



© iStock-872673304 metamorworks

ADAS VALIDIERUNG

Closed-Loop-Prüfsysteme bis SAE Level 5

Mit der Vision des Autonomen Fahrens geht auch ein erhöhter Bedarf an Fahrerassistenzsystemen sowie der entsprechenden Software und Sensorik im Fahrzeug einher. Damit steigen die Herausforderungen in der Entwicklung, denn die Software muss nicht nur in höherer Komplexität, sondern auch in immer kürzeren Zyklen entwickelt werden. Die ASAP Gruppe übernimmt deshalb für ihre Kunden die Konzeption und Umsetzung schlüsselfertiger Prüfsysteme zur automatisierten Validierung von Fahrerassistenzsystemen bis SAE-Level 5.

Die Anzahl an öffentlichen Teststrecken für autonome Fahrzeuge ist in den vergangenen Jahren weltweit gestiegen [1]. Ein wichtiger Schritt, um das Autonome Fahren voranzutreiben, da mit hochautomatisierten Fahrfunktionen vor einer finalen Freigabe mehrere Millionen Testkilometer zurückgelegt werden müssen. Bedenkt man jedoch, dass ein Testfahrzeug beziehungsweise der Fahrer am Tag nur rund 1.000 Kilometer zurücklegen kann und Extremsituationen wie et-

wa stehende Fahrzeuge bei einer Eigengeschwindigkeit von 200 km/h kaum in der Wirklichkeit getestet werden können, wird offenkundig: Reale Versuchsfahrten alleine werden nicht ausreichen, um Fahrfreigaben für die immer vielfältigeren und komplexeren Fahrfunktionen in immer kürzeren Entwicklungszyklen zu erwirken. Als Entwicklungspartner der Automobilindustrie konzipiert und setzt die ASAP Gruppe deshalb für ihre Kunden schlüsselfertige Prüfsysteme um, mit denen Fahrerassistenzsys-

teme für das Autonome Fahren bis Level 5 automatisiert validiert werden.

Anforderungen an Prüfsysteme für ADAS-Funktionen

Die Notwendigkeit für mehrere Millionen an Testkilometern mit hochautomatisierten Fahrfunktionen liegt in ihrer hohen Komplexität. Ein Beispiel: Für das autonome Navigieren durch den Stadtverkehr müssen Teilnehmer im Straßenverkehr und Objekte wie Verkehrszei-

chen erkannt und darauf korrekt reagiert werden. Nach der Erkennung müssen Motor- und Bremssteuergerät die Geschwindigkeit gemäß der Verkehrssituation anpassen und die Änderungen sollen dem Fahrer informativ angezeigt werden. Somit muss für eine einwandfreie Ausführung der Funktion unter anderem abgesichert werden, ob die Abstrahlwinkel der hierfür eingesetzten Sensoren jederzeit 100 Prozent des Fahrzeugumfelds abdecken, Objekte richtig erkannt und unmittelbar gemeldet werden oder auch, ob die Kommunikation zwischen den Steuergeräten innerhalb einer Wirkkette funktioniert. Um solche Funktionen frühzeitig validieren zu können, gewinnen neben Hardware-in-the-loop (HiL) die Software-in-the-loop (SiL) Tests immer mehr an Bedeutung.

Hierbei eingesetzte Modelle spielen dabei eine zentrale Rolle, denn sie bilden das zu entwickelnde Steuergerät, seine Verhaltenslogik, die passende Umgebungslogik, die es umgebende restliche Wirkkette und das Zusammenspiel zu anderen Steuergeräten sowie verschiedene Fahrzeugvarianten und Zielplattformen ab. Dank dieser Modelle können neue Fahrfunktionen an SiL-Plattformen und Prüfständen automatisiert validiert werden. Im Gegensatz zum Einsatz von SiL-Systemen, welche künftig eine Großzahl der notwendigen Erprobungskilometer einfahren müssen, ist der Einsatz von Verbundprüfständen mit realer Hardware und entsprechender Einspeisung für die erfolgreiche Abnahme autonomer Fahrfunktionen obligatorisch. Die Anforderungen an ein solches Prüfsystem sind entsprechend der Komplexität der zu testenden Funktionen sehr hoch.

