



© dSPACE

## TEST DER UMFELDERKENNUNG MIT DATA REPLAY

# Autonome Fahrzeuge effizient und kostengünstig absichern

Autonome Fahrzeuge gewinnen nur dann das Vertrauen der Verbraucher, wenn die korrekte Funktion der Technik in allen Fällen gewährleistet ist. Im selbstfahrenden Fahrzeug ersetzt ein Hochleistungscomputer (HPC) den Fahrer. Daher kommen Absicherung und Test von Systemen für das autonome Fahren höchste Bedeutung zu. Als effiziente wie kostengünstige Test- und Absicherungsmethodik etabliert sich Data Replay.

Für die Absicherung von Systemen für das autonome Fahren können verschiedene Methoden angewendet werden (siehe Bild 1). Testfahrten mit Versuchsfahrzeugen und Prototypen ermöglichen den Test aller Komponenten des Fahrzeugs unter realistischen Bedingungen. Allerdings sind Testfahrten kostenintensiv; zudem sind in der Realität kritische bzw. relevante Situationen nur sehr selten zu beobachten.

Eine weitere Möglichkeit zur Absicherung ist die vollständige Simulation der Umgebung. Durch synthetisch erzeugte Daten von High-Fidelity-Simulatoren, zum Beispiel dSPACE ASM [1], können Gefahrensituationen einfach nachgestellt und manipuliert werden.

So ist es möglich, das Wetter und die Tageszeit eines Tests zu verändern. Obwohl die Qualität der Sensorsimulation stetig zunimmt, werden diese Daten jedoch nie zu 100 % mit der realen Welt übereinstimmen.

Daher hat sich als weitere Testmethodik das Abspielen von aufgezeichneten Sensordaten, das Data Replay, etabliert. Hierbei werden für die Absicherung Daten verwendet, die zuvor in Testfahrten aufgezeichnet worden sind. Beim Abspielen dieser Daten ist die verlustlose und zeitlich exakte Wiedergabe von zentraler Bedeutung. Dies ermöglicht die Nachbildung von realen Betriebsbedingungen jeglicher Art ohne Beschränkungen im Labor. Bei der Verwendung von Echtzeit-Data-Replay werden die

Umfelderkenntnisalgorithmen rund um die Uhr mit aufgezeichneten Daten gefüttert, die Systemreaktion wird gemessen und die Qualität der Objekterkennungen bewertet. Nur so lassen sich die komplexen Betriebszustände der KI-basierten Fahrfunktionen hinreichend validieren, um daraus prüfbare und mathematisch nachvollziehbare Zulassungskriterien synthetisieren zu können.

Beim Test mit aufgezeichneten und simulierten Testdaten können zwei grundlegende Testmethoden unterschieden werden: Software (SW)-basierte Validierung wie SW-Replay und Software-in-the-Loop (SIL)-Simulation konzentriert sich auf die Validierung eines Algorithmus ohne Berücksichtigung von Zeitbeschränkungen oder angeschlos-

senen Bussystemen. Die Tests können durchgeführt werden, bevor ein Hardware-Prototyp verfügbar ist. Die zweite Ebene ist die Hardware (HW)-basierte Validierung wie HW-Replay und Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulation, bei der das Testsystem den HPC mit synthetischen und realen Daten präzise füttert. Damit ist es möglich, sowohl die gesamte Hardware als auch die elektri-

schen Schnittstellen und die Software zu testen.

