

dSPACE MAGAZIN

2/2019



ZF – Realistische Sensorsimulation für ein autonomes, KI-basiertes Fahrzeug | Seite 6

Sebastian Thrun – Vom autonomen Fahrzeug zum Flugtaxi | Seite 50

Hyundai Mobis – Erweiterte Realität verbessert die Absicherung | Seite 14

Elektrischer Stadtbus



„Das Hochvolt-Testsystem von dSPACE ermöglicht es uns, einen Elektromotor und eine Batterie präzise im vollen Leistungsbereich nachzubilden. Dadurch können wir Leistungssteuergeräte unter realen elektrischen Bedingungen zuverlässig testen.“

Andreas Cleven, CTO, Avantest GmbH & Co. KG



Elektrischer Bus mit freundlicher Genehmigung der Stadtwerke Münster.

Elektromobilität nimmt insbesondere in urbanen Räumen und Metropolen Fahrt auf. Hier bieten elektrische Stadtbusse die gewünschte emissionsarme Mobilität. Eine hohe Verfügbarkeit der Busse ist im öffentlichen Nahverkehr unabdingbar. Daher müssen neue Antriebssysteme besonders gründlich getestet werden.

Das Unternehmen Avantest aus dem nordrhein-westfälischen Alsdorf bietet eine Servicedienstleistung für die Absicherung der Leistungselektronik und elektrischen Systeme an. Dafür ist das Testlabor mit einer elektronischen Hochvolt-Testsystem von dSPACE ausgestattet. Mit diesem System lassen sich die Motoren und die Batterie elektrischer Fahrzeuge, wie die des hier gezeigten Busses, auf Leistungsebene emulieren, und so die Steuergeräte einschließlich der Leistungselektronik mit präzisen realen Spannungen und Strömen testen.



„Mit KI und Simulation beschleunigen wir die Entwicklung des autonomen Fahrens.“

Liebe Leserinnen und Leser,

in unserer neuen Ausgabe des dSPACE Magazins stehen die großen, zum Teil disruptiven Veränderungen der Mobilität im Mittelpunkt.

So zeigt Dr. Dirk Walliser, Leiter der Forschung und Entwicklung von ZF, in einem Interview die für ZF wichtigsten Erfolgsfaktoren auf, um sich frühzeitig neue Märkte wie autonomes Fahren zu erschließen. Im Fachartikel auf Seite 6 gibt uns ZF zudem einen spannenden Einblick in die Entwicklung und Absicherung einer autonom fahrenden Technologieplattform, ausgestattet mit künstlicher Intelligenz. Dabei setzt das Unternehmen auf Lösungen von dSPACE: Mit unseren Systemen wird – weltweit einzigartig – eine realistische, virtuelle 3D-Szenerie für über 20 Radar-, Lidar- und Kamerasensoren in Echtzeit simuliert. Diese gemeinsamen Erfolge zeigen, dass wir mit dem Ausbau unserer Entwicklungs- und Testlösungen auf dem richtigen Weg sind.

Die konkreten Projekte der Autoindustrie zum autonomen Fahren verdeutlichen, welche hohen Investitionen erforderlich sind, bis ein Fahrzeug selbstständig und sicher durch eine Großstadt manövriert. Weil mit vereinten Kräften und abgestimmt vieles zielgerichteter erreicht werden kann, haben sich in Deutschland die Innovationsführer zusammengeschlossen und im Projekt PEGASUS ein Vorgehen definiert, mit dem eine einheitliche Bewertung

und Absicherung der Fahrfunktionen auch international möglichst effizient erfolgen kann. Auch wir haben unser Know-how und unsere Tools dazu beigesteuert und vor einigen Wochen gemeinsam mit den Partnern die Ergebnisse präsentiert. Im Projekt wurde auch deutlich, dass gerade die virtuelle Absicherung für diese komplexen Anforderungen unabdingbar ist. Dafür lieferten unsere Simulationsmodelle und die PC-basierte Simulationsplattform VEOS einen wertvollen Beitrag.

Beim Thema Absicherung durch Simulation setzt auch Sebastian Thrun an, Ex-Stanford-Professor, Gründer von Waymo und CEO des Silicon-Valley-Start-ups Kitty Hawk, das an fliegenden Autos arbeitet. Im exklusiven Interview mit dem dSPACE Magazin betont er die zentrale Bedeutung von virtuellen Tests sowie von KI-Expertise für die schnelle Entwicklung von Funktionen für das autonome Fahren. dSPACE setzt hier einen strategischen Fokus. Unsere Position als Referenz für industrieerprobte Validierungssysteme stärken wir konsequent. Und den Bereich KI sowie das zugehörige Team bauen wir kontinuierlich aus.

Ich wünsche Ihnen eine spannende Lektüre.

Martin Goetzler

ZF | SEITE

6

HITACHI AUTOMOTIVE
SYSTEMS | SEITE

18

BERNER FACH-
HOCHSCHULE | SEITE

30

IMPRESSUM

dSPACE MAGAZIN wird periodisch herausgegeben von:

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

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

Gestaltung und Layout:
Jens Rackow, Sabine Stephan

Druck:
Media-Print GmbH, Paderborn

Titelfoto: Hyundai

© 2019 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



MAGNETI MARELLI | SEITE

22



IUPUI | SEITE

34

3 EDITORIAL

Kundenanwendungen

6 ZF

AI-in-the-Loop

Neues Testsystem zur Absicherung eines autonomen, KI-basierten Fahrzeugs mittels realistischer Sensorsimulation

14 HYUNDAI MOBIS

Erweiterte Realität

Fahrerassistenzsysteme mit synchronen virtuellen und realen Testfahrten absichern

18 HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS

Autonom in 3D

Erzeugen von Stereobildern für autonome Testfahrten mit einer Stereokamera als Beobachter

22 MAGNETI MARELLI

Intelligente Automatisierung

Mehr Qualität und Effizienz dank automatischer Testumgebung für Karosseriesteuergeräte

26 GEELY

Faszinierend modular

Geely und Volvo entwickeln auf ihrer Plattform „Compact Modular Architecture“ gemeinsam die Fahrzeuge von morgen

30 BERNER FACHHOCHSCHULE

Geben und Nehmen

Lastflussmanagement für Prosumer-Haushalte im Labor nachgebildet

34 IUPUI

Mit Geschwindigkeit zu mehr Sicherheit

Entwicklung von Algorithmen für autonomes Fahren, die schnell und präzise auf die wahrgenommene Umgebung reagieren

Produkte

40

SCALEXIO AUTOBOX

SCALEXIO-Power für den Kofferraum

Neue Funktionen frühzeitig im realen Fahrversuch erleben und testen

42

SENSOR SIMULATION

Kino für Sensoren

Aktuelle dSPACE Entwicklungen für das autonome Fahren

46

TARGETLINK

20 Jahre TargetLink

Vom hocheffizienten Seriercodegenerator zur agilen modellbasierten Softwareentwicklung

Business

50

SEBASTIAN THRUN

Fliegende Autos werden Realität

Laut Sebastian Thrun wird in wenigen Jahren jeder von uns KI im Job nutzen

54

PEGASUS

Pegasus-Projekt

Mit simulationsbasierten Tests autonome Fahrfunktionen schneller absichern

Kurz Notiert

56

SCALEXIO: neueste FPGA-Technologie für erweiterte Elektromobilitätsanwendungen

SIL-in-the-Cloud

57

V2Cloud-Anwendungen realitätsnah testen

58

Autonomes Fahren mit elektronischem Horizont in HD



PEFC zertifiziert

Dieses Produkt stammt aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern und kontrollierten Quellen

www.pefc.de



Klimaneutral
Druckprodukt

ClimotePartner.com/53446-1906-1001

AI-in-the- Loop

Neues Testsystem zur Validierung eines autonomen, KI-basierten Fahrzeugs mittels realistischer Sensorsimulation

Eine spannende Herausforderung: Wie gelingt es, ein Fahrzeug zu validieren, dessen Steuerung selbstständig Entscheidungen trifft? ZF löst diese Aufgabe mit einem Mix aus klassischer HIL-Technologie und sensorrealistischer Umfeldsimulation. Das dafür konzipierte Testsystem basiert auf der dSPACE Werkzeugkette.

Ein herkömmliches fahrgesteuertes Fahrzeug mit hohem Qualitäts- und Komfortniveau auf die Straße zu bringen, ist nur mit erheblichem Aufwand in Entwicklung und Validierung möglich. Insbesondere, da auch immer Kosten- und Zeitziele zu erreichen sind. Die Einführung autonomer Transportsysteme hebt die Anforderungen an die Qualitäts-, Effizienz- und Sicherheitsziele in völlig neue Dimensionen. Die daraus entstehende Komplexität in der Entwicklung ist nur mit besonders schlanken Methoden und Werkzeugketten beherrschbar. Schließlich geht es nicht nur darum, autonome Funktionen erfolgreich auf die Straße zu bringen, sondern diese

ausfallsicher unter verschiedensten Wetter-, Verkehrs- und Sichtverhältnissen nutzen zu können.

Autonome Technologieplattform

ZF treibt die Entwicklung einer Technologieplattform für einen autonomen, batterieelektrischen People Mover voran. Damit unterstreicht ZF seine umfangreichen Kompetenzen als Systemarchitekt für das autonome Fahren. Dazu nutzt der Technologiekonzern sein enges Kompetenznetzwerk – gerade bei der Ermittlung und Verarbeitung von Umfeld- bzw. Sensordaten. Das Projekt demonstriert auch die Leistungsfähigkeit und Praxistauglichkeit des erst vor einem Jahr von

ZF und NVIDIA vorgestellten Supercomputers ZF ProAI. Dieser agiert als zentrale Steuereinheit im Fahrzeug. Ziel ist eine Systemarchitektur, die je nach Einsatzzweck, verfügbarer Hardware-Ausstattung und gewünschtem Automatisierungslevel skalierbar ist und auf beliebige Fahrzeuge übertragen werden kann.

Aufbau des autonomen Systems

Für die Umfelderkennung ist das Fahrzeug mit sechs Lidar-, sieben Radar- und zwölf Kamerasensoren ausgestattet. Für die exakte Positionsbestimmung sorgt ein Global Navigation Satellite System (GNSS). Alle Sensordaten werden im zentralen Steuerge-



rät ZF ProAI zusammengeführt. Hier erfolgt die Datenvorverarbeitung und -auswertung mit den typischen Schritten Perzeption, Objektidentifizierung und Datenfusionierung sowie die Berechnung der Fahrstrategie. Daraus abgeleitet werden Signale für die Ansteuerung der Aktuatoren (Lenkung, Antrieb, Bremse) generiert. Die Analyse der Sensordaten übernehmen Algorithmen, die zum Teil auf künstlicher Intelligenz (KI) basieren. Diese KI-Software beschleunigt vor allem die Datenanalyse und präzisiert die Objekterkennung. Dabei geht es darum, aus der Fülle der Daten wiederkehrende Muster in den Verkehrssituationen zu erkennen, etwa einen Fußgänger, der die Fahrbahn überqueren will.

Konzept für die Validierung

Ein wichtiger Validierungsschritt von Steuergeräten ist der Integrationstest, bei dem ein Steuergerät zusammen mit allen Sensoren, Aktoren und der Elektrik/Elektronik (E/E)-Architektur des Fahrzeugs geprüft wird. Diese ganz-

heitliche Betrachtung dient der vollständigen Absicherung aller Fahrfunktionen inklusive der beteiligten Komponenten (Sensoren, Aktoren) sowie einer Beurteilung des Fahrzeugverhaltens. Für Integrationstests hat sich das Hardware-in-the-Loop (HIL)-Verfahren bewährt. Eine entsprechende Testlösung ist als Absicherungsschritt im Entwicklungsprojekt vorgesehen.

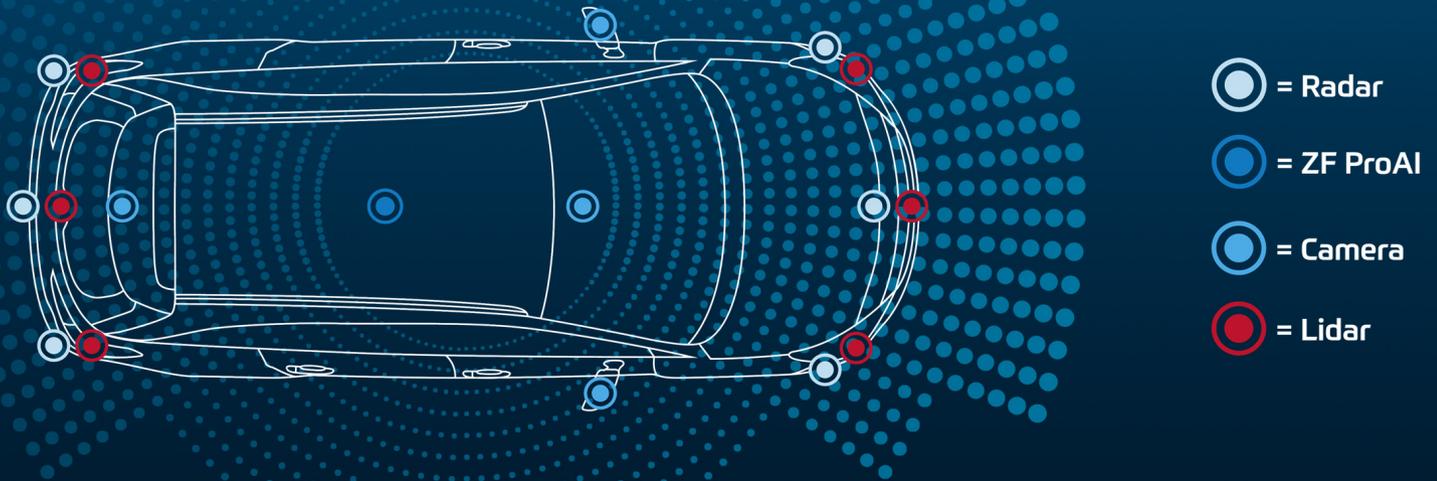
Konzept für den HIL-Simulator

Gemeinsam mit dSPACE entstand ein Konzept für einen HIL-Simulator. Mit dem auf SCALEXIO-Technologie ba-

sierenden System wird eine Gesamtfahrzeugsimulation realisiert, die neben Lenkung, Bremse und dem elektrischen Antrieb die Fahrdynamik sowie sämtliche Sensoren umfasst. Für die Eingangsseite des Steuergeräts stellt der Simulator alle Sensorsignale zur Verfügung, für die Ausgangsseite bietet er eine Restbussimulation sowie die notwendige I/O zum HIL-Betrieb der Fahrzeugaktuatorik. Um dieses realitätsnah abzubilden, werden Fahrzeug und Fahrdynamik mit der Toolsuite ASM (Automotive Simulation Models) simuliert – dies geschieht so- >>

Künstliche Intelligenz

Künstliche Intelligenz (KI) ist ein Teilgebiet der Informatik, das sich mit der Automatisierung intelligenten Verhaltens und dem maschinellen Lernen befasst. Im Allgemeinen bezeichnet künstliche Intelligenz den Versuch, bestimmte Entscheidungsstrukturen des Menschen nachzubilden, indem zum Beispiel ein Computer so gebaut und programmiert wird, dass er relativ eigenständig Probleme bearbeiten kann.



Exemplarische Darstellung der Sensorarchitektur des autonomen Fahrzeugs.

Bildnachweis: © ZF

wohl für die Sensoren als auch für das Fahrzeug in Echtzeit. Dadurch ergibt sich eine besondere Herausforderung, weil KI-Systeme per se über keine „harten“ Echtzeiteigenschaften und linearen Abhängigkeiten verfügen. Das KI-Steuergerät wird deshalb zwischen den synchronisierten Simulatoren für die Sensorik und Aktuatorik „aufgehängt“ und damit genau wie unter Realbedingungen im Fahrzeug betrieben.

Emulation der Sensoren

Das Steuergerät ZF ProAI ist so aufgebaut, dass es primär alle Sensorrohdaten direkt verarbeitet. Zusätzlich werden die Sensordaten auch in Form von Objektlisten eingelesen. Die Objektlisten werden von dem Modell ASM Traffic im Rahmen einer Ground-Truth-

Simulation des Umgebungsverkehrs zur Verfügung gestellt. Für die Rohdaten müssen alle Sensoren mit dem Simulator so realistisch emuliert werden, wie es den tatsächlichen physikalischen Gegebenheiten entspricht.

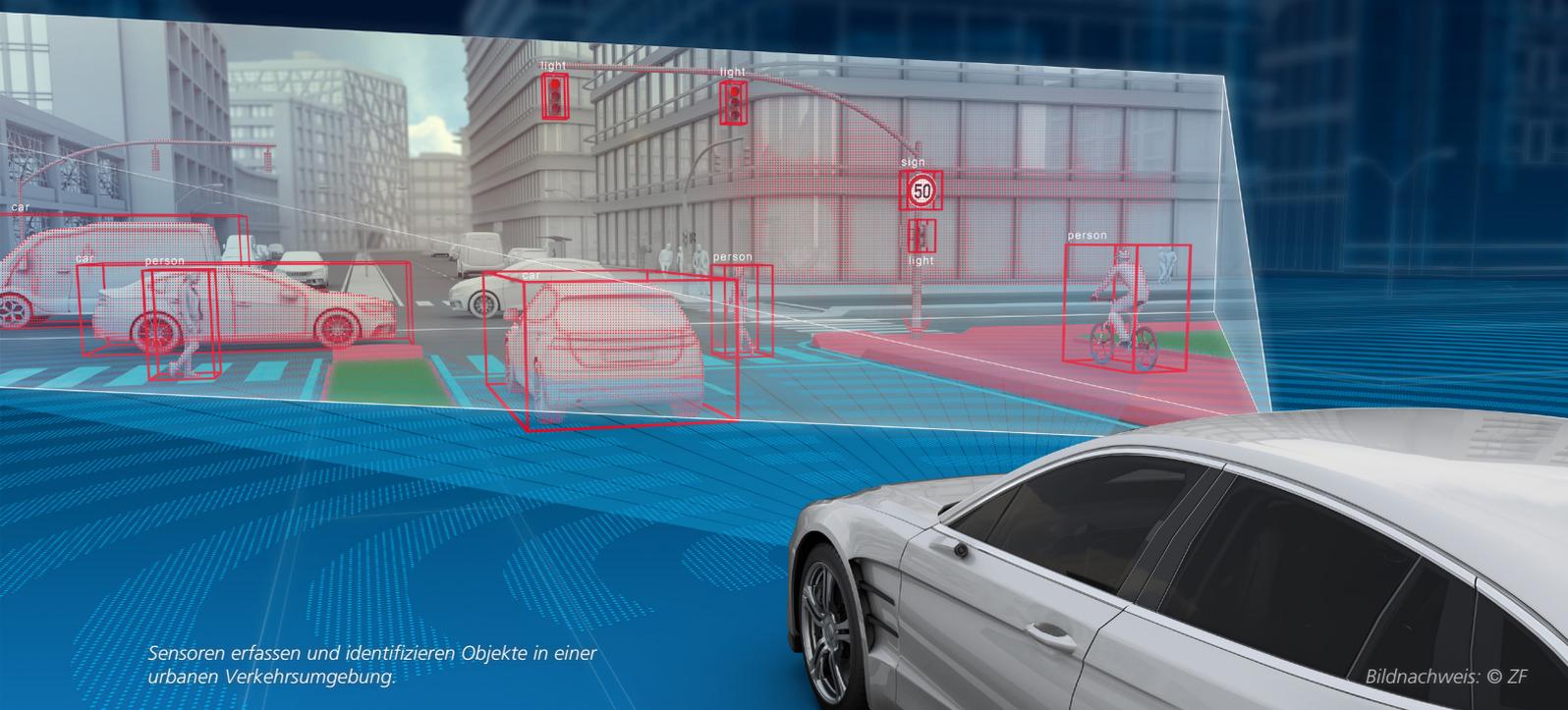
Hochgenaue Sensorumfeldsimulation

Um Sensorrohdaten zu generieren, sind Modelle erforderlich, die basierend auf definierten Testszenarien das Sensorumfeld physikalisch korrekt dargestellt berechnen. Dafür kommen die physikalischen Radar-, Lidar- und Kameramodelle aus der Werkzeugkette von dSPACE zum Einsatz. Diese hochgenauen und hochauflösenden Modelle berechnen die Übertragungsstrecke zwischen der Umgebung und

dem Sensor, inklusive Sensor-Frontend. Im Raytracer der Radar- und Lidarmodelle ist die gesamte Übertragungsstrecke von Sendeeinheit zu Empfangseinheit abgebildet und sie unterstützen Mehrwegeausbreitung. Dabei werden parallel mehrere Millionen Strahlen ausgesendet; die genaue Anzahl hängt von der jeweiligen 3D-Szene ab. In beiden Modellen werden die Reflexion und die Streuung von komplexen Objekten physikalisch berechnet. Zudem ist die Anzahl der „Hops“ bei der Mehrwegeausbreitung einstellbar. Das Lidarmodell ist sowohl für Flash- als auch für Scanning-Sensoren ausgelegt. Das Kameramodell berücksichtigt unterschiedliche Linsentypen und optische Effekte wie chromatische Aberration oder Schmutz auf der Linse. Alle Mo-

Die Plattform für die Sensoremulation: Die Simulation der Sensordaten erfolgt auf dem Sensor Simulation PC; mit der Environment Sensor Interface Unit (ESI Unit) werden die elektrischen Signale genau so aufbereitet, wie sie auch reale Sensoren zur Verfügung stellen.





Sensoren erfassen und identifizieren Objekte in einer urbanen Verkehrsumgebung.

Bildnachweis: © ZF

„Um das KI-basierte Steuergerät unserer autonomen Technologieplattform so früh wie möglich im Verbund mit den Sensoren und Aktoren abzusichern, setzen wir auf die leistungsfähige Werkzeugkette von dSPACE.“

Oliver Maschmann, ZF

delle sind so komplex, dass für die Echtzeitberechnung Modellbestandteile auf Grafikprozessoren ausgeführt werden müssen. Diese Rechenaufgabe löst der mit einer NVIDIA P6000 ausgestattete Sensor Simulation PC, der nahtlos in das Echtzeitsystem von dSPACE eingebunden ist.

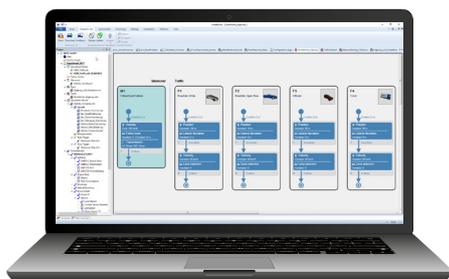
Generierung der Testszenarien

Das A und O bei den Tests für autonome Fahrzeuge ist das Generieren geeigneter virtueller Fahrszenarien, mit denen sich die Funktionen für das

autonome Fahren zuverlässig testen und absichern lassen. Für diese Aufgabe wird der Scenario Editor eingesetzt. Mit ihm lässt sich komplexer Umgebungsverkehr mit einfachen grafischen Methoden erstellen. Diese Szenarien setzen sich aus den Manövern eines Ego-Fahrzeugs (zu testendes Fahrzeug inklusive der Sensorik), den Manövern des Umgebungsverkehrs und der Infrastruktur (Straßen, Verkehrszeichen, Randbebauung etc.) zusammen. So entsteht eine virtuelle realistische 3D-Welt, die von den Fahrzeug-

sensoren erfasst wird. Die flexiblen Definitionsmöglichkeiten eröffnen Tests, beginnend bei der exakten Umsetzung standardisierter EuroNCAP-Vorgaben bis hin zu individuell aufgebauten, komplexen Szenarien in beispielsweise urbanen Räumen. Die Echtzeitsimulation der 3D-Welt inklusive der 3D-Objekte der Fahrzeuge und den Sensorumfeldmodellen für Radar, Lidar und Kamera erfolgt mit ASM. Die Trajektorien der Verkehrsteilnehmer werden mit dem Verkehrsmodell ASM Traffic simuliert. >>

Für die Parametrierung und Szenariogenerierung mit ModelDesk, inklusive Scenario Editor (links), sowie die visuelle Ausgabe der simulierten Testfahrten mit MotionDesk (rechts) stehen leistungsfähige Arbeitsstationen zur Verfügung.



Die beiden Aufbauten enthalten alle Komponenten für die Sensorsimulation: SCALEXIO-Echtzeitplattform, Sensor Simulation PCs und ESI Units. Das zu testende Steuergerät ZF ProAI ist im Einschub links untergebracht. Der Simulator für die Aktuatorik ist hier nicht dargestellt.



Komponenten der Sensorsimulation

Die Sensorumfeldsimulation in Echtzeit wird mit folgenden Komponenten realisiert:

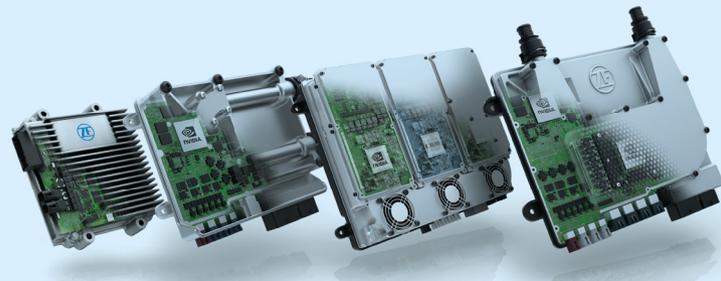
Typ	Anzahl	ESI Unit	Sensor Simulation PC
Lidar	6	1	1
Radar	7	1	4
Kamera	12	3	3

ZF ProAI

Die ZF ProAI ermöglicht hohe Rechenleistung und künstliche Intelligenz (KI) für Funktionen, die das automatisierte Fahren ermöglichen. Sie nutzt eine extrem leistungsfähige und skalierbare NVIDIA-Plattform, um Signale von Kameras sowie Lidar-, Radar- und Ultraschallsensoren zu verarbeiten. Sie versteht in Echtzeit, was rund um das Fahrzeug geschieht und sammelt Erfahrungen durch „Deep Learning“.

