



AUTOREN



DIPL.-ING. SEBASTIAN SCHWAB
ist Senior-Ingenieur für Testsystems & Engineering bei der IPG Automotive GmbH in Karlsruhe.



DIPL.-ING. TOBIAS LEICHSENRING
ist Ingenieur für Testsystems & Engineering bei der IPG Automotive GmbH in Karlsruhe.



M. SC. MARC RENÉ ZOFKA
ist wissenschaftlicher Mitarbeiter beim FZI Forschungszentrum für Informatik in Karlsruhe.



DIPL.-INFORM. TOBIAS BÄR
ist wissenschaftlicher Mitarbeiter beim FZI Forschungszentrum für Informatik in Karlsruhe.

AKTUELLE TESTMETHODEN

Um die funktionale Sicherheit neuer Fahrerassistenzsysteme (FAS) abzusichern, kommen bei OEMs und Zulieferern je nach Entwicklungsphase unterschiedliche Test- und Bewertungsverfahren zum Einsatz. Simulationsmethoden wie Model-in-the-Loop (MiL) und Software-in-the-Loop (SiL) werden vor allem in einer frühen, Hardware-in-the-Loop (HiL) in einer späteren Entwicklungsphase eingesetzt. Die Systeme werden in ein virtuelles Fahrzeug integriert und im virtuellen Fahrversuch geprüft. Auf diese Weise können in

sehr kurzer Zeit zahlreiche Tests unter beliebig konfigurierbaren und reproduzierbaren Bedingungen durchgeführt werden [1]. Diese simulativen Methoden sind allerdings kein Ersatz für den realen Fahrversuch. Auch wenn die aktuellen Modelle sehr gut sind, besteht die Unsicherheit, dass die Ergebnisse nicht exakt auf das reale Fahrzeugverhalten übertragbar sind. Darüber hinaus ist eine subjektive Bewertung im Fahrversuch unerlässlich, um die Akzeptanz des Fahrers zu gewährleisten.

Das Testen von FAS im klassischen Fahrversuch auf Straßen wird jedoch mit

zunehmender Komplexität der Systeme immer aufwendiger. Während bei Einparkassistenten hauptsächlich nur stehende Objekte variiert werden müssen, um verschiedene Parkszenarien darzustellen, wird bei Systemen zur Unfallvermeidung wie dem Notbremsassistenten mindestens ein potenzieller Unfallgegner benötigt. In derzeit eingesetzten Verfahren werden hierfür sogenannte Dummy-Targets eingesetzt (zum Beispiel in [2]). Diese Ziele sind hauptsächlich für Auffahrtszenarien im Längsverkehr ausgelegt. Weitere relevante Verkehrssituationen, wie etwa Querverkehr an einer

DURCHGÄNGIGE TESTMETHODE FÜR ASSISTENZSYSTEME

Die neue Vehicle-in-the-Loop-Simulation (ViL) ist nach HiL und SiL eine innovative Methode, um die Komplexität bei der funktionalen Absicherung von Fahrerassistenzsystemen beherrschbar zu machen und gleichzeitig den Testaufwand zu reduzieren. Diese Methode kombiniert die Vorteile des Fahrversuchs und der Simulation, indem ein reales Fahrzeug in eine virtuelle Verkehrsumgebung eingebunden wird. IPG Automotive und das FZI Forschungszentrum Informatik entwickelten das Vehicle-in-the-Loop-Testkonzept, mit dem Assistenzsysteme wie Einparkassistent, Kreuzungsassistent und Fußgängererkennung auf beeindruckende Art und Weise validiert werden können.

Kreuzung, plötzlich einscherende Fahrzeuge oder, siehe ❶, die Kollisionsgefahr mit Fußgängern oder Radfahrern können nur eingeschränkt beziehungsweise mit erheblichem Aufwand untersucht werden.

