

$d=25'$ 

Light = "red"

 $\sigma/\sqrt{n}$ Absicherungslösung für kamerabasierte  
Fahrerassistenzsysteme $d=9' 6''$   
 $\sigma=.5''$  $\sigma/\sqrt{n}$  $d=9' 1''$   
 $\sigma=.$  $\sigma/\sqrt{n}$ 

# Virtueller Sehtest

Wie gelingt es, immer neue Fahrerassistenzsysteme und Funktionen für automatisiertes Fahren zuverlässig im Fahrzeug zu implementieren? Neusoft Reach setzt auf eine Absicherungslösung, die durchgängige Tests vom Arbeitsplatz des Entwicklers bis zur Steuergerätefreigabe ermöglicht.

Bildnachweis: © Neusoft Reach

**K**ünftige, intelligent vernetzte und automatisierte Fahrzeuge sind hochgradig softwaredefiniert. Software- und Servicefähigkeiten entwickeln sich immer stärker zu den differenzierenden Wettbewerbsmerkmalen der Automobilindustrie. Für die Fahrzeuge der nächsten Generation stellt Neusoft Reach schon jetzt eine AUTOSAR-konforme Software-Plattform zur Verfügung. Sie enthält einen umfassenden ADAS/AD-Stack (Advanced Driver Assistance Systems/Autonomous Driving), ergänzt um ein Driver Monitoring System (DMS) für automatisiertes Fahren (L2+/L4) und einen hochpräzisen Positionierungskontroller. Unser Ziel bei Neusoft Reach ist es, mit der weltweit fortschrittlichsten intelligenten Umfelderkennungs- und Identifikationstechnologie maßgeblich zur Sicherheit und Effizienz des Transports beizutragen.

#### Intelligente Assistenzsysteme

Der ADAS/AD-Stack basiert auf Multi-Sensortechnologie und verfügt über Algorithmen, die maschinell trainiert wurden. Er erfüllt die Regulierungen für Nutzfahrzeuge in China und die Anforderungen des C-NCAP. Der Stack berücksichtigt ebenfalls die Anforderungen der Euro-NCAP 2025 Roadmap. Derzeit unterstützt er folgende Funktionalitäten: ■-----

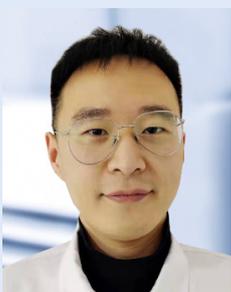
#### Motivation: Robust und innovativ

Das Ziel von Neusoft Reach ist es, die ADAS/AD-Funktionen kontinuierlich auszubauen und zu optimieren. In diesem Zuge definierte das Entwicklungsteam für die kamera-basierten Funktionen Leistungs- und Performance-Werte, die mit den bislang verwendeten Entwicklungs- und Absicherungslösungen nicht mehr zuverlässig und effizient zu erreichen waren. Um robuste Funktionen zur Verfügung zu stellen, sollten außerdem eine frühzeitige Validierung neuer Algorithmen zur Sensorfusion und Perzeption sowie des Gesamtsystems einfach möglich sein.

