

# Test und Absicherung im virtuellen Fahrversuch

Alexander Frings, Martin Herrmann, IPG Automotive GmbH

Test und Absicherung im virtuellen Fahrversuch sind aufgrund von Steuergeräten mit steigendem Funktionsumfang und der nahezu unbegrenzten Menge möglicher Szenarien wichtiger denn je. Wir haben mit Alexander Frings (Teamleiter Produktmanagement Engineering Services) und Martin Herrmann (Business Development Manager ADAS and Automated Driving) darüber gesprochen, wie neue Möglichkeiten für die Szenariengenerierung dazu beitragen können, eine möglichst hohe Testabdeckung zu erzielen.

## Was genau bedeutet „Virtuelle Absicherung“, und warum ist sie so wichtig?

**Frings:** Virtuelle Absicherung ist der Abschluss eines möglichst virtuellen Entwicklungsprozesses, in dem so wenig reale Komponenten und Systeme wie nötig eingesetzt werden. Damit möchte man erreichen, schneller auf den Markt zu kommen, bessere und sicherere Produkte anzubieten und dabei Kosten gegenüber dem konventionellen Entwicklungsprozess einzusparen.

Die Fahrzeugsimulation in unterschiedlichen Umgebungen und unter verschiedenen Bedingungen soll sicherstellen, dass die Funktionen stets korrekt

arbeiten. Dabei muss man sichergehen, dass das, was simuliert wurde, auch der Realität entspricht.

## Welche Möglichkeiten existieren, um die reale Umgebung in der virtuellen Welt abzubilden?

**Frings:** Die erste Frage eines Ingenieurs muss sein: Wo soll gefahren werden? Am besten ist eine virtuelle Straße mit realem Vorbild geeignet. Die Erstellung von Abbildern realer Straßennetze ohne manuelle Arbeit im Scenario Editor und ohne Durchführung zusätzlicher Messungen ist sehr gefragt. Deshalb haben wir in CarMaker 9 den Here HD Live Maps-Import in den Scenario Editor integriert. Dabei handelt es sich um sehr genaue Straßenkarten,

die online verfügbar sind. Mit diesem neuen Feature ist es möglich, aus den Online-Daten von Here ein virtuelles Straßennetzwerk im ROAD5-Format zu erstellen.

Das Straßennetzwerk ist dabei jedoch nur eine Komponente des statischen Teils eines Szenarios. Szenarien beinhalten darüber hinaus noch die Beschreibung aller dynamischen Verkehrsteilnehmer und Objekte wie etwa von anderen Fahrzeugen oder Fußgängern.

## Welche Rolle spielen Szenarien im virtuellen Fahrversuch?

**Frings:** Szenarien sind ein grundlegender Bestandteil. Da wir die Sicher-



heit der Fahrzeuge in allen erdenklichen Situationen gewährleisten wollen, ist es wichtig, dass wir eine sehr große Anzahl an Szenarien testen. Wohlwissend, dass wir alle relevanten Szenarien, also eine hundertprozentige Testabdeckung, nie erreichen werden. Es wird immer Corner Cases geben, die wir nicht kennen oder mit denen wir nicht gerechnet haben.

Je mehr Situationen analysiert und in den virtuellen Fahrversuch überführt werden, desto mehr kritische Szenarien können getestet werden. Eine große Szenarienvielfalt hilft uns, die entwickelte Fahrfunktion „herauszufordern“.

Um die Unsicherheit bei der virtuellen Absicherung zu reduzieren, ist es notwendig, alle verfügbaren Quellen von Testszenerien zu nutzen. Mögliche Quellen sind etwa: abgeleitete Testfälle aus den spezifizierten Systemanforderungen, Unfalldatenbanken, standardisierte und genormte Tests oder Aufzeichnungen aus Feldtests.

## Bietet sich dafür die Methode „ScenarioRRR“ (Record, Replay, Rearrange) an?

**Frings:** Ja, dies ist eine Methode, welche die Szenarienerstellung aus realen Sensormessdaten unterstützt. Hierfür werden in einem ersten Schritt Trajektorien für ein „Replay“ in der Simulation verwendet. Sobald die Verkehrsobjekte in einem CarMaker Testrun abgebildet sind, können sie je nach Bedarf angepasst werden, um Variationen der aufgezeichneten Szene zu ermöglichen. Auf dem Open

House 2019 haben wir vorgestellt, wie die Konvertierung von Straße und Trajektorien und die Parametervariation bei einem Autobahnszenario aussehen können. Für das diesjährige Open House waren wir auf der Suche nach weiteren, frei verfügbaren Datensätzen, um die Methode zu demonstrieren.

