

## INTEROPERABILITÄT UND AUSTAUSCHBARKEIT

# Standards im virtuellen Fahrversuch

Vor dem Hintergrund immer komplexer werdender Fahrfunktionen und deren Vernetzung im Fahrzeug hat sich die Simulation als Standard-Werkzeug von der Funktionsentwicklung bis zur Absicherung etabliert. Doch wie lassen sich virtuelle Fahrversuche disziplinübergreifend, flexibel und nachhaltig nutzen? Standards wie OpenDRIVE, OpenSCENARIO, OSI, FMI und MDF bilden wichtige Eckpfeiler im Bereich der Systemintegration, des Datenmanagements und der Testauswertung.

Virtuelle Fahrversuche sind seit vielen Jahren ein wichtiges Werkzeug im Bereich der Funktionsentwicklung und Absicherung. Mit Hilfe von Simulationen lassen sich Fehler früher im Entwicklungsprozess erkennen und dadurch mit geringeren Kosten beseitigen. Auch die exakte Reproduzierbarkeit von Tests und die Möglichkeiten der Automatisierung bieten einen Vorteil gegenüber realen Fahrversuchen. Nicht zuletzt sind die virtuellen Untersuchungen auch in kritischen Fahrmanövern gefahrlos durchführbar. Diese Argumente haben weiterhin Bestand, doch haben sich Simulationswerkzeuge in der jüngeren Vergangenheit zu einem

integralen Bestandteil der Entwicklung von assistiertem und automatisiertem Fahren (ADAS/AD) entwickelt.

Dies liegt zum einen an der wachsenden Komplexität der Funktionen selbst, die in verteilten Teams entwickelt werden. Zum anderen tragen Methoden wie die agile Entwicklung oder Continuous Integration zur Unverzichtbarkeit von Simulationen bei: Allein die hieraus resultierende Anzahl der Testläufe ist mit realen Fahrversuchen nicht zu bewältigen. Bild 1 zeigt anhand der im V-Modell verorteten Einsatzbeispiele, wie virtuelle Fahrversuche über den gesamten Entwicklungsprozess hinweg genutzt werden können.

Zu dieser zeitlichen Komponente kommt der Wunsch nach einer durchgehenden Verwendung der Simulation über Abteilungs- und Unternehmensgrenzen hinweg. Dabei kommen unterschiedliche Toolketten zum Einsatz, an die der virtuelle Fahrversuch angebunden werden muss. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, sind zwei Schlüsselfaktoren zu erfüllen. Erstens die Austauschbarkeit von Simulationsartefakten und zweitens die Nutzung der Simulation in unterschiedlichen Ausführungsumgebungen. Nachhaltig lassen sich diese Ziele nur durch den konsequenten Einsatz von Standards erreichen. Die Fahrzeug- und Umgebungssi-

