



Die Vielfalt beherrschen

dSPACE Lösungen für hochautomatisiertes Fahren

Das Thema „hochautomatisiertes Fahren“ steht im Fokus der Aktivitäten vieler Automobilhersteller. Karsten Krügel und Hagen Haupt, bei dSPACE verantwortlich für virtuelle Absicherung beziehungsweise Simulationsmodelle, erläutern die Herausforderungen bei der Entwicklung von Funktionen für automatisiertes Fahren.



Herr Krügel, hochautomatisiertes oder autonomes Fahren ist in aller Munde. Auch bei dSPACE?

Natürlich – autonomes Fahren ist bei uns ein wichtiger Schwerpunkt, da viele unserer Kunden aktuell an Lösungen zu diesem Thema arbeiten. Wir haben in den letzten Jahren viel in unsere Werkzeuge investiert, um die OEMs und Zulieferer bei der Entwicklung und der Absicherung von Funktionen für autonomes Fahren zu unterstützen. dSPACE versteht sich als Gesamtanbieter von Software- und Hardware-Lösungen in diesem Bereich, wie auch unsere Webinar-Reihe hierzu zeigt.

Herr Haupt, was sind die Kernelemente für die Entwicklung und für die Absicherung solcher Funktionen?

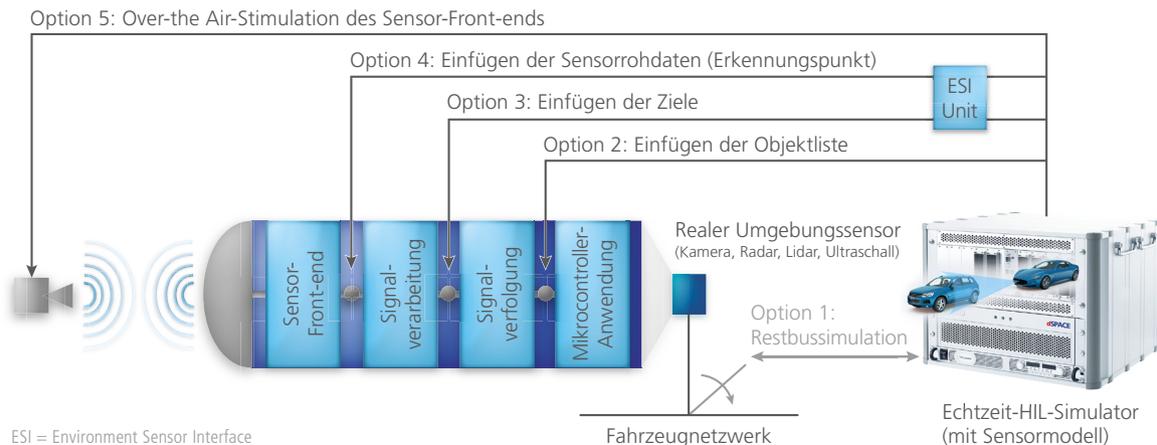
Hier spielen mehrere Aspekte eine Rolle: Zunächst einmal benötigt man völlig neue Methoden und Standards, um Funktionen für autonomes Fahren sowie Sensorfusions- und Wahrnehmungsalgorithmen zu entwickeln. Adaptive AUTOSAR oder Automotive Ethernet sind hier als Beispiele zu nennen. Des Weiteren muss man die Komplexität der realen Welt möglichst umfassend und genau simulativ erfassen, da eine realistische Simulation der Kernpunkt der Absicherung ist. Hier helfen neu entstehende offene Beschreibungsformate wie Open-

DRIVE, OpenSCENARIO und Open Simulation Interface (OSI) den Herstellern bei der Entwicklung der passenden Werkzeuge. Mit Hilfe dieser Werkzeuge werden die Konfigurationen für die Simulationsmodelle erstellt, um definierte Szenarien realitätsnah in der Simulation nachstellen zu können. Natürlich werden für die Entwicklung der Funktionen auch neue Prototyping-Lösungen benötigt. Hierzu erweitert dSPACE seine Produktpalette um die MicroAutoBox Embedded SPU. Diese bietet eine einzigartige Kombination aus hoher Rechenleistung, Schnittstellen zu automotiven Fahrzeugnetzwerken und Umgebungssensoren, GNSS-Positionsbestimmung, drahtloser Kommunikation und extrem kompakter, robuster Bauweise für den Einsatz im Fahrzeug. Im Artikel „Multisensor All-rounder“ im dSPACE Magazin 1/2017 haben wir sie ausführlich vorgestellt.

