durch KI-unterstützte Verfahren aus den Rohdaten extrahiert. Die spezielle Qualitätssicherungsmethodik von understand.ai stellt dabei sicher, dass hier eine Ground-Truth erzeugt wird, die die semantische Konsistenz der generierten Szenarien gewährleistet. Im Anschluss werden die extrahierten Daten in si-



Abbildung 2: Aus den erfassten Messdaten wird mit Hilfe der Lösung von dSPACE und understand.ai ein Szenario für die Simulation generiert.

mulierbare (Replay- und logische) Szenarien für die dSPACE Simulationsumgebung sowie in Szenariobeschreibungen, die auf den Standards OpenDrive® und OpenSCENARIO® basieren, überführt. So können die generierten Szenarien unmittelbar für verschiedenste Tests eingesetzt werden, da neben der Straßenbeschreibung und der Beschreibung der Bewegungsprofile der Verkehrsteilnehmer auch eine detaillierte 3D-Szene erzeugt wird, die eine physikalische Sensorsimulation ermöglicht. Ein Szenario kann auch mit Hilfe von Szenarioeditoren (beispielsweise dSPACE ModelDesk) komplett künstlich, also digital am Computer entstehen. Auf diese Weise können die Anwender das Szenario ganz nach ihren Vorstellungen und Ansprüchen gestalten. Hierbei sind die Gestaltungsmöglichkeiten zwar grundsätzlich unbe-

grenzt, letzten Endes ist die Diversität aber trotzdem durch die Anforderungen des jeweiligen Auftrags bzw. die Kreativität der Anwender limitiert. Ein Vorteil dieser Methode ist die Möglichkeit, auch solche Szenarien zu konstruieren, die in der realen Welt nur sehr schwierig neu aufgezeichnet werden könnten, weil sie beispielsweise kostspielig oder gefährlich wären. Sowohl für Szenarien, die aus Messdaten generiert wurden, als auch für künstlich erzeugte Szenarien ist es innerhalb der dSPACE Lösung möglich, Parameter wie Fahrgeschwindigkeit, Wetter oder das Verhalten anderer simulierter Verkehrsteilnehmer durch Anpassung der entsprechenden Parameter beliebig zu verändern. Der große Vorteil des szenariobasierten Testens besteht darin, dass es abhängig von der vorhandenen Rechenkapazität skalierbar ist. Mit der Möglichkeit, Tests

in die Cloud auszulagern, bieten sich aufgrund der praktisch unbegrenzten Cloud-Kapazitäten enorme Chancen für das Themenfeld der virtuellen Absicherung und damit für die gesamte Produktionskette.

Neues Lösungsangebot

Die Lösung zum szenariobasierten Testen in Kombination mit der Szenariogenerierung von dSPACE und understand.ai hilft Kunden, die Hürden auf dem Weg zum Prototyp zu überwinden. Hilfreiche Unterstützung leisten dabei zum einen die vielen bereits existierenden, von erfahrenen Entwicklern erstellten Szenarien, und zum anderen die Szenarien, die zusätzlich auf Basis real aufgezeichneter Sensordaten generiert werden können. Damit lassen sich Millionen von Testkilometern in verschiedensten realistischen und relevanten Szenarien fahren. ■

Re-Simulation kritischer Grenzfälle aus einer realen Testfahrt

Bringen Sie Realismus und Komplexität der realen Welt in die Simulation

- Verwenden von Szenarien, die realistische Verkehrssituationen widerspiegeln
- Ableitung neuer Testfälle durch Anpassung gegebener Simulationsszenarien
- Einsatz von generierten Szenarien in der dSPACE Simulationsumgebung – sofort und ohne zusätzlichen Konvertierungsaufwand (kompatibel mit OpenDRIVE und OpenSCENARIO)
- Holen Sie mehr aus Ihren Daten: Nutzen Sie den Bestand an den von Ihnen bereits aufgezeichneten Petabytes an Material für die Simulation.

Reichlich Anschlussmöglichkeiten mit den neuen DS1521-Varianten der MicroAutoBox III – von CAN FD über Automotive Ethernet und LIN bis hin zu FlexRay, analogen Eingängen und digitalen Ein-/Ausgängen.



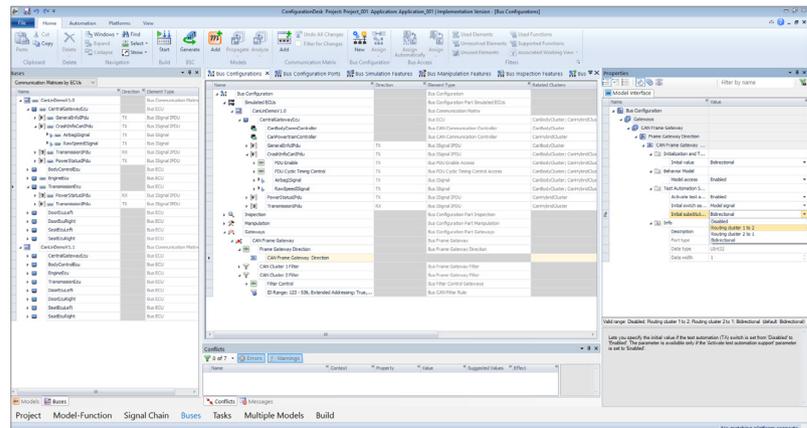
Optimal vernetzt

Neue MicroAutoBox-III-Varianten mit
DS1521 Bus and Network Board



Die neue MicroAutoBox III ist nun in zusätzlichen Varianten erhältlich, die ein noch größeres Angebot an Bus- und Netzwerkschnittstellen zur Verfügung stellen. Ermöglicht wird dies durch das neue, integrierte DS1521 Bus and Network Board, mit dem die MicroAutoBox III einen immensen Kanalumfang im bekannten kleinen MicroAutoBox-Formfaktor bietet.

Mit ihrem Erscheinen hat die neue Generation III des kompakten In-Vehicle-Prototyping-Systems dSPACE MicroAutoBox eine völlig neue Leistungsklasse der kompakten, fahrzeugtauglichen Prototyping-Systeme definiert und bietet höchste Allround-Power für zahlreiche Anwendungen vom autonomen Fahren bis hin zu Zero Emissions. Dazu trägt neben verbesserten Überwachungsmechanismen für die funktionale Sicherheit zum Beispiel auch die deutlich höhere Rechenleistung bei, denn die MicroAutoBox III bietet vier Rechenkerne und ist bis zu 16-mal schneller pro Rechenkern als die vorherige MicroAutoBox II. Darüber hinaus stehen weitere MicroAutoBox-III-Varianten mit dem neuen DS1521 Bus and Network Board zur Verfügung. Diese eignen sich mit ihrem beeindruckenden Kanalumfang besonders für Anwendungen wie intelligente Gateways, das Ausführen überlagerter Regler (Supervisory Controller) zur Ansteuerung anderer Steuergeräte in Echtzeit über Busse und Netzwerke sowie zum Entwurf von Zentralsteuergeräten mit servicebasierter Ethernet-Kommunikation. Um diese Anwendungsfälle ideal zu adressieren, bietet das DS1521 Bus



Beispiel: eine Gateway-Applikation im Bus Manager.

and Network Board 8 CAN-FD-Kanäle, 3 Automotive-Ethernet-Ports (100/1000BASE-T1), 2 FlexRay-Anschlüsse (A/B), 3 LIN-Kanäle sowie zusätzlich UART-, Digital- und Analogschnittstellen.

