

dSPACE MAGAZIN

2/2021

CATARC – Sicher automatisch parken | Seite 20



Hutchinson – Effizient simulieren und automatisieren
für die Luftfahrt | Seite 10

Shanghai Fuel Cell Vehicle Power System –
Voran mit abgesicherten Brennstoffzellen | Seite 6



Anspruchsvolle Detektionstechnologien

Um die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit moderner Fahrerassistenzsysteme in bestehenden Fahrzeugen zu verbessern und die Herausforderungen auf dem Weg zum vollautomatisierten Fahren (L5) zu meistern, müssen Kfz-Radarsysteme neben einer hohen Auflösung in Azimut und Elevation auch präzise Genauigkeit und Trennschärfe bei der Detaillierung bieten. Uhnder treibt die Detektionstechnologien voran, indem es einen digitalen Radar-on-Chip entwickelt, der detailreiche 4D-Umgebungen erkennt. Die Entwicklung und der Test der Radarsensoren werden durch die dSPACE Automotive Radar Test Systems (DARTS) unterstützt.



„Als Anbieter von Simulations- und Validierungslösungen, die bei der Entwicklung von vernetzten, selbstfahrenden und elektrisch angetriebenen Fahrzeugen zum Einsatz kommen, ist dSPACE für uns ein idealer Technologiepartner. Im Bereich der Radartechnik – einer Schlüsseltechnologie für das autonome Fahren – ist es wichtig, neu entwickelte Sensortechnologien frühzeitig zu validieren. Durch die Zusammenarbeit mit einem führenden Partner wie dSPACE können wir Innovationen weltweit schneller auf die Straße bringen.“

*Dr. Ralf Reuter,
Fellow und Senior Director of Customer and Application Engineering bei Uhnder Inc.*



„dSPACE bietet Lösungen für die End-to-End-Anforderungen an den Forschungs- und Entwicklungsprozess – von der Produktidee bis zur Homologation.“

Liebe Leserinnen und Leser,

Software-definierte, digitale Fahrzeuge werden Realität. Die Autoindustrie befindet sich in einer Transformationsphase, um die damit verbundenen Anforderungen an die Fahrzeuge zu entwickeln und die Software im Betrieb ständig aktualisieren zu können. Nicht nur die Menge an Software im Fahrzeug wächst, sondern auch die Vernetzung ihrer Komponenten: im Fahrzeug, mit der Umgebung und mit dem Back-end. Dies führt zu einer nie gekannten Komplexität, für deren Beherrschung sich die Industrie rüstet. Gleiches gilt für die Anforderungen an die Sicherheit.

Alle Beteiligten wissen: Um die Qualität komplexer Systeme zu sichern, muss ein großer Teil der Validierung durch Simulation erfolgen. Doch die Validierung endet nicht mit der Auslieferung des Fahrzeugs. Die Weiterentwicklung der Software zwingt zu einem kontinuierlichen Integrations- und Bereitstellungsprozess. Zuverlässige und nachhaltige Simulations- und Validierungsmethoden sowie -werkzeuge sind nötig, um Software-Releases und -Tests während der gesamten Lebensdauer eines Fahrzeugs sicherzustellen. Dies macht die Simulation zu einer wesentlichen Säule für die Qualitätssicherung software-definierter Fahrzeuge und ermöglicht rasche Over-the-Air-Update-Zyklen.

Für uns ist der Erfolg unserer Kunden entscheidend. Wie haben bzw. werden wir uns darauf einstellen?

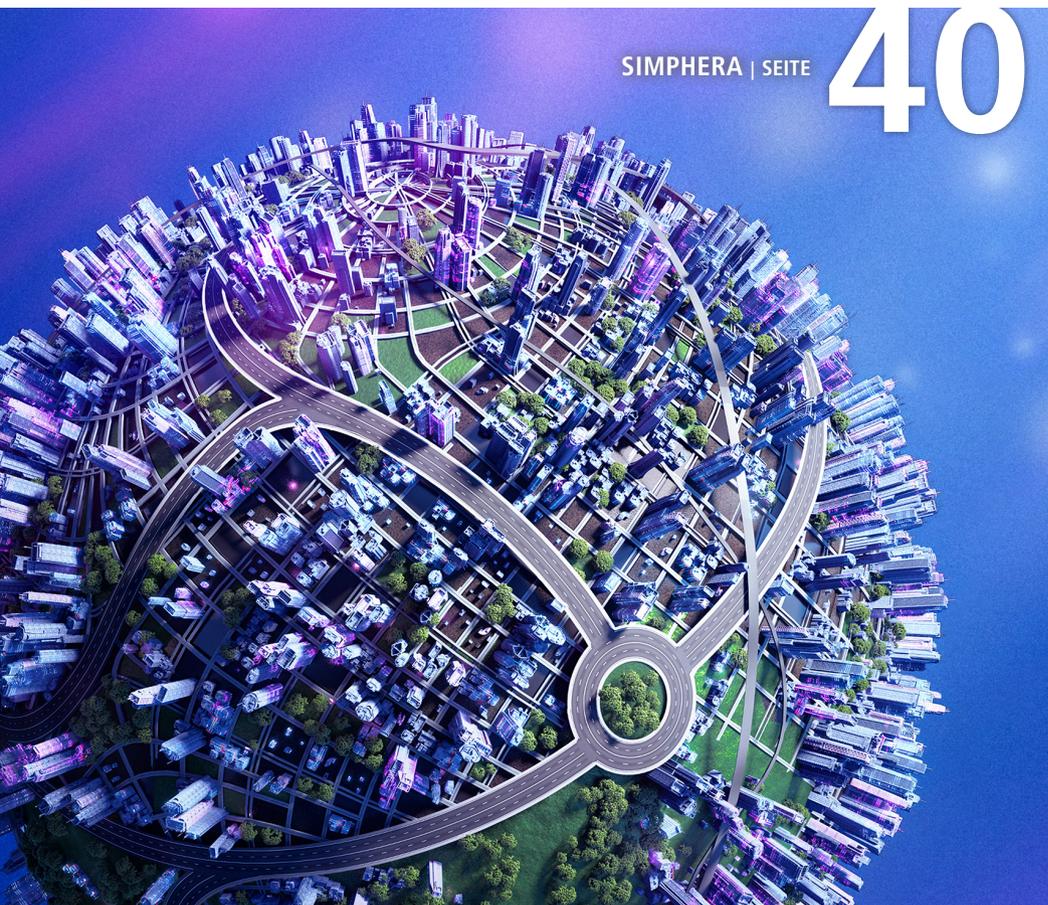
- Das stetig wachsende dSPACE Team mit heute über 1450 Ingenieuren und Informatikern von insgesamt fast 2000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern versteht die Komplexität Ihrer Anforderungen an den Forschungs- und Entwicklungsprozess von der Produktidee bis zur Homologation. Mit Know-how, Beratung und durchgängigen Lösungen unterstützen wir Sie dabei, die Komplexität optimal zu beherrschen.

- Unser End-to-End-Lösungsportfolio deckt den gesamten Entwicklungszyklus ab. Dazu gehören Prototyping, Data-Replay sowie Software-in-the-Loop (SIL)- und Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulation. Unsere Produkte sind zur idealen Gesamtlösung kombinierbar, wir sind aber auch offen für die Integration von Lösungen unserer Kunden oder von Drittanbietern.
- Wir haben unsere agilen Software-Entwicklungsfähigkeiten und -kapazitäten erheblich erweitert und uns zu einem Unternehmen für End-to-End-SIL- und -HIL-Simulationen entwickelt.
- Wir bauen unser Technologie-Know-how organisch und durch Zukäufe kontinuierlich aus, vor allem in den Bereichen Sensorik, KI, Cloud Computing und Datenmanagement. Zudem haben wir mit marktführenden Engineering-, Sensor- und Cloud-Anbietern die Kräfte gebündelt.

Auf dieser Basis entstehen auch völlig neue Software-Lösungen: Etwa SIMPHERA, die neue cloudbasierte Plattform für Simulation und Validierung. Sie kombiniert die bekannten Stärken von dSPACE bei HIL- und SIL-Simulation mit skalierbarem Cloud Computing. Erfahren Sie mehr auf Seite 40. Und unsere neu erworbene Beteiligung an dem hochspezialisierten Deep Tech Startup neurocat stärkt Robustheit und Qualitätssicherung der KI.

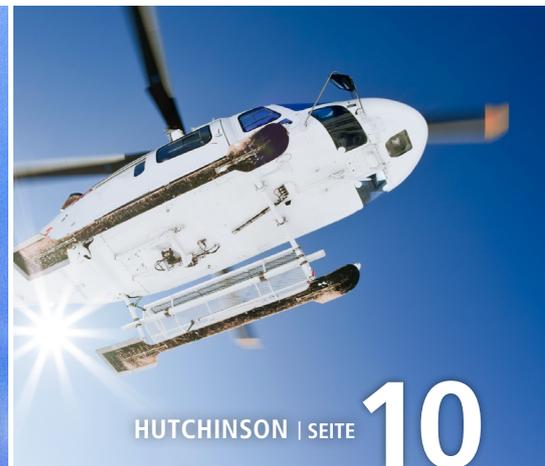
Auch diese Ausgabe des dSPACE Magazins unterstreicht unseren Anspruch „Your Partner in Simulation and Validation“. Zahlreiche Anwenderberichte, die mit Ihnen, unseren Kunden entstanden sind, erzählen davon. Ich wünsche Ihnen neue Anregungen und viel Spaß beim Lesen..

Ihr Martin Goetzler



SIMPHERA | SEITE

40



HUTCHINSON | SEITE

10



DATENPIPELINE | SEITE

36

IMPRESSUM

dSPACE MAGAZIN wird periodisch herausgegeben von:

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

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

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

Redaktionelle Mitarbeit an dieser Ausgabe:
Bassam Abdelghani, Dr. Patrik Morávek

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

Gestaltung und Layout:
Jens Rackow, Sabine Stephan

Druck:
Media-Print GmbH, Paderborn

© 2021 dSPACE GmbH

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

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

Inhalt



3 EDITORIAL

Kundenanwendungen

6 SHANGHAI FUEL CELL VEHICLE POWER SYSTEM

Energie aus der Zelle

Effiziente Entwicklung und Absicherung der Regler-Software einer Brennstoffzelle für Nutzfahrzeuge

10 HUTCHINSON

Aktive Vibrationsminderung

Durch Simulation und Automatisierung Validierungsprozesse in der Luftfahrt konsolidieren und optimieren

16 SMARTKAI

Einparkhilfe für Schiffe

SmartKai – digitales Assistenzsystem für An- und Ablegemanöver

20 CATARC

Schallwellen im Regelkreis

Absicherung von ultraschallbasierten Parkassistenzsystemen

24 ETH ZÜRICH

Zurück in die Zukunft

Liver4Life-Perfusionsapparat erhält Spenderlebern bis zu einer Woche außerhalb des Körpers am Leben

28 SHAANXI AUTOMOBILE GROUP

Visionäre Lastwagen

Entwicklung, Prototyping und Validierung eines automatischen kamera und radarbasierten Bremssystems für kommerzielle Nutzfahrzeuge

32 CLEVELAND STATE UNIVERSITY

Regenerative Energie

Neue Ideen für Prothesen zur Verbesserung des Gehens

Produkte

36 DATENPIPELINE

Angetrieben durch Daten

Effizienz und Qualität der Datenpipeline für das autonome Fahren

40 SIMPHERA

Enter simpliCity

SIMPHERA – die neue webbasierte Lösung für die komfortable und effiziente Absicherung von Funktionen für das autonome Fahren

Business

48 INTERVIEW KOREA

Am Puls der Zeit

Neue Landesgesellschaft in Südkorea

50 OHIO STATE UNIVERSITY

Kraftvoller Antrieb

Ein Elektromotor-Konzept bricht mehrere Weltrekorde



PEFC zertifiziert

Dieses Produkt stammt aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern und kontrollierten Quellen

www.pefc.de



Energie aus der Zelle

Effiziente Entwicklung und Absicherung der Regler-Software einer Brennstoffzelle für Nutzfahrzeuge



Viele Herausforderungen bei der Elektrifizierung von Fahrzeugen sind noch zu meistern. Eine davon ist die kontinuierliche Bereitstellung elektrischer Energie für den großen Aktionsradius von Nutzfahrzeugen. Shangran Power setzt auf die Brennstoffzellentechnologie und nutzt einen Simulator von dSPACE, um die Software für die Brennstoffzelle effizient zu entwickeln und abzusichern.

Wasserstoff gilt als der sauberste Energieträger des 21. Jahrhunderts. Die Brennstoffzellentechnologie, mit der sich aus Wasserstoff elektrische Energie gewinnen lässt, ist für viele Unternehmen in der Automobilindustrie daher ein Pfeiler der zukünftigen Energieversorgung. Aufgrund von Reichweitenanforderungen und Effizienzkriterien gilt dies insbesondere für den Bereich der kommerziellen Fahrzeuge.

Das Technologieunternehmen Shanghai Fuel Cell Vehicle Power System Co., Ltd., kurz Shangran Power, arbeitet an der industriellen Bereitstellung leistungsfähiger Brennstoffzellensysteme. Seit 2001 stehen Systeme für die Leistungsbereiche 40 kW und 55 kW zur Verfügung. Der HIL-Testingenieur Zhang Lingxia, der für die Absicherung der Brennstoffzellen-Controllern sowie die Entwicklung und Wartung von HIL-Systemen verantwortlich ist,

erläutert die Zielsetzung des Unternehmens: *„Gerade aus dem Nutzfahrzeugbereich erhalten wir viele Anfragen im Zusammenhang mit der Elektrifizierung des Antriebsstrangs. Mit einem neuen Hochleistungsbrennstoffzellensystem wollen wir eine auf Nutzfahrzeuge zugeschnittene Energieversorgungslösung anbieten.“*

Das Brennstoffzellensystem mit der Bezeichnung START-300E ist für folgende Anforderungen ausgelegt:

Bildnachweis: © Shanghai Fuel Cell Vehicle Power System Co., Ltd.



„Wir sind mit der Testlösung von dSPACE sehr zufrieden. Sie erfüllt unsere Anforderungen an einen umfassenden Funktionstest von Brennstoffzellen.“

Zhang Lingxia, HIL-Testingenieur, Shanghai Fuel Cell Vehicle Power System Co., Ltd.

fügt. Die Entwicklung der Regler-Software erfolgte parallel zur Entwicklung der Brennstoffzellen-Hardware. Für Shangran Power war es dabei besonders wichtig, frühzeitig Erkenntnisse über die Funktion des Reglers zu erhalten und die Entwicklung so effizient wie möglich zu gestalten. Deshalb machte sich das Unternehmen auf die Suche nach einer geeigneten Lösung.

„Unsere Entwickler wollten neue Revisionsstände der Regelalgorithmen unserer Brennstoffzelle prüfen und diese auf ihre Leistungsfähigkeit hin untersuchen. Da sich die Hardware ebenfalls noch in der Entwicklung befand, waren wir auf der Suche nach einer geeigneten Entwicklungs- und Testlö-

sung. Diese sollte auch für die Freigabeteams des finalen Steuergerätes verwendbar sein“, berichtet Liu Fengwei, Leiter der Abteilung für elektrische und elektronische Steuerungen.

Im Gespräch mit dSPACE wurde ein simulationsbasiertes Vorgehen erörtert. Dabei stellte sich heraus, dass bei dSPACE eine vollständige Lösungskette für die Simulation von Brennstoffzellen sowie für die Absicherung der Regler zur Verfügung stand.

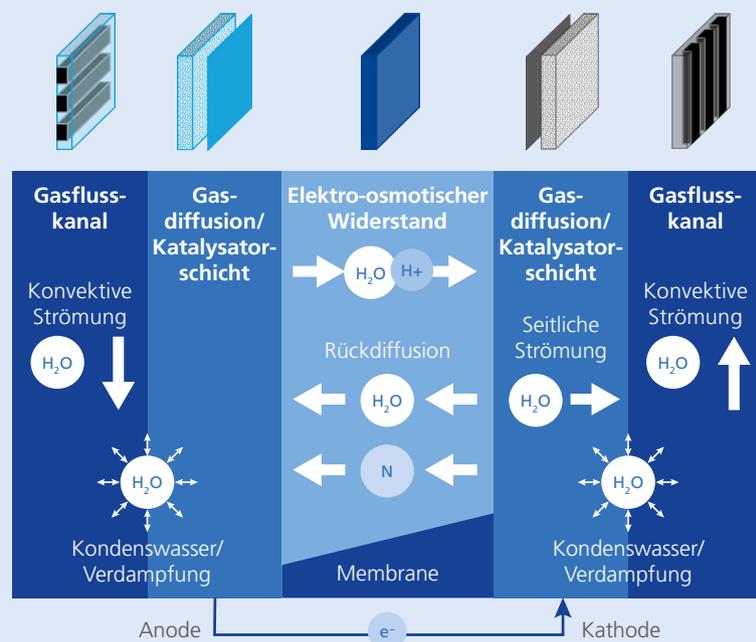
Virtuelle Brennstoffzelle im Regelkreis

Diese Lösungskette wurde bei Shangran Power in Form eines Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulators installiert, >>

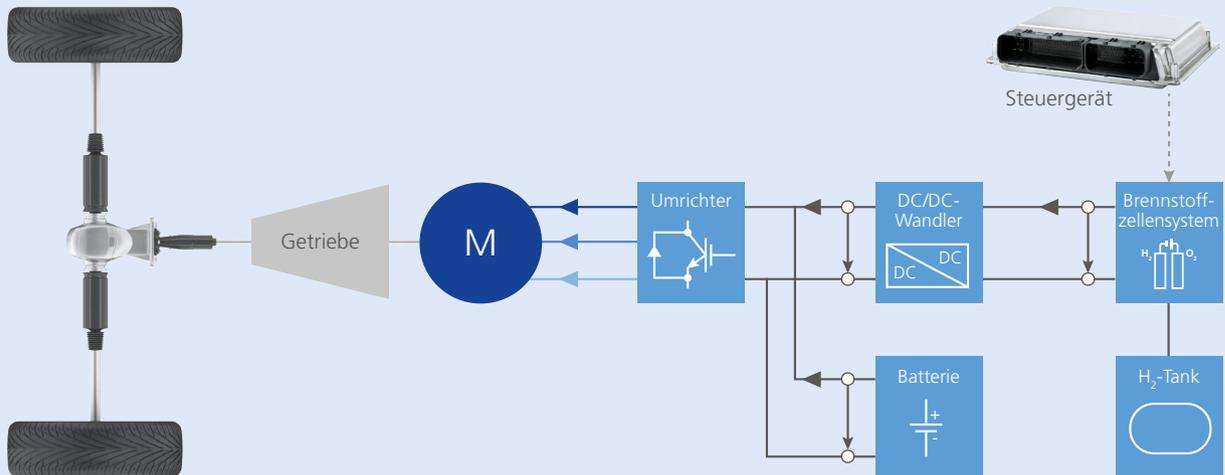
- Die Eigenschaften der Brennstoffzelle orientieren sich an den zukünftigen Einsatzbedingungen von Nutzfahrzeugen.
- Der Wasserstoffverbrauch des Systems ist besonders niedrig.
- Das System verfügt über ein kompaktes, leicht zu integrierendes Design.
- Das System zeichnet sich durch hohe Zuverlässigkeit aus und bietet eine konstante Leistungsabgabe.

Entwicklungs- und Testkonzept

Um diese Eigenschaften zu realisieren, bedarf es eines geeigneten Brennstoffzellenkonzepts, kombiniert mit einem leistungsfähigen Regler, um die Zelle optimal zu betreiben. Das Unternehmen entschied sich für den Aufbau einer Polymerelektrolytbrennstoffzelle, die über besonders günstige Eigenschaften für den mobilen Einsatz ver-



Die Vorgänge in der Brennstoffzelle lassen sich während der Simulation genau untersuchen.



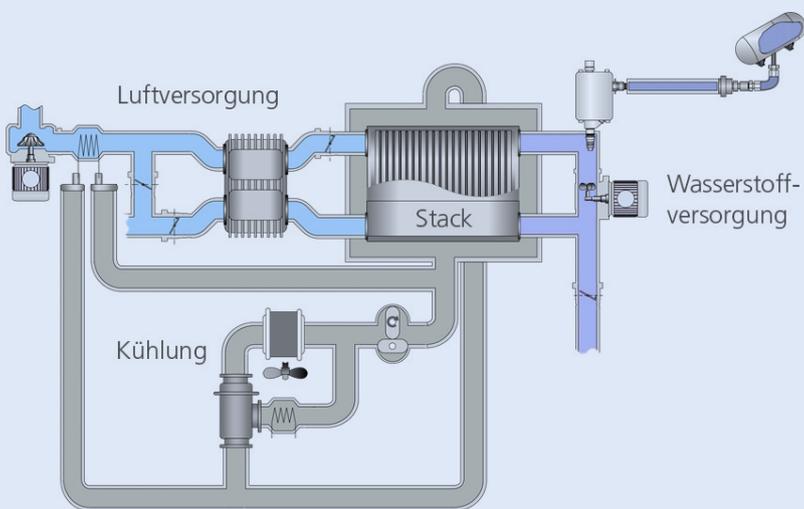
Aufbau des mit ASM modellierten Antriebsstrangs mit der Brennstoffzelle zur Stromerzeugung.

der mit der Toolsuite ASM (Automotive Simulation Models) ausgestattet ist. Mit dieser Simulationslösung lässt sich ein mit einer Brennstoffzelle betriebenes Fahrzeug realitätsnah simulieren. Das Verhalten der Brennstoffzelle sowie des elektrischen Antriebsstrangs kann sogar während virtueller Testfahrten detailliert untersucht werden. „Das ASM-Brennstoffzellenmodell erfüllt alle unsere Anforderungen an die Modellgüte und Echtzeitfähigkeit, um das Strom-Spannungs-Verhalten, die Gasmassenströme und die Temperaturverteilung im Closed-Loop-Betrieb abzubilden. Damit stellt es zusammen

mit dem HIL-Simulator ein geeignetes Werkzeug dar, mit dem unsere Absicherungstests effektiv und aussagekräftig durchgeführt werden können“, erklärt Liu Fengwei den Vorteil des simulationsbasierten Vorgehens. Mit den exakten Simulationen erhält Shangran Power in frühen Stadien auch Erkenntnisse über die relative Luftfeuchtigkeit oder die Diffusionseffekte von Stickstoff und Wasser. „Mit den frühen Erkenntnissen aus der Simulation können wir unsere Algorithmen für die Brennstoffzelle optimieren“, erläutert Zhang Lingxia. Er fügt hinzu: „Besonders wertvoll ist es, dass

wir mit Regressionstests die Wirksamkeit der Optimierungen schnell bestätigen können.“

Der Schlüssel zum Erfolg: Simulation
Bei Shangran Power arbeiten vier Personen mit dem HIL-Simulator. Inklusive Inbetriebnahme dauerte es etwa zwei Monate, bis alle Entwickler mit dem Testsystem bestens vertraut waren. Nun gehört es zum Alltag der Entwickler und unterstützt sie bei ihrer Arbeit. Für die Übernahme in den Testalltag musste die ASM-Brennstoffzellensimulation, die auf dem HIL-Simulator läuft, die Endabnahmeprüfung

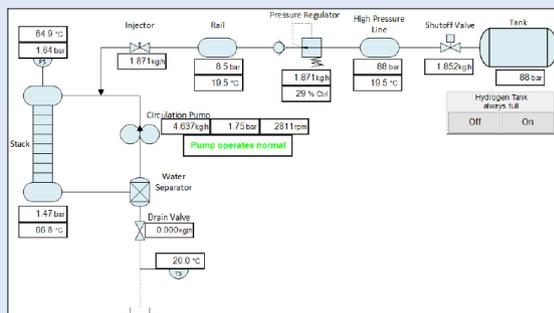


Schematische Darstellung der wesentlichen Komponenten des Brennstoffzellensystems.