VEHICLE-IN-THE-LOOP-ANSATZ

Die Vehicle-in-the-Loop-Methode (ViL) überwindet die Grenzen der bekannten Verfahren, indem die Methoden der Simulation und des klassischen Fahrversuchs miteinander kombiniert werden: Hierzu wird ein reales Fahrzeug in eine virtuelle Umgebung (mit Verkehr, Schildern, Straßenmarkierungen etc.) eingebunden und auf einem freien Gelände getestet [3]. Die Testmethode wurde am Beispiel des Parkassistenten bereits erfolgreich umgesetzt. Diese Kopplung von realer und virtueller Welt erlaubt in diesem Fall folgendes Testverfahren: Ein reales Testfahrzeug detektiert über virtuelle Sensoren simulierte parkende Fahrzeuge. Diese Informationen werden an das Steuergerät übertragen. Es bewertet die wahrgenommene Situation, misst die Parklücke aus und ermöglicht das auto-

matische Einparken in die virtuelle Parklücke. Dieses Testkonzept bietet folgende Vorteile:

- : reale Fahrdynamik
- : weniger materieller Aufwand als im rein realen Fahrversuch
- : reproduzierbare Testbedingungen
- : beliebig konfigurierbare Szenarien.

Weitere Anwendungsfelder für ViL sind unter anderem das Testen von Spurwechselassistenten, Notbremsassistenten mit und ohne Fußgängerbeziehungsweise Radfahrerererkennung, Ausweichassistenten sowie die Untersuchung komplexer, autonomer Fahrfunktionen im virtuell fließenden Verkehr.



❶ Anwendungsszenario des Notbremsassistenten für Fußgänger für die Vehicle-in-the-Loop-Methode

IPG Automotive und das FZI Forschungszentrum Informatik haben diesen ViL-Ansatz für einen durchgängigen Einsatz bei der Entwicklung von FAS anwendbar gemacht. Die Umsetzung basiert auf der offenen Integrations- und Testplattform CarMaker, welche in allen Phasen der Entwicklung für virtuelle Fahrversuche eingesetzt wird. Diese Plattform bringt bereits die Voraussetzungen mit, um FAS in allen signifikanten Einsatzszenarien simulationsbasiert zu untersuchen. Die eigentliche Herausforderung bestand daher in der Realisierung der Schnittstellen zwischen realem Fahrzeug, virtueller Umgebung und menschlichem Fahrer.

KOPPLUNG VON REALER UND VIRTUELLER WELT

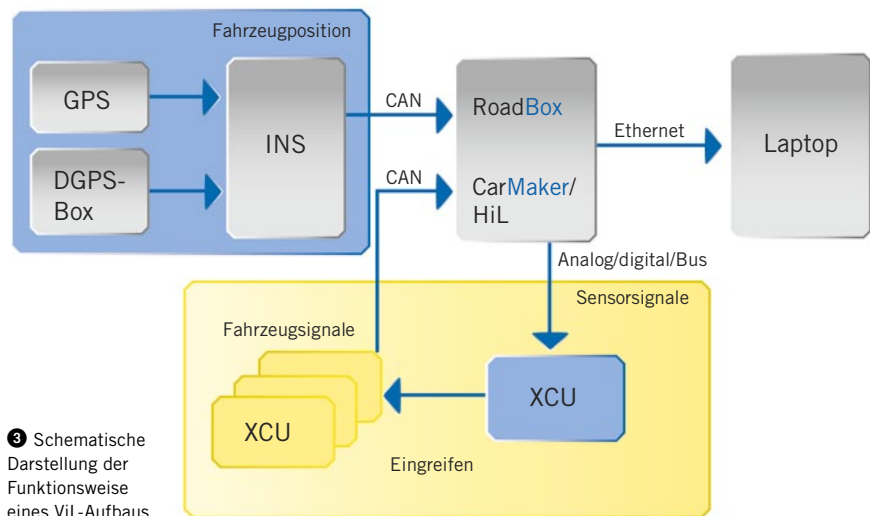
In CarMaker können individuelle Test-szenarien mit beweglichen Verkehrsobjekten (zum Beispiel Pkw, Omnibusse, Fußgänger) und unbeweglichen Objekten (wie parkenden Automobilen, Baustellen, Bäumen) generiert werden. Die Bewegungen der einzelnen Verkehrsobjekte werden auf Basis von Manöverabläufen konfiguriert und sind damit unabhängig von speziellen Fahrzeugen oder Strecken. Ebenso ist es möglich, dass sich der Verkehr autonom in der virtuellen Verkehrsumgebung fortbewegt.