**Data-Replay-Test für autonomes Fahren**

Data-Replay-Prüfstände erlauben die HIL-Absicherung mit Daten aus realen Testfahrten im Labor. Betrachtet man eine Beispielarchitektur, bei der die Sen-

soren des autonomen Fahrzeugs eine Datenmenge von 50 Gbit/s erzeugen, muss die Data-Replay-Prüfstände diese 50 Gbit/s rund um die Uhr streamen und gleichzeitig sicherstellen, dass das zu testende Gerät nicht erkennt, dass es nicht in einem realen Fahrzeug installiert ist, das auf einer Straße fährt. Die Herausforderung liegt in der Beschaffenheit der gestreamten Bits. Dabei ist zu

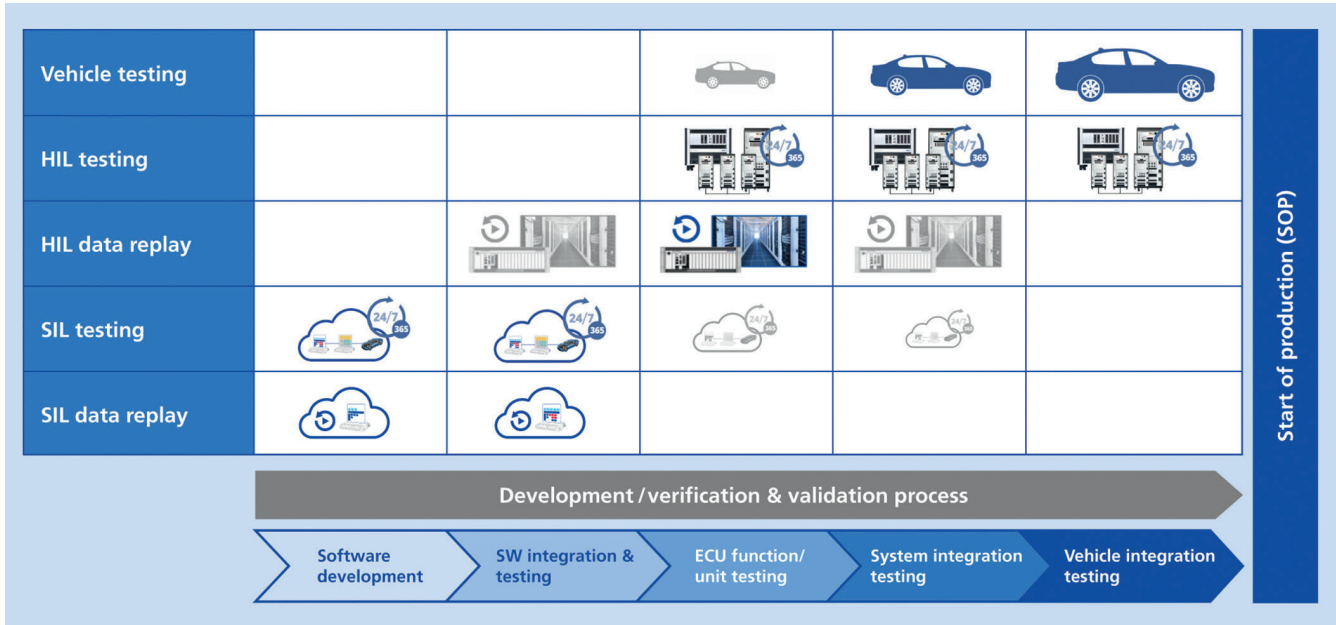


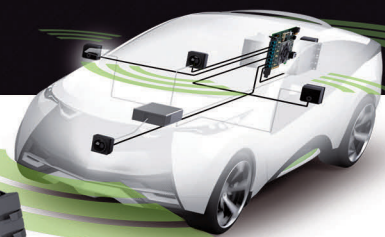
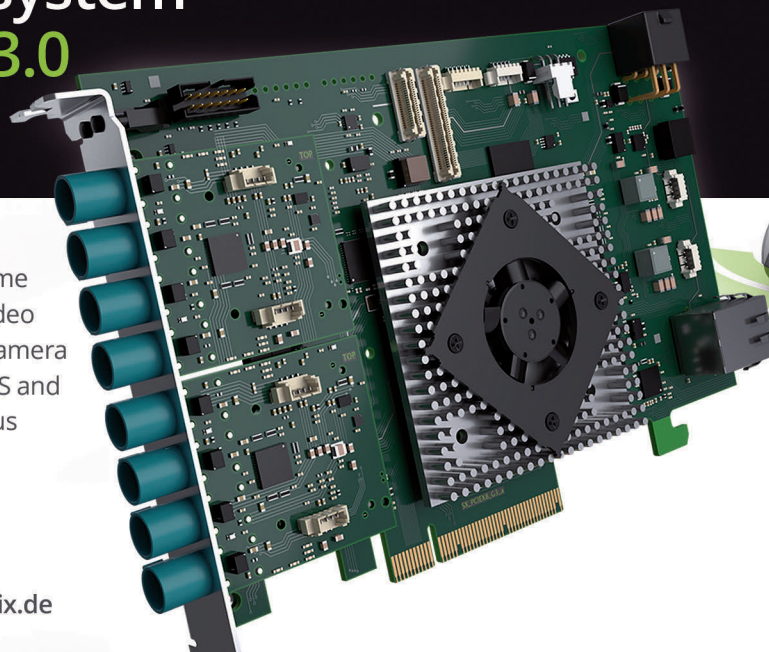
Bild 1: Darstellung der notwendigen Testmethoden, die für die Absicherung von autonomen Fahrzeugen erforderlich sind, und wann sie in den Entwicklungs- und Absicherungszyklen eingesetzt werden. © dSPACE

# Modular video grabber and playback system

## SX proFRAME 3.0



**SX proFRAME 3.0** - High-end real-time system for capture and replay of video data. Processing of up to eight 4K camera streams. Ideal for validation of ADAS and automated driving functions. Various camera adapters (GMSL, FPD-Link) available.



Get in touch with us: [sales@solectrix.de](mailto:sales@solectrix.de)

