

AUTOREN



Dr. techn. Dipl.-Ing.
Gerhard Niederbrucker
ist Manager Engineering &
Validation Framework bei der
ZF Friedrichshafen AG



Dipl.-Ing. Albrecht Pfaff ist Vorstand für Vertrieb & Marketing bei der PDTec AG in Karlsruhe.



**Dr.-Ing. Christian Donn** ist Teamleiter Business Development bei der IPG Automotive GmbH in Karlsruhe.

Die Wichtigkeit von Datenmanagementsystemen in der Fahrzeugentwicklung steigt, da die systematische Bereitstellung von Inhalten wesentlich für eine effiziente und agile Entwicklungsprozesse ist. Um neuen Ansprüchen gerecht zu werden, implementiert ZF gemeinsam mit PDTec und IPG Automotive eine Datenmanagementlösung für den virtuellen Fahrversuch auf globaler Ebene.

## TRANSFORMATION ZUR VIRTUELLEN ENTWICKLUNG

Die Digitalisierung im Allgemeinen und das automatisierte Fahren im Speziellen stellen die Automobilindustrie vor besondere Herausforderungen. Die Transformation hin zu mehr virtueller Entwicklung ist ein entscheidender Erfolgsfaktor, der zugleich neue Methoden und Infrastrukturen erfordert. Automatisierte Fahrzeuge sind komplexe und sicherheitsrelevante Systeme, für die ein optimales Zusammenspiel von Sensoren, Aktuatoren und Software von übergeordneter Bedeutung ist. Eine effiziente, domänenübergreifende und sichere Systementwicklung erfordert in diesem Bereich ein hohes Maß an Simulation [1, 2].

Der Personenkreis, der regelmäßig mit Simulationsprogrammen arbeitet, wächst dadurch kontinuierlich, und Arbeitsabläufe müssen in diesem Zusammenhang nachhaltig in übergeordnete Entwicklungsprozesse eingebunden werden. Eine systematische Verwaltung sowie eine intelligente und verteilte Nutzung von Modellen, Simulationsdaten und Testszenarien nehmen hierbei eine Schlüsselrolle ein [3, 4]. Ebenso zählt eine Anbindung von skalierbaren Recheninfrastrukturen dazu. Um diesen und weiteren Anforderungen gerecht zu werden, implementierte ZF mithilfe von PDTec und IPG Automotive eine Datenmanagementlösung für den virtuellen Fahrversuch, die in diesem Artikel vorgestellt wird.

#### BEREICHE DES DATENMANAGEMENTS

Ein modernes Simulationsdatenmanagement (SDM) für Unternehmen deckt das gesamte CAE-Spektrum ab: von der Datenbereitstellung aus Systemen des Produktdatenmanagements (PDM) wie CAD-Systemen über die umfassende Unterstützung von CAE-Prozessen bis hin zur Nachverarbeitung und Korrelation von Ergebnissen. Einige der nachfolgend diskutierten Anforderungen entstehen deshalb keineswegs ausschließlich im Kontext des automatisierten Fahrens und werden bereits von bestehenden SDM-Lösungen abgedeckt. Dementsprechend ist die hier vorgestellte Lösung eine Erweiterung der etablierten SDM-Lösung von PDTec [5], die den Anforderungen des automatisierten Fahrens in Verbindung mit dem Einsatz der Integrations- und Testplattform CarMaker von IPG Automotive gerecht wird. Der Ansatz basiert hierbei auf der zentralen Bereitstellung von virtuellen Gesamtfahrzeugen zur funktionalen Systemerprobung, BILD 1

Die Plattform bietet eine umfassende und skalierbare Simulationsumgebung für die Entwicklung von automatisierten Fahrfunktionen inklusive Fahrzeug-, Sensor- und Umfeldsimulation [6]. Im Folgenden werden die Bereiche des SDM, die dabei besonders relevant sind, näher beschrieben.