Per Software alles in der Hand

Um die Hardware einfach und flexibel für den jeweiligen Anwendungsfall zu konfigurieren, wird die MicroAutoBox III durch die bewährte und von SCALEXIO bekannte Implementierungssoftware ConfigurationDesk inklusive des nahtlos integrierten Bus Managers unterstützt. Damit kann die

Bus-Kommunikation etwa für Gateway- oder Supervisory-Controller-Anwendungen übersichtlich und komfortabel konfiguriert werden, und zwar auf Basis neuester Standards und Kommunikationsbeschreibungen wie AUTOSAR (ARXML), aber auch FIBEX, DBC oder LDF. Zur Integration in ein vorhandenes Bordnetz werden auch aktuelle AUTOSAR-Features wie Secure Onboard Communication (SecOC), End-to-End Protection oder Global Time Synchronization (GTS) auf allen relevanten Bus-Systemen inklusive servicebasierter Ethernet-Kommunikation (SOME-IP) unterstützt. Um flexibel und kurzfristig auf projektspezifische Anpassungen reagieren zu können, steht ein umfangreiches Erweiterungsframework bereit, mit dessen Hilfe kundenspezifische Anpassungen schnell von dSPACE integriert und umgesetzt

Ein immenser Kanalumfang im kompakten MicroAutoBox-Formfaktor kombiniert mit einer umfangreichen Software-Toolkette für die Bus- und Netzwerkkommunikation

Im Fokus: Gateway-Anwendungen und Supervisory Controller

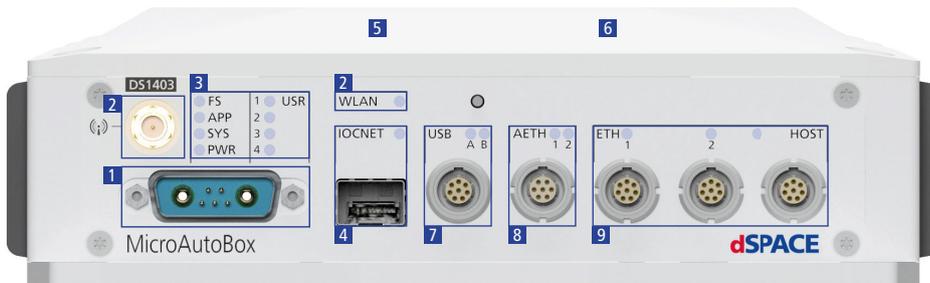


Für die Verbindung der zahlreichen Steuergeräte, Sensoren und Aktoren im Fahrzeug werden zunehmend Busse und Netzwerke eingesetzt. Bei der Entwicklung neuer Funktionen müssen diese Bus- und Netzwerkdaten häufig über Gateways

oder Domain-Controller als zentrale Netznoten an neue oder bereits vorhandene Empfänger umgeleitet, gefiltert oder durch neue Regelungsanteile erweitert werden.

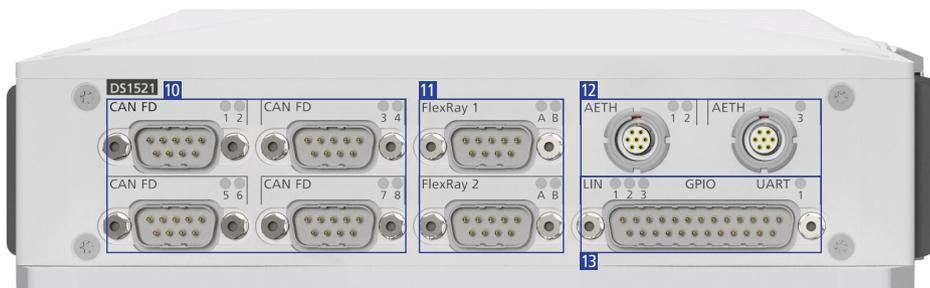
Ein Beispiel dafür ist die Integration eines neuen Antriebs in eine beste-

MicroAutoBox III 1403/1521



- 1 Batteriespannungsanschluss (12-/24-/48-V-Bordnetz)
- 2 WLAN-Option
- 3 Status- und programmierbare User-LEDs
- 4 IOCNET-Anschluss
- 5 Um I/O-Einheiten aufstockbar (z. B. DS1514, DS1521)
- 6 Quad-Core-ARM®-Prozessor
- 7 USB-Anschluss (USB 2.0) für Massenspeicher und Datenaufzeichnung
- 8 2 x Automotive Ethernet (100/1000 Mbit/s)
- 9 Ethernet-Anschlüsse (Gigabit Ethernet) für Host und weitere Geräte

DS1403 Processor Board
(Anschlüsse auf der Box-Vorderseite)



- 10 8 x CAN FD
- 11 2 x FlexRay (A/B)
- 12 3 x Automotive Ethernet (100/1000 Mbit/s) zusätzlich
- 13 3 x LIN, 1 x UART: RS232 oder RS422/485
4 x Analog In, 6 x Digital In/Out

NEU: DS1521 Bus and Network Board
(Anschlüsse auf der Box-Rückseite) mit zusätzlichen Schnittstellen

Bereits die „kleine“ MicroAutoBox III 1403/1521 bietet ein riesiges Kanalangebot. Wenn das nicht reicht, der kann die DS1521-Kanäle einfach verdoppeln – mit der MicroAutoBox III 1403/1521/1521 – oder je nach Anforderung eine der vielen weiteren MicroAutoBox III-Varianten auswählen, etwa um die Anzahl der analogen und digitalen Kanäle zu erhöhen.

werden können. Alle Größen im Modell können während der Laufzeit in ControlDesk übersichtlich und einfach visualisiert werden. Für den Zugriff auf die Bus- und Netzwerksignale besteht mit dem Bus Navigator die Möglichkeit, vorkonfigurierte Layouts für die Send- und Empfangsnach-

richten zu erzeugen. Darüber hinaus können auch direkt während der laufenden Anwendung ein Live-Bus-Monitoring und eine Busanalyse aktiviert werden. Der ControlDesk Bus Navigator ermöglicht es dabei, übersichtlich und synchronisiert mit allen anderen genutzten Ein- und Ausgän-

gen auf Bus- und Netzwerkdaten zuzugreifen, was die Anschaffung zusätzlicher dedizierter Systeme (Hardware und Software) für das Live-Monitoring überflüssig macht. Diese Reduzierung spart deutlich Kosten und vereinfacht darüber hinaus den Systemaufbau. ■

hende Fahrzeugplattform. Um Kosten, Platzbedarf und Systemkomplexität zu reduzieren, sollten die benötigten Gateway-Anteile idealerweise bereits vom eingesetzten Funktionssystem für die Ausführung der neuen Regelungsfunk-

tionen in Echtzeit mit abgedeckt werden. Das Entwicklungssystem MicroAutoBox III mit dem DS1521 Bus and Network Board erfüllt in Kombination mit der dSPACE Software-Toolkette diese Aufgabe ideal. Die Hardware bietet auf

kleinstem Bauraum maximierten Kanalumfang und höchste Rechenleistung, während die leistungsstarke, bewährte Software schnelle Entwicklungszyklen durch einfache Konfiguration garantiert.



4D- Radarsimulation

5 GHz – neuer Benchmark für Radarzielsimulatoren

Ultrahochauflösende bildgebende Radarsensoren, die oft als 4D-Radare bezeichnet werden, liefern detaillierte Bilder der Radarumgebung mit einem breiten Sichtfeld sowie Höhen-, Entfernungs- und Geschwindigkeitsinformationen. Tests dieser Radarsensoren stellen hohe Anforderungen an die Fähigkeiten und die Bandbreite des verwendeten Radarsimulators. Das dSPACE Automotive Radar Test System (DARTS) 9040-G ist der erste Simulator, der diese Herausforderungen mit leistungsfähiger Hochfrequenztechnologie erfolgreich meistert.

Steckbrief: Radar-Zielsimulator für Over-the-Air-Tests von Kfz-Radarsensoren

- Optimiert für bildgebende bzw. 4D-Radarsensoren
- Simuliert die Reflexionen eines frei definierbaren Radarziels (Erweiterung um weitere Ziele möglich)
- Simuliert Entfernung, Geschwindigkeit, Breite und Höhe

Technische Daten

- Frequenzbereich: 76 bis 81 GHz
- Bandbreite: 5 GHz
- Reichweite: ≤ 2,5 bis 300 m
- Entfernungsschrittweite: 2,5 cm
- Geschwindigkeit: ± 500 km/h

Mehr Information unter

www.dspace.com/go/DARTS_9040-G



„Mit dem neuen DARTS 9040-G positioniert sich dSPACE im Bereich der Radar-Sensorik erneut als starker Entwicklungspartner für die Simulation und Validierung.“

Dr. Andreas Himmler, Senior Product Manager, dSPACE



Assistiertes und automatisiertes Fahren stellen enorme technologische Herausforderungen an die Umgebungserkennung: Soll ein selbstfahrendes Fahrzeug angemessen auf jede noch so komplexe, unvorhersehbare Verkehrssituation reagieren können, ist ein zuverlässiger 360-Grad-Rundumblick auf sein Umfeld erforderlich. Radarsensoren spielen dabei eine wichtige Rolle. Die Abkürzung Radar steht für RADIO Detection And Ranging, was sich frei mit „funkgestützte Ortung und Abstandsmessung“ übersetzen lässt. Bislang sind Radarsensoren nur bedingt in der Lage, ihre Umgebung als dreidimensionalen Raum zu erfassen. Im Normalfall bilden sie Geschwindigkeit, Entfernung und Breite eines Gegenstandes ab. Über die Höhe (Elevation) sind allenfalls grobe Abschätzungen möglich.

