



© b-plus

# Fahrerassistenzsysteme

## Sensorsteuergeräte bereits in frühen Entwicklungsphasen testen

Die Entwicklung von immer komplexeren Steuergeräten erfordert verschiedene Validierungsmethoden. Neben realen Testfahrten werden kompakte Hardware-in-the-Loop-Systeme für Radar, Kamera und Fusionsplattformen verwendet, die das Testen in frühen Entwicklungsphasen unterstützen. Das ermöglicht dem Steuergeräteentwickler die Abgabe eines vorgetesteten Softwarestands im frühen Stadium und minimiert somit auftretende Fehler im späteren Entwicklungsprozess. Dafür sensibilisiert das Unternehmen b-plus.

AUTOR



**Dipl.-Ing. (FH)  
Reinhold Greifenstein**  
ist Produktmanager Automotive  
Tools bei b-plus in Deggendorf.

### VERLUSTFREIE UND ZEITSYNCHRONE DATEN ALS VORAUSSETZUNG

Ein Hardware-in-the-Loop(HiL)-Simulator dient als Nachbildung der realen Umgebung eines Systems. Basis hierfür sind immer Bild- und Busdaten, die erst durch reale Testfahrten eingeholt werden können. Die aufzuzeichnenden Rohdaten werden dabei mithilfe eines zuverlässigen Messtechnikadapters

aus einem Steuergerät ausgekoppelt. Hierbei werden die Daten mit einem Zeitstempel versehen, umgewandelt und über 10-Gbit-Ethernet in die Messtechnik transportiert. Die nötige Datenintegrität nach ISO 26262 wird mit dem Einsatz von Botschaftszählern und Prüfsummen ab dem Messtechnikadapter realisiert, was idealerweise die Messtechnik mit übernimmt.

Die mit diesen Mechanismen abgesicherten Daten können nun mit einem Recorder-System aufgezeichnet werden. Im Speicher befinden sich jetzt verlustfreie und zeitsynchrone Daten, die für weitere Testmethoden, zum Beispiel HiL-Systeme, benötigt werden. Hardware-in-the-Loop-Systeme sind eingeführt worden, um komplexe Beschleunigungen in den Hardwarechips nicht aufwendig durch Software nachstellen zu müssen. Gleichzeitig ist es nötig, die Eigenschaften der Zielhardware unter allen Umweltbedingungen und deren Einfluss auf die Software zu untersuchen. Außerdem reagiert die reale Hardware oftmals anders als bei einer reinen Software-in-the-Loop-Simulation.

Hat das Steuergerät bei einer Testfahrt fehlerhaft reagiert, kann diese abgespeicherte Fahrt verwendet werden, um sowohl die gefahrene Steuergeräteversion (Hardware und Software) als auch die darauf folgenden Soft- oder Hardware-Updates mit dieser Fahrsituation zu konfrontieren. Außerdem setzen sich neue Steuergeräteversionen somit möglichst früh mit bereits aufgetretenen Fehlern auseinander und

Entwickler können den Algorithmus daraufhin bereits sehr früh optimieren.

Der Vorteil zu realen Testfahrten ist zum einen offensichtlich der Aufwand, jedoch insbesondere auch die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse, die man mit den originalen integrierten Datenquellen beliebig oft weltweit wiederholen kann.

### FRÜHZEITIGES TESTEN BEREITS AM ENTWICKLERTISCH

Oft werden Projekte bereits begonnen, obwohl Sensorbausteine wie Imager nur schwer oder noch gar nicht verfügbar sind. Die Entwickler werden dann vor diffizile Herausforderungen gestellt:

- Wie ist es möglich, die Prototypen-ECU mit Bilddaten zu bespielen?
- Wie ist es möglich, zu überprüfen, ob die ECU die Rohdaten tatsächlich korrekt empfängt?
- Wie ist es möglich, das Recording System mit dem Messtechnik Interface zu testen?

Hierfür können aufgezeichnete Daten beziehungsweise Testdaten aus früheren Projekten verwendet werden. Bereits erledigte Testfahrten können die von der ECU erwarteten Rohdaten liefern, beispielsweise in Full-HD-Auflösung mit einer dementsprechenden Bittiefe und Bildwiederholungsrate. Somit kann der Entwickler bereits seine Datenverarbeitungshardware in Betrieb nehmen und auf grundsätzliche Funktionsweisen prüfen, obwohl zum Beispiel noch kein Imager vorhanden ist. Das ist wichtig, um sicherzustellen, dass erste Hardware-