#### VORBEREITUNG UND DURCHFÜHRUNG DER SIMULATION

Die Simulationsvorbereitung umfasst den Aufbau, die Validierung und die verteilte Nutzung von Fahrzeugmodellen, die die verschiedenen Subsystemmodelle enthalten (zum Beispiel Radaufhängung, Lenkung, Bremse, Sensorik, Antrieb) den sogenannten virtuellen Fahrzeugprototypen – sowie die Bereitstellung von geeigneten Testszenarien. Diese Szenarien bestehen sowohl beim simulierten Fahren als auch in der realen Welt aus statischen Elementen (Straße, Verkehrszeichen, 3-D-Umgebung), dynamischen Elementen (Fahrzeuge, Fußgänger und sonstige bewegliche Objekte) und Umwelteinflüssen (Wetter, Lichtverhältnisse etc.). Alle Komponenten des virtuellen Tests müssen dabei in einer dem Anwendungszweck angemessenen Detailierung vorliegen.

Bei der Simulationsdurchführung gilt es, Inhalte über die Entwicklungsstufen und Domänen hinweg durchgängig auf Desktopcomputer, auf Echtzeitsystemen im Hardware-in-the-Loop(HiL)-Labor und an Prüfständen sowie auf Hochleistungsrechnern oder in der Cloud zu verwenden. Die Anbindung skalierbarer Lösungen zur Automatisierung ist hier ebenso wichtig wie die Erfassung manueller Simulationsläufe.

#### ABLAGE UND AUSWERTUNG DER ERGEBNISDATEN

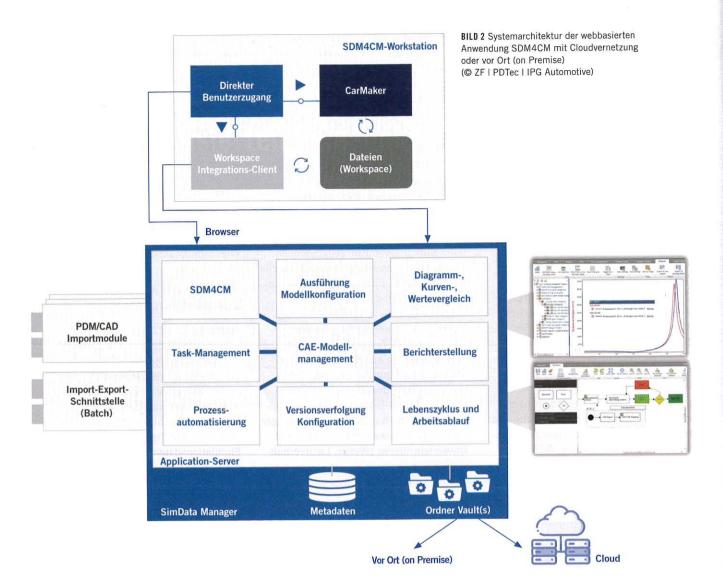
Neben der Verwaltung von großen Ergebnisdatenmengen aus diversen Simulationen spielen vor allem die gezielte Suche von Datensätzen und die vollständige Rückverfolgbarkeit ihrer Entstehungsgeschichte eine zentrale Rolle. Darüber hinaus birgt die systematische, ganzheitliche Verwaltung der Simulationsdaten ein großes Potenzial



BILD 1 Arbeitsabläufe zur funktionalen Erprobung von Soft- und Hardwarekomponenten in Realfahrszenarien von virtuellen Gesamtfahrzeugen (© ZF | PDTec | IPG Automotive)

**ATZ** 1112020

122. Jahrgang



in sich, um als Quelle für Datenanalyseprozesse zu dienen. Anwendungsgebiete, die weitere Datenquellen einbeziehen, sind dabei unter anderem die Modellvalidierung oder der (systematische) Abgleich verschiedener Testmittel, beispielsweise der Abgleich von Software-in-the-Loop(SiL)- und HiL-Tests.

### ANFORDERUNGEN AN DAS DATENMANAGEMENTSYSTEM

Die Bedeutung von Datenmanagementsystemen in der virtuellen Fahrzeugentwicklung nimmt kontinuierlich zu, da die systematische Bereitstellung und Wiederverwendbarkeit von Inhalten wesentlich für eine effiziente und agile Entwicklung sind. Während die konsequente Verwaltung von Daten im Bereich der Erfassung und Verarbeitung von Messdaten bei OEMs und Zulieferern etabliert ist, werden im Gegensatz dazu in Verbindung mit dem virtuellen Fahrversuch vielerorts noch keine umfassenden Lösungen betrieben.