Neue Technologie: 4D-Radare

Um ein vollständigeres Abbild erfassener Objekte zu gewährleisten, wird derzeit die Entwicklung von hochauflösenden Radaren vorangetrieben, die auch den Elevationswinkel genau erfassen. Damit wird das Radar quasi zu einer bildgebenden Technologie in 3D – mit der Geschwindigkeit als zusätzlicher vierter Messdimension. Diese auch 4D-Radare genannten Sensoren bieten die Voraussetzung für eine präzise Echtzeit-Objekterkennung, die bei allen Wetter- und Lichtverhältnissen funktioniert.

Hohe Anforderungen an die Testsysteme

Um die zusätzlichen Informationen mit dem Hochfrequenzsignal zu transportieren, arbeiten ultrahochoflösende Radare mit einer besonders

hohen Modulationsbandbreite. Sie liegt typischerweise bei 4 GHz. Bisherige Radare arbeiten meist nur bis zu 1 GHz Bandbreite. Um die neue Sensorklasse umfassend zu testen und abzusichern, steigen die Anforderungen an die Testsysteme signifikant an. Anwender fordern deshalb, mehr als nur die 4 GHz Bandbreite des Radars abzudecken, um auch das Verhalten in den Grenzbereichen genau analysieren zu können. Dies gilt insbesondere für Radarzielsimulatoren, die unter Laborbedingungen in Echtzeit Radarziele in weiten Entfernungsbereichen, großen Geschwindigkeiten und unterschiedlichen Größen darstellen.

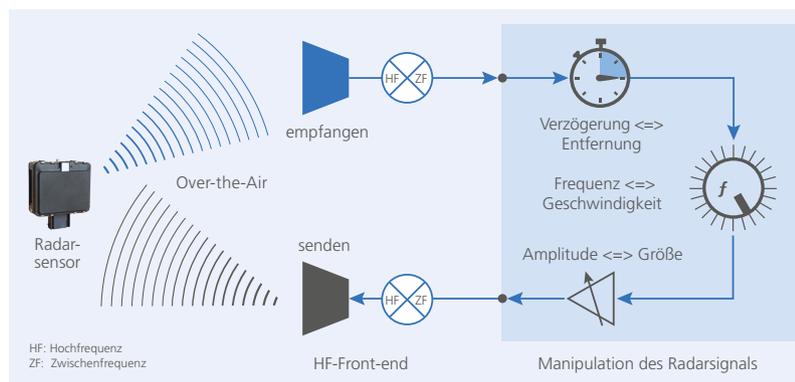
Erster Radarsimulator mit 5 GHz Bandbreite

dSPACE hat gemeinsam mit seinen Entwicklungspartnern ITS und miro*sys den weltweit ersten Radarsimulator konzipiert, der mit einer Bandbreite von 5 GHz arbeitet. Der neue DARTS 9040-G ist für alle Kfz-Radare der nächsten Generation, zum Beispiel Bildgebungs- und 4D-Radare, ausgelegt und optimiert. Er deckt das

77-GHz-Radarband vollständig und ohne Synthesizer-Abstimmung der Mittenfrequenz ab. Der Simulator verfügt über einen außergewöhnlich hohen störungsfreien Dynamikbereich bei besonders niedrigem Grundrauschen. Damit ist der neue DARTS 9040-G für alle 77-GHz-Radare optimal geeignet. Aufgrund seines einfach zu handhabenden Over-the-Air-Ansatzes ist das System universell in allen Entwicklungsphasen einsetzbar, vom Chip-Design über die Sensorentwicklung bis hin zu End-of-Line-Tests. Das neue DARTS 9040-G ist in mehreren Varianten erhältlich, die auf die unterschiedlichen Anforderungen der Tests in den verschiedenen Entwicklungs- und Produktionsphasen zugeschnitten sind. ■



DARTS verfügen über die weltweit kleinsten Radar-Front-ends und sind daher sehr flexibel zu handhaben.



Der Over-the-Air-Ansatz: DARTS empfängt die Radarwellen eines Radarsensors, erzeugt ein frei definierbares Echo und sendet es an den Sensor zurück.

Im Cyber Valley arbeiten Wissenschaftler an Lösungen, um das autonome Fahren besser skalierbar zu machen

End-to-End- Training

Professor Dr. Andreas Geiger ist Leiter der Forschungsgruppe Autonomes Maschinelles Sehen am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme (MPI-IS) und Professor für Learning-based Computer Vision and Autonomous Vision an der Universität Tübingen. Im Interview spricht er über die Herausforderungen bei der Entwicklung selbstfahrender Autos, erklärt, wie attraktiv deutsche Universitäten im internationalen Vergleich sind und sagt, was passieren muss, um Talente im Land zu halten.

Sie haben 2018 den IEEE PAMI Young Researcher Award für Ihren herausragenden Beitrag zur Überwindung der Kluft zwischen Computer Vision, Machine Learning und Robotik erhalten. Können Sie kurz beschreiben, was Ihnen die Auszeichnung bedeutet?

Der Preis bedeutet mir sehr viel, weil er die internationale Bedeutung meiner Arbeit anerkennt und zeigt, dass wir auf Augenhöhe mit den besten Computer-Vision-Forschungslabors der Welt sind. Ich habe ihn als erster Wissenschaftler aus Deutschland und als dritter Forscher in Europa erhalten. Der Award ist die renommierteste Auszeichnung im Bereich Computer Vision für einen jungen Forscher.

Was genau wurde mit dem Award ausgezeichnet?

Ich wurde für meine Forschungen rund um selbstfahrende Autos ausgezeichnet. Zunächst habe ich im Rahmen meiner Dissertation am Karlsruhe Institute of Technology Algorithmen und Ansätze entwickelt, mit denen ein Szenenverständnis generiert werden konnte. Weil ich mit echten Daten arbeiten wollte, habe ich einen Versuchsträger mit umfassender Sensorik – mehreren Kameras, Lidars, GPS – ausgestattet. Irgendwann haben wir uns entschlossen, die aufwendig eingefahrenen Daten der Allgemeinheit zur Verfügung zu stellen. Als Nebenprodukt zu meiner Dissertation ist so 2012 der KITTI Benchmark entstanden, der sich zu einem

der einflussreichsten Datensätze im Bereich des autonomen Fahrens entwickelt hat. Der KITTI Benchmark ist heute der Standard im Bereich Computer Vision, um Algorithmen zu evaluieren.

Wie grenzen sich Regelungstechnik und maschinelles Lernen aus Ihrer Sicht voneinander ab?

Wo maschinelles Lernen aufhört und Regelungstechnik anfängt, ist abhängig von der Perspektive. Aus der Sicht eines Regelungstechnikers ist die Perzeption Beiwerk, für Computerwissenschaftler ist die Regelungstechnik Beiwerk. Ich persönlich sehe die größeren Herausforderungen bezogen auf das autonome Fahren in der Perzeption und der KI-gestützten Entscheidungsfindung. Verglichen mit der Regelungstechnik für einen humanoiden Roboter mit 50 Aktoren und taktilen Sensoren, ist die Regelung eines Fahrzeugs vergleichsweise einfach. Im Grunde erfolgt die Steuerung eines Autos lediglich über Lenkung, Gas und Bremse. Dazu kommt, dass sich die Industrie ja seit Langem mit der Fahrzeugsteuerung beschäftigt und entsprechend viel Know-how entwickelt hat.

