



© Nordsys

## V2X- UND C-V2X-TESTING IM CLOSED-LOOP-VERFAHREN

# Notbremsassistent auf Herz und Nieren prüfen

V2X-Kommunikation spielt zukünftig beim automatisierten Fahren eine wichtige Rolle – aber auch schon bei vorausschauenden Fahrerassistenzsystemen wie dem Notbremsassistent. Um die sichere Funktion der Systeme zu gewährleisten, bedarf es einer adäquaten Teststrategie. Welche zukünftigen Testanforderungen von ADAS-Funktionen unter Einbeziehung von V2X-Systemen Berücksichtigung finden müssen, zeigt der nachfolgende Beitrag.

Auf dem Weg zu den Automatisierungs-Leveln 3, 4 und 5 nach der Definition im Standard SAE J3016 ergeben sich neue Anforderungen an die verbaute Sensorik im Fahrzeug. Neben den „klassischen“ bordeigenen Sensoren wie Radar oder bildverarbeitenden Systemen, spielen kommunikative Sensoren mit zunehmendem Automatisierungsgrad eine immer bedeutendere Rolle. Als solche kommunikativen Sensoren lassen sich auf Vehicle-to-X- oder Cellular-V2X-basierende Kommunikationssysteme (V2X bzw. C-V2X) zusammenfassen. Sie erweitern den Erfassungshorizont der bordeige-

nen Sensorik durch den Austausch von Sensordaten anderer Fahrzeuge oder Informationen aus der Infrastruktur. Das führt zwangsläufig auch zu höheren Anforderungen an die in der Serienentwicklung verwendeten Testsysteme.

Bei der V2X-Kommunikation geht es im Wesentlichen um den Austausch von Informationen, die entweder reinen Informationscharakter für den Fahrer haben oder aber als zusätzliche Datenquelle für eine Sensordatenfusion Einfluss auf die Manöverentscheidung des automatisiert oder autonom fahrenden Fahrzeuges haben. So können zum Beispiel Informationen über die Signalphasen ei-

ner Ampel dem Fahrer lediglich angezeigt werden, oder aber das Fahrzeug verringert automatisch seine Geschwindigkeit bei Annäherung an eine bevorstehende Rotphase. Ein weiteres Beispiel ist die Funktion „Notbremsassistent“: Hierbei wird der Fahrer vor einem stark bremsenden Fahrzeug voraus gewarnt, obgleich die Sicht sowohl für den menschlichen Fahrer als auch für die Sensorik durch weitere Fahrzeuge verdeckt sein kann. In diesem Beispiel bringt ein Eingriff in die Längsführung bereits bei einem niedrigen Automatisierungsgrad einen Gewinn an Sicherheit.

## Closed- oder Open Loop?

Beim Testen der ersten Variante, also bei der reinen Informationsbereitstellung für den Fahrer, ist eine Closed-Loop-Betrachtung beim Testen in einem Hardware-in-the-Loop-Prüfstand (HiL) nicht zwingend erforderlich. Die empfangene Information hat zunächst keinen Einfluss auf das Fahrmanöver – im angeführten Beispiel die Längsführung – des eigenen Fahrzeugs. Das Testsystem kann einfacher gehalten werden, weil lediglich die Ampelinformationen sowie die Informationen über die Verzögerung eines vorausfahrenden Fahrzeuges für das Device under Test (DuT) bereitgestellt werden müssen. Die Ausgabe auf einem HMI hat keine direkte Auswirkung auf die Längsführung. Das Test-Setup und das zugrunde liegende Test-

ist die Simulation von V2X-Netzwerken inklusive der echten Erzeugung von den darin versendeten Nachrichten über virtualisierte Netzknoten. Diese Vorgehensweise vereinfacht das Test-Setup ganz wesentlich, weil selbst bei einer Vielzahl von Netzwerkteilnehmern, zum Beispiel Stausituation, stark befahrene Kreuzung oder mehrere Sondereinsatzfahrzeuge, nur wenig reale Kommunikations-Hardware vorhanden sein muss.

Zurück zum genannten Beispiel: Im zweiten Fall, also dem aktiven Eingriff in das Fahrmanöver, ist ein fest definiertes Testszenario nicht zielführend. Am Beispiel des Notbremsassistenten wird das schnell deutlich: Das automatische Abbremsen des eigenen Fahrzeugs führt im Idealfall zu einer Entschärfung der Gefahrensituation, sodass die Bremsleistung reduziert werden kann. Die au-



**Bild 1:** Das Open-Loop-HiL-System waveBEE hive kann V2X-Netzwerke simulieren – inklusive der echten Erzeugung von den darin versendeten Nachrichten über virtualisierte Netzknoten.