Insbesondere bei der Entwicklung von automatisierten Fahrfunktionen – und der damit einhergehenden Interdisziplinarität und Internationalisierung der Entwicklerteams – ist eine globale und zugleich prozesssichere Zusammenarbeit erforderlich. Hierzu ist ein zentralisiertes Management aller Simulationsartefakte und zugehöriger Prozesse unabdingbar. Es ergeben sich die im Folgenden genannten wesentlichen Anforderungen an ein Datenmanagementsystem.

# SYSTEMATISCHE BEREITSTELLUNG UND EINFACHER ZUGANG

Damit eine effektive Gesamtfahrzeugsimulation über virtuelle Prototypen (digitaler Zwilling) durchgeführt werden kann, bedarf es vieler Modelle von Teilkomponenten sowie geeigneter Fahrszenarien. Da sowohl bei Modellen als auch bei Szenarien unabhängig voneinander nach Wiederverwendbarkeit gestrebt wird, ist die Bereitstellung entsprechender Bibliotheken essenziell. Neben Funktionen zur Aufbereitung und Einbringung dieser Inhalte durch entsprechende Experten ist hierbei vor allem die weitreichende Nutzung und Anpassbarkeit von Metainformationen notwendig. Nur dadurch lassen sich Bibliotheken für einen breiten Nutzerkreis erschließen.

Um Simulationen – wie heutzutage gefordert – global in interdisziplinären Teams bereitzustellen, ist ein hohes Maß an Prozesssicherheit erforderlich. Dies bedeutet einerseits, dass Simulationsprozesse unabhängig von deren Bearbeiter zum gleichen Ergebnis führen müssen, und andererseits, dass komplexe Simulationsabläufe sowohl Nutzern mit geringer Simulationsexpertise als auch automatisierten Abläufen robust zur Verfügung gestellt werden können. Um neben der Prozesssicherheit auch bedarfsgerecht hochskalieren zu können, ist die konsequente Anbindung von High-Performance-Computing-Clustern und/oder von Cloudinfrastrukturen besonders beim automatisierten Fahren alternativlos.

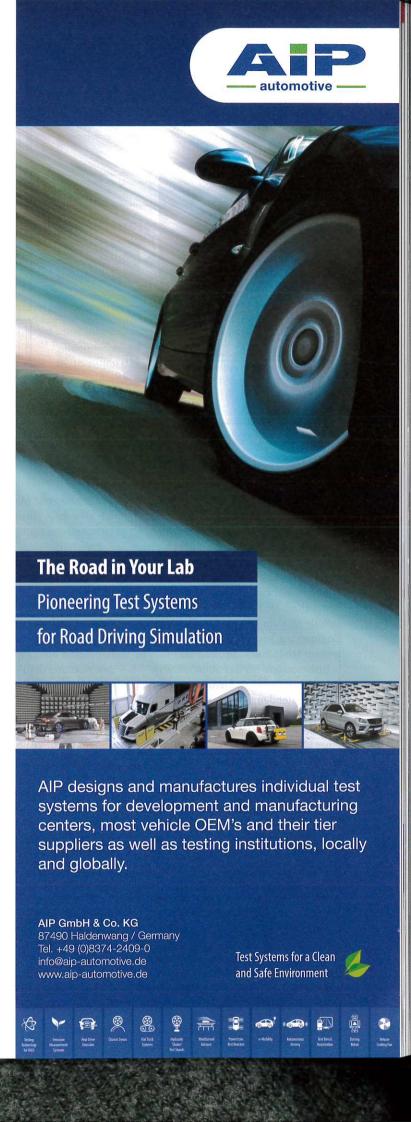
#### WELTWEITE ZUSAMMENARBEIT

Die Notwendigkeit der globalen Zusammenarbeit impliziert diverse administrative Anforderungen. Einerseits wird eine umfassende Rollen-, Nutzer- und Zugriffsrechteverwaltung benötigt, die unter anderem die zentrale Bereitstellung von wiederverwendbaren Komponenten und die Kapselung von spezifischen Inhalten in Projekten ermöglicht. Andererseits müssen limitierte Bandbreiten zwischen Entwicklungsstandorten durch intelligente verteilte Speichermechanismen für (große) Nutzdaten adressiert werden. Auf diese Art und Weise können die Anwender jederzeit sämtliches Wissen einsehen, während wesentliche Datentransfers nur bei Bedarf beziehungsweise gesteuert zwischen den Standorten notwendig sind.