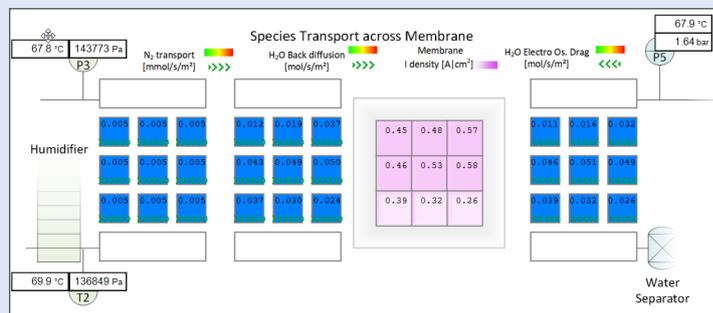


Bildnachweis: © Shanghai Fuel Cell Vehicle Power System Co., Ltd.

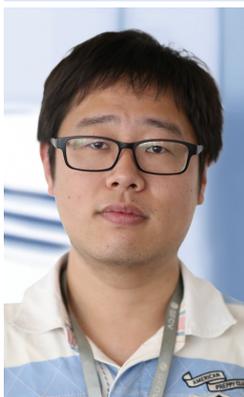
Rendering der erfolgreich mit einem HIL-Simulator von dSPACE entwickelten und validierten Brennstoffzelle.



Wesentliche Größen der virtuellen Brennstoffzelle werden während der Simulation anschaulich dargestellt.



Exakte Parametrierung und Analyse von hochgenau simulierten elektrochemischen Vorgängen in der Zelle.



„Das ASM-Brennstoffzellenmodell erfüllt alle unsere Anforderungen an die Modellgüte und Echtzeitfähigkeit, um das Strom-Spannungs-Verhalten, die Gasmassenströme und die Temperaturverteilung im Closed-Loop-Betrieb abzubilden. Damit stellt es zusammen mit dem Hardware-in-the-Loop-Simulator ein geeignetes Werkzeug dar, mit dem unsere Absicherungstests effektiv und aussagekräftig durchgeführt werden können.“

Liu Fengwei, Abteilungsleiter, Elektrische und Elektronische Steuerungen, Shanghai Fuel Cell Vehicle Power System Co., Ltd.

von Shangran Power bestehen, die auf einem automatischen Verifikationsverfahren für den gesamten Betriebsbereich basiert. Während des gesamten Tests war die Simulation in der Lage, alle Sicherheitsmargen einzuhalten und innerhalb aller von

der Steuerungssoftware gesetzten und überprüften Grenzen zu arbeiten. Dies zeigte sich deutlich daran, dass im Software-Protokoll des Controllers keine Fehlercodes wie „Power Level Violation“ oder „Shutdown Condition Fault“ gespeichert wurden.

Zhang Lingxia berichtet, welchen Nutzen sie erzielen konnten: „Die Effizienz beim Testen und Validieren hat sich durch den Einsatz des HIL-Simulators stark verbessert und damit auch die Zuverlässigkeit der Regler-Software.“ Er ergänzt: „Wir sind mit der Testlösung von dSPACE sehr zufrieden. Sie erfüllt unsere Anforderungen an einen umfassenden Funktionstest von Brennstoffzellen.“ Dazu tragen auch die vielen Konfigurationsmöglichkeiten von Simulator-Hardware und Simulationsmodellen bei. In den nächsten Schritten werden auch elektrische Fehlertests in der Absicherung eingesetzt. Ausgestattet mit einem leistungsfähigen Testsystem, sieht sich das Unternehmen gut gerüstet, mit zuverlässigen Komponenten die Elektrifizierung kommerzieller Fahrzeuge weiter voranzutreiben. ■

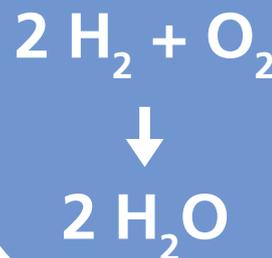
Mit freundlicher Genehmigung von Shanghai Fuel Cell Vehicle Power System Co., Ltd.

Shanghai Fuel Cell Vehicle Power System Co., Ltd.

Im Jahr 2001 wurde die Shanghai Fuel Cell Vehicle Power System Co., Ltd. (im Folgenden „Shangran Power“ genannt) in Shanghai als Teil des nationalen „863 Program Major Special Project for Electric Vehicles“ gegründet mit dem Ziel, die Produktentwicklung und die Industrialisierung von großen Spezialprojekten für Elektrofahrzeuge zu realisieren.

Polymerelektrolytbrennstoffzelle

Die Polymerelektrolytbrennstoffzelle, auch Protonenaustauschmembran-Brennstoffzelle oder Feststoffpolymer-Brennstoffzelle, ist eine Niedrigtemperatur-Brennstoffzelle. Unter Verwendung von Wasserstoff (H₂) und Sauerstoff (O₂) wird chemische in elektrische Energie umgewandelt. Der elektrische Wirkungsgrad beträgt je nach Arbeitspunkt etwa 60 Prozent. Als Elektrolyt dient dabei normalerweise eine feste Polymerelektrolytmembran. Um eine technisch relevante elektrische Spannung zu erzielen, werden mehrere Zellen (zehn bis mehrere hundert) zu einem so genannten Stack (dt.: Stapel) hintereinander in Reihe geschaltet.



Durch Simulation und Automatisierung
Validierungsprozesse in der Luftfahrt
konsolidieren und optimieren



Aktive Vibrations- minderung

Aktive Systeme zur Schall- und Vibrationskontrolle, die bei Drehflüglern für eine Reduktion der Schwingungen über den gesamten Rumpf hinweg sorgen, sind äußerst komplex. Trotzdem konnte Hutchinson die verschiedenen Steuerungskomponenten durch den Einsatz eines automatisierten und dennoch flexiblen Testsystems von dSPACE schnell auf den Markt bringen.

In den letzten Jahren hat sich der Schwerpunkt von Hutchinson von der Lieferung kundenspezifischer Komponenten auf den Vertrieb vollständig integrierter Systeme verlagert. Dieser strategische Trend führte unter anderem zur Entwicklung der AVCS-Technologie (Active Vibration Control System) für Drehflügler. Diese Technologie dämpft die Vibrationen, die durch die schnelle Bewegung der Blätter durch die Luft entstehen und die von den Piloten und Passagieren von Drehflüglern wahrgenommen werden, weil sich die aerodynamischen Kräfte von den Blättern auf den Rumpf übertragen. Das AVCS basiert auf mehreren dynamischen Kraftgeneratoren (Aktuatoren), die in den Rumpf integriert sind, auf Beschleunigungssensoren an mehreren strategischen Punkten im Rumpf, auf einem Rotordrehzahlsensor, der die Referenzzeit liefert, und auf einem Echtzeitregler an Bord, der die Schwingungssignale analysiert und das Ausgangssignal an die Aktuatoren anpasst (adaptiver Regelalgorithmus). Mit Hilfe einer Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMI), die verschiedene Statusanzeigen („Systemfehler“ oder „System bereit“) bietet, kann der Pilot das System steuern und die Schwingungsdämpfung oder den Komfortmodus aktivieren. Alle AVCS-Teilsysteme sind komplexe mechatronische Regelsysteme, die von Hutchinson selbst entwickelt wurden (Abbildung 1). Die Aktuatoren werden von der primären Drehflügler-Stromversorgung (115 V) gespeist. Die Umrechnung der elektrischen Größen erfolgt im Regler.

Von Komponenten zu Systemen

Dieses Projekt markierte einen Meilenstein in der langen Geschichte von Hutchinson, denn es war das erste Mal, dass das Unternehmen als Hauptauftragnehmer für ein komplexes mechatronisches System für die normative Luft- und Raumfahrt fungierte, das aus mehreren Line-Replaceable-Units (LRU) bestand. Hutchinson kann auf eine langjährige Erfahrung in der Entwicklung zertifizierter Produkte für die Luft- und Raumfahrtindustrie (vor allem Steuerungs- und Anzeigeräte) zurückblicken, wobei der Entwicklungsprozess kontinuierlich verbessert wurde. Aber dieses Projekt war erheblich komplexer, und die Validierungsherausforderungen, die durch die Simulation gemeistert werden mussten, waren viel größer. Daher entschied sich das Unternehmen, die Projektvalidierung mit SCALEXIO-Plattformen zu zentralisieren, denn diese hatten sich schon in der Vergangenheit als zuverlässige und leistungsstarke Lösungen bewährt. Hutchinson setzte bereits in den 1990er Jahren dSPACE Werkzeuge für seine Prototyping-Aufgaben ein und vertraute daher auch den neueren dSPACE Lösungen. Im Entwicklungsprozess von Hutchinson sammelte das Team die Kundenanforderungen, erstellte die Spezifikationen für die Schnittstellenanforderungen und die Dokumente zur Schnittstellensteuerung und führte eine Sicherheitsanalyse durch. Anhand dieser Informationen wurde eine funktionale Architektur eines AVCS-Systems entworfen und in Systemspezifikationen auf LRU-Ebene übersetzt, die den >>

Hutchinson – von den Einzelkomponenten zu Gesamtsystemen für die Luft- und Raumfahrt und die Automobilindustrie.

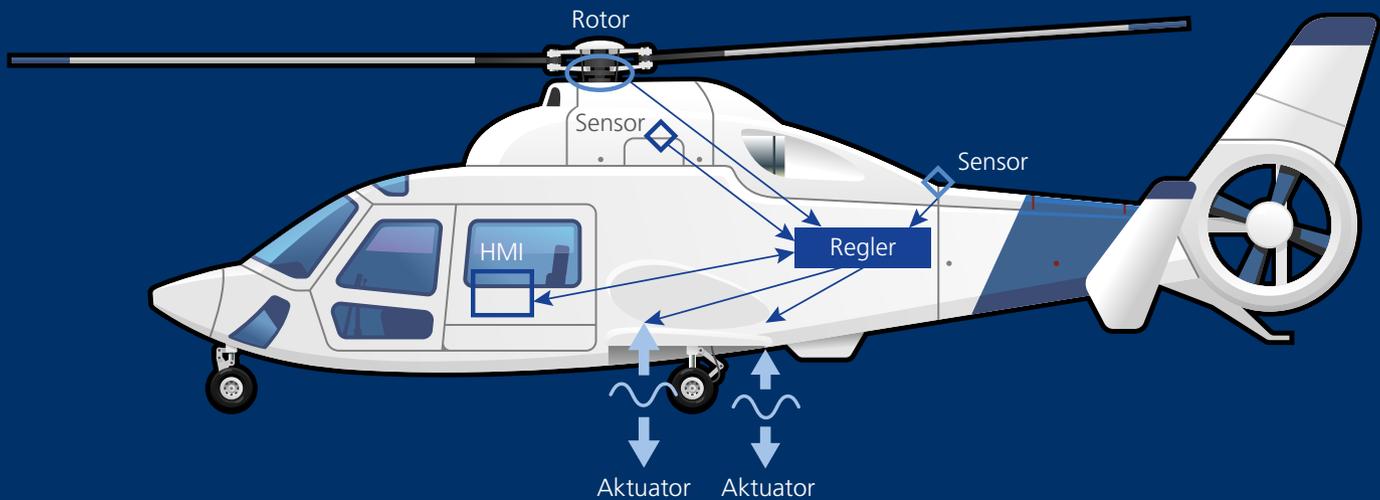


Abbildung 1: Überblick über die AVCS-Technologie.

Ausgangspunkt für die Erstellung von Spezifikationen auf Software- und Hardware-Ebene bilden. Daher waren die Validierungsaktivitäten vielschichtig in Bezug auf die zu testenden Komponenten (AVCS-System, LRU, SRU (Shop-replaceable Unit)) und für das technische Team (System, Software oder Hardware). Die Flexibilität von SCALEXIO ermöglichte es, das hochkomplexe Projekt erfolgreich und effizient durchzuführen.

Team und Tools für die Validierung

In der Luft- und Raumfahrtindustrie ist es üblich, ein unabhängiges Team für die Validierungsaktivitäten einzusetzen. In diesem Fall war dies ein multidisziplinäres F&E-Ingenieurteam mit Erfah-

rung in der Entwicklung und Validierung eingebetteter Systeme, vor allem in der Automobilindustrie. Die Mitglieder des Teams waren verantwortlich für die Entwicklung der erforderlichen Prüfstände, die Validierung auf LRU-Ebene, auf SRU-Ebene (elektronische Boards) und auf Software-Ebene, und das sowohl für den Regler als auch für den Aktuator. Außerdem führten sie eine Fehlernachverfolgung durch. Was die Ressourcen betrifft, so standen für dieses Projekt zwei SCALEXIO-Simulatoren mit einer Kapazität von 50 % zur Verfügung (eine Einheit mit sechs Steckplätzen für Tests auf LRU-Ebene und eine Einheit mit zwanzig Steckplätzen für Tests auf SRU-/Software-Ebene). Speziell für dieses Projekt wurde

eine zusätzliche Einheit mit sechs Steckplätzen angeschafft. Diese Plattformen wurden durch zusätzliche Testgeräte ergänzt, insbesondere durch eine dreiphasige 115-V-Stromversorgung und eine dynamische externe Last, die über Standard-Kommunikationsprotokolle mit dem SCALEXIO-Simulator verbunden sind.

Erreichen von Spitzenqualität

Zu Beginn des Projekts traf das Entwicklungsteam drei Entscheidungen, um ein hohes Qualitätsniveau zu erreichen und gleichzeitig Validierungskosten und Verzögerungen zu reduzieren:

- Zunächst ging es darum, einen modularen Prüfstand mit offener Architektur zu entwickeln, der alle Test-

Eine Line-replaceable Unit (**LRU**) ist eine modulare Komponente, die so konzipiert ist, dass sie an jedem beliebigen Einsatzort schnell ausgetauscht werden kann („First Line“).

Eine Shop-replaceable Unit (**SRU**) ist eine modulare Komponente, die von einem Techniker in einer Werkstatt ausgetauscht werden kann.

„Die Flexibilität der SCALEXIO-Systeme hat es uns ermöglicht, unser hochkomplexes Projekt erfolgreich und effizient durchzuführen.“

Julien Mestres, Hutchinson

anforderungen abdeckt. Die Idee war, eine Funktionalität, zum Beispiel die Bereitstellung einer 28-V-Stromversorgung, in der gesamten dSPACE Umgebung (ConfigurationDesk, MATLAB®, ControlDesk, AutomationDesk) konsistent zu konfigurieren, so dass sie einfach in verschiedene SCALEXIO-Konfigurationen integriert werden kann.

- Zweitens wurde der bestehende Validierungsprozess überarbeitet, um die von dSPACE angebotenen Funktionen einzubeziehen, zum Beispiel automatisierte Testberichte (Abbildung 2). Die Validierungsingenieure überprüften die vom Software-, Hardware- und Systemteam ermittelten Eingangsanforderungen, um Testfälle zu formulieren und sie in einem Verifizierungs- und Validierungsplan

zusammenzufassen, bevor sie zu (automatisch generierten) Testverfahren übergangen, deren Ergebnisse in PDF-Dateien exportiert wurden.

- Drittens legte das Team Wert auf eine umfassende Automatisierung der Validierungsaktivitäten. Diese erwies sich als vorteilhaft für die Qualität (Wiederholbarkeit der Tests, geringere Fehlerquote), die Fristen (kürzere Testläufe, die oft an Wochenenden stattfinden) und die Kosten (die Ingenieure konzentrieren sich auf höher priorisierte Aufgaben wie formale Reviews).

Systemübersicht

Das AVCS-System setzt sich aus den folgenden Elementen zusammen (Abbildungen 3-6):

- Aktuator-LRUs, bestehend aus einer

Control-Unit-Board-SRU und einer Power-Unit-Board-SRU

- Regler-LRU, bestehend aus einer Control-Unit-Board-SRU, einer SRU für die Filtereinheit und zwei Power-Unit-Board-SRUs
- MMI-LRU
- Beschleunigungsmesser-LRUs (nur Hardware)

Von all diesen Elementen wurden nur das MMI und das Filter-Board nicht mit einer SCALEXIO-Plattform validiert, da ihre Funktionstests zu spezifisch waren. SCALEXIO erwies sich jedoch als vielseitig genug, um die übrigen LRUs und SRUs zu testen. Genauer gesagt wurden die folgenden sieben Prüfstände auf der Grundlage der oben beschriebenen offenen modularen Architektur entwickelt:

>>

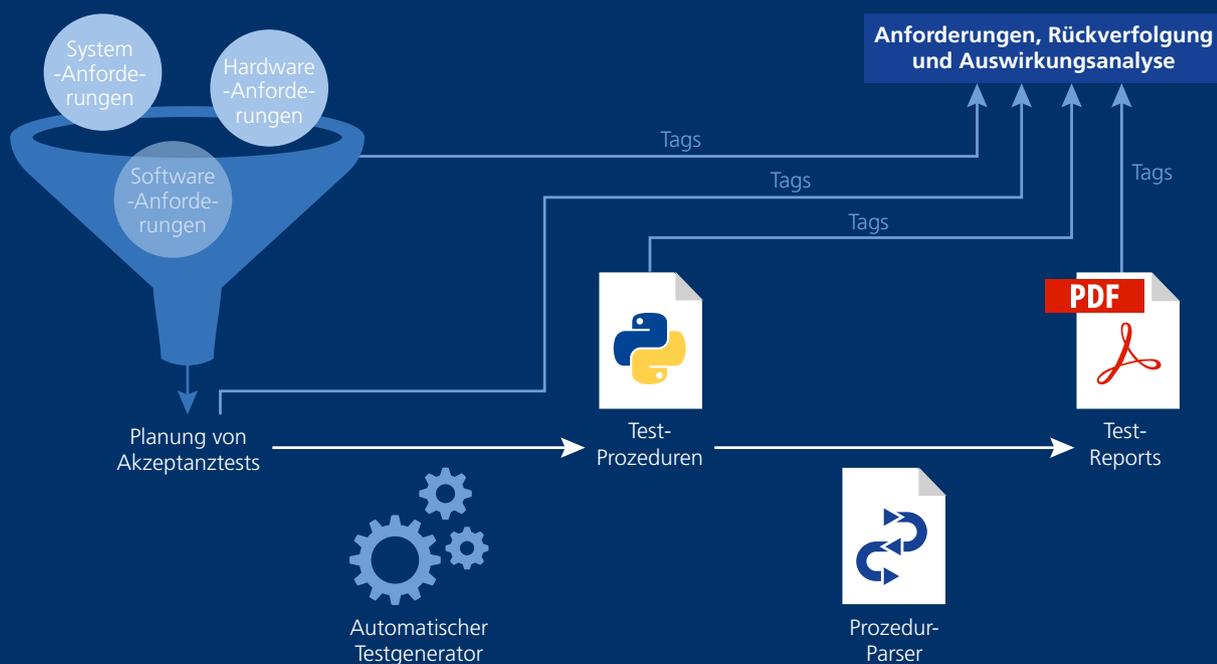


Abbildung 2: Hutchinson-Validierungsprozess.

Die aktiven Systeme zur Schall- und Vibrationsminderung von Hutchinson reduzieren den Kabinenlärm (um bis zu **20 dB** bei Flugzeugen) und die Strukturvibrationen (um bis zu **30 dB** bei Hubschraubern und um bis zu **20 dB** bei Automobilen).



Abbildung 3: Aktuator für dynamische Kräfteerzeugung.



Abbildung 4: Aktive Vibrationssteuerung und elektrische Einheit.



Abbildung 5: Mensch-Maschine-Schnittstelle.



Abbildung 6: Aktiver Steuerungssensor.

- LRU-Reglerprüfstand
- LRU-Aktuatorprüfstand
- Software-Abnahmeprüfstand
- Prüfstand für SRU-Aktuatorelektronik-Boards (Stromversorgung und Steuerung), der auch für Software-Abnahmetests verwendet wird
- Prüfstand für SRU-Reglerelektronik-Boards (Power Unit)
- Prüfstand für SRU-Reglerelektronik-Boards (Steuerung)
- Prüfstand für LRU-Beschleunigungsmesser

Testumfang

Wie bei SCALEXIO-Plattformen in der Luft- und Raumfahrtindustrie üblich, umfassten die Prüfstände in erster Linie Funktionstests, die sich typischerweise mit der Leistung der verschiedenen LRUs befassen, zum Beispiel mit dem Stromverbrauch des Aktuators. Sie wurden auch für regressionsfreie Software-Tests nach jeder Auslieferung verwendet, mit einer Laufzeit von etwa 40 Stunden und einem Automatisierungsgrad von 98 %. Dazu war nur ein einziger Prüfstand erforderlich, da der Aktuator und der Regler auf demselben digitalen Signalprozessor (DSP) basieren. Die SRU-Abnahmetests (die nach den Unit- und Integrationstests stattfinden) auf den ersten elektronischen Boards und mit der offiziellen Release-Version wurden ebenfalls automatisiert.

Automatisieren der Testverfahren

Ein Schlüsselement zur Verkürzung der Markteinführungszeit war die Verwendung eines einheitlichen Rahmens zur Validierung der Anforderungen für die verschiedenen technischen Teams (System, Hardware und Software). Es stellte sich heraus, dass es mehr Gemeinsamkeiten zwischen den Prüfständen und Testverfahren gibt als erwartet. Die Automatisierung der Testverfahren – ein Novum für Hutchinson in der Luft- und Raumfahrt – war ebenfalls ein entscheidender Faktor für dieses Projekt. Daraus ergaben sich zwei wesentliche Vorteile. Erstens verbessert sich die Reaktionszeit des Validierungsteams und seine Fähigkeit, Fehler frühzeitig zu erkennen. Dies gilt insbesondere für das Software-Team, für das sich automatisierte Nicht-Regressionstests als unschätzbar wertvoll erwiesen haben, da sie zur Verbesserung der Software-Qualität beitragen. Ein weiterer Erfolgsfaktor war die Ähnlichkeit der Prüfstände. Der Hutchinson-Prozess, der nach dem Capability Maturity Model Integration (CMMI) Level 3 bewertet wird, umfasst drei Schritte der prüfstandbasierten Entwicklung: Spezifikation, Architektur und Abnahmetests. Der Zeitaufwand für die Konfiguration eines SCALEXIO-Systems zur Validierung des Steuerungsprüfstands beispielsweise hat sich gelohnt, da das Unternehmen die Konfiguration für den Aktuatorprüfstand wiederverwenden konnte. Hier spielen dSPACE Werkzeuge wie AutomationDesk ihre Stärken aus; sie sind von entscheidender Bedeutung für die Konfiguration komplexer Produkte und von Verbundsys-

„dSPACE Werkzeuge wie AutomationDesk spielen ihre Stärken bei komplexen Produkten aus, bei denen wir jede Komponente einzeln testen müssen, bevor wir sie integrieren.“

Dr. Patrick Fayard, Hutchinson

temen, bei denen jede Komponente separat getestet werden muss, bevor sie integriert werden kann (Abbildung 7). Mit einfach zu erstellenden, strukturierten Tests verbesserte AutomationDesk die Gesamteffizienz der Validierung.