Das reale Testfahrzeug wird über das Fahrzeugmodell von CarMaker in die virtuelle Verkehrsumgebung eingebunden, ②. Während es auf einer freien Fläche gefahren wird, bewegt sich das virtuelle Egofahrzeug synchron zum realen Fahrzeug im virtuellen Verkehr. Sensormodelle im virtuellen Fahrzeug erfassen die simulierten Objekte und übertragen die Signale in Echtzeit an die Steuergeräte. Je nach Entwicklungsstand können dies die realen Steuergeräte des Testfahrzeugs (HiL) oder virtuelle Steuergeräte (MiL/SiL) sein.

Voraussetzung für diese Kopplung ist eine exakte Erfassung der Position und der Bewegungen des Fahrzeugs in der Realität. Die Ermittlung dieser Daten erfolgt mittels DGPS-gestützter Koppelnavigation (Inertial Navigation System, INS). Unter Einsatz eines Kalman-Filters liefern auf dem Markt verfügbare Systeme eine ausreichende Positionsgenauigkeit von 1 bis 2 cm. CarMaker läuft auf einem Xpack4-Echtzeitsystem in der RoadBox-Ausführung. Dieses System ist



② Reales Einparkmanöver (Bilder oben) und in der ViL-Testumgebung (Bilder unten)



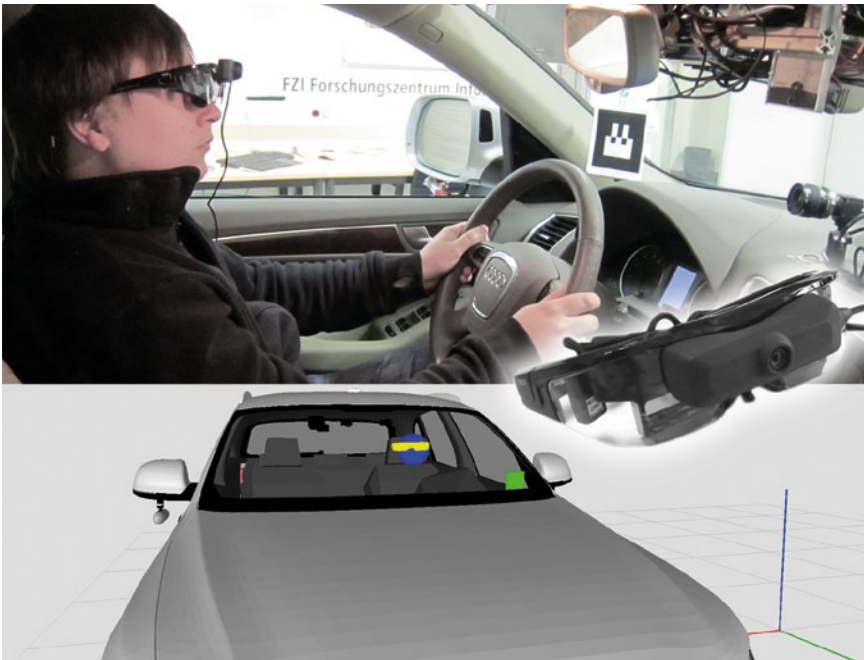
③ Schematische Darstellung der Funktionsweise eines ViL-Aufbaus

sehr leistungsfähig, sodass alle Daten in einem Rechenzyklus verarbeitet werden. Bei Bedarf lassen sich die analogen und digitalen Signale aufzeichnen. Xpack4 unterstützt hierzu die bekannten Bussysteme wie LIN, CAN, FlexRay, Ethernet sowie die entsprechenden Protokolle wie SPI, PSIS, CCP und XCP, ③.