Zum einen müssen die Entwickler dafür sorgen, dass das Prüfsystem beziehungsweise die im virtuellen Fahrzeug eingesetzte Sensorik bei virtuellen Testfahrten Informationen erhält – beispielsweise, dass einige Meter vor dem Fahrzeug ein anderer Verkehrsteilnehmer bremst oder ein Objekt steht. Hierfür werden die vorangehend erwähnten Modelle inklusive eines virtuellen Prüfumfelds benötigt. Zum anderen muss im Prüfsystem dann eine Rückmeldung der aufgenommenen Umgebung von der Sensorik an die Steuergeräte erfolgen, es muss demnach als Closed-

Loop-System aufgebaut werden: Unter Closed-Loop versteht man die Eigenschaft, dass ein real verbauter Steuergeräteverbund und die simulierte Umgebung in Interaktion stehen. Beschleunigen die beteiligten Steuergeräte beispielsweise virtuell auf eine bestimmte Geschwindigkeit, muss die simulierte Umgebung sich dementsprechend verändern und Rückmeldung über Steigungswinkel der Straße, Raddrehzahl und weitere Details an die entsprechenden Steuergeräte und Sensoren geben. Eine weitere Anforderung: die Rückmeldung der Umgebung soll ohne Umwege von der Sensorik in das Steuergerät eingespeist werden, sodass dieses unmittelbar entsprechend der Situation reagieren kann. Hierfür müssen die Entwickler für eine Abkopplung des realen Sensors vom Steuergerät und für eine direkte Simulation zu den Steuergeräten sorgen.

Die größte Herausforderung in der Entwicklung eines Closed-Loop-Prüfsystems für hochautomatisierte Fahrfunktionen liegt jedoch im Timing: Für sinn-

spielsweise zur Absicherung eines Autopiloten eine Fahrt bei 130 km/h simuliert, bei der von rechts ein anderes Fahrzeug mit 90 km/h einschert, so müssen alle aufgenommen Umgebungsdaten wie Geschwindigkeit, Abstände, Verkehrsschilder oder Straßenführung gleichzeitig und unmittelbar als Gesamtbild an das Steuergerät zurückgespielt werden, damit dieses eine schlüssige Datenfusion erstellen kann. Nur so kann, im Zusammenspiel mit allen weiteren Steuergeräten der Wirkkette, in diesem Beispiel die korrekte Funktion in Form der Einleitung eines Bremsvorgangs erfolgen.

Konzeption und Umsetzung eines Closed-Loop-Prüfsystems

Zu Beginn der Konzepterstellung für einen Closed-Loop-Prüfstand stehen zunächst die elektrische und mechanische Planung: geeignete Messtechnik und Simulationshardware werden ausgewählt und Rahmenbedingungen, wie etwa hinsichtlich benötigter Spannung, defi-



Bild 1: Verdrahtung der Kommunikationsleitungen für die Kommunikation aller Steuergeräte einer Wirkkette untereinander. © ASAP/Klaus Mellenthin

hafte Berechnungen und Tests muss sich aus den Modellen ein schlüssiges Gesamtbild für die Fahrzeugumfeldsensorik ergeben. Damit die gesamte Sensorik zeitgleich fusioniert werden kann – sich also ein schlüssiges Szenario ergibt – muss der Prüfstand demnach alle Informationen zeitsynchron (deterministisch) zur Verfügung stellen. Wird bei-

niert. Anschließend werden alle Komponenten eingeplant: Neben Messtechnik und Kfz-Elektronik werden benötigte Schnittstellen eingerichtet und alle Steuergeräte der Wirkkette der zu validierenden Funktionen integriert. Bei hochautomatisierten Fahrfunktionen sind eine Vielzahl von Steuergeräten Teil einer Wirkkette – angefangen von unter ande-

rem Kameras, Radaren, Ultraschallsensoren über Motorsteuergeräte und Head Unit bis hin zum Bremssystem. Jede Komponente einer Wirkkette beleuchten die Entwickler bei der Planung individuell. Dabei legen sie fest, ob das Steuergerät im Prüfstand real verbaut werden muss, eine Simulation genügt oder die Möglichkeit zum Umschalten notwendig ist. Das Umschalten zwischen realem und simuliertem Steuergerät sorgt für eine höhere Flexibilität des Testens am Prüfstand, da so in der Entwicklungsphase die Wirkkette zunächst mit der Simulation und erst später mit Prototypen beziehungsweise dem finalen Steuergerät überprüft werden kann. Zusätzlich wird die Integration simulierter Steuergeräte in der frühen Entwicklungsphase bevorzugt, da sie eine mögliche Fehlerquelle ausklammern können. Steuergeräte, die keine tragende Rolle in der Wirkkette spielen, sondern lediglich vorhanden sein müssen, werden deshalb grundsätzlich simuliert.