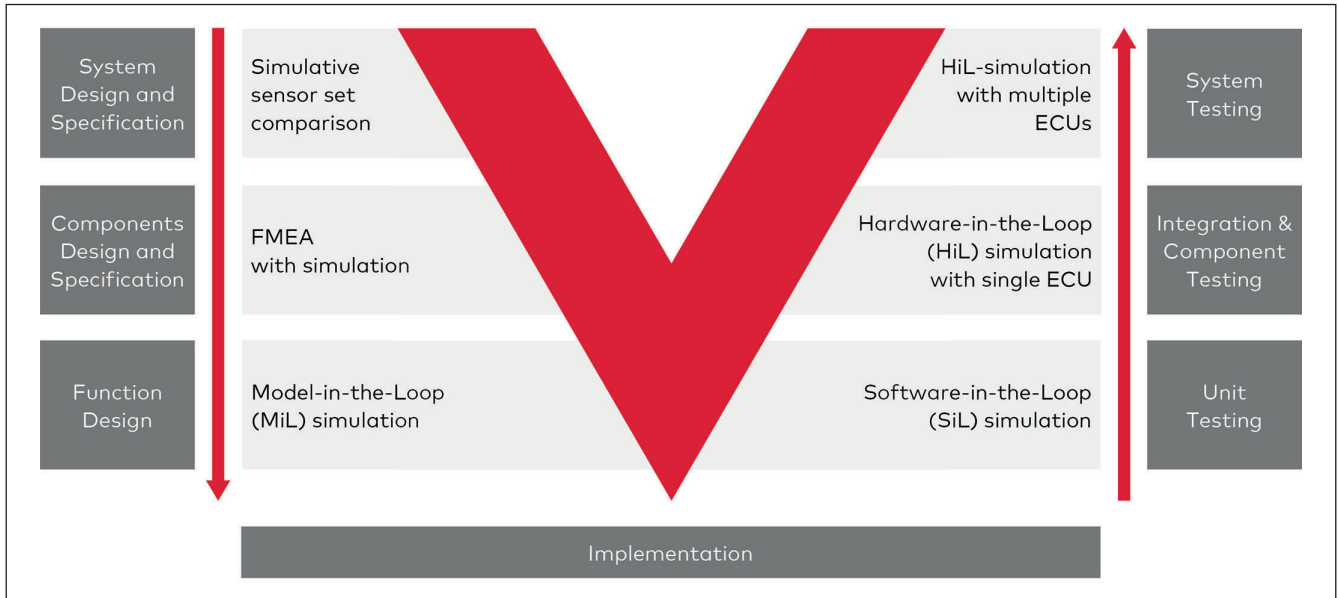


Bild 1: Einsatzbeispiele virtueller Testfahrten entlang des gesamten Entwicklungsprozesses. © Vector Informatik



Bild 2 : Visualisierung einer von 3D Mapping [5] vermessenen OpenDRIVE Straße (links), komplexes Verkehrsszenario in einer von TrianGraphics [6] modellierten Umgebung (rechts). © Vector Informatik

mulation DYNA4 von Vector Informatik unterstützt bereits zahlreiche Standards, von denen die wichtigsten im Folgenden vorgestellt werden.

**Standardisierte Beschreibung der statischen und dynamischen Umgebung**

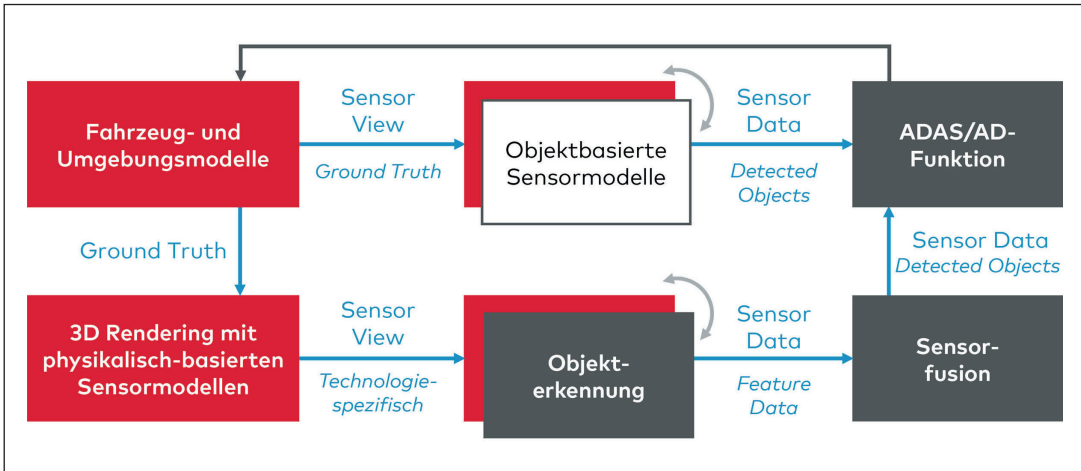
Zunächst ist ein physikalisches Modell des Fahrzeugs mit allen relevanten Komponenten erforderlich, um Closed-Loop Systemsimulationen zur Untersuchung von Regelfunktionen durchführen zu können. Darüber hinaus ist die Umgebung des virtuellen Fahrzeugs von entscheidender Bedeutung. Bereits für rein fahrdynamische Untersuchungen sind aufwändige Straßenmodelle notwendig, die neben dem dreidimensionalen Streckenverlauf auch detaillierte Beschreibungen des Straßenquerschnitts

beinhalten, wie etwa die Überhöhung der Fahrbahn. Betrachtet man ADAS/AD-Systeme, so gewinnen weitere Details der statischen Umgebung an Relevanz. Hierzu zählen beispielsweise Fahrstreifenmarkierungen, Rückhaltesysteme, Straßenschilder und Lichtsignalanlagen aber auch straßennahe Objekte wie Gebäude und Bäume. Für die Untersuchung von ADAS/AD-Systemen müssen komplexe Fahrsituationen nachgebildet werden, indem die statische Umgebung des virtuellen Fahrzeugs um dynamische Elemente erweitert wird. Neben Verkehrsteilnehmern wie Fahrzeugen, Radfahrern und Fußgängern, sind auch Tiere und auf die Fahrbahn fallende Gegenstände zu nennen. Sowohl statische als auch dynamische Umgebungen werden dabei auf zwei grundlegend unterschiedliche Arten erzeugt: Zum einen werden Expertenwissen oder Regula-