#### Herausforderung: Verfügbarkeit geeigneter Testdaten

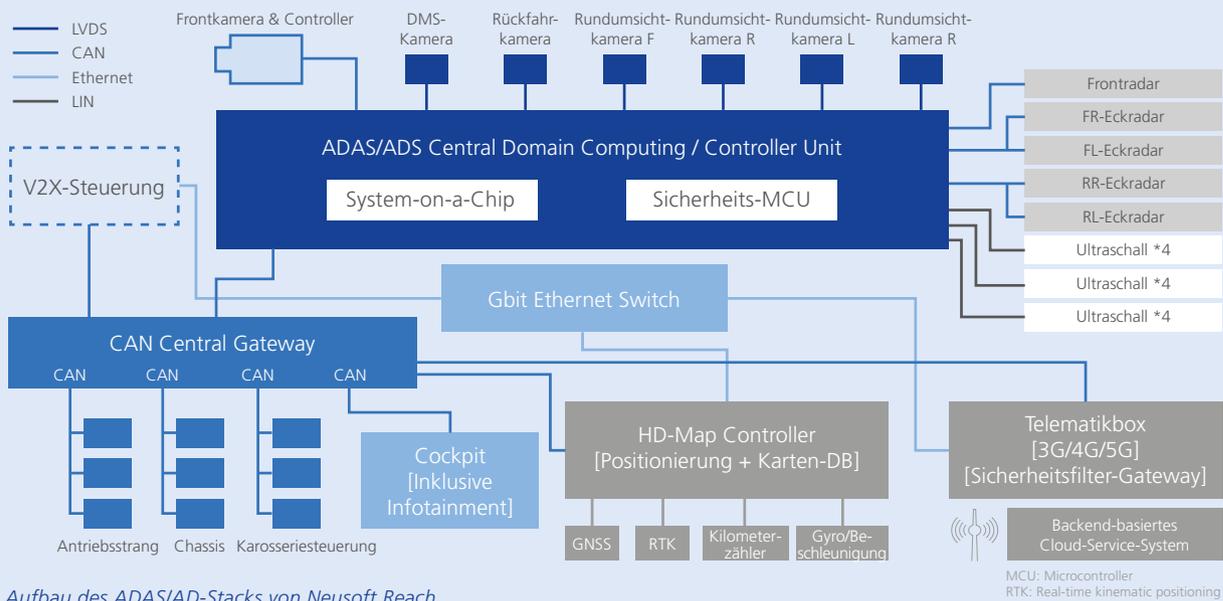
Eine besondere Herausforderung bei der Entwicklung besteht darin, dass die richtigen Testdaten leicht verfü- >>

**Traffic Jam Assist (TJA),  
Adaptive Cruise Control (ACC),  
Automated Emergency Braking (AEB),  
Forward Collision Warning (FCW),  
Lane Departure Warning (LDW),  
Lane Keeping Assistance (LKA),  
Advanced Parking Assist (APA),  
Around View Monitoring (AVM)**



„Die Simulations- und Validierungslösung von dSPACE erfüllt unsere Anforderungen im Bereich Entwicklung und Test von ADAS/AD-Steuergeräten. Sie hilft uns, die Projektziele zu erreichen und beschleunigt die Markteinführung. Die Gesamteffizienz beim Entwickeln von ADAS/AD-Steuergeräten wurde um 70 % verbessert.“

*Xiao Yu Chen, Neusoft Reach*



Aufbau des ADAS/AD-Stacks von Neusoft Reach.