Die nächste Herausforderung in der Entwicklung des Prüfsystems liegt in der Kommunikation aller Steuergeräte untereinander. Sie muss im Prüfstand fehlerfrei abgebildet sein und die hierfür benötigten Kommunikationsleitungen zwischen den Steuergeräten müssen im Prüfsystem korrekt verdrahtet werden. Am vorangehend beschriebenen Beispiel der Absicherung des Autobahnpiloten erklärt, sorgen die Kommunikationsleitungen dafür, dass das von rechts langsamer einscherende Fahrzeug durch die Fahrzeugumfeldsensorik erkannt, die Information unmittelbar an das entsprechende Steuergerät übermittelt und von dort aus das Signal an das Bremssystem geschickt wird. Ist die Entwicklung des Prüfstands so weit vorangeschritten, dass die beschriebenen Planungsschritte alle berücksichtigt wurden und das Gesamtsystem komplett abgebildet ist, überprüfen die Entwickler nochmals den Bedarf an benötigter Messtechnik und Messpunkten: da sich die im Prüfstand eingeplanten Komponenten alle noch in der Entwicklung befinden, ergeben sich zu diesem späteren Zeitpunkt meist noch Änderungsbedarfe, die an dieser Stelle nachträglich ergänzt werden können. So bleibt der Aufbau des Prüfsystems bis kurz vor Fertigstellung flexibel für die individuellen Anforderungen des Kunden.

Modelle für den Einsatz am Prüfstand

Zeitgleich zu Beginn der Konzepterstellung für den Closed-Loop-Prüfstand beginnt die Modellbereitstellung in enger Abstimmung mit dem Bereich Prüfsysteme mit der Erstellung der vorange-

levante Signale, die keine Auswirkung auf die Wirkkette haben, werden durch eine statische Restbussimulation dargestellt. Dynamische Anteile der Wirkkette werden so realitätsnah wie möglich simuliert. Ein solches Modell besteht aus circa 60 bis 70 kleinteilig aufgebauten Modulen. Werden im Laufe der Entwick-



Bild 2: Closed-Loop-Prüfstand für den Einsatz der Modelle. © ASAP/Klaus Mellenthin

hend erwähnten Modelle, die später zur Validierung am Prüfstand eingesetzt werden. Umgebungsmodelle für die Absicherung von Komponenten oder Wirkketten müssen alle am Prüfsystem nicht real verbauten Steuergeräte, Bussysteme und das Fahrzeugverhalten realistisch simulieren können.

Mit steigendem Reifegrad der Steuergeräte nimmt auch die Komplexität der Modelle zu. In einem aktuellen Projekt erstellen Experten der ASAP Gruppe die für die Entwicklung von ADAS-Funktionen benötigten Modelle für SiL- und HiL-Tests, die verschiedenste Fahrzeugmodelle inklusive aller Optionen für Sonderausstattungen bedienen. Im Modell zur Validierung der autonomen Navigation durch den Stadtverkehr etwa sind das Steuergerät selbst, seine Verhaltenslogik, die passende Umgebungslogik, die es umgebende Wirkkette und das Zusammenspiel mit anderen Steuergeräten sowie verschiedene Fahrzeugvarianten und Zielplattformen abgebildet. Für die Nachbildung der Verhaltenslogik – also der Reaktion des Steuergeräts auf eingehende Signale – werden zunächst alle relevanten Komponenten der Wirkkette definiert. Nicht-re-

levante Änderungen notwendig, können diese schnell und gezielt am entsprechenden Modul innerhalb des Gesamtmodells umgesetzt werden. Anschließend wird das Modell mit zusätzlichen Eigenschaften vor dem produktiven Einsatz an einem Closed-Loop-Prüfstand automatisiert verifiziert.

24/7 im Einsatz

Vor den Tests am Prüfstand wird dieser von den Entwicklern beim Kunden in Betrieb genommen. Dabei wird zunächst mit dem Gesamtsystem begonnen, das unter anderem hinsichtlich Funktionalität der Elektrik überprüft wird. Im Anschluss werden die Steuergeräte aktiv geschaltet, wobei ihre Kommunikation mit anderen Steuergeräten sowie ihre Erreichbarkeit für die Diagnose kontrolliert werden. Die Diagnosewerte wiederum werden dann für eine finale Überprüfung des gesamten Prüfsystems analysiert. Nach erfolgreicher Inbetriebnahme bietet der Closed-Loop-Prüfstand für die Entwicklung hochautomatisierter Fahrfunktionen diverse Vorteile. Zum einen ist durch den Einsatz einer Testautomatisierung die Absiche-

rung nicht auf manuelle Eingaben angewiesen und kann folglich rund um die Uhr kostengünstig eingesetzt werden; alle Ergebnisse werden dabei automatisiert dokumentiert. Zum anderen ermöglicht der Prüfstand die gezielte Reproduktion von Fehlern, sodass Funktionen auf die ausgewählten häufigsten Fehlerquellen hin untersucht werden können.