[www.solectrix.de](http://www.solectrix.de)

beachten, dass sich Kamera-Rohdaten, Radar- und Lidar-Daten sowie ganz besonders Daten aus CAN- und Ethernet (SOME/IP)-Paketen unterscheiden. Dennoch müssen alle Daten auf wenige Mikrosekunden genau synchronisiert abgespielt werden, um die richtigen Testbedingungen zu gewährleisten. Neben der Manipulation von Echtzeitbusdaten bieten Data-Replay-Tests auch die Möglichkeit, Sensordaten zu manipulieren und Fehler in die Datenströme einzufügen, um eine Vielzahl von Testfällen zu generieren und die Perzeptionsalgorithmen gegenüber Angriffen abzusichern.

ponenten wird die Synchronität der abgespielten Daten sichergestellt.

Die aufgezeichneten Bus- und Netzwerkdaten werden von einem Echtzeit-PC (dSPACE SCALEXIO) gespeichert und synchron zur Replay-Zeit ausgegeben. Dabei kann flexibel zwischen den abgespielten Daten und einer evtl. vorhandenen Restbussimulation für das Fahrzeugnetzwerk (CAN, Ethernet, SOME/IP, FlexRay usw.) umgeschaltet werden. Dies ermöglicht sowohl Anfahrsszenarien, um das zu testende Gerät in einen geeigneten Zustand zu versetzen, als auch die konsistente Neuberech-

weise Maxim GMSL1 und GMSL2, TI FPD-Link III und IV sowie MIPI CSI-2 mit mehr als 8 Gbit/s. Radar- und Lidarsensoren verfügen oft über eine Automotive-Ethernet-Schnittstelle mit bis zu 10 Gbit/s.