### DATENMANAGEMENTLÖSUNG FÜR DEN VIRTUELLEN FAHRVERSUCH

Das Simulation Data Management for CarMaker (SDM4CM) von PDTec ist eine webbasierte Anwendung mit zentraler Bereitstellung über einen Server und globalem Benutzerzugang via Internetbrowser. BILD 2 zeigt die Übersicht der Systemarchitektur. Alle Simulationsdaten werden zentral gespeichert. Das SDM-System kann je nach Bedarf mit mehreren sogenannten Vaults konfiguriert werden. Vaults werden an den relevanten Standorten oder in der Cloud eingerichtet, um große Datenmengen lokal zu halten und den Netzwerkverkehr zu minimieren sowie die Benutzerfreundlichkeit zu verbessern. Zusammen mit einer umfassenden Rollen- und Zugriffsrechteverwaltung wird die effektive Steuerung von global agierenden Teams möglich.

Durch die Nutzung von Webtechnologien lässt sich problemlos mit der heterogenen Client-Landschaft der verschie-



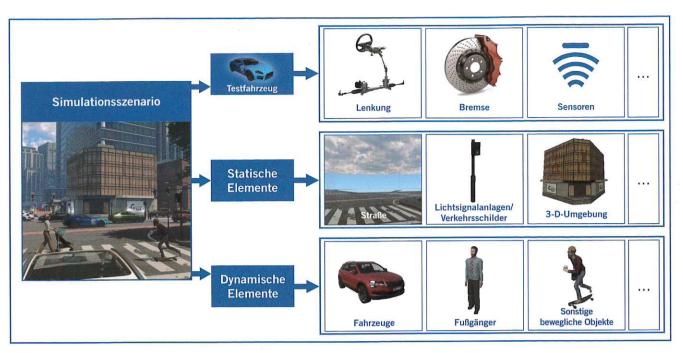


BILD 3 Aufschlüsselung eines Simulationsszenarios in Artefakte zur Verwaltung im Datenmanagementsystem (© ZF | PDTec | IPG Automotive)

denen Nutzer umgehen, die durch interdisziplinäre Teams und den breiten Einsatz von Simulation entsteht. SDM4CM kann modular mit dem klassischen SDM-System SimData Manager von PDTec für geometriedatenbasierte Simulationen kombiniert genutzt werden. Innerhalb der PDTec-Produktfamilie SE-Data Manager für Systems Engineering kann SDM4CM durch weitere Module ergänzt werden.

Insbesondere für das automatisierte Fahren müssen viele Elemente jenseits des zu testenden Objekts modelliert und daher auch vom Datenmanagement abgedeckt werden. Um die Evolution von einer klassischen SDM-Lösung hin zu einer Datenmanagementlösung für den virtuellen Fahrversuch zu schaffen, war der zentrale Schritt die Client- und Server-seitige Zerlegung der zugrundeliegenden Simulations-Workspaces in ihre logischen Bestandteile. Im Unterschied zu der Verwaltung dieser Datensätze durch Black-Box-Ansätze, die nicht den logischen Inhalt der Workspace-Artefakte interpretieren, wird so eine solide Versionierung und Verknüpfung der logischen Komponenten ermöglicht. Dafür kann die vollständige Dekomposition eines komplexen virtuellen Fahrversuchs bis in alle Einzelteile transparent verwaltet werden, BILD 3. Mit diesem Schritt wurde die Möglichkeit geschaffen, existierende Mechanismen zu nutzen, um allgemein einsetzbare Bibliotheken, zum Beispiel für Simulationsmodelle, Fahrszenarien oder 3-D-Inhalte, zu erstellen. Die notwendigen Metainformationen innerhalb dieser Bibliotheken sind dabei individuell gestaltbar.