Vorteile

- KI-fähig
- Rechenleistung je nach Modell bis zu 150 TeraOPS (= 150 Billionen Rechenoperationen pro Sekunde)
- Funktionen für automatisiertes und autonomes Fahren
- Hohe Skalierbarkeit für Schnittstellen und Funktionen



Bildnachweis: © ZF

Absicherung des autonomen Fahrzeugs

Mit dem hier dargestellten HIL-Simulatorverbund lässt sich das Gesamtfahrzeugverhalten der virtualisierten Technologieplattform unter Bedingungen untersuchen, die elementar für die weitere Entwicklung sind. Dazu gehören Szenarien, die sich in Einsatzbereichen abspielen, in denen die ersten ausgelieferten Fahrzeuge vollständig autonom ihren Weg finden. Mit

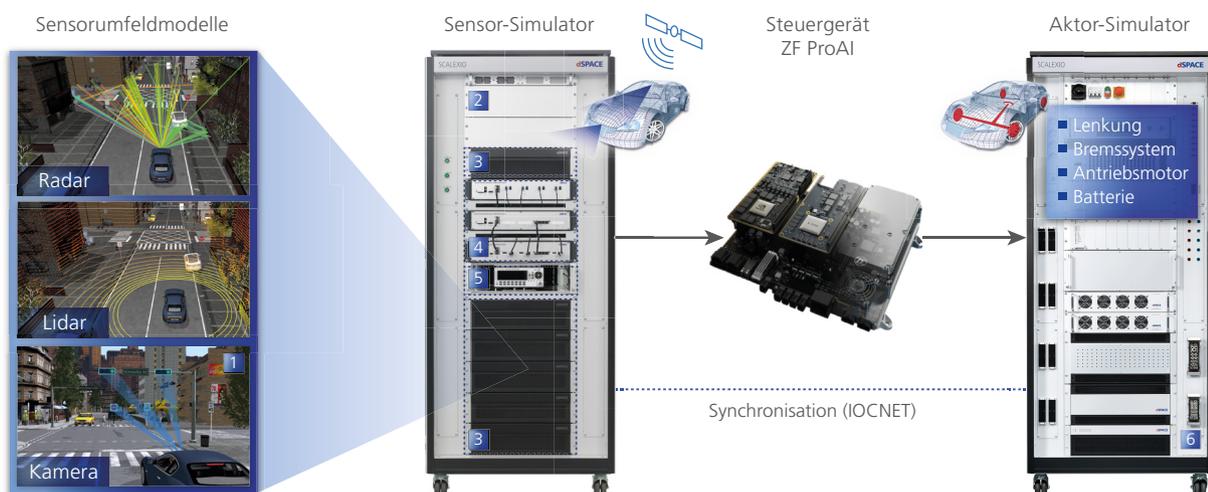
dem Simulator müssen sie eine sichere Fahrzeugführung selbst dann beweisen, wenn nicht vorhersehbare Ereignisse eintreten – und das zum Beispiel auch bei Regen, Schnee oder Glätteis. Hinzu kommen typische HIL-Testmethoden wie Fehlereinspeisungen im Bereich des E/E-Systems, also Kabeldefekte, Kurzschlüsse oder Störungen der Bussysteme. Mit diesen umfassenden und stetig ausbaubaren Testkatalogen lässt sich eine effiziente funktio-

nale Absicherung des sicherheitskritischen, autonomen Systems gewährleisten.

Bewertung und Ausblick

Mit dem installierten Testsystem können wichtige Szenarien zur Absicherung des zentralen Steuergerätes und des gesamten Fahrzeugs ausgeführt werden. Dazu gehören insbesondere Corner Cases, wie zum Beispiel Notbremsmanöver, die sich bei realen >>

Der HIL-Simulator generiert synchron in Echtzeit das Umfeld von Radar-, Lidar- und Kamerasensoren inklusive deren Front-end und stellt es dem Steuergerät ZF ProAI zur Verfügung. Abhängig von der Fahrstrategie steuert ZF ProAI die simulierten Aktoren.

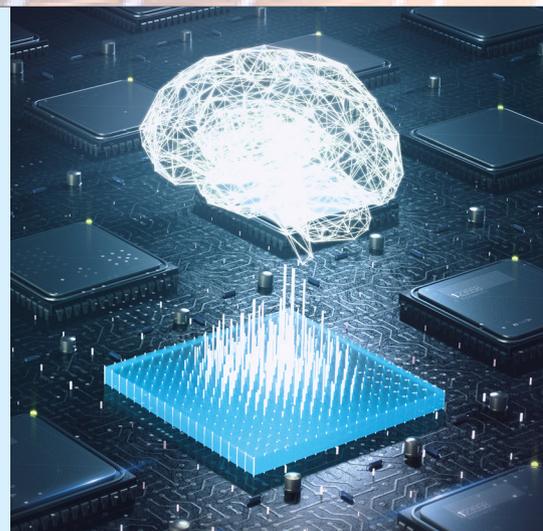


- 1) Sensorumfeldmodelle: Berechnen das vom Sensor erfasste Umfeld inklusive des Sensor-Front-ends mit einem hohen Maß an Realismus und einer hohen Auflösung
- 2) SCALEXIO + ASM Traffic: Simulation des Umgebungsverkehrs
- 3) Sensor Simulation PCs: Ermöglichen eine deterministische Echtzeit-Sensorsimulation und geben die Sensorrohdaten über eine standardisierte Grafikschnittstelle aus

- 4) ESI Units: Bereiten die Rohdaten synchronisiert für die individuellen Anforderungen der Steuergeräteschnittstellen auf
- 5) GNSS: Stellt die Navigationskoordinaten synchronisiert bereit
- 6) SCALEXIO + ASM Vehicle Dynamics, Multi-I/O Boards, Ethernet Interface, CAN FD Interface: Simulation der Aktoren und der Fahrdynamik

Deep Learning

Am Simulator „trainieren“ die ZF-Ingenieure dem Fahrzeug unterschiedliche Fahrfunktionen an. Dabei stehen besonders urbane Situationen im Mittelpunkt: zum Beispiel die Interaktion mit Fußgängern und Fußgängergruppen vor Zebrastreifen, die Kollisionsabschätzung und das Verhalten vor Ampeln und in Kreisverkehren. Im Gegensatz zu einer Autobahn- oder Landstraßenfahrt ist es in städtischen Szenarien deutlich aufwendiger, ein gesichertes Verständnis der aktuellen Verkehrssituation zu entwerfen, das die Basis für angemessene Aktionen eines computergesteuerten Fahrzeugs bietet.



„Mit den sensorrealistischen Simulationsmodellen von dSPACE gelingt es, aus komplexen 3D-Szenarien Sensorrohdaten zu generieren, die unser Steuergerät ZF ProAI direkt verarbeiten kann. Das ermöglicht uns, komplexe, realistische Tests in frühen Entwicklungsphasen komfortabel und kosteneffizient durchzuführen.“

Oliver Maschmann, ZF

Testfahrten schwer darstellen lassen. Die sensorrealistische Umfeldsimulation ermöglicht genaue Bewertungen, wie die Sensoren ihre Umwelt erfassen und welche Auswirkungen das auf die Fahrzeugführung hat. Es lassen sich auch typische Fehlinterpretationen auswerten, wenn beispielsweise der Radarsensor von einem dicht vorausfahrenden Lkw aufgrund seines Öffnungswinkels nur noch die Räder „sieht“. Aufgrund der flexiblen Konfigurier- und Parametrierbarkeit können zum Beispiel Auswirkungen untersucht werden, die sich durch Änderungen des Sensor-Front-ends ergeben würden. Durch die vollständige Automatisierung aller Tests ist es möglich, umfang-

reiche Testkataloge auszuführen und nach Auswertung der Fehlerreports die erfolgreiche Überarbeitung in Regressionstests zu bestätigen. Zukünftig werden die Tests durch weitere in Realfahrten gewonnene Umgebungsdaten angereichert. Dabei wird die gesamte Infrastruktur, Randbebauung und der

Umgebungsverkehr mit Sensoren erfasst und dann zu einer virtuellen Testumgebung aufbereitet, in der sich das Fahrzeug bewegt. Die Generierung komplexer Tests wird dadurch weiter vereinfacht. ■

Oliver Maschmann, ZF

Auf einen Blick

Die Aufgabe

- Absicherung einer autonomen, batterieelektrischen Technologieplattform
- Test der KI-basierten Fahrzeugführung

Die Herausforderung

- Emulation aller Sensoren in Echtzeit
- Aufbau einer sensorrealistischen Echtzeitsimulation des Sensorumfelds (3D-Welt)
- Simulation des gesamten Fahrzeugverhaltens in realistischem Umgebungsverkehr

Die Lösung

- Aufbau einer Echtzeitplattform für die hochgenaue Simulation von Radar-, Lidar- und Kamerasensoren
- Echtzeitsimulation von Verkehr, Fahrdynamik und elektrischen Antrieben
- Testen mit flexibel definierbaren Szenarien in einer virtuellen 3D-Welt

Oliver Maschmann

Oliver Maschmann ist Projektleiter bei ZF in Friedrichshafen und verantwortlich für den Aufbau und Betrieb der HIL Gesamtfahrzeugprüfstände.



Autonomes Fahren

ist beherrschbar



Dr. Dirk Walliser, Senior Vice President Corporate Research and Development Innovation and Technology, der ZF Friedrichshafen AG, erklärt im Interview mit dem dSPACE Magazin, warum autonomes Fahren für das Unternehmen so bedeutend ist und wie die nächsten Schritte zur Markteinführung aussehen können.

Herr Dr. Walliser, wie wichtig ist das Thema autonomes Fahren für ZF?

Das autonome Fahren ist ein Beispiel dafür, dass Entwicklungen schneller voranschreiten, als man es noch vor wenigen Jahren gedacht hätte. Wir begreifen es als Chance, um frühzeitig mit innovativen Lösungen unsere Marktposition auszubauen. Der strategische Fokus von ZF ist folglich noch stärker darauf gerichtet, Systemanbieter für Technologien zu sein, die die Mobilität der Zukunft wesentlich beeinflussen.

Wie gehen Sie bei der Entwicklung dieser Systeme vor?

Wichtig ist es, zunächst die Marktchancen zu identifizieren, die sich aus den teilweise disruptiven Veränderungen ergeben. Die für diese Chancen definierten Systeme entstehen mit sehr

viel Agilität in der Entwicklung, gestützt auf ein erfahrenes Team mit hoher Entwicklungscompetenz. Für bestimmte Themen greifen wir auch auf vorhandene Entwicklungen und Kompetenzen von Partnern zurück. So konnten wir beispielsweise unsere neue, autonom fahrende Technologieplattform zügig aufbauen und dabei schnell einem hohen Reifegrad erreichen.

Für welche Anwendungsszenarien ist die neue autonome Technologieplattform von ZF ausgelegt?

Hier stehen Mobilitätskonzepte wie Ride-Hailing im Fokus, also autonome Shuttles, die sich per App anfordern lassen. Deren Umsetzung ist zunächst für nicht öffentliche Verkehrsräume wie Flughäfen oder große Firmengelände vorgesehen. Die Technologie unserer Plattform lässt sich natürlich für weitere Einsatzfelder wie Häfen, Tagebau, oder die Landwirtschaft nutzen.

Was ist notwendig, um auch auf öffentlichen Straßen autonom zu fahren?

Die Industrie ist in Vorleistung getreten und zeigt, dass die Technologie beherrschbar ist. Das gelingt auch durch

Absicherungssysteme, wie sie dSPACE zur Verfügung stellt. Nun muss der Gesetzgeber die notwendigen Rahmenbedingungen für die Zulassung autonomer Fahrzeuge schaffen.

Wodurch zeichnet sich das neue Testsystem von ZF zur Validierung autonomer Fahrzeuge aus?

Mit dem neuen Testsystem sichern wir das zentrale, KI-basierte Steuergerät unserer autonomen Technologieplattform ZF ProAI ab. Mittels HIL-Technologie gelingt dies in frühen Entwicklungsphasen und kosteneffizient im Verbund mit Sensorik und Aktuatorik. Wenn man so will: AI-in-the-Loop. Diese Validierung erfolgt in einer sensorrealistischen Echtzeitsimulation, d.h. in einer virtuellen 3D-Welt unter Berücksichtigung der Fahrdynamik mit flexibel definierbaren Verkehrsszenarien. Die virtuelle Umgebung stellt hierbei einen Digital Twin realer Fahrtstrecken dar und wird aus Kartendaten und hochgenauen Fahrzeugmessungen generiert.

Herr Dr. Walliser, vielen Dank für das Interview.



Vehicle-in-the-Loop (VIL):
Fahrerassistenzsysteme mit
synchronen virtuellen und
realen Testfahrten absichern

Erweiterte

Realität

Virtuelle Tests so realitätsnah zu gestalten, dass sie sich von realen Vorgängen nicht unterscheiden, ist eine der größten Herausforderungen bei der Absicherung der Fahrzeugelektronik. Hyundai MOBIS ist es gelungen, mit Hilfe der dSPACE Werkzeugkette eine Testmethodik zu implementieren, die reale und virtuelle Tests vereint und dadurch neue Möglichkeiten schafft.



Der Markt für Fahrerassistenzsysteme (ADAS) und autonomes Fahren (AD) verzeichnet ein starkes dynamisches Wachstum. Immer komplexere Fahrfunktionen, die Fahrer unterstützen oder automatisiertes Fahren ermöglichen, werden implementiert. Um geeignete Steuergeräte-Prototypen zu bauen und zu validieren, benötigen die Entwickler detaillierte und gleichzeitig vielseitige Entwicklungsmethoden. Dabei hat sich ein Prozess als erfolgreich erwiesen, der auf den Simulations- und Absicherungsmethoden Model-in-the-Loop (MIL), Software-in-the-Loop (SIL) und Hardware-in-the-Loop (HIL) basiert. Aufgrund der Komplexität der Steuerungssysteme und des engen Zusammenspiels verschiedener Steuergeräte und Aktuatoren können in bestimmten Bereichen exakte Aussagen zur Qualität und Sicherheit nur mit realen Testfahrten getroffen werden. Realfahrten sind jedoch für die Absicherung von ADAS/AD-Funktionen nur bedingt geeignet, da sich viele der durchzuführenden Testfälle aufgrund des hohen Kollisionsrisikos in der Realität nicht umsetzen lassen. Neue Testmethoden sind erforderlich, die für solche Fälle hinreichend effizient, wirtschaftlich und sicherheitsorientiert sind.

Testen mit erweiterter Realität

Wünschenswert ist eine Vorgehensweise, die die Realitätsnähe und Integrationstiefe von realen Testfahrten mit den flexiblen, nahezu unlimitierten Möglichkeiten des HIL-Verfahrens kombiniert – also eine Verbindung von realer und virtueller Welt. Diese Verbindung wird, bezogen auf visuelles

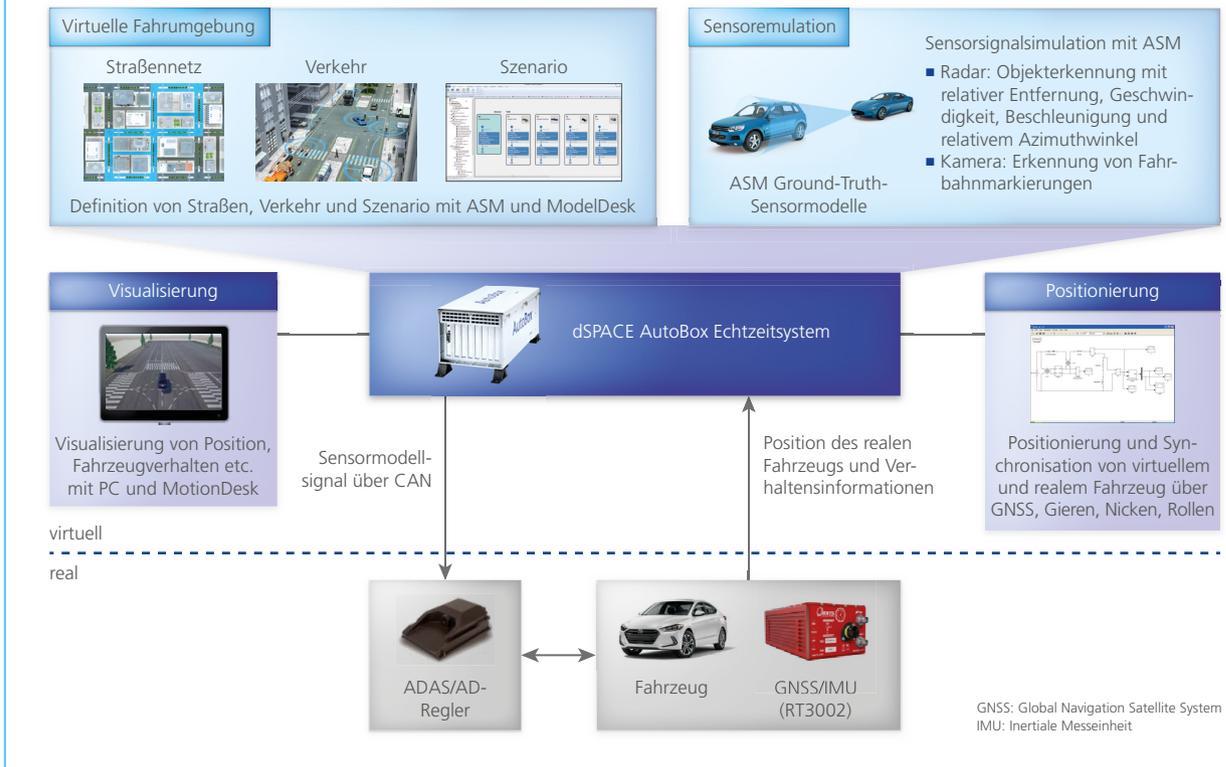
Erfassen, oft als Augmented Reality oder Mixed Reality bezeichnet. Auch beim Testen von ADAS/AD-Funktionen spielt das Erfassen eine entscheidende Rolle. Da die Funktionen ihre Eingangssignale von den Radar-, Lidar- und Kamerasensoren erhalten, liegt es nahe, die erweiterten Testmöglichkeiten über die Sensoren herbeizuführen. Konkret: Der Sensor erfasst eine virtuelle Welt und steuert dadurch ein reales Fahrzeug. Damit ist es beispielsweise möglich, ein Fahrzeug in der realen Welt mit hoher Geschwindigkeit zu fahren und gleichzeitig in der virtuellen Welt ein Kind über dieselbe Fahrbahn laufen zu lassen. Das virtuell erfasste Objekt wird dann von der ADAS/AD-Funktion ausgewertet und führt zu einer Aktion im realen Fahrzeug. Diesen Ansatz hat Hyundai MOBIS aufgegriffen und zusammen mit Experten von dSPACE und des in Korea ansässigen dSPACE Distributors Hancom MDS Inc. implementiert.

Implementierung der Testumgebung

Der Testaufbau besteht aus einem dSPACE Echtzeitsystem in Form einer AutoBox, die sich im Kofferraum des Testfahrzeugs befindet. Auf dem Echtzeitsystem wird eine komplexe Umgebungssimulation mit Fahrzeugen, Fußgängern, Verkehrszeichen, Straßenmarkierungen, Randbebauung etc. ausgeführt. Diese virtuelle Welt wird den ADAS/AD-Steuergeräten statt der realen Sensordaten zur Verfügung gestellt. Um dies zu realisieren, fährt in der virtuellen Welt ein Ego-Fahrzeug, das quasi als digitaler Klon des realen Testfahrzeugs agiert. Es ist mit den gleichen Sensoren wie >>

„Um die Vorzüge von realen und virtuellen Testfahrten zu vereinen, setzen wir bei der Absicherung von ADAS/AD-Funktionen auf die Vehicle-in-the-Loop (VIL)-Methodik. Mit einem robusten Echtzeitsystem von dSPACE konnten wir die Testmethode im Fahrzeug implementieren und erfolgreich für besonders realitätsnahe Tests nutzen.“

Teaseung Kim, Hyundai MOBIS



Aufbau des Vehicle-in-the-Loop (VIL)-Systems zur virtuell-realen Absicherung.

„Die Toolsuite ASM ermöglicht es, virtuelle Testfahrten in komplexem Umgebungsverkehr realitätsnah auszuführen und Sensordaten für die Absicherung unserer ADAS/AD-Steuergeräte zu generieren.“

Teaseung Kim, Hyundai MOBIS

das Testfahrzeug ausgestattet. Die Simulation wurde mit der Toolsuite ASM (Automotive Simulation Models) erstellt. In ASM sind Sensormodelle enthalten, mit denen man Radar-, Lidar- und Kamerasensoren in der Simulation abbilden kann. ASM ermöglicht es ebenfalls, beliebig viele Umgebungsfahrzeuge, kreuzenden Verkehr, sich frei bewegende Fußgänger etc. zu definieren und in Echtzeit zu simulieren. Die Simulation ist über eine IMU (Inertial Measurement Unit) und ein GNSS (Global Navigation Satellite System) mit dem realen Fahrzeug synchronisiert, so dass Längs- und Quermanöver aus der realen in die virtuelle Welt übertragen werden. Dadurch wird ein geschlossener Regelkreis realisiert und die Testmethodik kann als Vehicle-in-the-Loop (VIL) bezeichnet werden.

Fahrzeugtests mit VIL

Die VIL-Tests werden auf dem Hyundai MOBIS Seosan Proving Ground, einem Testgelände mit großen Freiflächen, durchgeführt. Im Fahrzeug befinden sich der Fahrer, ein Beifahrer und im Kofferraum die AutoBox. Während der Fahrt initiiert der Beifahrer Test-szenarien, deren virtuelle Sensordaten

in die realen Sensoren bzw. das ADAS/AD-Steuergerät eingespeist werden. Solche Szenarien sind beispielsweise Hindernisse, kreuzender Verkehr oder Fußgänger, die auf die Straße laufen. Also alle Szenarien, die sich in der realen Welt nicht vollständig testen lassen, weil das Kollisionsrisiko zu hoch ist oder weil sogar das Verhalten bei einer



Das mit dem VIL System ausgestattete Testfahrzeug.



Bildnachweis: © Hyundai MOBIS

Das Equipment für die Echtzeitsimulation der virtuellen Fahrzeugumgebung ist im Kofferraum installiert: Mit der AutoBox (rechts im Bild) werden Verkehrsszenarien simuliert und dann in die realen Sensoren des Fahrzeugs eingespeist.

Kollision (Crash-Punkt, Crash-Geschwindigkeit) untersucht werden soll. Als Testfälle kommen sowohl standardisierte Tests wie nach EuroNCAP zum Einsatz als auch dedizierte Tests zur Absicherung spezieller Funktionen. Dazu gehören beispielsweise Szenarien für AEB (Autonomous Emergency Braking) und LSS (Lane Support System), um die verbauten ADAS zu testen. Da bei Hyundai MOBIS schon mehrere dSPACE HIL-Systeme für die Absicherung von ADAS im Labor verwendet werden, können die dafür entwickelten Tests dank der durchgängigen dSPACE Werkzeugkette einfach für die VIL-Absicherung im Fahrzeug übernommen werden.

Innovation und Bewertung der VIL-Methodik

Die VIL-Testmethodik ermöglicht es, die Vorteile realer Testfahrten und virtueller Tests zu vereinen, mit dem Ziel, ADAS/AD-Funktionen besonders rea-

litätsnah zu testen und abzusichern. Mit VIL lassen sich Testtiefe und -umfang gegenüber herkömmlichen Testfahrten deutlich erhöhen. Dadurch reduziert sich der Testaufwand bei vergleichbaren realen Tests (mit Dummies, weiteren echten Fahrzeugen etc.). VIL-Tests lassen sich auf eine Kombination von Seriensteuergeräten und Steuergeräte-Prototypen anwenden. Die – möglicherweise nur bedingt realitätsgetreue – Modellierung der Restbussimulation entfällt vollständig, stattdessen geht das reale Verhalten von Drittanbieter-Steuergeräten in die Tests ein. Hoher Reifegrad und Realitätsnähe der Tests führen zu immer exakteren Ergebnissen, da beispielsweise die tatsächlichen Latenzen das Systemverhalten bestimmen. Durch die Wiederverwendbarkeit von Testfällen aus den Bereichen MIL, SIL und HIL entsteht eine zusätzliche, effiziente Validierungsmethodik, die sich nahtlos und durchgängig in den eta-

lierten Entwicklungsprozess einfügt. Nicht zuletzt bietet VIL alle Vorteile einer einfachen, exakten und beliebig reproduzierbaren Testausführung. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die VIL-Methodik bekannte HIL-Vorteile um fahrzeugspezifisches Verhalten ergänzt und zu neuen, besonders realitätsnahen Absicherungsmöglichkeiten für ADAS/AD-Steuergeräte führt. ■

Teaseung Kim, Hyundai MOBIS



Das Video zeigt, wie sich eine Testfahrt mit dem installierten VIL-System aus Sicht der Insassen darstellt. www.dspace.com/goldMag_20192_VIL

Teaseung Kim

Teaseung Kim ist verantwortlich für die Entwicklung der Tests von autonomen Fahrzeugen bei Hyundai MOBIS in Yongin-Shi, Südkorea.