Hilfreiche Funktionen

Für die Konfiguration der Hardware setzte Hutchinson die dSPACE Konfigurations- und Implementierungssoftware ConfigurationDesk ein. Ein Hauptgrund dafür ist die Möglichkeit, eigene Treiber für die serielle Kommunikation zu definieren. Dank der präzisen und zielgerichteten Unterstützung durch dSPACE konnte das Unternehmen auf seine Anforderungen zugeschnittene Treiber einrichten, bei denen das Kommunikationsprotokoll auf einer niedrigen Ebene direkt in der Sprache C geprüft wurde (Nachrichtenintegrität, zyklische Redundanzprüfung (CRC) usw.), bevor die Daten in das MATLAB®-Modell für eine weitergehende Verarbeitung und Synchronisierung mit anderen Signalen eingespeist wurden. Diese erweiterte Busanalysekapazität war besonders für die LRU-Integrationsphase von Bedeutung. Als ebenso nützlich erwies sich der Umfang der verfügbaren Optionen für Kurbel-/Nockenwellensignale. dSPACE hat kontinuierlich in diese anspruchsvollen Funktionalitäten investiert, die in der Automobilindustrie erfolgreich eingesetzt werden und auch in der Luftfahrt anwendbar sind. In der Hutchinson-Anwendung spielt der Rotordrehzahlsensor eine zentrale Rolle, da er als Referenz für die Synchronisierung der Aktuatorkrafterzeugung mit den von den Beschleunigungssensoren erfassten Schwingungen verwendet wird, und die vordefinierten Bibliotheksblöcke passten perfekt in das Projekt des Unternehmens. Eine neue Generation des AVCS-Systems mit verbesserter Leistung und geringerem Gewicht der Aktuatoren befindet sich derzeit in der Entwick-

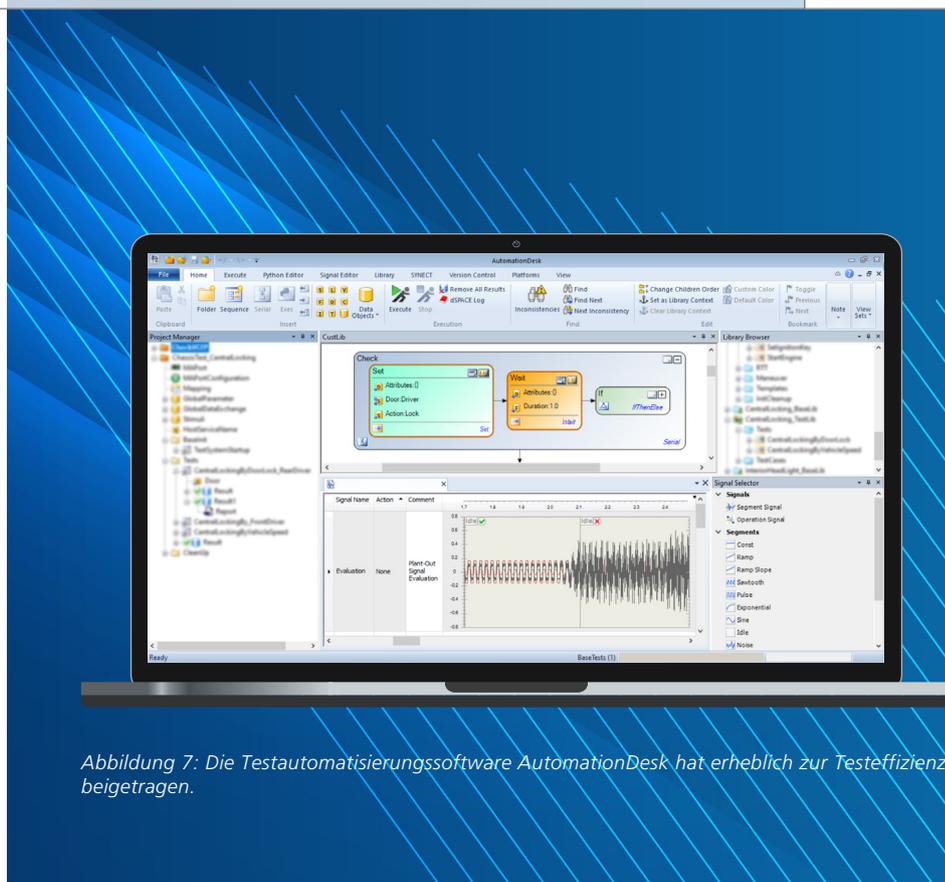


Abbildung 7: Die Testautomatisierungssoftware AutomationDesk hat erheblich zur Testeffizienz beigetragen.

lung. Die bewährte Leistungsfähigkeit der dSPACE Werkzeuge gibt den technischen Teams zusätzliches Vertrauen in die termingerechte Auslieferung ei-

nes umfassend validierten Produkts. ■

Dr. Patrick Fayard, Julien Mestres, Hutchinson

Dr. Patrick Fayard

Dr. Patrick Fayard ist Leiter des Verifikations- und Validierungslabors und Senior Expert für Mechatronik im Zentrum für Forschung und Innovation bei Hutchinson in Châlette sur Loing, Frankreich.

Julien Mestres

Julien Mestres ist AVCS Project Manager & System Engineer and Innovation & Mechatronics Systems Engineering Manager bei Hutchinson Aerospace Defense & Industry – Anti-vibrations Systems in Lisses, Frankreich.





SmartKai – digitales Assistenzsystem für An- und Ablegemanöver

Einparkhilfe

für Schiffe



SmartKai ist ein anwendungsorientiertes Forschungs- und Entwicklungsprojekt gemäß der Förderrichtlinie „Innovative Hafentechnologien“ (IHATEC) des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), bei dem mehrere Partner zusammenarbeiten:

- **Niedersachsen Ports GmbH und Co.KG (NPorts)** – größter Hafenbetreiber Deutschlands und Verbundkoordinator des SmartKai-Projektes. NPorts stellt seine Hafeninfrastuktur für die Entwicklung von SmartKai zur Verfügung. Besonders Kaianlagen und Schleusen mit erhöhtem Unfallrisiko stellen gute Anwendungsfelder dar.
- **SICK AG** – entwickelt für das Projekt einen neuen, robusteren Lidarsensor speziell für die maritime Umgebung. Der Sensor arbeitet mit einer angepassten Lichtwellenlänge mit höherer Reichweite.
- **Humatects GmbH** – entwickelt die Benutzerschnittstelle von SmartKai, damit das Schiffspersonal die Navigationsinformationen einfach per Tablet, Augmented-Reality-Brille oder Projektionen visualisieren kann.
- **OFFIS** – Informatikinstitut, an dem das hafenseitige Lidarsensorsystem zur Erfassung der Schiffspositionen entwickelt wird.
- **eMIR (eMaritime Integrated Reference Platform)** – Entwicklungsplattform für maritime Anwendungen.

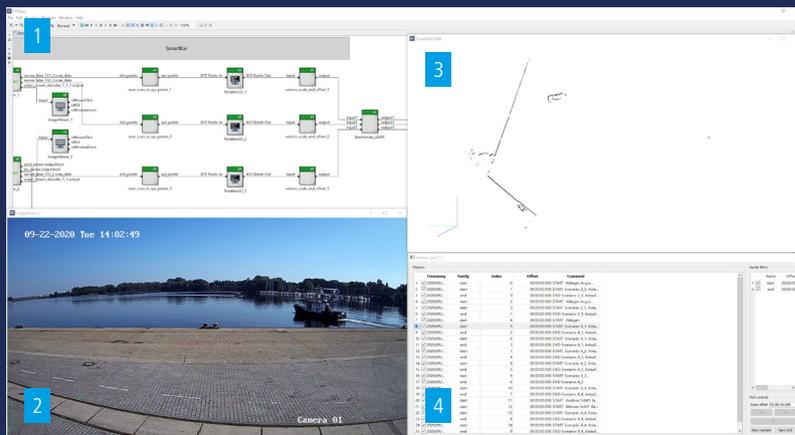
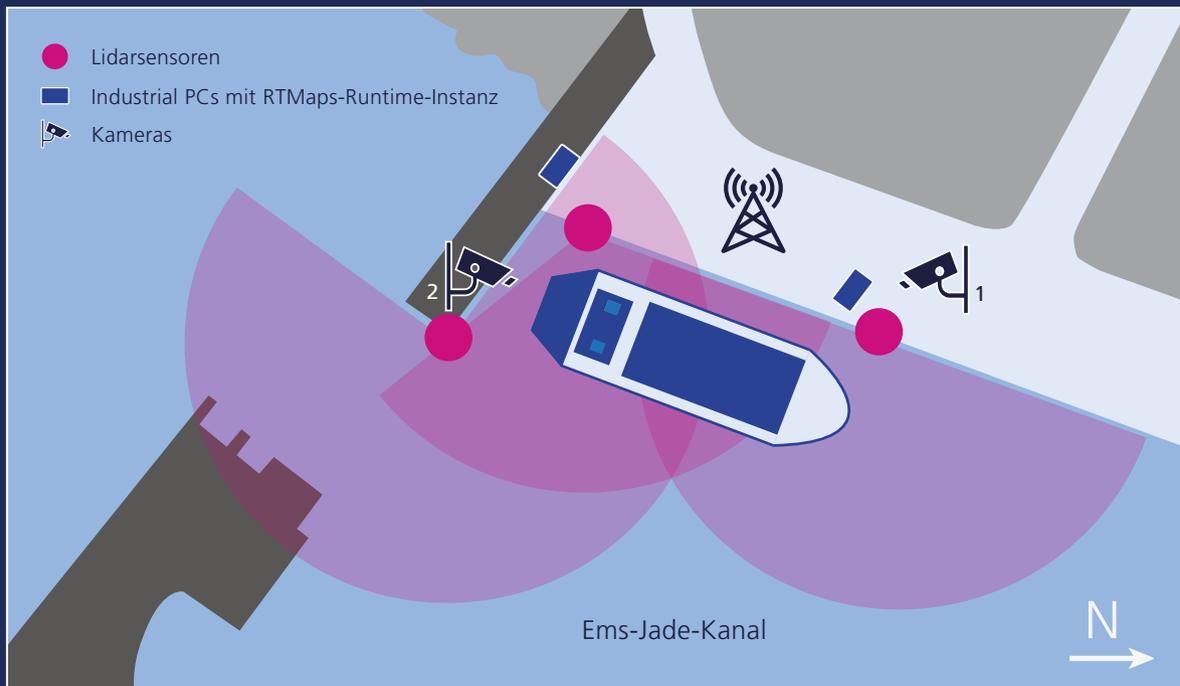
Bei Autos sind Parkassistenten bereits länger bekannt. Etwas Ähnliches soll nun bald auch für Schiffe existieren. Denn das Manövrieren in engen Hafenbecken kann schwierig sein, unter anderem wegen ungünstiger Strömungen, widrigen Wetters, immer größeren Schiffen, wachsenden Schiffsverkehrs und engeren Zeitplänen. In der Folge ereignen sich immer wieder Unfälle mit Sachschäden an Schiffen und Hafenanlagen und manchmal auch mit Personenschäden. Dies zu verhindern, ist das Ziel des Projekts SmartKai.

Lidarsensoren im Hafen erkennen Schiffe

Bei SmartKai handelt es sich um eine „Ein- und Ausparkhilfe“ für Schiffe. SmartKai ermittelt mit Hilfe von mehreren hafenseitig montierten Lidarsensoren die Positionen von an- und ablegenden Schiffen und übermittelt diese Daten in aufbereiteter Form an das Schiffspersonal und die Lotsen. An Bord wird dann lediglich ein Tablet benötigt, die sogenannte Portable Pilot Unit (PPU), um sich ein genaues Lagebild zu machen und so das Schiff sicher zu manövrieren. >>

Das digitale Assistenzsystem SmartKai soll dafür sorgen, dass durch das Manövrieren in engen Hafenbecken verursachte Schäden der Vergangenheit angehören. Hafenseitig installierte Lidarsensoren sammeln dazu Schiffspositionsdaten, die dann mit Hilfe der Software RTMaps für das Schiffspersonal aufbereitet werden.

Abbildung 1: Der Aufbau des SmartKai-Prototyps am Hannoverkai in Wilhelmshaven. Entscheidend ist die Synchronisation der räumlich verteilten Sensoren und Rechner.



- 1 Diagramm mit den verschiedenen Blöcken zur Darstellung, Verarbeitung und Synchronisation der Messdaten (Lidar, Kameras, Wind, AIS)
- 2 Live-Bild der Kaianlage, aufgenommen von Kamera 1
- 3 Lidarpunktwolke der Kaianlage, kombiniert aus den Messdaten der drei Lidarsensoren
- 4 Verzeichnis aufgezeichneter Testläufe

Abbildung 2: Die RTMaps-Oberfläche zur Verarbeitung und Visualisierung der gesammelten Messwerte.

Darüber hinaus macht SmartKai es möglich, Verursacher von Unfällen zu ermitteln. Ein weiterer Pluspunkt des Systems ist, dass für seine Nutzung keine aufwendigen und kostspieligen Einbauten an Bord notwendig sind, denn die Sensor- und Rechnertechnik ist fest im Hafen installiert.

Erster Prototyp in Wilhelmshaven

Um das System im ersten Schritt zunächst ohne störende Einflüsse zu testen, wurde es in Wilhelmshaven am Hannoverkai bei Niedersachsen Ports (NPorts) installiert, einem nahezu geschlossenen Hafenbereich fast ohne Strömungen oder Tide (Abbildung 1). Die Basis von SmartKai bil-

den hierbei drei 2D-Lidarsensoren vom Projektpartner SICK. Zusätzlich sind Umweltsensoren (für Winddaten und Sichtweite) und ein AIS-Receiver (Automatic Identification System – ein international standardisiertes Funksystem für den Austausch von Navigations- und anderen Schiffsdaten) verbaut. Außerdem wurden zwei

„RTMaps ist für uns die passende Software, um Messwerte unserer Sensoren zu erfassen, sie mit exakten Zeitstempeln zu versehen, zu synchronisieren, zu verarbeiten und weiterzugeben.“

M.Sc. Jan Mentjes, OFFIS

Kameras an strategischen Stellen am Kai zur optischen Überwachung des Anlegeplatzes installiert. Alle Sensoren sind an zwei Industrial PCs (IPCs) angeschlossen, die sich in mobilen Boxen am Kai befinden. Hier werden die Messwerte der Sensoren gesammelt, gespeichert und verarbeitet.

Verarbeitung der Messwerte mit RTMaps

Für ein sicherheits- und zeitkritisches System wie SmartKai sind Zuverlässigkeit und Verarbeitungsgeschwindigkeit entscheidend. Die spezifische Herausforderung besteht darin, die gesammelten Messwerte mit genauen Zeitangaben zu versehen und die örtlich verteilten Recheninstanzen zu synchronisieren. Daher war die Entscheidung für den Einsatz der Software RTMaps (Real-Time Multi-sensor Applications) naheliegend, denn RTMaps wurde genau für solche Szenarien geschaffen, bei denen Anwender die Daten von unterschiedlichen Sensoren erfassen, zeitstempeln, synchronisieren und wiedergeben müssen (Abbildung 2). Um die Herausforderungen beim Projekt SmartKai zu bewältigen, wird auf jedem der Industrial PCs eine RTMaps-Runtime-Instanz betrieben. Darüber hinaus werden alle RTMaps-Instanzen untereinander synchronisiert, um die Echtzeitfähigkeit des Systems zu gewährleisten. Eine Hauptaufgabe im Projekt ist außerdem die historische Speicherung aller anfallenden Daten, um sie für die Weiterentwicklung und Evaluierung des Systems zu nutzen. Nach über einem Jahr Betriebszeit ist auf diese Weise eine umfangreiche Sammlung von Lidar-, Kamera- sowie AIS- und Winddaten entstanden. Mit

RTMaps ist es auch möglich, diese Daten synchron wiederzugeben.

Umfangreiche Tests verschiedener Szenarien

Im September 2020 fand in Wilhelmshaven ein erster dreitägiger Feldtest des Systems mit mehr als 20 Szenarien statt. Die Szenarien orientierten sich dabei an den Regularien der International Maritime Organization (IMO) sowie an den Anforderungen der Lotsen. Dabei kamen das Forschungsboot „Josephine“ des OFFIS e.V. und das Vermessungsschiff „Argus“ von NPorts zum Einsatz (Abbildung 3). Die Sensormesswerte wurden mit Hilfe von RTMaps gespeichert und außerdem auch entsprechend annotiert. Konkret wurden Start- und Endzeitpunkte der Szenarien sowie Auffälligkeiten oder Events, zum Beispiel vorbeifahrende Schiffe, im RTMaps-EventMarker-Format gespeichert, um die Datensätze für die Weiterentwicklung des Systems zu nutzen. Anschließend wurde das System über den Winter 2020/2021 und den Sommer 2021 weiterbetrieben. Vor allem Anlegemanöver bei harschen Wetterbedingungen sind dabei interessant, um den Einfluss des Wetters auf die Lidarmesswerte zu untersuchen. Während der gesamten Testphase wurden mit RTMaps kontinuierlich und zuverlässig Daten erfasst, zeitgestempelt und gespeichert.

Vollständige Tests noch im Jahr 2021

Ein nächster Schritt des auf drei Jahre angelegten Projekts (Projektende November 2022) ist ein weiterer Aufbau an anderer Stelle, und zwar am Europakai in Cuxhaven. Dort soll das

Augenmerk zunächst auf den Einflüssen durch Strömungen und Wetter liegen, die das Anlegen von Schiffen erschweren können. Das System wird dazu um sieben weitere Lidarsensoren erweitert, um die rund 300 Meter lange Kaianlage vollständig abzudecken. Bei der für Ende 2021 geplanten Testkampagne in Cuxhaven soll das System erstmals vollständig getestet und evaluiert werden. ■

Abbildung 3: Das Forschungsboot „Josephine“ des OFFIS e.V. und das Vermessungsschiff „Argus“ von NPorts während einer Testfahrt in Wilhelmshaven.



© Axel Hahn 2020, eMIR (<http://emaritime.de>)
OFFIS Institut für Informatik

M.Sc. Jan Mentjes, OFFIS

M.Sc. Jan Mentjes, wissenschaftlicher Mitarbeiter im FuE Bereich Verkehr, OFFIS e.V. – Institut für Informatik, Deutschland.



Absicherung von ultraschallbasierten
Parkassistenzsystemen

Schallwellen im Regelkreis

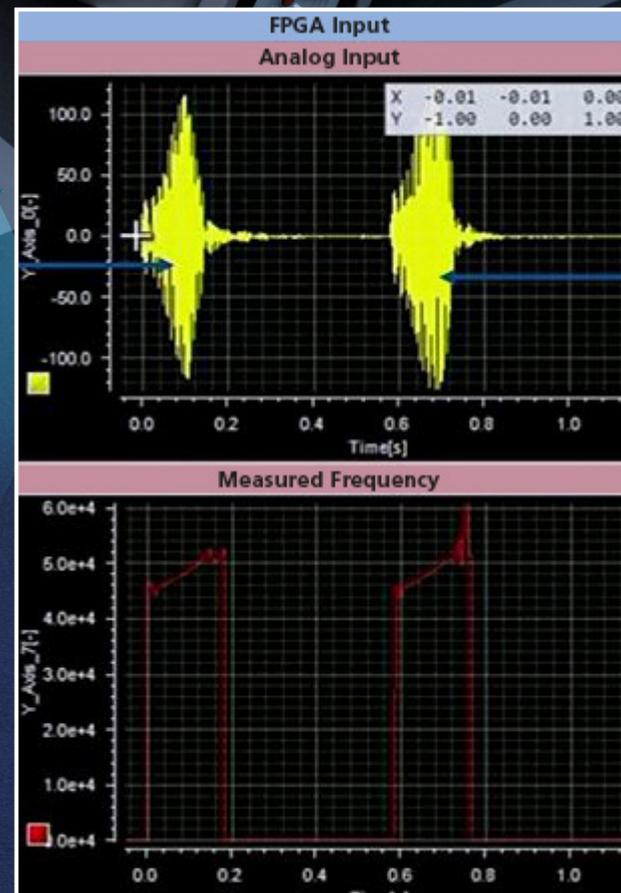
Ultraschallsensoren spielen im Bereich der Parkassistenzsysteme eine bedeutende Rolle. CATARC bietet eine Dienstleistung zur Absicherung ultraschallbasierter Systeme und nutzt dafür einen Simulator von dSPACE.

Eine der größten Herausforderungen für Verkehrsteilnehmer und insbesondere für Fahrer ist das Einparken – Autos in enge Parklücken zu manövrieren, kostet oft Zeit und Nerven. Assistenzsysteme können den Fahrer entlasten, indem sie den gesamten Einparkvorgang übernehmen: Je nach Automatisierungsgrad führt der digitale Assistent das Fahrzeug teilweise oder komplett. Dazu erfasst das Assistenzsystem das Umfeld des Fahrzeugs und steuert die Aktorik für Bremse, Antrieb und Lenkung.

Nahfeldüberwachung für den Parkvorgang

Die Sensoren der Assistenzsysteme überwachen das sogenannte Nahfeld, also den Bereich, der das Fahrzeug unmittelbar umgibt. Typischerweise werden dafür Ultraschallsensoren (USS) verwendet. Sie sind als Abstandssensoren in der Lage, die Entfernung von Objekten zum Sensor zu messen. Dazu senden sie zyklisch kurze, hochfrequente Schallimpulse aus und empfangen die Reflektionen aus der Umgebung. Aus der Differenz zwischen Empfangs- und Sendezeitpunkt lassen

sich die Entfernungen ableiten. Auch für die moderne Nahfeldüberwachung gilt: Ein Sensor kommt selten allein. Ultraschallsensor und Co. liefern für sich genommen nur relativ unscharfe oder „verrauschte“ Daten – erst im Abgleich mit den Ergebnissen anderer Sensoren ergibt sich ein relativ zuverlässiges Bild der Umgebung. Diese Multisensorerfassung ist umso relevanter, je autonomer das Fahrzeug im Straßenverkehr unterwegs ist. Aufgrund des hohen Kollisionspotenzials beim Einparken müssen solche Systeme umfangreiche Absicherungstests erfolg-



Sensor-Chirp und simulierte Reflexion.

reich absolviert haben, bevor sie für ein Fahrzeug zugelassen werden.

Maximale Flexibilität beim Testen

Im Fahrversuch ist die Absicherungsaufgabe nicht vollständig darstellbar. Viele Testfälle müssen auch bis zur Kollision untersucht und das Verhalten des Assistenzsystems entsprechend abgestimmt werden. Ein simulationsbasiertes Vorgehen bietet die notwendige Flexibilität bei der Variation der Tests. Die Herausforderung besteht allerdings darin, die Sensoren bzw. Assistenzsysteme synchron mit plausiblen Umgebungsdaten zu stimulieren.