MCU: Microcontroller  
RTK: Real-time kinematic positioning

SIL

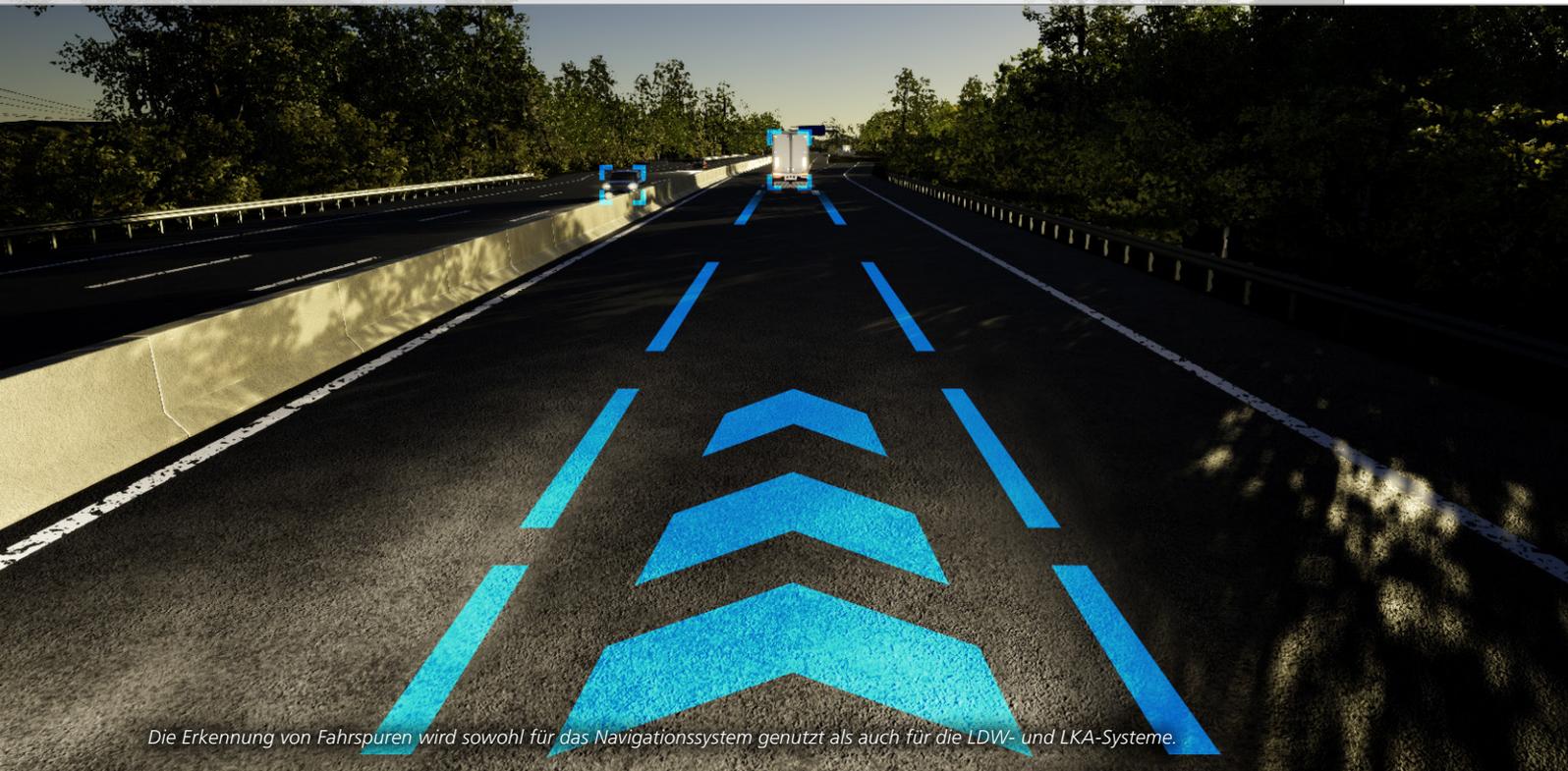
bar sind. Dabei geht es einerseits darum, möglichst exakte Sensordaten zu verwenden. Andererseits soll ein breites Spektrum an Corner Cases, also besonders kritischen Verkehrssituationen, flexibel genutzt werden können. Exakte Sensordaten lassen sich durch Data Logging während Testfahrten beschaffen. Sie decken jedoch relevante Corner Cases nur unzureichend ab, da kritische Verkehrssituationen in der Realität schwer darstellbar sind. Außerdem sind beim Wechsel des

Sensors neue Testfahrten erforderlich, was das Verfahren nahezu unwirtschaftlich macht. Daher ist ein simulationsbasiertes Vorgehen vorteilhaft, mit dem sich beliebige Szenarien inklusive aller Corner Cases möglichst variabel darstellen lassen. Allerdings müssen die synthetisch generierten Daten auf den physikalischen Grundlagen des jeweiligen Sensors basieren. Hoher Sensorrealismus ist also ein maßgebliches Kriterium für den Erfolg der Simulation.

Auswahl einer Absicherungslösung

Für Neusoft Reach ging es zunächst darum, eine geeignete Entwicklungs- und Testlösung zu evaluieren. Neben Sensorrealismus sollte sie die Entwickler in frühen Phasen per **Software-in-the-Loop (SIL)-Simulation** unterstützen. Außerdem bestand die Anforderung, die erstellten Simulationen durchgängig auch zur Absicherung des realen Steuergerätes per Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulation einzusetzen. Für die Verarbeitung von Sensorrohdaten hat sich bisher kein herstellerübergreifender Schnittstellenstandard etabliert. Daher muss ein Testsystem, das Sensorrohdaten generiert, eine Vielzahl von Sensorschnittstellen und Protokollen unterstützen. Nur so kann Neusoft Reach seine Steuergeräte einem breiten Kundenkreis verfügbar machen. Nicht zuletzt muss eine solche Entwicklungs- und Testlösung einfach handhabbar und robust sein. Nach der Evaluierung verschiedener Absicherungssysteme entschieden wir uns für eine auf Software und Hardware basierende Lösung von dSPACE. Ausschlaggebend waren der hervorragende Sensorrealismus der Simulation, das flexible Signal-Handling bei der Sensordateneinspeisung und die





Die Erkennung von Fahrspuren wird sowohl für das Navigationssystem genutzt als auch für die LDW- und LKA-Systeme.

Durchgängigkeit zwischen SIL- und HIL-Simulation.