Die Absicherung autonomer Fahrzeuge mit Dutzenden Sensoren stellt eine besondere Herausforderung dar. Für eine verlustlose und zeitgerechte Stimulation ist zum einen zuverlässige Konnektivität mit ausreichender Datenrate zum Data Lake bzw. Rechenzentern erforderlich. Zum anderen ist eine präzise Synchronisierung der Sensor- und Busdaten erfor-

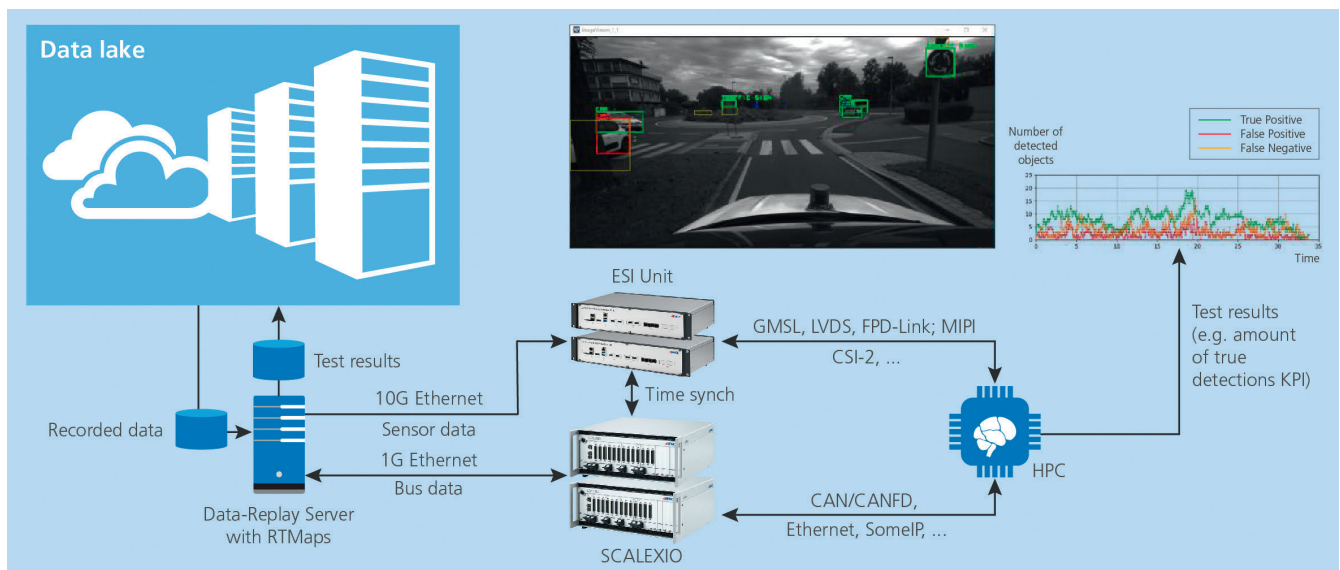


Bild 2: Beispielhafter Aufbau für die Prüfstände inkl. Rohdateneinspeisung. © dSPACE

### HIL- Prüfstände für Data Replay

HIL-Prüfstände für Data Replay ermöglichen es, reale Steuergeräte im Labor durch Stimulation mit in der realen Welt aufgezeichneten oder künstlich generierten Testdaten zu testen. Bild 2 zeigt einen beispielhaften Aufbau eines solchen Prüfstands für einen HPC. Hierbei werden die Sensorrohdaten und Fahrzeugbusdaten synchron in das zu testende Gerät eingespeist.

Die aufgezeichneten Testdaten liegen typischerweise in einem lokalen Datacenter oder in der Cloud („Data Lake“). Von dort können die Daten von einem virtuellen oder realen Data-Replay-Server direkt an die für die Einspeisung der Daten zuständigen Geräte über eine Ethernet-Verbindung weitergegeben werden. Durch eine PTP-Zeitsynchronisierung zwischen allen an der Einspeisung von Replay-Daten beteiligten Kom-

ponenten von Sicherheitsprüfsummen bzw. Signaturen. Das SCALEXIO-System kann durch seinen modularen Aufbau flexibel an die benötigten Schnittstellen, Datenraten und Busprotokolle angepasst werden [2].