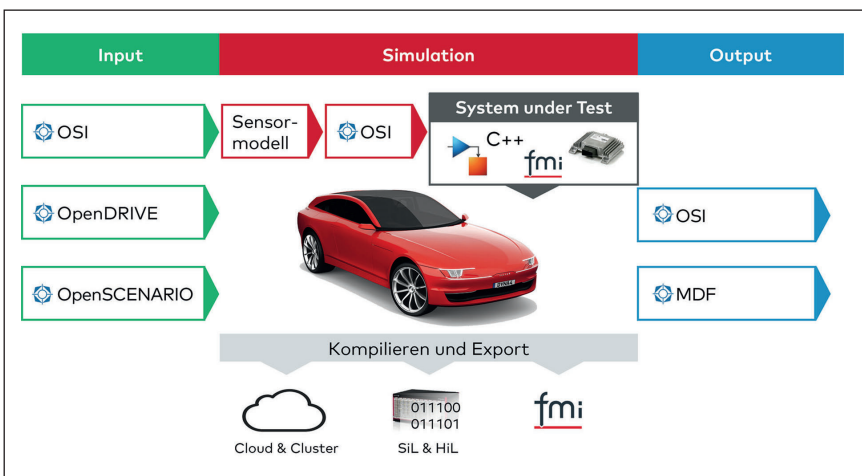
rien dazu herangezogen, synthetische Szenarien für den Test der zu untersuchenden Systeme zu erzeugen. Zum anderen können reale Umgebungen als Grundlage dienen, um relevante Testfahrten in die virtuelle Welt zu überführen. Unabhängig von der gewählten Methode geht die Erstellung der Szenarien in hoher Qualität und Quantität mit einem erheblichen Aufwand einher. Die einmal erstellten Umgebungsdefinitionen bieten sich für die langfristige Verwendung in verschiedenen Werkzeugen an.

Um dies zu realisieren, ist die Nutzung offener Standards mit einer breiten Unterstützung anzustreben. Für die statische Umgebung ist hier OpenDRIVE zu nennen, während die dynamische Umgebung durch OpenSCENARIO beschrieben wird. Beide Standards sind im ASAM definiert [1]. DYNA4 bietet be-





**Bild 3: Schematische Darstellung der durch OSI adressierten Schnittstellen (blau) und deren Einsatzmöglichkeit mit DYNA4 Komponenten (rot) und dem System Under Test (grau).** © Vector Informatik



**Bild 4: Auswahl relevanter Standards im Bereich virtueller Testfahrten.** © Vector Informatik

reits seit einigen Jahren eine native Unterstützung des OpenDRIVE Standards. Die in der OpenDRIVE Datei enthaltenen Informationen dienen der Kontakt-abfrage der Reifenmodelle und der automatischen Generierung der 3D-Visualisierung gleichermaßen. Ein Beispiel für eine rein auf den OpenDRIVE Inhalten basierende Visualisierung zeigt Bild 2 links. Durch das individuelle Mapping der in OpenDRIVE referenzierten Objekte auf den Objektkatalog von DYNA4, aber auch durch das Einfügen kompletter Umgebungsmodelle lässt sich die Visualisierung anpassen und erweitern, siehe Bild 2 rechts. In zukünftigen Entwicklungen von OpenDRIVE sollen Verbesserungen bei der Beschreibung komplexer Kreuzungsgeometrien und die standardisierte Einbindung von 3D-Objekten adressiert werden.