© Nordsys

szenario lässt sich daher fest definieren, da es lediglich von Interesse ist, ob der Fahrer rechtzeitig mit der zum jeweiligen Zeitpunkt definierten richtigen Information auf dem HMI versorgt wurde. Mit einer Open-Loop-Testumgebung lässt sich folglich die entsprechende V2X-Funktion bereits hinreichend abtesten.

Bei aktuell mit V2X ausgestatteten Serienfahrzeugen wurde dieser Testansatz mithilfe des waveBEE hive (Bild 1), einem Open Loop HiL System, und waveBEE to-go, einem Open Loop ViL-System für Realfahrttests, durchgeführt. Die Idee hinter waveBEE hive und to-go

tomatische Längsführung hat somit einen direkten Einfluss auf die Geschwindigkeit des Ego Fahrzeugs und damit selbstredend auf dessen Position im zeitlichen Ablauf des Testszenarios. Das Ego Fahrzeug ist das Fahrzeug, in dem das DuT später verbaut werden soll.

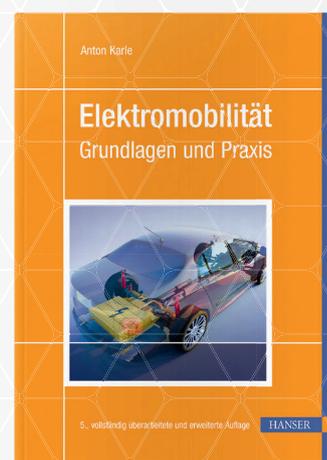
## Dynamisierung des Testablaufs

Beim Testen von Anwendungen, die auf V2X-Informationen aufbauen, sind zwei Informationen in den ausgetauschten Nachrichteninhalten elementar: Position und Zeit. Diese beiden Informationen

# So geht's vorwärts



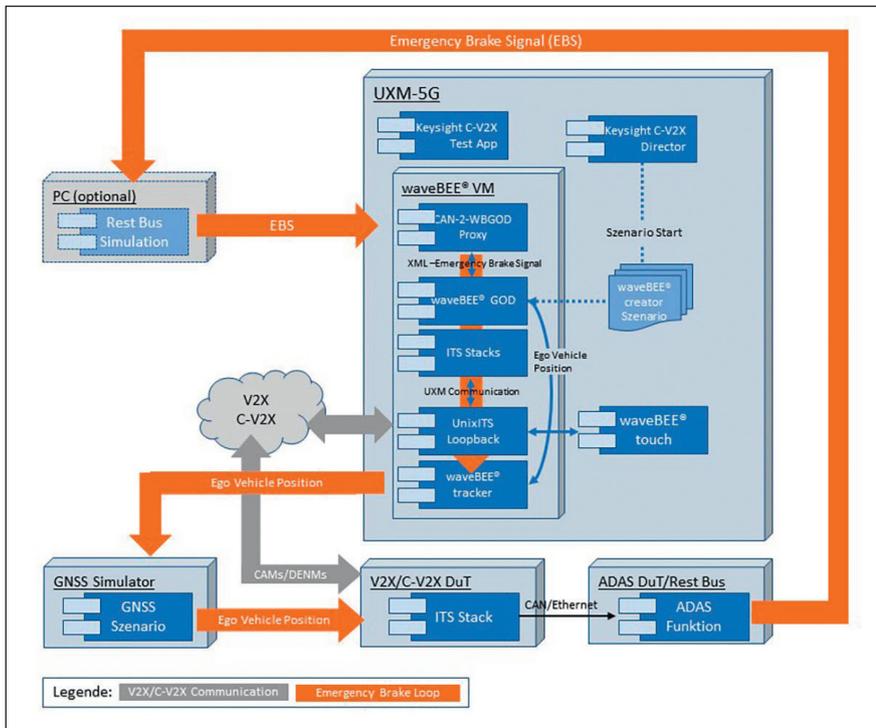
ISBN 978-3-446-45226-8 | € 32,-



ISBN 978-3-446-46860-3 | € 34,99



ISBN 978-3-446-45906-9 | € 32,-



**Bild 2:** Testaufbau eines Close-Loop-HiL-Systems für das Testen von V2X/C-V2X Funktionen am Beispiel des Notbremsassistenten mit den jeweiligen Datenflüssen. © Nordsys