Während der Testfahrt beobachtet der Fahrer den virtuellen Klon seines Fahrzeugs auf einem Monitor.



Erzeugen von Stereobildern für autonome Testfahrten mit einer Stereokamera als Beobachter



Autonom in 3D

Hitachi Automotive Systems hat eine Entwicklungsumgebung aufgebaut, um eine Vielzahl von Funktionen für das autonome Fahren umfassend zu testen. Besonderes Augenmerk gilt dabei den Fahrfunktionen, die auf den Tiefeninformationen einer Stereokamera basieren. Virtuelle Testfahrten werden auf einem dSPACE Simulator durchgeführt.



Dank ihrer beiden Objektive können Stereokameras Szenen als 3D-Bilder aufnehmen, genau wie das menschliche Auge.

Die Entwicklungsaktivitäten von Hitachi Automotive Systems im Bereich des autonomen Fahrens begannen 1996, wobei der Schwerpunkt zunächst auf Funktionalitäten wie autonomer Notbremsung und Spurhaltesystemen lag. Darauf folgten Anwendungen wie der autonome Spurwechsel und das langsame Überholen von Fahrzeugen. Zu den jüngsten Aktivitäten gehört ein System namens One Fail-Operational System: Fällt ein Steuergerät für autonomes Fahren aus, überträgt das One Fail-Operational System einige Funktionen auf den Mikrocontroller anderer Komponenten, zum Beispiel auf die Stereokamera, so dass das Fahrzeug vorübergehend autonom und sicher weiterfahren kann. Regelmäßig wurden echte Testfahrten durchgeführt, sowohl auf öffentlichen Straßen als auch auf künstlich angelegten Stadtstraßen auf speziellen Testgeländen. Bei den Tests auf nachgestellten Stadtstraßen wurden auch Aspekte wie die Sensorfusion untersucht, also die Fähigkeit des Fahrzeugs, durch die Kombination der Daten verschiedener Sensoren in Echtzeit ein Gesamtbild der Verkehrssituation zu erzeugen.

Die Herausforderungen des autonomen Fahrens meistern

Für die Entwicklung von Funktionen für das autonome Fahren ist es entscheidend, Fahrfunktionen in Kombination mit den zugehörigen Sensoren (Kamera, Radar etc.) nicht nur auf der Straße, sondern auch unter realen Bedingungen in simulierten Verkehrsszenarien im Labor zu testen. Dies ist unerlässlich, da es unmöglich wäre, alle relevanten Testfahrten auf der Straße durchzuführen. Millionen an Kilometern mit echten Fahrzeugen wären notwendig, um alle Verkehrsszenarien abzudecken. Manche Tests wären sogar sehr gefährlich, würde man sie mit einem echten Fahrzeug durchführen. Der Einsatz von Stereokameras erhöht die Komplexität noch weiter, denn die Stereosicht ist komplexer als die Einzellinsensicht. Um

Stereokameras zu testen, müssen zwei Bilder mit leichtem perspektivischem Versatz berechnet werden – eines für das linke Objektiv und eines für das rechte Objektiv der Stereokamera. Und über allem steht die generelle Anforderung nach immer kürzeren Entwicklungszeiten und steigender Entwicklungsqualität.

Vorteile von Stereokameras

Stereokameras haben einen entscheidenden Vorteil gegenüber Kameras mit nur einem Objektiv: Sie können Szenen als 3D-Bilder mit Tiefeninformationen aufnehmen, genau wie das menschliche Auge. Mit Hilfe einer geeigneten Software ist es dann möglich, die Bewegungsrichtung von Objekten zu analysieren und deren Bewegung für einige Sekunden vorherzuberechnen. Auf diese Weise können Stereokameras Kollisionsgefahren erkennen und so dem Fahrzeug ermöglichen, das Hindernis zu umfahren oder rechtzeitig zu bremsen.

Testaufbau für die Stereokamera

Der Aufbau zum Testen einer Stereokamera (Abbildung 1) besteht aus einem dSPACE Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulator, auf dem die Automotive Simulation Models (ASM) ausgeführt werden. Die Modelle simulieren die gesamte Verkehrssituation und erzeugen Bilder, die dann über ein Interface Board direkt in die Stereokamera eingespeist werden, das heißt, die Bilder werden nicht von der Kamera abgefilmt, sondern elektronisch in die Elektronik hinter dem Objektiv eingespeist. Das linke und das rechte Bild werden innerhalb von Mikrosekunden über das Shutter-Signal der Stereokamera synchronisiert. Diese Genauigkeit ist erforderlich, um sicherzustellen, dass die Stereokamera die Daten als realistische Informationen des ausgeführten Verkehrsszenarios interpretiert.

Aufbau des Simulators für autonomes Fahren

Um die Funktionalitäten der Stereo-

>>

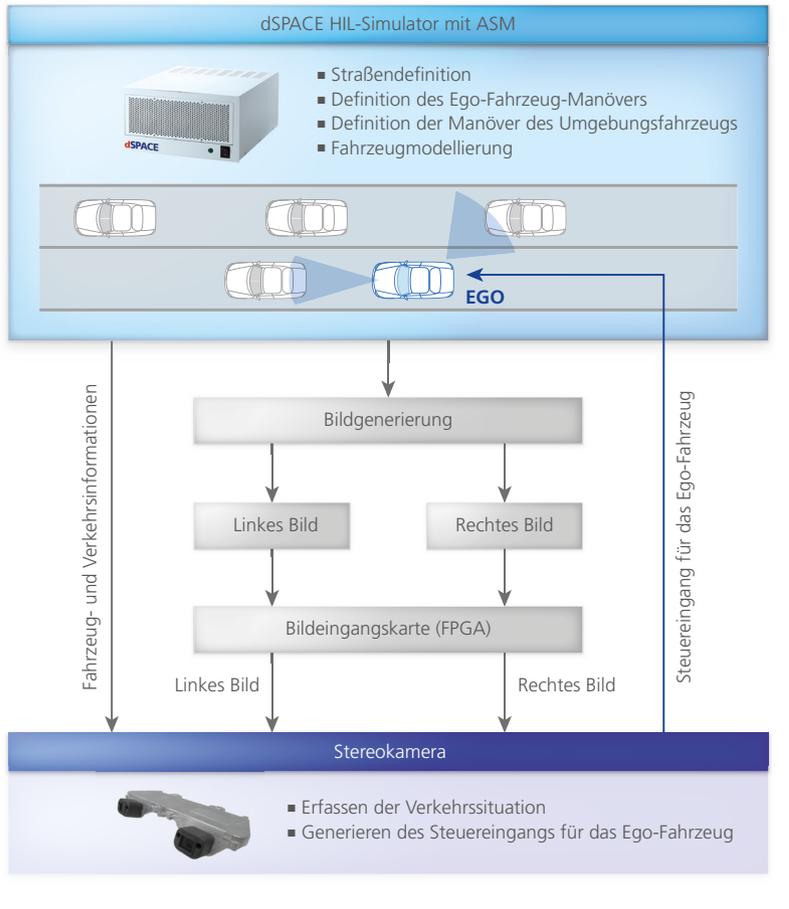


Abbildung 1: Testaufbau der Stereokamera. Er besteht aus einem dSPACE Simulator, der ein Verkehrsszenario ausführt. Auf der Grundlage dieses Szenarios werden die rechten und linken Bilder erstellt und in die Stereokamera eingespeist.

kamera im Zusammenspiel mit den anderen Sensoren in einer realistischen Verkehrssituation zu testen, wurde der Testaufbau um einen Simulator für autonomes Fahren erweitert (Abbildung 2). Zentrales Element des Aufbaus ist nach wie vor der dSPACE Simulator, der die Fahrdynamik- und Verkehrsmodelle der ASM Toolsuite ausführt. Damit ist es möglich, eine komplette, realistische Verkehrssituation mit einem Ego-Fahrzeug einschließlich der Sensoren und des Umgebungsverkehrs zu simulieren. Für die Definition und Verwaltung aller Parameter des Verkehrsszenarios setzte Hitachi Automotive Systems dabei auf ModelDesk. Mit der 3D-Animationssoftware MotionDesk wurden die Verkehrssituationen visualisiert. Diese 3D-Echtzeitanimation vermittelt dem Benutzer ein klares Verständnis des Fahrzeugverhaltens während der Fahrmanöver. Mit der Experimentiersoftware ControlDesk, die eine umfangreiche Palette an konfigurierbaren Instrumenten bietet, können alle Daten in benutzerdefinierten Layouts erfasst, aufgezeichnet und angezeigt werden. Die im Simulator erzeugten Sensordaten werden an die realen Fahrzeuggeräte, also an das Gateway und das Steuergerät für autonomes Fahren (AD), über-

„Die durchgängige dSPACE Werkzeugkette bietet die richtigen Werkzeuge, um unsere Vision eines integrierten Simulationsprozesses für Anwendungen zum autonomen Fahren effizient umzusetzen.“

Michio Morioka, Hitachi Automotive Systems



Takayoshi Chiyoda
 Takayoshi Chiyoda ist Ingenieur in der Abteilung für autonome Antriebstechnik des Advanced Mobility Development Center, Technology Development Division bei Hitachi Automotive Systems, Ltd. in Ibaraki, Japan.



Mitsugu Katayama
 Mitsugu Katayama ist Senior Engineer in der Abteilung für autonome Antriebstechnik des Advanced Mobility Development Center, Technology Development Division bei Hitachi Automotive Systems, Ltd. in Ibaraki, Japan.



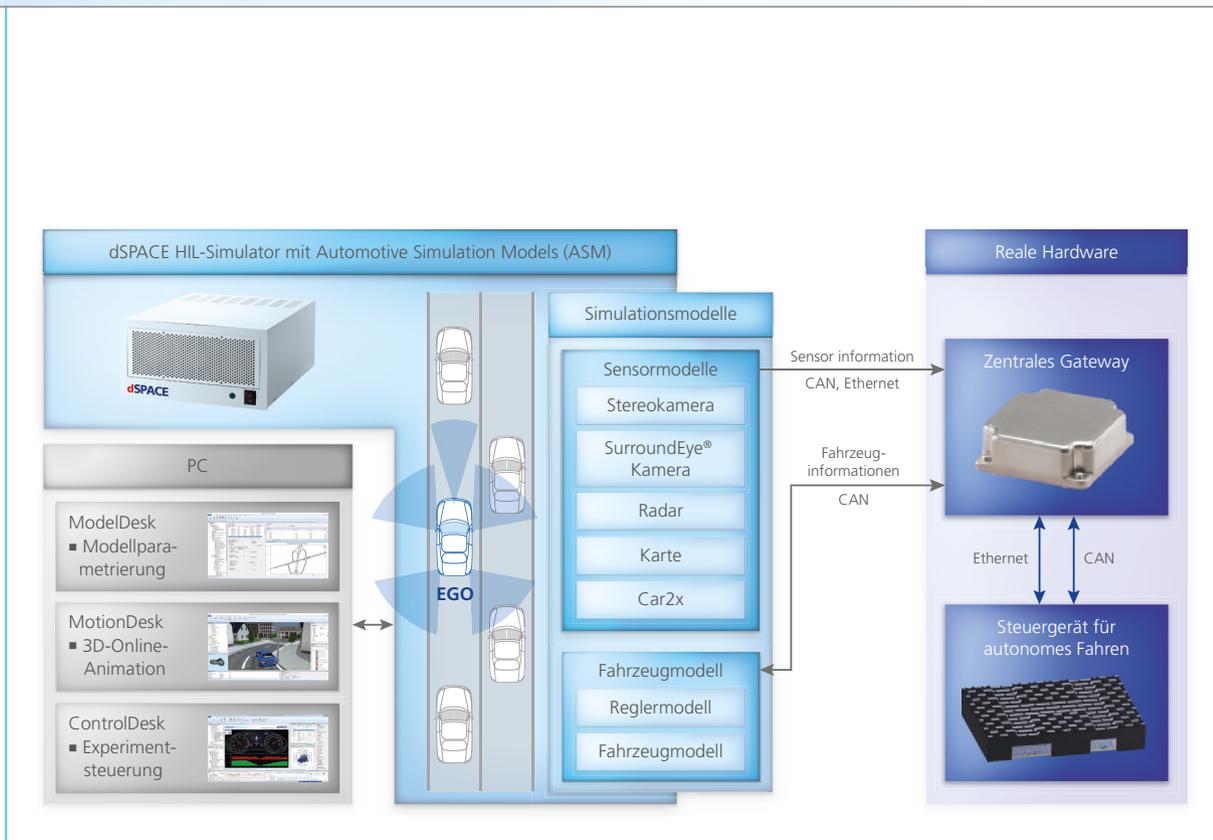


Abbildung 2: Ein mit den Automotive Simulation Models (ASM) erstelltes Verkehrsszenario wird auf einem dSPACE Simulator ausgeführt. Basierend auf dieser Simulation trifft die reale Fahrzeug-Hardware ihre Entscheidungen, die an den dSPACE Simulator zurückgespeist werden.

„Die Kombination aus einem dSPACE HIL-Simulator und ASM macht es einfach, ein detailliertes Verkehrsszenario zu erstellen und Steuergeräte für autonomes Fahren zu testen“

Ryota Mita, Hitachi Automotive Systems

tragen. Über das Gateway fließen die Sensordaten zum AD-Steuergerät, das seine Entscheidungen auf Basis des simulierten Szenarios trifft und Anweisungen gibt. Die Anweisungen werden dann an das Fahrzeugmodell auf dem Simulator zurückgeführt. Mit diesem Aufbau lassen sich komplexe Fahrfunktionen im Labor testen und validieren.

Zukunftsvision

Hitachi Automotive Systems arbeitet bereits an seiner Zukunftsvision, nämlich einem integrierten Simulationsprozess von der Szenariogenerierung über die Testautomatisierung bis zur Ergebnisanalyse. Dieser Prozess wird es ermöglichen, mehrere komplexe Szenarien in einer Cloud-Umgebung

parallel und automatisch zu erstellen und auszuführen. Ein weiterer wichtiger Aspekt wird eine erweiterte Funktion zur Analyse von Simulationsergebnissen sein. ■

Takayoshi Chiyoda, Mitsugu Katayama, Ryota Mita, Michio Morioka, Shoji Muramatsu, Hitachi Automotive Systems

Ryota Mita
Ryota Mita ist Ingenieur in der Abteilung für autonome Antriebstechnik des Advanced Mobility Development Center, Technology Development Division bei Hitachi Automotive Systems, Ltd. in Ibaraki, Japan.



Michio Morioka
Michio Morioka (PhD) war leitender Ingenieur in der Abteilung für autonome Antriebstechnik des Advanced Mobility Development Center, Technology Development Division bei Hitachi Automotive Systems, Ltd. in Ibaraki, Japan.



Shoji Muramatsu
Shoji Muramatsu (PhD) ist Abteilungsleiter in der Abteilung für autonome Antriebstechnik des Advanced Mobility Development Center, Technology Development Division bei Hitachi Automotive Systems, Ltd. in Ibaraki, Japan.

A close-up photograph of a hand turning a car's gear shifter. The shifter is black with a silver gear pattern and the word 'AUTO' visible. A futuristic digital overlay is superimposed on the image, featuring white lines and a box with the letters 'AL' in the top right corner. The background is a blurred car interior.

Mehr Qualität und Effizienz
dank automatischer Testumgebung
für Karosseriesteuergeräte

Intelligente Automatisierung

Bei Magneti Marelli haben Teams aus den USA und Italien eine neue Testumgebung für die Absicherung ihres Karosseriesteuergeräts (Body Control Module, BCM) entwickelt. Das BCM ist ein elektronisches Steuergerät, das eine Vielzahl von Zusatzfunktionen wie elektrische Fensterheber und Wegfahrsperrern steuert. Zur Unterstützung der umfangreichen Tests, die bereits in einer frühen Entwicklungsphase des BCM erforderlich sind, haben die Teams kürzlich dSPACE AutomationDesk in ihren Testprozess integriert.



Die Mobilität von morgen bringt neue technische Herausforderungen mit sich, deren Bewältigung bei Magneti Marelli hoch priorisiert wird. Seit 1919 ist der internationale Hersteller von Hightech-Systemen und -Komponenten kontinuierlich auf der Suche nach zukunftsweisenden Lösungen, die den Fortschritt und die Entwicklung in der Automobilwelt vorantreiben. Die Ambition, beim Thema Qualitätsverbesserung stets den optimalen Weg einzuschlagen und die bestmöglichen Methoden dafür zu finden, erstreckt sich auch auf die Testprozesse bei Magneti Marelli. So setzt das innovative Unternehmen im Bereich der Embedded-Elektronik jetzt auf automatisierte Testsequenzen für mehr Effizienz sowie einfachere Konfiguration, Fehlerbehebung und Wartung.

Neue Testumgebung für Karosseriesteuergeräte

In der Unternehmensgruppe für Beleuchtung und Karosserieelektronik bei Magneti Marelli Automotive Lighting haben Teams aus den USA und Italien einen effizienten Testprozess entwickelt, mit dem sich die betreffenden Testingenieure die Parameterwerte in ihren Testfällen automatisch aktualisieren lassen können. Diese neue Testumgebung mit dem Namen „Diagnosis Automatic Test Environment (DANTE)“ nutzen die Teams derzeit zur Absicherung ihres Karosserie-

steuergeräts (Body Control Module, BCM). Das BCM ist ein elektronisches Steuergerät, das den Betrieb einer Vielzahl von Zusatzfunktionen im Fahrzeug steuert, die im Zusammenhang mit der Fahrzeugkarosserie stehen. Zu diesen Karosseriekomponenten zählen zum Beispiel elektrische Fensterheber, Innenbeleuchtung, Wegfahrsperren und Zentralverriegelung. Um das Verhalten dieser elektronischen Systeme steuern zu können, kommuniziert das BCM mit anderen Steuergeräten über einen Fahrzeugbus, zum Beispiel CAN/LIN. Zudem ist es in der Lage, Fehlfunktionen in der Verkabelung oder einzelner Komponenten zu erkennen.

Funktions- und Diagnosetests

Da das BCM viele Funktionen im Fahrzeug steuert, muss es schon früh im Entwicklungsprozess ausgiebig getestet werden. Nur so lässt sich sicherstellen, dass die Funktionen der Karosseriekomponenten korrekt ausgeführt und entsprechende Anforderungen und technische Spezifikationen durchgehend erfüllt werden. Das BCM durchläuft dabei im Wesentlichen zwei Arten von Tests: Funktionstests und Diagnosetests. Beim Funktionstest werden Anforderungen in einen Test übersetzt, der dann abgesichert wird. Dies geschieht zum Beispiel, indem den beteiligten Variablen bestimmte Werte zugewiesen werden und dann geprüft wird, ob das BCM richtig

>>



„Ein wichtiger Vorteil von AutomationDesk liegt darin, Testskripte mit neuen Parametern wiederverwenden zu können.“

Basel Samman, Lighting & Body Electronics System Validation Manager bei Magneti Marelli Automotive Lighting LLC

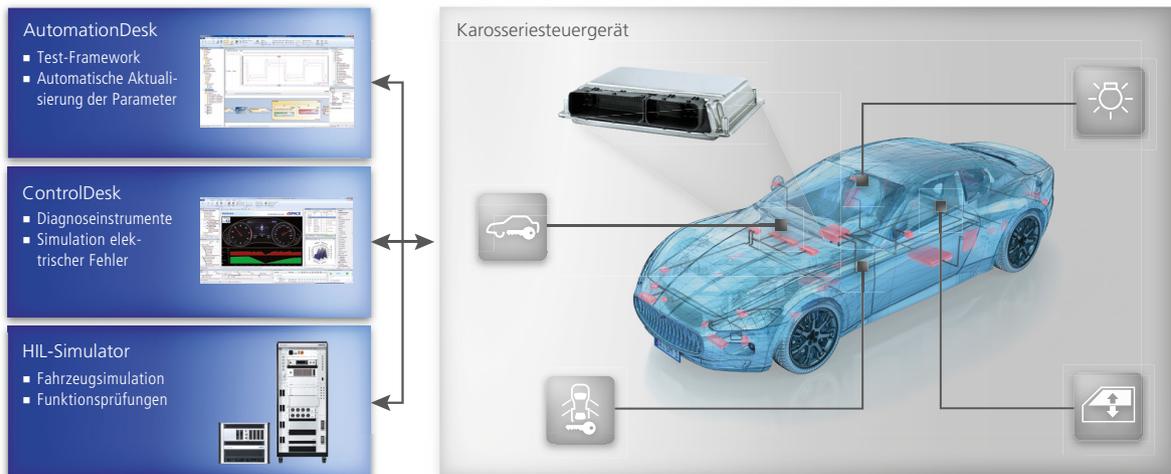


Abbildung 1: Bei Magneti Marelli werden dSPACE Werkzeuge zum Testen von Karosseriesteuergeräten (Body Control Module, BCM) eingesetzt. Das BCM steuert den Betrieb von Zusatzfunktionen, die im Zusammenhang mit der Fahrzeugkarosserie stehen. Dazu zählen beispielsweise elektrische Fensterheber, Innenbeleuchtung, Wegfahrsperren und Zentralverriegelung.

reagiert. Der Diagnosetest umfasst verschiedene Aufgaben, zum Beispiel die Überprüfung des Netzwerkverkehrs zwischen internen Funktionen und angeschlossenen Steuergeräten sowie die Gültigkeitsprüfung von Fehlercodes (Diagnostic Trouble Codes, DTCs). Genau auf diese Diagnosetests haben sich die Teams bei der Optimierung ihres Testprozesses konzentriert.

Die Lösung für effiziente Diagnosetests

Vor der Entwicklung der neuen Testumgebung DANTE hatten die Teams mit Einschränkungen in Bezug auf den Diagnosetestprozess zu kämpfen. Bei jeder Software-Änderung musste ein neuer Bibliotheksblock erstellt und dieser neu parametrieren werden. Dieser Prozess war zeitaufwendig. Um das Problem zu lösen,

führten die Teams AutomationDesk, die Testautomatisierungssoftware von dSPACE, ein und nahmen damit zwei strategische Änderungen vor:

1. Sie etablierten ein auf ihre Bedürfnisse angepasstes Test-Framework, das es den Testingenieuren ermöglicht, verschiedene Testparameter automatisch zu aktualisieren.
2. Sie automatisierten einen Prozess für den Import verschiedener Diagnoseeingabedateien mit Hilfe von Microsoft® Excel®, was die Testkonfigurationen erheblich vereinfacht.

Das Ergebnis war ein vollständig automatisierter Prozess für die Diagnosetests. „Jetzt passiert alles automatisch, da Excel Bibliotheksblöcke durchgängig parametrieren. Es müssen keine

Skripte umgeschrieben werden“, sagt Basel Samman, Lighting & Body Electronics System Validation Manager bei Magneti Marelli Automotive Lighting LLC. „Damit ist unser Testingenieur problemlos in der Lage, Absicherungsvorgänge zu schreiben, da die Testkonfiguration mit AutomationDesk weniger komplex ist. Wir haben jetzt eine einzige Testsequenz für alle Fehlercodes.“ Samman führt weiter aus, dass mit Hilfe von AutomationDesk Diagnoseeingabedateien wie DTC-Konfigurationen oder die Vector-Beschreibungsdateien CDD und DBC automatisch importiert und konfiguriert werden können. Die Testingenieure sind nun in der Lage, verschiedenste Parameter für Testsequenzen von Fehlercodes automatisch zu aktualisieren. Es besteht außerdem die Möglichkeit, CAN-



„Mit AutomationDesk werden die Fehlerbehebung und die Wartung einfacher, unabhängig von der Anzahl der Fehlercodes, die angesprochen werden müssen.“

Basel Samman, Lighting & Body Electronics System Validation Manager bei Magneti Marelli Automotive Lighting LLC

Trace in Form von Log-Daten an die Testergebnisdaten anzuhängen, was die Fehlerbehebung erheblich vereinfacht. „Ein wichtiger Vorteil von AutomationDesk liegt darin, Testskripte mit neuen Parametern wiederverwenden zu können“, so Samman. „Mit AutomationDesk werden auch die Fehlerbehebung und die Wartung einfacher, unabhängig von der Anzahl der Fehlercodes, die angesprochen werden müssen.“

dSPACE Werkzeuge im Einsatz

Der Diagnosetestprozess mit DANTE umfasst neben AutomationDesk auch dSPACE Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulatoren und ControlDesk, die Experimentier- und Visualisierungssoftware von dSPACE. Die HIL-Systeme werden eingesetzt, um das mit dem BCM verbundene Fahrzeug zu simulieren und verschiedene Funktionalitäten zu testen. Aus proprietären Dateien wie CDD werden standardisierte ASAM-ODX (Open Diagnostic Data Exchange)-Dateien generiert. Mit Hilfe der Diagnoseinstrumente in ControlDesk lassen sich diese ODX-Dateien dann als Eingabe für das Senden von Diagnosebefehlen verwenden. Dies kann sowohl manuell als auch mit Hilfe

von AutomationDesk-Skripten geschehen, wobei der logische Link des Diagnoseinstruments verwendet wird. Die Teams nutzen ControlDesk auch für die Definition und Ausführung der elektrischen Fehlersimulation, die dann mit AutomationDesk automatisiert wird. Für die automatisierte Testumgebung stehen der Unternehmensgruppe für Beleuchtung und Karosserieelektronik derzeit acht PHS-basierte und zwei SCALEXIO-basierte HIL-Systeme in den USA, Italien und Indien zur Verfügung. Weitere Systeme befinden sich in verschiedenen anderen Unternehmensbereichen im Einsatz. Zukünftig möchte Magneti Marelli seine automatisierte Testumgebung zudem für Anwendungen mit Beleuchtungssteuergeräten einsetzen.