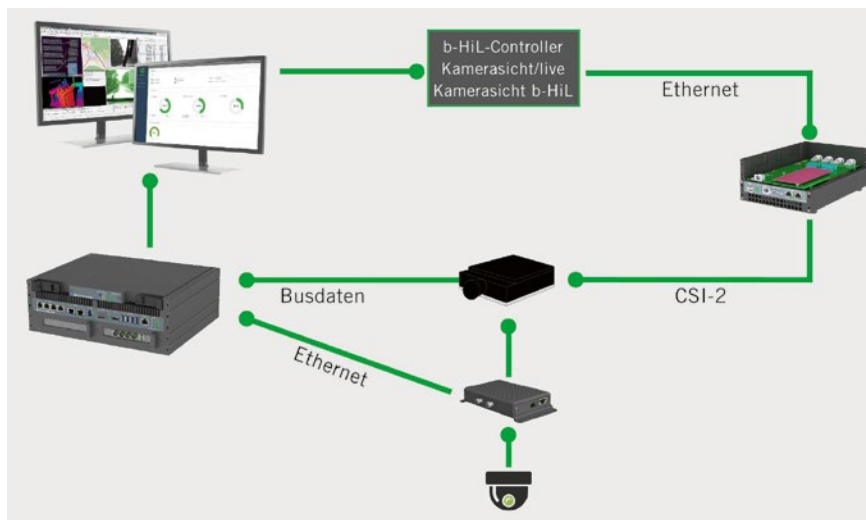


BILD 1 Reinjektion von Sensordaten (© b-plus)

# Gewinner- typ?

## Mit Strategie zur Bestzeit

Innerhalb kürzester Zeit hochqualitative Software entwickeln und für optimales Energiemanagement sorgen? Als technischer Partner des Teams Audi Sport ABT Schaeffler unterstützen wir in der Formel E mit maßgeschneiderter, intelligent abgesicherter Software, durch die der Fahrer zu jedem Zeitpunkt trotz unbekannter Bedingungen das maximale Potential des Fahrzeugs abrufen kann.

ITK Engineering – Ihr Softwarepartner für sportliche Lösungen.

[www.itk-engineering.de](http://www.itk-engineering.de)



Musterteile die zu erwartende Reaktion zeigen. Vor allem bei Entwicklungen, die oftmals standortübergreifend verlaufen, ist das ein großer Vorteil. Somit können durch erste Funktionstests möglichst optimale Softwarestände an die nächste Entwicklungsstufe weitergegeben werden.

Üblicherweise nutzt man in der Validierungsphase am Ende eigene System-HiL-Labore für die Entwicklung von Steuergeräten. Da diese Tests jedoch sehr spät in der Validierungskette durchgeführt werden und der Entwickler bereits in der Entwicklungsphase Teilfunktionen testen möchte, benötigt man zusätzlich kompakte, kostengünstige HiL-Systeme für den Entwicklertisch. Bei diesen Systemen wird der Imager eines Steuergeräts ersetzt, indem dieses die vorher aufgezeichneten Sensorrohdaten zum Beispiel über eine CSI-2-Schnittstelle wieder ins Steuergerät einspeist, **BILD 1**.

Um die realitätsnahe Fahrzeugumgebung und die Multibus-Systeme lückenlos nachzubilden, werden die aufgezeichneten Busdaten samt Objektdaten zeitsynchron zu den Bilddaten abgespielt. Des Weiteren ist die Vorhaltung der Sensorinitialisierung und deren Kommunikation wie über I2C von großer Bedeutung, da das Steuergerät bei der Wiedergabe von aufgezeichneten Rohdaten nicht den erwarteten Input, vor allem in der Initialisierungsphase, bekommen würde. Hierbei wird zum Beispiel das „Grey Pattern“, aber auch der aufgezeichnete Bildzähler mithilfe von Softwaremechanismen vorgehalten und abgeändert, um keine Fehlermeldungen im Steuergerät auszulösen.

Über eine 10-Gbit-Ethernet-Schnittstelle werden die aufgenommenen Rohdaten in das kompakte, clusterfähige HiL-System eingespielt. Dabei ist es für genaue Werte sehr wichtig, die Bilddaten mit den Busdaten zeitsynchron abzuspielen. Ein optimiertes HiL-System bietet dem Entwickler dafür die Möglichkeit, Bilddaten entweder zu „verlangsamen“ oder frameweise zu „beschleunigen“, um hier synchron zum restlichen Fahrzeugbus bleiben zu können.

Ein kleines, kompaktes Gehäuse, das all diese Fähigkeiten vereint und gleichzeitig mit den vielen Datenströmen umgehen kann, ermöglicht das Testen bereits am Entwicklertisch. Somit werden auftretende Fehler bereits in der frühen Entwicklungsphase erkannt und können noch vor den ersten System-HiL- oder Fahrzeugtests behoben werden. Dies verringert die Kosten für die aufwendigen Testfahrten und ermöglicht es, abgesicherte Produkte schneller in Serie zu bringen.