### Frühzeitige SIL-Simulation unterstützt Funktionsentwicklung

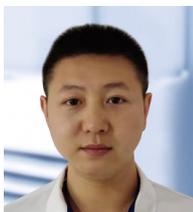
Mit dem Einsatz der Lösungskette von dSPACE steht schon am Arbeitsplatz des Entwicklers eine rein softwarebasierte Absicherungslösung für Perzeption und Fusionsalgorithmen sowie der ADAS/AD-Funktionen zur Verfügung. Sie basiert auf den Ground-Truth-Simulationsmodellen der Tool-suite ASM (Automotive Simulation Models) sowie dem sensorrealistischen Kameramodell von dSPACE Sensor Simulation. Als Simulationsplattform dient dSPACE VEOS. ASM simuliert die Bewegungstrajektorien aller Verkehrsteilnehmer sowie die Verkehrsinfrastruktur. Mit dSPACE Sensor Simulation wird ein vollständiges 3D-Modell der virtuellen Szene generiert, um dar-

>>



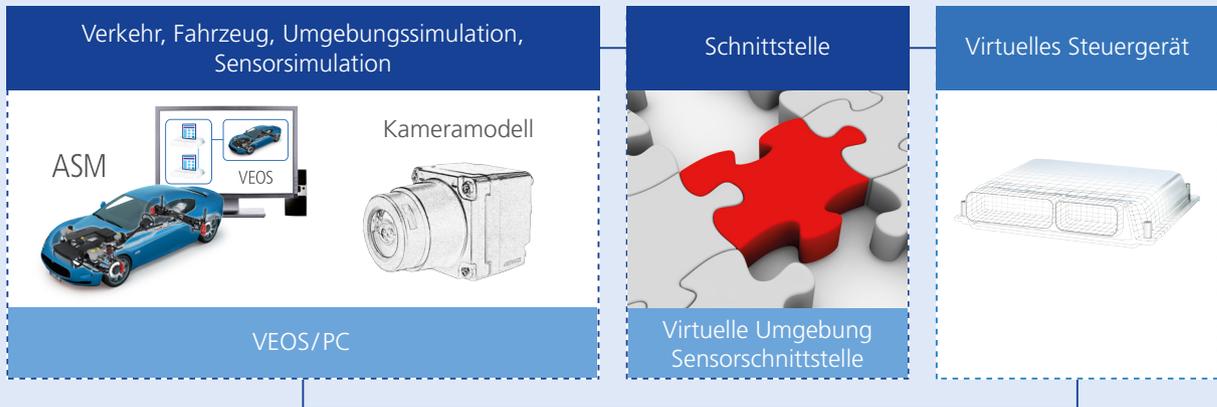
Bildnachweis: © Neusoft Reach

Beispiele für verschiedene ADAS/AD-Controller von Neusoft Reach.



„Mit dem sensorrealistischen Kameramodell können wir hochkomplexe Testaufgaben zuverlässig virtuell darstellen.“

Di Wu, Neusoft Reach



In der SIL-Simulation bilden Fahrzeug-, Umgebungs- und Sensormodelle mit dem virtuellen Steuergerät einen Regelkreis.

aus ein Kamerabild abzuleiten. Das Kamerabild wird anschließend über eine Speicherschnittstelle dem zu testenden Algorithmus zugeführt. Dieser wertet die Bildinformationen aus und liefert Informationen, die letztendlich einen simulierten Aktuator, beispielsweise eine in ASM simulierte Bremse, ansteuern. Natürlich kann in der Simulation auch ein vollständiges virtuelles Steuergerät eingesetzt werden, das unter anderem den entwickelten Algorithmus enthält. Das virtuelle Steuergerät kann dabei parallel zum Simulationsmodell in VEOS integriert werden, zum Beispiel in Form eines Simulink®-Modells, einer Functional Mock-up Unit (FMU) oder eines AUTOSAR-basierten virtuellen Steuergeräts. Hierbei setzt Neusoft Reach auf den von dSPACE vorgeschlagenen V-ECU-Ansatz.