Was gilt es bei der Simulation zu beachten?

Haupt: Eine besondere Herausforderung ist die an den Anwendungsfall angepasste Nachbildung aller relevanten Effekte in der Fahrzeug- und Umgebungssimulation. Wesentlicher Bestandteil sind hier die Sensormodelle, die den Spagat zwischen physikalischer Realität und höchstmöglicher Effizienz schaffen müssen. Für

>>



Prinzipdarstellung einer Closed-Loop-Testumgebung mit unterschiedlichen Optionen für die Einspeisung von Sensorsignalen: Abhängig von der benötigten Genauigkeit, können Sensorsignale auf unterschiedliche Arten in die HIL-Simulation eingebunden werden.

die Lösung dieser Probleme bietet dSPACE Sensormodelle in verschiedenen Detaillierungsgraden an. Das Portfolio reicht vom technologieunabhängigen Sensor, der aus den verfügbaren Informationen direkt Objektlisten erstellt, bis hin zum physikalischen Kameramodell für die direkte Bilddateneinspeisung.

Was bedeutet das konkret für die Prozesse bei den Zulieferern und OEMs?

Krügel: Um die Funktionen für hochautomatisiertes Fahren abzusichern, müssen sowohl entwicklungsbegleitend als auch für eine endgültige Freigabe eine große Anzahl von Tests auf diesen Detaillierungsgraden durchgeführt werden. Dieser immense Testumfang lässt sich neben den etablierten Methoden nur noch mit Hilfe rein softwarebasierter Simulationsplattformen wie dSPACE VEOS bewältigen. VEOS ermöglicht den Einsatz von PC-Clustern, mit denen auf hunderten von Rechenknoten parallel eine große Anzahl von Simulatio-

nen innerhalb weniger Tage ablaufen kann. In den frühen Entwicklungsphasen existieren zudem noch keine Steuergeräte-Prototypen, so dass hier für entwicklungsbegleitende Simulationen virtuelle Steuergeräte (V-ECUs) zum Einsatz kommen. Weil ein vollständiger Wirkkettentest sehr viele V-ECUs erfordert, ist es nicht praktikabel, die Software per Hand zu integrieren. Aus diesem Grund kommen immer mehr Continuous-Integration-Ansätze zum Tragen, bei dem die V-ECUs vollautomatisch aus den neusten Integrationsständen generiert werden. Da all diese Änderungen Prozessanpassungen oder vollständig neue Arbeitsschritte bei den Zulieferern und OEMs erzwingen, bietet dSPACE hierfür umfassende Beratung und Unterstützung an.

Benötigt man dann gar keinen HIL-Simulator mehr?

Haupt: Die Hardware-in-the-Loop-Simulation ist für die Freigabetests gemäß ISO 26262 weiterhin unver-

zichtbar. Dabei werden auch Sensoren wie Kamera oder Radar in das HIL-System integriert, da die Signalverarbeitung im Sensor, die Sensorfusion und die Umfeldmodellerstellung im Steuergerät die Wirkkette maßgeblich beeinflussen. Die Sensoreinbindung ist in unterschiedlichen Detaillierungsstufen möglich – von der Restbussimulation der Objektlisten über die Einspeisung von Rohdatenströmen bis hin zur Stimulation der vollständigen Systeme über Over-the-Air-Ansätze. dSPACE bietet für alle diese Varianten maßgeschneiderte I/O-Lösungen an. So wurde zum Beispiel mit der Environment Sensor Interface Unit eine leistungsfähige Hardware entwickelt, mit der die bildgebenden Sensoren auf Rohdatenebene an den HIL angebunden werden können.

Inwiefern müssen denn die Modelle realistischer sein als bisher?