Sind Sie heute bereit, sich in ein autonomes Fahrzeug zu setzen?

Warum nicht? In einem Level-4-Fahrzeug würde ich mitfahren, wenn sich die Gelegenheit bietet – meistens sitzt ja auch noch ein Service-Mitarbeiter im Wagen, der notfalls eingreifen kann.

Und wann, glauben Sie, werden die ersten autonomen Fahrzeuge unterwegs sein, in denen kein Service-Mitarbeiter mehr mitfährt?

Viele Industrievertreter hatten ja versprochen, dass es 2021 soweit sein soll; zwischenzeitlich sind viele zurückgerudert und es kehrt Realismus ein. Fahren auf Level 5 sehe ich in den nächsten zehn Jahren nicht, weil im Bereich der künstlichen Intelligenz fundamentale Fragen nicht geklärt sind. Ob Fahren auf Level 4 gelingt, das hängt von der Definition der Rahmenbedingungen ab. In definierten Bereichen, bei definierten Wetterbedingungen – wie von Waymo gezeigt – kann das in den nächsten Jahren möglich sein. Ich vermute, dass man anfangs mit Remote-Operatoren und Geschwindigkeitsbegrenzungen arbeitet. Tesla ist heute schon sehr weit. Mich würde es aber überraschen, wenn ich ein autonomes Tesla-Fahrzeug mit Level-5-Funktionen in den nächsten fünf Jahren kaufen könnte.

Was sind die größten Hürden?

Zurzeit zählen wir einen Verkehrstoten auf 100 Millionen Meilen – das zeigt, dass wir Menschen das Autofahren recht sicher beherrschen. Ein autonomes Fahrzeug soll am Ende weniger Fehler machen als der menschliche Fahrer und bestenfalls noch um den Faktor zehn oder 100 besser sein. Es muss also in einer ganzen Reihe unterschiedlicher Situationen sicher unterwegs sein: Zum Beispiel müssen

>>

Wir arbeiten daran, Simulation effizienter zu machen, denn ich bin sicher, dass in der Zukunft möglichst realistische Simulationen immer wichtiger für die Validierung und das Training werden.

die Autos ihre Umgebung bei Nacht, Regen und Schnee wahrnehmen. Auch wenn Kameras noch bei Weitem nicht so gut sind wie das menschliche Auge, sind wir im Bereich der Sensorik in den letzten Jahren ein gutes Stück vorangekommen. Dann müssen autonome Fahrzeuge auf unübersichtlichen oder auf zugesperrten Straßen zurechtkommen. Und sie müssen mit unberechenbarem Verhalten von Fußgängern, mit Reflektionen und unvorhersehbaren und seltenen Ereignissen umgehen können. Um Algorithmen auf die so genannten „rare events“ zu trainieren, benötigen wir also unglaublich viele Daten. Eine weitere Hürde ist, dass Algorithmen keine „kausale Inferenz“ betreiben können – will heißen, sie sind nicht in der Lage, Schlussfolgerungen anzustellen. Deshalb wird viel manuell in die Systeme nachprogrammiert. Darüber hinaus sind ethische und rechtliche Fragen zu klären. Es ist also noch einiges zu tun.

Auf welche Bereiche konzentrieren Sie sich dabei?

Unsere Arbeitsgruppe konzentriert

sich auf klassische Computer-Vision-Themen. Wir gehen zum Beispiel der Frage nach, wie wir besser und robuster Tiefe wahrnehmen können. Dann beschäftigen wir uns damit, wie Algorithmen mit weniger Daten lernen können. Und wir arbeiten daran, Simulation effizienter zu machen, denn ich bin sicher, dass in der Zukunft möglichst realistische Simulationen immer wichtiger für die Validierung und das Training werden. Schließlich beschäftigen wir uns mit dem Training von Algorithmen zum Selbstfahren. Dabei verfolgen wir anders als die Automobilindustrie, die heute nach dem klassischen modularen Ansatz arbeitet, den Ansatz der ganzheitlich trainierbaren Systeme.

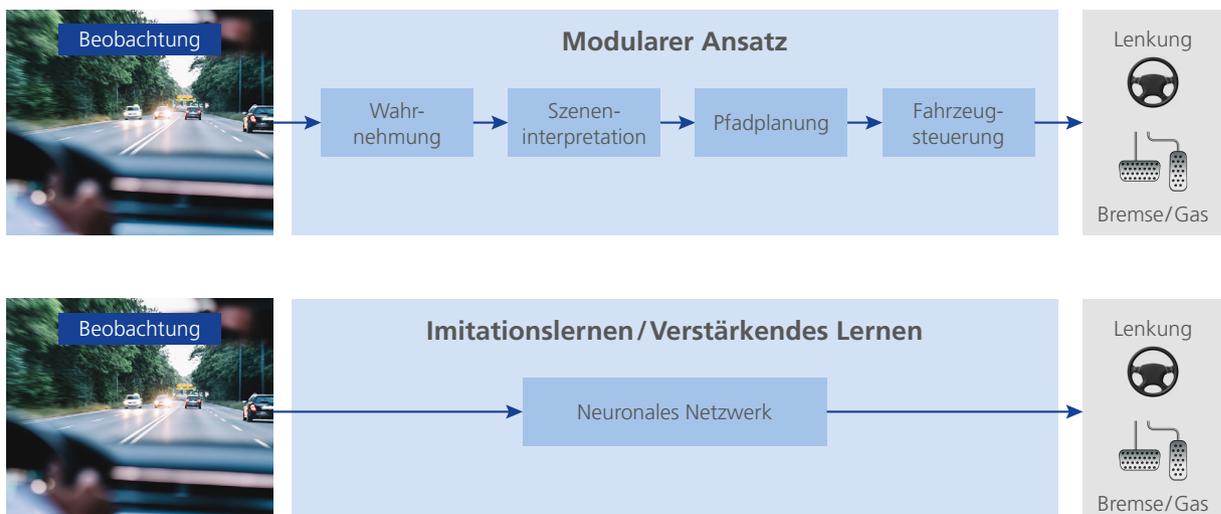
Wie funktioniert End-to-End-Training und was sind die Vorteile?

Man versucht, das ganze System von der Beobachtung bis zur Steuerung als einen Prozess zu betrachten und durch ein neuronales Netzwerk abzubilden. Dabei werden Perzeptionsdaten und Steuerungsdaten – beim Auto sind das Lenken, Gas geben und Brem-

sen – gesammelt. Der Vorteil ist, dass wir das System direkt auf ein Ziel hin trainieren und nicht einzelne Module auf Teilaufgaben, zum Beispiel die Erkennung von Objekten. Wir glauben, dass solche Modelle die Lösung sind, um das autonome Fahren besser skalieren zu können. Noch funktionieren diese Modelle schlechter und sind weniger robust als die modularen Konzepte, die zurzeit in der Industrie angewendet werden und für die sehr viele Ingenieure an einzelnen Modulen arbeiten. Wenn wir die Datenkomplexität in den Griff bekommen, können wir mit maschinellem Lernen unser System viel schneller in eine neue Stadt, in neue Umgebungen bringen.

Wie nah sind Sie an der Industrie?

Auch wenn die Industrie den modularen Ansatz verfolgt, kooperieren wir in vielen Teilprojekten mit Zulieferern und Automobilherstellern in der Region. Für die Industrie ist unsere Fokussierung auf den End-to-End-Ansatz interessant, auch wenn er nicht unmittelbar anwendbar ist. Aktuell sind wir im Projekt KI-DeltaLearning invol-



Bildnachweis: © A. Cardinale



Professor Dr. Andreas Geiger leitet die Forschungsgruppe Autonomes Maschinelles Sehen am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme (MPI-IS) und ist Professor für Learning-based Computer Vision and Autonomous Vision an der Universität Tübingen.

