

DURCHGEHEND VON MODELLTESTS
BIS ZU HIL-TESTSYSTEMEN

Absicherung von Fahrerassistenzfunktionen

Neue FAS-Funktionen greifen vermehrt aktiv in bestehende Systeme wie Bremse und Lenkung ein und erfordern daher besondere Absicherungsmaßnahmen. Daher empfiehlt sich eine ganzheitliche Teststrategie. Das vorgestellte Konzept realisiert dazu einen durchgängigen Ansatz vom modellbasierten, echtzeitfähigen Funktionstest bis hin zur Absicherung von Steuergeräten mit Hilfe von hardwareunabhängigen Testfällen.

Kamera- und radarbasierte Fahrerassistenzsysteme (FAS) bilden aktuell einen der Schwerpunkte in der Automobilentwicklung. Diese Systeme überwachen bereits in etlichen Oberklassemodellen nicht nur den Zustand des Fahrzeugs, sondern beziehen die Fahrzeugumgebung mit Hilfe der Kamera- und/oder Radartechnologie aktiv mit ein. Die Absicherung dieser Funktionen erfordert aufgrund ihrer Komplexität eine ganzheitliche Teststrategie. Diese beginnt mit Funktionstests bereits in den Funktionsmodellen und reicht bis zur Absicherung von Steuergeräten mit hardwareunabhängigen Testsequenzen. Zu den genannten Systemen gehören z. B. ein Abstandsregeltempomat, eine Verkehrszeichenerkennung oder eine Spurverlassenswarnung. Teile dieser neuartigen Funktionen wie die korrekte Interpretation der sensorisch wahrgenomme-

nen Fahrzeugumgebung ist im Vergleich zu bisherigen Fahrzeugfunktionen sehr komplex. Daher kommt der Absicherung während des Entwicklungs- und des Integrationsprozesses große Bedeutung zu.

Die Absicherung solcher Systeme bedarf einer gründlichen Analyse des Systemverhaltens sowie der Systemausgaben sowohl in Standard- wie auch in Ausnahmesituationen. Ein spezielles Test-Framework ermöglicht die Konfiguration von applikationsspezifischen Fahrscenarien im Zusammenspiel mit einer synchronen Restbussimulation oder den Import von zuvor aufgezeichneten Verkehrsszenarien zur Stimulation des Systems. Die Ausführung der Testfälle erfolgt unter Echtzeitbedingungen für eine präzise Evaluierung der Systeme. Zur Absicherung der funktionalen Sicherheit macht das Einspeisen beliebiger Fehler eine Abbildung in der Simulation vollständig möglich.

MESSINA als SiL-HiL-Testplattform

Die dem Ansatz zugrundeliegende Testplattform MESSINA von Berner&Mattner adressiert die Herausforderungen der Funktionsentwicklung hinsichtlich Absicherung und bietet Entwicklern und Testern ein leistungsfähiges Framework mit modellbasierter Simulation, virtueller Integration und SiL-HiL-Testautomatisierung. Das Tool ermöglicht den gleichzeitigen Test verschiedener Modelle (MATLAB/Simulink, ASCET, etc.) und AUTOSAR-Funktionen.

Verteilte Funktionen sind bereits in einer frühen Phase des Entwicklungsprozesses zu analysieren, um Designfehler schnell und kostengünstig zu beheben. Dabei simuliert und testet die Plattform realitätsnah in Echtzeit. SiL-Tests lassen sich später beim HiL-Test umfangreich und kostengünstig weiter verwenden (Bild 1). Im gesamten Funktionsentwicklungsprozess verfügen Anwender über die nachfolgenden Möglichkeiten:

- Systematische Testspezifikationen mit CTE XL, einer indus-triebewährten Klassifikationsbaum-Methode zur Entwicklung strukturierter Testspezifikationen.
- Testfälle können entweder einfach und grafisch formuliert, oder mit der vollen Leistungsfähigkeit von JAVA spezifiziert werden. Die vorhandene Testfall-Parametrierung umfasst zudem Permutationstests im Wertesowie Zeitbereich.
- MESSINA unterstützt direkt eine Reihe von Modellen und kann über den Import-Wizard einfach um neue Modellarten erweitert werden.
- Echtzeit-Testkampagnen werden umfangreich wieder- verwendet – vom SiL-Test am Windows-XP-Rechner

