

# Der HEILIGE GRAL des maschinellen Fahrens

Von BERNHARD D. VALNION

Künstliche neuronale Netze müssen den wirklich sehr seltenen Situationen auf die Spur zu kommen, in denen sich ein autonom handelndes System als instabil und damit gefährlich erweist. Dies ist mit der Suche nach Leben in einer Galaxie durchaus vergleichbar. Unser Bild zeigt die Sombregalaxie (auch „M 104“), eine Spiralgalaxie im Sternbild Jungfrau, aufgenommen vom Hubble-Weltraumteleskop

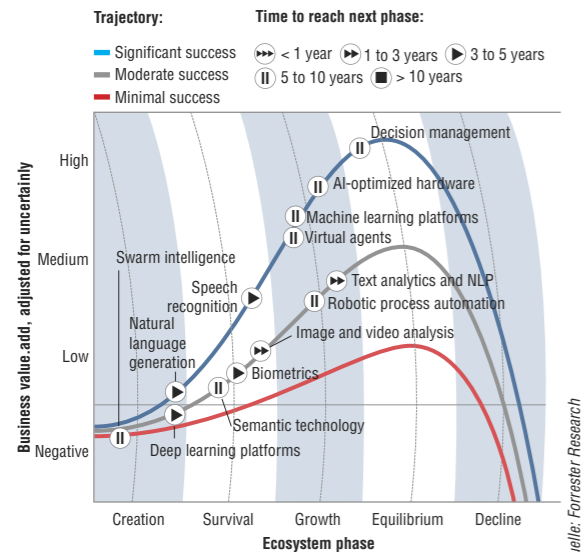
Bild: Wikimedia

**Auf den ersten Blick ist es eine schier unlösbare Aufgabe, alle möglichen relevanten Situationen, in die ein autonom geführtes Auto geraten kann, zu modellieren und bei den Kontrollsystemen zu berücksichtigen. Nur Simulation und Berechnung sind in der Lage, das auftretende Restrisiko auf ein erträgliches Maß zu minimieren. MSC Software stellt die dafür notwendigen Tools, Methoden und Prozesse bereit.**

Vor die wohl größte intellektuelle Herausforderung hat sich die Automobilindustrie selbst gestellt: die Verwirklichung der Vision selbstfahrender Fahrzeuge im normalen Straßenverkehr. Und damit hat sich die Branche in einen hinter den Kulissen tobenden Wettkampf hinein manövriert, bei dem nicht klar ist, ob es Gewinner geben wird. Werden es die OEMs? Die Systemlieferanten? Oder gar die großen IT-Player? Viele Fragen warten auf Antworten, auch deswegen, weil es neben dem Meistern ingenieurwissenschaftlicher Herausforderungen um die Neudefinition der „Schnittstelle zum Kunden“ und unseres Verständnisses von individueller Mobilität grundsätzlich geht. Völlig logisch, dass sich da viele Protagonisten und Antagonisten gegenüberstehen – teilweise mit gewetzten Messern, weil jeder seine eigenen Vorstellungen von Wachstumspotenzial hat. Übrigens geht es beim autonomen Fahren (auch: Autonomous Driving, im Weiteren AD) nicht um die Schaffung

neuartiger Basistechnologien, denn diese sind bereits vorhanden: GPS, detailliertes Kartenmaterial, Fahrerassistenzsysteme einschließlich Sensorik in einer Vielzahl von Varianten, künstliche neuronale Netze (auch: Artificial Intelligence beziehungsweise Techniken für das Machine/Deep Learning, zu deutsch: maschinelles Lernen), Big Data und etwas, auf das vielleicht nur der Berechnungsingenieur kommt: qualitativ hochwertige Adams-Mehrkörpersimulationsmodelle für die Beschreibung der involvierten Subsysteme und Systeme, ebenso wie für das Verhalten des Gesamtfahrzeugs. Letztere sind der Ausgangspunkt für die Schaffung von Algorithmen, sodass mit 99,9x-prozentiger Sicherheit niemand dabei zu Schaden kommt. Es geht also nicht um revolutionierend Neues, sondern vorrangig um Integrationsleistungen und die Schaffung von höchst verlässlichen Kontroll- und Entscheidungssystemen. Dass es sich dabei in der Tat um eine Art Grand Prix par excellence handelt, lässt das Ge-