KI-DeltaLearning

Das Forschungsziel von KI-DeltaLearning ist, die wesentlichen Unterschiede zu evaluieren und Methoden zu entwerfen, wie eine Künstliche Intelligenz mit bereits vorhandenem Wissen nur die konkreten „Deltas“ neu lernen muss. Dies reduziert somit den Bedarf an Testdaten und beschleunigt den Lernprozess, wenn neues Wissen hinzugefügt werden soll.

liger Systems –, das den Austausch der Fakultäten und Doktoranden zu den Themen maschinelles Lernen und KI fördert. Man muss nicht unbedingt im Silicon Valley sein, um mit den großen Unternehmen von dort zu arbeiten. Amazon erweitert gerade seinen Standort hier, Bosch baut in unserer Nachbarschaft, NVIDIA sponsert uns, und ich arbeite eng mit Intel zusammen. Aufholbedarf haben wir allerdings bei dem Thema Start-ups.

Was muss da passieren?

Wir brauchen zum einen eine Veränderung des Mindsets und zum anderen mehr Förderung. Die Gründermentalität ändert sich gerade, aber wir brauchen mehr Inkubatoren und weniger Bürokratie, damit die guten jungen Leute ihre Ideen hier verwirklichen und nicht von den großen Tech-Konzernen in den USA abgeworben werden. Wer einmal weg ist, kommt vielleicht nie wieder. Die Talente hier zu halten, ist wichtig.

Vielen Dank für das Interview.

viert, das im Kontext des automatisierten Fahrens selbstlernende Methoden zur automatisierten Verarbeitung von Umgebungssensordaten betrachtet. Auftraggeber des Projekts ist das BMWi, beteiligt sind neben führenden Industrieunternehmen der Autoindustrie auch einige Universitäten, darunter die Uni Tübingen.

Was hält Sie im Cyber Valley in Tübingen, und wie attraktiv sind deutsche Unis im internationalen Vergleich?

In Europa sind wir in der akademischen Forschung sehr gut, und die Automob-

ilwirtschaft hat ein großes Interesse an der KI. Mit der Uni Tübingen und dem Max-Planck-Institut sind wir eingebettet in ein großes Netzwerk von Forschern, die nicht nur an Computer-Vision-Themen arbeiten, sondern KI auch in verwandten Disziplinen wie den Neurowissenschaften anwenden. In diesem Netzwerk können wir interdisziplinär voneinander lernen. Das macht das Arbeiten hier sehr attraktiv. Auch auf europäischer Ebene vernetzen wir uns weiter in verschiedenen Initiativen. Eine davon ist ELLIS – das European Lab for Learning and Intel-

Die Gründermentalität ändert sich gerade, aber wir brauchen mehr Inkubatoren und weniger Bürokratie, damit die guten jungen Leute ihre Ideen hier verwirklichen und nicht von den großen Tech-Konzernen in den USA abgeworben werden.



INTEMPORA
MULTISENSOR SOFTWARE SOLUTIONS

A dSPACE COMPANY

CONNECTED

AUTONOMOUS

AD-Portfolio verstärkt

Software-Werkzeuge von Intempora ergänzen dSPACE Lösungen für datengetriebene Entwicklung

RADAR

INT*3

Im Juli erwarb dSPACE Intempora, einen Pionier auf dem Gebiet der Echtzeit-Entwicklungssoftware. Die beiden Unternehmen verbindet bereits eine langjährige strategische Partnerschaft. Durch die Übernahme bietet dSPACE nun eine einzigartige und zuverlässige End-to-End-Lösung sowie eine optimierte Unterstützung für innovative Entwicklungsprojekte. Im Interview erläutert Nicolas du Lac, CEO von Intempora, die Vita des Unternehmens und welchen Mehrwert die neue Zusammenarbeit mit sich bringt.

Vor 20 Jahren war Intempora eines der ersten Unternehmen, das Software für die Sensorsignalverarbeitung entwickelte. Anfangs hat sicher niemand über autonomes Fahren nachgedacht. Wie sind die ersten Entwicklungen entstanden? Und wie kam Intempora-Software schließlich ins Auto?

Der Auslöser für die Gründung von Intempora im Jahr 2000 war der Erfolg unserer Kerntechnologie RTMaps, die 1998 am Center of Robotics of Mines ParisTech entwickelt wurde. Zu dieser Zeit arbeitete ein Team unter der Leitung des ehemaligen Direktors Claude Laurgeau an Robotik- und intelligenten Transportsystemen (ITS). Das Team nahm am Eureka-Prometheus-Projekt teil, einem der allerersten EU-finanzierten F&E-Projekte mit Schwerpunkt auf automatisiertem Fahren. Zu Beginn des Projekts wurden autonome Fahrzeuge als Roboter betrachtet. Das Projekt konzentrierte sich daher auf die Bewältigung der mit der mobilen Robotik einhergehenden Herausforderungen: Perzeption, Positionierung, Steuerung, Fähigkeit zur schnellen Bewegung, Sicherheitsanforderungen, Interaktion mit Menschen usw. Damals arbeiteten Bruno Steux und Pierre Coulombeau, Doktoranden in Claudes Team, an zwei Themen:

Zum einen entwickelten sie Algorithmen für computergestütztes Sehen und zum anderen beschäftigten Sie sich mit auf Bayes'schen Netzen basierender Datenfusion für die Fahrzeugperzeption und eine genaue Positionierung. Ihr Ziel war es, diese Algorithmen in Echtzeit in einem Prototyp-Fahrzeug auszuführen, das mit einer Frontkamera, einem Frontradar und den allerersten Modellen von Lidar-Scannern ausgestattet war. Die beiden stellten bald fest, dass sie 90 % ihrer Zeit mit der Software-Architektur verbrachten und nicht mit den Algorithmen, die im Fokus ihrer Arbeit stehen sollten. Sie brauchten eine modulare (komponentenbasierte) Umgebung zur Verwaltung der verschiedenen Teile ihrer komplexen Software, zum Beispiel für die Datenerfassung von mehreren Fahrzeugsensoren und deren Verarbeitung und auch für die Visualisierungs-, Aufzeichnungs- und Wiedergabefunktionen für die Offline-Arbeit. Auch integrierten sie einen Zeitstempel- und Datensynchronisierungsprozess, um eine reibungslose und kohärente Sensordatenfusion über die verschiedenen Ströme und asynchronen Datenquellen hinweg zu gewährleisten. Da keine Werkzeuge auf dem Markt >>

ACTIVE LANE ASSIST

INT*3

ITS SENSOR GROUP 3-TZ

„Die Mehrheit unserer Kunden verwendet RTMaps zur Entwicklung von Fahralgorithmen.“

ihren Anforderungen entsprachen, entwickelten sie ihre eigene Software-Lösung: RTMaps (Real-Time Multi-sensor Applications). Ein paar Monate später suchte das europäische Projektkonsortium CarSense nach einer Datenerfassungslösung für Kamera-, Radar- und Lidarsensoren an einem Fahrzeug. Sie testeten RTMaps und befanden die Software als großartig. Daher legten sie Claude und Bruno nahe, eine eigene Firma zu gründen. Die beiden waren sicher, dass ihre Software in Zukunft für die Automobilindustrie nützlich sein könnte.

Was waren die ersten Meilensteine?
Auf dem IEEE Intelligent Vehicle Sym-

posium in Versailles 2002 zeigte die Ecole des Mines de Paris einen autonomen Fahrzeugprototyp namens LaRA, der RTMaps als Datenverarbeitungssoftware an Bord hatte. Das Fahrzeug wurde freihändig mit mehr als 100 km/h gefahren, wobei eine einzige Kamera zur Lateralsteuerung und ein Pentium-II-Computer im Kofferraum zum Einsatz kamen. Als einer der ersten Kunden von Intempora präsentierte das LIVIC-Labor 2004 ein vollständig autonomes Fahrzeug mit ähnlichen Funktionen, aber mit Quer- und Längssteuerung. Ein paar Jahre später startete die DARPA Grand Challenge in den USA einen internationalen Wettlauf hin zum autonomen

Fahren. RTMaps nahm mit dem DoT-Mobil-Team an der Herausforderung teil. RTMaps wurde auch in einem Fahrzeug verbaut, das auf der ITS-Ausstellung 2008 in New York gezeigt wurde. Heute haben wir Kunden auf der ganzen Welt, von denen einige unsere Lösungen bereits seit mehr als 15 Jahren einsetzen. Natürlich hat sich unsere Software seitdem weiterentwickelt und stark verbessert.