Fazit und Ausblick

Um ihre BCMs zu testen, haben die Teams von Magneti Marelli in AutomationDesk kundenspezifische Lösungen entwickelt. AutomationDesk unterstützte sie insbesondere in zweierlei Hinsicht erheblich: Die Software verfügt über einen großen Funktionsumfang und lässt sich gleichzeitig im Hinblick auf ihre Funktionalitäten je nach Bedarf flexibel erweitern. Das half den Teams sehr bei der Optimie-

Magneti Marelli versorgt Automobilhersteller auf der ganzen Welt mit den verschiedensten Automobilsystemen und -komponenten, darunter:

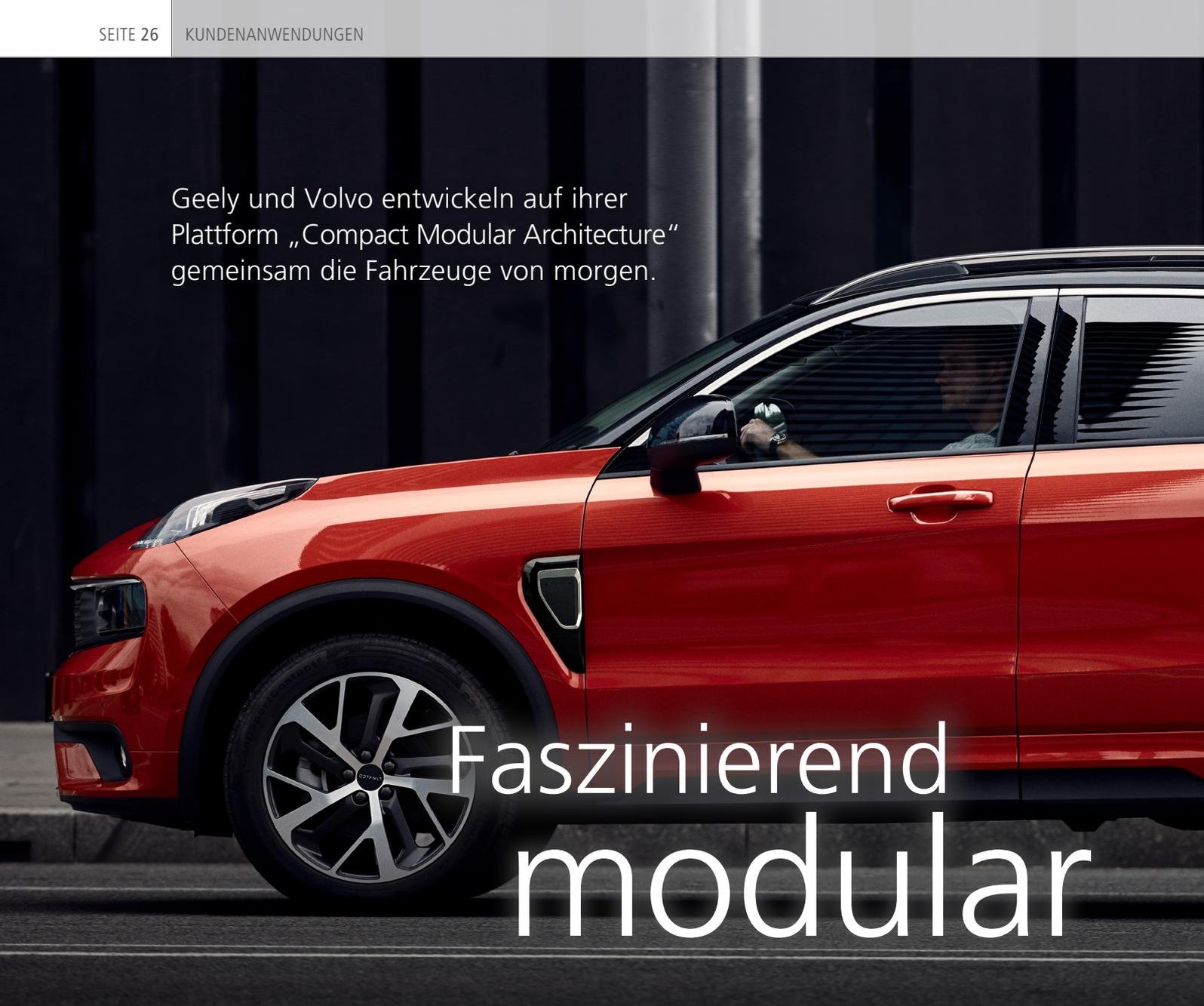
- Elektronische Systeme wie Kombi-Instrumente, Infotainment und Telematik sowie Beleuchtung und Karosserieelektronik
- Kfz-Beleuchtung (Front- und Heckbeleuchtung)
- Antriebsstrangkomponenten wie Motorsteuerungen für Benzin-, Diesel- und Vielstoffmotoren sowie automatisierte Schaltgetriebe
- Federungssysteme wie Stoßdämpfer und dynamische Systeme
- Abgassysteme wie Katalysatoren und Schalldämpfersysteme
- Elektronische und elektromechanische Systeme für Motorsportanwendungen

rung ihres Testprozesses. Die Anzahl an Fehlern konnte deutlich reduziert werden und die Testkonfiguration sowie Wartung und Fehlerbehebung sind viel einfacher und weniger zeitaufwendig geworden, was Magneti Marelli zu einem effizienten Prozess für das Testen ihrer BCMs verhalf. ■

Mit freundlicher Unterstützung von Magneti Marelli



Geely und Volvo entwickeln auf ihrer Plattform „Compact Modular Architecture“ gemeinsam die Fahrzeuge von morgen.



Faszinierend modular

Moderne Fahrzeuge sollen den Fahrern mehr Sicherheit und mehr Fahrspaß bieten und zugleich sparsamer im Verbrauch sein. Diese neuen Pkw lassen sich nur mit modernen Simulationsverfahren effizient realisieren. Bei der Entwicklung eines innovativen Hybridantriebes für einen neuen SUV haben Geely und Volvo auf das Echtzeitsystem SCALEXIO gesetzt.

Um neue Fahrzeuge effizienter zu entwickeln und schneller auf den Markt zu bringen, hat Geely in den letzten Jahren zusammen mit Volvo eine neue Fahrzeugplattform für kompakte Fahrzeuge konstruiert: die Compact Modular Architecture (CMA). Beide Unternehmen teilen diese Plattform auch mit der Geely-

Tochtergesellschaft Lynk & Co. Deren erstes Fahrzeug, der Lynk & Co 01, der mit Hilfe dieser Plattform entstanden ist, rollt bereits auf den Straßen. Mit CMA hat Geely eine hochflexible Fahrzeugplattform geschaffen, die als kompakte Basis einen modularen Aufbau erlaubt. Lediglich der Abstand zwischen der Mitte der Vorderräder

und dem Pedalkasten ist festgelegt. Alles andere lässt sich entsprechend den vorgesehenen Fahrzeugdesigns konfigurieren, darunter auch die Antriebsarten. In den kommenden Jahren dient CMA als Plattform sowohl für Fahrzeuge mit den klassischen Benzin- und Dieselantrieben als auch für Hybrid- und vollelektrische Autos.



Bildnachweis: © Lynk&Co



Der Anspruch: das beste Fahrzeug

Bei der Entwicklung des SUV Lynk & Co 01 hat Geely dem Entwicklungsteam nur drei Vorgaben gemacht, die es allerdings in sich haben:

- Sie sollen das beste Fahrzeug der gesamten Industrie konstruieren.
- Es soll ein globales Fahrzeug sein.
- Sie sollen die Dinge „anders“ angehen als der Rest der Automobilindustrie.

So punktet die Hybridvariante des Lynk & Co 01 mit einem innovativen An-

triebsstrang, der auf einem Dreizylinder-motor und einem 7-Gang-Doppelkupplungsgetriebe basiert. Betrachtet man das Motormanagementsystem für den aktuellen Hybridmotor, wird die Komplexität der Aufgabe schnell deutlich (Abbildung 1). So musste eine Vielzahl von Funktionen in das System integriert werden, darunter auch die Getriebesteuerung und das Hybrid-Power-Management-System. Nur so konnte gewährleistet werden, dass sie immer und unter allen Betriebsbedin-

gungen mit der erforderlichen Sicherheit und dem gewünschten Komfort zuverlässig arbeiten.

Testsystem für das Antriebsstrangmanagement

Um die Funktionen des Motormanagementsystems und der Getriebesteuerung umfassend zu testen, haben Geely und dSPACE ein Closed-Loop-Testsystem entwickelt. Ziel war es, die schnellen, hochintegrierten Regelungen von Motor- und Getriebesteue-

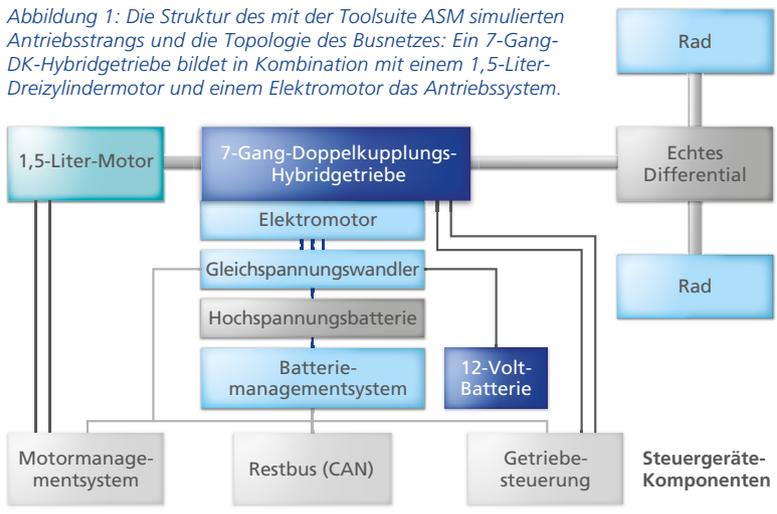
>>

„Mit der Echtzeitplattform SCALEXIO und der Simulation Toolsuite ASM konnten wir die Herausforderungen beim Entwickeln und Testen der Steuergeräte für einen neuen Hybridantrieb wirtschaftlich und funktional erfolgreich bewältigen.“

Hui Yu, Geely



Abbildung 1: Die Struktur des mit der Toolsuite ASM simulierten Antriebsstrangs und die Topologie des Busnetzes: Ein 7-Gang-DK-Hybridgetriebe bildet in Kombination mit einem 1,5-Liter-Zylinderomotor und einem Elektromotor das Antriebssystem.



entschieden. Das kompakt gebaute SCALEXIO-System verfügt über umfangreiche Input-/Output-Funktionen und eine hohe Rechenleistung (Abbildung 2). Um spezielle Aktoren in die Simulation zu integrieren, sind diese als Echtlasten verbaut.

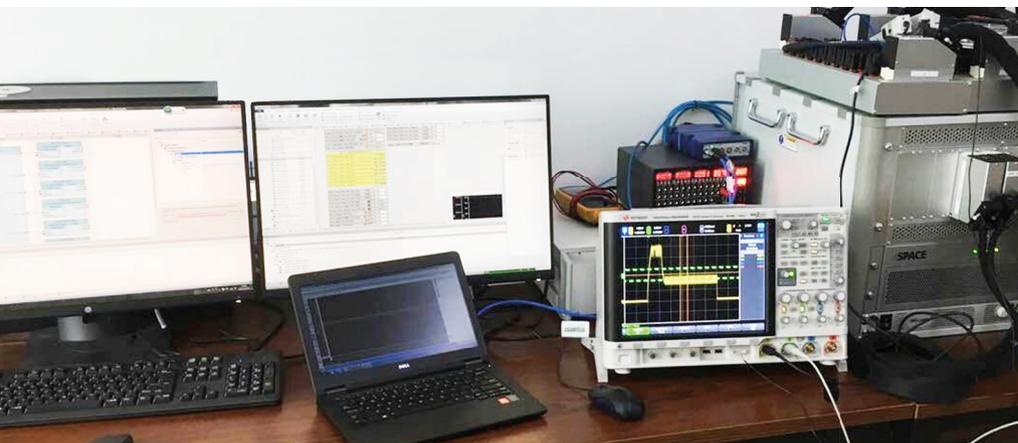
Der Mehrwert offener Simulationsmodelle

Bei dem systemischen Modellaufbau nutzte das Team die Vorteile der offenen ASM, wie zum Beispiel das ASM Gasoline Engine InCylinder für die arbeitsspielaufgelöste Motorsimulation. Die Komponenten eines ASM-Modells können leicht durch kundenspezifische Modelle ergänzt oder ersetzt werden. Die Modelleigenschaften lassen sich damit an individuelle Projekte anpassen, wobei die standardisierten Schnittstellen der ASMs eine Erweiterung der Modelle vereinfachen. Wichtig war allen Beteiligten, das Modell mit Motorprüfstandsmessungen möglichst exakt zu parametrieren, um die Änderungen von Motortemperatur und Druck im Zylinder realitätsnah zu simulieren. Eine semiphysikalische Simulation der Turboaufladung war ein weiterer essentieller Aspekt in diesem Projekt, um die notwendigen Sensordaten plausibel abzubilden und die Regelstrategien abzusichern (Abbildung 3). Neben der Simulation des Motors konzentrierten sich die Entwickler auf die Parametrierung des Getriebe-modells. Mit dem ASM-Modell wurde ein komplettes 7-Gang-Doppelkupplungsgetriebe simuliert, inklusive Hydraulikkreis und mechanischer Struktur. Da das reale Getriebe-steuergerät noch nicht vorhanden war, wurde die Transmission Control Unit (TCU-Getriebe-steuerung) von ASM zur Simulation der Steuerlogik des Aktors verwendet. So ließen sich

runger unter dedizierten Testbedingungen reproduzierbar zu überprüfen. Dazu war es erforderlich, beide Motoren, den Turbolader und das 7-Gang-Doppelkupplungsgetriebe mit hoher Präzision zu simulieren. Ohne speziell abgestimmte hochgenaue Simulatoren lassen sich solch komplexe Steuerungen nicht mit einem vertretbaren finanziellen und zeitlichen Aufwand realisieren. Schon der Aufbau und die

Parametrierung von Fahrzeugmodellen mit besonders hohen Genauigkeitsanforderungen in einer Hardware-in-the-Loop (HIL)-Anwendung bringen große Herausforderungen mit sich. Auf der Suche nach einer zuverlässigen und leistungsstarken Simulationslösung hat sich Geely schließlich für die Echtzeitplattform SCALEXIO sowie die Toolsuite Automotive Simulation Models (ASM) von dSPACE

Abbildung 2: Der dSPACE Prüfstand besteht aus einem SCALEXIO-Simulator und einer Antriebslastbox. Das kompakte System lässt sich platzsparend aufstellen. Es kann über die Host-PC-Software einfach bedient werden. Die Signale werden mit einem Oszilloskop gemessen.





die Schalterforderungen des Motor-managementsystems umsetzen und geeignet absichern.

Zentrale Simulationssteuerung und Datenerfassung

Ein wichtiger Baustein des Simulator-systems ist die Experiment-Software ControlDesk von dSPACE. Mit ihrer Hilfe lassen sich die Daten online erfassen, ändern, kalibrieren und offline wiedergeben. Die Software bietet ein umfangreiches Instrumentarium, mit dem eine experimentelle Benutzeroberfläche eingerichtet werden kann, die der Bedienung eines realen Fahrzeugs nahekommt. Zudem kann der Anwender über die Animationsdarstellung die simulierten physikalischen Vorgänge besser beobachten und nachvollziehen (Abbildung 4).

Gemeinsam erfolgreich

Zur Absicherung der komplexen Managementsysteme des Antriebsstranges in hybriden Fahrzeugvarianten der neuen Plattform CMA setzt Geely auf eine Simulationslösung aus der Simulationsplattform SCALEXIO und der Toolsuite ASM von dSPACE. Der leistungsfähige Simulator unterstützt die Ingenieure sowohl bei der Entwicklung neuer Funktionen als auch bei deren Absicherung. Gemeinsam konnten Geely und dSPACE präzise Streckenmodelle für die anspruchsvollen Simulationsaufgaben entwickeln und so eine besonders realitätsnahe Testumgebung gewährleisten. Dank dieser Technologien und Dienstleistungen konnte das Entwicklerteam von Geely den Hybridantrieb realisieren. Ein erfolgreiches Projekt, dessen Resultat in Form des Lynk & Co 01 nun zuverlässig auf der Straße unterwegs ist. ■

Xueying Xu, Hui Yu, Geely

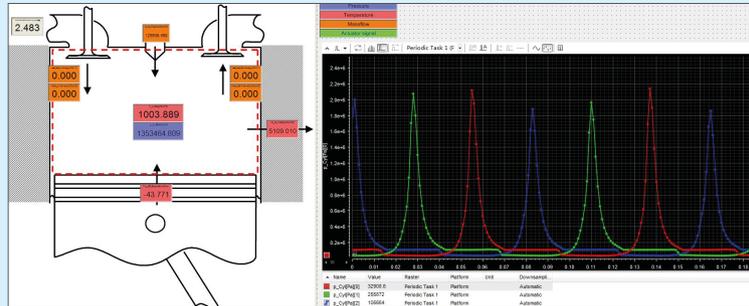


Abbildung 3: Echtzeitsimulation der Druckveränderung im 1,5-Liter-Dreizylindermotor mit dem ASM Gasoline Engine InCylinder Model.

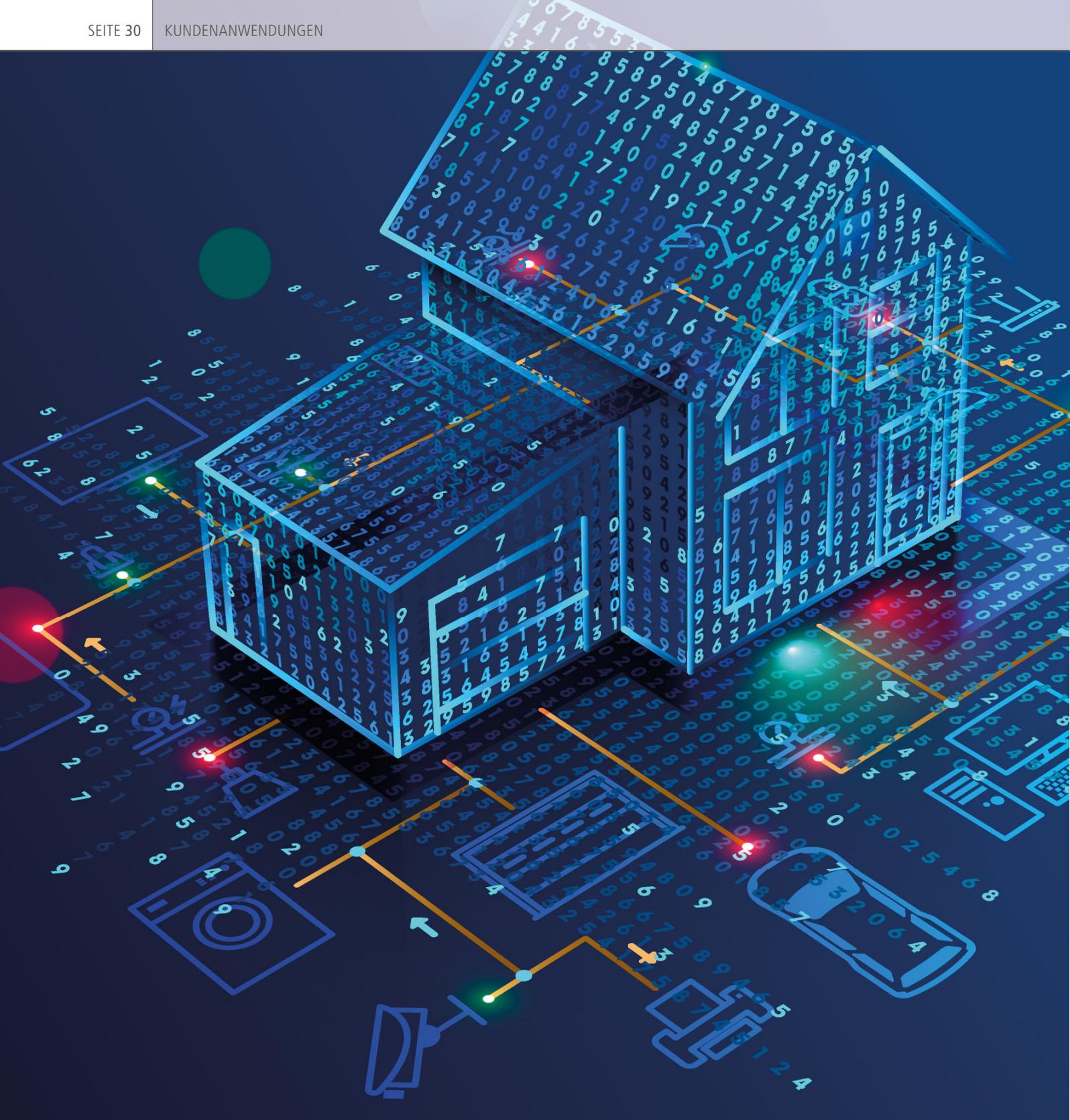


Abbildung 4: Mit den vielfältigen Instrumenten der Experiment-Software ControlDesk wurde eine benutzerfreundliche Oberfläche gelayoutet, wodurch sich eine realistische Simulation sämtlicher Abläufe sehr komfortabel gestaltet.

Xueying Xu
Xueying Xu ist leitender EMS-Systementwickler im Validierungsteam von Geely in NingBo, China.

Hui Yu
Hui Yu ist Senior-HIL-Testingenieur im Validierungsteam von Geely in NingBo, China.





Um Systemkomponenten in modernen Privathaushalten wirklichkeitsgetreu und reproduzierbar testen zu können, setzt die Berner Fachhochschule (BFH) auf die Nachbildung eines kompletten Gebäudes mit einem HIL-Prüfstand. Dabei kommt die MicroLabBox zur Steuerung einzelner Systeme und zur Regelung der Emulationsumgebung zum Einsatz.

Geben und Nehmen

Lastflussmanagement für Prosumer-Haushalte im Labor nachgebildet

Moderne Haushalte entwickeln sich zunehmend zu komplex vernetzten Gebäuden. Photovoltaikanlage, Batteriespeicher, Wärmepumpe und Energiemanagementsystem (EMS) treten in Interaktion und erhöhen so den Eigenverbrauch der erzeugten Energie. Solche Haushalte, die nicht nur Energie konsumieren, sondern auch produzieren, werden Prosumer genannt. Energiemanagementsysteme, die die Stromflüsse im Haushalt intelligent steuern, sorgen in Zukunft für eine aktivere Teilnahme dieser Prosumer am Strommarkt. Sie steuern beispielsweise das Lade- und Entladeverhalten einer Batterie oder die Schaltung der Wärmepumpe. Dazu müssen sie unterschiedlichste Schnittstellen und Kommunikationsprotokolle ansteuern können. Mit einem EMS lässt sich allerdings nicht nur der Eigenverbrauch des Stromes optimieren, sondern auch die Spannungsqualität im Niederspannungsnetz stabilisieren. Das Charakterisieren und Erforschen von bewährten und neuartigen Komponenten moderner Haushalte unter kontrollierten Bedingungen erfordert daher Prüfstände, die die Einbindung und Vernetzung unterschiedlichster elektrischer Geräte ermöglichen. Dadurch kann das Zusammenspiel dieser Komponenten sowie deren Einflussmög-

lichkeiten auf das Niederspannungsnetz in einer realitätsnahen Umgebung untersucht und optimiert werden.

Der moderne Haushalt als HIL-Prüfstand

Das Prosumer-Lab der Berner Fachhochschule bildet einen modernen Haushalt im Labor nach. Der dafür verwendete Hardware-in-the-Loop (HIL)-Prüfstand ermöglicht das Testen, Vergleichen und Entwickeln von Systemkomponenten unter kontrollierten, reproduzierbaren Bedingungen. Möglich ist das durch eine Kombination von Software-Simulation und Hardware-Emulation mit auf dem Markt erhältlichen Systemkomponenten wie Batterien und Wechselrichtern. Dadurch können die elektrischen und thermischen Energieflüsse eines Haushalts mit Photovoltaik, Wärmepumpe, Batteriespeicher und Energiemanagementsystem bis zum Netzanschlusspunkt mit echten Spannungen und Strömen nachgebildet werden. Konkret geht es um folgende Fragestellungen: Wie können die Energieflüsse im Gebäude mittels Energiemanagementsystem intelligent gesteuert werden? Was bringen dezentrale Stromerzeugung und Speicher für die Stabilität der Netze? Und wie erreicht man eine markttaugliche Integration dezentraler Prosumenten in das Niederspannungsnetz?