Die Entwicklung des automatisierten Fahrens geht mit dem massiven Einsatz von insbesondere SiL-und HiL-Tests einher, denen etwa im Fall der durchgängigen Nutzung der Plattform CarMaker die gleichen Testrandbedingungen zugrunde liegen. Je nach Test und der dafür benötigten Modellierungstiefe können dabei die Eingangsdaten der einzelnen Subsysteme variieren beziehungsweise in verschiedenen Detaillierungen vorliegen. Die im Datenmanagementsystem geschaffene Möglichkeit der konsequenten Referenzierung von gleichen logischen Inhalten erlaubt es, diese beiden - üblicherweise in unterschiedlichen Teilorganisationen betriebenen -Testansätze systematisch miteinander zu verbinden. Zu diesem Zweck wurde die bidirektionale Rückverfolgbarkeit zwischen virtuellen Fahrversuchen und ihren Komponenten etabliert. Um übergreifend auch die notwendige Reproduzierbarkeit von virtuellen Fahrversuchen zu garantieren, wurden ebenfalls Mechanismen zum durchgängigen Fixieren von Datenständen adaptiert.

Vor allem im Zusammenhang mit SiL-Tests gibt es einen immensen Bedarf an automatisierten Simulationen, die sich nahtlos in gängige Softwareentwicklungsabläufe einbinden lassen müssen. Dafür ist es nicht nur notwendig, das Datenmanagement mit skalierbaren Rechenressourcen zu verbinden, sondern auch komplexe Simulationen als einfach nutzbare "Services" bereitzustellen, damit die Simulationsläufe in übergeordnete Arbeitsabläufe (zum Beispiel kontinuierliche Integration und KPI-basiertes Testen) integriert werden können. Beides konnte auf Basis der umgesetzten Systemarchitektur, BILD 2, einfach realisiert werden.

## ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

ZF, PDTec und IPG Automotive beschreiben die zentrale Bedeutung eines Datenmanagementsystems für die effektive Nutzung von simuliertem Fahren in der Entwicklung von automatisierten Fahrfunktionen. Beruhend auf den vielfältigen Anforderungen in diesem Bereich wird aufgezeigt, wie diese bewältigt und eine übergreifende Gesamtlösung auf Basis eines klassischen SDM-Systems konzipiert und bei ZF umgesetzt wurde. Mithilfe des Systems können Modelle, Simulationsdaten und Testszenarien

intelligent und verteilt von einer großen Anwendergruppe genutzt werden.

Für die Zukunft entsteht daraus ein großes Potenzial in der konsequenten Verknüpfung von klassischen CAE-Simulationsdomänen und Systemsimulationen, indem beispielsweise reduzierte Modelle für die Systemsimulation aus komplexen Modellen abgeleitet werden. Diese Bedarfe gibt es dabei sowohl in klassischen Domänen wie der Fahrdynamik als auch in jüngeren Disziplinen wie der Sensorsimulation. Darüber hinaus kann die systematische Verwaltung von virtuellen Fahrzeugprototypen und Fahrversuchen die Zusammenarbeit von OEMs und ihren Zulieferern verbessern.

#### LITERATURHINWEISE

[1] Wood, M.; et al.: Safety First for Automated Driving. Online: https://connectedautomateddriving.eu/wp-content/uploads/2019/09/Safety\_First\_for\_Automated\_Driving.pdf, 2019, aufgerufen: 17. August 2020

[2] N. N.: Waymo Safety Report - On the Road to Fully Self-Driving. Online: https://waymo.com/safety, Waymo LLC, 2018, aufgerufen: 17, August 2020 [3] N. N.: Pegasus Method - An Overview. Research Project Report Pegasus (Project for the establishment of generally accepted quality criteria, tools and methods as well as scenarios and situations). Online: https://www.pegasusprojekt.de/files/ tmpl/Pegasus-Abschlussveranstaltung/PEGASUS-Gesamtmethode.pdf, aufgerufen: 17. August 2020 [4] Kramer, B.; Böde, E.; Eberle, U.; Fränzle, M.; Gerwinn, S.: Efficient Splitting of Test and Simulation Cases for the Verification of Highly Automated Driving Functions. Safecomp: International Conference on Computer Safety, Reliability, and Security, Västerås, September 2018

[5] Pfaff, A.: SDM a primary success factor for the simulation department. Nafems French seminar Process and Simulation Data Management, Paris, November 2017

[6] Ahn, N.; Höfer, A.; Herrmann, M.; Donn, C.: Echtzeitfähige Simulation von physikalischen Multi-Sensor-Setups. In: ATZelektronik 15 (2020), Nr. 6. S. 16-21



An der Technischen Universität Darmstadt ist zum Wintersemester 2021/22 die

### Universitätsprofessur Fahrzeugtechnik (W3)

(Kenn-Nr. 454)

im Fachbereich Maschinenbau neu zu besetzen.