Kriterien zur Auswahl des Testsystems

Das Technologieunternehmen CATARC ist unter anderem auf Dienstleistungen zur Validierung und Zulassung verschiedenster Einparkassistenten spe-

zialisiert, die Automobilhersteller in ihren Fahrzeugen für den chinesischen Markt betreiben möchten. Aufgrund des unterschiedlichen Aufbaus der Einparkassistenten entstehen besondere Anforderungen an das Testsystem:

- **Flexibilität** – um alle benötigten Schnittstellen zur Verfügung zu stellen und relevante Signale adäquat abzubilden
- **Automatisierbarkeit** – um Testfälle und ihre Varianten einfach zu erstellen und reproduzierbar anzuwenden
- **Verfügbarkeit** – aufgrund des hohen Testaufkommens muss das Testsystem stets zuverlässig zur Verfügung stehen
- **Reporting** – aussagekräftige Testreports für individuelle Einparkassistenten
- **Wirtschaftlichkeit** – trotz der ho-

hen Flexibilität einen kosteneffizienten Betrieb von der Anschaffung bis zur Wartung gewährleisten

Mit diesem Anforderungsprofil sondierete CATARC den Markt für Testsysteme.

Ein Testsystem für Parkspezialisten

Nach der Evaluierung verschiedener Testsysteme entschied sich CATARC für eine Lösung von dSPACE. Die Testhardware basiert auf einem HIL-Simulator, der es ermöglicht, Ultraschall- und Kamerasensoren in die Regelschleife zu integrieren.

Integration per Stimulation: Bei Ultraschallsensoren (USS) erfolgt dies über einen Over-the-Air (OTA)-Ansatz. Eine Sensorbox nimmt alle USS des Fahrzeugs auf und versorgt sie mit der entsprechenden Betriebsspannung und Signalen aus dem Simulator. Ein Re-

>>



flektor, der ebenfalls mit dem Simulator verbunden ist, wird gegenüber von jedem USS positioniert. Er empfängt die Signale der USS und sendet diese abhängig von der sich aus der Simulation ergebenden Entfernung zeitverzögert zurück. So werden die USS vollständig per Simulation stimuliert und liefern die von ihnen ermittelten Entfernungssignale an das Assistenzsystem. Parkassistenten, die ausschließlich mit USS aufgebaut sind, lassen sich mit diesem Aufbau vollständig testen und absichern.

Integration per Dateneinspeisung:

Der HIL-Simulator kann auch für Parkassistenten verwendet werden, die zusätzlich einen Kamerasensor auswerten. Da diese Sensoren für die Rundumsicht ausgelegt sind und über Erfassungswinkel größer 180° verfü-

gen, ist ein Over-the-Air (OTA)-Ansatz, bei dem der Sensor einen planen Monitor erfasst, nicht geeignet. In diesem Fall werden die Simulationsdaten direkt in den Sensor eingespeist. Das erfolgt mit Hilfe der Environment Sensor Interface (ESI) Unit von dSPACE. Sie bereitet die Sensorrohdaten so auf, dass sie beispielsweise direkt hinter dem Imager-Chip der Kamera eingespeist werden können. Dadurch bleiben alle Verarbeitungsstufen des Sensors in die Absicherung einbezogen. Für Stimulation und Einspeisung werden die Sensordaten aus einer Simulation gewonnen und synchron zur Verfügung gestellt.

Aus Fehlern lernen: Die virtuelle Kollision ist erlaubt

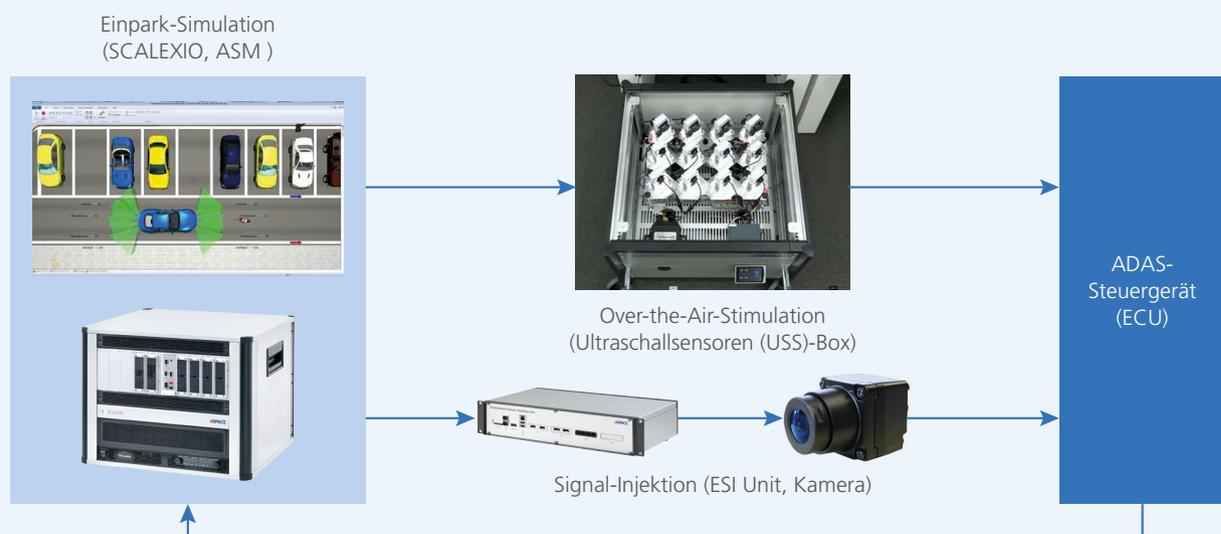
Alle für die Sensoren relevanten Daten werden aus einer Verkehrssimulation

gewonnen, die mit der Toolsuite ASM (Automotive Simulation Models) durchgeführt wird. ASM bietet die Möglichkeit, interaktiv beliebige Szenarien zu erstellen und realitätsnah zu simulieren. Für Parkassistenten sind das beispielsweise Parkbuchten, Parkplätze oder urbane Regionen, die beliebig ausgestaltet werden können. Darüber hinaus lassen sich Verkehrsteilnehmer, Fußgänger und Hindernisse simulieren, die beim Parkvorgang zur Erfassung sind. Auch die Positionierung der Sensoren gelingt problemlos: Über eine grafische Benutzeroberfläche können diese intuitiv im virtuellen Testfahrzeug verteilt werden.

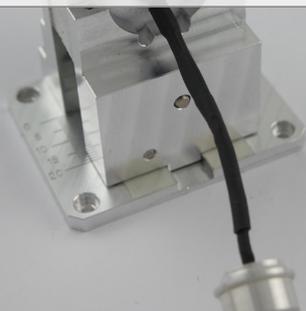
Die vorab definierten Tests werden anschließend automatisiert ausgeführt. Besonders nützlich dabei: Testparameter wie Abstände und Geschwindig-

„Die dSPACE Simulationsmodelle aus der ASM Toolsuite bieten die Möglichkeit, intuitiv beliebige Szenarien zu erstellen und realitätsnah zu simulieren.“

Quanzhou Liu, CATARC



Aufbau des Simulators zur Validierung von Einparkhilfesystemen.



„Der flexible und automatisierbare Simulator von dSPACE spielt eine bedeutende Rolle bei der Entwicklung und Freigabe der Parkassistenten für den chinesischen Markt.“

Zhanqi Li, CATARC

keiten lassen sich während der Tests kontinuierlich ändern – bis zur virtuellen Kollision. Auf diese Weise konnten die Testingenieure bei CATARC viele Testfälle generieren und durch Parametervariationen eine hohe Testabdeckung sicherstellen.

Darüber hinaus kann der HIL-Simulator auch zur Wiedergabe bei Testfahrten aufgezeichneter Sensordaten verwendet werden. Diese werden genau wie die Simulationsdaten per Sensorbox und ESI Unit für USS und Kamera zur Verfügung gestellt.

Wertvolle Erkenntnisse aus dem Test

Mit dem Testsystem lassen sich schnell neue Funktionen testen und komplette Regler absichern. Zudem ist es möglich, die Systemgrenzen – beispielsweise die tatsächlich unterstützten Minimal- und Maximaldistanzen – frühzeitig per Simulation zu bewerten. Besonders wertvoll ist die einfache Wiederholung von Auffälligkeiten, die im Fahrversuch

erkannt und aufgenommen wurden. Die Testlösung ist hervorragend auf das Dienstleistungsangebot von CATARC abgestimmt, denn sie bietet die nötige Flexibilität, um Ultraschallsensoren und Steuergeräte unterschiedlicher Hersteller einfach zu integrieren. Meist reicht es aus, dafür wenige Parameter anzupassen.

Derzeit wird der Simulator von einem Team mit 30 Personen genutzt. Die Einarbeitung bis zur effizienten Nutzung dauerte etwa drei Wochen. Mittlerweile hat das Testsystem eine elementare Rolle im Testalltag inne. Insbesondere im Bereich des automatisierten Fahrens, beispielsweise beim Valet Parking, gewährleistet der Simulator, dass Funktionen sicher sind, bevor sie in den realen Fahrversuch gelangen. Das gelingt, weil die vielfältigen Gefahrenszenarien durch die Simulationswerkzeuge von dSPACE realitätsnah simuliert werden. Die Werkzeuge von dSPACE tragen außerdem dazu bei, die

Tests zu beschleunigen und die Absicherungsaufgaben effizient durchzuführen. Denn sie ermöglichen die End-to-End-Absicherung – von den Sensoren über das Steuergerät bis hin zur Fahrzeugführung.

Mehr Innovationen, mehr Testaufgaben

Die Entwicklung der Parkassistenten schreitet rasant voran. Kommunikationssysteme zwischen Fahrzeug und Umgebung (V2X) werden integriert, neue Sensoren werden immer relevanter. Daher ist geplant, das Testsystem um eine V2X-Absicherung zu erweitern. Weitere Testaufgaben können im Bereich der Radarsensoren entstehen. Da Radarprüfstände von dSPACE in anderen Bereichen bei CATARC schon eine wichtige Rolle spielen, wird die Integration eines solchen Testsystems in Betracht gezogen. ■

Quanzhou Liu, Zhanqi Li, Pengfei Jia, CATARC

Quanzhou Liu

Quanzhou Liu leitet die Entwicklungsabteilung für elektronische Steuerungen bei CATARC in China.



Zhanqi Li

Zhanqi Li ist Senior Manager der Gruppe für Simulationsentwicklung und Systemverifizierung bei CATARC in China.



Pengfei Jia

Pengfei Jia ist Ingenieur in der Gruppe für Simulationsentwicklung und Systemverifizierung bei CATARC in China.



Liver4Life-Perfusionsapparat erhält Spenderlebern bis zu einer Woche außerhalb des Körpers am Leben

Zurück in die Zukunft

Eine interdisziplinäre Forschergruppe der ETH Zürich und des Universitätsspitals Zürich hat mit Förderung von Wyss Zurich einen Apparat entwickelt, der das Überleben von Spenderlebern außerhalb des menschlichen Körpers erheblich verlängert, indem er eine Vielzahl von Körperfunktionen simuliert. Eine dSPACE MicroLabBox übernimmt dabei zentrale Steuerungsaufgaben.

Seit Jahren klappt die Zahl der benötigten Spenderlebern und die der tatsächlich verfügbaren Organe weit auseinander. Dabei bedeutet jede erfolgreich transplantierte Leber für einen Patienten ein verlängertes Leben. Darum gilt es, alle verfügbaren Spenderlebern optimal einzusetzen. Je besser dabei der Zustand der jeweiligen Leber oder auch Teilleber ist, desto größer sind die Chancen der Patienten, in ein normales Leben zurückkehren zu können. Dies erreicht man umso eher, je länger man die Spenderleber außerhalb des Körpers am Leben erhalten kann. Genau dies unterstützt der neuartige Apparat.

Ein Wettlauf mit der Zeit

Mit im Markt verfügbaren Perfusionsapparaten können die Spenderlebern zurzeit maximal 24 Stunden in einem Zustand gehalten werden, der eine Transplantation erlaubt. Um diesen Zeitraum auszudehnen, im Idealfall auf bis zu einer Woche, begann Mitte 2015 ein interdisziplinäres Forscherteam, bestehend aus Chirurgen, Ingenieuren und Biologen, im Rahmen des Projekts Liver4Life einen neuartigen Perfusionsapparat zu entwickeln. Dieser simuliert eine Vielzahl von Körperfunktionen und bietet einer Spenderleber ein Umfeld, das den Bedingungen in einem menschlichen Körper so nah wie

möglich kommt. Mittlerweile können damit Lebern nicht nur bis zu einer Woche außerhalb eines Körpers am Leben erhalten werden, ihr Zustand kann auch verbessert werden, was eine Vielzahl neuer Perspektiven für zukünftige Transplantationen eröffnet, zum Beispiel:

- Die Qualität von Spenderlebern anhand von Messdaten verlässlich einschätzen
- Die Qualität von vorgeschädigten Lebern verbessern
- Zukünftig möglicherweise Teilstücke einer Leber regenerieren
- Eigenorganspenden ermöglichen

PERFUSION:
künstliche
Durchblutung
von Organen



Im Endeffekt werden die verfügbaren Spenderlebern damit sehr viel effizienter genutzt, oder sie werden – im Fall der Eigenorganspende – gar nicht erst benötigt.

Natur als Vorbild

Um eine Leber außerhalb des Körpers am Leben zu erhalten, war es bisher üblich, sie statisch auf Eis zu lagern, damit sich der Stoffwechsel auf ein Minimum reduziert. Um jedoch die oben genannten Ziele zu erreichen, ist es nötig, dass alle biochemischen Vorgänge der Spenderleber möglichst weiter so ablaufen, als befände sie sich noch im Körper. Dazu musste zunächst der Leberstoffwechsel detailliert aus medizinischer Sicht definiert werden, damit die Ingenieure die Anforderungen dann technisch umsetzen konnten. Vor allem fünf Schlüsselfunktionen wurden für eine Lang-

zeit-Perfusion identifiziert: Kontrolle des Glukose-Stoffwechsels, Verhinderung von Hämolyse (Auflösung der roten Blutkörperchen), Abführen von Abfallstoffen, Kontrolle der Sauerstoffzufuhr durch das Perfusat (Flüssigkeit für die künstliche Durchströmung von Organen, in diesem Fall Blut) und Simulation der Zwerchfellbewegung (Abbildung 1).

Neues Habitat für eine Leber

Die Leber wird im menschlichen Körper über zwei Blutgefäße versorgt, in denen sowohl der Blutdruck als auch der Gehalt des Blutes an Sauerstoff, Hormonen und Nährstoffen unterschiedlich ist. Außerhalb des menschlichen Körpers leistet dies der Perfusionsapparat Liver4Life. Ist die Spenderleber an den Apparat angeschlossen, so erfolgt die Versorgung mit Nähr- und Botenstoffen und

Sauerstoff nicht pauschal, sondern wird an den Bedarf angepasst. Abfallprodukte aus dem Leberstoffwechsel werden über eine Dialyse oder als Gallenflüssigkeit abgeführt. Flüssigkeit, die aus der Leber austritt, wird dem System wieder zugeführt. Damit sich die Leber „wie zu Hause“ fühlt, liefert eine Reihe von Sensoren die Daten, auf deren Grundlage dann über verschiedene Aktuatoren die Versorgung der Leber justiert wird. Sensoren überwachen außerdem ständig ihren Zustand. Darüber hinaus simuliert ein Diaphragma die Bewegung des Zwerchfells, um die Leber vor Drucknekrosen (Absterben von Gewebe infolge von dauerndem Druck) zu schützen. Ein solcher Aufbau verlangt verschiedene Teilkreisläufe, die sorgfältig abgestimmt werden müssen (Abbildung 2). >>



„Die MicroLabBox steuert das Wechselspiel von Sensoren und Aktuatoren. Damit übernimmt sie sozusagen bei der Simulation der verschiedenen Organe die Funktion des Gehirns.“

Dr. Dustin Becker, ETH Zürich, Wyss Zurich, Zürich, Schweiz, hat das System im Rahmen seiner Dissertation mitentwickelt und ist verantwortlich für die Realisierung medizinischer Anforderungen im Apparat.

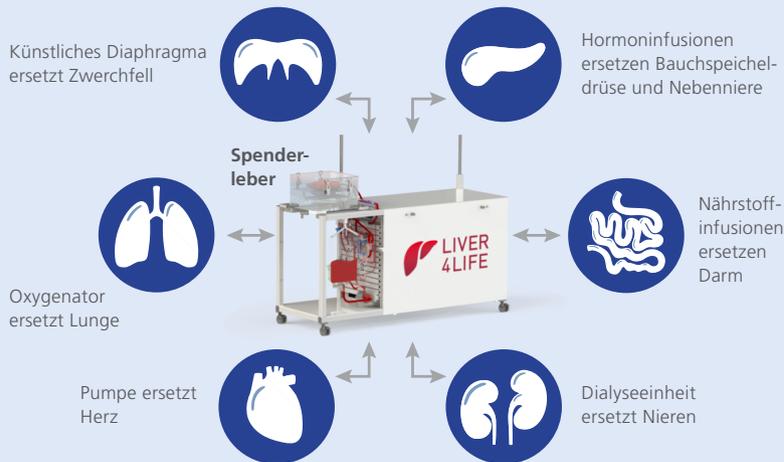


Abbildung 1: Um den Stoffwechsel einer Spenderleber längere Zeit aufrechtzuerhalten, müssen Funktionen verschiedener Organe durch den Perfuisionsapparat simuliert werden.

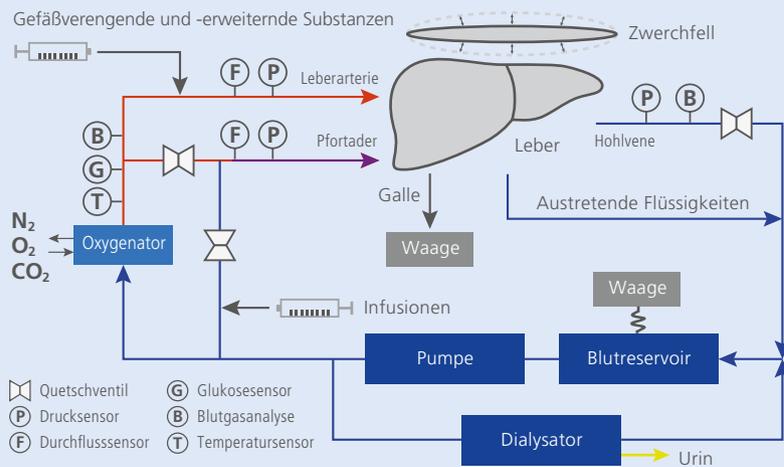


Abbildung 2: Vereinfachtes Schema eines Perfuisionsapparates.

Viele Funktionen – eine Steuerung

Die Steuerung hierfür, also die Simulation der in diesem Zusammenhang erforderlichen Gehirnfunktionen, übernimmt dabei eine MicroLabBox. Eine solche ist bei der ETH Zürich im Bereich automotiver Entwicklungen im Einsatz, so dass es bereits Erfahrungen im Hause gab. Für die MicroLabBox sprachen deren Flexibilität und die hohe Rechnerleistung. Die MicroLabBox dient dabei nicht nur als I/O-Schnittstelle für die Kommunikation zwischen Sensoren und Aktuatoren, sondern auch als zentrale Rechereinheit (Abbildung 3). Unterstützt wird die Arbeit von der dSPACE Experimentiersoftware ControlDesk, die den Zugriff auf Echtzeitanwendungen während der Laufzeit erlaubt. Auf diese Weise können die Versorgungsparameter der Leber nicht nur überwacht, sondern auch dann aktiv beeinflusst werden, wenn ein Spenderorgan an den Apparat angeschlossen ist.

Bessere Simulation für bessere Qualität

Mit dem Perfuisionsapparat wird die Möglichkeit, die Stoffwechselfunktionen einer Spenderleber außerhalb des menschlichen Körpers zu erhalten, erheblich erweitert (Tabelle 1). Was sind nach diesen vielversprechenden Ergebnissen die nächsten Schritte? Klinische Studien sollen jetzt belegen, dass auch Lebern von mäßiger Qualität nach der Perfusion

„Wenn es ums Überleben geht, gibt es keine ‘ziemlich guten’ Ergebnisse. Die Entscheidung, ob zum Beispiel ein Spenderorgan transplantationsfähig ist oder nicht, muss verbindlich und zuverlässig sein. Der Perfuisionsapparat, unterstützt von der MicroLabBox, ermöglicht es, diese zu treffen.“

Dr. med. Dilmurodjon Eshmuminov, Universitätsspital Zürich, Zürich, Schweiz, Abteilung Viszeral- und Transplantationschirurgie, bringt die medizinische Expertise ins Projektteam und ist verantwortlich für die Definition der medizinischen Anforderungen.



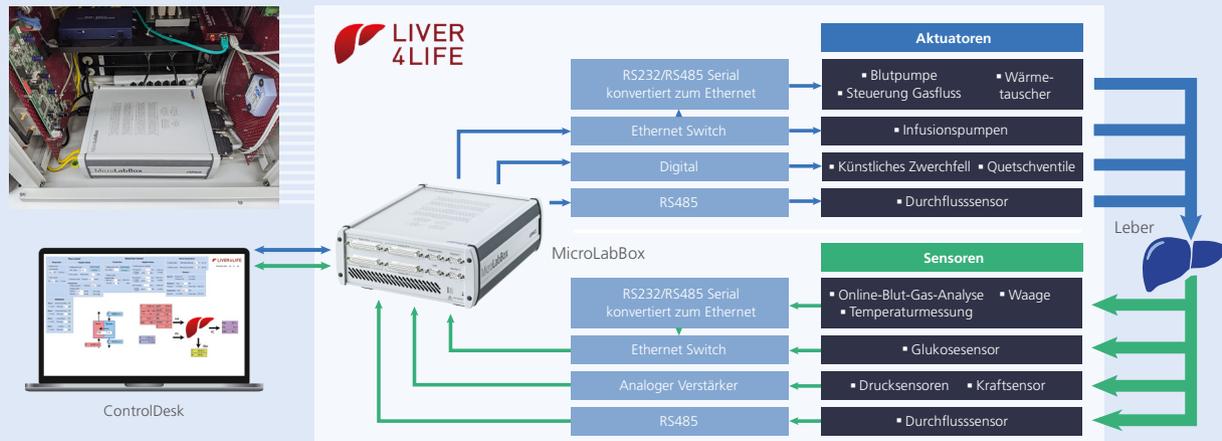


Abbildung 3: Funktion der MicroLabBox im Perfusionsapparat als „Gehirn“ des Aufbaus.