Modularer Prüfstand mit hoher Flexibilität

Die Rechner des Prosumer-Labs emulieren die Verbraucher eines Hauses (Wärmepumpe, Boiler, Kochherd ...) und bilden deren elektrisches Verhalten im Labornetz des Prosumer-Labs bis zu einer maximalen Leistung von 50 kVA reproduzierbar nach. Ein weiteres Emulationsgerät ermöglicht die Erzeugung eines eigenen Stromnetzes, wobei Spannungsqualitätsmerkmale wie harmonische Schwingungen oder Spannungseinbrüche beliebig eingestellt werden können. Acht Photovoltaik (PV)-Emulatoren bis jeweils 5 kW können PV-Anlagen unterschiedlicher Dachausrichtung nachbilden. Weitere Komponenten wie die Batterie, die PV-Wechselrichter oder das EMS sind aber real vor Ort eingebaut und können so unter echten Bedingungen getestet werden.

Die im Prüfstand verwendeten Simulationen werden insbesondere zur Berechnung thermischer Profile und der Abbildung thermischer Komponenten eingesetzt, da sich diese im Prüfstand nur schwer real und reproduzierbar integrieren ließen. So werden über eine thermische Gebäudesimulation beispielsweise Profile für Raumtemperaturen, Warmwasserbedarf, Wärmepumpen oder Verluste in thermischen Speichern ermittelt. Abbil- >>



Bildnachweis: © BFH

Batterien, Emulatoren, Schalt- und Regelungstechnik für das Lastflussmanagement.

„Dank der vielfältigen analogen und digitalen Schnittstellen, den unterschiedlichen Kommunikationsprotokollen sowie Bussystemen wie Ethernet bietet die MicroLabBox enorme Flexibilität für die häufig und schnell wechselnden Anforderungen in der Forschung.“

Steffen Wienands, Berner Fachhochschule

Abbildung 1 zeigt den bewusst modular und flexibel gestalteten Aufbau der Testumgebung, um die Komponenten einfach zu- und abzuschalten. So können Haushalte mit unterschiedlichen Systemkomponenten im Prosumer-Lab nachgebildet werden. Dabei verfügen die Emulationsgeräte und real vorhandenen Systemkomponenten über unterschiedlichste Schnittstellen und Kommunikationsprotokolle. Eine besondere Herausforderung besteht daher in der Vernetzung der Prüfstandsgeräte. Zudem soll für einzelne Emulationsgeräte eine übergeordnete Regelung programmiert werden. Für die Aufprägung von Strom- und Spannungsphänomenen muss diese echt-

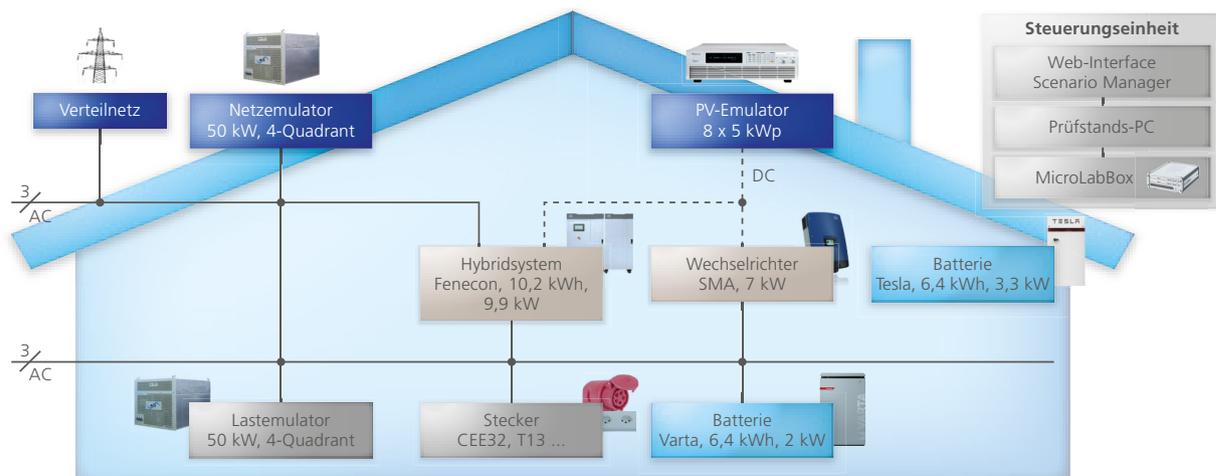
zeitfähig sein und mit einer Auflösung von 10 kHz arbeiten können.

Zentrale Steuerung der Prüfstandshardware

Mit der MicroLabBox ist eine hohe Flexibilität auf dem Prüfstand gewährleistet, vor allem dank ihrer vielen Schnittstellen für Ethernet, RS485 sowie analoge und digitale I/O. Die Vielzahl der unterschiedlichen Schnittstellen, über die die MicroLabBox die Geräte des Prüfstands steuert, wird in Abbildung 2 dargestellt. Die auf den Geräten umzusetzenden Werte werden dabei insbesondere vom Szenario Manager oder der Simulationssoftware berechnet und anschließend

über die MicroLabBox auf dem Prüfstand umgesetzt. Der Regelungsalgorithmus für den Lastemulator ließ sich nach einer ausführlichen Systemanalyse leicht in MATLAB®/Simulink® implementieren. Die Regelung erhöht die Genauigkeit der Sollwertvorgabe auf den Emulatoren und erweitert deren Funktionen um die Möglichkeit, Strom- und Spannungsphänomene aufzuprägen. Die dafür gewünschte Auflösung von 10 kHz konnte bereits ohne FPGA-Programmierung erreicht werden. Die MicroLabBox dient somit als zentrale Steuerungseinheit aller Prüfstandsgeräte – sie übergibt Sollwerte und liest momentane Istwerte der Geräte aus. Um die Daten komfor-

Abbildung 1: Elektrische Stromflüsse und modulares Konzept des Prosumer-Lab-Prüfstands.



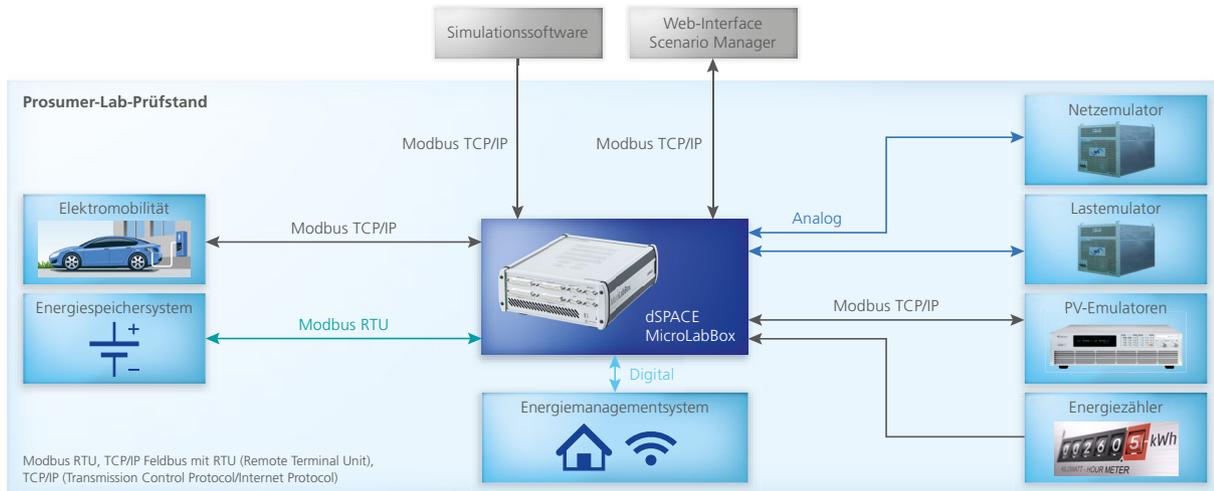


Abbildung 2: Externer Zugriff auf das Echtzeitsystem.

tabel zur Verfügung zu stellen, wurde eine Web-Applikation realisiert, die eine Server-Client-Struktur einrichtet. Die MicroLabBox ist hier per ASAM XIL API angebunden. Über den ASAM XIL MAPort (Model Access Port) kann das Programm während des laufenden Betriebs auf Applikationswerte zugreifen, diese aufbereiten und direkt anzeigen oder zu weiteren Auswertungen exportieren.

Inbetriebnahme abgeschlossen

Die Inbetriebnahme des Prüfstands wurde mit einer Leistungsanalyse abgeschlossen. Hierbei wurde insbesondere die implementierte Regelung des Lastemulators mit 10 kHz durch die MicroLabBox mit externen Mess- und Analysegeräten überprüft. Die Resultate zeigen, dass durch die Steuerung des Lastemulators über die MicroLabBox eine signifikante Verbesserung der Leistungsumsetzung erreicht wurde. Die Lastemulator-Regelung zeichnet sich in der Betriebsart durch große Flexibilität und eine hohe Genauigkeit über den gesamten Leistungsbereich aus.

Zusammenfassung und Ausblick

Durch das Echtzeitsystem konnten unterschiedlichste Prüfstandsgeräte miteinander vernetzt und eine zentrale Steuerungseinheit erstellt werden. Über den ASAM-XIL-Standard ist der Zugriff auf die MicroLabBox jederzeit möglich. Mit diesem HIL-Prüfstand

können Systemkomponenten bereits frühzeitig in verschiedenen Entwicklungsstufen oder im fertigen, marktreifen Zustand getestet werden – über die Schnittstellen, die Kommunikationsprotokolle und die Steuerungsalgorithmen bis hin zum realitätsnahen Zusammenspiel der Komponenten im Prosumer-Haushalt. Nach der erfolgreichen Inbetriebnahme des Prüfstands konnten erste Tests von Energiemanagementsystemen auf dem Prosumer-Lab-Prüfstand durchgeführt werden. Weitere, detailliertere Tests und die Entwicklung eines neuen EMS-Algorithmus stehen auf der Agenda. Zukünftige Projekte mit interessierten Partnern aus Industrie und Forschung werden zum Beispiel in den Bereichen Energiemanagementsysteme, Ladestationen für

Elektromobilität oder Batteriespeicher lanciert. ■

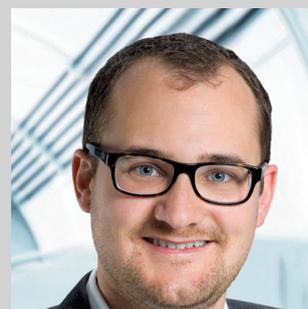
Steffen Wienands, Andrea Vezzini,
Berner Fachhochschule



Bildnachweis: © BFH

Steffen Wienands

Steffen Wienands ist stellvertretender Projektleiter des Prosumer-Labs am BFH-Zentrum Energiespeicherung.



Andrea Vezzini

Andrea Vezzini ist Professor für Industrielektronik an der Berner Fachhochschule und leitet das BFH-Zentrum Energiespeicherung.





Mit Geschwindigkeit zu mehr Sicherheit

Die Indiana University – Purdue University Indianapolis (IUPUI) erforscht Möglichkeiten zur Verbesserung der Straßenverkehrssicherheit für autonome Anwendungen. Dazu untersuchen die Forscher Vorteile der Hochgeschwindigkeitsverarbeitung von Sensordaten. RTMaps Embedded und NXP BlueBox dienen als zentrale Echtzeitplattform für eingebettete Verarbeitungsfunktionen.

Entwicklung von Algorithmen für autonomes Fahren, die schnell und präzise auf die wahrgenommene Umgebung reagieren



Die Anzahl der Sensoren und Steuergeräte, die in autonomen Fahrzeugen eingesetzt werden, wächst exponentiell. Daher ist es für die Automobilhersteller entscheidend, leistungsfähige und effiziente Lösungen einzusetzen, die die Vielzahl an Aufgaben in Echtzeit ausführen. Aufgaben wie Datenerfas-

sung, Zeitstempel-Synchronisation und die Datenverarbeitung verschiedener Sensoren wie Kameras, Laserscanner, Radar sowie von GNSS (Global Navigation Satellite System)-Empfängern müssen innerhalb von Millisekunden erledigt werden, um die genaue Position und den sicheren Betrieb des Fahrzeugs zu gewähr-

leisten. Studenten der Purdue School of Engineering and Technology der Indiana University – Purdue University Indianapolis (IUPUI) haben mehrere Studien durchgeführt, um den Einsatz einer Berechnungsplattform zur Verarbeitung von Sensordaten für fünf verschiedene autonome Anwendungen zu testen.

Aufbau der Testplattform

Zu Beginn ihrer Forschung richteten die Studenten eine Testplattform ein und installierten die von dSPACE vertriebene Software-Lösung RTMaps Embedded (Version 4.5.0) von Intempora. Dieses Werkzeug bietet die Möglichkeit, Multisensoranwendungen in Echtzeit auszuführen, zahlreiche Software-Tasks zeitkohärent zu handhaben und Rohdatenströme mit hoher Bandbreite zu verarbeiten. RTMaps Embedded besteht aus mehreren unabhängigen Modulen: RTMaps Runtime Engine, RTMaps Studio, RTMaps Component Library und RTMaps SDK (Software Development Kit).

„RTMaps Embedded ist geeignet, um Multisensor-Herausforderungen zu meistern“, sagt Professor Mohamed El-Sharkawy, Purdue School of Engineering and Technology. „Das Tool schafft einen effizienten und intuitiven Rahmen für die schnelle und robuste Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen, Fahrzeugen und Robotik. Wir konnten damit unkompliziert Anwendungen entwickeln, testen, validieren, vergleichen und ausführen.“ Zur Testplattform gehörte auch NXP BlueBox, eine integrierte Verarbeitungseinheit, mit der ein hochaufgelöstes 3D-Bild der Fahrzeugumgebung in Echtzeit berechnet werden kann. Im Detail verwendeten die Studenten die BlueBox Version 2.0 mit dem Visions- und Sensorfusionsprozessor S32V234, dem integrierten Kommunikationsprozessor LS2084A und dem Radarmikrocontroller S32VR27.

„NXP BlueBox bietet die erforderliche Leistung, um die erfassten Sensordaten zu analysieren sowie Algorithmen für eine zuverlässige, autonome Fahrzeugführung zu entwickeln“, führt >>

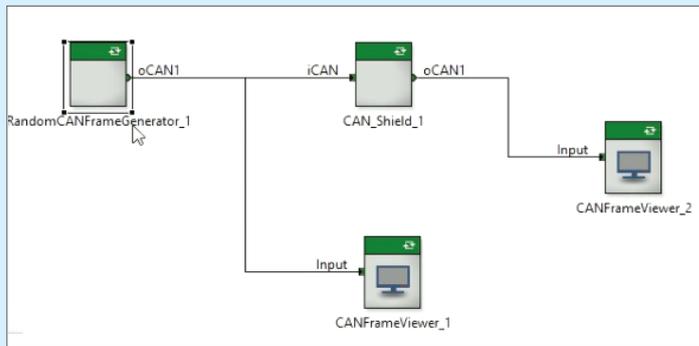


Abbildung 1: Arbeitsbereich von RTMaps für ein benutzerdefiniertes Komponentenpaket.

Identifizier	Time (ms)	Data
S 21d	0:00:01.01	0xfe
S 237	0:00:03.01	0xfe
X 216	0:00:05.02	0xfe
X 1f4	0:00:07.03	0xfe
S 239	0:00:09.04	0xfe
X 20c	0:00:11.05	0xfe
X 242	0:00:13.06	0xfe
X 22e	0:00:15.07	0xfe
X 232	0:00:17.08	0xfe
X 234	0:00:19.09	0xfe
S 1f9	0:00:21.10	0xfe
S 221	0:00:23.11	0xfe
S 245	0:00:25.11	0xfe
S 20f	0:00:27.13	0xfe
S 231	0:00:29.14	0xfe
S 24f	0:00:31.14	0xfe
S 253	0:00:33.15	0xfe

Abbildung 2: Anzeige der Ausgabe mit dem CAN Frame Viewer in RTMaps.

El-Sharkawy weiter aus. „BlueBox bietet die erforderliche Leistung, die funktionale Sicherheit und die Zuverlässigkeit, die im Automobilbereich notwendig sind, und lässt sich perfekt mit RTMaps integrieren.“

Hinweis: RTMaps Embedded ist mit der dSPACE MicroAutoBox Embedded SPU kompatibel – einer Prototyping-

Plattform für Funktionen für das automatisierte Fahren.

Testen der fünf Anwendungen

Mit der Testplattform entwickelten die Studenten Prototypen für fünf Anwendungen und untersuchten ihre Eignung für das autonome Fahren:

1. Erstellen eines benutzerspezifischen Komponentenpakets

2. Entwickeln einer neuronalen Netzwerk-Python-Komponente
3. Erkennen von Fußgängern
4. Aufzeichnen und Wiedergeben von Echtzeitszenarien
5. Kollisionswarnung mit SVM-Klassifikator

Anwendung 1: Erstellung eines benutzerspezifischen Komponentenpakets

Die Studenten nutzten die grafische Entwicklungsumgebung RTMaps Studio und die RTMaps Component Library sowie integrierten C/C++- und Python-Code, um ein Komponentenpaket zu erstellen. Für den Import des Komponentenpakets in den RTMaps-Projektarbeitsbereich kam RTMaps SDK zum Einsatz. RTMaps Studio stellt Anwendungen durch verbundene Komponenten dar, die von der RTMaps Component Library bereitgestellt werden. „Mit Studio lassen sich komplexe, modulare Anwendungen komfortabel einrichten“, sagt Ingenieurstudent Sreeram Venkitachalam. „Komponenten können einfach aus der Bibliothek in den Arbeitsbereich von Studio gezogen werden. Die Komponenten werden für die Kommunikation, die Anbindung von Sensoren, den Aufbau eines Algorithmus und den Anschluss der Aktoren verwendet.“ Abbildung 1 veranschaulicht ein benutzerdefiniertes Komponentenpaket, das in RTMaps Studio importiert wurde. Mit dem RandomCANFrameGenerator-Paket wurden sowohl standardisierte als auch erweiterte CAN-Frames generiert. Die eingehenden CAN-Daten wurden so gefiltert, dass der Daten-Viewer in RTMaps nur die Standard-Frames anzeigt. Es stehen zwei Optionen zur Verfügung, um die Geschwindigkeit der CAN-Frame-Generierung zu steuern: Die Option „speed up“ verdoppelt die aktuelle Geschwindigkeit der CAN-Generierung, wohingegen die Option „speed down“ diese halbiert.

Anwendung 2: Entwickeln einer neuronalen Netzwerk-Python-Komponente

Als nächste Anwendung entwickelten

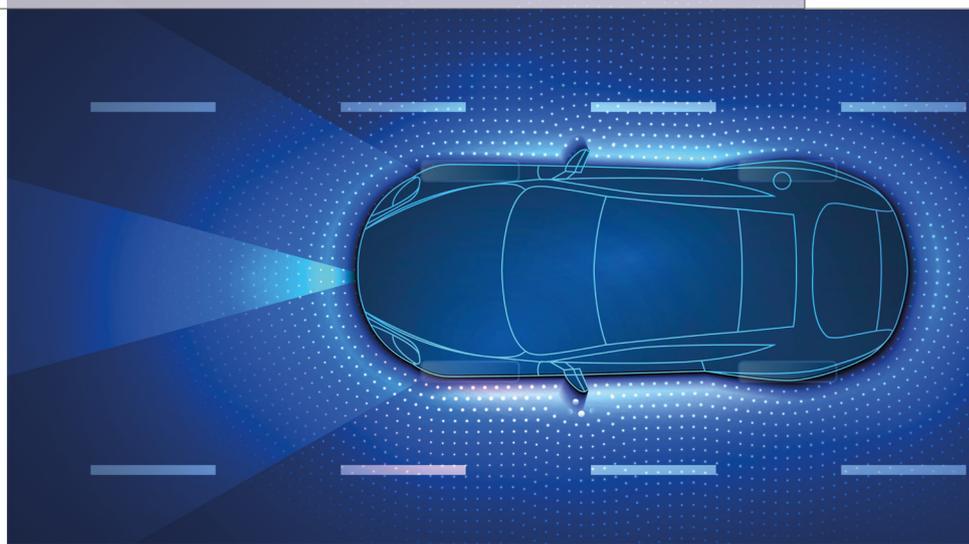
die Studenten eine neuronale Netzwerk-Python-Komponente und klassifizierten das Eingangsbild. Dazu wurde die Python-Komponente des RTMaps-Embedded-Pakets verwendet. Diese enthält einen Editor mit Syntaxfärbung, der die Benutzer bei der Entwicklung von Python-Skripten unterstützt. Der Editor steht per Kontextmenü für jedes Komponentenmodul direkt zur Verfügung. Der Python-Block von RTMaps generiert eine Klasse namens 'RTMaps_Python', mit der Eingaben reaktiv oder periodisch aufgerufen werden können. Die Kernfunktion der Klasse RTMaps_Python arbeitet als Endlosschleife, die das Hauptprogramm ausführt. Mit der Python-Komponente von RTMaps Embedded konnten die Studenten zwei Beispielprojekte abschließen: Fahrzeugerkennung und Verkehrszeichenklassifizierung.

Fahrzeugerkennung

Um Fahrzeuge zu erkennen, wurde mit einem fünfschichtigen neuronalen Faltungsnetzwerk (Convolutional Neural Network, CNN) und Pooling in jeder Schicht ein Bild implementiert. Das Netzwerk nutzte zwei vollständig verbundene Schichten zusammen mit einer Ausfallschicht, um eine Überlastung des Netzwerks zu verhindern. Das Modell wurde mit einem Regressionsmodell trainiert und mit einem Adam-Optimierer verfeinert. Die Struktur des neuronalen Netzwerks wurde dem RTMaps-Python-Block hinzugefügt, und die trainierte Gewichtung für den Block wurde dem Netzwerk als gespeicherte Daten zugeführt. Das Netzwerk im Python-Block prüft, ob ein Bild ein Fahrzeug enthält. Die RTMaps-Anwendung wird an BlueBox gesendet und dort ausgeführt. Die RTMaps-Python-Bibliotheken in BlueBox wurden so überarbeitet, dass eine TensorFlow Deep Learning Library (tflearn) zum Aufbau der CNN-Struktur eingebunden werden konnte.

Verkehrszeichenklassifizierung

In ihrem zweiten Beispielprojekt konnten die Studenten deutsche Verkehrszeichen mit einem TensorFlow-Modell



„Studio von RTMaps bietet uns eine einfache Möglichkeit, komplexe modulare Anwendungen aufzubauen.“

Sreeram Venkitachalam, Ingenieurstudent an der IUPUI

klassifizieren. Mit dem Modell identifizierten sie die Verkehrszeichen, ordneten jedes einer von 43 Klassen zu und zeigten die Bedeutung des erkannten Verkehrszeichens im Bild an. Für den Lernprozess nutzte das Klassifizierungsmodell ca. 39.000 Bilder. Das TensorFlow-Modell wurde für Testzwecke neu erstellt, und die mit dem Trainingsmodell gespeicherten Modellgewichtungen wurden hinzugefügt, um die Klasse des Eingangsbildes vorherzusagen. Die gesamte Teststruktur wurde in der RTMaps-Python-Kompo-

nente entworfen. Das trainierte Modell und die aufgenommenen Bilder wurden an die BlueBox gesendet. Anhand des im Bild vorhandenen Zeichens bekam die Ausgabe ein Label mit der Bedeutung des Verkehrszeichens.

Anwendung 3: Erkennen von Fußgängern

In ihrer nächsten Anwendung gelang es den Studenten, Fußgänger durch die Erfassung von Zeit-Frames mit einer Axis-IP-Kamera (IPCAM) zu erkennen. Das Fußgängererkenntnis- >>

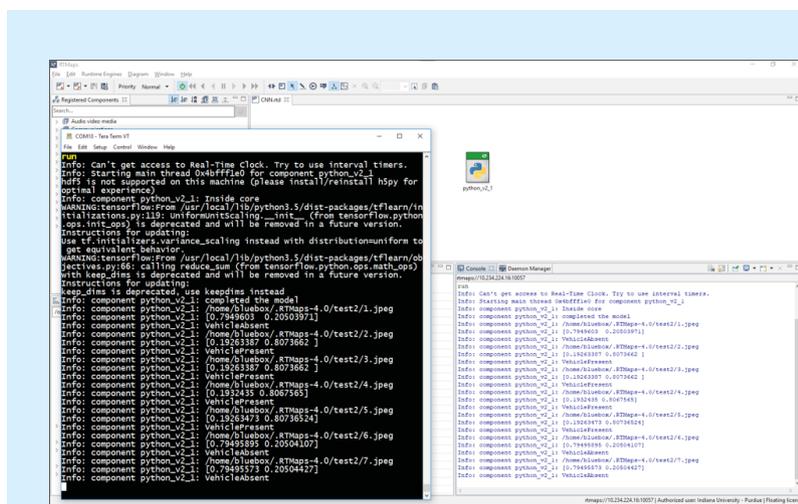


Abbildung 3: Ergebnisdarstellung der Fahrzeugerkennung basierend auf einem neuronalen Faltungsnetzwerk (CNN) unter Verwendung der BlueBox.