Dabei sind wir unter anderem auf LevelXdata, eine Sammlung von Datensätzen von der fka GmbH, gestoßen. Die Besonderheit dieses Datensatzes ist, dass dabei Drohnen einen fixen Punkt vermessen und die Aufnahmen so eine Vielzahl von Objekten erfassen.

## Gibt es weitere Möglichkeiten, solche realen Szenarien in die virtuelle Welt zu übertragen?

**Herrmann:** Seit kurzer Zeit arbeiten wir gemeinsam mit unserem Partner Scale AI an einem Service, der komplexeste Szenarien aus der realen Welt in die Simulation überträgt. Scale AI hat sich auf das Labeling von Sensordaten autonomer Fahrzeuge spezialisiert. Die Annotationen werden normalerweise als Ground Truth von Perzeptionsteams bei der Entwicklung der Objektdetektions- und Sensorfusionsalgorithmen genutzt. Aber sie sind auch eine sehr gute Grundlage für die Generierung von Simulationsszenarien für CarMaker mit der ScenarioRRR-Methode.

Der Kunde testet mit seiner Flotte im Feld und aktiviert, z. B. durch einen Fahrereingriff bei einem festgestellten Fehlverhalten des Systems, die Datenspeicherung; alle Sensordaten der vergangenen Sekunden werden dann

aufgezeichnet. Am Ende des Tages werden die Sensorrohdaten auf die Plattform von Scale AI hochgeladen, wo sie annotiert werden – dynamische Objekte, Verkehrsschilder, Straßenmarkierungen etc. werden gelabelt und klassifiziert. Die abstrahierten Daten, also die Objektliste, geht dann an das Perzeptionsteam beim Kunden für das Training der Detektionsalgorithmen, aber auch an uns. Denn bei uns wird mit der bereits erwähnten ScenarioRRR-Methode ein CarMaker-Szenario extrahiert und für Variationen vorbereitet. Dieses Szenario kann dann für die Planungs- und Funktionsentwicklungsteams zur Integration in deren Testkataloge zur Verfügung gestellt werden.

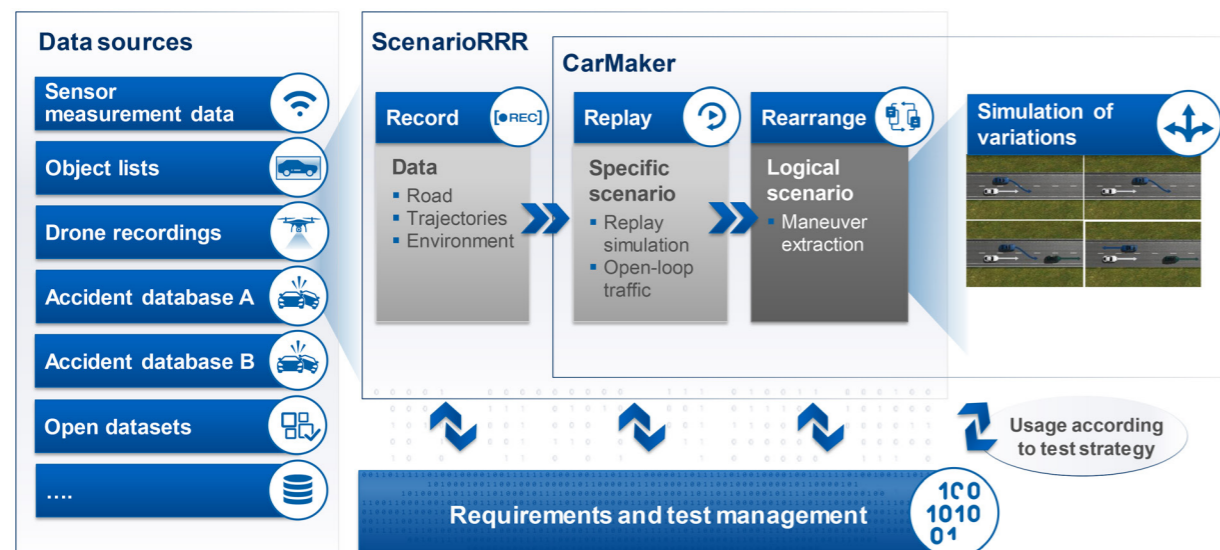
## Sie haben vorhin Unfalldatenbanken erwähnt. Inwiefern sind dies geeignete Quellen?