TechRadar™: Artificial Intelligence Technologies, Q1 '17



Quelle: Forrester Research

Stand Q1/2017: Aufstieg und (erwarteter) Fall von AI-Technologien

rücht vermuten, dass Google für sein Waymo-Projekt (ehemals Google Car) jeden Tag zwei Millionen Testkilometer abspult – rein virtuell, versteht sich. Angefangen hat alles mit der Erfindung des Tempomats 1945, der 13 Jahre später erstmals in Fahrzeugen verbaut wurde. Doch inzwischen ist es nicht mehr die Hardware, sondern die intelligente Simulation, die zum Heiligen Gral von AD geworden ist, denn „der Unterschied zwischen physischem und virtuellem Testen beim autonomen Fahren ist, dass sich der relevante Ereignisraum mit den konventionellen Mitteln von Fahrversuchen in der Realität nicht umfassend durchmustern lässt. Man hat schlichtweg keine Chance, den wenigen Situationen auf die Spur zu kommen, in denen sich das System als instabil und damit gefährlich erweist. Es geht hierbei um das sprichwörtliche Suchen nach der Stecknadel in einem riesigen Heuhaufen“, verdichtet Michael Schlenkrich, Director Product Management bei MSC Software, unsere Vorstellungen und setzt noch eines oben drauf: „Ganz schwierig wird es, dem Einfluss von wirklich seltenen Ereignissen – sagen wir: ein Pferd auf der Straße – mit physischen Versuchen ausa-gekräftigt auf den Grund zu gehen.“ Sicherheit ist bei AD oberstes Gebot, weil der Mensch es gerade noch toleriert, aufgrund menschlichen Versagens

MSC Software positioniert sich gerade zum maschinellen Fahren neu.

[www.mscsoftware.com/application/automated-driving](http://www.mscsoftware.com/application/automated-driving)



Bild: Google

Waymo setzt die Arbeiten am Google Driverless Car der Firma Alphabet fort und wurde im Dezember 2016 als Tochter der Muttergesellschaft Googles gegründet

zu Schaden zu kommen – laut ADAC starben im Jahr 2016 immerhin etwa 3 280 Menschen auf Deutschlands Straßen –; durch Maschinen zu Tode zu kommen, ist indes ein absolutes No-Go. Auf der anderen Seite lehrt uns die Wahrscheinlichkeitstheorie in Personalunion mit dem tragischen tödlichen Unfall des Führers eines Teslas im vergangenen Jahr, dessen Autopilot in Kalifornien einen Lkw „übersehen“ hatte, dass 0 Unfalltote bei AD pure Utopie sind.

Die zentrale Frage bei der Entwicklung von autonomen Fahrzeugen ist nun, um wie viel besser die Unfallrate bei diesen Fortbewegungsmitteln sein muss, um gesellschaftsfähig zu sein. Oder anders ausgedrückt: Es gibt noch jede Menge zu tun, schließlich sollen Prognosen zufolge im Jahr 2025 Autos, in denen das Volant nicht mehr von menschlicher Hand geführt wird, zum Alltag gehören.

**MKS ist nur der Einstieg**

Für das weite Feld der Fahrzeugdynamikanalyse sind die Adams-Derivate der MSC Software Corp. (Newport Beach, US-Bundesstaat Kalifornien) zum De-facto-Standard für die Mehrkörpersimulation (MKS) geworden. Es ist dies der Ausgangspunkt für das Abscannen des sogenannten Event Space für AD. In Kombination mit dem Tool VI-Car Real Time von VI-Grade (Marburg) werden die Adams-Modelle zudem echtzeitfähig, was bedeutet, sie in Hardware-in-the-Loop-(HiL)-Szenarien einsetzbar zu machen, sodass Entwicklungs- und Testprozesse effizienter durchgeführt werden können. Die Automobilindustrie hat erheblich in die Güte ihrer MKS-Berechnungsmodelle investiert, so-