Die Sensorrohdaten werden über 10 Gbit Ethernet an die dSPACE Environment Sensor Interface Unit (ESI Unit) übergeben und gespeichert. Wenn der in den Daten vermerkte Zeitpunkt erreicht ist, werden die Sensordaten an das Steuergerät gesendet. Auf der ESI Unit können bei Bedarf Teile der Kamera simuliert werden, zum Beispiel die I2C-Konfigurationsschnittstelle. Für die Übertragung von Sensorrohdaten im Fahrzeug hat sich bisher kein herstellerübergreifender Schnittstellenstandard etabliert. Die ESI Unit ist hochgradig modular und unterstützt alle relevanten automotiven Sensorschnittstellen. Automotive Kameras verwenden typischer-

weise im Fall von Fahrzeugbusdaten übernimmt diese Aufgabe ein Echtzeitbetriebssystem, und das wie bei dSPACE SCALEXIO auch über mehrere Rechenknoten hinweg. Alle Komponenten des Data-Replay-HILs müssen zudem auf geringe Ende-zu-Ende-Latenz optimiert sein, damit das Steuergerät die Testdaten fehlerfrei fusionieren kann.

Zudem ist es möglich, Data Replay mit der Simulation auf einem HIL zu kombinieren. Ein möglicher Anwendungsfall ist die Stimulation einer Fahrerkamera mit echten Daten, während die Umgebungssensoren virtuell simuliert werden können [3].

### Data Replay – Brückenschlag zwischen IT und Automotive-Validierung

Time-to-Market ist ein zunehmend kritischer Faktor in der Automobilindustrie.

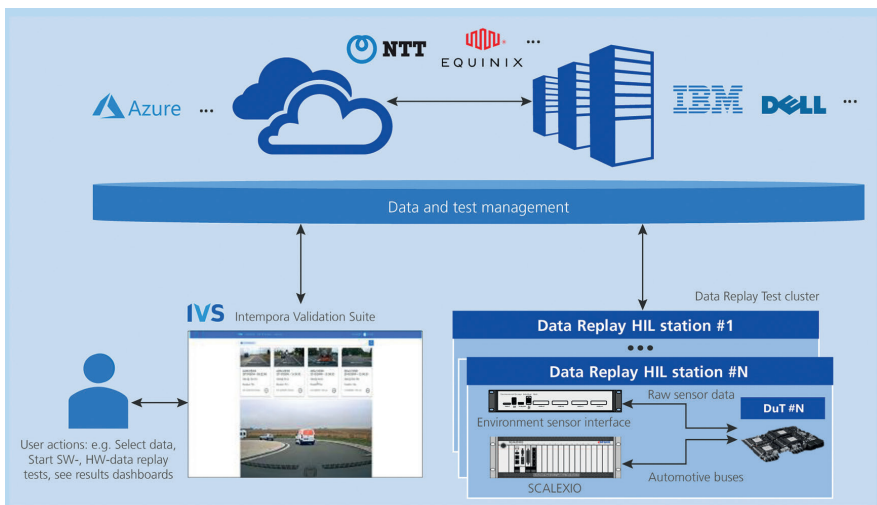


Bild 3: Skalierbares Data Replay in der Cloud. © dSPACE

Kontinuierliche Tests und Over-the-Air-Software-Updates bedeuten: Je schneller eine Testkampagne durchgeführt wird, desto schneller können die Automobilhersteller neue Funktionen monetarisieren. Ein entscheidender Faktor dafür ist die Datenübertragung vom Data Lake zu den Data-Replay-Prüfständen. Ein optimaler Ansatz hierbei ist, die HIL-Prüfstände in die Nähe der Messdaten zu bringen und damit Zeit und Geld zu sparen. Nur so kann die Absicherung der Perzeptionskomponenten rund um die Uhr und durch den Test mit Tausenden von Kilometern erfolgen. Dazu können Dutzende von HIL-Prüfständen im Rechenzentrum zu einem Cluster vernetzt werden.

