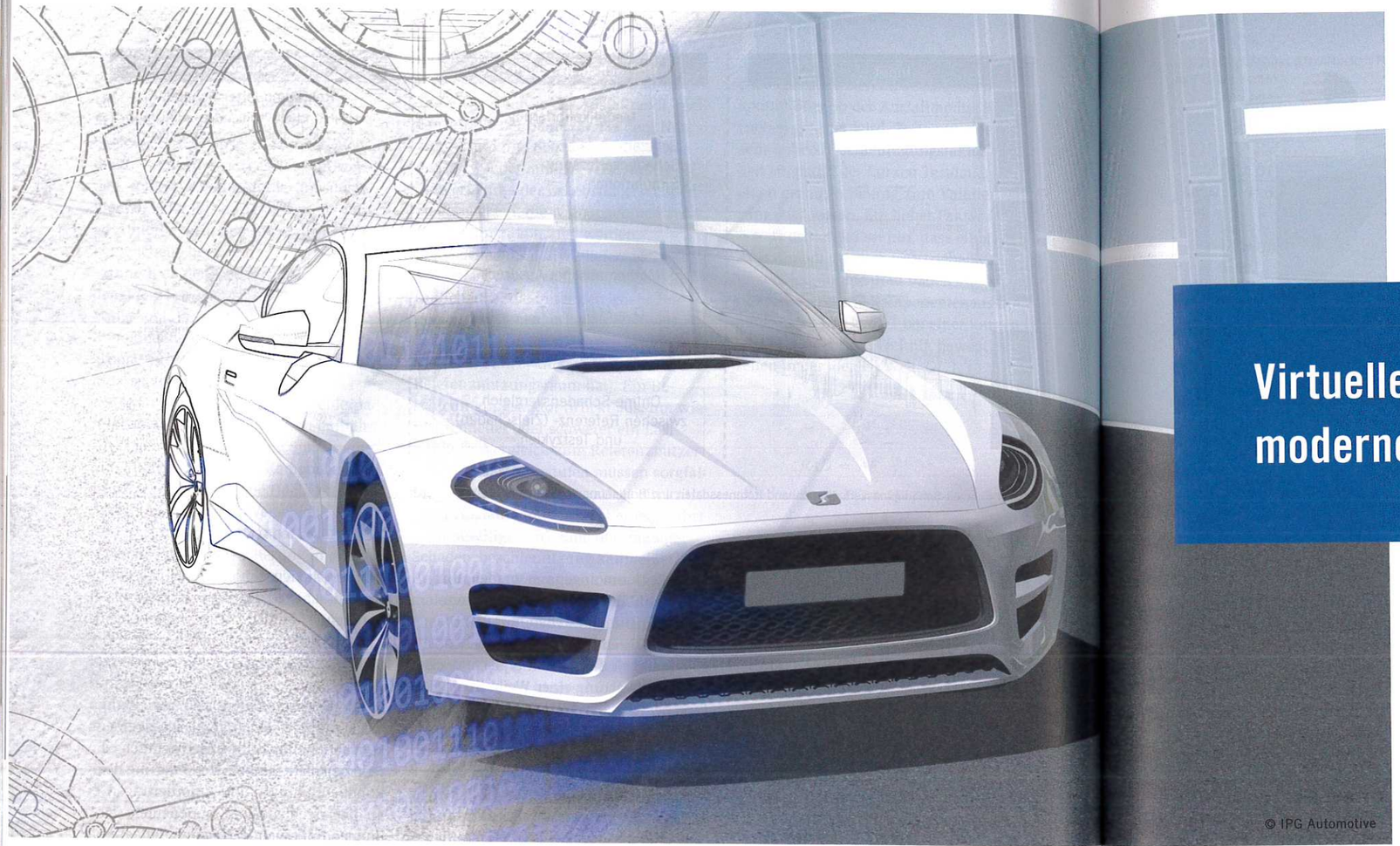


AUTOR

Dipl.-Ing. Steffen Schmidt
ist Geschäftsführer der IPG Automotive GmbH in Karlsruhe.