sind als Minimalanforderung definiert, um verwertbare Nachrichten in einem V2X-Netzwerk überhaupt auszutauschen. Aus diesem Umstand wird schnell ersichtlich, dass ein automatisierter Eingriff in die Geschwindigkeit des Ego-Fahrzeuges direkte Auswirkungen auf die Ego-Position im weiteren zeitlichen Verlauf der Testausführung hat. Ein fest ablaufendes Testscenario stößt hier an seine Grenzen und es muss folglich sichergestellt werden, dass sich die Ortsinformation des Ego-Fahrzeuges zu jedem Zeitpunkt dynamisch verhalten kann. Die Frage hierbei: Wie lässt sich diese variable Ortsinformation bei einem feststehenden HiL-Aufbau in einer Laborumgebung realisieren? Zusätzlich erfordert das Testsetup eine einheitliche und synchronisierte Zeitbasis für alle Netzknotten im V2X-Netzwerk – unabhängig davon, ob sie aus der Simulation kommen oder reale Hardware in Form des DuTs im HiL-Aufbau integriert ist.

**Bild 2** zeigt einen entsprechenden Testaufbau mit den Datenflüssen im Closed Loop. Beim Testen des oben erwähnten Notbremsassistenten wird die Position sowie die Geschwindigkeit und deren Veränderung über die Zeit des vorausfahrenden Fahrzeugs in einem Testfalleeditor (waveBEE creator) fest defi-

niert. Für das Ego-Fahrzeug wird zudem eine Plantrajektorie festgelegt, die ohne einen automatisierten Eingriff in die Längsführung des Ego-Fahrzeuges zu einem Auffahrunfall führen würde. Die Ausführung des Testscenario, die zentrale Ablaufsteuerung sowie die Erzeugung der V2X-Nachrichten erfolgt in diesem Setup auf einer UXM-5G Wireless Test Plattform von Keysight Technologies, in welche die entsprechenden waveBEE Software-Komponenten für die GNSS-Ansteuerung sowie das Erzeugen der V2X-Nachrichten als virtuellen Maschine integriert wurden.

Sobald das Testscenario zentral über den „C-V2X Director“ gestartet wurde, „fährt“ das vorausfahrende Fahrzeug entlang der festgelegten Wegpunkte mit den jeweils definierten Geschwindigkeiten und überträgt diese Information mittels V2X-Nachrichten over-the-air an das V2X-DuT, das ebenfalls wie geplant „losfährt“. Diese dort decodierten Positionsinformationen können nun entweder über ein reales ADAS-Steuergerät oder eine Restbussimulation weiterverarbeitet werden und das Bremsmanöver wird entsprechend ausgelöst. Die Verzögerung führt zu einer dynamischen Veränderung der zuvor festgelegten Trajektorie des Ego-Fahrzeuges, was wiederum Einfluss beispielsweise auf die

Stärke der Verzögerung hat. Die Dynamik bei Ort und Geschwindigkeit des Ego-Fahrzeuges wird hierbei über eine Steuerung der GNSS-Signale im GNSS-Simulator erreicht und der Loop ist damit geschlossen. Für das Monitoring der V2X-Kommunikation sowie das Logging der V2X-Nachrichten ist eine waveBEE touch in den Testaufbau integriert.

Mit diesem Ansatz lassen sich unterschiedliche Bordnetzarchitekturen abtesten, bei denen zum Beispiel die GNSS-Informationen (Position und Zeit) für das Ego-Fahrzeug auch aus einem separaten Steuergerät („GPS-Empfänger“) stammen können. Ebenso erlaubt dieses Setup die Einbindung weiterer Simulatoren, wie 3D-Simulatoren oder Verkehrssimulatoren sowie zusätzliche reale Sensor-Hardware bis hin zu einem kompletten HiL-Setup, das sämtliche relevanten Sensoren sowie die Sensordatenfusion umfasst.

## Ausblick

Das oben dargestellte Beispiel ist ein recht einfaches Szenario und berücksichtigt damit nur einen Teil der zukünftigen Testanforderungen von ADAS-Funktionen unter Einbeziehung von V2X-Systemen. Liegt derzeit der Focus noch auf der reinen Kommunikationsfunktion von V2X/C-V2X werden in Zukunft kooperative Fahrfunktionen, bei denen sich mehrere Fahrzeuge und die Infrastruktur über V2X abstimmen, mehr und mehr an Bedeutung gewinnen. Damit zeichnet sich ab, dass Software-in-the-Loop, HiL- und Vehicle-in-the-Loop-Systeme zukünftig die gesamte verfügbare Sensorlandschaft berücksichtigen müssen. Letztlich werden jedoch auch immer noch Realfahrttests erforderlich sein. ■ (eck)

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



**Manfred Miller** ist geschäftsführender Gesellschafter von Nordsys Norddeutsche Systemtechnik in Braunschweig.