Unabhängig davon, ob die Daten in nativen Public Clouds wie Microsoft Azure bzw. AWS, in On-Premise oder hybriden Edge-Konstellationen abgelegt sind, ist eine robuste Datenpipeline zwischen den HIL-Clustern und dem Data Lake von entscheidender Bedeutung für die Effizienz und die Kosten des Validierungsprozesses. Die Intempora Validation Suite (IVS) abstrahiert diese verschiedene Data-Infrastrukturen und bietet ein Single Web Interface, um SW- und HW-Data-Replay-Prüfstände zu steuern.

Data-Replay-Prüfstände von dSPACE sind Infrastruktur-agnostisch und können mit all diesen Speichervarianten eingesetzt und integriert werden. Mit eigener Expertise, ergänzt um das Know-how von spezialisierten Partnern, schließt dSPACE so die Lücke zwischen der IT und den Entwicklungs- und Validierungsabteilungen.

**Fazit: Data Replay als zentrales AD-Sicherheitsargument**

Data Replay etabliert sich mehr und mehr als zentraler Baustein der AD-Absicherungsstrategie, weil es ein hohes Maß an Zuverlässigkeit für autonome Fahrzeuge garantiert. Data-Replay-Tests bringen jedoch Herausforderungen auf Ebene der HIL-Prüfstände mit der großen Anzahl von Sensor- und Busschnittstellen sowie einer effizienten Datenspeicherinfrastruktur mit sich. dSPACE bietet hierfür skalierbare Data-Replay-Lösungen für den HIL-Test von einzelnen Steuergeräten im Labor bis zu großen HIL-Clustern in der Cloud. ■ (oe)

[www.dspace.de](http://www.dspace.de)

**Quellenverzeichnis**

- [1] C. Seiger, G. Sievers. Sensorrealistische Simulation in Echtzeit, HANSER Automotive 07/2020
- [2] B. Abdelghani. Ensuring Safety in the Era of Autonomous Driving: An Outlook on Data Replay HIL Stations and HIL Scalability, dSPACE Blog 12/2020
- [3] Virtual Vision Test, dSPACE Magazin 1/2021



**Bassam Abdelghani** ist strategischer Produktmanager Data Replay und RTMaps bei der dSPACE GmbH.

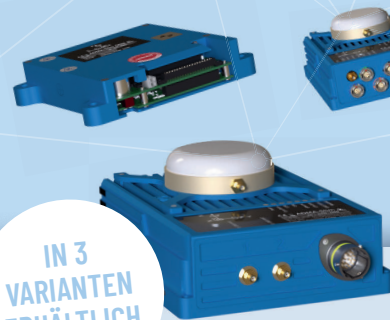


**Carsten Grascher** ist operativer Produktmanager und Projektleiter HIL Data Replay bei der dSPACE GmbH.



**Dr. Gregor Sievers** ist operativer Produktmanager ESI Unit bei der dSPACE GmbH.

**ADMA-Slim**  
Mini GNSS/Inertialsystem



IN 3 VARIANTEN ERHÄLTlich

**Extrem klein, leicht und handlich**

**Vollwertiges GNSS/Inertialsystem**

**Auch RTK-fähig**

**Messen von Fahrzeugbewegungen in allen drei Messachsen, auch bei GNSS-Ausfall**

Kompatibel mit allen gängigen überfahrbaren Plattformen für GSTs & VRUs

Ideal für Motorräder, Sport-Fahrzeuge, Jet-Skis, Schneemobile & Quads

Fahrdynamikmessungen

ADAS-Evaluierungen

**Kompetenz in GNSS und inertialer Messtechnik**



**GeneSys Elektronik GmbH**

In der Spöck 10  
77656 Offenburg

[www.genesys-adma.de](http://www.genesys-adma.de)