

Unsere Vision der Zukunft ist klar: Autos sollen ihren Weg zum Ziel autonom, also ohne einen Fahrer zurücklegen können. Bereits die ersten Schritte hin zu einer Autonomie stellen dabei Herausforderungen dar: Fahrzeuge sind zwar heutzutage bereits teilweise autonom unterwegs, allerdings nur in sehr eingeschränkten Situationen.

Ein (teil-)autonomes System wie etwa ein AutobahnpiLOT ist nicht nur rein funktional bereits anspruchsvoll in der Entwicklung, sondern es muss auch über die intendierte Funktion hinaus jederzeit ungeachtet der Umstände ein sicheres Verhalten gewährleisten. In der Praxis ergeben sich unzählige Situationen, die durch Tests abgesichert werden müssen. Dass diese Tests nicht alle auf der Straße erfolgen können, ist klar. Selbst simulative Lösungen, die in Echtzeit direkt mit dem Steuergerät arbeiten, sind aktuell durch die reine Menge überfordert.

So sieht die Lösung aus

Unsere Lösungsstrategie zur Bewältigung dieses Problems lässt sich grundsätzlich in drei Bereiche unterteilen: die Testobjekte, den Simulationsaufbau und die Testziele.

Die Testobjekte und Aufteilung der Tests

Es wird und muss weiterhin zentrale, kritische Tests geben, die direkt mit dem zu testenden Steuergerät und

den Steuergeräteverbunden oder auf der Straße durchgeführt werden. Um die benötigte Menge an Tests durchzuführen, wird ein erheblicher Teil der Tests in Software-in-the-Loop (SIL)-Systemen – und damit mit einem virtualisierten Testobjekt – durchgeführt werden müssen. Im Fokus steht als Subject under Test (SUT) der eigentliche Code der zu testenden Funktion(en). Aus technischer Sicht gibt es unterschiedliche Ansätze, das virtuelle Testobjekt bereitzustellen: So kann der Code als abgeschlossene und ausführbare Einheit über entsprechende Schnittstellen in das Simulationssystem eingebunden werden. dSPACE arbeitet daran, diese Art der Bereitstellung mit Hilfe von Containertechnologie zu realisieren. Darüber hinaus kann insbesondere Serienelemente auch in Form sogenannter virtueller Steuergeräte (V-ECUs) integriert werden. dSPACE bietet mit der Software SystemDesk alle Vorteile einer Serienelement-Integration von Busanbindung bis Betriebssystemkonfiguration. Um festlegen zu können, wie das Testobjekt zu virtualisier-

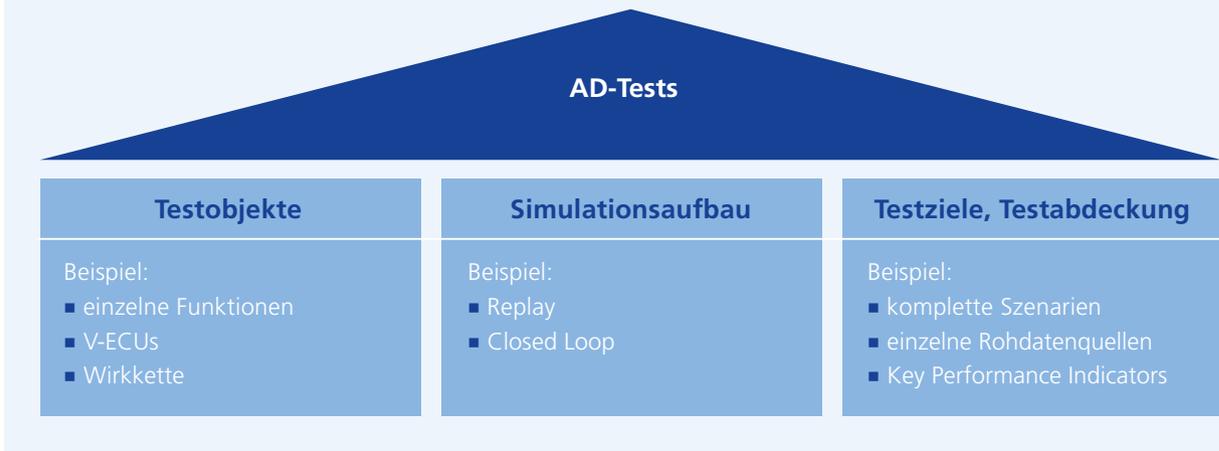


Schon gewusst? Ab 2020 bietet dSPACE seine SIL-Tools auch auf Linux-Betriebssystemen an.