### Erstellung realitätsnaher Simulationsszenarien

Das Simulationsszenario, also die Position und Trajektorien aller Objekte

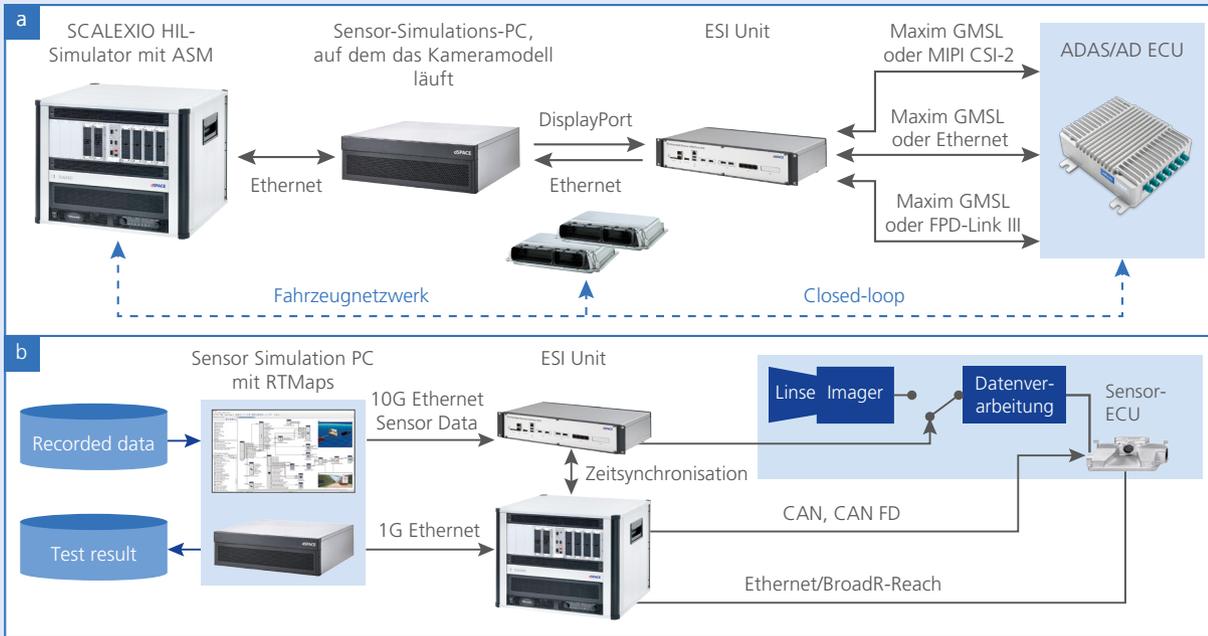
einer Simulation, wurde während Testfahrten mit realen Sensoren aufgezeichnet. Aus diesen Daten werden Szenarien synthetisiert, die nun flexibel modifizierbar sind. Beispielsweise lassen sich die Geschwindigkeiten aller Verkehrsteilnehmer individuell ändern, Abstände neu definieren, die Größen der Objekte ändern etc. Damit ist es den Entwicklern möglich, die Leistungsfähigkeit eines Algorithmus frühzeitig zu bestimmen. Und das auch für alle relevanten Corner Cases. Die Entwickler setzen auch manuell generierte Szenarien wie C-NCAP ein.

### Absicherung von Steuergeräten per HIL-Simulation

Wird ein neuer Stand der ADAS/AD-Software auf dem Steuergerät implementiert, erfolgt ein Steuergerätetest mit dem HIL-Verfahren. Um das Steuergerät in Betrieb zu nehmen, muss seine Umgebung, also das Fahrzeug inklusive der Sensorik und Umgebung, wie beim SIL-Verfahren vollständig simuliert werden. Um die Steuerger-

räte-Hardware und alle Signalverarbeitungsstufen der Kamera vollständig in den Test einzubeziehen, ist es erforderlich, die simulierten Sensordaten direkt nach dem Imager-Chip zuzuführen. Dazu gilt es, die berechneten Bilddaten in geeignete elektrische Signale zu wandeln. Dafür kommt die Environment Sensor Interface Unit (ESI Unit) zum Einsatz. Sie ist Bestandteil einer besonders leistungsfähigen Simulationsplattform: Während die Verkehrssimulation mit ASM auf einem SCALEXIO-System erfolgt, wird das Modell des Kamerasensors auf dem Sensor Simulation PC von dSPACE ausgeführt. Dieser ist mit einer Grafikkarte ausgestattet, die basierend auf den Ground-Truth-Daten eine 3D-Welt und Sensoreigenschaften wie die Verzerrung der Kameralinse in Echtzeit berechnet. Die Ausgabe der Grafikkarte setzt die ESI Unit dann in die Signale für das Steuergerät um und übernimmt dabei auch Simulationsanteile wie die Belichtungssteuerung. Aufgrund unterschied-





Aufbau des Absicherungssystems für Kamerasteuergeräte: Das HIL-System und das Data-Reply-System verwenden dieselben Komponenten.