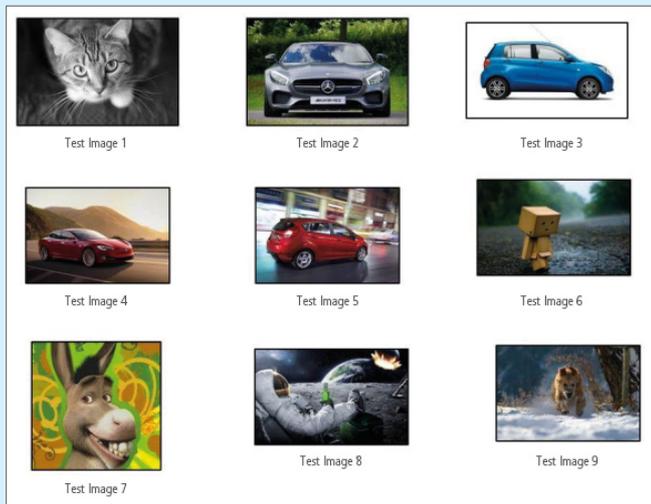


Abbildung 4: Eingangsbilder zum Testen der Fahrzeugerkennung.

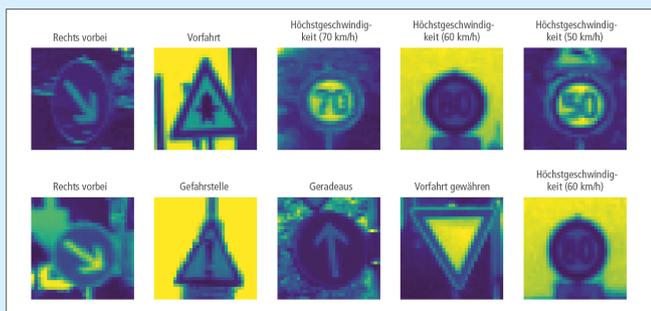


Abbildung 5: Deutsche Verkehrszeichen, die mit einem TensorFlow-Modell klassifiziert wurden.

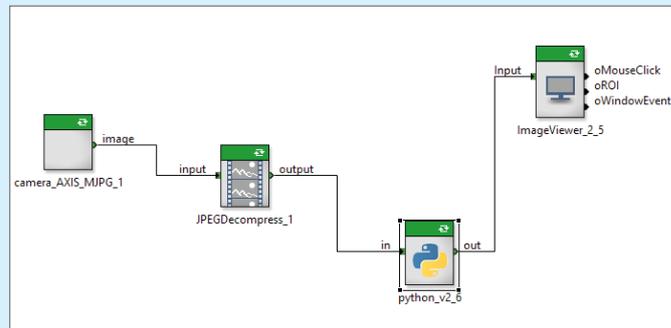


Abbildung 6: Diagramm der IPCAM-basierten Fußgängererkennung.

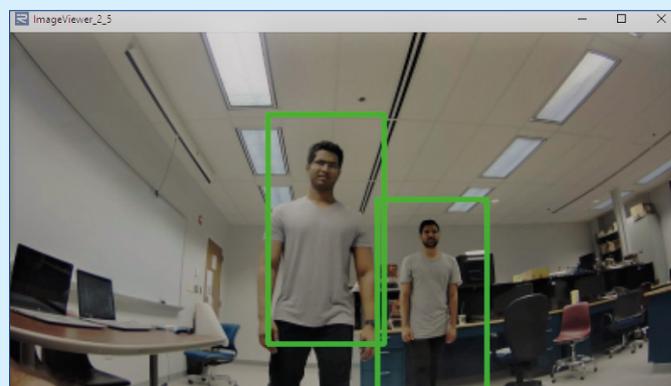


Abbildung 7: Begrenzungsrahmen werden um erkannte Fußgänger gelegt.

„RTMaps Embedded ist geeignet, um die Multisensor-Herausforderungen zu meistern. Das Tool schafft einen effizienten und intuitiven Rahmen für die schnelle und robuste Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen, Fahrzeugen und Robotik.“

Professor Mohamed El-Sharkawy, Purdue School of Engineering and Technology

modell in der Python-Anwendung von RTMaps identifiziert Personen im Eingabebild und zeichnet für jede einen Begrenzungsrahmen (Abbildung 7). Als vortrainierter Detektor wurden ein HOG (Histogram of oriented Gradients) und eine linear unterstützte Vektormaschine (SVM) verwendet. Um zu verhindern, dass sich die Begrenzungsrahmen überschneiden, wurde die Non-Maxima-Unterdrückung (NMS) aktiviert. Das Fußgängererkennungsmodell wurde in das IPCAM integriert, die Eingangsbilder wurden aus dem IPCAM in die Python-Anwendung eingespeist. Die erkannten Fußgänger

und zugehörigen Begrenzungsrahmen wurden anschließend im Image Viewer von RTMaps dargestellt.

Anwendung 4: Aufzeichnen und Wiedergeben von Echtzeitszenarien

In ihrer vierten Anwendung konnten die Studenten zeigen, wie leistungsstark RTMaps hinsichtlich der Aufzeichnung und Wiedergabe von Echtzeitdaten ist. Die erfassten Daten wurden als REC-Datei gespeichert, die die Studenten wiedergeben konnten. In diesem Beispiel wurde das IPCAM in die LS2084A der BlueBox integriert, um die Bilder aufzunehmen und als REC-

Dateien im IPCAM-Ordner zu speichern.

Anwendung 5: Kollisionswarnung mit SVM-Klassifikator

Mit ihrer abschließenden Anwendung machten sich die Studenten daran, ein vorausschauendes Kollisionswarnsystem zu implementieren, das ein zukunftsweisendes Fahrzeugradarmodell und einen Klassifizierungsalgorithmus enthält. Die Ergebnisse des Radarmodells waren die Geschwindigkeit/Beschleunigung und der Abstand zwischen den Fahrzeugen. Diese Outputs wurden als Inputs für die lineare Regression und den SVM (Support Vektor

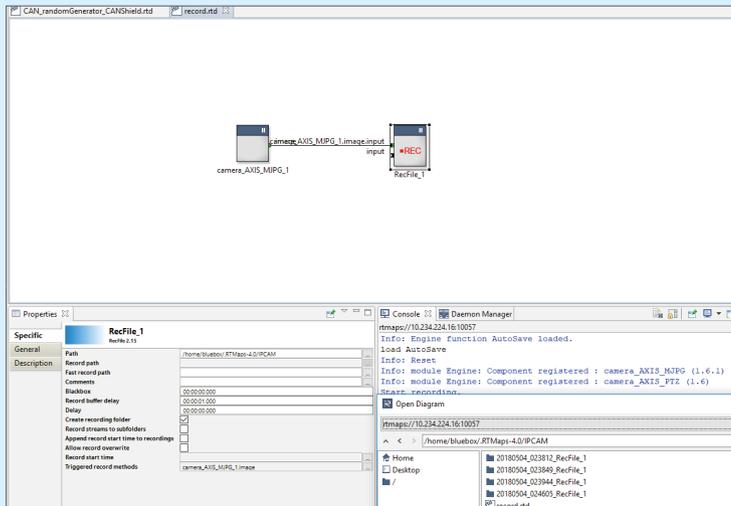


Abbildung 8: Beispiel für eine BlueBox-Aufzeichnung.

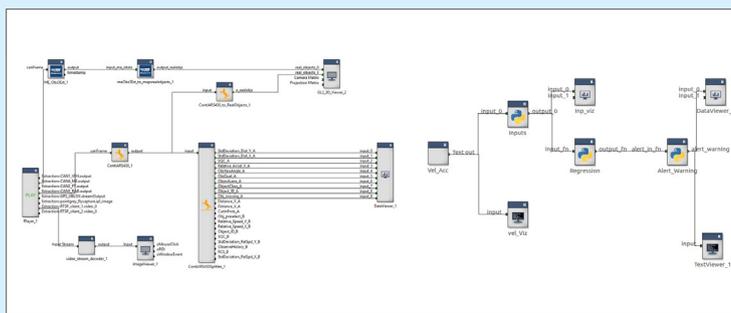


Abbildung 9: Diagramm einer Kollisionswarnung mit SVM-Klassifikator.

Machine)-Klassifikator verwendet, um den Warnbereich vorherzusagen – also den Bereich, in dem das Ego-Fahrzeug mit dem vorausfahrenden Fahrzeug kollidieren könnte.

Fazit und Ausblick

Die IUPUI-Ingenieurstudenten konnten mit der eingebetteten Plattform RTMaps und der NXP BlueBox verschiedene Anwendungsprojekte für autonomes Fahren realisieren. Sie entwickelten und testeten fünf unterschiedliche Anwendungsbeispiele, um zu bestätigen, dass Intempora RTMaps 4.5.0 mit der Berechnungsplattform BlueBox 2.0 integriert werden kann. Während das Datenvolumen und die Komplexität der ADAS-Algorithmen zunahm, profitierten die Studenten von der Rechenleistung von RTMaps und BlueBox. So konnten sie sicherstellen, dass das autonome Fahrzeug die Verkehrsumgebung und die Fahrbedingungen schnell erkennt und darauf reagiert. ■

Mit freundlicher Genehmigung der Indiana University – Purdue University Indianapolis

Mitwirkende der Purdue School of Engineering and Technology:



Mohamed El-Sharkawy
Professor
Fulbright-Stipendiat
Director of the Internet of Things (IoT) Collaboratory



Akash Gaikwad
Doktorand
IoT Collaboratory
Department of Electrical and Computer Engineering



Surya Kollazhi Manghat
Doktorandin
IoT Collaboratory
Department of Electrical and Computer Engineering



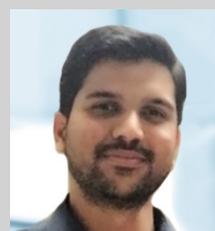
Sreeram Venkitachalam
Doktorand
IoT Collaboratory
Department of Electrical and Computer Engineering, derzeit Test- und Verifikationsingenieur bei Aptiv



Niranjan Ravi
Doktorand
IoT Collaboratory
Department of Electrical and Computer Engineering



Sree Bala Shruthi Bhamidi
Doktorandin
IoT Collaboratory
Department of Electrical and Computer Engineering



Dewant Katare
Doktorand
IoT Collaboratory
Department of Electrical and Computer Engineering



SCALEXIO Power für den Kofferraum

Neue Funktionen frühzeitig
im realen Fahrversuch erleben
und testen

SCALEXIO, die universelle Echtzeitplattform von dSPACE, bekommt Zuwachs: Mit der SCALEXIO AutoBox bringt dSPACE jetzt ein sehr leistungsfähiges System ins Fahrzeug, das viel Rechenleistung, sehr gute Echtzeiteigenschaften und eine umfassende Unterstützung automotiver Bussysteme bietet. Entwickler können damit neue Funktionen frühzeitig im realen Fahrversuch erleben und testen. Im Interview erklärt Christian Wördehoff, Product Manager Rapid Prototyping Systems bei dSPACE, auf was es bei Echtzeitsystemen im mobilen Fahrzeugeinsatz wirklich ankommt.

Für welche Anwendungsfälle wurde die SCALEXIO AutoBox entwickelt?

Bei unseren Kunden in der Automobilindustrie steigt der Bedarf an leistungsfähigen Prototyping-Systemen, mit denen sie in der Lage sind, auch komplexe Funktionen direkt auf der Straße erproben zu können. Vor allem durch Entwicklungen von Funktionen für hochautomatisiertes Fahren steigen die Anforderungen an die Rechenleistung und die benötigten Datenbandbreiten, zum Beispiel für die Integration von hochwertigen Assistenz- und Automatisierungsfunktionen in das Fahrzeugnetzwerk. Im Bereich E-Mobility spielen dagegen ein schnelles Closed-Loop-Verhalten sowie eine hohe Genauigkeit der Signalverarbeitung und Generierung eine wichtige Rolle. All das bietet die bereits seit einigen Jahren bewährte SCALEXIO-Plattform; und mit der SCALEXIO AutoBox haben wir diese Mehrwerte nun auch vom Labor auf die Straße gebracht.

Welche Kerneigenschaften muss ein mobiles System für den Betrieb im Fahrzeug mitbringen?

Zunächst einmal muss ein stabiler Betrieb unter den automotiven Rahmenbedingungen gewährleistet sein. Ein kritischer Punkt hierbei ist die Spannungsversorgung. Deshalb haben wir die AutoBox mit einem Weitbereichsnetzteil ausgestattet, das einen Betrieb in den typischen Bordnetzarchitekturen von 12 bis 48 Volt ermöglicht. Wichtig ist hier die Fähigkeit, auch kurzfristige Spannungsabfälle oder Spannungsspitzen kompensieren zu können, wie sie zum Beispiel bei Zu- oder Abschalten großer Verbraucher

auftreten. Gerade in einer Phase, in der sich Fahrzeugkomponenten noch in der Entwicklung befinden, können solche Effekte verstärkt auftreten. Darüber hinaus erfordert der Betrieb des Echtzeitsystems im realen Fahrversuch einen im Vergleich zum Laboreinsatz erweiterten Temperaturbereich sowie erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen Schock und Schwingungen. Die AutoBox wurde daher mit einem auf den Einsatzbereich optimierten leistungsfähigen aktiven Kühlkonzept ausgestattet. Zudem verfügt die AutoBox über eine spezielle Schock- und Schwingungsentkopplung. Die Robustheit des Systems haben wir übrigens durch ein externes Institut nach ISO 16750-3 prüfen lassen.

Wie fügt sich die AutoBox technologisch in die große SCALEXIO-Familie ein?

Der SCALEXIO AutoBox haben wir genau die gleiche DNA mitgegeben, wie allen anderen Systemen der Familie: aktuelle Intel-Prozessoren und kundenprogrammierbare FPGA-Bausteine für die schnelle Berechnung komplexer Anwendungen, ein hochperformantes Echtzeitbetriebssystem und unser intelligentes I/O-Netzwerk IOCNET, das neben niedrigen Übertragungslatenzen auch reichlich Datenbandbreite zur Verfügung stellt. Mit dem modularen Konzept bietet SCALEXIO zudem ein hohes Maß an Flexibilität und Skalierbarkeit.

Typische Projektlaufzeiten in der Automobilentwicklung sind drei bis vier Jahre. Wie steht es um die Langlebigkeit der Systeme?

Erfahrungsgemäß nutzen einige unserer Kunden ihre Systeme sogar deutlich länger. Mir sind beispielsweise Anwender bekannt, deren Echtzeitsysteme schon länger als zehn Jahre zuverlässig im Einsatz sind. Um eine möglichst hohe Verfügbarkeit des Systems zu erreichen, testen wir daher unsere SCALEXIO-AutoBox-Systeme unter Randbedingungen, die einer Laufleistung von weit mehr als 100.000 Kilometern im normalen Straßenbetrieb entsprechen. Bei einer Nutzungsdauer von mehreren Jahren und für verschiedene Projekte ist es für unsere Kunden zudem relevant, dass sie die AutoBox immer wieder an steigende und veränderte Anforderungen anpassen können. Gerade bei der Funktionsentwicklung in Bereichen der Fahrerassistenz oder des autonomen Fahrens existiert noch eine hohe Dynamik bezüglich neuer Schnittstellen, zum Beispiel bei Ethernet, oder steigender Rechenleistung für die stetig wachsende Komplexität der Algorithmen. Wir können die modularen Systeme langfristig im Feld auf dem neuesten Stand der Technik halten – zum Beispiel durch neue, leistungsfähigere Prozessoren und Einschubkarten mit neuen Schnittstellen. Damit bieten wir unseren Kunden Investitionsschutz.

Zum Abschluss, was macht die SCALEXIO AutoBox im Vergleich zu anderen Angeboten im Markt so einzigartig?

Die Stärke der dSPACE Prototyping-Systeme ist die Kombination aus leistungsfähiger Hardware, hoher Zuverlässigkeit und einem komfortablen Kundenzugang bei einem gleichzeitig hohen funktionalen Tiefgang. Diese Kombination macht die SCALEXIO AutoBox einzigartig. Letztlich streben wir es an, unseren Anwendern eine sorgenfreie Lösung zu bieten, so dass sie sich voll und ganz auf ihre eigenen Entwicklungsaufgaben konzentrieren können – heute und in der Zukunft.



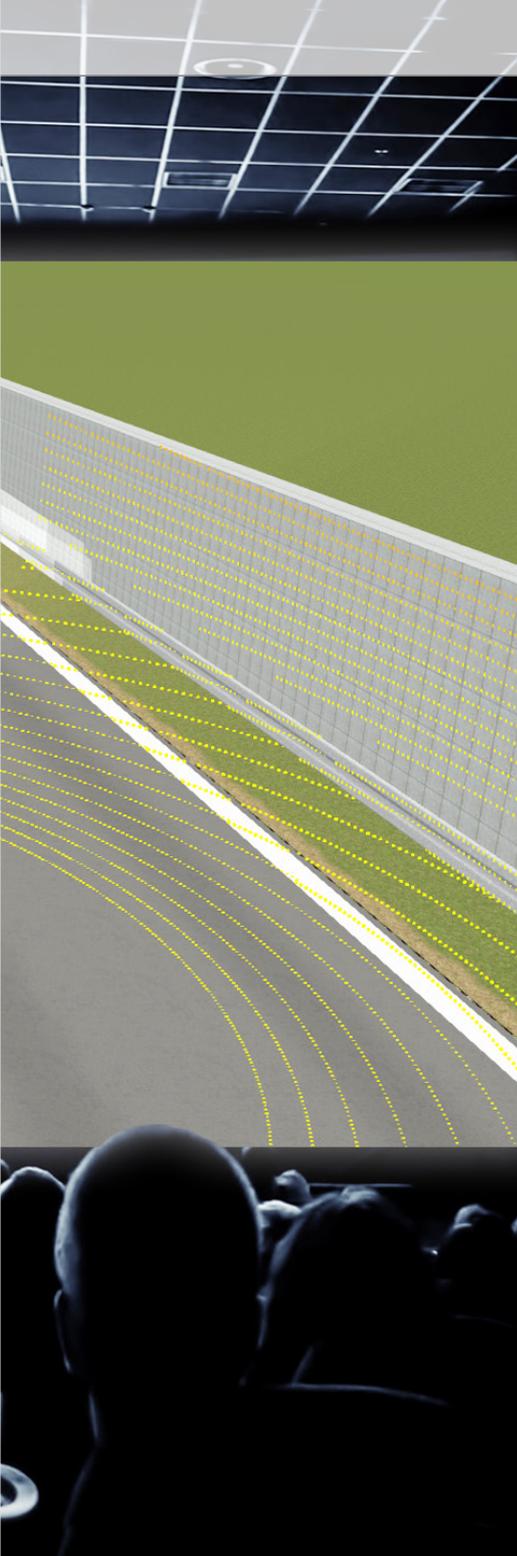
*Herr Würdehoff,
wir danken Ihnen für das Gespräch!*



Aktuelle dSPACE Entwicklungen
für das autonome Fahren

Kino für Sensoren

Autonome Fahrzeuge werden über eine Vielzahl unterschiedlichster Umfoldsensoren verfügen. Deren Funktionen und komplexes Zusammenspiel zu testen, bedeutet eine enorme Herausforderung. Holger Krumm und Sebastian Graf, bei dSPACE mitverantwortlich für die neuesten Entwicklungen in diesem Bereich, geben hierzu einen Einblick in die aktuellen Aktivitäten von dSPACE und die kommenden Herausforderungen.



Herr Krumm, im Zusammenhang mit der Entwicklung autonomer Fahrzeuge fällt oft der Begriff Sensorrealismus. Was versteht man darunter?

Krumm: Dabei geht es darum, für die Sensoren, also Kamera, Radar, Lidar, bereits im Labor das Geschehen auf der Straße virtuell so nachzubilden, wie es die Sensoren erfassen. Die Absicherung der Sensorfunktionen muss zwingend im Labor passieren, denn wir reden aufgrund der Vielfalt von Verkehrssituationen über viele Millionen Testkilometer. Auf der Straße ist so etwas nicht machbar. dSPACE sorgt mit seinen Werkzeugen daher für eine realistische Simulation und Stimulation von Sensoren im Labor.

Wo werden sensorrealistische Simulationen eingesetzt?

Krumm: Das geschieht überall dort, wo die Wirkkette vom Perzeptionsalgorithmus bis zur Objektidentifizierung frühzeitig abgesichert werden muss. In virtuellen 3D-Welten, mit denen man ADAS/AD-Anwendungen testet, liefern die Modelle die gleichen Signale wie reale Sensoren. Hierbei möchten sich Kunden innerhalb des Entwicklungszyklus von Sensoren und weiterverarbeitenden Einheiten wie einem zentralen ADAS-Steuergerät

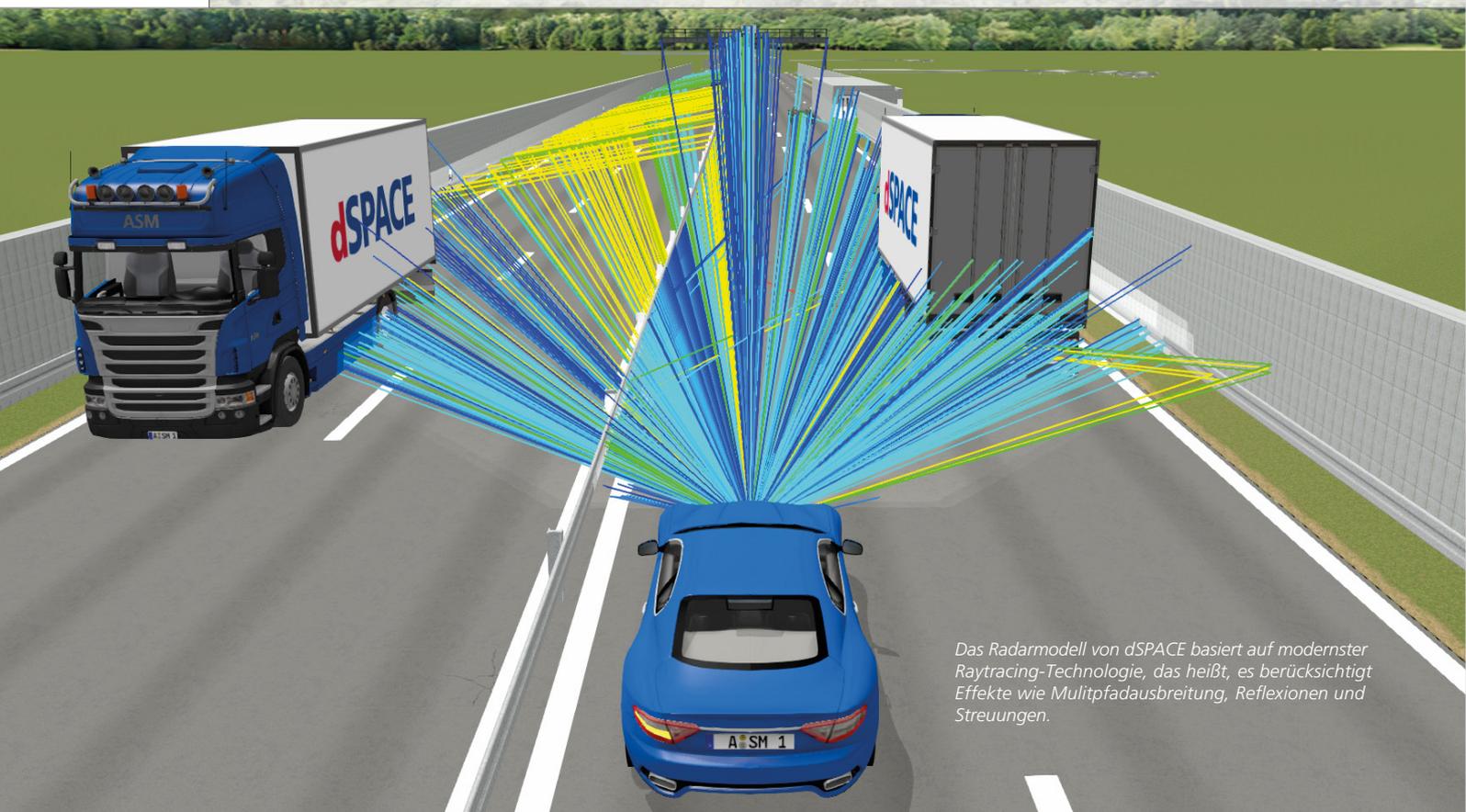
frühzeitig mit dem Testen und Absichern auseinandersetzen. Dadurch erhalten die Themen Model- und Software-in-the-Loop ein höheres Gewicht.

Welche sensorrealistischen Modelle bietet dSPACE heute an?

Krumm: Sensor Simulation ist der Oberbegriff, unter dem die Software-Module für Kamera-, Radar- und Lidar-Sensorsimulation geführt werden. Seit dem dSPACE Release 2018-B existiert ein eigenständiges Modul zur kamerabasierten Rohdatengenerierung, das die Umgebung, die Verkehrsobjekte sowie Effekte für wetter- und tageszeitbasierte Lichtverhältnisse simuliert. Mit dSPACE Release 2019-A wurden zwei weitere Module veröffentlicht, das Radar- und das Lidaromodul. Beide basieren auf Raytracing-Technologie. Dabei werden Strahlen in eine 3D-Szene gesendet und deren Reflexionen erfasst, was die Integration von physikalischen Effekten wie Multipfadausbreitung in der Modellierung erlaubt. Dies ermöglicht eine physikalisch korrekte Simulation der Ausbreitung von Radarwellen oder eines Nahinfrarot-Laserstrahls, was für die Stimulation und Emulation von Sensoren essentiell ist. >>

Holger Krumm (links) ist Produktmanager für Prototyping und Validation Software Tools bei dSPACE, Dr. Sebastian Graf (rechts) arbeitet als Senior Application Engineer bei dSPACE.