Bild: Vainion

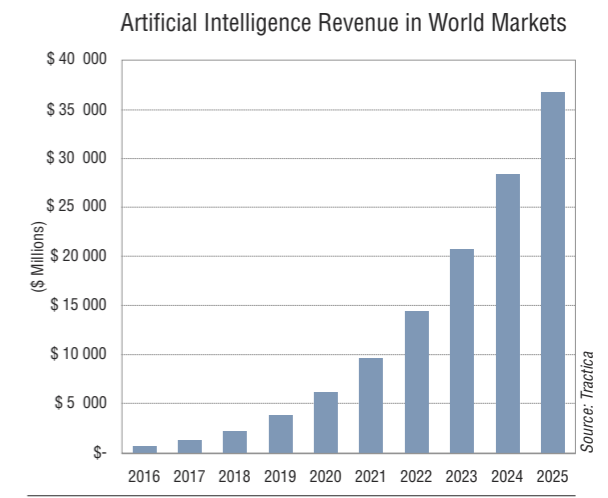
CAE-Datenmanagement-Experte  
Michael Schlenkrich

dass sie also nun die Ernte bei der Erkundung von AD-Szenarien einfahren kann.

MSC Software ist sich seiner Verantwortung bewusst und hat deshalb massiv in dieses anspruchsvolle Anwendungsfeld investiert:

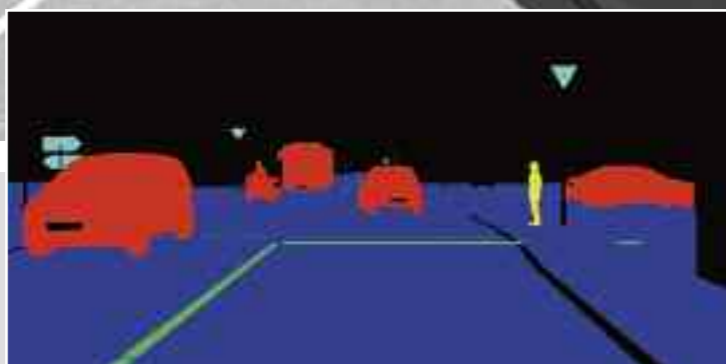
- in Erweiterungen eigener Technologien (Echtzeitfähigkeit von Adams-Anwendungen und Simulationsdatenmanagement von Massendaten)
- in neue Technologien (unter anderem die Übernahme von Vires Simulationstechnologie GmbH, Bad Aibling). Entstanden ist ein „End-to-End-Simulationssystemanbieter für AD“, wie es in perfektem Marketing-Deutsch heißt: End-to-End bezieht sich hierbei auf das Lösungsportfolio für
  - Offline-Analyse (Adams-Portfolio, SiL)
  - Realtime/ 100X Realtime-Analyse (Anbindung von physischen Tests/Simulatoren, HiL)
  - Event-Space-Evaluation (Simulation der Umgebung, Vires-Portfolio)
  - Artificial Intelligence (Quantifizierung von Sicherheit). In einer Matrixorganisation werden diese Themen vorangetrieben. Diese hat natürlich auch ein Gesicht, oder bes-

ser gesagt, vier Gesichter: Horen Kücükyan (AI, Machine Learning), Pete Dodd (Adams Realtime), Marius Dupuis (Environment Simulation, Managing Director von Vires) und Michael Schlenkrich (XiL Data Management).





Mit den Augen der Sensorik: „Ground Truth“ aus einer simulierten Szene, extrahiert über das Vires-Portfolio (siehe Text)



Bilder: MSC Software

Die Berechnungsmodelle müssen Abläufe beschreiben, die mindestens so schnell sind wie die Realität, besser noch schneller. Dabei werden die hochpräzisen Adams-Modelle durch ein Fitting reduziert und sehr vereinfachte Modelle, etwa für Matlab- oder Carmaker-Anwendungen, abgeleitet. Mit der Lösung Adams Real Time von MSC soll die Parameterübergabe derart vereinfacht werden, dass die Schnittstellenproblematik wegfällt. „Mit Adams Real Time will MSC Software seinen Kunden die Möglichkeit geben, sehr systematisch vereinfachte Simulationsmodelle abzuleiten, ohne dabei auf CAE-Tools von anderen Systemanbietern zurückgreifen zu müssen“, motiviert Schlenkrich das Arbeitsfeld seines Kollegen Pete Dodd.