Tabelle 1: Der Vergleich zeigt die Möglichkeiten der Überwachung und der Steuerung von Lebensfunktionen bei im Markt verfügbaren Perfusionsapparaten und die Möglichkeiten von Liver4Life.

tatsächlich transplantierbar sind. Eine verlässliche Evaluierung der Organqualität soll anhand der Stoffwechsel-daten, die der Perfusionsapparat liefert, möglich sein. Langfristig soll auch die enorme Regenerationsfähigkeit von Lebern genutzt werden, so dass eine Spenderleber gleich mehreren Patienten zugutekommen könnte. Denkbar ist auch – zum Beispiel bei Krebspatienten – die Entnahme gesunder Leberteile, die dann nach der Regeneration im Liver4Life-Apparat anstelle des kranken Organs wieder zurücktransplantiert werden könnten. Dies würde dem Patienten möglicherweise nicht nur das Leben retten, sondern ihm auch die lebenslange Einnahme von Medikamenten zur Verhinderung von Abstoßungsreaktionen ersparen. Eine Spenderleber würde hierzu nicht gebraucht. Dank des neuen Perfusionsapparates steigt die Hoffnung, dass mit besser genutzten, qualitätvollen Spenderlebern oder auch Eigenorganspenden Leben gerettet werden können. ■

Mit freundlicher Genehmigung der ETH Zürich, dem Universitätsspital Zürich und dem Wyss Zurich Institute

Gerät/Funktion	Aufgabe	Details	Kommerzielle Perfusionsgeräte	Langzeit-perfusionsgerät
Leberkammer	Sichere Lagerung der Leber		X	X
Pumpe	Kontinuierliche Strömung in der Pfortader		X ¹⁾	X
	Pulsierender Durchfluss in der Leberarterie		X ¹⁾	X
Druck- und Durchflusssensoren	Ständige Überwachung von Druck und Durchfluss	Leberarterie	X	X
		Pfortader	X	X
		Hohlvene	X	X
Oxygenator	pH-Regelung mit individueller O ₂ -, N ₂ - und CO ₂ -Gasversorgung des Oxygenators	Gasversorgung	X	X
		Wärmetauscher	X	X
		Individuelle Gasversorgung zur pH-Kontrolle im Blut		X
Blutgasanalyse	Überwachung der Blutgase und anderer kritischer Parameter während der Langzeitperfusion	Leberarterie	X	X
		Pfortader		X
		Hohlvene		X
Physiologische Pfortader-Oxygenierung	Verhindern von Hyperoxygenierung und Reduzieren von Gefäßverengung, physiologische Pfortader-Sättigung			X
Online-Glukosesensor	Glukoseüberwachung in Echtzeit			X
Rückkopplungs-gesteuerte Infusionen von Insulin/Glukagon	Automatische Korrektur des Blutzuckerspiegels innerhalb vordefinierter Grenzen			X
Rückkopplungs-gesteuertes Dialysesystem	Ausscheiden von Stoffwechselprodukten, Säure-Basen-Gleichgewicht, Kontrolle von Natrium und Elektrolyten, Hämatokritkontrolle			X
Zwerchfellsimulation	Bewegung der Leber zur Prävention von Drucknekrosen			X
Kontinuierliche Auswertung der Reaktion auf vasoaktive Substanzen, Insulin und Glukagon	Kontinuierliche Bewertung der Lebensfähigkeit			X

¹⁾ Wellen- und Impulsform von Durchfluss und Druck bei handelsüblichen Geräten unbekannt

Links: Eine nicht behandelte Leber
Rechts: Eine Leber, die in dem Liver4Life-Perfusionsapparat aufbereitet wurde





Visionäre Lastwagen

Entwicklung, Prototyping und Validierung eines automatischen kamera- und radarbasierten Bremssystems für kommerzielle Nutzfahrzeuge

Die Shaanxi Automobile Group Co., Ltd. rüstet ihre Fahrzeugflotte mit Kameras, Radaren und einem fortschrittlichen Notbremssystem aus, um ihren Kunden ein Höchstmaß an Sicherheit zu bieten. Für die effiziente Software-Entwicklung setzt das Unternehmen auf RTMaps, eine Entwicklungs- und Validierungsumgebung für Multisensoranwendungen von Intempora, einem dSPACE Unternehmen.



„Mit RTMaps haben wir umfangreiche, komplexe Sensordaten unter Kontrolle und können sie zielgerichtet und synchron für die Entwicklung und Absicherung unserer Algorithmen einsetzen.“

Junjie Bai, Shaanxi Automobile Group Co., Ltd.

O b in Innenstädten oder auf Landstraßen: Lkw-Fahrer müssen immer den Verkehr, Ampeln und Verkehrsschilder im Auge behalten, während sie gleichzeitig auf Fußgänger und Radfahrer achten. Doch selbst besonders aufmerksame Fahrer haben mit den großen toten Winkeln und langen Bremswegen ihrer tonnenschweren Nutzfahrzeuge zu kämpfen. Um die Zahl der Verkehrsunfälle zu reduzieren und sowohl den Fahrer als auch andere Verkehrsteilnehmer zu schützen, leisten Fahrerassistenzsysteme wichtige Unterstützung: Sie warnen den Fahrer, wenn eine Kollision droht. Reagiert der Fahrer nicht, leitet das System automatisch eine Vollbremsung ein.

Zuverlässige Algorithmen für die Fahrzeugsicherheit

Yiran Zhang, Leiter der Abteilung Elektrische Steuerung, erklärt: „Die Shaanxi Automobile Group will ihre führende Rolle im Bereich intelligenter vernetzter kommerzieller Nutzfahrzeuge in China weiter ausbauen. Zu diesem Zweck treiben wir die Entwicklung eines Advanced Emergency Braking Systems (AEBS) voran.“

„Unser Ziel ist es, einen sicheren und zuverlässigen AEBS-Algorithmus zu entwickeln, der sich durch eine hohe

korrekte Erkennungsrate und eine niedrige Falscherkennungsrate auszeichnet. Wir werden diesen Algorithmus für unsere breite Fahrzeugpalette in Serie bringen“, ergänzt Yiran Zhang. Das AEBS umfasst eine Steuereinheit mit intelligenten Kameras und Millimeterwellen-Radaren.

Die Herausforderungen von Multisensordaten

Zu Beginn des Projekts nutzten die Entwickler aufgezeichnete CAN-Botschaften der Sensoren, um den auf einem Steuergerät implementierten Algorithmus zu testen. Dieser Ansatz stieß schnell an seine Grenzen, da die Testdaten immer komplexer wurden und es immer mehr Grenzfälle (Corner Cases) gab, die im Detail analysiert werden mussten. Die Entwickler formulierten daraufhin Anforderungen an eine leistungsfähige Testumgebung:

- Synchroner Wiedergabe aller Sensordaten, um unter anderem eine korrekte, zeitkorrelierte Datenfusionierung sicherzustellen
- Synchroner Visualisierung der Test Szenarien mit Bewegtbildern, um die Ausgaben des Fusionsalgorithmus und Detektionsalgorithmus schnell zu beurteilen
- Einfache Lokalisierung der relevanten

Testdaten in einem großen Datenpool

- Effizientes Handling großer Datenmengen

Beherrschen der Komplexität

Die Shaanxi Automobile Group entschied sich für RTMaps, eine Entwicklungs- und Ausführungsumgebung für Multisensoranwendungen, da sie alle oben genannten Herausforderungen erfüllt. Sie erwies sich auch als geeignet, um das Design und die Validierung von anspruchsvollen und komplexen Software-Funktionen zu unterstützen.

Junjie Bai, zuständig für die Entwicklung des Perzeptionsalgorithmus berichtet: „Als wir zum ersten Mal RTMaps einsetzten, war das ein Unterschied wie Tag und Nacht gegenüber der ursprünglichen Vorgehensweise. Mit RTMaps haben wir umfangreiche, komplexe Sensordaten unter Kontrolle und können sie für die Entwicklung und Absicherung unserer Algorithmen einsetzen.“ Zunächst verwendeten die Entwickler RTMaps, um große Mengen an Sensordaten während der Messfahrten synchron aufzuzeichnen. Dazu gehören das Originalvideo der Webcam, das Audiosignal des Mikrofons, die Ziellisten der intelligenten Kamera und das Millimeterwellenradar in Form von CAN-Nachrichten. >>



Das fortschrittliche Notbremssystem wird auf die vielen Lkw-Plattformen im Fuhrpark der Shaanxi Automobile Group Co., Ltd. ausgerollt.



Advanced Emergency Braking System (AEBS)

Das System warnt den Fahrer vor einer drohenden Kollision mit einem langsam fahrenden oder stehenden Fahrzeug vor ihm. Falls erforderlich, kann es auch die Bremsen betätigen, um die Kollision zu verhindern oder die Aufprallgeschwindigkeit zu verringern.

Shaanxi Automobile Group Co., Ltd.

Die Shaanxi Automobile Group Co., Ltd. ist mit rund 13.000 Mitarbeitern einer der größeren Arbeitgeber in der Volksrepublik China. Das Unternehmen stellt Lkw her. Der Hauptsitz des Herstellers befindet sich in Xi'an, Shaanxi.

Anschließend integrierten die Entwickler den AEBS-Algorithmus in die grafische Entwicklungsumgebung RTMaps und nahmen ihn mit den aufgezeichneten Daten in Betrieb.

Effiziente Workflows in RTMaps

„Mit RTMaps können wir reale Sensordaten, sowohl Rohdaten als auch CAN-Nachrichten, schnell wiedergeben und die Wiedergabe von jedem beliebigen Zeitpunkt aus starten. Das ist besonders nützlich für die Entwicklung der Fusions- und Perzeptionsalgorithmen“, sagt Junjie Bai.

Das Team berichtet von einem leicht zu handhabenden, aber effizienten Workflow in RTMaps: Das Tool erlaubt die Auswahl von Eingangssignalen für den AEBS-Algorithmus – in diesem Fall die originalen Sensornachrichten, die auf dem CAN-Bus aufgezeichnet wurden, und weitere Sensorsignale sind Schlüsselvariablen des Algorithmus. Das Originalvideo kann in RTMaps zur

Visualisierung und Überprüfung der jeweiligen Fahrsituation verwendet werden, während das Audiosignal die Alarmsignale im Fahrzeug wiedergibt. So ist der Entwickler immer über alle aufgezeichneten Aspekte, die während einer Fahrsituation aufgetreten sind, informiert“, fasst Junjie Bai zusammen.

Darüber hinaus können dem Algorithmus Parameter hinzugefügt werden, um ihn zu kalibrieren und zu optimieren. Besonders relevante Sensordaten wie Testfälle zum Testen des Verhaltens in bestimmten Situationen oder sogenannte Corner Cases können extrahiert werden und stehen dann als Validierungsdaten für die anschließende Algorithmusoptimierung zur Verfügung.

Schnelle Auswertungen von Sensoren

Für einige der häufig verwendeten Sensortypen muss die Leistung verschiedener Sensorfabrikate verglichen werden, bevor die Algorithmenent-

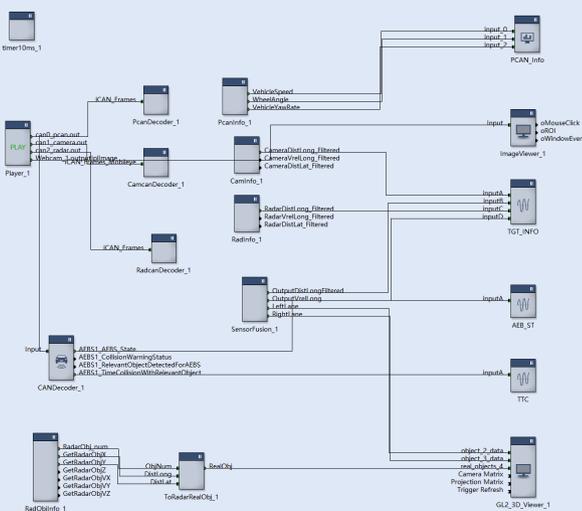
wicklung beginnt. Mit RTMaps können Entwickler die Ziellisten der Sensoren auswerten und visualisieren, was einen einfachen Vergleich und eine schnelle Auswahl des am besten geeigneten Sensors ermöglicht.

Unterstützung mehrerer Programmiermethoden

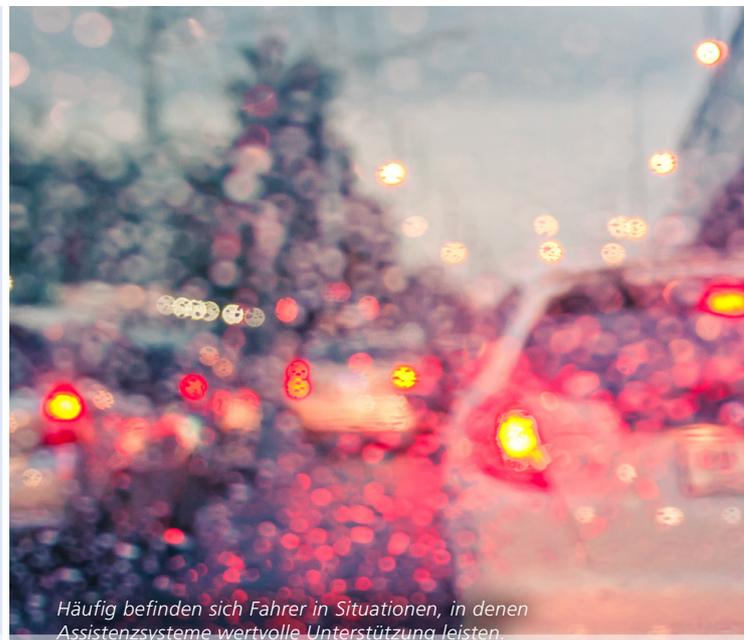
Entwickler verwenden oft mehrere Programmierumgebungen, um komplexe Algorithmen zu schreiben, zum Beispiel C/C++ zum Aufbau der Grundstruktur, Python für die Bildverarbeitung und Simulink® für die Anwendungsschicht. Die offene und flexible Code-Entwicklungsumgebung von RTMaps unterstützt diese vielfältige Herangehensweise und ermöglicht es Entwicklern, trotz unterschiedlicher Programmiermethoden effizient zusammenzuarbeiten.

Effizienzgewinn in der Entwicklung

Bei der Shaanxi Automobile Group



Ein Diagramm illustriert die grafische blockbasierte Arbeitsweise in RTMaps.



Häufig befinden sich Fahrer in Situationen, in denen Assistenzsysteme wertvolle Unterstützung leisten.



Bildnachweis:
© Shaanxi Automobile
Group Co., Ltd.



„Der Einsatz von RTMaps verbessert die Effizienz der Algorithmenentwicklung um mehr als 50 %. Das verkürzt die Zeit bis zur Marktreife.“

Yiran Zhang, Shaanxi Automobile Group Co., Ltd.

arbeiten drei Entwickler mit RTMaps. Es dauerte etwa drei Wochen, um das Team mit den Hauptfunktionen der Software vertraut zu machen, und nun spielt RTMaps eine zentrale Rolle bei der Entwicklung und Validierung von Perzeptions- und Fusionsalgorithmen. Yiran Zhang fasst zusammen: „RTMaps ist das Kernwerkzeug für die schnelle, zielgerichtete Entwicklung von AEBs. Die Offline-Validierung von Algorithmen mit realen Daten hilft, Probleme schnell zu erkennen und Lösungen zu entwickeln. Das reduziert

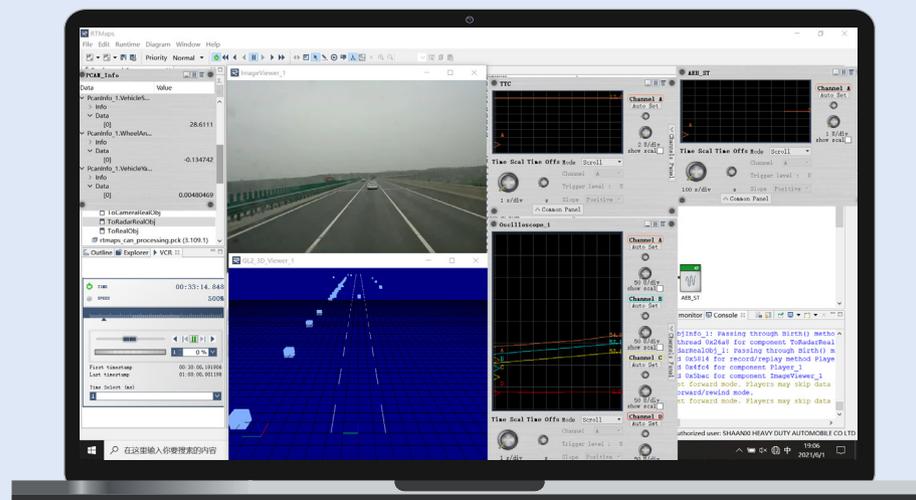
die Entwicklungszeit, den Aufwand und senkt die Kosten. Der Einsatz von RTMaps verbessert die Effizienz der Algorithmenentwicklung um mehr als 50 %. Das verkürzt die Zeit bis zur Marktreife.“

Sichere Fahrzeuge sorgen für Kundenanerkennung

Der mit RTMaps entwickelte und validierte Algorithmus ist für die Shacman-Fahrzeugplattformen X6000 und X5000 vorgesehen. Im nächsten Schritt wird RTMaps für die Entwicklung der Algo-

rithmen für den adaptiven Tempomat und die adaptive Geschwindigkeitsregelung eingesetzt. Auf diese Weise will die Shaanxi Automobile Group die Anforderungen ihrer Kunden erfüllen, einen Mehrwert für sie generieren und die führende Rolle in der Branche übernehmen. Die Entwickler sind sich sicher: Mit zuverlässigen Funktionen für das automatisierte Fahren werden sie die Gunst der Kunden gewinnen. ■

Mit freundlicher Genehmigung der Shaanxi Automobile Group Co., Ltd.



RTMaps bietet detaillierte Einblicke in Sensordaten und Algorithmenverhalten.



Neue Ideen für Prothesen zur Verbesserung des Gehens

Regenerative Energie



Auch in der Medizintechnik ist Elektromobilität ein spannendes Thema. Erfahren Sie, wie Rekuperation und anspruchsvolle Regelungstechnik Betroffene weiterbringen.

Unterschenkelamputierte tragen in der Regel passive (nicht angetriebene) Prothesen, die zwar Unterstützung bieten, aber nicht in der Lage sind, Hilfskräfte für wichtige Aktivitäten wie Gehen und Steigungen zu erzeugen. Aus diesem Grund haben Amputierte, die passive Prothesen tragen, einen wesentlich höheren metabolischen Energiebedarf als gesunde Menschen.

Kraftprothesen werden durch Elektromotoren angetrieben. Sie überwinden die Einschränkungen passiver Geräte, indem sie ein Gefühl von Freiheit vermitteln und die Möglichkeit bieten, längere Strecken mit geringerer Anstrengung zurückzulegen. Diese Geräte sind jedoch durch ihren hohen Stromverbrauch eingeschränkt.

Ein Forschungsteam der Cleveland State University und des Louis Stokes Cleveland VA Medical Center hat von der U.S. National Science Foundation Mittel erhalten, um nach einer Lösung zu suchen, die den Einsatzbereich und die Natürlichkeit der mit diesen Geräten möglichen Bewegungen erheblich erweitert. Das Team entwickelte einen Prothesenprototyp, der eine **Energierückgewinnungstechnologie** mit Superkondensatoren als Energiespeicherelemente enthält.

Das Team entwickelte eine angetriebene Knieprothese und ein anspruchsvolles energieoptimales Regelungssystem. Sie hoffen, dass die Prothese nicht nur länger arbeitet, sondern auch einen aktiveren Lebensstil erlaubt, indem sie schnelleres Gehen und schließlich auch das Treppensteigen ermöglicht.

Energierückgewinnung kann der Schlüssel sein

Die größten Hindernisse bei diesen Geräten sind laut Professor Hanz Richter der hohe Strombedarf und die Komplexität der Aktoren, die zur Bewegungsausführung erforderlich sind. Heute unterstützen die meisten elektrisch betriebenen Prothesen nur ein durchschnittliches Gehtempo und müssen unter Umständen mehrmals am Tag aufgeladen werden.

Das Forschungsteam entwickelte eine Regelungsmethode, die nahtlose Übergänge zwischen den verschiedenen Gangphasen während des Gehens ermöglicht, einschließlich verschiedener Gehgeschwindigkeiten und einer Reihe unterschiedlicher Steigungen und Gefälle, basierend auf selbstmodulierter Impedanzkontrolle und

Technologien zur Energierückgewinnung.

Die Technologie zur Energierückgewinnung hat das Potenzial, den Energieverbrauch in Antriebssystemen zu senken. Diese

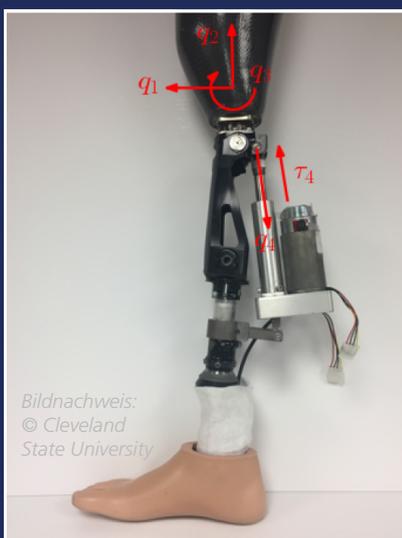
Technologie basiert auf der Rückgewinnung, Speicherung und Wiederverwendung von überschüssiger Energie, die bei Bewegungszyklen entsteht. Regeneratives Bremsen wird in Elektrofahrzeugen häufig eingesetzt, um die Energieeffizienz zu verbessern. Die gleiche Methode kann auch bei einer motorisierten Prothese angewendet werden. Beim natürlichen Gang kommt es zu einem Energieüberschuss im Kniegelenk. Während passive Prothesen wie eine Bremse wirken und diese Energie abbauen, können die von Prof. Richter entwickelten regenerativen Prothesen überschüssige Energie speichern und wiederverwenden, ohne die Natürlichkeit der Bewegung zu beeinträchtigen. >>





Bildnachweis: © Cleveland State University

Testperson beim Gehen mit dem Prothesenprototyp.

Bildnachweis:
© Cleveland
State University

Prototyp einer Knieprothese.

So kann die Energierückgewinnung zur Batterieladung beitragen und die Prothese für den täglichen Gebrauch praktischer machen.

Probleme mit herkömmlichen motorbetriebenen Prothesen

Die meisten elektrisch angetriebenen Prothesen verwenden Impedanzregler, mechanische Federn und Dämpfer, um die Bewegung der Knie- und Sprunggelenke nachzubilden. Die Prothese ist in eine Reihe von Gangzuständen unterteilt, die das Gleichgewicht und die Koordination repräsentieren, die

für die Ausführung eines Gehschritts erforderlich sind. Für jeden Gangzustand wird ein eigener Impedanzregler verwendet. Diese Regelungen werden durch Sensoren an der Prothese ausgelöst. Die Regelungsparameter werden für jeden Zustand so eingestellt, dass sie den unterschiedlichen Gehgeschwindigkeiten und Gehmustern der einzelnen Personen entsprechen. Diese Prothesen verfügen üblicherweise über eine Regelung mit fünf Zuständen, die mit drei oder vier verschiedenen Gehgeschwindigkeiten arbeitet, und die Parameter der Regelung erfordern eine mühsame Impedanzplanung. Bei fünf Gehphasen mit je drei Verstärkungen und drei Geschwindigkeiten sind beispielsweise 45 Verstärkungen abzustimmen. Im Gegensatz dazu verwendete das Team ein kontinuierliches Impedanzmodulationsschema, das auf der axialen Schaftkraft basiert und einen deutlich reduzierten Raum für die Regelungsparameter ermöglicht.