Wie OpenDRIVE ist auch der aktuelle OpenSCENARIO Standard ein XML-basiertes Austauschformat. Dieses Format eignet sich ohne grafische Editoren daher nur bedingt für die Beschreibung

komplexer dynamischer Umgebungen und ist auch von Experten ohne Toolunterstützung kaum lesbar. Aus diesem Grund soll der OpenSCENARIO Standard in einer zweiten Version um eine domänenspezifische Sprache erweitert werden, welche auch die Erstellung von logischen Szenarien in rein text-basierenden Editoren ermöglicht. Vector trägt aktiv zu dieser Standardisierung im ASAM bei. Eine Unterstützung von OpenSCENARIO durch DYNA4 befindet sich bereits in Entwicklung.

### Standardisierte Erfassung der Umgebung mit Sensormodellen

Um ADAS/AD-Systeme stimulieren zu können, wird die modellierte Umgebung durch Sensormodelle erfasst. Deren Erstellung stellt aufgrund der komplexen abzubildenden physikalischen Effekte eine große Herausforderung dar. Erschwerend kommt hinzu, dass sowohl der Austausch von Sensormodellen als auch die Weitergabe von Sensor-

signalen an die zu testenden Funktionen durch proprietäre Schnittstellen gehemmt wird. An dieser Stelle setzt das Open Simulation Interface (OSI) an [2], welches ebenfalls in den ASAM überführt wurde [1]. OSI umfasst Beschreibungen für eine Vielzahl relevanter Schnittstellen im Bereich der Sensormodelle, welche in Bild 3 durch blaue Pfeile dargestellt sind.

Je nach Umfang und Art des System Under Test werden von den Modellen Signale mit unterschiedlichem Vorverarbeitungsgrad erwartet. Diese reichen von weitgehend unverarbeiteten Signalen, wie beispielsweise einem Kamerabild (SensorView, spezifisch für die Sensortechnologie), über Detektionen (FeatureData als Teil von SensorData) bis hin zu klassifizierten Objektlisten (DetectedObjects als Teil von SensorData). Zum Paketieren dieser Daten kommt das von Google entwickelte Protobuf zum Einsatz [3]. Durch den Einsatz von OSI können die in DYNA4 enthaltenen objekt- und physikalisch-basierten Sensormodelle ohne Konvertierung an das System Under Test angeschlossen werden. Andere Sensormodelle können leicht eingetauscht werden, sollten sie beispielsweise vom Sensorhersteller selbst zur Verfügung gestellt werden. DYNA4 bietet die objektbasierten Schnittstellen als OSI-Stream an. Bereits in Entwicklung befindlich ist die Ausweitung auf weniger stark vorverarbeitete Daten.

Die in Bild 1 gezeigten Anwendungsfälle für virtuelle Fahrversuche lassen bereits erahnen, dass die Simulationen in unterschiedlichsten Umgebungen ausgeführt werden. Zudem müssen Modellbestandteile zwischen unter-

schiedlichen Nutzerbasen ausgetauscht werden. Der freie Functional Mock-Up Interface (FMI) Standard der Modelica Association beschreibt mit FMU einen Container für Modellbestandteile mit definierten Schnittstellen [4]. Aus Sicht der Fahrzeug- und Umgebungssimulation sind dabei zwei Anwendungsfälle von Interesse. Zum einen kann das Modell selbst als FMU exportiert werden. Zum anderen kann der Import von zusätzlichen Streckenmodellen oder dem zu testenden Regelalgorithmus als FMU erforderlich sein. DYNA4 erlaubt sowohl den Import als auch den Export von FMUs. Darüber hinaus unterstützt DYNA4 zahlreiche weitere Ausführungsplattformen. So lassen sich im Model-in-the-Loop Anwendungsfall Regler flexibel in die Simulink-basierten DYNA4 Modelle integrieren. Für den Software- und Hardware-in-the-Loop Betrieb werden alle gängigen Plattformen unterstützt. Auch die verteilte Ausführung des DYNA4 Modells in Clustersimulationen ist durch die Generierung von Executables möglich. Die modulare Architektur und das modulare Lizenzkonzept von DYNA4 zielen ebenfalls auf größtmögliche Flexibilität beim Betrieb in unterschiedlichen Toolketten ab. So kann die Bedienapplikation DYNA4 Studio zur Testautomatisierung und -auswertung genutzt werden. Alternativ lassen sich kompilierte und exportierte Modellapplikationen flexibel in fremden Toolumgebungen betreiben, siehe Bild 4.