**Simulation der Fahrzeugumgebung**

Ein selbsttätig fahrendes Auto wird über die installierte Sensorik gesteuert, also über Ultraschall-, Radar-, Lidar- und Kamerasysteme, die alle in unterschiedlichen Wellenbereichen und Reflexionseigenschaften arbeiten. So kann ein Objekt für eine Kamera total reflektierend, für den Radarsensor jedoch durchsichtig sein. Hinzu kommen die großen Unterschiede bei den Gesichtsfeldern der Sensoren (etwa ein 360°-Panoramaobjektiv). „Das ist der entscheidende Punkt. Bei der Simulation kommt es nicht

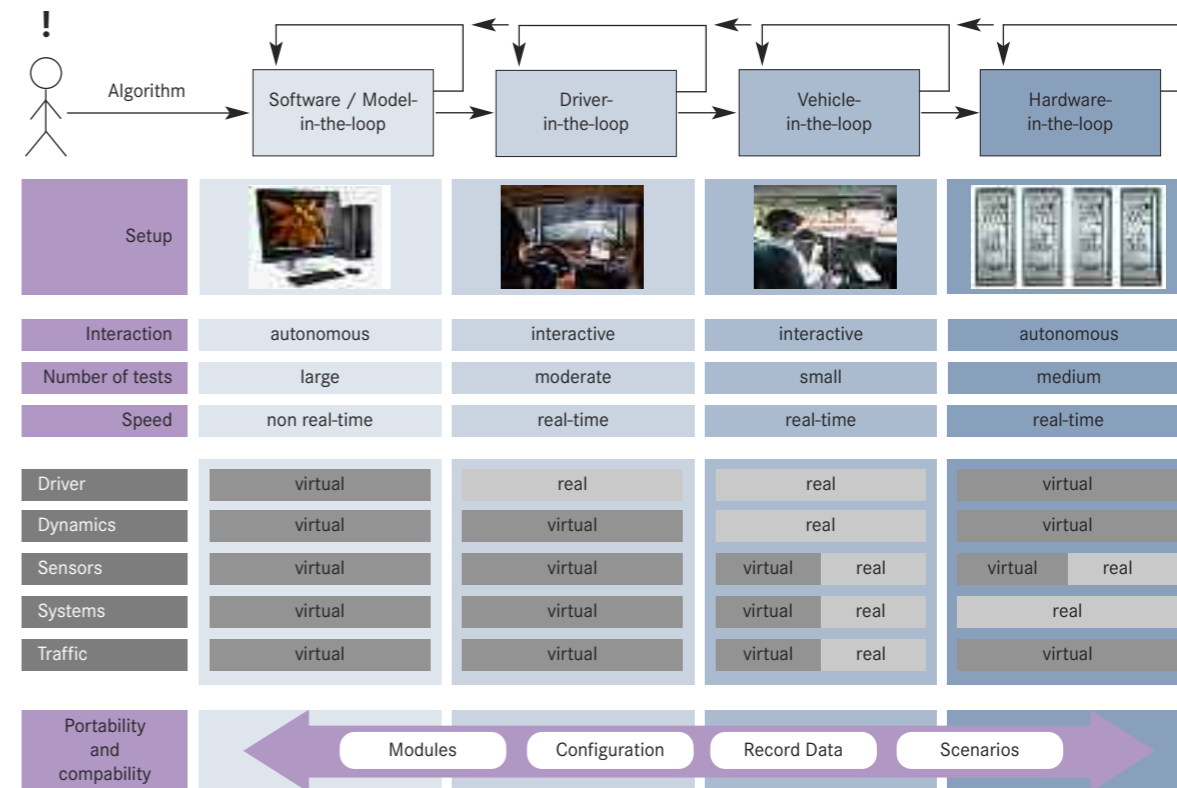
darauf an, wie der Mensch eine Verkehrssituation wahrnimmt, sondern was die Sensorik detektiert. Berücksichtigt werden müssen zudem Störeinflüsse, etwa wenn das Gesichtsfeld eines Sensors verdeckt oder es infolge einer Beschädigung beeinträchtigt ist“, sagt Schlenkrich und nennt einen Kratzer auf dem Objektiv der Kamera als Beispiel. Relevant ist auch, wenn das Fahrzeug zum Beispiel aufgrund eines Kopfsteinpflasters vibriert oder Licht von der nassen Straße so stark reflektiert wird, dass alles überblendet wird – all diese Details halten mit dem Portfolio von Vires Einzug in die Simulation komplexer Umfeldbedingungen.