A futuristic city street at night, illuminated by streetlights and car headlights. Several cars are driving on the road, and glowing blue arcs connect them, representing communication or data exchange. Pedestrians and a cyclist are also visible on the sidewalks. The overall scene is a digital representation of a smart city environment.

Der Hürdenlauf des autonomen Fahrens

Von szenariobasiertem Testen
und SIL-in-the-Cloud



Die drei Säulen der Lösungsstrategie

ren ist, muss der Testumfang genau festgelegt werden. Soll der Test einzelner Funktionen, der kompletten Steuergeräte-Software oder einer bestimmten vollständigen Wirkkette ermöglicht werden? Von diesen Faktoren hängt letztlich ab, wie das SUT auszusehen hat.

Der Simulationsaufbau

Der zweite Bereich bezieht sich auf den Simulationsaufbau und betrifft sowohl das Simulationssystem als auch dessen Infrastruktur. Dank dem Einsatz von SIL wird die Simulation unabhängig von Echtzeit und dedizierter Hardware. dSPACE bietet mit VEOS eine PC-basierte Simulations- und Integrationsplattform, die als Grundlage für SIL-Tests dienen kann. Aus zwei Gründen ist diese Flexibilität besonders wichtig: Zum einen lassen sich so Umgebungssimulationen in beliebiger Simulationstiefe realisieren. Dies umfasst neben Motor- oder Batteriemodellen insbesondere auch Sensormodelle, die von der Arbeit mit Objektlisten bis hin zu

sensorrealistischen Daten alle relevanten Detailtiefen abbilden. Zum anderen ist es das Ziel, den Testaufbau so einfach wie möglich zu vervielfachen, um einen hohen Testdurchsatz zu erreichen. Hier bieten Cloud-Systeme – sowohl öffentliche als auch beim Kunden eingerichtete Rechenzentren – mit Hilfe von Container- und Orchestrierungstechnologien eine Plattform für die vielfache parallele Instanziierung. dSPACE arbeitet an einer nahtlosen Integration seiner Werkzeuge in Cloud-Systeme durch die direkte Bereitstellung von vorkonfigurierten Containern, beispielsweise mit vorinstalliertem VEOS.

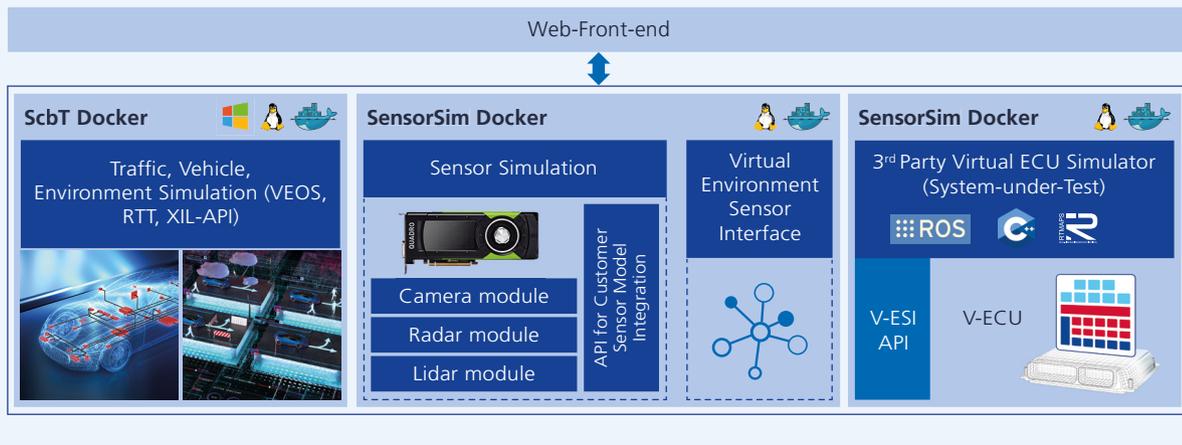
Die Testziele

Damit bleibt der um Größenordnungen steigende Testbedarf an sich. Letztendlich wird die Validierung darauf hinauslaufen, eine Vielzahl bestimmter Verkehrssituationen in der Simulation zu absolvieren. Hier soll die Simulation und Variantierung synthetischer Szenarien betrachtet