**Frings:** Unfalldatenbanken sind eine gute Quelle für Szenarien, denn sie klassifizieren tatsächliche Unfallarten und deren Schwere. Die Personen, die an einer Anbindung von CarMaker an eine Unfalldatenbank interessiert sind, haben aber unterschiedliche Interessen, sodass man sie in verschiedene Gruppen einteilen könnte. Erstens die Unfallforscher, die sich mit den Folgen des Unfalls beschäftigen. Für sie ist es wichtig, dass das erfasste Unfallgeschehen genau wiedergegeben wird. Hier muss einerseits der Geschwindigkeitsverlauf exakt sein, und andererseits müssen der Kollisionspunkt und der Winkel, in dem sich die Fahrzeuge treffen, präzise übereinstimmen. Da wir das Fahrzeug „verschieben“, also die Position des Ego-Fahrzeugs extern vorgeben, ist es in diesem Fall keine Closed-Loop-Fahrdynamiksimulation mehr.

Wir können aber auch eine Re-Simulation aus der Datenbank durchführen: Dies ist auch für die zweite Gruppe – die Ingenieure, die im Bereich Forschung und Entwicklung von Funktionen für die aktive Sicherheit arbeiten und sich auch der Unfallvermeidung widmen – interessant. Hier findet eine Simulation mit dem Fahrzeugmodell „in-the-Loop“ statt.

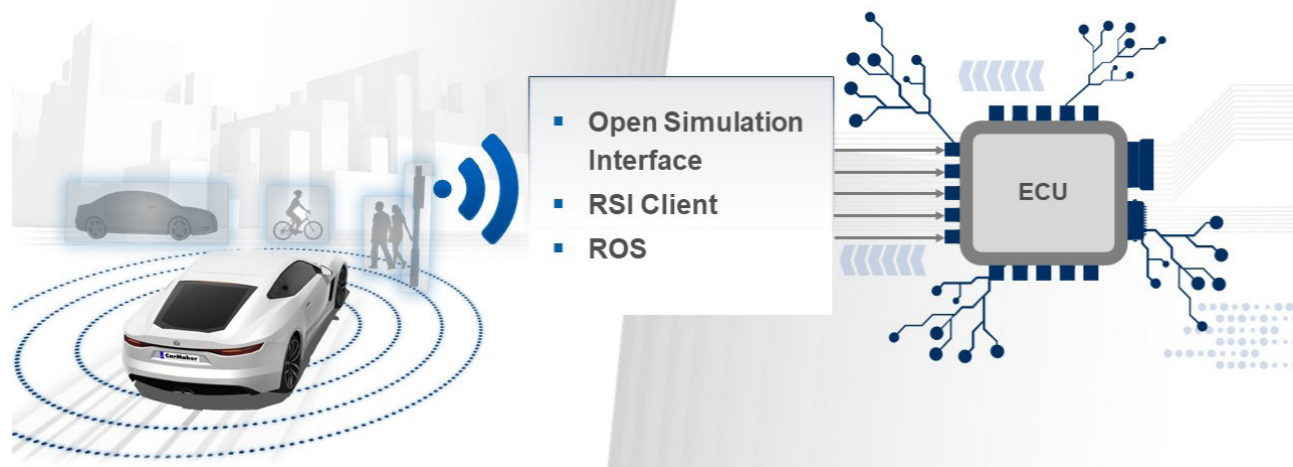
Dabei spielen natürlich Sensoren und die Integration von Fahrfunktionen eine

## Process and Solutions



Prozess ScenarioRRR

## WIE MAN SENSORMODELLDATEN VERWENDET CarMaker für die Sensordatenfusion



Möglichkeiten zum Austausch von Daten von Sensormodellen

Rolle. Für diesen Anwendungsfall kann es ebenso notwendig sein, dass nicht die eigentliche Trajektorie der Unfalldatenbank, sondern eine angedachte Zieltrajektorie gefahren wird. Wir nehmen also bis zu einem gewissen Punkt unser Szenario aus der Datenbank und beobachten dann, wie unser System, bestehend aus Fahrzeug, Sensoren und unserer Funktion, reagiert.

### Apropos Sicherheit – gibt es auch Neuigkeiten im Bereich NCAP?

**Frings:** Wir arbeiten kontinuierlich an unserem Test Ware Package NCAP: In erster Linie basiert es auf veröffentlichten Tests. Wir haben mit dem Euro NCAP Test begonnen und in der Zwischenzeit auch China NCAP Szenarien mit aufgenommen. Wir verfolgen die Roadmaps und liefern bereits heute Vorlagen für Testfälle, die weltweit in Diskussion sind. Auch in diesem Jahr gab es im Juli ein Update unseres Pakets.