**FLEXIBILITÄT SICHERSTELLEN – AUF PROJEKTANFORDERUNGEN KURZFRISTIG REAGIEREN**

Besonders in der Entwicklungsphase ist es wichtig, flexibel anpassbare Systeme zur Verfügung zu stellen. Bei Hardware-in-the-Loop-Systemen direkt am Labor-tisch ist es wichtig, dafür eine generische Einspeisetechnologie zu verwenden. Dabei sollte es für den Entwickler einfach zu gestalten sein, je nach Aufzeichnung, die korrekten Übertragungsmechanismen einzustellen. Dazu gehö-

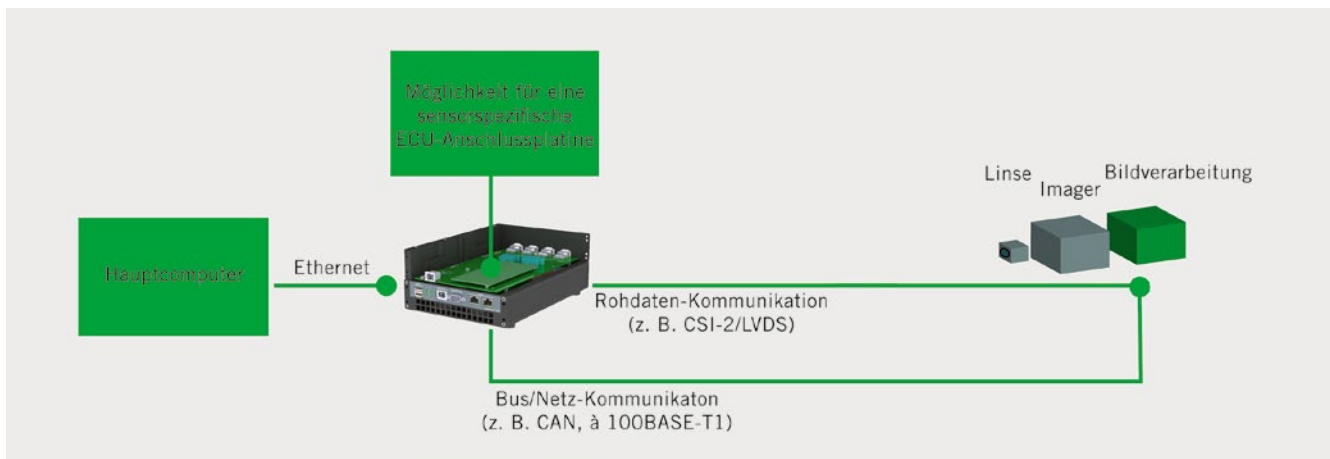
ren, beispielsweise bei einer Einspeisung von CSI-2-Rohdaten in das Steuergerät, die dementsprechende Einstellung von CSI-2 lanes sowie deren jeweilige Übertragungsrate. Mit der richtigen Technologie werden in dieser Projektphase zeitaufwendige Neuentwicklungen, etwa für unterschiedliche Bit-Tiefen von Raw-Formaten, vermieden. Zu den weiteren Mechanismen für eine projektspezifische Anpassung bei modernen HiL-Systemen gehören außerdem:

- eine über das Gerät schaltbare Stromversorgung für das Steuergerät
- ein wählbares Trigger-Konzept, um zum Beispiel andere Gerätschaften spezifisch anzusteuern oder angesteuert werden zu können
- die Einspeisung zeitsynchroner Bus- und Sensor-Rohdaten.

Hinsichtlich der CSI-2-Schnittstellen ist es bei Projektstart oft nicht final geklärt, welche Modi benötigt werden. Deswegen muss auch hier flexibel reagiert werden können, je nach CSI-2-Anforderungen, ob die Daten in einem Continuous-Betriebsmodus oder dem Non-continuous-Betriebsmodus abgespielt werden müssen. Nur mit einer raschen Konfigurationsmöglichkeit im HiL-System kann der dementsprechende Serializer Daten korrekt interpretieren und die Einspeisung realitätsgetreu starten.

**HARDWARE-ANPASSUNG FÜR NOTWENDIGE ADAPTIONEN**

Sollen nicht nur CSI-2-Daten in das Steuergerät eingespeist werden, dann müssen sogenannte „Serializer“ auf das Gerät angebracht werden. Das Gegen-



**BILD 2** Integration einer kundenspezifischen ECU auf einem spezifischen Sensor für den b-HiL (© b-plus)

stück, der „Deserializer“, befindet sich dann im Steuergerät. Diese „SerDes“-Kombination tritt im alltäglichen Automotive-Projektgeschehen häufig auf und ist je nach SerDes-Hersteller bei dem HiL-System immer kundenspezifisch, da hier eine Abwärtskompatibilität nicht unbedingt gegeben ist. Um nun das Steuergerät bespielen zu können, muss der Reinjektions-HiL spezifisch angepasst werden. Dabei kann mit dem jeweiligen Auftraggeber abgestimmt werden, ob neben dem Serializer noch andere Schnittstellen eingeplant werden sollen. Dazu gehören beispielsweise projektspezifische Power-Stecker oder andere Steckerschnittstellen, die beim Entwickler bereits im Einsatz sein können.