werden. Aber auch das erneute Abspielen von während eines Fahrversuchs aufgezeichneten Messdaten wird einen erheblichen Anteil der Validierung ausmachen. Zunächst geht es um die eigentliche Quelle der Tests oder, angelehnt an die Pegasus-Methodik, die Szenarien, die ein Fahrzeug erfolgreich abfahren soll. Dabei handelt es sich im Grundsatz um Variationen einer verhältnismäßig geringen Menge an Vorlagen, den sogenannten logischen Szenarien. So muss etwa eine bestimmte Ausweichsituation im Innenstadtverkehr in unterschiedlichsten Varianten unter verschiedenen Rahmenbedingungen erprobt werden, während die grundlegende Situation gleich bleibt, etwa ein anderes Fahrzeug wechselt unerwartet die Spur. Liegt erst einmal ein Grundstock von Szenarien vor, dient dieser als Quelle für die Generierung zahlreicher konkreter Testfälle. Von der Konfiguration eines logischen Szenarios ausgehend, erzeugt ein Algorithmus die endgültigen konkreten Szenarien, die dann im Rahmen der Simu-

„Der Aufbau von Szenariendatenbanken, die Herkunft der Szenarien und deren Relevanz zur Erreichung der Testziele sind Fragen, die derzeit praktisch alle unsere Kunden umtreiben.“

Karsten Krügel, Senior Product Manager Virtual Validation, dSPACE



SensorSim-SIL-Technologie

lation ausgeführt werden. Einfache Algorithmen implementieren hier Permutationen, die gleichzeitige Fixierung einzelner Parameter oder auch stochastische Vorgehen. Weitergehende Algorithmen versuchen durch Optimierungsverfahren oder künstliche Intelligenz gezielt kritische Szenarien zu identifizieren. Ein weiterer Aspekt wird bei dem Testaufbau oft unterschätzt: Der gesamte Prozess muss zwingend automatisiert werden bei gleichzeitiger Möglichkeit zur zentralen Konfiguration. Bei der Absicherung von morgen steht nicht die Definition ausgefeilter Testabläufe im Fokus, sondern die Konzentration auf das Wesentliche, nämlich auf messbare Eigenschaften der Testfälle. Diese Eigenschaften lassen sich aus den für die Simulation aufgezeichneten Messwerten berechnen. Der Vorteil hierbei: Ihre Formulierung ist intuitiv, beispielsweise ist die Relativgeschwindigkeit zweier hintereinander fahrender Fahrzeuge direkt aus den jeweiligen Geschwindigkeiten ableitbar. Diese Eigenschaften werden während oder nach der Simulation berechnet, haben jedoch keine Auswirkung auf den eigentlichen Testablauf. Dies ermöglicht es, im geschlossenen Betrieb (Closed Loop) immer einen festen Testablauf zu verwenden. Damit entfällt die Notwendigkeit einer manuellen Definition von Testschritten. ■

Schon gewusst? dSPACE ist auch für die Generierung von Szenarien auf Basis real gemessener Sensorrohdaten der richtige Partner.

Fazit

Im Zuge der Entwicklung des autonomen Fahrens ändern sich die ganz grundsätzlichen Zusammenarbeitsmodelle zwischen OEM, klassischem Zulieferer und Plattformanbieter. Es steht nicht mehr die Auslieferung eines fertigen Steuergeräts im Mittelpunkt, sondern die Integration verteilter Fahrzeugfunktionen und deren – möglicherweise firmenübergreifende – frühzeitige Absicherung. Hier gilt der Grundsatz: Je früher ein Fehler gefunden wird, desto günstiger ist seine Korrektur. Der Zugriff auf gemeinsame Simulations- und Testinfrastrukturen ermöglicht hier neue Formen der Zusammenarbeit, stellt aber letztlich auch nur die Lösung einer der vielen Herausforderungen dieser Zusammenarbeit dar. Die Absicherung gegenüber den unzähligen verschiedenen Szenarien

stellt eine der zentralen Herausforderungen für autonomes Fahren dar. Daher fußt das szenariobasierte Testen bei dSPACE auf diesen drei Säulen. Viele der genannten Aspekte werden abgebildet, jedoch können diese beliebig in die Tiefe gehen. Da dSPACE sich als Gesamtanbieter für Absicherung positioniert, bieten wir Lösungen in jedem der genannten Bereiche an. Dank unserer Werkzeugkette ist es mit nur wenigen Klicks möglich, die Validierung von Funktionen oder Gesamtverbundsimulationen mit hoher Testabdeckung und Szenarienvariation durchzuführen und den zuständigen Entwicklern jederzeit schnelles Feedback über ihre Code-Qualität zu liefern. Damit sollte sich auch die Anzahl der tatsächlich benötigten Testfahrer und -fahrten wieder auf einen realisierbaren Rahmen reduzieren.