Transfemorale Prothese mit Energieregenerationsantrieb

Das Forschungsteam hat einen Prototyp entwickelt, um seine Ideen zur Energierückgewinnung und zur selbstmodulierten Impedanzsteuerung zu demonstrieren. Der Prototyp besteht aus einem passiven Fußgelenk und einem

angetriebenen Kniegelenk. Das Kniegelenk wird durch einen Gleichstrommotor mit einer Leitspindel und einem Kurbelschiebermechanismus angetrieben. Ein Ultrakondensator (auch Superkondensator genannt) wird als Energiespeicher anstelle einer Batterie verwendet und bietet eine effiziente Möglichkeit zur Speicherung und Wiederverwendung von Energie. Der Ultrakondensator ist leicht und langlebig und verfügt im Gegensatz zu Batterien über eine hohe Energiedichte und die Fähigkeit, sich schnell und ohne Schaden zu laden und zu entladen.

Ein weiteres Schlüsselement des Prototyps ist die Regelungsmethode: Das Team entwickelte einen neuartigen Regelungsansatz mit variabler Impedanz, der die Prothese sowohl in der Stand- als auch in der Schwungphase antreibt und dabei explizit die Energierückgewinnung berücksichtigt. Die Regelungsmethode variiert die Impedanz des Kniegelenks in Abhängigkeit von der auf den Schaft ausgeübten Kraft und fördert die Energierückgewinnung, indem sie dem System präzise eine bestimmte Menge an negativer Dämpfung zuführt. „Dieser Ansatz bietet eine natürliche Variation der Impedanz des Knies und führt zu weit weniger Abstimmungsparametern im Vergleich zu anderen Ansätzen“, so Professor Richter. „Außerdem



„Das leistungsstarke dSPACE System unterstützt uns nicht nur bei der Modellierung und Simulation, sondern ermöglicht uns auch einen schnellen Übergang zu Echtzeitanwendungen.“

Professor Hanz Richter, Fakultät für Maschinenbau, Cleveland State University

ermöglicht die Regelung des Gehens in verschiedenen Geschwindigkeiten, ohne dass eine Neueinstellung erforderlich ist. Dieselbe Einstellung kann einfach für verschiedene Themen verwendet werden.“

Validierung der Regelungsmethode

Um ihre Regelungsmethode zu validieren, installierte das Team eine Reihe von Sensoren an der Testprothese, um Daten über die Regelungsmethode zu sammeln und ihre Gesamtleistung zu bewerten. Ein freiwilliger Amputierter wurde rekrutiert, und es wurden Tests durchgeführt.

Um eine Rückmeldung über die Regelstrategie zu erhalten, wurde die Motorposition, die kinematisch mit dem Kniewinkel zusammenhängt, mit einem Encoder gemessen, um die Geschwindigkeit zu berechnen. Außerdem wurden zwei Dehnungsmessstreifen installiert und anschließend kalibriert, um die Schafkraft zu messen. Dann wurde die Spannung der **Ultrakondensatoren** gemessen, um sie als Rückkopplung im Rahmen der vom Team entwickelten semiaktiven virtuellen Regelung zu verwenden.

Um die Energierückgewinnungskapazität der Prothese zu bewerten, wurden auf beiden Seiten des Motortreibers Sensoren zur Messung der Eingangs- und Ausgangsströme installiert. Die an den Motor und die Ultrakondensatoren angelegte Spannung wurde aufgezeichnet. Die kombinierten Messungen lieferten Informationen über den Gesamtstromverbrauch und die Effizienz des Motortreibers.

Für die zentrale Datenerfassung, Regelung und Anzeige der Prothese und des Regelsystems wurde ein dSPACE System mit einer Rate von 1 kHz eingesetzt. Die Berechnung der Echtzeitregelung wurde in einem Simulink-

Blockdiagramm implementiert, wobei ein Teil des Codes von eingebetteten MATLAB®-Blöcken ausgeführt wurde. Bei allen Messungen wurde eine digitale Filterung mit einer Grenzfrequenz von 24 Hz angewendet. Die Kraftprothese des Anwenders war über ein Kabel mit dem dSPACE System verbunden. Laut Prof. Richter haben das dSPACE System und die Simulink-Kompatibilität dem Team sehr geholfen, sich auf die Regelalgorithmen zu konzentrieren und nicht auf die Implementierungsdetails. Insbesondere der Übergang von der Modellierung und Simulation zum Echtzeiteinsatz wurde gestrafft.

Versuche auf einem Laufband

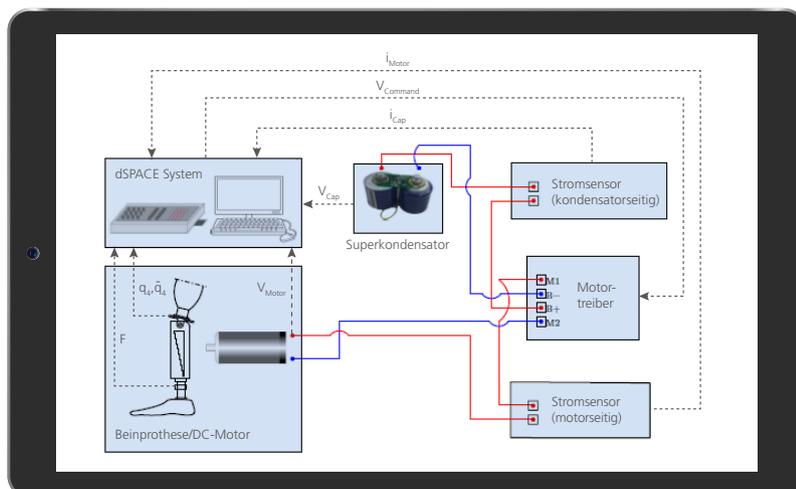
Nach Abschluss der ersten Validierungstests begann das Team mit einer Reihe von Tests mit einem 35-jährigen männlichen Probanden. Dieser lief mit drei verschiedenen Geschwindigkeiten auf einem Laufband: langsam (0,6 m/s), bevorzugt (0,75 m/s) und schnell (0,9 m/s). Durch diesen Versuch wurde die Regelungsmethode validiert und die Energierückgewinnung unter den Testbedingungen erreicht. Ein passives Marker-Bewegungserfassungssystem mit 10 Kameras zeich-

nete 26 Marker auf, die an definierten anatomischen Stellen platziert waren. Mit den Kraftmessplatten des geteilten Laufbands wurden die Bodenreaktionskräfte für jede Seite gemessen.

Regenerierte Energie versorgt das Kniegelenk

Zusammenfassend stellte das Team fest, dass der Abstimmungsprozess relativ einfach war – die Abstimmung war in wenigen Minuten abgeschlossen, während der Test durchgeführt wurde. Sie beobachteten auch die Energierückgewinnung, die das Kniegelenk bei Bedarf mit Energie versorgt. Das Team erkannte jedoch, dass weitere Verbesserungen bei der Energierückgewinnung möglich sind. Obwohl das Projekt abgeschlossen ist, würde eine zusätzliche Finanzierung es dem Team ermöglichen, sich auf die Stabilität des Reglers zu konzentrieren und die Energieverluste zu verbessern, die beim ersten Prototyp festgestellt wurden. Die bei den Versuchen gesammelten Daten für eine Bewertung am Menschen und die Ergebnisse werden demnächst in einem ausführlichen Artikel in der Zeitschrift Medical Engineering and Physics veröffentlicht. ■

Mit freundlicher Genehmigung der Cleveland State University



Überblick über das Beinprothesensystem mit Angabe der Energie- und Informationswege.

Effizienz und Qualität der Daten-
Pipeline für das autonome Fahren

Angetrieben durch Daten

Eine optimale Lösung für die datengetriebene Entwicklung beim autonomen Fahren besteht aus einer vollständig integrierten Pipeline zur kontinuierlichen Funktionsentwicklung, basierend auf maschinellem Lernen. Im Entwicklungsprozess wartet jedoch eine Vielzahl von Engpässen wie Inkonsistenzen bei Formaten und Schnittstellen, die eine häufige Ursache für Projektverzögerungen sind. dSPACE stellt sicher, dass Sie Ihre Herausforderungen in der Daten-Pipeline mit den richtigen Technologien, Methoden und umfassendem Know-how erfolgreich meistern.

Der zuverlässige Betrieb eines autonomen Fahrzeugs ist aufgrund der unendlichen Komplexität der realen Welt und der Fahrzeugumgebung eine hochkomplexe Aufgabe. Herkömmliche Problemlösungsansätze, wie einfache logische Vergleiche in Form von „If-then-else“, reichen nicht aus.

Die Anzahl der Bedingungen ist grenzenlos. Die Entwickler müssen also einen völlig anderen Ansatz wählen, um diese Komplexität zu bewältigen. Dieser Ansatz konzentriert sich auf eine automatisierte Parametrisierung eines allgemeinen Modells anhand von Anwendungsfällen, anstatt das Problem hochgenau und vollständig durch handgeschriebenen Code zu lösen. Je mehr Daten eingespeist werden (Training), desto näher kommt das Parametrierungsergebnis dem erwarteten Ergebnis und desto sicherer wird das Fahrzeug. Dies ist ein relativ effizienter Weg, um ein autonomes Fahrzeug auf die Realität vorzubereiten, ohne vorher sein komplettes „Universum“ im Code definieren zu müssen – was unmöglich wäre. Daher wird dieser Entwicklungsprozess als datengetrieben oder datenzentriert anstelle von codezentriert bezeichnet. Für die Entwicklung bedeutet dies, dass sich die Prozesse an die Daten anpassen müssen, anstatt die Daten durch den bestehenden Prozess zu leiten. So werden die Daten, die Daten-Pipeline und die dazugehörigen Tools zum Mittelpunkt des Entwicklungsprozesses.

Erweiterte Datenaufzeichnung im Fahrzeug

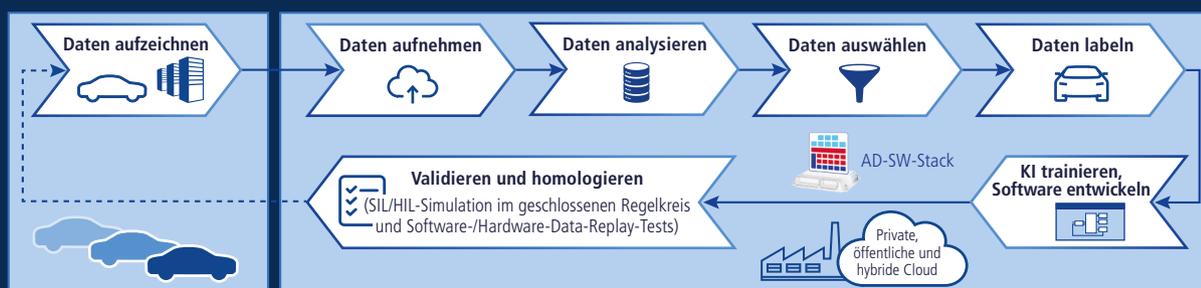
Der Ausgangspunkt der Daten-Pipeline ist das Fahrzeug. Es sammelt alle Daten, die dann im Prozess verwendet werden. Auf Fahrzeugebene sind die Datenquellen alle Sensoren, Busse und Netzwerke, die Informationen von fahrzeuginternen Sensoren und Steuergeräten übertragen. Das Fahrzeug und das Datenerfassungssystem sind auch der erste Ort, an dem viel bewirkt werden kann, um die Daten-Pipeline zu optimieren. Erstens müssen die bord-eigene Infrastruktur und die Architektur des Loggers selbst eine schnelle und verlustfreie Datenübertragung von den I/O-Schnittstellen zum Datenspeicher unterstützen. Zweitens werden nicht alle aufgezeichneten Daten benötigt. Nur ein kleiner Teil der Daten ist wirklich wertvoll und wird Auswirkungen haben. Warum also nicht schon in einem sehr frühen Stadium auf die überflüssigen Daten verzichten, um Speicherplatz und Zeit zu sparen? Demzufolge werden nur die wertvollen Daten erfasst und gespeichert, während die überflüssigen Daten gelöscht werden. Das bedeutet, dass wir ein technisch leistungsfähiges und flexibles Datenerfassungssystem brauchen, aber auch Funktionen zwischen Erfassung und Speicherung, die sicherstellen, dass nur die richtigen Daten gespeichert werden. Hier kommt die dSPACE Lösung für intelligente Datenerfassung ins Spiel. Sie besteht aus Hardware und Software für die Erfassung, Software

für die Datenaufnahme und -verwaltung sowie aus begleitenden Dienstleistungen. Ein zentraler Bestandteil dieser Lösung ist die AUTERA-Produktfamilie, die auf die Datenerfassung in anspruchsvollen ADAS/AD-Anwendungen zugeschnitten ist. Sie kann mit RTMaps, einer schlanken, aber leistungsfähigen Entwicklungs- und Protokollierungssoftware, und mit RTag, einer mobilen Tagging-Anwendung, kombiniert werden. dSPACE verfügt auch über die Technologie und das Know-how, um aufgezeichnete Datenmengen zu filtern und auf eine relevante Teilmenge zu reduzieren. Unsere Experten für künstliche Intelligenz helfen Ihnen gerne weiter. Auf Wunsch können dSPACE und seine Partner Sie auch mit einem speziellen Service für Fahrzeugausrüstung und Datenerfassung unterstützen.

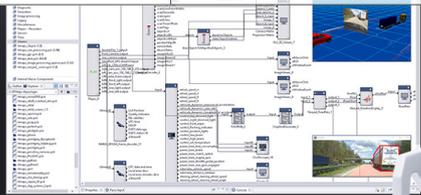
Datenaufnahme – Bereitstellung von Daten für die Entwickler

Die Datenaufnahme-Pipeline ist ein Teil der Daten-Pipeline, die dafür sorgt, dass die Daten schnell und in der richtigen Qualität vom Fahrzeug zu den Software- und Testingenieuren fließen. Dies ist die zweite Stufe der Daten-Pipeline, mit der wir die Effizienz und Qualität steigern. Selbst wenn die Daten bereits während der Aufzeichnung intelligent gefiltert wurden, besteht in der Regel noch Raum für eine Datenreduzierung. Kameradaten zum Beispiel sind besonders speicherintensiv. Durch den Einsatz von mehr Rechen-

leistung und Nicht-Echtzeit-Verarbeitung können die Daten weiter reduziert werden. Dies kann außerhalb des Fahrzeugs geschehen, wo mehr Energie zur Verfügung steht. Wenn die Daten im Fahrzeug noch nicht gefiltert wurden, muss dies bei der Datenaufnahme nachgeholt werden, um das Datenvolumen zu reduzieren. Die Effizienz kann nur verbessert werden, wenn alle nicht benötigten, beschädigten oder unvollständigen Daten nicht übernommen werden. Diese Daten würden Speicherplatz beanspruchen, ohne einen zusätzlichen Nutzen zu bringen. Wenn diese Qualitätsprüfung nicht im Fahrzeug durchgeführt wird, ist die Aufnahme-Pipeline eine weitere Pipeline-Stufe, in der sie implementiert werden kann, um den erforderlichen Speicherplatz zu minimieren und damit Kosten zu sparen. Die Qualitätsprüfung umfasst unter anderem Formatprüfungen, Fehlerprüfungen und Konsistenzprüfungen. Eine weitere Datenreduzierung kann durch das Verständnis des Inhalts der Daten erreicht werden. Daher finden die Verarbeitung der Daten und die Extraktion bestimmter Metainformationen ebenfalls in der Aufnahme-Pipeline statt. Sie ermöglicht nicht nur die Filterung und Datenreduzierung, sondern verbessert auch die Suche und die Datenorganisation. Die Erzeugung von Karten- und Sensorvorschaun ermöglicht die Visualisierung und beschleunigt die Reaktionszeit beim Datenzugriff. Die Vorschaun können automatisch anonym- >>



Die Daten-Pipeline und der Zyklus der datengetriebenen Entwicklung (vereinfachte Darstellung).



Mit der dSPACE AUTERA-Hardware können Sie selbst höchste Anforderungen an die Datenerfassung erfüllen. Als leistungsstarke und dennoch einfach zu bedienende Datenerfassungssoftware bietet RTMaps flexible Konfigurationsmöglichkeiten.

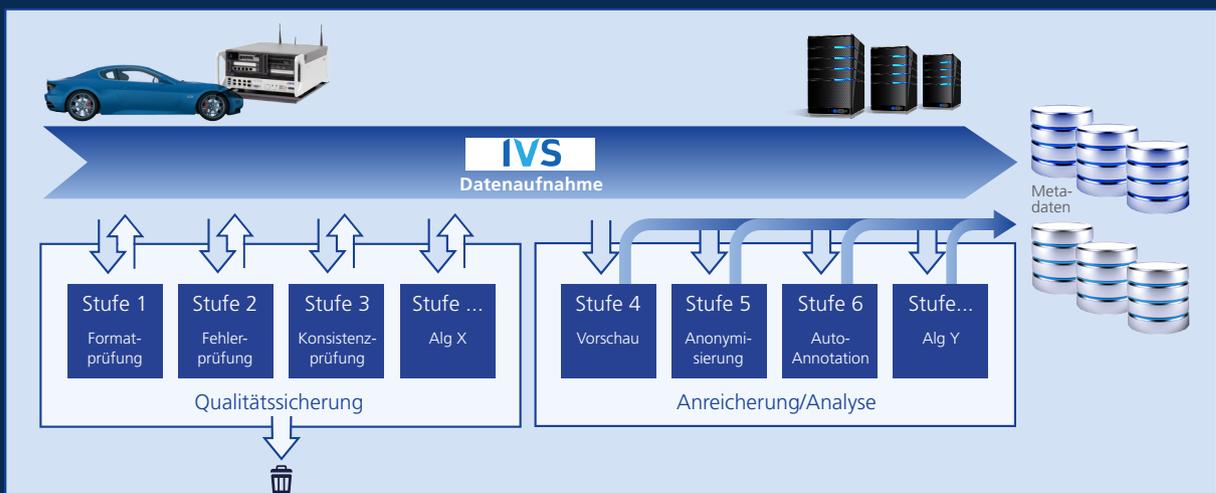
misiert werden, um auch den DSGVO-Vorschriften zu entsprechen. dSPACE bietet eine umfassende Lösung für die Datenaufnahme. Die AUTERA Upload Station mit ihrer hohen Bandbreite und den während des Betriebs austauschbaren AUTERA-SSDs sorgt für einen schnellen Daten-Upload. IVS von Intempora integriert native Übertragungsprotokolle und das Gerüst zum Anbinden kundenspezifischer Verarbeitungsmodule für die Datenaufnahme. Standardmäßig sind Qualitätsprüfungen, Redundanzreduzierung, Vorschaugenerierung und Tagging-Module enthalten. Die Annotation Services von understand.ai, einem Unternehmen der dSPACE Gruppe, helfen Ihnen, ausgewählte Daten schnell und in höchster Qualität zu labeln, auch bei sehr großen Datenmengen. Und schließlich entfernt der UAI Anonymizer als Identitätsschutz-Anonymisierer mehr als 99 % aller identifizierbaren Gesichter und Nummernschilder

und ist von vornherein DSGVO-, APPI-, CSL- und CCPA-konform.

Testen: Sicherheit geht vor

Autonome Fahrzeuge müssen in allen erdenklichen und unvorstellbaren Verkehrssituationen einwandfrei funktionieren. Das automatisierte Testen spielt eine besonders wichtige Rolle, da nur einem vollständig getesteten Fahrzeug mit vollständig getesteter Software auf der Straße vertraut werden kann. Je nach Entwicklungsstadium gibt es eine Vielzahl von Testmethoden. dSPACE Produkte bieten Lösungen, um diese Methoden reibungslos in den gesamten Test- und Homologationsprozess für jede Plattform und jedes neue Fahrzeugmodell zu integrieren und anzuwenden. Data-Replay-Tests (auch: Re-processing), bei denen aufgezeichnete Sensor- und Busdaten an ein zu testendes System weitergegeben und dessen Ergebnisse mit den tatsächlichen Daten verglichen werden, haben sich als wich-

tige Test- und Validierungsmethode für ADAS/AD etabliert. Eine solche Testmethodik bietet eine effiziente und kostengünstige Möglichkeit, das Verhalten autonomer Fahrzeuge mit Daten aus realen Fahrsituationen zu analysieren, was der Schlüssel für eine umfassende Sicherheitsbewertung des Fahrzeugs ist. Der Datenzugriff und das synchrone Streaming sind entscheidende Aspekte für die Datenwiedergabe, was sie zu einem Hauptbestandteil der datengetriebenen Entwicklungspipeline macht. Die Methodik kann als reiner Software (SW)-Data-Replay-Test zu Beginn des Entwicklungsprozesses oder als Hardware (HW)-Data-Replay-Test zu einem späteren Zeitpunkt nach der Systemintegration angewendet werden. Die Software-Wiedergabe von Daten unterliegt in der Regel keinen Echtzeitbeschränkungen und kann schneller als in Echtzeit ablaufen, um schnelle Genauigkeitsprüfungen zu ermöglichen. Außerdem kann sie durchgeführt werden, lange bevor ein Hardware-Prototyp verfügbar ist. Bei der Hardware-Datenwiedergabe hingegen wird ein zentraler Computer oder ein Sensorsteuergerät eingesetzt, verbunden mit dem Testsystem und gespeist mit aufgezeichneten synthetischen oder realen Daten. Dies ermöglicht es, die Hardware, die elektrischen Schnittstellen und die Software unter Bedingungen



Die Datenaufnahme-Pipeline sorgt dafür, dass die Entwickler qualitativ hochwertige, angereicherte und – optional – anonymisierte Daten erhalten.

zu testen, die denen im Straßenverkehr am nächsten kommen. Data-Replay-Tests können durch die Einspeisung von Fehlern und die Manipulation der Datenströme weiter verbessert werden. Immer häufiger werden Cloud-Services für Data-Replay-Tests eingesetzt. dSPACE und seine Partner bieten hervorragende Data-Replay-Lösungen auf Basis von Public-Cloud-, On-Premise- und Hybrid-Cloud-Infrastrukturen an. Das dSPACE Portfolio für Data-Replay-Tests umfasst eine Vielzahl von Werkzeugen, um Ihre Anforderungen optimal zu erfüllen, darunter SCALEXIO, das modulare Echtzeitsystem mit präzisen Bus- und Netzwerkschnittstellen; die Environment Sensor Interface (ESI) Unit, das leistungsstarke FPGA-Board für Sensorschnittstellen; VEOS, der Offline-Simulator für (virtuelle) Steuergeräte-Simulationen; und RTMaps, die hochmoderne Software zum Parsen und Streamen von Daten. Darüber hinaus gibt es IVS, die Datenmanagement-Software für den einfachen Zugriff auf die relevanten aufgezeichneten Datensätze. All diese Tools sind integriert, um vollständig automatisierte Testlösungen zu ermöglichen, mit denen Sie rund um die Uhr kontinuierliche Tests mit Tausenden von gefahrenen und künstlichen Kilometern durchführen können.