Die Reproduzierbarkeit ermöglicht zudem ein kontinuierliches Re-Testing der Steuergeräte unter exakt gleichen Prüfbedingungen. Im Vergleich zum realen Fahrversuch lassen sich am Prüfstand Funktionen mit deutlich gesteigerter Prüftiefe über eine Vielzahl von Parameterräumen umfassend absichern: Für jedes Steuergerät bietet der Prüfstand sowohl die Option zu Tests an einem Einzelprüfplatz als auch zur Validierung im vernetzten System der Wirkkette. Verglichen mit realen Fahrversuchen werden die Funktionen am Prüfstand darüber hinaus in sicherer Umgebung erprobt: Würde etwa die Sensorik oder die Verarbeitung ihrer Daten durch die Fahrfunktionen bei einem Test am Prüf-

stand versagen, resultiert dies nicht wie unter realen Testbedingungen in kostspieligen Schäden am Fahrzeug oder der Testumgebung.

Fazit

Die Validierung am Prüfstand reduziert den Bedarf an realen Fahrversuchen mit teuren Prototypen auf ein Minimum und sorgt so nicht nur für eine Zeit-, sondern auch für eine Kostenoptimierung der Validierung. Den Millionen an Testkilometern zur Absicherung hochautomatisierter Fahrfunktionen von morgen steht damit nichts mehr im Wege. ■ (oe)

www.asap.de

Quellenverzeichnis

[1] ADR5: Autonomous mobility is coming – faster than you think: <https://www.rolandberger.com/en/Publications/ADR5-Autonomous-mobility-is-coming—faster-than-you-think.html> (zuletzt abgerufen am 17. Dezember 2020)



Martin Schiefenhövel ist Leiter Prüfsysteme bei der ASAP Gruppe.

Signale und Daten aus verschiedenen Messgeräten zusammenführen

Yokogawa hat eine integrierte Softwareplattform eingeführt, die die Daten mehrerer Messgeräte auf demselben Bildschirm zeitlich synchron darstellt. Dies gibt Entwicklern eine genaue Sicht auf das Verhalten elektronischer und mechanischer Komponenten in Korrelation zu deren ansteuernden Signalen und Schaltvorgängen. Das ist z. B. bei der Entwicklung von Motorumrichter notwendig, für die häufig mehrere

Geräte zur Erfassung aller Messdaten erforderlich sind. Für Messungen mit hohen Abtastraten kann die IS8000 Software mit dem DL950 ScopeCorder via der optionalen 10-Gbit-Ethernet-Schnittstelle verbunden werden, um bis zu 8 Kanäle mit 10 MS/s in Echtzeit auf den PC zu streamen. Der Präzisions-Leistungsanalysator WT5000, der neue DL950 ScopeCorder und das Oszilloskop DLM5000 von Yokogawa können über den PC konfiguriert, ferngesteuert und überwacht werden. Hochgeschwindigkeitskameras von Drittanbietern können ebenfalls gesteuert werden, wodurch die Bedienung und Steuerung verschiedener Instrumente vereinfacht wird. Eine weitere Funktion ist die Möglichkeit, Hochgeschwindigkeitsbilder zu synchronisieren, sodass die physischen Aktionen von Geräten mit Steuerungs- und aktuellen Kurvenformen korreliert werden können.

de.yokogawa.com



Die Korrelation des Timings von Kurvenformen von verschiedenen Messgeräten liefert ein genaues Bild des Verhaltens komplexer Systeme. © Yokogawa

Inertiales/GNSS System für Fahrdynamik & ADAS Tests

ADMA
Ausgaberate
1000 HZ



- GNSS-synchron
- Einfache Handhabung
- Abstandsberechnung in Echtzeit
- Keine Drift im Stillstand
- Schnellste Initialisierung
- Hohe Datenrate mit 1 kHz bei geringster Datenlatenz (< 1ms)
- Einfache Konfiguration im Browser: keine extra Software nötig
- Jahrzehntelanges Applikations-KnowHow
- Kundenorientierter & dedizierter Support

Kompetenz
in GNSS und
inertialer
Messtechnik



GeneSys Elektronik GmbH

In der Spöck 10
77656 Offenburg

www.genesys-adma.de