Haupt: Für die Bereitstellung der schon angesprochenen Rohdaten-

Die Entwicklung und der Test von Funktionen für das autonome Fahren beeinflussen die Werkzeugketten und etablierte Arbeitsprozesse in der Automobilindustrie.



Hagen Haupt (links) und Karsten Krügel (rechts) erläutern das dSPACE Lösungsangebot für autonomes Fahren.

ströme spielen Sensormodelle, die auf phänomenologischen oder physikalischen Ansätzen basieren, eine immer größere Rolle. Sie werden typischerweise innerhalb von 3D-Grafikumgebungen gerechnet. dSPACE bietet hier mit den neu entwickelten Sensormodellen für Kamera und Punktwolken in MotionDesk leistungsfähige Lösungen. Weitere Modelle zur Simulation von Radarsensorik sind in der Entwicklung.

Muss dann nicht auch die ganze Umgebung realistischer werden?

Haupt: Die realistische Darstellung der Sensorphysik wirkt sich natürlich auch direkt auf die Modellierung der Umgebung mit ihren Komponenten wie Straßennetzwerk, Randbebauung, Verkehrszeichen und auch auf die Darstellung der Verkehrsteilnehmer aus, da diese in der Simulation immer mit den Sensormodellen interagieren. Aber nicht nur die Verkehrsobjekte selbst, sondern auch ihr Verhalten muss immer realistischer abgebildet werden. Stichworte sind hier intelligentes Fahrerverhalten mit Beachtung von Verkehrsregeln oder realistische Verkehrsszenarien, deren Definition mit den herkömmlichen Methoden sehr aufwendig wäre.

Welche Verbesserungen gibt es für die Umgebungssimulation?

Haupt: Neue, bessere Lösungen sind hier die Integration von intelligenten Fahrer- oder Verkehrsmodellen oder die Kopplung mit etablierten Verkehrssimulationslösungen wie Simulation of Urban Mobility (SUMO) oder Verkehrsfluss-Simulationssoftware (VISSIM). Außerdem wird mit den dSPACE Automotive Simulation Models (ASM) die Multiagentensimulation ermöglicht, bei der mehrere vollwertige Fahrzeuge mit Funktionen für autonomes Fahren ausgestattet werden und in einer gemeinsamen Umgebung fahren. Wichtig sind natürlich auch die Methoden zur möglichst einfachen Szenariodefinition. Dabei geht es sowohl um die Verwendung von realen Karteninformationen zur Beschreibung der Straßennetze als auch um den Import von Bewegungsdaten für die Verkehrsobjekte. Die Generierung der Straßennetze ermöglichen wir auf Basis von Navigationsdaten wie OpenStreetMap oder hochgenauer HD-Karten. Für Bewegungsdaten bietet unser etabliertes Werkzeug ModelDesk Schnittstellen, die einen komfortablen Import von Szenarienbeschreibungen aus realen Fahrzeugversuchen oder aufgezeich-

neten Mess- und Unfalldaten wie der GIDAS-Pre Crash Matrix (PCM) ermöglichen.

Wo liegt denn nun der große Unterschied zwischen bisherigen Tests und Tests für hochautomatisiertes Fahren?

Krügel: Sicher ist, dass man viel mehr testen muss als bisher. Aber es gilt natürlich nicht nur viel, sondern auch das Richtige zu testen. Hier werden ganz neue, intelligente Testmethoden notwendig sein, die kritische Szenarien oder ungewünschte False Positives aufspüren, da niemand rein anforderungsbasiert einen umfassenden, vollständigen Testkatalog definieren kann. Hier kann dSPACE mit seinen Werkzeugen unterstützen, beispielsweise mit den Scenario-Observern. Beim randomisierten Testen beobachten diese permanent die Simulation und bereiten die Simulationsergebnisse in anschaulicher Form auf. So wird es für den Tester einfacher, die für ihn interessanten Situationen in der Menge von Daten zu finden und zu analysieren.

Bei der Menge an Daten ist deren Verwaltung ein wichtiges Stichwort. Was bietet dSPACE hier an?