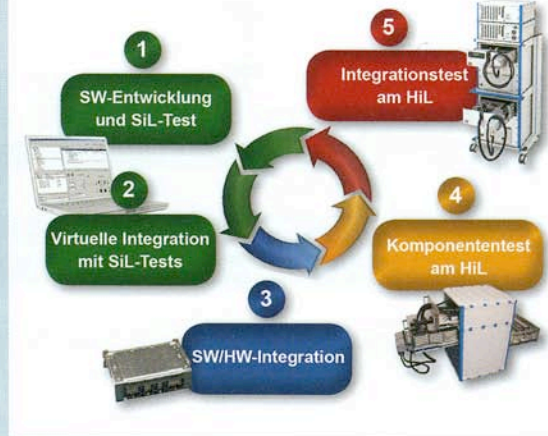


Bild 1: Absicherung mit MESSINA während des Entwicklungsprozesses.

© automotive

über Komponenten-HiLs bis zu Integrations-HiLs (SiL-HiL-Durchgängigkeit).

Die Testplattform unterstützt im SiL-Modus bereits die frühen Phasen der Funktionsentwicklung durch virtuelle Integration und Test der Funktionen am Entwicklerarbeitsplatz. Funktions- und Umgebungsmodelle sowie AUTOSAR-Softwarekomponenten lassen sich per drag & drop importieren. So kann damit jede Funktionsänderung auch im Funktionsverbund über den automatisierten Regressionstest verifiziert werden. Funktionale Fehler werden selbst

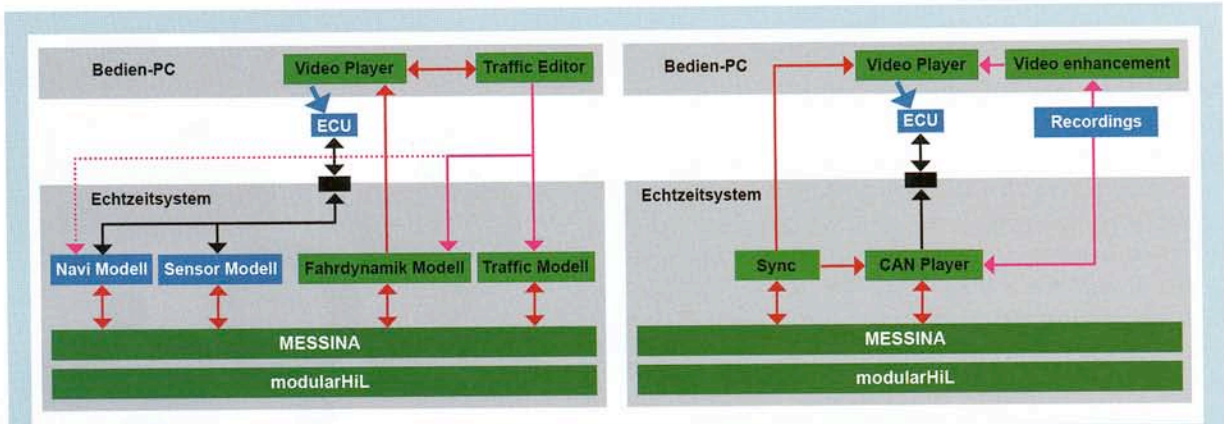


Bild 2: Simulation und Wiedergabe aufgezeichneter Daten im Testsystem.