Sie beobachten die Entwicklung des autonomen Fahrens seit geraumer Zeit. Welches sind die größten Herausforderungen, die wir bewältigen müssen, um ein selbstfahrendes Auto auf die Straße zu bringen?

Wenn wir über selbstfahrende Autos reden, müssen wir zwischen Robotertaxis und Privatfahrzeugen unterscheiden. Erstere sind mit einer Vielzahl an Sensoren und Computern ausgestattet und entwickeln sich recht langsam. Privatfahrzeuge müssen erschwinglich sein und anderen Wartungsintervallen folgen. Auf dem Weg zu autonomen (Privat-)Fahrzeugen der Stufe 5, die am öffentlichen Straßenverkehr teilnehmen, haben wir noch viele Herausforderungen zu bewältigen, auch wenn das Tempo, in dem sie weiterentwickelt werden, hoch ist. Die größte Aufgabe ist dabei die Gewährleistung der Sicherheit in allen Fahrzuständen und -situationen. Sicherheit ist eine Grundvoraussetzung, um Akzeptanz zu gewinnen. Sicherheit geht mit mehreren technischen Herausforderungen einher: **Sensorgenauigkeit und Effizienz unter allen Bedingungen:**

Die Sensoren verbessern sich kontinuierlich in Auflösung und Reichweite. Wir müssen Sensortechnologien für ein autonomes Fahrzeug kombinieren, um verschiedene Situationen zu meistern, darunter Fahren bei Nacht, Nebel, Regen, Schnee, Schmutz usw. **Beherrschung der Software-Komplexität:**

Autonome Fahrzeuge sind hochkomplexe Echtzeitsysteme und erfordern



Eine Erfolgsgeschichte: Navya Shuttles

Um komplexe Funktionen für das autonome Fahren zu entwickeln, setzt NAVYA, einer der führenden Anbieter von autonomen Shuttles, auf die Multisensorentwicklungsumgebung RTMaps. „Wir haben das Unternehmen seit der Gründung begleitet. Das Navya-Team besteht jetzt schon aus 250 Mitarbeitern, wächst immer noch schnell und betreibt bereits mehr als 150 Fahrzeuge weltweit“, sagt Nicolas du Lac. RTMaps ist für viele Entwickler ein Werkzeug, das sie täglich nutzen. „Wir sind stolz darauf, dass wir unseren Beitrag zu dieser Erfolgsgeschichte liefern konnten“, erklärt du Lac.

Nicolas du Lac ist CEO von Intempora.



komplexe Software zur Verarbeitung zahlreicher Datenströme mit hoher Bandbreite. Mehrere robuste und effiziente Algorithmen und Software-Tasks müssen parallel ausgeführt werden, wobei die Ausführungszeit, die Latenzzeit und das Fehlermanagement Sicherheitsbeschränkungen unterliegen.

Datenmanagement und Algorithmenvalidierung:

Daten sind der virtuelle Treibstoff für autonome Fahrzeuge. Um Perzeptions- und Deep-Learning-Algorithmen zu trainieren, zu testen und zu validieren, müssen umfangreiche Sensordatensätze unter verschiedenen Fahrbedingungen gesammelt werden. Wichtig für die Entwicklung und Validierung robuster und sicherer Systeme sind zum einen Werkzeuge für Datenannotation, Labeling und Management, um die Daten auswählen und nachbearbeiten zu können. Zum anderen sind Simulationswerkzeuge von entscheidender Bedeutung.

Seit der Übernahme durch dSPACE arbeiten unsere Software-Entwickler und Experten noch enger zusammen, um zuverlässige und effiziente Lösungen auf den Markt zu bringen. Wir denken definitiv über die nächsten Schritte nach. Wir wollen eine einzigartige Software-Werkzeugkette vom Prototyp bis zur Produktion liefern, die alle Phasen des Entwicklungsprozesses für autonomes Fahren abdeckt, und wir haben da unglaublich viele Ideen.

RTMaps ist das Kernprodukt von Intempora. Was macht die Software so besonders und wer arbeitet damit? Können Sie ein Beispielprojekt vorstellen?

Die Mehrheit unserer Kunden verwendet RTMaps zur Entwicklung von Fahralgorithmen. Einige setzen RTMaps aber auch in anderen Bereichen ein, darunter autonome Züge, Robotik, Offshore-Windturbinen, intelligente Rückspiegel, mobile Kartierungssysteme, kognitive Anwendungen sowie System- und Videoüberwachung für Regattasegelschiffe. Die hohe Vielsei-

tigkeit und Leistungsfähigkeit unserer Lösung wird von vielen unserer Kunden geschätzt; sie sehen RTMaps als echten Enabler für eine drastische Beschleunigung ihrer Entwicklungsprozesse. Valeo verwendet RTMaps in der Forschung und Entwicklung in verschiedenen Ländern. Wir haben kürzlich eine Technologiepartnerschaft mit dem Unternehmen geschlossen, um den Valeo-Drive4U-Locate-Algorithmus im RTMaps AI Store zu veröffentlichen. Valeo Drive4U Locate ist eine erschwingliche, präzise und robuste Lokalisierungs- und Kartierungslösung, die von Valeo für automatisiertes Fahren entwickelt wurde. Dieser proprietäre SLAM, ein System zur Positionsbestimmung, ermöglicht eine zentimetergenaue Positionierung in Situationen mit begrenztem oder gar keinem GPS-Signal. Der Algorithmus wurde mit RTMaps entwickelt und in den Straßen von Paris mit einem autonomen Fahrzeug der Stufe 4 demonstriert.

Zu den ergänzenden Lösungen für RTMaps zählen die Software für Datenannotation, RTAg, und die Intempora Validation Suite (IVS). Was ist die Funktionalität dieser beiden Lösungen?

RTAg ist eine Annotationssoftware für mobile Geräte. Mit RTAg ist es einfach, bordeigene Datenrekorder manuell zu überwachen und Aufzeichnungen während der Fahrt manuell zu annotieren, um relevante Szenarien zu identifizieren. Die Intempora Validation Suite (IVS) ist eine cloud-basierte Software-Toolkette für Training, Test, Benchmarking und Validierung von ADAS- und AD-Software-Funktionen. Dazu gehören auch Perzeptions- und Deep-Learning-Algorithmen, die zum Beispiel mit RTMaps entwickelt wurden. Getestet und validiert wird gegen große Fahrsensordatenaufzeichnungen, die in großen Datenarchitekturen gespeichert sind.

Wie haben die Intempora-Kunden auf die Übernahme reagiert?

Die Reaktionen von unseren Kunden und Partnern auf der ganzen Welt waren sehr positiv. Wir schlagen definitiv ein neues Kapitel in der Geschichte unseres Unternehmens auf. Dabei werden wir liefern, was wir immer geliefert haben: erstklassige Software-Lösungen. Die Zusammenarbeit mit dSPACE ist eingespielt, da wir bereits in viele strategische Gespräche eingebunden sind. Die Übernahme stärkt weiter unsere Fähigkeit, Kundenprojekte optimal zu unterstützen.

Was sind die nächsten Schritte bei der Weiterentwicklung der Technologie?

Wir kooperieren noch enger mit dSPACE, um eine nahtlose und vollständige End-to-End-Werkzeugkette anzubieten. Zudem arbeiten wir an neuen Erweiterungen für IVS, indem wir Werkzeuge von [understand.ai](#), einem weiteren Unternehmen der dSPACE Gruppe, integrieren. Wir bauen weiterhin Technologiepartnerschaften mit Halbleiterunternehmen wie NVIDIA, NXP und Renesas auf, um die Erwartungen unserer Kunden besser erfüllen zu können.

An wen können sich Kunden bei Interesse an den Intempora-Lösungen wenden?

Am besten wenden sie sich an die jeweilige dSPACE Landesgesellschaft und ihre regionalen dSPACE Kundenbetreuer. dSPACE verfügt über Standorte auf der ganzen Welt und bietet persönlichen und optimierten Support in der Muttersprache an.

Vielen Dank für das Interview.