Krügel: Unsere Test- und Datenmanagement-Software SYNECT bietet

>>

Webinar-Reihe Autonomes Fahren

Zu den wichtigsten Aspekten für die Entwicklung und den Test von Funktionen für hochautomatisiertes Fahren bietet dSPACE sechs kostenlose Vorträge.

Mehr Informationen finden Sie unter: www.dspace.com/go/AD-Webinar

die nötige Infrastruktur, um die vollautomatisierte Absicherung von Funktionen für autonomes Fahren auf entsprechenden MIL-/SIL- oder

Die gemeinsame Nutzung realer und virtueller PCs in einem Cluster bietet eine bisher unerreichte Flexibilität für den Test komplexer Fahrszenarien.

HIL-Testplattformen zu unterstützen. Mit SYNECT lassen sich die gewünschten Testszenarien und zugehörigen Daten wie Simulationsmodelle und Parameter zentral verwalten. Zudem können die unzähligen Testläufe effizient geplant und automatisiert durchgeführt werden, wodurch sich über Nacht Millionen von Testkilometern auf einem PC-Cluster abfahren lassen.

Herr Krügel, Herr Haupt, wir danken Ihnen für das Gespräch.

Dr. Karsten Krügel ist Senior Product Manager Virtual Validation bei dSPACE.

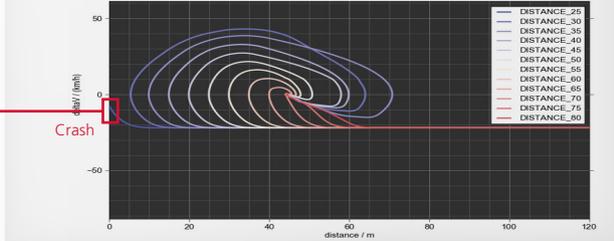
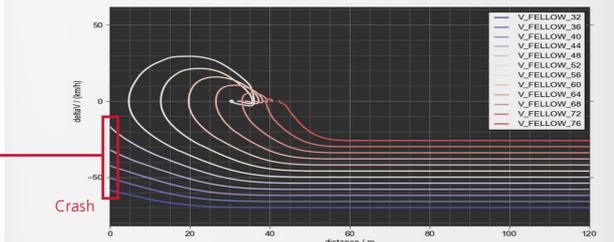
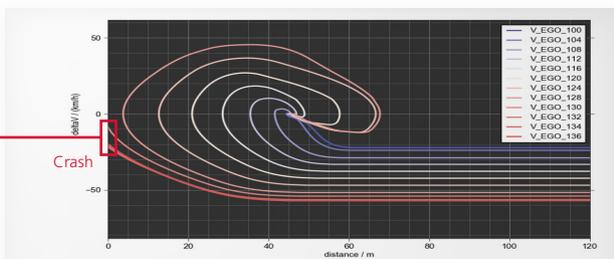
Dr. Hagen Haupt ist Section Manager Modeling and HIL Simulation im Bereich Application Engineering bei dSPACE.

Die grafische Auswertung zeigt, bei welchen Parametern (Fahrgeschwindigkeiten der beiden Fahrzeuge und Abstand) das Fellow-Fahrzeug problemlos vor dem Ego-Fahrzeug auf die Fahrspur einscheren kann. Die rot markierten Einstellungen führen zu einem Zusammenstoß.

V_EGO [km/h]	V_Fellow [km/h]	Distance [m]
100	80	75
104	80	75
108	80	75
112	80	75
116	80	75
120	80	75
124	80	75
128	80	75
130	80	75
132	80	75
134	80	75
136	80	75