Virtuelle Fahrzeugentwicklung als Grundlage moderner Fahrzeugarchitekturen

Bevor ein OEM ein Fahrzeug auf den Markt bringt, muss er präzise abwägen, welche Maßnahmen nötig sind, um seinen Kunden ein konkurrenzfähiges und attraktives Produkt anzubieten, das gleichzeitig die charakteristischen Markeneigenschaften verkörpert. Eine der größten Herausforderungen ist es dabei, sämtliche Fahrzeugattribute bereits lange vor der Marktreife des Fahrzeugs festzulegen. Um diesen Prozess zu unterstützen, werden neue Lösungen wie die virtuelle Fahrzeugentwicklung benötigt, zeigt IPG Automotive.

HERAUSFORDERUNGEN DER AUTOMOBILENTWICKLUNG

Durch die Transformationsphase, in der sich die Automobilindustrie aktuell befindet, stehen OEMs und Zulieferer vor gesetzlichen Anforderungen und Aufgaben, die sie noch nie zuvor bewältigen mussten. Es gilt, die optimale Balance aus der verfügbaren Technik und den geltenden Regularien zu finden sowie gleichzeitig zu prognostizieren, welche Eigenschaften bei den zukünftigen Kunden zur Kaufentscheidung führen werden. Da auch Vergleichstests eine Kaufentscheidung stark beeinflussen, müssen darüber hinaus die Entwicklungen anderer OEMs im Blick behalten werden.

Ein grundlegender Schritt, um der steigenden Variantenvielfalt zu begegnen, ist die Einführung einer gemeinsamen, skalierbaren Fahrzeugplattform. Durch sie können große Teile der Produktion vereinheitlicht werden [1]. Besonders in volumenstarken Segmenten wird die Produktion durch baugleiche Komponenten und standardisierte Produktionsabläufe stark vereinfacht. Die Skalierbarkeit der Plattform ermöglicht kurze Reaktionszeiten auf neue Fahrzeugtrends, da es mit verhältnismäßig geringem Aufwand möglich ist, weitere Fahrzeugvarianten zu entwickeln. Bei der Planung der Plattform muss allerdings von Beginn an berücksichtigt werden, dass Fahrzeuge meist innerhalb von zwei bis vier Jahren einer Modellpflege unterzogen werden. In diesem Rahmen werden oft andere Komponenten verbaut, die neue Anforderungen an die Plattform stellen – zum Beispiel eine erhöhte Achslast durch einen überarbeiteten Motor.

Es müssen also vor Entwicklungsbeginn zahlreiche grundlegende Entscheidungen für das Fahrzeug getroffen werden, etwa zur Gewichtsverteilung oder den Emissionen, **BILD 1**.

Diese Entscheidungen werden in sogenannten Zielwerten definiert – in einigen Fällen gemeinsam mit dem Entwicklungspartner. Kalibrierung und Prüfung der Fahrzeugattribute müssen in einem frühen Stadium des Entwicklungsprozesses stattfinden und so eine rechtzeitige Identifikation möglicher Komplikationen gewährleisten.

Neben den fahrzeugspezifischen Eigenschaften müssen unabhängig davon auch globale Themen wie Energie-

BILD 1 Übersicht über einige der festzulegenden Fahrzeugattribute (© IPG Automotive)