„Die Multisensor-Software RTMaps ermöglicht es uns, die Daten von unterschiedlichen Sensoren und Fahrzeugbussen synchron wiederzugeben.“

Ding Nan, Neusoft Reach

licher Sensortypen ist die ESI Unit dafür ausgelegt, vielfältige Schnittstellen zu unterstützen.

**Data-Replay-Tests**

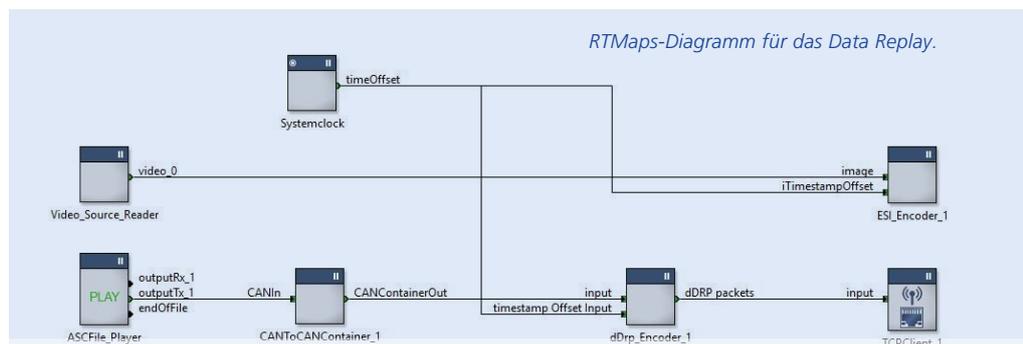
Neben den SIL- und HIL-Tests führen wir auch Tests mit Realdaten durch. Sie werden beispielsweise genutzt, um Fehler, die bei Testfahrten aufgetreten sind, im Labor nachzustellen. Dazu wird derselbe Testaufbau wie im HIL-Fall verwendet: SCALEXIO, Sensor Simulation PC und ESI Unit. Beim Data Replay werden die Daten mit RTMaps vom Sensor Simulation PC abgespielt. Er überträgt sie sowohl zur ESI Unit (Kamerahdaten) und zum SCALEXIO-System (Buskommunikation, zum Beispiel CAN). Dort werden die Daten jeweils gepuffert und abschließend zeitsynchron in elektrische Signale für das Steuergerät gewandelt. Der Testaufbau kann also ohne Umbauten für

Open-Loop- und Closed-Loop-Tests genutzt werden.

**Erfahrungen aus dem Entwicklungsprojekt**

Mit der Simulations- und Validierungslösung von dSPACE konnte Neusoft Reach mehrere ADAS/AD-Steuergeräte erfolgreich absichern und auf den Markt bringen. Sie werden in Pkw und kommerziellen Fahrzeugen wie Lkw eingesetzt. Eines

der abgesicherten Systeme war eine 360°-Rundumsicht mit fünf Kameras, für jede wurde eine Dateneinspeisung per ESI Unit realisiert. Als besonders nützlich stellte sich die einfache Wiederverwendung von Tests zwischen SIL- und HIL-Verfahren dar: Einerseits können frühzeitig bei der Funktionsentwicklung erstellte Tests auch bei der Steuergerätefreigabe verwendet werden, andererseits stehen den Funktionsentwick- >>





*Durch das gezielte Einspeisen von Fehlern per Testsoftware wird die Robustheit der ADAS/AD-Algorithmen verbessert.*

lern schon umfassende HIL-Tests für das SIL-Verfahren zur Verfügung. Die entwickelten Tests lassen sich durchgängig zwischen den Simulationsplattformen VEOS und SCALEXIO wiederverwenden. Im Projekt ist auch eine Fehlereinspeisung als wertvolles Feature entstanden, mit dem wir die

Zuverlässigkeit der Systeme überprüfen, wenn es beispielsweise zu pixel- oder zeilenbasierten Farbfehlern oder Rauschen kommt. Solche Fehler können automatisiert oder manuell eingespeist werden. Die Flexibilität der ESI Unit bezüglich Schnittstellen und Protokollen wie Maxim GMSL1

und GMSL2, TI FPD-Link III und MIPI CSI-2 ist ausgezeichnet. Das versetzt uns in die Lage, die Anforderungen unterschiedlicher OEMs mit einem System zu erfüllen und uns auf Besonderheiten von Zulieferern einzustellen. Um die Software auf den AUTSAR-basierten Steuergeräten zu implementieren,