Erweiterung des Datenpools

Eine Herausforderung besteht darin, autonome Fahrzeuge nicht nur auf Situationen vorzubereiten, die bereits durch aufgezeichnete Daten abgedeckt sind, sondern sie auch mit völlig neuen und unbekanntem Szenarien zu konfrontieren, für die es überhaupt keine realen Daten gibt. Dies ist besonders wichtig für das Testen von Grenzfällen, die in der Realität unmöglich oder zu riskant zu testen sind. Künstlich erzeugte Daten werden deshalb zur Erweiterung eines Testdatensatzes verwendet. Die Verkehrsszenarien und -umgebungen können entweder von Grund auf neu erstellt werden oder durch Synthese einer realen Verkehrssituation und Manipulation ihrer Parameter. Eine zweite Methode zur Erweiterung des Testdatensatzes besteht darin, aufgezeichnete Daten so zu manipulieren, dass synthetische Verkehrsteilnehmer mit realistischem Verhalten den realen Daten zugemischt werden. dSPACE Produkte unterstützen bereits die Manipulation realer Szenarien, insbesondere die von dSPACE und understand.ai entwickelte Lösung zur Szenariogenerierung. Mit dieser können Sie Aufzeichnungen von realen Testfahrten in die Simulation übertragen und Tausende von Tests sicherheitskritischer und realistischer Fahrzenarien mit spezieller Hardware und

Software komfortabel als Simulation durchführen. Diese Szenarien können künstlich verändert und erweitert werden, was bei szenariobasierten Tests, bei denen eine große Anzahl von Szenarien ausgeführt werden muss, sehr nützlich ist. Die dSPACE Lösung für sensorrealistische Simulation, AURELION, ist ein neues, leistungsstarkes Werkzeug nicht nur für das Klonen, sondern auch für die Manipulation der Realität in der Simulation. dSPACE bietet zudem Methoden zur Erzeugung künstlicher Trainingsdaten, die die Entwicklungskosten drastisch senken.

Durchgängiger Datenfluss

Wie oben gezeigt, unterstützen dSPACE, seine Konzernunternehmen und Partner die gesamte Daten-Pipeline mit nahtlos integrierten Werkzeugen und sorgen so für einen reibungslosen Datenfluss. Mit Werkzeugen und Know-how von dSPACE können Sie Ihre Daten-Pipeline auch in kritischen Phasen Ihrer Entwicklungsprojekte am Laufen halten. ■

Möchten Sie sich mit einem unserer Experten unterhalten?
Kontaktieren Sie uns: info@dSPACE.de

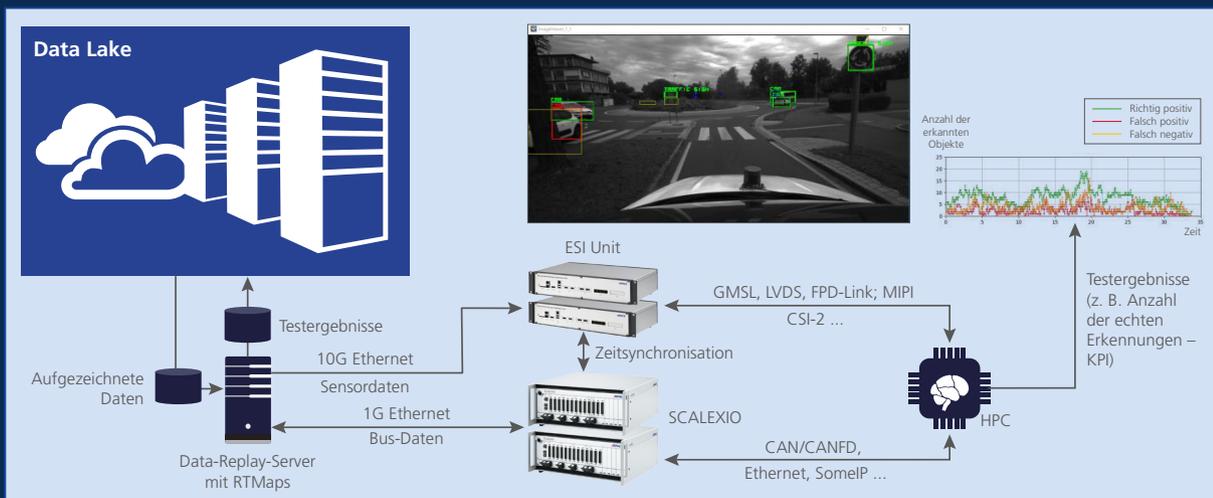
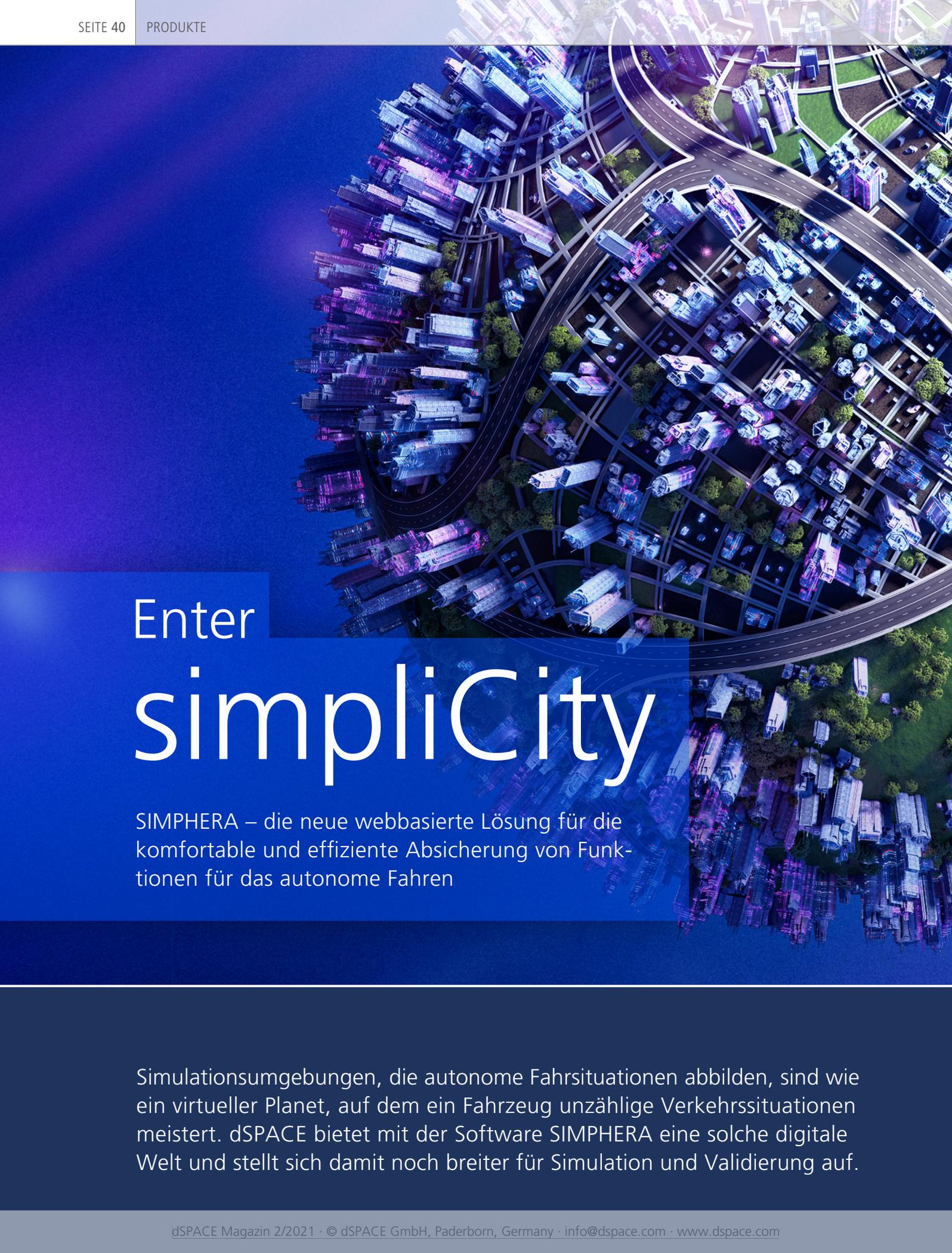


Abbildung 4: Data-Replay-Tests in einem Datenzentrum.



Enter simplicity

SIMPHERA – die neue webbasierte Lösung für die komfortable und effiziente Absicherung von Funktionen für das autonome Fahren

Simulationsumgebungen, die autonome Fahrsituationen abbilden, sind wie ein virtueller Planet, auf dem ein Fahrzeug unzählige Verkehrssituationen meistert. dSPACE bietet mit der Software SIMPHERA eine solche digitale Welt und stellt sich damit noch breiter für Simulation und Validierung auf.



Es ist Dienstagmorgen. Die Funktionsentwicklerin Belle Fisher startet ihren Computer und greift per Webbrowser auf die Simulationsumgebung ihres Unternehmens zu. In der Simulationsumgebung findet sie das geplante neue Testszenario, das ihr Kollege Yang Yu aus China bereits vorbereitet hat. Das Szenario ist optimal für die Evaluierung des Algorithmus für hochautomatisiertes Fahren geeignet, an dem sie und ihr Team derzeit arbeiten. Daher integriert sie es in ihre Simulation, testet damit den Algorithmus und optimiert ihn aufgrund der Erkenntnisse aus der automatisierten Validierung. Als Ergebnis steht eine abgesicherte neue Version des Algorithmus zur Verfügung.

Später am Tag integriert der Sensorspezialist Roni Cohen aus Israel das Modell eines neuen Radarsensors in die Simulationsumgebung. Der Sensor wurde aufgrund der Herstellerangaben als Alternative gewählt, um das Verhalten der Fahrsteuerung in bestimmten Grenzsituationen (Corner Cases) zu verbessern. Sofort kann Belle ihr virtuelles Testfahrzeug mit dem Sensormodell ausstatten und die relevanten Corner Cases als Testfälle auswählen, um per Simulation zu überprüfen, ob die gewünschte Verbesserung erreicht wurde.

Das Ergebnis überzeugt.

Beim Teammeeting am nächsten Morgen bittet der Projektleiter der Fahrsteuer- >>





SIMPHERA bietet als webbasierte Lösung flexible Nutzerzugänge und spannende Technologien.

rung darum, mit einem Integrations-test das Verhalten des Fahrzeugs samt den neuen Sensoren zu überprüfen. Dazu startet Belle eine Simulation mit über 1.000 Testfällen, die per automatischer Parametervariation erzeugt werden. Dank Multiinstanz-Simulation in der Cloud stehen dem Entwicklungsteam die Resultate schon nach der Mittagspause zur Verfügung. Diese lassen sich nun mit den Ergebnissen vorangegangener Simulationen vergleichen, um Änderungen ausfindig zu machen.

Mit den erzielten Verbesserungen werden die zuvor definierten Anforderungen an die Fahrsteuerung erreicht. Eine frisch validierte Version der Fahrsteuerung steht zur Verfügung. Nach der erfolgreichen Validierung mittels Software-in-the-Loop (SIL) Testmethodik möchte das Team den nächsten Validierungsschritt angehen und herausfinden, wie sich die Fahrsteuerung unter Echtzeitbedin-

gungen und mit realer Hardware verhält. Dazu arbeitet es mit einem Dienstleister zusammen, der die Software auf dem parallel entwickelten Steuergerät implementiert. Für die Tests des Steuergeräts unter Echtzeitbedingungen nutzt der Dienstleister dieselbe Simulationsumgebung und greift auf dieselben Testsuiten des Entwicklerteams zu, aus denen er geeignete Testszenarien wählt. Für die Testausführung wählt er in SIMPHERA einen Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulator als Testplattform aus. Diese Durchgängigkeit mit direkt wiederverwendbaren Testartefakten ermöglicht einen effizienten und zuverlässigen Validierungsprozess. **Wenn Sie einen oder alle skizzierten Fälle spannend finden, dann ist unsere neue cloud-basierte Lösung für die Simulation und Validierung genau das Richtige für Sie. Lesen Sie weiter und erfahren Sie, was SIMPHERA für Ihre Aufgaben bietet.**

Was ist SIMPHERA?

Kurz gesagt, eine komplett neu konzipierte und webbasierte Software-Lösung in der **Cloud**, um Anwendungen für das autonome Fahren zu simulieren und zu validieren. SIMPHERA ist konsequent darauf ausgelegt, Ihre Innovationen für das autonome Fahren schneller auf die Straße zu bringen. Dazu macht es diese frühzeitig erfahrbar, analysierbar und in ihrer Komplexität beherrschbar. Dies gelingt, indem es leistungsfähige Funktionen wie Fahrdynamik- und Verkehrssimulationen auf einfache Weise bereithält, um autonome Fahrzeuge zu virtualisieren und beispielsweise neue Algorithmen für die Fahrsteuerung in einer virtuellen Welt – simpliCity – zu erproben. Für diese Erprobung können Entwickler mit einem virtuellen Fahrzeug in einer virtuellen Umgebung reproduzierbare, deterministische Testfahrten durchführen. Fahrzeug, Umgebung

SIL

HIL



„SIMPHERA ist wohldurchdacht. Es gibt nichts Vergleichbares auf dem Markt.“

Meinung eines deutschen OEM

und die Tests – im Kontext Verkehrsszenarien genannt – lassen sich frei definieren bzw. importieren. Die virtuelle Welt von simpliCity ist so vielseitig, dass sich beliebige Grenzfälle (Corner Cases) abbilden lassen und somit eine breite Testabdeckung gewährleistet ist. Deren einfache Parametrierbarkeit erzeugt neue Varianten, um die Testtiefe zu erhöhen. Im Anschluss an die Simulation erhalten die Anwender eine detaillierte und aufschlussreiche Analyse der Fahrzeugführung. So lässt sich beispielsweise ermitteln, bei welchen Geschwindigkeiten eine Notbremsung zur Kollision führt.

Drei Pfeiler für mehr Effizienz

SIMPHERA ermöglicht die einfache Erstellung, Durchführung und Auswertung von hochrealistischen, deterministischen Simulationen auf intuitive Weise. Die Benutzeroberfläche von SIMPHERA bietet dafür eine rollenbasierte Benutzerführung:



- **Prepare:** Fahrzeuge definieren, Szenarien anlegen und die zu testenden Funktionen verwalten
- **Simulate:** Interaktive Simulation des Fahrzeugs mit ausgewählten Szenarien und der zu testenden Fahrfunktion
- **Validate:** Testsuiten anlegen und via Parametervariationen große Mengen an konkreten Testfällen ausführen sowie deren Ergebnisse analysieren

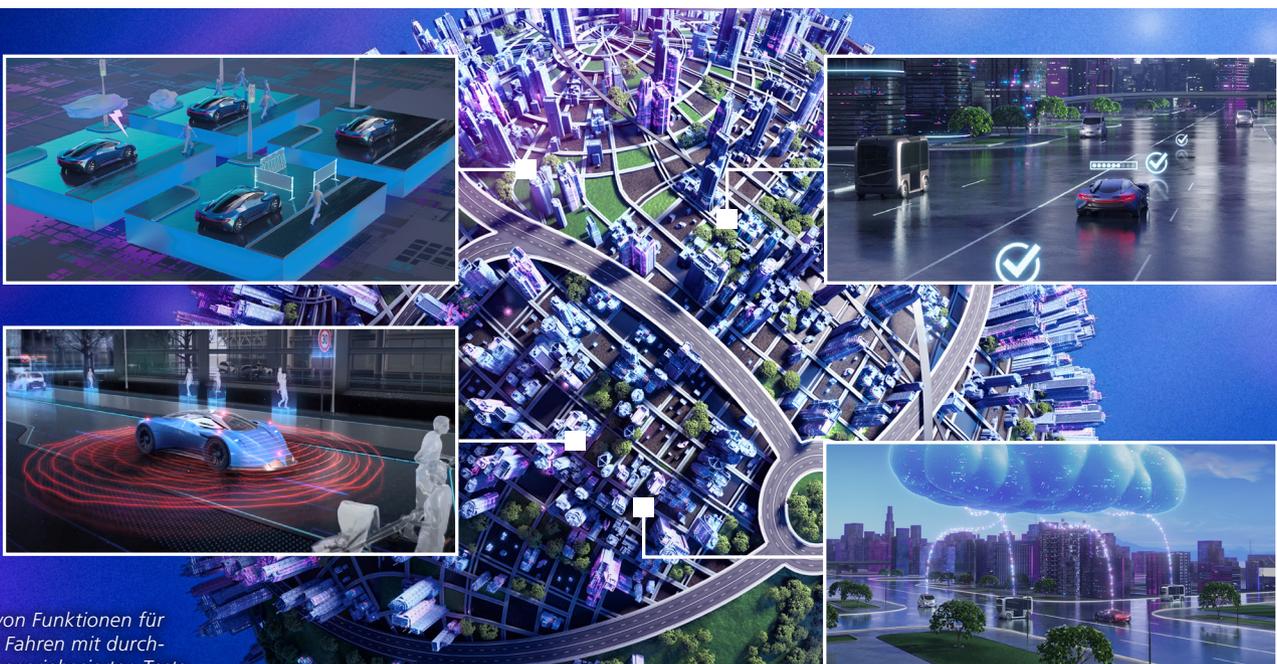
Dieses strukturierte Vorgehen ermöglicht einen geführten Workflow, der Fehler vermeidet und die Effizienz erhöht. Hinzu kommt, dass in der hochintegrierten Lösung durchgängig mit derselben Datenbasis gearbeitet wird, so dass beim Wechseln

Immer im Zugriff für eine globale kollaborative Nutzung

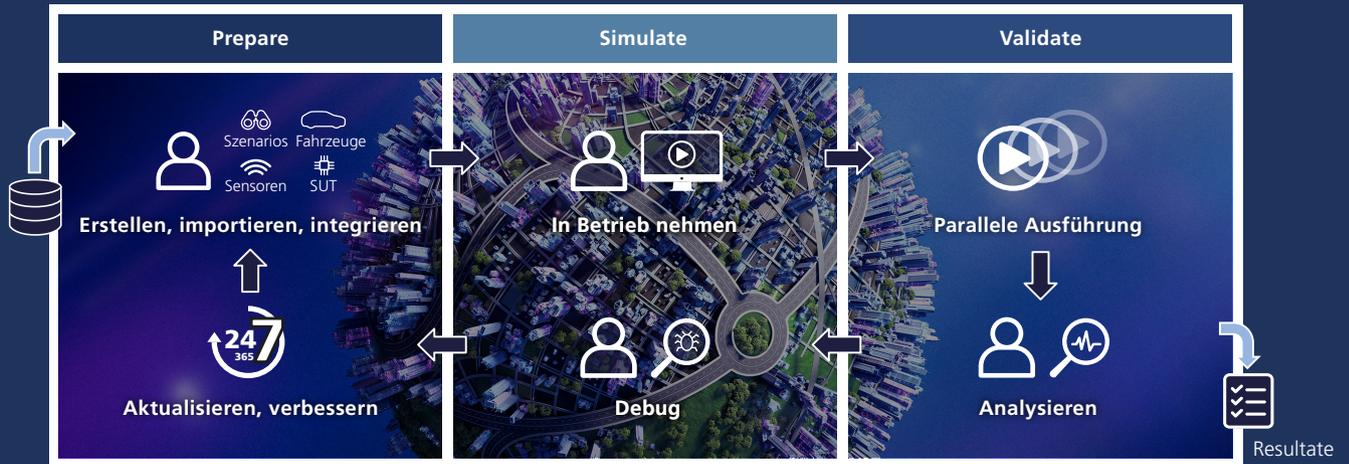
zwischen den Bereichen keine „Reibungsverluste“ entstehen. Sie ist außerdem transparent und bietet allen Beteiligten Einblick in die jeweiligen Arbeitsprodukte.

Immer im Zugriff: Weltweite kollaborative Nutzung

SIMPHERA ist da, wo die Anwender und die IT-Infrastruktur sind: als web-basierte Lösung in der Cloud oder auf dem Server-Cluster Ihres Unternehmens, und so immer im direkten Zugriff. Für jeden Anwender passend und damit ideal für den weltweiten gemeinsamen Einsatz. Und das sofort ohne langwierige Installationen für den Nutzer, sondern mit der Lizenz zum Loslegen. So lassen sich dezentrale Teams aufbauen und effiziente >>



Absichern von Funktionen für autonomes Fahren mit durchgängigen szenariobasierten Tests



Mit einem durchgängigen Workflow unterstützt SIMPHERA die effiziente End-to-End-Absicherung.

Skalierbare Tests in der Cloud für schnellere Ergebnisse und eine breite Abdeckung

Abläufe sowie eine **kollaborative Nutzung** realisieren.

Szenariobasiertes Testen

Szenariobasiertes Testen bedeutet, dass bestimmte Fahrsituationen automatisch generiert werden können, in denen die Fahrfunktion durch besondere Verkehrskonstellationen oder sich ungewöhnlich verhaltende Verkehrsteilnehmer an ihre Grenzen gebracht wird. Diese Situationen wer-

den in der virtuellen Testumgebung nachgebildet und können immer wieder gefahrlos zum Testen der Fahrfunktion genutzt werden.

Werden diese Szenarien dann auch noch abstrahiert und damit parametrisierbar gemacht, kann aus dem einen „logischen“ Szenario durch Variation dieser Parameter eine Vielzahl „konkreter“ Szenarien erzeugt werden, um die Testabdeckung weiter zu erhöhen.

SIMPHERA verfügt über eine Bibliothek mit relevanten Fahrsituationen (EuroNCAP, ALKS etc.) und kann beliebig erweitert werden.

Skalierbare Tests in der Cloud

Oft explodiert die Menge der Tests, die durchgeführt werden müssen,

um sicherzustellen, dass die entwickelten Fahrfunktionen in jeder Situation, die auf der Straße auftreten kann, sicher funktionieren.

Auch wenn die Anzahl der Testfälle und Varianten gegen unendlich geht, ist bei SIMPHERA noch lange nicht Schluss. So können Tests beispielsweise durch parallele Ausführung in der Cloud **skaliert** werden. Die Zeitplanung von Projekten läuft auch dann nicht aus dem Ruder, wenn sich Aufwände für Testabdeckung und Testtiefe erhöhen.

Mit SIMPHERA sind Qualität und Vollständigkeit der Absicherung immer gewährleistet, und damit die Zuverlässigkeit der Algorithmen und letztendlich die Sicherheit der Fahrzeuge.