Das Radarmodell von dSPACE basiert auf modernster Raytracing-Technologie, das heißt, es berücksichtigt Effekte wie Multipfadausbreitung, Reflexionen und Streuungen.

Mit der Raytracing-Engine in Sensor Simulation lässt sich die Ausbreitung von mm-Wellen und Infrarotstrahlung physikalisch korrekt simulieren – eine essentielle Fähigkeit für die Stimulation und Emulation von Radar und Lidar Sensoren.

Herr Graf, welchen Detaillierungsgrad und Leistungsumfang haben die Modelle?

Graf: Grundsätzlich berechnen die Modelle die Übertragungsstrecke zwischen Umgebung und Sensor-Frontend sowie Teile des Front-ends selbst, zum Beispiel die Radarantenne. Neben der Berechnung der Wellenausbreitung verfügen das Radar- und das Lidarmodul über ein leistungsstarkes Postprocessing Interface, das eine Verarbeitung der erfassten Daten erlaubt. Dies ermöglicht für Radar und Lidar beispielsweise die Ausgabe einer Detektionsliste bzw. einer Punktwolke. Im Fall der Kamera werden Eigenschaften des Front-ends simuliert, also von Linsensystem und Bildsensor. Hierbei geht es um Effekte wie chromatische Aberration, Vignettierung, kom-

plexe Linsenprofile, gegebenenfalls Fish-Eye-Verzerrung und die Ausgabe des Bildsensors wie Bayer-Pattern und High-Dynamic-Range. Aufgrund offener Schnittstellen kann der Kunde eigene Postprocessings für Besonderheiten der eigenen ECU integrieren. Dies gilt für alle Sensormodelle.

Welche Voraussetzungen sind für den Einsatz von Sensor Simulation erforderlich?

Graf: Beim SIL-Setup benötigt man einen handelsüblichen PC plus eine NVIDIA-Grafikkarte. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, einen Sensor Simulation PC von dSPACE einzusetzen. Dieser hat den Vorteil, dass er auf den Betrieb mit der dSPACE Werkzeugkette abgestimmt ist. Beim HIL-Setup dagegen erfolgt die Sensorsimu-

lation immer mit dem Sensor Simulation PC. Die Skalierbarkeit dieser PCs ermöglicht das Simulieren einer beliebigen Anzahl von Sensoren. Die PCs benötigen dazu eine Beschreibung des Fahrzeugumfeldes und eine Simulation der Fahrzeugdynamik. Beides liefert ein SCALEXIO-Simulator, auf dem die ASM Toolsuite ausgeführt wird. Weil die Sensor-Simulation-Produkte zukünftig plattformunabhängig sein werden, also zum Beispiel auch unter Linux laufen, lassen sie sich auch auf Clustern oder in beliebigen Cloud-Services nutzen.

Gibt es Alleinstellungsmerkmale von Sensor Simulation gegenüber anderen Anbietern?

Krumm: Sensor Simulation setzt auf einer vollständigen Fahrdynamiksimu-

Sensor Simulation setzt auf einer vollständigen Fahrdynamiksimulation des Ego-Fahrzeugs auf, das heißt, es werden sämtliche Bewegungen des Sensors berücksichtigt.

lation des Ego-Fahrzeugs auf, das heißt, es werden alle Bewegungen des Sensors berücksichtigt, beispielsweise durch Schräglage bei Kurvenfahrten oder Nicken auf Kopfsteinpflaster. Sensor Simulation stellt sich der besonderen Herausforderung, Sensoren nicht nur per SIL, sondern auch per HIL zu testen. Dies erfordert Echtzeitfähigkeit. Die Simulation der Ausbreitung der Radarwelle geschieht damit so schnell, dass eine Stimulation realer Sensoren – durch Injektion der Rohdaten – während der Laufzeit erfolgt. Derartige Rechengeschwindigkeiten, an die vor zwei bis drei Jahren nicht einmal im Traum zu denken war, sind heute durch die Parallelisierbarkeit moderner High-End-Grafikkarten möglich. Sensor Simulation ist die einzige Werkzeugkette, die alle drei wichtigen Sensortypen, also Kamera, Radar und Lidar, auf diesem Niveau simuliert. Bemerkenswert an der dSPACE Werkzeugkette ist außerdem der einfache Übergang von SIL zu HIL.

Gibt es bereits Kunden, die Sensor Simulation einsetzen? Was machen sie damit?

Graf: Ja – wir haben eine Handvoll Leitkunden der deutschen Automobilindustrie, die das Tool schon jetzt auf verschiedenen Gebieten effektiv nutzen. Hier haben wir uns Spieler auf den unterschiedlichsten Ebenen der Zulieferkette gesucht. Zu den Leitkunden zählen ein großer deutscher OEM, ZF als Tier 0.5 sowie HELLA als Radarzulieferer. Es existieren mehrere weitere mittlere und kleinere Kooperationen und Verbundprojekte. Alle Anwender geben uns Feedback, um die Simulation noch realistischer zu gestalten und die Werkzeugkette an die

spezifischen Herausforderungen eines Tier 2, Tier 1 oder OEMs anzupassen.

An welchen Neuerungen arbeitet dSPACE derzeit?

Graf: Unter anderem werden wir die Visualisierungsqualität erhöhen, um Tests von Kamerafunktionen selbst bei speziellen Licht- und Wettereinflüssen zu ermöglichen. Ein weiteres Thema sind neuronale Netze zur Umgebungserkennung. Für diese Art der hochrealistischen Visualisierung nutzen wir moderne, spezialisierte Grafik-Engines und erreichen so ein ganz neues Niveau bei der Kamerasensorsimulation. Hieran arbeiten wir mit Hochdruck, um unseren Kunden eine vollständige Abdeckung ihrer Anwendungsfälle zu bieten. Außerdem planen wir für Ende 2019 eine Zuwei-

sungsmöglichkeit von Materialeigenschaften an Objekte. Für Radar und Lidar existieren bereits Prototypen für eine SIL- und HIL-Umsetzung auf Rohdatenebene des Sensors, was Tests des digitalen Sensor-Backends ermöglicht. Bei Kameras ist dies bereits seit wenigen Jahren Stand der Technik, für Radar und Lidar aber Neuland, doch erleben wir gerade bei Zulieferern eine hohe Akzeptanz, und dass wir den richtigen Nerv treffen. Das Potenzial steckt hierbei im Bereich des entwicklungsbegleitenden Testens. Ferner profitiert auch der OEM davon, dass der Zulieferer dank der klaren Schnittstelle sensorspezifische Modelle bereitstellen kann.

Herr Graf, Herr Krumm, wir danken Ihnen für das Gespräch.



Michael Beine und Olaf Grajetzky diskutieren im modernen Fahrzeugcockpit, was es für TargetLink bedeutet, wenn funktionale Anforderungen steigen und die Entwicklungszyklen immer kürzer werden.

A photograph showing two men in a modern car cockpit. The man on the left is driving, and the man on the right is gesturing towards the central infotainment screen. The screen displays a car configuration menu with options like 'Antrieb', 'Lenkung', and 'ESP'. The text '20 Jahre TargetLink' is overlaid in large white font across the bottom half of the image.

20 Jahre TargetLink

Seit 20 Jahren bringt TargetLink hocheffizienten Code schnell und sicher in die Serie. Heute ist TargetLink-generierter Code überall im Fahrzeug im Einsatz, und TargetLink ist weltweit fester Bestandteil in der automotiven Softwareentwicklung. Darüber hinaus finden sich auch in anderen Industrien eindrucksvolle Anwendungen. Über die Rolle von TargetLink sprachen wir mit Michael Beine, Lead Product Manager, und Olaf Grajetzky, Group Manager Engineering. Beide haben die Erfolgsgeschichte von TargetLink mitgeschrieben.



Herr Beine, wovon haben unsere Kunden bei der Einführung von TargetLink eigentlich am meisten profitiert?

Michael Beine: TargetLink war von Anfang nicht einfach ein neues Software-Produkt. TargetLink hat die Lücke zwischen Funktionsmodell und Steuergerät geschlossen. Denn dadurch, dass unsere Kunden von manueller Programmierung auf automatische Code-Generierung umstellen konnten, haben sie ihre Entwicklungsprozesse enorm beschleunigt. Bis zur Einführung von TargetLink rechnete man vom Design bis zur Implementierung mit Turnaround-Zeiten von Wochen und Monaten. Einmal richtig konfiguriert, erledigte TargetLink die Code-Generierung auf Knopfdruck. Und über die erhebliche Effizienzsteigerung hinaus haben unsere Kunden damals durch die resultierende Konsistenz von Code und Modell und deren einfachen Vergleich per MIL-, SIL- und PIL-Simulation einen wichtigen Schritt in Richtung Software-Qualitätssicherung gemacht. Die ersten Projekte, in denen TargetLink bei Nissan oder MAN im Einsatz war, waren so etwas wie eine kleine Revolution.

Wenn Sie auf die Anfänge von TargetLink zurückblicken: Was hat sich seitdem verändert?

Michael Beine: Anfangs lag der Fokus klar auf dem generierten Code, konkret ging es primär um Code-Effizienz. Heute geht es zusätzlich darum, Teams und ganze Abteilungen in die Lage zu versetzen, effizient und sicher modellbasiert Software zu entwickeln und abzusichern. In diesem Sinne haben wir TargetLink weiterentwickelt und ein umfassendes Ökosystem aufgebaut, das die modellbasierte Soft-

ware-Entwicklung inklusive Absicherung adressiert.

Was waren wichtige Entwicklungsschritte?

Michael Beine: Von Anfang an haben wir viele Kunden bei ihren Projekten sehr eng begleitet. Daraus ist zum Beispiel das TargetLink Data Dictionary entstanden. Damit war es erstmals möglich, Implementierungsdetails vom Modell zu entkoppeln und im Team sowie teamübergreifend auszutauschen. Außerdem waren und sind wir als Vorreiter aktiv beim Thema AUTOSAR. 2006 war TargetLink der erste Code-Generator, der AUTOSAR unterstützt, und bietet seitdem AUTOSAR-Support auf Produktniveau, der seinesgleichen sucht. Aktuell befassen wir uns mit Adaptive AUTOSAR. Und nicht zu vergessen: TargetLink ist bereits seit 2009 durch den TÜV Süd für den Einsatz in sicherheitskritischen Projekten offiziell zertifiziert.

Sicherheit ist ein gutes Stichwort.

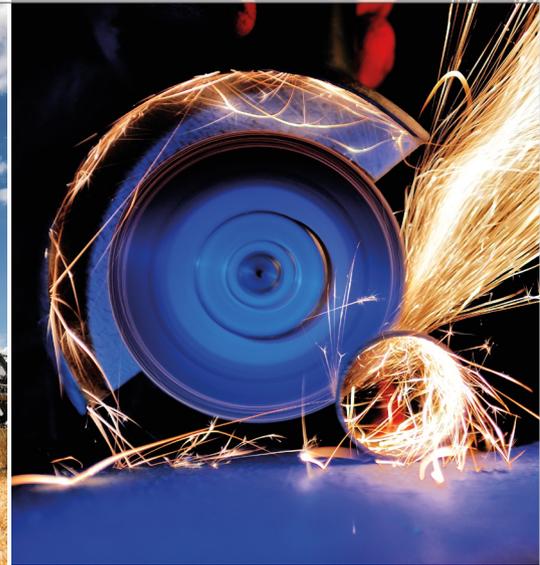
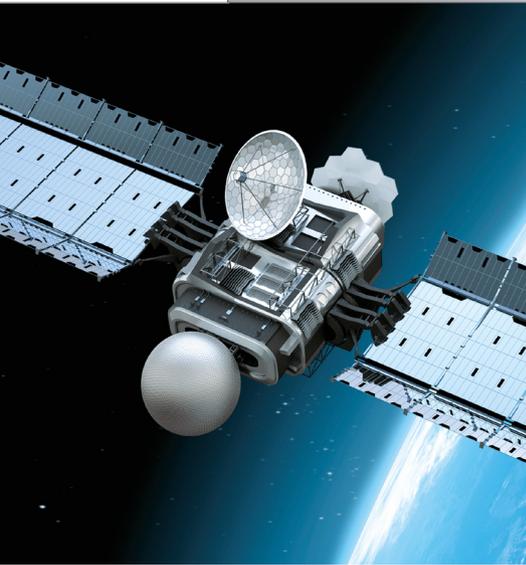
Wieviel Sicherheit bietet TargetLink?

Michael Beine: Entwickler und Ingenieure sind auf der sicheren Seite, wenn sie Software mit TargetLink entwickeln. Wichtige Orientierung für unsere Kunden und Teil der TÜV-Zertifizierung ist ein Referenz-Workflow für die modellbasierte Software-Entwicklung sicherheitsrelevanter Systeme mit TargetLink. In diesem Kontext spielen unsere beiden strategischen Partner Model Engineering Solutions und BTC Embedded Systems eine wichtige Rolle, deren Tools in Verbindung mit TargetLink für die notwendige Qualität auf Modellbeziehungsweise auf Codeebene sorgen. Modellierungsrichtlinien, MISRA Compliance, dedizierter Support durch >>

Vom hocheffizienten Seriencode-Generator zur agilen modellbasierten Software-Entwicklung

Validierung auf Echtzeit-Hardware

TargetLink bietet nun die Möglichkeit, Seriencode als Simulink Implementation Container (SIC) noch einfacher auf SCALEXIO-Hardware zu testen. Auf Seite 49 erfahren Sie mehr darüber, welche Vorteile diese Möglichkeit bietet.



dSPACE Experten, regelmäßige Automotive SPICE Audits der Entwicklung, Patches auch für ältere TargetLink-Versionen sind weitere Punkte, die zeigen, welchen Stellenwert Qualität und Zuverlässigkeit für uns haben.

Herr Grajetzky, in welchen Bereichen ist TargetLink im Einsatz und welche Anwendungen sind Ihnen besonders in Erinnerung geblieben?

Olaf Grajetzky: Mit TargetLink generierter Serienelemente läuft überall auf Steuergeräten im Auto – etwa in den Bereichen Powertrain, Fahrwerk, Body oder ADAS. Aber auch in vielen anderen Industrien hat sich TargetLink bewährt. Das beginnt bei Anwendungen wie Motorsteuerungen für Trennschleifer, bei denen man automatisch generierten Serienelemente kaum vermutet. Eindrucksvoll sind Entwicklungen für selbstfahrende Erntemaschinen, und bemerkenswert ist, dass selbst Satelliten im Orbit sind, deren Steuerungssysteme TargetLink-Code enthalten.

Bei der Umsetzung vieler Projekte ist dSPACE vor Ort. Wie sieht dabei die Anwenderunterstützung aus?

Olaf Grajetzky: Bei einem großen Automobilkunden betreuen wir zum Beispiel seit mehr als zehn Jahren eine hochautomatisierte Toolkette. Inzwischen unterstützt diese alle relevanten Spezifikationen von AUTOSAR 4. Das ist aus meiner Sicht eine der konsequentesten und durchdachtesten Anwendungen von AUTOSAR. In vielen anderen Projekten unterstützen wir nur kurzzeitig mit unserem Know-how beim

Projektstart. Den Betrieb übernehmen unseren Kunden dann selbst. Wir sind inzwischen seit fast 20 Jahren bei unseren Kunden unterwegs und sehen sehr schnell, was für wen nützlich ist. Aber auch wenn Probleme auftauchen, helfen wir kurzfristig weiter. Das ist wichtig, weil international teilweise doch sehr unterschiedliche Anforderungen gestellt werden; oft ist unsere Flexibilität gefragt.

Gerade im Automobilbereich steigen die funktionalen Anforderungen, Entwicklungszyklen werden kürzer. Was folgt daraus für die Weiterentwicklung von TargetLink?

Michael Beine: Aktuell arbeiten wir daran, mit Adaptive AUTOSAR einen weiteren Standard umzusetzen, der unter anderem die Update-Fähigkeit von Steuergeräten erlaubt und somit die Funktionsentwicklung für autonomes Fahren voranbringt. Anforderungen, die neue Technologien wie Continuous Integration und agile

Methoden mit sich bringen, werden wir mit TargetLink unterstützen und dazu beitragen, dass unsere Kunden ihre Entwicklungsgeschwindigkeit weiter steigern können. Insgesamt ist es wichtig, den eingeschlagenen Weg in Richtung agiler, modellbasierter Software-Entwicklung beizubehalten und für ein gutes Zusammenspiel in der gesamten Toolkette zu sorgen.

Welche Rolle spielt TargetLink, wenn die Vision vom autonomen Fahren Wirklichkeit wird?

Olaf Grajetzky: Eine unverändert wichtige: Mit TargetLink generierter Serienelemente wird immer dann ins Spiel kommen, wenn es darum geht, Fahrzeuge sicher auf der Straße zu halten. Denn Code, der nicht nur in kritischen Situationen lenkt, beschleunigt oder bremst, muss maximal abgesichert, deterministisch und zuverlässig sein.

Herr Beine, Herr Grajetzky, vielen Dank für das Gespräch!

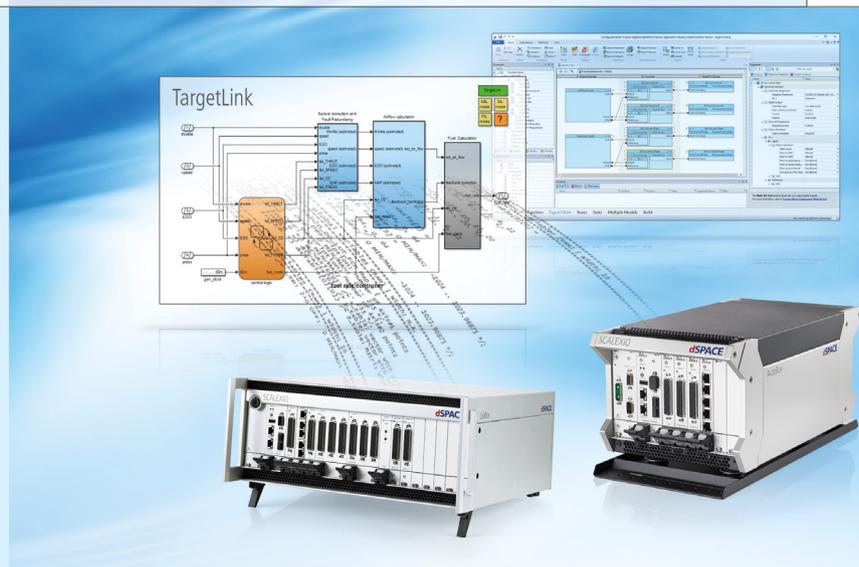
Michael Beine ist Lead Product Manager bei dSPACE.



Olaf Grajetzky ist Group Manager Engineering bei dSPACE.



Validierung auf Echtzeit-Hardware



Betrachten wir nun eine der neuesten Entwicklungen bei TargetLink genauer: Bereits seit der Version 4.4 (dSPACE Release 2018-B) bietet TargetLink die Möglichkeit, Serienelemente als Simulink Implementation Container (SIC) direkt aus TargetLink zu exportieren, ihn so via ConfigurationDesk auf der dSPACE Echtzeit-Hardware SCALEXIO auszuführen und damit schnell und besonders einfach zu validieren. Welchen Nutzen solch ein zusätzlicher Validierungsschritt bietet, erläutert Produktmanager Felix Engel.

Herr Engel, welche Nutzer und welche Anwendungsfälle spricht die Neuerung an?

Einerseits richtet sich die Neuerung an Software-Entwickler. Sie können TargetLink-generierten, echten Serienelemente, der bereits per Model-in-the-Loop-, Software-in-the-Loop- und Processor-in-the-Loop-Simulation getestet ist, früh im Entwicklungsprozess mit Echtzeit-Hardware an einer realen Regelstrecke erleben. Für Entwickler ist so direkt sichtbar, welchen Effekt die konkrete Umsetzung eines Algorithmus als Serienelement auf die Funktion hat, mit Quantisierungseffekten aller Art und berücksichtigten Ressourcenbeschränkungen. Außerdem sprechen wir Testingenieure an, die bereits als TargetLink-Modell vorliegende Funktionalität mit Echtzeit-Hardware an der realen Regelstrecke systematisch testen möchten. Dank der klaren Schnittstelle des SIC-Containers unterstützt unsere Implementierungssoft-

ware ConfigurationDesk diesen Workflow jetzt einfach und, durch Trennung von Funktion und I/O, auch in höchstem Maße prozesssicher, da etwa zugehörige Dateiversionen klar zuzuordnen sind.

Welchen Vorteil bietet diese Validierungsmethode im Vergleich zu den bekannten MIL-/SIL-/IPIL-Simulationen?

Die Methoden ergänzen sich. Die MIL-/SIL-/IPIL-Simulationen ermöglichen das Testen einer großen Variantenvielfalt. Bei Bedarf ist es sehr einfach, in großen Clustern massiv parallel zu rechnen. Damit können Sie eine hohe Testabdeckung in allen Dimensionen erreichen. Die Validierung von Serienelementen an der realen Regelstrecke ergänzt diese Tests um frühe Stichproben über die Plausibilität der Simulation. Es geht also darum, Effekte zu bemerken, die innerhalb der Simulation nicht sichtbar sind. Diese Effekte kann man dann schon sehr früh erkennen und damit einfach beheben.

Welche Effekte können denn in Simulationen unbemerkt bleiben?

Neben den zuvor genannten Quantisierungseffekten kann es zum Beispiel sein, dass ein Umgebungsmodell die Umgebung nicht genau genug repräsentiert. In der Realität muss die für den Serienelement-Einsatz modifizierte Funktion jedoch beweisen, dass sie mit den komplexen Details der Umgebung tatsächlich klarkommt. Mit dem auf SCALEXIO-Hardware laufen-

den Serienelementen bekommt man hierzu schnell Antworten.

Welche Hardware kommt zum Einsatz?

Sie können alle von ConfigurationDesk unterstützten Systeme verwenden. Für die Validierungen des Serienelementes eignen sich insbesondere die als Prototyping-Systeme konzipierten Bauformen SCALEXIO LabBox und vor allem die neue SCALEXIO AutoBox (siehe auch Interview auf Seite 40)

Was bedeutet der zusätzliche Validierungsschritt für den gesamten Steuergeräte-Absicherungsprozess?

Es entsteht noch mehr Vertrauen in die gesamte Absicherung des Serienelementes und des späteren Steuergeräts. Außerdem sinken die Gesamtkosten, weil immer mehr Risiken im Vorfeld erkannt und beseitigt werden.

Herr Engel, vielen Dank für das Gespräch!

Felix Engel ist Product Manager bei dSPACE.



A portrait of Sebastian Thrun, a middle-aged man with a receding hairline and blue eyes, wearing a dark blue sweater. He is smiling slightly and looking directly at the camera. The background is a blurred indoor setting with warm lighting.

Sebastian Thrun ist Wissenschaftler, Pädagoge, Erfinder, Unternehmer und CEO von Kitty Hawk. Die Vision dieses Unternehmens ist es, Menschen vom Straßenverkehr zu befreien. Zudem ist er Gründer, Chairman und President von Udacity, deren Mission es ist, die Bildung zu demokratisieren. Thrun ist der Gründer von X (früher Google X), wo er die Entwicklung des selbstfahrenden Autos, Google Glass und anderer Projekte leitete. Er war mehrere Jahre Professor an der Stanford University, wo er das Stanford Racing Team anführte, das mit „Stanley“ die DARPA Grand Challenge

gewann.

Laut Sebastian Thrun wird in wenigen Jahren jeder von uns KI im Job nutzen

Fliegende Autos werden Realität

Für den Wissenschaftler, Pädagogen, Erfinder und Unternehmer Sebastian Thrun ist die Zukunft der Mobilität autonom, und sie wird im dreidimensionalen Raum stattfinden. Im exklusiven Interview mit dem dSPACE Magazin erklärt Thrun, warum künstliche Intelligenz (KI) in Zukunft für uns alle wichtig sein wird und warum fliegende Autos so spannend sind.

Herr Thrun, Sie haben in Stanford autonome Fahrzeuge entwickelt, und jetzt arbeiten Sie am fliegenden Auto. Wie wird Mobilität in 20 Jahren aussehen?

Ich stelle mir eine Zukunft vor, in der man in ein Fahrzeug steigt, senkrecht startet und sich dann in gerader Flugbahn auf sein Ziel zubewegt. Ich will nicht in einer Zukunft leben, in der wir im Stau auf der Autobahn feststecken. Mein Traum ist, dass mir Amazon meine Lebensmittel innerhalb von fünf Minuten nach Bestellung auf dem Luftweg liefert. Denn der Luftraum ist frei von Staus und der Raum so groß im Vergleich zum Boden, dass dieser Umstieg einfach auf der Hand liegt.

Alle reden davon, dass die Zukunft dem autonomen Fahren gehört. Wann ist es soweit?

Den Anfang haben wir ja längst gemacht! Das von mir gegründete Unternehmen Waymo testet selbstfahrende Autos in unterschiedlichen Gegenden der USA. Gerade ist Waymo eine Kooperation mit Lyft eingegangen, so

dass Kunden des Fahrdienst-Vermittlers Lyft demnächst in Roboterautos von Waymo unterwegs sein werden. Voyage – ein Unternehmen, das Ingenieure ins Leben gerufen haben, die anfangs mit mir an der Online-Akademie Udacity gearbeitet haben – transportiert bereits ältere Menschen mit autonomen Fahrzeugen durch Seniorenresidenzen in den gesamten Vereinigten Staaten. Und es gibt noch viele weitere Beispiele für selbstfahrende Autos auf der ganzen Welt.