Test von Kamera-Steuergeräten mit simulierten Fahrscenarien

In autonomen Fahrzeugen spielt das Steuergerät (ECU), das die Umgebungsbilder der Kamera interpretiert, eine Schlüsselrolle. dSPACE bietet ein System zum Testen dieser Kamera-Steuergeräte, bestehend aus einer dSPACE Kamerabox, einem dSPACE SCALEXIO-Simulator und der dSPACE Software.

Simulationsplattformen

Das dSPACE Hardware-in-the-Loop-Testsystem SCALEXIO ist eine bewährte Plattform, die schnell einsatzbereit ist. Die Anwender profitieren auch von den Vorteilen des HIL-Testens, nämlich der zuverlässigen Reproduzierbarkeit der Tests, der Möglichkeit der Testautomatisierung und der daraus resultierenden Zeitersparnis im Testprozess. Die dSPACE Automotive Simulation Models (ASM)

können ebenfalls integriert werden, um das Fahrzeug, andere Verkehrsteilnehmer und die Umgebung zu simulieren. Mit der dSPACE Sensor Simulation for Camera können Anwender die Testfahrten auf einem hochauflösenden Monitor visualisieren.

Möglicher Anwendungsfall: NCAP-Crashtests

Ein möglicher Anwendungsfall für die dSPACE Kamerabox ist die Implementierung von NCAP (New Car Assessment Program)-Crashtests. Testsequenzen können mit der dSPACE Testautomatisierungssoftware AutomationDesk erstellt werden. Diese Testsequenzen lassen sich automatisch starten, um den Testprozess effizienter zu gestalten. Für die Verwaltung verschiedener Testvarianten ist dSPACE SYNECT ideal. Beide Software-Produkte, AutomationDesk und SYNECT, tragen dazu bei, die Anzahl der abgeschlossenen Testvarianten zu erhöhen und die Testqualität zu verbessern. ■

Das Steuergerät wertet die in dSPACE MotionDesk visualisierten Fahrscenarien aus und reagiert entsprechend. Die Tests umfassen die Verifizierung der korrekten Erkennung und Klassifizierung von Umgebungsobjekten, zum Beispiel von anderen Fahrzeugen, Fußgängern, Straßenschildern und Bäumen.



Anwendungsbeispiel: Die Fahrscenarien werden der Kamera auf einem Bildschirm vorgespielt, um das entsprechende Steuergerät zu testen. Die Kamera kann nicht nur individuell positioniert werden. Es ist auch möglich, verschiedene Objektive zu installieren, um ein scharfes Bild für verschiedene Kamertypen zu erzeugen. Während des Betriebs ist die Box geschlossen und vollständig abgedunkelt, um störende Lichtreflexionen und Blendung zu vermeiden.





In folgenden SCALEXIO-Systemen lassen sich die neuen Karten einsetzen (von links nach rechts): SCALEXIO LabBox, SCALEXIO AutoBox, SCALEXIO Rack-System, maßgeschneidertes SCALEXIO Rack-System

Neue Funktionen für SCALEXIO-Systeme

Durch neue Hardware wird der Funktions- und Leistungsumfang der SCALEXIO-Systeme kontinuierlich erweitert. Mit den nachfolgend aufgeführten Produkten verstärkt sich

das SCALEXIO-Produktportfolio besonders in dem Bereich Elektromobilität und bietet maßgeschneiderte Lösungen für die Funktionsentwicklung und den Steuergerätestest von

hochdynamischen elektrischen Antriebskonzepten sowie der zugehörigen Leistungselektronik. ■

Produkt	Beschreibung
DS6121 Multi-I/O Board 	<ul style="list-style-type: none"> Multi-I/O-Karte mit anwendungsspezifischem Funktionszuschnitt für die dynamische Regelung elektrischer Motoren und Leistungselektronik Verschiedene Schnittstellen für die Verarbeitung von Drehgebersignalen, synchronisierte Strom-/Spannungsmessung sowie für die Generierung von Mehrkanal-PWM-Signalen Integrierte Sensorversorgung
DS6651 Multi-I/O Module 	<ul style="list-style-type: none"> I/O-Erweiterung für SCALEXIO-FPGA-Boards Ideal für die Entwicklung und den Test von hochdynamischen Regelungen in den Bereichen elektrischer Antriebe und Leistungselektronik Sechs leistungsstarke analoge Ein- und Ausgangskanäle sowie 16 Digitalkanäle Bis zu fünf Module mit einem dSPACE FPGA Board (DS2655, DS6601, DS6602) koppelbar
DS6342 CAN Board 	<ul style="list-style-type: none"> Bus-I/O-Karte mit acht unabhängigen CAN/CAN-FD-Kanälen Ideal für Anwendungen mit einem hohen Bedarf an CAN/CAN-FD-Kanälen
DS6321 UART Board 	<ul style="list-style-type: none"> Bus-I/O-Karte mit vier unabhängig konfigurierbaren Controllern für die Kommunikationsprotokolle RS232, RS422, RS485 und K-Line Ideal für die Verbindung eines SCALEXIO-Systems mit einem Steuergerät oder einem externen Gerät über eine serielle Schnittstelle

MicroAutoBox III Embedded PC – Die ideale PC-Erweiterung für rechenintensive Aufgaben im Fahrzeug

Der neue MicroAutoBox III Embedded PC hat sowohl als PC-Erweiterung für das Echtzeitsystem MicroAutoBox III als auch als Stand-alone-PC-System alles, was für den Einsatz im Fahrzeug nötig ist. Trotz seiner Kompakt- und Robustheit bietet ein Intel® Xeon® Server-Prozessor hohe Rechenleistung für anspruchsvolle Linux®- und Windows®-basierte Aufgaben. Dazu zählen etwa Anwendungen im Bereich assistiertes Fahren (ADAS), zum Beispiel die Ausführung der Multisensor-Software RTMaps und ROS (Robot Operating System)

oder auch Infotainment- und Telematik-Anwendungen. Um die Anzahl an zusätzlich benötigten Geräten wie Laptops auf einer Testfahrt zu reduzieren, lässt sich darüber hinaus auch die dSPACE Software, darunter ControlDesk, komfortabel auf dem Embedded PC im Fahrzeug ausführen. Dies ermöglicht zudem den Anschluss von Displays oder Touchscreens für diverse Statusanzeigen und Dashboards direkt an ein MicroAutoBox-III-System. Um bereits während der Testfahrt auf interne Daten der MicroAutoBox III

zugreifen zu können, lässt sich optional ein LTE-Modul einschließlich eines GNSS-Empfängers integrieren. Somit können Daten zum Beispiel direkt an eine Cloud oder an einen anderen Server geschickt werden.

Für den Anschluss von Sensoren mit hoher Bandbreite wie Kameras stehen zwei 10-Gigabit-Ethernet-Schnittstellen (10GBASE-T) zur Verfügung. Außerdem ist es möglich, den Embedded PC mit Erweiterungen für WLAN, CAN FD und BroadR-Reach auszustatten. ■





FPGA

High-End-Simulation von Leistungselektronik – auch ohne Expertenwissen

Im Bereich der Elektromobilität stehen derzeit viele Hersteller vor der Herausforderung, Lösungen für die Ladeinfrastruktur der Zukunft zu entwickeln. Intelligent geregelte Leistungselektronik ist dabei der Schlüssel – egal ob für das Schnellladen an öffentlichen Orten oder das Laden über Nacht an der heimischen Wallbox mit der im Fahrzeug verbauten Ladetechnik. Aber wie lassen sich die Regelalgorithmen dafür effizient und mit maximaler Performance testen? Die manuelle Erstellung von Echtzeitmodellen ist meist zeitintensiv

und erfordert viel Expertenwissen. Mit dem Electrical Power Systems Simulation (EPSS) Package bietet dSPACE hierfür eine umfassende Toolbox. Egal ob komplexe Topologien oder kompakte Gleichrichter und DC/DC-Konverter: Mit der Toolbox lässt sich das echtzeitfähige Modell per Mausklick aus dem Schaltplan generieren. Die dSPACE FPGA Boards DS6601 und DS6602 ermöglichen zusammen mit den optimierten Algorithmen der EPSS Toolbox jetzt noch höhere Schaltfrequenzen und größere Modelltopologien. Für