### Effiziente Auswertung der virtuellen Testfahrten

Durch den gesteigerten Stellenwert der Simulation im Entwicklungsprozess ist ein Anstieg der Komplexität der simulierten Szenarien, der Anzahl der relevanten Szenarien und auch der Anzahl der Wiederholungen der Simulation zu verzeichnen. Als logische Konsequenz daraus resultiert eine Vielzahl von Ergebnissen, die es zu analysieren gilt. Für eine möglichst effiziente Auswertung der Ergebnisse existieren zahlreiche Werkzeuge und viele nutzerspezifische Methoden. Auch hier kann durch den Einsatz von Standards die Nutzung der Simulation stark vereinfacht werden. Aus diesem Grund nutzt DYNA4 das Measurement Data Format (MDF) zur Aufzeichnung der Simulationsdaten und der zugehörigen

Metadaten. Der MDF Standard ist ebenfalls Teil des ASAM Portfolios [1]. Eines der Tools, welches MDF zur Datenauswertung unterstützt ist vSignalizer von Vector. Hiermit visualisiert und analysiert der Anwender Signalverläufe einzelner Messfahrten. Erweitert um die Messdatenmanagement-Software vMDM von Vector lassen sich Datenanalysen nicht nur lokal, sondern auch serverbasiert und automatisiert mit Techniken des Data Mining durchführen.

### Zusammenfassung

Der vorliegende Artikel zeigt, wie der konsequente Einsatz von Standards die Wiederverwendbarkeit des virtuellen Fahrversuchs entlang des gesamten Entwicklungsprozesses steigert. Bild 4 zeigt eine Auswahl der bestehenden Standards für Eingangsdaten der Simulation, für Modellbestandteile sowie für die Ergebnisse der virtuellen Testfahrten.

Durch die gesteigerte Interoperabilität profitieren unterschiedliche Abteilungen und unternehmensübergreifende Teams von der Simulation. Dabei können die unterschiedlichen Anwender ihre gewohnte Toolumgebung weiterhin nutzen und um physikalische Streckenmodelle zur Closed-Loop-Simulation erweitern. ■ (oe)

[www.vector.com](http://www.vector.com)

### Quellenverzeichnis

- [1] ASAM e.V., „Association for Standardization of Automation for Measuring Systems.“ 2020. [Online]. Available: <https://www.asam.net/>. [Zugriff am 26. Mai 2020].
- [2] T. Hanke, N. Hirsenkorn, C. van Driesten, P. Garcia-Ramos, M. Schiementz, S. Schneider und E. Biebl, „A generic interface for the environment perception of automated driving functions in virtual scenarios.“ München, 2017.
- [3] Google LLC, „Protocol Buffers.“ 2020. [Online]. Available: <https://developers.google.com/protocol-buffers/>. [Zugriff am 26. Mai 2020].
- [4] The Modelica Association, „fmi – Functional Mock-Up Interface.“ 2020. [Online]. Available: <https://fmi-standard.org/>. [Zugriff am 26. Mai 2020].
- [5] 3D Mapping Solutions GmbH, „3D Mapping Solutions GmbH.“ 2020. [Online]. Available: <https://www.3d-mapping.de/>. [Zugriff am 6. Februar 2020].
- [6] TrianGraphics GmbH, „Trian 3D Builder.“ 2018. [Online]. Available: <https://trian3dbuilder.de/>. [Zugriff am 26. Mai 2020].

**Dr. Jakob Kath** ist bei der Firma Vector Informatik als Product Owner für die Fahrzeug- und Umgebungssimulation DYNA4 tätig.

# Labornetz- geräte

**direkt vom Hersteller**



Unser Fachpersonal berät Sie gerne über:

- AC- und DC-Quellen
- Bidirektionale Hochleistungs DC-Quellen
- DC-Quellen mit integrierter Last
- Elektronische Lasten

## Hochleistungs DC-Quellen



- 750 W – 1,4 MW, Ausgangsspannungen bis 2.000 VDC
- Maximaler Ausgangsstrom bis 50.000 A

**Kontaktieren Sie uns:  
Unser Team berät Sie gerne.**

**ENTWICKLUNG**

**PRODUKTION**

**VERTRIEB**



**ET SYSTEM®**

*Solutions with system.*

ET System electronic GmbH  
Hauptstraße 119 - 121  
68804 Altlußheim  
Telefon: 06205 / 3 94 80  
E-Mail: [info@et-system.de](mailto:info@et-system.de)

[www.et-system.de](http://www.et-system.de)