Die Stelleninhaberin oder der Stelleninhaber soll die Leitung des Fachgebietes "Fahrzeugtechnik" übernehmen und das Fach in Forschung und Lehre vertreten. Gesucht wird eine national wie international wissenschaftlich ausgewiesene Persönlichkeit, die über exzellente fachliche Kenntnisse und ein einschlägiges Forschungsprofil im Bereich der Fahrzeugtechnik mit besonderer Berücksichtigung automatisierter/autonomer Systeme verfügt. Die Bewerberin bzw. der Bewerber muss durch originäre wissenschaftliche Leistungen ausgewiesen sein und soll innovative Methoden in der Praxis umgesetzt haben.

Im Bachelorstudiengang des Fachbereichs Maschinenbau sind die Grundlagen der Fahrzeugtechnik abzudecken, darüber hinaus sollen Grundlagen der Informations- und Kommunikationstechnik vermittelt werden. In den Masterstudiengängen sollen vertiefende Aspekte der Fahrdynamik und des Fahrzeugentwurfs sowie ausgewählte Themen aus den Forschungsschwerpunkten angeboten werden.

Im Bereich der Forschung wird eine Schwerpunktsetzung auf innovative Verfahren mit hohem Zukunftspotenzial erwartet, beispielsweise in den Themenfeldern des hochautomatisierten bzw. autonomen Fahrens, Fahrzeugsensorik und -aktorik, Systemintegration, Anwendung intelligenter, vernetzter Systeme sowie der Absicherung und Validierung sicherheitskritischer Funktionen.

Die ausgeprägte Bereitschaft zur nationalen und internationalen Kooperation und zum interdisziplinären Arbeiten sowohl innerhalb des Fachbereichs als auch mit anderen Fachbereichen und Forschungseinrichtungen wird erwartet.

Vorausgesetzt werden ein abgeschlossenes ingenieurwissenschaftliches oder naturwissenschaftliches Studium mit anschließender qualifizierter Promotion an einer Universität, didaktisch-pädagogische Eignung, sehr gute Kenntnisse der deutschen und englischen Sprache sowie die Bereitschaft zur Mitarbeit in der akademischen Selbstverwaltung.

Die Einstellung erfolgt im Beamtenverhältnis oder in einem außertariflichen Angestelltenverhältnis mit einer qualifikationsabhängigen Besoldung/Vergütung entsprechend der W-Besoldung. Diese wird zwischen Bewerberin bzw. Bewerber und Hochschulleitung verhandelt. Es gelten ferner die Einstellungsvoraussetzungen der §§ 61 und 62 Hessisches Hochschulgesetz.

Die Technische Universität Darmstadt strebt eine Erhöhung des Anteils der Frauen am Personal an und fordert deshalb besonders Frauen auf, sich zu bewerben. Bewerberinnen und Bewerber mit einem Grad der Behinderung von mindestens 50 oder diesen Gleichgestellte werden bei gleicher Eignung bevorzugt. Die Technische Universität Darmstadt ist als familiengerechte Hochschule zertifiziert und verfügt über ein Dual Career Programm.

Bewerbungen sind mit den üblichen Unterlagen, insbesondere Lebenslauf, Schriftenverzeichnis, Zeugnisunterlagen, Übersicht über ggf. bisherige Lehrtätigkeit (inklusive Lehrevaluationen) und Darstellung wissenschaftlicher Aktivitäten unter Angabe der Kenn-Nummer entweder postalisch zu senden an den Dekan des Fachbereichs Maschinenbau, Technische Universität Darmstadt, Otto-Berndt-Str. 2, Postfach 10 06 36, 64206 Darmstadt, oder in einer einzigen pdf-Datei an dekan@maschinenbau.tu-darmstadt.de zu richten.

Bewerbungsfrist: 30. November 2020