© automotive

im Timingverhalten präzise und früh aufgedeckt und sparen so wertvolle Entwicklungszeit. Im HiL-Betrieb stehen im Wesentlichen die folgenden Anwendungsfälle im Vordergrund:

- Automatisierte Tests am Komponenten-HiL sowohl im Open-Loop- als auch im Closed-Loop-Betrieb. Änderungen an der Pin-Belegung, an Bussignalen und an diskreten I/Os sind in MESSINA aufgrund des flexiblen Signalpoolkonzeptes schnell anpassbar. Für viele Signaltypen stehen fertige Bibliotheken zur Sensorsimulation und Signalmessung zur Verfügung.
- Komponenten-HiL-Tests mit modularisierten und auf mehrere Echtzeitknoten verteilte Umgebungsmodelle, speziell für besonders leistungsintensive Umgebungssimulationen.
- Integrations-HiL-Tests: Mehrere Komponenten-HiLs werden hierzu sehr kostengünstig zum Integrations-HiL (Gesamtfahrzeug-HiL) vernetzt. Die MESSINA-Benutzeroberfläche beim SiL-, Komponenten-HiL- und Integrations-HiL-Testen ist identisch. Entwickler finden somit auch an den HiL-Systemen die vertraute Umgebung wieder.

Absicherung von FAS-Funktionen

Zur Absicherung von FAS-Funktionen wie ACC oder dem Spurhalteassistenten sind dabei grundsätzlich zwei verschiedene Konzepte realisierbar: Einerseits können synthetische Daten als Eingangsgrößen für das FAS-Steuergerät (bzw. seine Sensorik) dienen. Dabei werden virtuelle Fahrscenarien auf der Test-Plattform parametrisiert, welche in der späteren Testdurchführung als Stimulus für das FAS dienen. Alternativ ist die Einspielung von aufgezeichneten Sensordaten einer realen Fahrt im Fahrerassistenzsystem möglich (Bild 2). Bei der Absicherung von FAS-Funktionen mittels Simulationsdaten ist die Abbildung der Fahrumgebung in Form eines virtuellen Szenarios die zentrale Komponente des Testsystems. Die dabei involvierten Modelle haben die Aufgabe, die Messgrößen eines vergleichbaren realen Fahrmanövers möglichst detailgetreu nachzubilden. Die erste Komponente in diesem Modellverbund stellt das Eigenfahrzeugmodell dar. Dieses bildet die Fahrdynamik

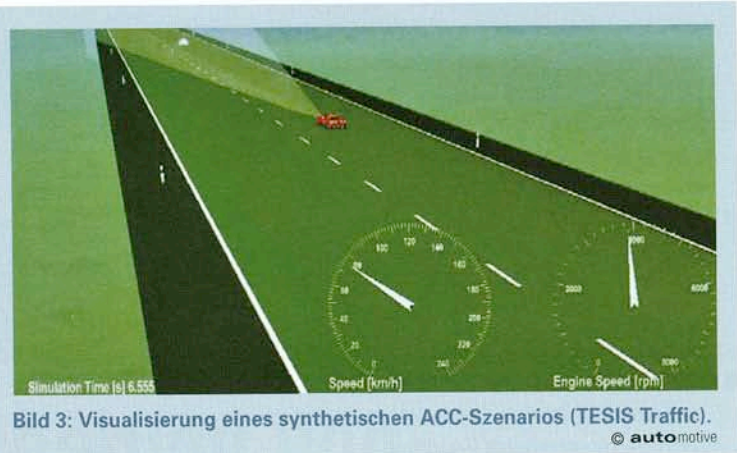


Bild 3: Visualisierung eines synthetischen ACC-Szenarios (TESIS Traffic).