Um den Fahrer in den Testprozess zu integrieren, bestehen zwei Möglichkeiten – je nachdem ob eine einfache Überwachung des Testablaufs ausreicht oder ein realistisches Fahrgefühl beim Fahrer oder Probanden erzielt werden soll. Im ersten Fall wird auf Monitoren im Fahr-

zeug die 3D-Echtzeitanimation IPGMovie gezeigt. Im zweiten Fall trägt der Fahrer eine Augmented-Reality-Brille mit See-Through-Technik. Hierbei werden die virtuellen Verkehrsobjekte, erzeugt durch IPGMovie, in Echtzeit auf die Displays der Brille projiziert, während die reale Welt durch die halbtransparenten Gläser wahrnehmbar bleibt.

Die Brille ist mit einer inertialen Messeinheit ausgestattet, mit der die Beschleunigungen und Drehraten des Kopfs bestimmt werden. Zusätzlich korrigiert eine Kamera in der Brille mithilfe eines optischen Markers an der Instrumententafel



4 Testfahrt mit Augmented-Reality-Brille (oben) und im virtuellen Modell visualisierte Kopfposenerkennung (unten)

die durch die Inertialsensorik geschätzte Ausrichtung des Fahrerkopfs [4]. 4 zeigt, wie auf Basis dieser Informationen die Kopfhaltung während der Fahrt in der virtuellen Umgebung gespiegelt wird und der Fahrer die reale und virtuelle Welt entsprechend seiner Blickrichtung betrachtet.

DURCHGÄNGIGER EINSATZ IM V-PROZESS

Das von IPG Automotive und FZI umgesetzte ViL-Testkonzept kann bei der modellbasierten Entwicklung durchgängig bis hin zur Absicherung im Fahrzeug eingesetzt werden, 5. Die Voraussetzung hierfür schaffen die offenen Schnittstellen und Standards der Testplattform. Zur MiL-Simulation können Modelle als C-Code oder als Simulink-Modell direkt in die Simulationsumgebung integriert werden. Darüber hinaus unterstützt CarMaker den Standard Functional Mock-up Interface






Unsere besondere Stärke: Zuverlässigkeit.

An Automobile werden die höchsten Ansprüche an Komfort, Leistung und Zuverlässigkeit gestellt. Alle Komponenten des Antriebsstranges müssen auf diese steigenden Herausforderungen ausgelegt und getestet sein. Weltweit vertrauen darum die führenden Hersteller von Automobilen, Nutzfahrzeugen und Agrar-Nutzfahrzeugen den

Problemlösungen von RENK Test System: schlüsselfertigen, kundenspezifischen Prüfsystemen mit einzigartiger Langlebigkeit und höchster Zuverlässigkeit.

Die Nr.1 bewegt.

www.renk-testsystem.eu



(FMI), sodass sich Modelle als Functional Mock-up Units (FMUs) einbinden lassen. Softwarekomponenten (zum Beispiel Autosar-basierte Systeme) können zudem auf einer virtuellen ECU in Betrieb genommen und in das Fahrzeug integriert werden (SiL). Auch reale Steuergeräte wie etwa Prototypen-Steuergeräte oder Steuergeräte aus anderen Fahrzeugen lassen sich in CarMaker integrieren (HiL).