„Ohne die ESI Unit von dSPACE wäre es nahezu unmöglich, Sensoren unterschiedlicher Hersteller effizient zu testen. Sie ist ein wertvoller Bestandteil unserer Absicherungslösung.“

*Long Ning Zhao, Neusoft Reach*

## Über Neusoft

Neusoft bietet ein reichhaltiges Portfolio an softwarebasierten Design-Dienstleistungen, Produkten und vorintegrierten Lösungen für Industrien wie Automobil, Unterhaltungselektronik, Mobilgeräte, IoT, Medizin, Geschäftsprozess-Outsourcing, Finanzen, Sicherheit und Versicherung, Informationstechnologie-Outsourcing und mehr. Neusoft beschäftigt insgesamt mehr als 20.000 Mitarbeiter weltweit in Asien, Europa, Nordamerika und im Nahen Osten. Neusoft konzentriert sich auf Software-Technologie und deckt mit seinen Produkten und Lösungen für die Automobilindustrie die Bereiche Navigation, ADAS, HMI, Connected Car und Infotainment ab. Neusoft bedient eine große Anzahl von Automobil-OEMs und Tier-1-Kunden auf der ganzen Welt, einschließlich Nordamerika, Europa und Asien. Neusoft Reach Automotive Technology Co., Ltd. (kurz "Neusoft Reach") ist ein innovatives Unternehmen, das sich auf die Anwendung von mobilem Internet, künstlicher Intelligenz und neuen Energietechnologien in der Automobilbranche konzentriert.

nutzen wir den Seriencode-Generator TargetLink. Seine leistungsstarken AUTOSAR-Funktionen vereinfachen das Erstellen AUTOSAR-konformer Software.

### Rolle und Bewertung der dSPACE Lösung

Die Lösung von dSPACE, bestehend aus leistungsfähiger, hochrealistischer Simulationssoftware, einem HIL-Simulator, einem hochperformanten PC zur Sensorsimulation sowie der ESI Unit, spielt eine Schlüsselrolle bei der Freigabe eines neuen Steuergeräts. Durch die frühzeitige und durchgängige Nutzung der SIL- und HIL-Methodik sowie des Replay-Verfahrens gelang es, die Software-Entwicklungszyklen zu verkürzen und die Qualität der Software zu verbessern. Dies trägt wesentlich zur Reduzierung der Kosten bei und leistet einen wichtigen Beitrag zur zeitgerechten Markteinführung. Im Vergleich zu früheren Projekten ohne die dSPACE Lösung hat sich die Gesamteffizienz um 70 % verbessert. Damit wurden die Investitionskosten bereits überdurchschnittlich ausgeglichen.

### Ausblick

Neusoft Reach arbeitet an weiteren Assistenzfunktionen und baut den Leistungsumfang der Systeme für automatisiertes Fahren weiter aus. Dabei arbeiten wir eng mit dSPACE

### Auf einen Blick

Absicherung kamerabasierter Fahrerassistenzsysteme

#### Herausforderung

- Test von kamerabasierten Steuergeräten ohne Stimulation des Imager-Chips
- Einspeisen sensorrealistischer Rohdaten in das Steuergerät

#### Lösung

- Einsatz einer durchgängigen SIL/HIL-Simulationsplattform
- Sensorrealistische Simulation von Kameradaten mit physikalisch korrekten Modellen

#### Vorteil

- Einfach reproduzierbare Tests für Software und Steuergerät
- Steigerung der Testeffizienz um 70 %



zusammen, um die Absicherungs-lösung an neue Anforderungen anzupassen. Im Bereich der Datenaufzeichnung evaluieren wir, wie uns das Data-Logging-System AUTERA dabei unterstützt, unsere Workflows effizienter zu gestalten. Die neue Software Sensor-Realistic Simulation steht ebenfalls auf unserer Agenda, verspricht sie doch eine hochgenaue Umweltsensorsimulation mit realistischen Licht- und Wettereffekten. ■

*Yan Wei, Neusoft Reach*

*Yan Wei, Neusoft Reach  
Yan Wei ist verantwortlich für ADAS bei  
Neusoft Reach Automotive Technology  
(Shenyang) Co., Ltd. in Shenyang, China.*