© automotive

des Fahrzeugs, welches mit der FAS-Funktion ausgestattet ist, detailgetreu in der Simulation ab. Weitere Modelle übernehmen die Abbildung der Fahrumgebung. Diese definieren virtuelle Straßen mit hinterlegbarem Verlauf, Steigung, Oberflächeneigenschaften und Fahrspuren sowie weiterer dynamischer und statischer Objekte. Dies ermöglicht eine Simulation von anderen Verkehrsteilnehmern oder von statischen Verkehrsobjekten wie Verkehrszeichen. MESSINA ermöglicht somit die Simulation von verschiedenen konfigurierbaren, synthetischen Fahrscenarien und erlaubt die Nachbildung von typischen Manövern zur Evaluierung spezieller FAS-Funktionen. Die Schnittstelle zwischen dem FAS-Steuergerät und der Umgebungssimulation wird entweder durch ein virtuelles Sensormodell (Radarsystem) oder durch direkte Stimulation des zugehörigen realen Sensors (Kamerasystem) realisiert. Die Darstellung beliebiger, in der Realität teilweise aufwendig abzubildender Szenarien ist möglich (Bild 3). Zudem lässt sich, durch Variation der Szenarioparameter aus dem Testfall heraus, die Reaktion des Systems einfach in verschiedenen Konstellationen untersuchen. Da die Referenzgrößen zur Testfallauswertung direkt aus den Szenarioparametern ableitbar sind, eignet sich dieser Ansatz für evolutionäre Tests sowie zur Testautomatisierung.

Integration realer Sensordaten

Zur Absicherung können auch reale Sensordaten zum Test eines FAS-Steuergeräts herangezogen werden, die als real abgefahrte Fahrscenarien und Aufzeichnungen in Form von Bus-Mitschnitten vorliegen. Der Import derartiger Auf-

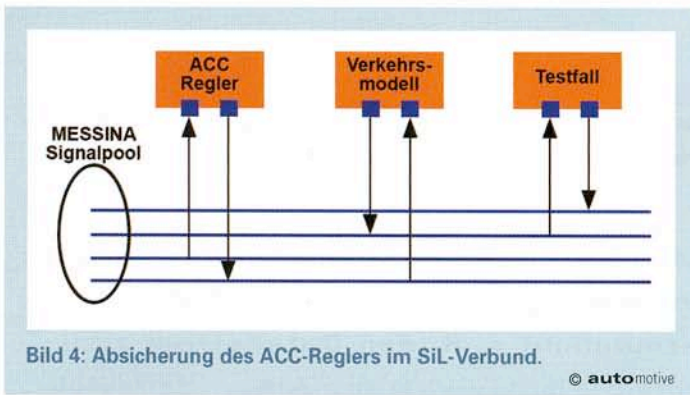


Bild 4: Absicherung des ACC-Reglers im SiL-Verbund.

© automotive

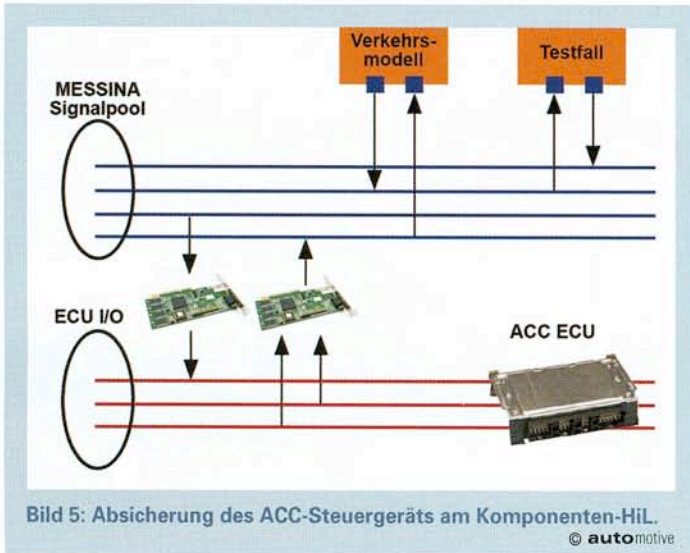


Bild 5: Absicherung des ACC-Steuergeräts am Komponenten-HiL.

© automotive

zeichnungen ist mit dem Tool möglich und gibt diese unter Berücksichtigung der zeitlichen Abfolge, in Echtzeit zur Stimulation des FAS-Steuergeräts (bzw. dessen Sensorik), wieder. Zeitgleich erfolgt die Testauswertung durch Abgleich mit einem separat zu erstellenden Referenzdatensatz zu jeder derartigen Aufzeichnung.