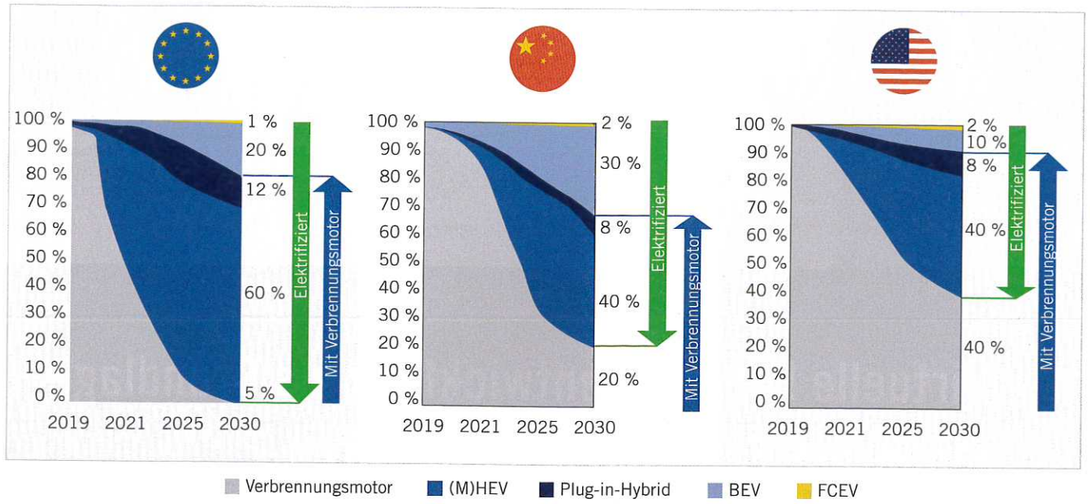


BILD 2 Die Diversität des Antriebsstrangs laut Prognose von IPG Automotive (© IPG Automotive)

preise oder Verfügbarkeit und Umweltverträglichkeit benötigter Rohstoffe berücksichtigt werden. Auch mögliche Förderungen vom Staat sind relevant, da sie das Kaufverhalten der Kunden maßgeblich beeinflussen können. Das Verständnis für die unterschiedlichen Marktanforderungen ist wichtiger denn je und während der gesamten Entwicklung notwendig.

Für sämtliche dieser Herausforderungen sind belastbare Aussagen in der Konzeptionsphase des Fahrzeugs unerlässlich. Es ist also wichtig, Konzepte bereits früh im Entwicklungsprozess auf Gesamtfahrzeugebene bewerten zu können. Dies kann mit der virtuellen Fahrzeugentwicklung geschehen, auf die im Anschluss an die Anwendungsgebiete und deren Besonderheiten näher eingegangen wird.

ANTRIEBSVARIANTEN

Da die Weltmärkte sehr differenziert sind, sorgen Lokalisierung und Gesetzgebung bei der Planung der Fahrzeugarchitektur für vielfältige Herausforderungen. Während etwa in Europa dem Diesel zunehmend der Rücken gekehrt wird und die CO_2-Reduktion eines der wichtigsten Themen darstellt, sind Umweltaspekte in anderen Teilen der Welt noch eher zweitrangig. Ein Blick auf die Prognosen zeigt, dass die Antriebsstrangvielfalt und somit auch der Entwicklungsaufwand in den nächsten Jahren massiv steigen werden. Die Zukunft gehört dabei der verstärkten Elektrifizierung – von Mildhybriden und Vollhybriden ((M)HEVs), über Plug-in-Hybride bis hin zu batterieelektrischen (BEVs) und Brennstoffzellen-Fahrzeugen (FCEVs), **BILD 2**.

Dies ist nicht die einzige Herausforderung, vor der OEMs stehen. Im Bereich der E-Mobilitätsentwicklung befinden sich neue Mitspieler auf dem Markt, die über komplett neue Herangehensweisen und Entwicklungsmethoden verfügen. Darüber hinaus bewegt sich die Fahrzeugtechnik mit großen Schritten weg von der Mechanik hin zur Elektrik- und Softwareentwicklung.

Insbesondere im Bereich der elektrifizierten Antriebe kommt der Architektur des Antriebsstrangs eine zentrale Bedeutung zu. Sie beeinflusst maßgeblich Fahreigenschaften und Fahrleistungen – zum Beispiel durch die Positionierung der E-Motoren und der Batterie. Durch eine große Zahl verschiedener Antriebskonzepte ist die Planung und Entwicklung mit herkömmlichen Methoden mühsam und aufwendig.