Schaltungen mit einem besonders hohen Leistungsbedarf bietet die dSPACE Toolbox eine halbautomatische Modellaufteilung. Dabei analysieren Algorithmen die Gesamtschaltung und liefern Informationen zum Ressourcenbedarf und der Stabilität, um so die optimale Trennstelle für die Modellaufteilung zu bestimmen. Durch den Einsatz der neuen optischen High-Speed-Kommunikationschnittstelle (Multi-Gigabit Transceiver, MGT) lassen sich große Topologien dann einfach auf mehrere FPGAs verteilen. ■

dSPACE V-ECU TaskForce

Eine frühzeitige virtuelle Absicherung von Steuergeräte-Software mit PC-basierten Simulationsplattformen ermöglicht es, Entwicklungsprozesse besonders effizient zu gestalten. Durch die Unterstützung und Integration verschiedener Modellierungsansätze und Standards gelingt es, realistische Simulationsumgebungen einfach und schnell zu realisieren. Als PC-Simulationsplattform für virtuelle Steuergeräte bietet dSPACE

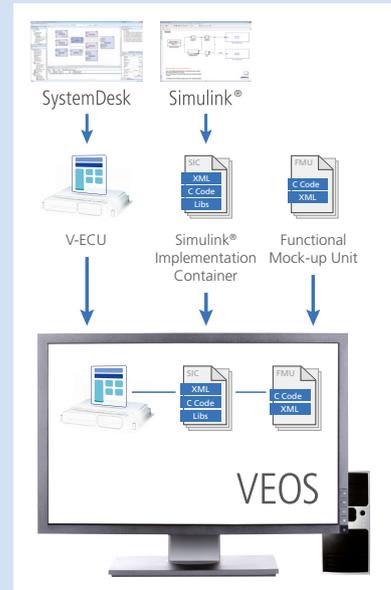
VEOS® unter anderem Mehrwerte bei der Vorverlagerung von Tests. Dabei unterstützt unsere Software eine Vielzahl von Simulationsformaten wie Simulink® Implementation Container (SIC), Functional Mock-up Units (FMU), Restbussimulationen (BSC) und virtuelle Steuergeräte (V-ECU). Durch unterschiedliche Schnittstellen wie XCP und XIL-API lässt sich die Simulation dabei komfortabel instrumentieren.

Unsere langjährige Erfahrung im Bereich der virtuellen Absicherung hat uns gezeigt, dass die Herausforderungen nicht im Betrieb der Simulation und der Testanbindung liegen, sondern in der Virtualisierung der für die Simulation benötigten Artefakte. Insbesondere bei der Generierung der virtuellen Steuergeräte ergeben sich durch die unterschiedlichen Ausbaustufen einer V-ECU auch unterschiedliche Prozesse und Work-

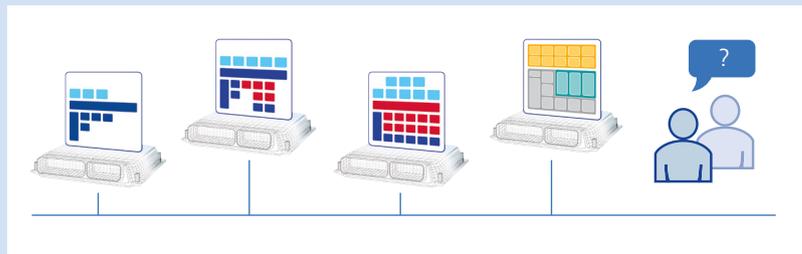
>>

flows. Ist die Erstellung einer V-ECU mit lediglich der Applikationssoftware (Level 1) noch verhältnismäßig einfach, können sich bei einer V-ECU auf MCAL-Ebene (Level 3) erhebliche Abhängigkeiten von Applikations- und Basissoftware zur darunterliegenden Hardware ergeben. Neben den technischen Herausforderungen, die es bei der Erstellung von V-ECUs zu bewältigen gilt, kommen durch die unterschiedlichen Software-Verantwortlichen eines Steuergerätes bei der Virtualisierung zusätzliche politische und prozesstechnische Abhängigkeiten ins Spiel. Ist zum Beispiel der OEM typischerweise nur für ein Teil der Applikationssoftware verantwortlich, können weite Teile der Applikationssoftware, und insbesondere auch oftmals überwiegende Teile der Basissoftware, von unterschiedlichen Zulieferern stammen. Ist das System Under Test (SUT) beim HIL (Hardware-in-the-Loop)-Test die reale ECU, besteht das SUT im SIL (Software-in-the-Loop)-Test nun aus einer Vielzahl von Artefakten, die nur einen Teil der realen ECU repräsentieren und die es nun gilt, in eine V-ECU zu überführen. Insbesondere bei der Vorverlagerung von Tests ergeben sich für den Tester von HIL zu SIL große Herausforderungen, da sich die für die V-ECU beteiligten Akteure vom typischen HIL-Test unterscheiden. Um unsere Kunden bei der erfolgreichen Bewältigung dieser Herausforderungen zu unterstützen, hat dSPACE eigens eine V-ECU-TaskForce gegründet. Unser Anspruch ist es, unsere Kunden zu einem erfolgreichen Start mit unserer SIL-Toolkette zu verhelfen und insbesondere bei der Generierung von V-ECUs zu unterstützen. Dazu haben wir ein schnell einsatzfähiges und flexibles

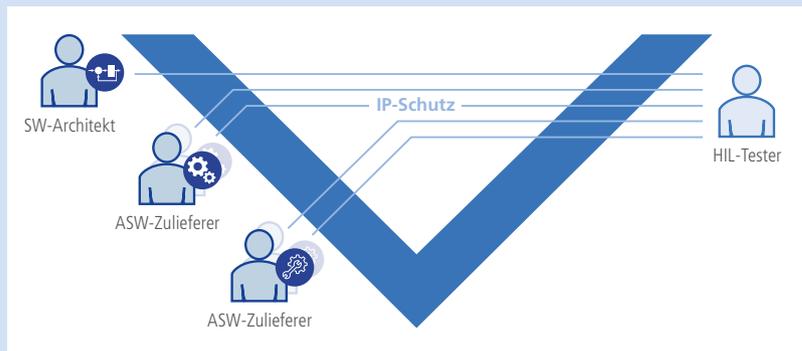
Team aus technischen Experten der Produktentwicklung und unseren Engineering Services aufgestellt, das viel Erfahrung mit dem V-ECU-Workflow selbst, aber auch mit prozesstechnischen Herausforderungen bei unterschiedlichen Akteuren bietet. Das Angebot der V-ECU TaskForce erstreckt sich dabei aber nicht nur auf die Unterstützung der Generierung von V-ECUs, sondern auch auf die Integration einer V-ECU bzw. SIL-Toolkette in den Testprozess. Die V-ECU TaskForce steht unseren Kunden ab sofort zur Verfügung und kann über Ihren Vertriebsansprechpartner oder direkt unter V-ECU_TaskForce@dspace.de kontaktiert werden. ■



VEOS verarbeitet Daten aus einer Vielzahl von Quellen.



Eine saubere Trennung zwischen Hardware- und Software-Schicht, wie es beispielsweise AUTOSAR, vorsieht ist dabei meist nur ein Ideal.



Bei der Absicherung in den SIL-Tests interagieren andere Akteure als bei den HIL-Tests, wodurch sich auch neue Herausforderungen ergeben.



Unsere Lösungen kommen an:

In den letzten Monaten durften wir für und mit unseren Kunden zahlreiche Lenkungs- und Bremsprüfstände realisieren.

dSPACE



Mit uns wird Mobilität noch schneller elektrisch.

Visionen im Bereich E-Mobilität setzt dSPACE schnell und zuverlässig um, weil wir mit den besonderen Anforderungen elektrischer Antriebe schon seit langem vertraut sind. Für die Entwicklung und den Test von Elektromotoren, Batteriesystemen, Brennstoffzellen und Ladeinfrastrukturen bieten wir Kunden in aller Welt eine innovative, skalierbare Toolkette – aus einer Hand.

So wird E-Mobilität noch schneller zur echten Alternative. www.dspace.com

dSPACE