Bezüglich der Roadmap für Euro NCAP 2022 und 2025 ist uns natürlich bewusst, dass die Entwicklungsabteilungen heute schon an den entsprechenden Systemen arbeiten. CarMaker ist bereits für zukünftige NCAP Tests vorbereitet: sei es die Bewegungsrichtung oder die Art des Objekts wie Lkw, Motorrad, Fahrradfahrer oder Fußgänger. Mit unserem neuen MovieNX wird es darüber hinaus auch möglich sein, Tests bei schwierigen Lichtverhältnissen realitätsnah zu simulieren.

### Wie kann man NCAP Testfälle methodisch korrekt in den Entwicklungsprozess übertragen?

**Frings:** Am Anfang des Entwicklungsprozesses müssen Studien mithilfe der Simulation durchgeführt werden, um ein Gefühl für die notwendigen Komponenten, Systeme und deren Positionierung zur Erreichung der geforderten Fahrzeugsicherheit zu bekommen. Hierfür sind ideale Sensormodelle geeignet.

Dann folgt eine Parameterstudie, bei der untersucht wird, auf welche Art und Weise Parameter wie Field of View, Sensorreichweite und Signalrauschen die Performance beeinflussen. Hierfür eignen sich unsere HiFi-Sensormodelle.

Kurz vor dem Produktionsstart kann man eine virtuelle Validierung der

NCAP-Szenarien durchführen. Also nach der Auswahl der Komponenten, dem Austausch der dazugehörigen Modelle zwischen OEM und Zulieferer und der virtuellen Abbildung des gesamten Fahrzeugs inkl. präziser Aktuator-Modelle und validierter Sensormodelle.

### Sie haben von Sensormodellen gesprochen: Wie kann man die in CarMaker erzeugten Daten der Sensormodelle im Entwicklungsprozess weiterverwenden und die Signale an die Funktion oder das Steuergerät übertragen?

**Herrmann:** Aus meiner Sicht haben sich dafür drei Schnittstellen etabliert, je nach Entwicklungsfortschritt und Präferenzen des Projektpartners.

Das Open Simulation Interface (OSI)



Szenarien in CarMaker

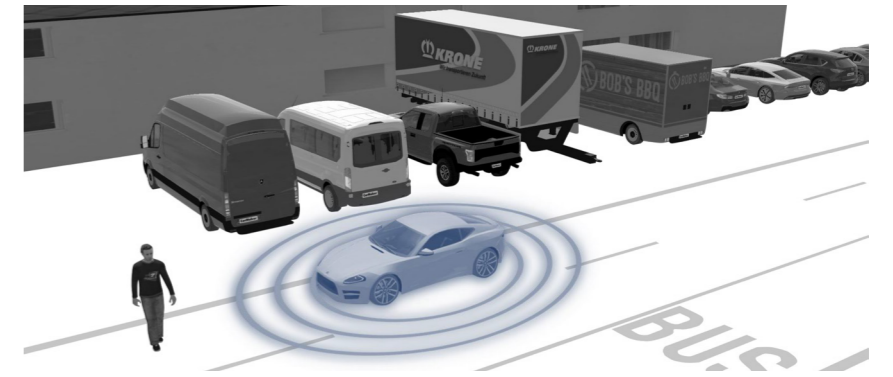
wurde ursprünglich von BMW und der TU München entwickelt und wird nun vom ASAM e.V. standardisiert. Ziel ist es, Sensormodelle und Teile autonomer Fahrfunktionen von Zulieferern mit den OEM-Anteilen virtueller Prototypen und deren Funktionen sowie mit Simulationstools unter Nutzung einheitlicher Schnittstellen zu koppeln. Daraus resultiert eine Vereinfachung des Modellaustauschs und eine Verbesserung der Zusammenarbeit in frühen Entwicklungsphasen, während das geistige Eigentum und das Wissen über die Sensor- und Softwareelemente geschützt sind.

Eine zweite Möglichkeit ist die Nachbildung der Schnittstelle und des Kommunikationsprotokolls des realen Sensors: Im realen Fahrzeug kommunizieren beispielsweise Lidar-Sensoren häufig über eine UDP-Ethernet-Verbindung mit einem zentralen Steuergerät. Wir haben eine Lösung erarbeitet, um diese realen Sensoren durch CarMaker zu ersetzen. Dafür nutzen wir die gleichen UDP-Protokolle wie gängige Lidarsensoren und befüllen diese mit Sensormodell-daten unserer Simulationsumgebung. Das Steuergerät bemerkt dann nicht, ob ein realer Sensor oder CarMaker angeschlossen ist.