Vorteile von SIMPHERA



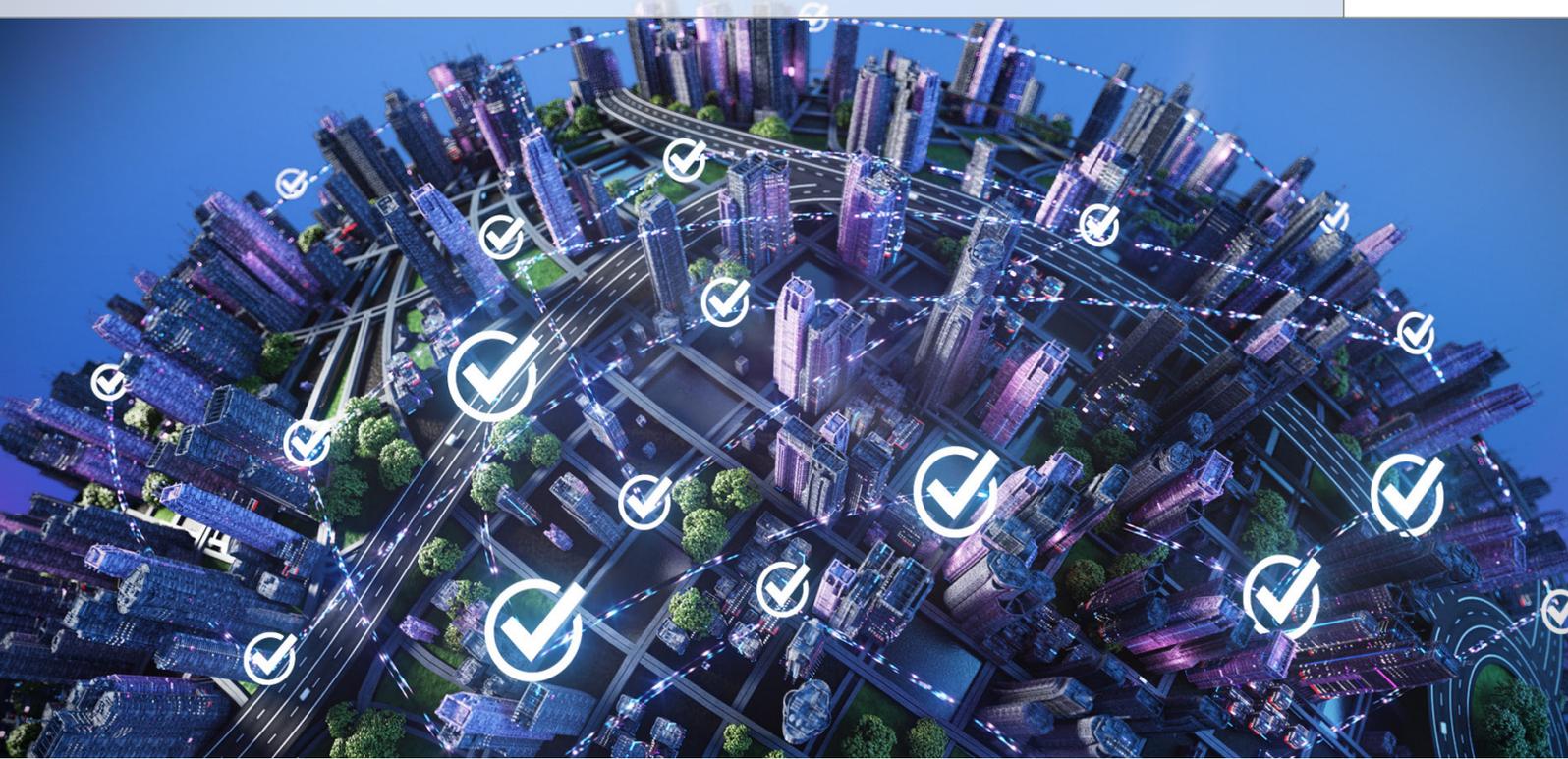
Plattformunabhängigkeit – Breiter Einsatz



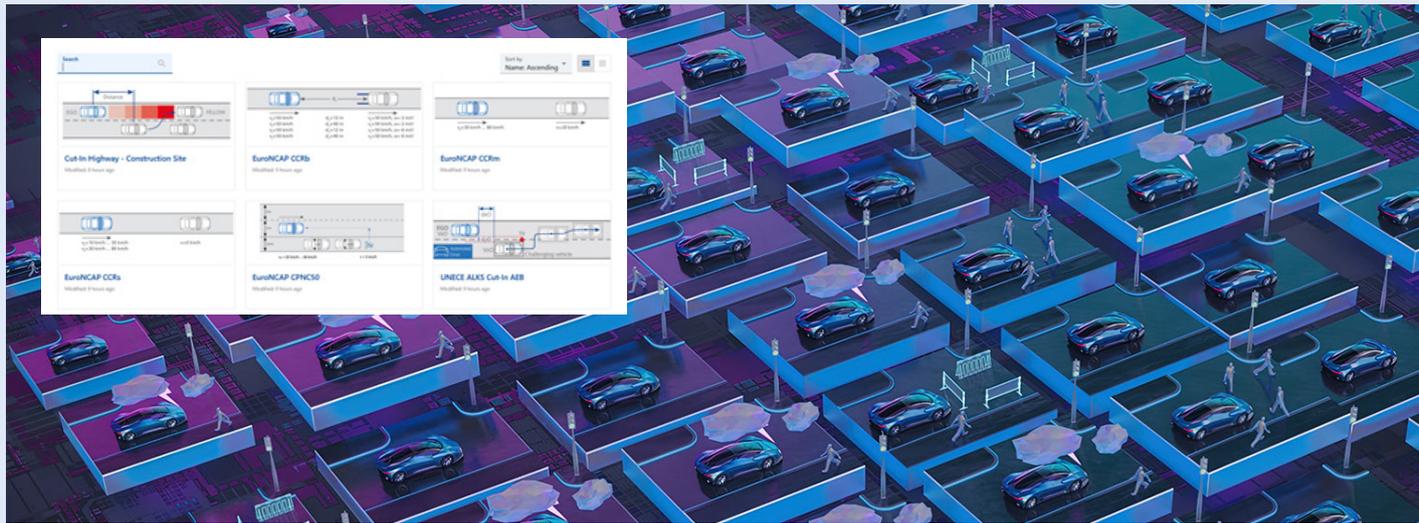
Schneller Zugriff – Zeit und Kosten sparen



Weltweite Nutzung – Kollaboratives Arbeiten



Durch einfache webbasierte Zugänge ist SIMPERA ideal für die dezentrale Entwicklung geeignet.



Basis für die Simulation sind synthetisch definierte oder importierte Testszenarien, die aus realen Sensordaten generiert wurden.



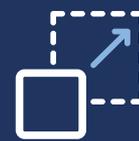
**Geführter
Arbeitsablauf –**
Schnelleres Einarbeiten



**Benutzerfreund-
lichkeit –**
Breitere Akzeptanz



**Einfacher SIL/HIL-
Übergang –**
Effizienterer Prozess



Skalierbarkeit –
Bessere Testabdeckung



Skalierbare Tests in der Cloud für schnellere Ergebnisse und eine breite Abdeckung.

„SIMPHERA ist ein sehr komplettes Werkzeug.“

Meinung eines japanischen OEM

Automatische Erstellung, Durchführung und Auswertung von Tests in der Cloud

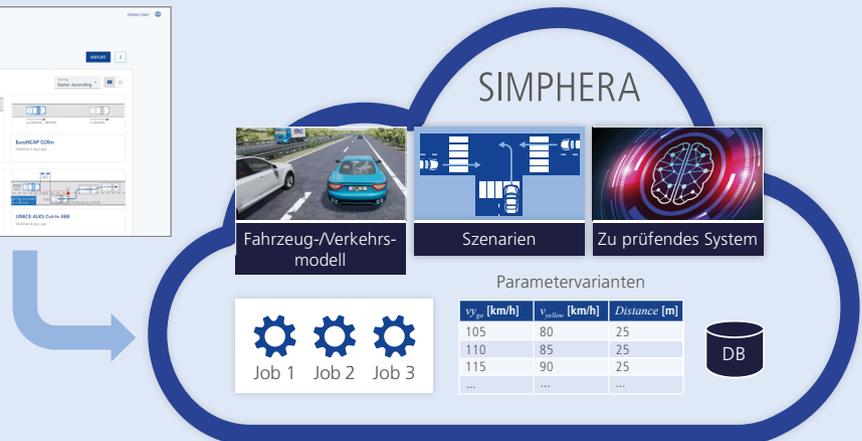
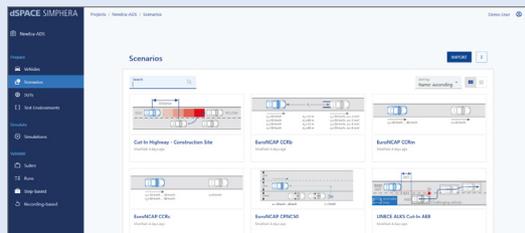
Einmal administriert, bleibt das Vorgehen einfach, so dass auch nicht Cloud-affine Funktionsentwickler SIMPHERA immer für schnelle Tests ihrer Algorithmen nutzen können. Das Orchestrieren der einzelnen Linux-Docker läuft automatisch im Hintergrund via Kuberne-

tes (System zur Automatisierung der Bereitstellung, Skalierung und Verwaltung von Container-Anwendungen). Danach werden die einzelnen Simulationsjobs automatisch den Ausführungsknoten zugewiesen. Der Anwender muss sich darum nicht kümmern. Sind die Jobs abgearbeitet, stehen die Ergebnisse anschaulich aufbereitet in SIMPHERA zur Verfügung.

Nahtlose Tests auf SIL- und HIL-Plattformen

Die Absicherung von Steuergeräte-Software reicht von frühen Software-in-the-Loop (SIL)-Tests bis hin zu Hardware-in-the-Loop (HIL)-Tests, bei denen das Verhalten der Steuergeräte und Fahrzeuge unter Echtzeitbedingungen geprüft und validiert wird. SIMPHERA ermöglicht den Zugang zu beiden Testplattformen. Daraus leitet sich ein elementarer Nutzen ab: Die Wiederverwendung von Testartefakten für SIL und HIL – ohne Konvertierung zwischen unterschiedlichen Plattformen. Das reduziert Fehler und spart Zeit und

Hat der Anwender eine Cloud-Plattform gewählt, kümmert sich SIMPHERA vollständig um die Testausführung in der Cloud.





End-to-End-Lösung für die Simulation und Validierung: SIL- und HIL-Tests mit wiederverwendbaren Modellen, Szenarien, Tests und Schnittstellen.

Kosten. Es ist ebenfalls eine elementare Voraussetzung für die Rückverfolgbarkeit und Homologation. Nicht zuletzt erhöht der Einsatz einer durchgängigen Umgebung für alle Validierungsaktivitäten die Entwicklungseffizienz. Damit ist SIMPHERA eine **End-to-End-Lösung** für die Simulation und Validierung von Steuergeräte-Software und Steuergeräten.

Vollständiges, offenes Framework für maximale Testabdeckung

Die Philosophie von SIMPHERA ist es, eine abdeckungsorientierte Validierung mit messbarer Sicherheit zu gewähr-

leisten. Dafür bietet es die notwendigen Features wie Massenabsicherungen und Robustheitsprüfungen. Die industriierprobten Technologien in SIMPHERA, wie die validierten Simulationsmodelle und etablierten Simulationsplattformen, bieten ein hohes Maß an Zuverlässigkeit, gerade auch in Bezug auf die Absicherung der funktionalen Sicherheit der zu testenden Software. SIMPHERA ist aber auch nach offenen Web-Standards konzipiert, um beispielsweise Drittanbieterkomponenten anzubinden. Maßgebliche Schnittstelle dafür ist die Representational State Transfer (REST)-API,

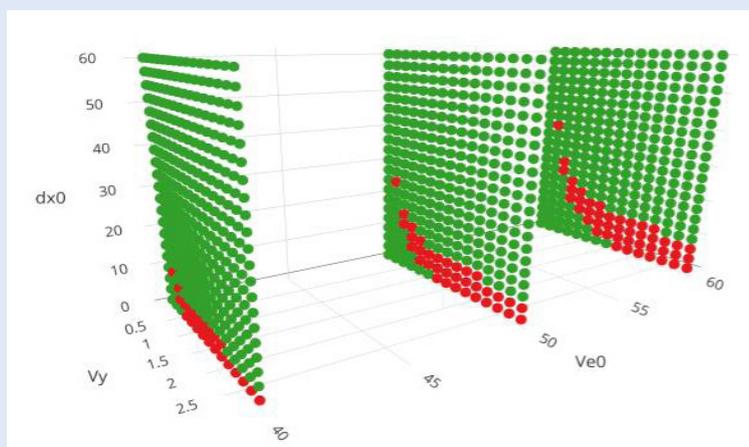
Durchgängige SIL/HIL-Tests – eine elementare Voraussetzung für einfache Rückverfolgbarkeit und Homologation

den Zugriff auf alle Daten innerhalb von SIMPHERA ermöglicht.

SIMPHERA – Die nächsten Schritte

Die Entwicklung von SIMPHERA wird in enger Kooperation mit Pilotkunden vorangetrieben. Dadurch ist sichergestellt, dass es genau über die Features verfügt, die in der Industrie bei der Absicherung von Funktionen für Fahrerassistenzsysteme und autonomes Fahren dringend benötigt werden. Die Agenda für weitere Funktionen ist schon gefüllt. Zu den nächsten Themen gehören die tiefe Integration der sensorrealistischen Simulation sowie die Ergänzung um weitere Testmethoden. dSPACE lädt Sie gerne ein, die agile Entwicklung von SIMPHERA als Kunde entscheidend mitzugestalten, um Ihre Anforderungen und Wünsche ideal abzudecken. ■

Testreports veranschaulichen die Simulationsergebnisse.



Sprechen Sie uns an:
simpher@dSPACE.com

dSPACE

Am Puls der Zeit

Neue Landesgesellschaft
in Südkorea



dSPACE hat im Juni eine eigene Landesgesellschaft in Südkorea gegründet. Im Interview erklärt Martin Wöhrle als Leiter der Landesgesellschaft, warum die direkte Präsenz vor Ort so wichtig ist, was ihn mit Korea verbindet und wie der Start gelungen ist.

dSPACE ist seit Langem in Korea über Partner präsent. Warum erfolgte nun die Gründung einer eigenen Gesellschaft?

Ganz einfach, weil Südkorea weltweit einer der bedeutendsten Märkte im Bereich Mobilität und Automotive ist. Die koreanischen Unternehmen legen eine unglaubliche Innovationsgeschwindigkeit vor. Da müssen wir als führender Partner für Simulation und Validie-

rung am Puls der Zeit sein. Mit der neuen Gesellschaft mit Sitz in Seoul bringen wir unser Know-how als Partner für Simulation und Validierung nun direkt an unsere Kunden heran und unterstützen den dynamischen Wandel mit Lösungen für das autonome Fahren, die Elektromobilität und die Digitalisierung.

Wie etabliert sind Lösungen von

dSPACE im koreanischen Markt?

Die Marke dSPACE ist bekannt und hat bereits eine gute Reputation. Unsere Testlösungen werden in Südkorea seit mehr als zwei Jahrzehnten von Distributionspartnern vertrieben und erfolgreich in der Fahrzeugentwicklung eingesetzt. Immer komplexere Anforderungen machen nun eine direkte Betreuung erforderlich, um auf den koreanischen Markt zugeschnit-



tene Lösungen schnell bereitstellen zu können. Dafür wird dSPACE Korea Co. Ltd. auch Engineering- und Consulting-Leistungen sowie Training und Support anbieten. Basierend auf existierenden Kundenbeziehungen, aber auch auf Basis neuer strategischer Partnerschaften werden wir den koreanischen Markt systematisch erschließen und unterstützen können.

Du hast die Leitung von dSPACE Korea übernommen. Was bringt Dich nach Korea, und was zu dSPACE?

Ich lebe seit 2015 in Korea. Die ersten drei Jahre habe ich für BMW den fünften internationalen R&D-Standort im Konzern aufgebaut und geleitet. Korea

ist eines der innovativsten Länder und bietet technologisch gesehen enormes Potenzial. Das Land hat mich und meine Familie fasziniert, und so sind wir geblieben, als von Hyundai das Angebot kam, eine Strategie für Zukunftstechnologien zu entwickeln und die organisatorischen Voraussetzungen für den Zugang zu globalen Top-Technologien für die Hyundai Motor Group zu ermöglichen. Als sich der Kontakt mit dSPACE im Frühjahr ergab, kamen mir spontan gute Erinnerungen in den Sinn. Ich hatte schon vor rund 15 Jahren bei BMW in München die modellbasierte Software-Entwicklung mit entsprechenden Modellierungsrichtlinien und einer Toolketten-Qualifizierung eingeführt. Wir nutzten damals erfolgreich TargetLink in Kombination mit MATLAB®/ Simulink®, um in der Fahrwerkentwicklung für ein ASIL-C-Steuergerät Seriencode zu generieren. Aber zurück ins Hier und Heute: Der Neuaufbau einer Landesgesellschaft für einen Technologieführer ist natürlich eine spannende Herausforderung, die ich gern angenommen habe.

Neben Dir ist auch das Team neu, viele sind aber vertraut mit den dSPACE Lösungen. Erleichtert das den Start?

Wir haben 20 Sales- und Engineering-Experten von unserem langjährigen Distributor übernommen. Das hat an vielen Stellen einen einfacheren Übergang ermöglicht. So konnten wir Kundenbeziehungen und technisches Know-how in unsere neue Vertriebsgesellschaft migrieren. Damit sind wir vom Start weg produktiv und bieten Kunden einen nahtlosen Transfer. In der Zwischenzeit haben wir zehn weitere Mitarbeiter eingestellt und bereits Planungen für die Entsendung von Spezialisten als Expats aufgenommen.

Was steht jetzt bei dSPACE Korea ganz oben auf der Agenda?

Korea treibt aktuell mit massiven Sub-



Martin Wöhrle ist CEO von dSPACE Korea.

ventionsprogrammen in den Bereichen Digitalisierung, Elektrifizierung und Automatisierung der Mobilität den technologischen Wandel voran. Unsere neuen Produkte passen hervorragend, um den koreanischen Start-ups, aber auch den etablierten Unternehmen „Schützenhilfe“ zu geben. Wir sind dabei, eine lokale Marktstrategie zu entwickeln, mit der wir mit Unterstützung des Stammsitzes ein kundenorientiertes und marktspezifisches Portfolio aufstellen. Parallel dazu arbeiten wir am Ausbau unseres Netzwerks.

In welchen Bereichen können dSPACE Kunden in Korea besonders auf Unterstützung zählen?

Ich sehe im Wesentlichen die Bereiche Elektromobilität und automatisiertes Fahren als Fokusbereich in Korea. Unsere Kunden setzen vermehrt auf Digitalisierung und Virtualisierung, um global wettbewerbsfähig zu bleiben. Mit unseren professionellen Lösungen, Engineering-Leistungen und Services für alle Entwicklungsphasen bieten wir unseren koreanischen Kunden den entscheidenden Mehrwert.

Vielen Dank für das Interview.

Kraftvoller Antrieb

Ein Elektromotorkonzept bricht mehrere Weltrekorde

Wie treibt man die Elektromobilität weiter voran? Ein Forschungsteam hat einen Induktionsmotor entwickelt, der leichter, effizienter und sicherer ist als ein herkömmlicher Wechselstrom-Elektromotor und dennoch stark genug, um ein großes Passagierflugzeug anzutreiben.

Ein Forschungsteam um Dr. Codrin-Gruie Cantemir an der Ohio State University nahm die Herausforderung an, ein Konzept für einen neuartigen 10-Megawatt-Ringmotor zu entwickeln. Dieses soll hybride elektrische Antriebssysteme in Bezug auf Leistungsfähigkeit, Kraftstoff- und Energieeinsparungen auf ein neues Niveau heben. Das Konzept entstand nach dem Erhalt eines NASA-Forschungsstipendiums für die Ent-

wicklung einer elektrischen Maschine, die fünfmal leichter und effizienter als jeder andere Motor in der Produktion sein sollte, aber auch über ein Antriebssystem verfügen würde, das stark genug ist, um ein großes Flugzeug zu transportieren.

Die Konstruktion des Elektromotors zeichnet sich durch eine einzigartige abgestimmte Spule mit Wicklungen mit variablem Querschnitt aus, die einen direkten Kontakt zwischen den

Spulen und dem Kühlmittel herstellt. Dies ermöglicht die Erzeugung eines Stator magnetfeldes bei hohen Frequenzen, während gleichzeitig die spezifischen Hochfrequenzverluste in festen Leitern auf ein Minimum reduziert werden. Die Asynchronmaschine ist kompakt gebaut und wiegt weniger als ein Permanentmagnetmotor (PM-Motor), der meist in High-End-Elektromaschinen verwendet wird, und erzeugt dennoch mehr Drehmoment





Bildnachweis: © Ohio State University

Das Bild zeigt eine kleinere Version (1 Megawatt) des 10-MW-Ringmotorkonzepts. Der Motor verfügt über einzigartige Merkmale, die Drehmoment und Leistung ohne den Einsatz der üblichen Permanentmagneten (PM) erzeugen.

entwurfs stellte die OSU zwei Weltrekorde auf. Der erste Rekord betraf die absolute normalisierte Dauerleistungsdichte, der zweite die Dauerleistungsdichte eines Induktionsmotors. Das Team brach diese Rekorde, indem es einen konstanten Zustand der Dauerleistung für den Induktionsmotor erreichte, der auf einem reduzierten Leistungsniveau läuft.

„Diese Technologie kann für eine Vielzahl von Antriebsanwendungen eingesetzt werden, von kleinen Passagierflugzeugen bis hin zu mittelgroßen und großen Jets wie dem 737 oder dem 787 – und auch so gut wie für alle Anwendungen in der Schifffahrt von Pontons bis hin zu nuklearen Flugzeugträgern“, so Dr. Cantemir.

Durchführung von Regelungstests mit der dSPACE MicroAutoBox

Da Motoren mit hoher Leistung in der Regel den Einschränkungen der Leistungselektronik zum Opfer fallen, konzentrierte man sich laut Dr. Cantemir

darauf, die Leistung am oberen Ende des Drehzahlbereichs mit einer sehr seltenen Technik zu erhöhen, die allgemein als synchrone Modulation bezeichnet wird (im Gegensatz zur herkömmlichen asynchronen Modulation). Zwei dSPACE MicroAutoBoxen wurden eingesetzt, um die spezielle Continuously-Sliding-Synchronous-Modulation (CSSM)-Technik und die Regelungsalgorithmen zu entwickeln und zu testen. Eine dSPACE MicroAutoBox regelte den Motor, die andere MicroAutoBox die Last (ein weiterer Motor, der als Generator arbeitet).

„Die dSPACE Systeme ermöglichten es uns, diese neuen Techniken zu implementieren, was das Ergebnis erheblich verbesserte“, so Dr. Cantemir. „Mehr noch, da diese neuen Techniken noch nie zuvor eingesetzt wurden, konnten wir mit dSPACE eine neue Tür in diesem Bereich öffnen.“ ■

Mit freundlicher Genehmigung der Ohio State University

und Leistung als ein PM-Motor. Um eine hohe Betriebssicherheit zu gewährleisten, verwendet der Elektromotor der OSU keine herkömmlichen Kupferleiter oder Drahtisolierungen. Dr. Cantemir und sein Team stellten fest, dass sich Aluminium in bestimmten Situationen als Leitermaterial besser verhält, also tauschten sie Kupfer gegen Aluminium aus. Eines der besten Merkmale der Motorkonstruktion und das, was Dr. Cantemir als „Sahnehäubchen“ bezeichnet: Die Lösung erfordert keine elektrische Drahtisolierung. Dies ist von Bedeutung, da diese Isolierung die Hauptursache für den Ausfall von Elektromotoren ist.

Test-Demo bricht Weltrekorde – gleich beim ersten Versuch

Bei Vorversuchen mit einer 1-MW-Ringmotorversion des Konzept-



Mit der MicroAutoBox wurden die neuartigen Regelungsalgorithmen entwickelt und getestet.

Samar Aidrus, Development Engineer bei dSPACE



„Mein Ziel? Mit Ihnen den
Schalter zur Elektromobilität
noch schneller umzulegen.“

Unsere Entwicklungs- und Testlösungen sind überall dort im Einsatz, wo kluge Köpfe den dynamischen Wandel hin zur Elektromobilität vorantreiben: von der Stromerzeugung über Lade-, Batterie- und Brennstoffzellentechnologien bis hin zu E-Motoren und zur Leistungselektronik. Bringen Sie Ihre E-Innovationen schneller auf die Straße mit dSPACE – Ihrem Partner für Simulation und Validierung. [dSPACE.com](https://www.dspace.com)