Im ViL-Versuch arbeiten die Modelle wie die Steuergeräte im realen Fahrzeug in Echtzeit. So können verschiedene Funktionsstände in der Büro-Simulation vorbereitet und anschließend in den gleichen Szenarien sowie mit der gleichen Testumgebung im realen Fahrzeug getestet werden. Auf diese Weise können die Funktionen bereits in frühen Entwicklungsphasen des V-Prozesses, in denen noch keine Hardware zur Verfügung steht, im Fahrzeug „erlebt“ werden. Der Fokus ruht damit nicht allein auf der speziellen Einzelfunktion, sondern wird hin zum Gesamtfahrzeug gelenkt. Auch das Fahrerlebnis des Kunden kann frühzeitig einbezogen wer-



5 Durchgängigkeit der ViL-Methode im V-Prozess

den. Um die Akzeptanz für neue Funktionen zu untersuchen, lassen sich mit ViL bereits in der Phase der Modellentwicklung Probandenversuche durchführen.

Am Ende des V-Zyklus, wenn das Zielsteuergerät bereits im Fahrzeug integriert ist, kann ViL genutzt werden, um vor den eigentlichen Fahrversuchen einen sehr hohen Reifegrad der ADAS-Funktionen zu erreichen. Die Funktionalität der Systeme lässt sich mit ViL unter den verschiedensten Randbedingungen reproduzierbar prüfen, sodass nur noch stichprobenartige Tests unter komplett realen Bedingungen notwendig sind. Kostspielige Iterationsschleifen im Freigabeprozess können damit vermieden werden.

Die ViL-Tests können in allen Entwicklungsphasen automatisiert werden. In diesem Fall übernimmt das Fahrermodell IPGDriver die Rolle des Testfahrers und führt die definierten Manöveraufträge aus. Hierzu greift der virtuelle Fahrer in Echtzeit auf die Aktuatorik des realen Testfahrzeugs zu. Die Steuerung des Testfahrzeugs erfolgt durch ein Fahrermodell. Das Fahrerverhalten kann so konstant gehalten oder auch gezielt variiert werden, um systematisch den Einfluss des Fahrers (zum Beispiel sein Bremsverhalten) auf die Funktionen des Assistenzsystems zu untersuchen. Die Testverläufe und -ergebnisse sind exakt reproduzierbar, und die Automatisierung führt zu einer erheblichen Zeit- und Kostenreduktion.

FAZIT UND AUSBLICK

Das vorgestellte Testkonzept Vehicle-in-the-Loop (ViL) bietet maximale Durchgängigkeit in der modellbasierten Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen.



BERNER & MATTNER
AN ASSYSTEM COMPANY

ENGINEERING LÖSUNGEN UND PRODUKTE

Safety & Systems Engineering

Berechnung & Konstruktion

Entwicklung von ECU-Hardware-Prototypen inkl. Kleinserienfertigung

Modellbasierte Entwicklung von ECU-Funktionen

AUTOSAR & Virtuelle Integration

Integration und Betrieb von Testsystemen

Engineering von Tools & Testsystemen

Modell- & Software-Qualität

Zulieferer- und Qualitätsmanagement



Auf der Basis einer einheitlichen Modellplattform können MiL-, SiL-, HiL- und ViL-Tests durchgeführt werden – mit Test-szenarien, die nur einmal konfiguriert werden müssen und in allen Domänen wiederverwendet werden können.

Mit dem ViL-Konzept lässt sich nicht nur die funktionale Sicherheit der Steuergeräte absichern; in einer virtuellen, augmentierten Umgebung kann auch der Fahrer im Verbund mit den zukünftigen Fahrerassistenzfunktionen getestet werden. Insbesondere bei der Weiterentwicklung heutiger Assistenzsysteme zu teil- und hochautomatisierten beziehungsweise autonomen Systemen kann der ViL-Ansatz große Unterstützung leisten.