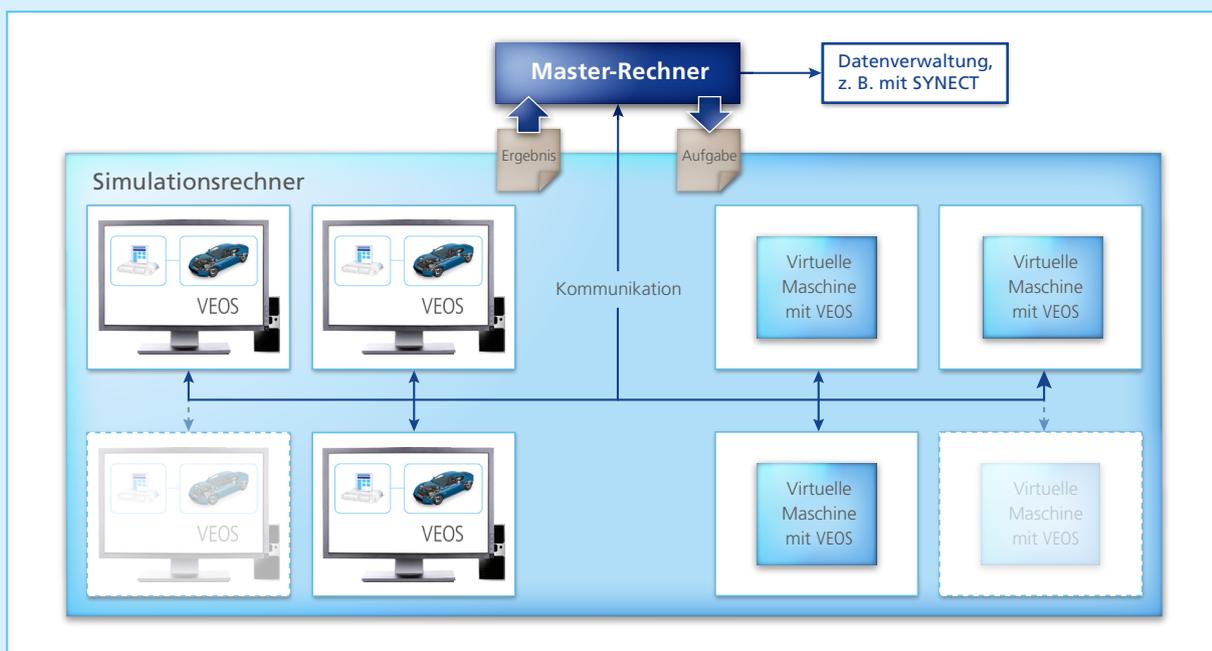
100	32	75
100	36	75
100	40	75
100	44	75
100	48	75
100	52	75
100	56	75
100	60	75
100	64	75
100	68	75
100	72	75
100	76	75

100	80	25
100	80	30
100	80	35
100	80	40
100	80	45
100	80	50
100	80	55
100	80	60
100	80	65
100	80	70
100	80	75
100	80	80





Kombinierte Rechenleistung für Multiagentensysteme



Ein besonderer Aspekt in der Absicherung von Fahrerassistenzsystemen und Funktionen für hochautomatisiertes Fahren besteht in der Interaktion mehrerer hochautomatisierter Fahrzeuge mit anderen intelligenten Verkehrsteilnehmern in Multiagentensimulationen. Hierzu müssen zahlreiche Verkehrsszenarien mit unterschiedlichem Verhalten der Verkehrsteilnehmer durchgespielt werden, wodurch die zur Absicherung notwendige Testmenge massiv ansteigt. Der Einsatz von Software-in-the-Loop

(SIL)-Simulationen auf Windows-basierten VEOS-Clustern ermöglicht eine deutliche Erhöhung des Testdurchsatzes bei gleichzeitiger Skalierbarkeit. Dazu werden die zu testenden Fahrscenarien in einen zentralen Master-Rechner eingespeist. Dieser verteilt die einzelnen Tests in einem Netz aus Simulationsrechnern, die entweder als PC oder als virtuelle Maschine eingebunden sind. Auf der dort installierten Simulationsplattform VEOS werden die Tests dann im Batch-Betrieb durchgeführt und

die Testergebnisse auf den Master zurückgespielt. Dank der Modularität und Automatisierbarkeit der dSPACE Werkzeuge lässt sich prinzipiell jeder automatisierte SIL-Test auf einem Simulationsrechner durchführen. Der Testdurchsatz steigt dadurch mit der Anzahl der Rechner als Faktor. Die Integration der Cluster-Steuerung in die Test- und Datenmanagement-Umgebung SYNECT ermöglicht dabei eine optionale Einbindung in existierende Test- und Continuous-Integration-Prozesse.