### VISUALISIERUNG VON HiL-SYSTEMEN UND FEHLERINJEKTION

Um die neue HiL-Umgebung am Arbeitsplatz komfortabel nutzen zu können, ist die Einbindung in eine optimale Tool-Landschaft ratsam, **BILD 2**. Damit können gleichzeitig Aufzeichnungen geladen, am Rechner angesehen sowie an das HiL-System weitergeleitet werden. Idealerweise ist das Steuergerät dabei in die Messtechniklösung integriert. Das ermöglicht einen sofortigen Test von zum Beispiel einem geänderten Algorithmus, der die Fahrsituation nun korrekt erkennt und dementsprechend korrekte Objektdaten ausgibt. Dabei können die eingespeisten Daten visualisiert werden und der Steuergeräteausgang dementsprechend beobachtet werden. Die Objektdaten können anschließend als Overlay in die Bildausgabe eingebunden werden, was eine schnelle Fehlerüberprüfung ermöglicht.

Außerdem können hier weiterführende Tests, wie die Veränderung einer Aufzeichnung, realisiert werden. Dabei speist man beispielsweise einen Zeilenfehler ein, um die Reaktionen des Steuergeräts aufzuzeigen. Das ist nötig, um die möglichen Funktionsfehler, beispielsweise eines Imagers, zu untersuchen und den Algorithmus anschließend zu optimieren.

Die Visualisierungssoftware sollte dafür frei konfigurierbar und aufgrund der verschiedenen Aufnahmen einfach auf die Anforderungen des Entwicklers anzupassen sein. Aus diesem Grund ist es von Vorteil, wenn die Tool-Landschaft die dementsprechenden Hardware- und

Softwareschnittstellen besitzt. Des Weiteren können auch Key-Performance-Indikatoren (KPIs) eingeführt werden und eine automatisierte Bewertung stattfinden. Mithilfe dieser Ergebnisanalyse kann das Verhalten des Steuergeräts genau beobachtet werden und letztendlich auch für weitere Testzwecke verwendet werden.

Die Fehlerinjektion ist dabei eine Methode, um die Maßnahmen gegen Fehler in der Software zu bewerten. Die Wirksamkeit der Fehlertoleranz sowie Sicherheitsverfahren können durch künstlich erzeugte Fehler geprüft werden. Bei der Fehlerinjektion in der Steuergeräte-Entwicklung werden mithilfe der genannten Visualisierungssoftware künstliche Fehler in die Rohdaten integriert. Diese manipulierten Realdaten werden anschließend wieder über ein HiL-System in das Steuergerät eingespielt. Jetzt kann untersucht werden, ob die integrierten Fehler die gewünschte Reaktion auslösen.

### FAZIT

Ein Hardware-in-the-Loop-System, das bereits am Entwicklertisch verwendet werden kann, ermöglicht es dem Steuergeräte-Entwickler, Entwicklungszeiten zu minimieren und einen bereits getesteten Softwarestand weiterzugeben. Die kompakte Form unterstützt dabei das bequeme Arbeiten direkt am Arbeitsplatz, ohne ein HiL-Labor aufsuchen zu müssen. Darüber hinaus bietet b-plus eine begleitende Tool-Landschaft, die aufeinander abgestimmt ist und sich kundenspezifisch anpassen lässt.



**FOKUSSIERT.**

Wir lösen am liebsten komplexe Aufgaben, machen es Ihnen gerne leicht und haben Ihre Ziele dabei stets im Blick.

### SPEISE- UND RÜCKSPEISE-SYSTEM

- › Ausgangsspannung bis 1.500 V
- › Modular einfach erweiterbar
- › 20 oder 32kW pro Modul



### BORDNETZSIMULATION

Sibo 105 – 75E-TS



- › gemäß VW80000 – LV124 – ISO7637
- › Alle Prüfpulse in Kurvenbibliothek vorhanden
- › Reale Kurven importieren und simulieren

automotive  
**testing expo 2018**  
europe

Automotive Testing Expo  
Messe Stuttgart  
05. – 07.06.2018



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE

Test now for 30 days free of charge:  
[www.ATZelektronik-worldwide.com](http://www.ATZelektronik-worldwide.com)