Die Integration von Sensordaten in den Testprozess ermöglicht die Absicherung des Testobjekts unter Realbedingungen. Allerdings setzt die Testauswertung zu jeder Aufzeichnung einen, meist manuell erstellten Referenzdatensatz voraus, der die für das Fahrerassistenzsystem relevante Information abbildet.

Test der ACC-Funktion im SiL-Betrieb

Bei der Entwicklung eines ACC-Reglers wird ein virtueller Regelkreis aufgebaut, in dem die zu testende Funktion integriert und evaluiert wird. Die Testplattform gestattet die Simulation eines kompletten ACC-Manövers, indem sowohl die Dynamik des Eigenfahrzeugs als auch Fremdverkehr virtuell dargestellt wird. Der virtuelle Regelkreis besteht aus einem Testfall, welcher das für den Test heranzuziehende Szenario festlegt. Die im Testfall hinterlegte Manöverdefinition dient als Eingabe für das Umgebungsmodell, welches die Dynamik des beteiligten Fremdfahrzeugs nach der Simulationszeit abbildet. In Kombination mit dem Eigenfahrzeugmodell können über ein Modell der involvierten Radarsensorik zu jedem Zeitpunkt Distanz und Relativgeschwindigkeit des Eigenfahrzeugs zum Fremdfahrzeug bestimmt werden. Diese Größen dienen dann als Eingabe für die zu testende ACC-Regelfunktion, die auf

Basis dieser Größen ein Brems- bzw. Beschleunigungsmotormoment berechnet, die Dynamik des Eigenfahrzeugs aktualisiert und damit den Regelkreis schließt. Der gesamte Regelkreis der ACC-Funktionalität im SiL-Betrieb ist in Bild 4 schematisch illustriert. Durch eine Modifikation der Parameter im Testfall kann man das Verhalten des ACC-Reglers in verschiedenen Situationen analysieren und gegen eine vorgegebene Spezifikationen evaluieren.

Absicherung des ACC-Steuergeräts am HiL

Auch das Steuergerät kann anstelle des Modells im SiL-Verbund in das Test-Framework MESSINA eingebunden werden. Dazu wird ein HiL-System benötigt, dass mit Hilfe von geeigneten Schnittstellenkarten die Verbindung zu dem Steuergerät herstellt. Sprechen also CAN-Adapter die Ein- und Ausgänge des ACC-Steuergeräts an, so können über diese die Eingangsgrößen sowie die Ausgabegrößen kommuniziert werden. Die Einbettung und Stimulation des realen Steuergeräts im Regelkreis der virtuellen Umgebungssimulation ist analog zum SiL-Betrieb, wie ihn Bild 5 veranschaulicht. Außer der Kommunikation mit dem Test-Target müssen keine Modifikationen an den restlichen Komponenten des Testsystems vorgenommen werden. Von großer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang, dass die SiL-Testfälle für den HiL-Betrieb wiederverwendet werden können und damit einen durchgängigen Test im Entwicklungsprozess sicherstellen.

Zusammenfassung

Die starke Integration von FAS-Funktionen im Fahrzeugverbund erhöht die Fehleranfälligkeit dieser sicherheitsorientierten Systeme im realen Einsatz. Der dargestellte Ansatz gewährleistet eine Absicherung derartiger Funktionen mit einer durchgehenden Unterstützung der einzelnen Entwicklungsphasen einer FAS-Funktion durch SiL- bis HiL-Tests. Anwender identifizieren Fehlverhalten der untersuchten Funktion selbst in hoch integrierten Systemen bereits früh im Entwicklungsprozess und sparen somit Zeit und Kosten. (oe)

Dipl.-Inf. Marcus Freitag
ist Abteilungsleiter Infotainment und FAS,

Dipl.-Ing. Hans Lang
ist Hauptabteilungsleiter Geschäftsbereich Automotive,

Dipl.-Ing. Jörg Reiner ist Software-Entwickler und

Dipl.-Inf. Thomas Tatschke
ist Senior System Ingenieur, alle bei Berner&Mattner.