Vires engagiert sich zudem in Gemeinschaftsprojekten zur Standardisierung von Simulationsumgebungen:

- OpenDrive, ein herstellerübergreifendes Datenformat zur Beschreibung der Straßengeometrie und Netzinfrastruktur
- OpenCRG, ein Open-Source-Projekt zur detaillierten Erfassung und Modellierung von Straßenoberflächen
- OpenScenario, ein Open-Source-Projekt zur Beschreibung der zeitlich variablen Elemente in Fahrsimulationsszenarien.

Das im bayerischen Bad Aibling beheimatete Unternehmen ist zudem Mitglied des Pegasus-Verbundprojekts des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Zahlrei-

**Objectives – Coherent Development**



Source: MSC Software 2017

che OEMs der globalen Automobilindustrie vertrauen auf Software von Vires.

Diese kommt bei der Verifikation von Fahrerassistenz-, aktiven Sicherheits- und AD-Systemen wie folgt zum Einsatz: Software-in-the-Loop-Systeme (SiL: alles wird in der Software simuliert, Fahrer, Sensorik, Komponenten und der Verkehr), Driver-in-the-Loop (VR-Immersion des Fahrers im Fahrsimulator, gehört zur Kategorie SiL), und Hardware-in-the-Loop-Systeme (HiL: ein Teil der realen Komponenten wie Steuersysteme wird in die Simulation eingebunden). Des Weiteren gibt es den Fall, dass das Auto real vorhanden und die Umgebung komplett virtuell abgebildet ist: Das Fahrzeug fährt beispielsweise auf einem großen Parkplatz oder einem Testgelände, und der Fahrer hat ein Head-mounted Display aufgesetzt. Auch für diesen Anwendungsfall (Vehicle-in-the-Loop, ViL) bietet Vires Lösungen an.

Kartenmaterial und Straßenoberflächen können von Laserscans abgeleitet werden. Nehmen wir nochmals das Kopfsteinpflaster als Beispiel: Zunächst muss es geometrisch beschrieben und schließlich mit physikalischen Eigenschaften angereichert werden.

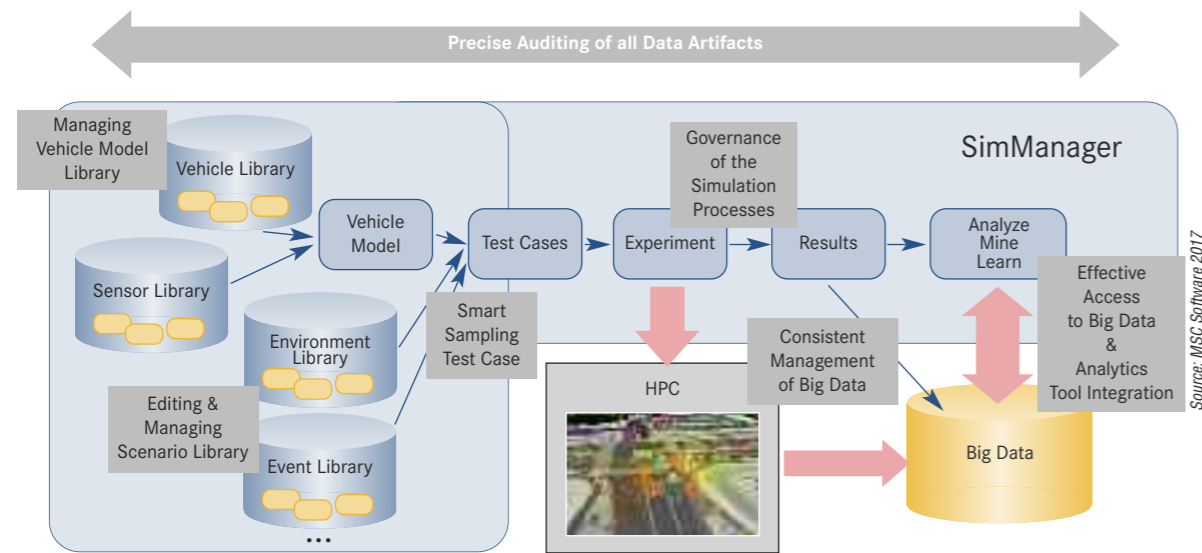
Vires bietet auch so nützliche Dinge wie Modellbibliotheken, die schnell austauschbar sind, sodass man auf einfache Weise eine Großstadtszene von den USA in den

asiatischen Raum verlegen kann. Schlenkrich bringt es auf den Punkt: „Das Vires-Portfolio gibt eigentlich nur das wieder, was die Gaming-Engines in Spielkonsolen einem vorgaukeln – allerdings physialisch korrekt, sowohl für den Fahrer, aber viel wichtiger noch: realistisch aus den Augen der Sensorik. Wie die Sensoren die Welt sehen und daraus die Verkehrssituation beziehungsweise Konstellation ermittelt werden kann, bestimmt, wie sicher und vorausschauend ein autonomes Fahrzeug sich im Straßenverkehr störungsfrei bewegt.“