Im dritten Fall wird ROS als Schnittstelle zwischen Sensordaten und Fahrfunktionen verwendet. Viele Kunden nutzen ROS als Entwicklungsplattform und seit einiger Zeit bieten wir auch ein Beispiel in unserem Kundenbereich an, welches das Erstellen eines ROS-Knotens in CarMaker zeigt. Dieses Beispiel lässt sich für beliebige Sensoren und Sensor-klassen in CarMaker, sowie den Video Data Stream für Kamera-Anwendungen, je nach Bedarf anpassen.

### Durch das so gewonnene Umfeldmodell können in der Planungsfunktion Entscheidungen getroffen und die Bewegungsregelung umgesetzt werden. Welchen Einfluss hat die Fahrdynamik auf die Bewegungsregelung?

**Herrmann:** In der Regel liefert das Planungsmodul eine Zieltrajektorie für die Bewegungsregelung. Aber woher weiß man, dass diese Zieltrajektorie auch sinnvoll und sicher erreicht werden kann?



Emergency Braking Simulation in CarMaker

Bei der Bewegungsregelung kommt es darauf an, eine berechnete Zieltrajektorie möglichst genau umzusetzen. Aber auch der empfundene Komfort, also die Rückfreiheit der Regelung, ist für die Passagiere wichtig. In der Realität ist es unmöglich, alle Einflussfaktoren auf die Bewegungsregelung abzutesten, z. B. Beladung, Wetterbedingungen oder Fahrbahnreibungskoeffizienten. Von der Straßengeometrie, also Steigungen oder Querneigungen, ganz zu schweigen. Diese können auf dem Prüfgelände selbstverständlich nicht frei variiert werden.

Das autonome Fahren bringt außerdem neuartige Fahrzeugkonzepte und damit zum Teil auch neue Fahrdynamikoptionen mit sich, vor allem durch den Wegfall des Fahrers und eingeschränkte Nutzungsbereiche. Das muss bei der Trajektorienplanung und -regelung berücksichtigt werden, um das Fahrzeugverhalten korrekt umzusetzen und in Notsituationen schnell und richtig zu handeln.

Eine Simulation wie CarMaker, mit hochgenauer Fahrdynamiksimulation und den entsprechenden Aktuator-Schnittstellen, kann hier die Effizienz und die Testabdeckung mit vergleichsweise geringem Aufwand deutlich erhöhen.

### Dabei ist es unerlässlich, zu jeder Zeit das fahrdynamische Potenzial des Fahrzeuges zu kennen, richtig?

**Herrmann:** Ganz genau. Nur wenn man weiß, was im Moment physikalisch möglich ist, kann der Planungsalgorithmus valide Zieltrajektorien überhaupt erst errechnen. Eine Charakterisierung des möglichen Bewegungsverhaltens in der realen Welt ist quasi nicht möglich, da man unter allen denkbaren Rand-

bedingungen Tests durchführen müsste. In der Simulation ist es dagegen vergleichsweise einfach, das Fahrzeugverhalten in einfachen Manövern unter Variation von Randbedingungen genau zu untersuchen und das Verhalten zu erlernen.

Erst wenn diese Charakterisierung vorgenommen wurde, kann dem Planungsmodul vorgegeben werden, welche Grenzen physikalisch realistisch und welche Plantrajektorien erreichbar sind. Nur dann kann die optimale Trajektorie aus den Optionen unter Berücksichtigung von Effizienz, Komfort, aber vor allem Sicherheit ausgewählt werden. Und auch die gefühlte Sicherheit für die Passagiere ist extrem wichtig.

### CarMaker bringt also die benötigten Grundlagen für eine hochgenaue Fahrdynamiksimulation mit sich.

**Herrmann:** Genau. Die Grundlage bilden die Modelle für Reifen, Lenkung, Chassis, Bremsen und Antriebsstrang mit einer angemessenen Modellierungstiefe, die aber natürlich auch parametrisiert werden müssen. Hier können die Ingenieure von IPG Automotive unterstützen, die schon viele Projekte zur Bedatung von virtuellen Prototypen auf Basis von Messdaten oder Designparametern erfolgreich bearbeitet haben. Dazu gehört natürlich auch die Modellvalidierung auf Basis von Messfahrten mit dem realen Prototyp, aber möglicherweise auch mithilfe der Vehicle-in-the-Loop Methode, um z. B. die aktiven Komponenten, inklusive Bewegungsregelung und Aktuatoren, direkt mit zu validieren.

**Vielen Dank für das interessante Interview!**