Was sind die großen Hürden?

Die größten Herausforderungen sind nach wie vor technischer Natur und beziehen sich auf all die vielen ungewöhnlich Szenarien, denen selbstfahrende Fahrzeuge in der realen Welt begegnen. Ingenieure nennen sie „Corner Cases“ oder „Grenzfälle“, weil sie so ungewöhnlich und unvorhersehbar sind. Das Fahrzeug muss sie trotzdem richtig handhaben und ohne Ausnahme zuverlässig arbeiten. Jeder Ingenieur im Bereich des autonomen Fahrens muss solche nicht all-

täglichen und unvorhersehbaren Ereignisse berücksichtigen: Menschen, die auf der falschen Fahrbahnseite fahren, Objekte, die vom Himmel fallen, Tiere, die aus dem Nichts kommen. Um diese Situationen zu beherrschen, muss ein großer Aufwand betrieben werden.

Millionen und Abermillionen von Testkilometern müssen im Testbetrieb abgespult werden, bevor autonome Fahrzeuge auf die Straße gebracht werden können. Wie viele Kilometer müssen in der realen Welt gefahren werden, wie viele in der virtuellen Welt?

Die Simulation ist für die Entwicklung autonomer Fahrzeuge von entscheidender Bedeutung. Insbesondere hilft die Simulation bei der Verifizierung und Absicherung von Software-Systemen, die getestet werden, indem die zuvor aufgezeichneten Daten in einem Simulator ausgeführt werden. So wird sichergestellt, dass die Software das Szenario korrekt behandelt. Simulationen werden immer besser darin, neue Szenarien von Grund auf neu zu erstellen. Dennoch glaube ich nicht, dass wir jemals darauf verzichten können, Daten in der realen Welt zu sammeln und in der realen Welt zu testen.

Was bedeutet das für die Automobilhersteller und ihre Zulieferer?

Automobilhersteller und -zulieferer

„Innerhalb der nächsten fünf Jahre wird jeder – auch ich – irgendeine Form von KI in seinem Job einsetzen.“

Sebastian Thrun



Bildnachweis: © Udacity

„Die Simulation ist für die Entwicklung autonomer Fahrzeuge von entscheidender Bedeutung.“

haben sich in der Vergangenheit auf den Maschinenbau oder auf Low-Level-System-Software konzentriert. Dieser Fokus ist auch nach wie vor notwendig, aber übergeordnetes Software-Engineering, wie Simulation und KI, wird immer wichtiger. In manchen Fällen ist es für Unternehmen sinnvoll, ihre eigenen Ingenieure aus- und weiterzubilden, in anderen ist es besser, mit Partnern zusammenzuarbeiten, die diese Fähigkeiten mitbringen.

Fahrerlose Autos müssen sicher sein. Welche Rolle spielen Software-Entwickler, um sie sicherer zu machen, und wie können diese Entwickler optimal auf ihre Aufgaben vorbereitet werden?

Ein selbstfahrendes Auto ist im Grunde genommen ja ein Roboter. Und als solcher hat er drei Hauptfunktionen: Erfassen, Planen und Handeln. Erfassungssysteme verwenden Sensoren, um die Umgebung zu verstehen. Dies erfordert viel Software-Engineering, insbesondere in Bereichen wie dem maschinellen Sehen (Computer Vision) und dem maschinellen Lernen. Wir lernen, wie eine Person oder ein Fahrzeug aussieht, indem wir viele Menschen und Autos sehen; und so ähnlich lernt auch ein Computer. Auch stützt sich das Planungssystem vornehmlich auf Software, insbesondere KI- und probabilistische Systeme. Das Fahrzeug muss vorhersehen, wie wahrscheinlich es ist, dass ein anderes Fahrzeug abbiegen oder geradeaus weiterfahren wird, und dann muss es entsprechend entscheiden. Der letzte Schritt sind Aktuatoren. Früher waren sie weitgehend mechanisch, werden heute aber zunehmend durch Software unterstützt. Die meisten modernen Lenk-

und Bremssysteme werden per Kabel über einen Computer gesteuert, anstatt sich auf mechanische Komponenten zu verlassen. Elektrische Antriebsstränge, die für selbstfahrende Autos sehr sinnvoll sind, werden ebenfalls per Software gesteuert.

Bei Ihrer Online-Akademie Udacity liegt ein starker Fokus auf Deep Learning und KI. Können Sie erklären, warum das so ist?

Innerhalb der nächsten fünf Jahre wird jeder – auch ich – irgendeine Form von KI in seinem Job einsetzen. Unabhängig vom Beruf – ob Geschäftsführer, Buchhalter, Landwirt, Programmierer oder praktisch auch jeder andere – KI zeichnet sich an unser aller Horizont ab. Die Gesundheitsbranche ist überwältigt von neuen Studien, die sagen, dass die Anzahl der Menschenleben, die durch den Einsatz von KI gerettet werden können, stark zunehmen wird. Rechts- und Sicherheitsexperten prognostizieren einen dramatischen Rückgang von Online-Betrug dank KI. Bildungsbeauftragte schaffen virtuelle Lehrer, um das Klassenzimmer auch in unterversorgte Gebiete auf der ganzen Welt zu bringen. Jeder, vom Hersteller bis zum Vermarkter, erkennt das Potenzial von KI, wenn er in die Zukunft blickt. Als Udacity vor mehr als fünf Jahren begann, online KI-Kurse anzubieten, war vieles davon noch spekulativ. Jetzt ist es real, und wir aktualisieren und erweitern ständig unsere

KI-Angebote, um sicherzustellen, dass jeder KI-Skills erwerben kann. Studenten auf der ganzen Welt haben somit die Möglichkeit, die Stufen der steilen Karriereleiter hochzuklettern.

Welche Rolle spielen die etablierten Fahrzeughersteller in der Entwicklung? Inwiefern unterscheidet sich der Ansatz der neuen Akteure im Silicon Valley von dem der etablierten Hersteller?

Traditionelle Automobilunternehmen sind viel besser in der Konstruktion und im Bau von Fahrzeugen als Silicon-Valley-Start-ups. Aber die Automobilindustrie kann sehr träge sein. Der große Vorteil neuer Unternehmen ist ihre Schnelligkeit. Durch die schnelle und sichere Entwicklung neuer Technologien drängen Neueinsteiger auf den Automobilmarkt – und die gesamte Branche dazu, agiler zu werden und die Welt ein Stückchen besser zu machen.

Zurück zu Ihrer Vision vom fliegenden Auto. Welche Vorteile hat es, in die Luft zu gehen? Und ist das ein Traum, der für viele irgendwann erschwinglich sein wird?

Ich bin fasziniert von fliegenden Autos. Sie eröffnen so viele Möglichkeiten, die auf zweidimensionalen Straßen nicht möglich sind. Als ich anfang, an selbstfahrenden Autos zu arbeiten, hielten mich die Leute für verrückt. Aber jetzt sind sie Realität. Wenn ich den Leuten heute sage, dass ich fliegende Autos baue, halten sie mich wieder für verrückt. Aber schneller als sie sich vorstellen können, werden auch fliegende Autos in unser Leben Einzug halten. ■

Herr Thrun, vielen Dank für das Gespräch.

„Schneller als sie sich vorstellen können, werden fliegende Autos in unser Leben Einzug halten.“



PEGASUS-

Projekt

Mit simulationsbasierten Tests Funktionen für autonomes Fahren schneller absichern

Ins Auto steigen, das Fahrtziel wählen, zurücklehnen und entspannen. So sieht der Wunsch vieler Autofahrer aus. Aber was gibt uns die Sicherheit, dass die Fahrfunktion auch die richtigen Entscheidungen trifft? Wie wird nachgewiesen, dass ein automatisiert fahrendes Fahrzeug sicher ist? Das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderte Verbundprojekt PEGASUS hat sich dieser Aufgabe gestellt.

Mitte Mai präsentierten 17 Projektpartner aus Wirtschaft und Wissenschaft auf dem Volkswagen-Prüfgelände im niedersächsischen Ehra-Lessien die Ergebnisse aus dreieinhalb Jahren praxisnaher Forschung und Entwicklung, um Funktionen für das automatisierte Fahren abzusichern. dSPACE war als verbundener Partner beteiligt und

stellte seine Expertise im Teilprojekt Testen zur Verfügung. In PEGASUS wurde ein Vorgehen entwickelt, wie eine einheitliche Bewertung und Absicherung der Fahrfunktion möglichst effizient erfolgen kann. „Die gewonnenen Erkenntnisse haben wir dabei schon während der Projektlaufzeit national sowie international mit Experten diskutiert, um sicherzu-

stellen, dass die Ergebnisse auch in der Praxis tragfähig sind“, sagte Prof. Karsten Lemmer, DLR-Vorstand für Verkehr und Energie und einer der beiden PEGASUS-Koordinatoren. Professor Thomas Form, Leiter Fahrzeugtechnologie und Mobilitäts Erlebnis bei der Volkswagen AG und ebenfalls Projektkoordinator, ergänzte: „Mit der Entwicklung von Anforde-

André Manicke (TraceTronic), Dr. Mark Schiementz (BMW),
Dr. Karsten Krügel (dSPACE) und Jens O. Schindler (TraceTronic).

rungen, Prozessen, Metriken und Werkzeugen, die in einer durchgängigen Gesamtmethode zur Freigabe der Fahrfunktion ineinandergreifen, liefert PEGASUS einen wichtigen Beitrag für die spätere Zulassung automatisierter Fahrzeuge.“

Ergebnispräsentation auf VW-Testgelände

Zur Abschlusspräsentation demonstrierten die Projektpartner auf dem Volkswagen-Prüfgelände Ehra-Lessien die im Projekt entwickelte Werkzeugkette. Dabei zeigten sie mit digitalen Postern, Exponaten, Fahr simulatoren sowie im Außenbereich bei Fahrversuchen die einzelnen Schritte, um Funktionen für automatisiertes Fahren abzusichern.

Für die Überprüfung des möglichst allgemeingültigen PEGASUS-Ansatzes für die Absicherung einer Fahrfunktion haben sich die Projektpartner 2016 für einen greifbaren Anwendungsfall entschieden, den sogenannten „Autobahn-Chauffeur“. Er übernimmt auf Autobahnen oder Schnellstraßen die Fahrzeugführung in einem Geschwindigkeitsbereich von 0 bis 130 Kilometern pro Stunde und kann selbstständig Spurwechsel vornehmen.

Mit der Sammlung aller Anforderungen an die Fahrfunktion und der Erhebung relevanter Verkehrssituationen ermöglicht die PEGASUS-Gesamtmethode einen durchgängigen Testablauf. Dabei basiert die Datenerhebung auf Feldtest-, Simulator- und Unfalldaten. Die Daten werden einheitlich verarbeitet und über eine zentrale Datenbank für Anwendungen in Simulationen, auf dem Prüfgelände und im Realverkehr bereitgestellt. Gestützt durch Prozessempfehlungen und der abschließenden Sicherheitsbewertung, resultiert eine Freigabeempfehlung für die Fahrfunktion.

dSPACE unterstützt mit szenariobasierter Werkzeugkette

Effizient werden die Tests in PEGASUS insbesondere durch den großen Anteil an simulationsbasierten Tests. Da-

bei kommen einheitliche Schnittstellen zum Einsatz, was auch die Integration in bestehende Umgebungen ermöglicht. Die Validierung der Simulationsergebnisse erfolgt durch Tests auf dem Prüfgelände. Insbesondere die Simulationsansätze eignen sich auch für die frühen Phasen der Entwicklungsprozesse von automatisierten Fahrzeugen. Das bislang herstellerspezifische Vorgehen zur Erprobung und Absicherung von Assistenzfunktionen wird somit durch PEGASUS in ein neues, generelles Vorgehen überführt, bei dem alle Entwickler die gleichen Kriterien und Maßstäbe anlegen können. dSPACE unterstützte im Projekt beim Aufbau einer exemplarischen szenariobasierten Werkzeugkette, in der Standardformate wie FMI (Modelle), OSI (Sensoren), OpenSCENARIO und OpenDRIVE (Szenarien) umgesetzt und prototypisch von BMW eingesetzt wurden. Mit dSPACE VEOS wurden all diese Schnittstellen in eine einzige Simulationsplattform integriert und mit den ASM-Umgebungsmodellen kombiniert. Das Ergebnis war eine leistungsstarke Software-Umgebung für die Absicherung und Verifikation von ADAS- und AD-Funktionen.

Die Anbindung von Testwerkzeugen der anderen Projektpartner konnte im Falle des vorgestellten Prototyps von TraceTronic einfach über Standardschnittstellen umgesetzt werden. So ließ sich die PEGASUS-Idee intelligen-

„PEGASUS liefert einen wichtigen Beitrag für die spätere Zulassung automatisierter Fahrzeuge.“

ter, szenariobasierter SIL-Tests mit ebenso umfangreichen wie vielfältigen praktischen Szenarien realisieren. „Im Zusammenspiel mit der Fähigkeit von VEOS, klassische und adaptive virtuelle AUTOSAR-Steuergeräte zu simulieren, sind die Projektpartner ihrem Ziel, Tests in realistischer Art und Weise reproduzierbar und hochskalierbar durchzuführen, ein gutes Stück nähergekommen“, sagt Dr. Karsten Krügel, Senior Product Manager Virtual Validation bei dSPACE. In der Folge werde sich der Bedarf an teuren realen Testfahrten in hohem Maße reduzieren. ■

Weitere Informationen unter:
www.dspace.de/go/pegasus



FMI: Das Functional Mock-up Interface definiert eine standardisierte Schnittstelle, mit deren Hilfe Simulationssoftware gekoppelt werden kann.

OSI: Das Open Simulation Interface ermöglicht eine einfache und unkomplizierte Verknüpfung der zahlreichen Fahr simulations-Frameworks zur Entwicklung automatisierter Fahrfunktionen.

OpenSCENARIO definiert ein Dateiformat zur Beschreibung von dynamischen Verkehrsmanövern (Szenarien) für den Einsatz in Fahr simulatoren.

OpenDRIVE definiert ein Datenmodell zur hochgenauen, logischen Beschreibung von Straßennetzen.

ASM ist eine Toolsuite von dSPACE für die Simulation von Verbrennungsmotoren, Fahrdynamiken, elektrischen Komponenten und der Verkehrs umgebung.

SCALEXIO: neueste FPGA-Technologie für erweiterte Elektromobilitätsanwendungen

Für die Entwicklung und den Test von Steuergeräten verstärkt dSPACE das SCALEXIO-Produktportfolio durch zwei neue FPGA-Basiskarten, die auf der neuesten Xilinx®-FPGA-Technologie basieren. Das DS6602 FPGA Base Board mit seinem leistungsstarken FPGA der Serie Xilinx® Kintex® UltraScale+™ erfüllt höchste Anforderungen im Bereich HIL-Tests, zum Beispiel im Umgang mit sehr großen, nicht linearen Motormodellen oder topologiebasierten Schaltungssimulationen. Sein kleinerer Bruder, das DS6601 FPGA Base Board, erweist sich mit dem FPGA der Serie Xilinx® Kintex® UltraScale™ als kosten-

effizienter Allrounder und eignet sich besonders gut für RCP-Anwendungen. Dank der vielfältigen Erweiterungsmöglichkeiten durch aufsteckbare I/O-Module lassen sich die beiden leistungs-

starken FPGA-Boards vielseitig einsetzen, zum Beispiel in den Bereichen elektrische Antriebstechnologie, Hybridfahrzeuge, Leistungselektronik und elektrische Energietechnik. ■



SIL-in-the-Cloud

Um autonome Fahrzeuge ausreichend zu testen, müssen Millionen von Testkilometern in diversen Szenarien mit verschiedenen Umgebungsbedingungen und insbesondere in Grenzfällen und kritischen Situationen gefahren werden. Und das idealerweise mit virtuellen Tests. Aber auch Software-in-the-Loop (SIL)-Simulationen in dieser

Größenordnung lassen sich mit lokal installierten Testsystemen nicht mehr effizient durchführen.

Daher arbeitet dSPACE an einer Lösung, um die benötigte Rechenleistung für SIL-Tests in die Cloud zu verlagern. Dadurch lassen sich die Testumfänge enorm ausweiten, da nicht mehr auf

Rechnern mit begrenzten Ressourcen getestet wird, sondern auf skalierbaren Cloud-Infrastrukturen. Auf diese Weise können Sie alle Vorteile von automatisch generierten szenariobasierten Tests ausspielen und den gesamten Umfang an Testkilometern absichern. Erfahren Sie mehr hierzu in der nächsten Ausgabe des dSPACE Magazins! ■



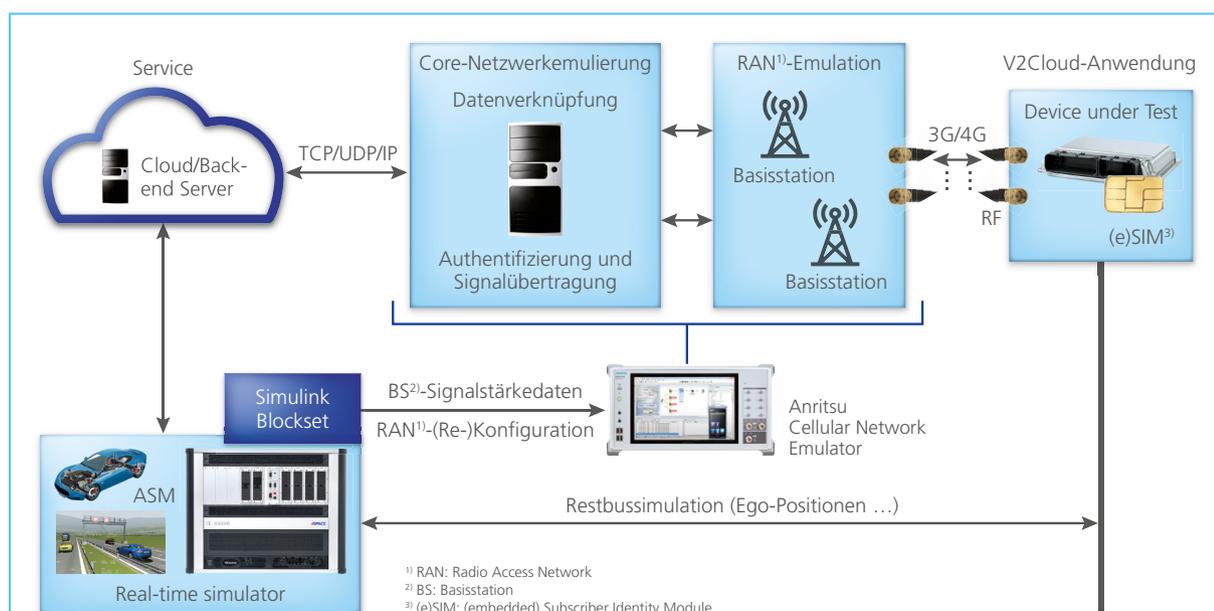


V2Cloud-Anwendungen realitätsnah testen

Schon heute können Fahrer ihr Fahrzeug per Smartphone orten oder sich bequem zum nächsten freien Parkplatz navigieren lassen. Dazu werden oft sogenannte V2Cloud-Anwendungen verwendet, die nahezu in Echtzeit die notwendigen Daten wie Fahrzeugposition, freie Parkflächen usw. via Mobilfunk mit Internet-Services austauschen und sie dem Nutzer in aufbereiteter Form bereitstellen. Die neue Generation dieser Anwendungen wie Software-Over-The-Air-Update oder Ferndiagnose wird wesentlich stärker im Fahrzeug integriert sein und hohe

Anforderungen hinsichtlich Datendurchsatz, Latenzzeit und Zuverlässigkeit stellen, nicht zuletzt auch an die Mobilfunkschnittstelle. Das macht den Einsatz der HIL-Simulation für die Absicherung der gesamten Wirkkette sinnvoll, von der Funktion im Fahrzeug bis hin zur Kommunikation mit dem Cloud-Service. Der Lösungsansatz von dSPACE besteht in der Integration eines Mobilfunknetz-Emulators, der ein realitätsnahes Testnetz aus Basisstationen (Radio Access Network) und einem Mobilfunk-Kernnetz im Labor bereitstellt. Dieser Mobilfunknetz-

Emulator wird mit Hilfe eines Simulink®-Blocksets vom HIL-Simulator aus gesteuert. Das erlaubt zum Beispiel die Rekonfiguration des Mobilfunknetzes, um Datendurchsatz und Latenzzeiten zu manipulieren und unterstützt auch die sogenannten Mobilitätsszenarien wie ein Handover. Dabei wird während einer virtuellen Testfahrt die Funkverbindung von einer an die nächste Basisstation übergeben, ohne den Datenlink zu verlieren. Das Blockset unterstützt den MD8475B Signalling Tester der Firma Anritsu und ist bereit für 5G. ■

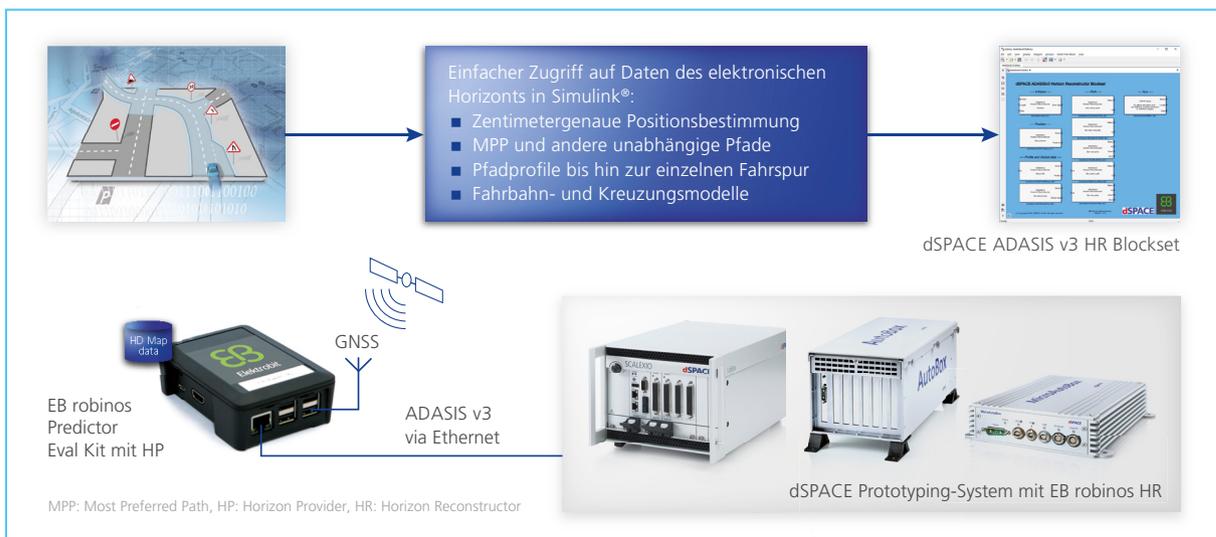


Autonomes Fahren mit elektronischem Horizont in HD

Das neue ADASIS v3 Horizon Reconstructor Blockset von dSPACE nutzt das standardisierte ADASIS-v3-Protokoll für den Zugriff auf Daten des elektronischen Horizonts aus Simulink®. Es unterstützt Anwender bei der Entwicklung von kartenbasierten Anwendungen und Funktionen für das autonome Fahren auf dSPACE Prototyping-Systemen und der PC-

basierten Simulationsplattform VEOS. Das Blockset basiert auf dem für die Serienproduktion geeigneten Reconstructor-Code EB robinos von Elektrobit, wodurch der Aufwand für die Implementierung eines eigenen Horizon Reconstructors und die Einarbeitung in die Details des ADASIS-Protokolls entfällt. Die übersichtliche Blockstruktur erlaubt den einfachen

Zugriff auf detaillierte Umgebungsdaten, zum Beispiel für eine präzise Manöverberechnung. Entwickler profitieren auch vom neuen Kartenmanagement, das eine effiziente Verwaltung großer Datenmengen ermöglicht. Der Horizon Reconstructor stellt nur die benötigten Daten bereit und löscht die überflüssigen automatisch. ■



dSPACE WORLD CONFERENCE

2019 MUNICH

Erste dSPACE World Conference!

19.-20. November 2019, München

Die erste dSPACE World Conference findet am 19. und 20. November 2019 im Hilton Munich Airport Hotel statt. Diese Veranstaltung dient als internationale Networking-Plattform für Ihre Projekte in den Bereichen **Autonomes Fahren** und **E-Mobilität**:

- Inspirierende Vorträge von Global Playern
- Anregende Workshops von Experten
- Entdecken Sie Innovationen, neueste Technologien und erleben Sie Live-Produktdemonstrationen.
- Genießen Sie einen spannenden Abend in angenehmer Atmosphäre.

Treffen Sie Kollegen, dSPACE Experten und Technologiepartner, und nutzen Sie die Chance, sich weltweit zu vernetzen. Die dSPACE World Conference 2019 ebnet den Weg, um Ihre Innovationen schneller auf die Straße zu bringen!



<https://www.dspace.com/go/World-Conference>



Autonomes Fahren kommt mit uns noch schneller in Fahrt.

Schon heute arbeitet dSPACE mit Kunden aus aller Welt daran, die Vision vom autonomen Fahren wahr werden zu lassen. Dafür bieten wir aus einer Hand eine innovative, skalierbare Toolkette für Entwicklung und Absicherung. So werden Visionen schneller wahr. www.dspace.com

Embedded Success **dSPACE**