**Die ganze Wahrheit**

Für AD muss eine Vielzahl von Kontrollsystemen geschaffen werden, die die entsprechenden Objekte identifizieren und klassifizieren und Handlungen daraus ableiten. Die Sensoranbieter müssen künstliche neuronale Netze aufbauen, um aus dem Gesichtsfeld ihrer Detektoren die Bewertung der Verkehrssituation zu ermöglichen. Für die ideale Ausgangssituation des maschinellen Lernens ist die sogenannte Ground Truth notwendig, die Interpretation der Sensordaten im Hinblick auf die Verkehrssituation: eine an der Ampel wartende Person, ein Fahrzeug, das im Begriff ist, abzubiegen, oder der entgegenkommende Bus, nicht aber Details der Fassade des Hauses unmittelbar an

## Finding the 'Needle' with Smart Simulation Management in the 'Haystack'



der Kreuzung. Diese Mustererkennung wird von der Vires-Software gleich mitgeliefert. Und MSC Software investiert weiter in das spannende Metier des Designs selbstlernender Algorithmen.

### Simulationsdaten- und -prozessmanagement

Die CAE-Daten- und -Prozessmanagementlösung des Systemanbieters ist seit fast 20 Jahren eine feste Größe im Markt. SimManager, so die Bezeichnung, wurde an die Erfordernisse der Verarbeitung von Massendaten auf Compute Cluster angepasst. So wurde es um Hadoop Data Lake erweitert. Dies ist eine Datenmanagementumgebung, die eine oder mehrere Hadoop-Cluster umfasst. Dieser Clustertyp wird hauptsächlich eingesetzt, um nichtrelationale Daten (zum Beispiel Protokolldateien, Sensordaten, Bilder und Filmsequenzen) zu verarbeiten und zu speichern. Mit der Managementplattform lässt sich ein gesamtheitliches Bookkeeping (Dokumentation der Transaktionen) bei Big-Data-Analysen durchführen. „Wir helfen unseren Kunden mit Technologien, einen großen Durchsatz mit den relevanten Datensätzen zu erreichen. Schließlich geht es nicht nur um die korrekte Modellierung, sondern auch um Effizienz bei der Datenverarbeitung.“

#### Fazit:

#### Effiziente Kombinatorik von relevanten Ereignissen

Gemeinsam mit dem Kunden wird der Ereignisraum modular strukturiert, um zum Beispiel die verschiedenen Wetterbedingungen an einer Kreuzung einfach durchspielen zu können. Mittels Bibliothek lässt sich die gesamte Szene einschließlich Sensorik aufbauen, und der Anwender kann die Methode des „Smart Sampling“ nutzen, indem der ma-



Typisches Simulationsszenario

ximal diversifizierte Ereignisraum erzeugt wird: Ähnliche Ereignisse mit geringer Aussagekraft werden zusammengefasst. „Die neuronalen Netze müssen lernen, allerdings an den richtigen Daten, sonst kommt es zu den falschen Kontrollmodellen“, warnt der Experte.

So lässt sich also unser Gespräch folgendermaßen zusammenfassen: Simulationen dienen nicht nur der Verifikation von autonom fahrenden Systemen, sondern zudem dem Trainieren der künstlichen neuronalen Netze zur Erstellung der Kontrollalgorithmen.

Man kann nur in der virtuellen Welt den gesamten Ereignisraum abfahren – ausschließlich in der Realität kann ein autonomes System nicht verlässlich verifiziert werden. Reale Fahrversuche können lediglich dazu dienen, an Einzelfällen bestimmte Plausibilitätsüberprüfungen durchzuführen. **Außerdem: MSC Software bietet das umfassendste CAE-Portfolio für das autonome Fahren an.**