Der Erfolg autonomer Funktionen hängt schließlich maßgeblich von der Ausgestaltung der Schnittstelle zwischen Fahrer und Fahrzeug ab: Wie wird beispielsweise die Übergabe der Fahrzeugführung vom Fahrer auf das Assistenzsystem und zurück geregelt? Wie kann sichergestellt werden, dass der Fahrer bei einer autonomen Fahrt jederzeit „in the Loop“ zurückgeholt werden kann? Um solche Fragestellungen umfassend zu untersuchen, bietet das vorgestellte Konzept ein sichereres, realistisches und ressourcenschonendes Testverfahren.

LITERATURHINWEISE

- [1] Kremer, B.; Henning, J.: Event Based Testing of Driver Assistance Systems with Active Braking Intervention. Vortrag, brake.tech, München, 2008
- [2] Seiniger, P.; Bartels, O.; Unselt, T.; Rodarius, C.; Vissers, J.; Aparicio, A. und Baurès, S.: Ein validiertes Testverfahren für Notbremsysteme – Ergebnisse des Assess-Projekts. Vortrag, 5. Tagung Fahrerassistenz, München, 15. und 16. Juni 2012
- [3] Bock, T.: Vehicle in the Loop – Test- und Simulationsumgebung für Fahrerassistenzsysteme. Audi-Dissertationsreihe, Jg. 10, Dissertation, München, Technische Hochschule, 2008
- [4] Zofka, M. R.; Schamm, T.; Zöllner, M.; Miquet, C.; Schwab, S.; Pfeffer, R.: Neue Testmethode für reproduzierbare Echtzeittests von ADAS ECUs: Vehicle-in-the-Loop verbindet reale Fahrzeuge mit der virtuellen Welt. Vortrag, Chassis.tech plus, München, 24. und 25. Juni 2014

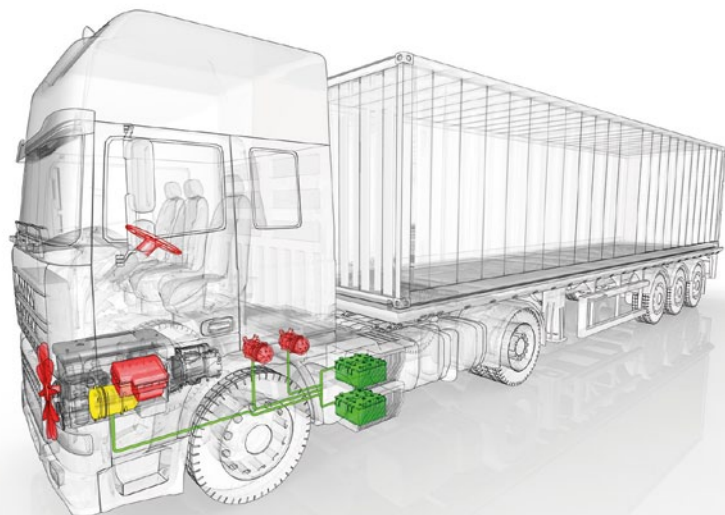


DOWNLOAD DES BEITRAGS
www.springerprofessional.de/ATZ



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE
order your test issue now:
springervieweg-service@springer.com

AVL 



AVL 48V Mild Hybrid für Nutzfahrzeuge

Optimierung des Gesamtfahrzeug-Systems

- System-Simulation bereits in der Konzeptphase auf einer integrierten Simulationsplattform
- Kombiniert mit einer intelligenten Kontrollstrategie
- Virtuelle Erprobung auf dem AVL HIL Prüfstand lange bevor Hardware verfügbar ist

bringt nachweisbare Vorteile

- bis zu 5% Verbrauchseinsparung im realen Fahrbetrieb
- niedrige Produktkosten und ein positiver ROI für Endkonsumenten
- geringes zusätzliches Gewicht und Volumen
- so zuverlässig wie konventionelle Systeme

AVL. Your Engineering Partner for Innovative Powertrain Solutions
www.avl.com