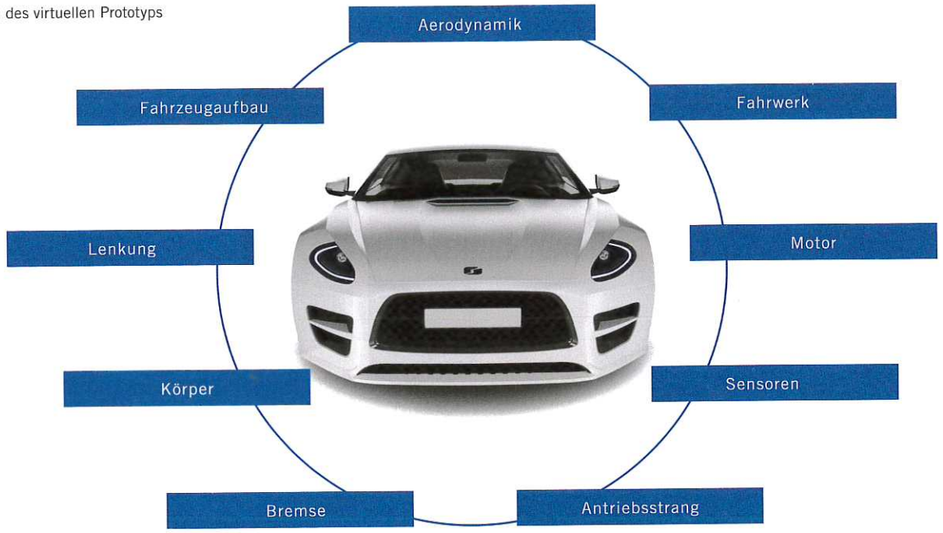
Komplex ist auch die Thematik der Reichweite von E-Fahrzeugen, die ein kaufentscheidendes Kriterium darstellt. Fahrzyklen wie der WLTP, der 2017 den NEFZ abgelöst hat, sind dabei aufgrund der häufig unrealistischen Ergebnisse für den Kunden eher zweitrangig. Was die Kaufentscheidung tatsächlich beeinflusst, ist die im Realbetrieb erzielbare Reichweite [2]. Diese Reichweite bringt die Entwickler mit der heutigen Batterietechnik und ihrer geringen Energiedichte in einen Zwiespalt: Je größer die Reichweite, desto höher ist aufgrund der entsprechend schwereren Batteriezelle das Fahrzeuggewicht. Durch das höhere Gewicht wiederrum sinkt die Effizienz.

Die virtuelle Fahrzeugentwicklung bietet die Möglichkeit, diesen Problemstellungen zu begegnen und das enorme Potenzial in der Antriebsstrangentwicklung kosteneffizient auszuschöpfen – etwa durch die Simulation skalierbarer Batterielayouts.

ASSISTENZFUNKTIONEN UND AUTOMATISIERTES FAHREN

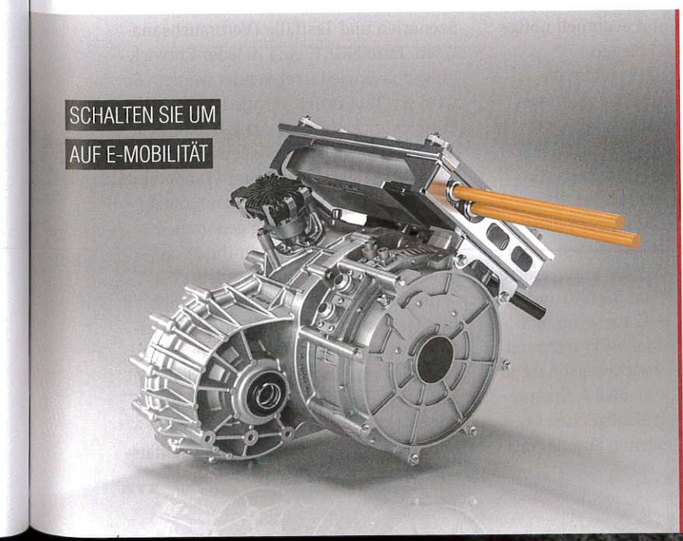
Weitere zentrale Themen, die OEMs beschäftigen, sind Fahrerassistenzfunktionen, das automatisierte Fahren sowie die dafür benötigte Sensorik. Das Ziel ist die bestmögliche Erkennung des Fahrzeugumfelds mithilfe der geringstmöglichen Zahl verbauter Komponenten. Für eine fehlerfreie Funktionsweise müssen sämtliche Sensoren, Aktuatoren und Softwarefunktionen im Fahrzeug reibungslos zusammenarbeiten. Durch die damit einhergehende Komplexität

BILD 3 Komponenten des virtuellen Prototyps (© IPG Automotive)



und Fehleranfälligkeit ist es unverzichtbar, bereits während der Konzeptphase mithilfe der virtuellen Fahrzeugentwicklung testen zu können – etwa, ob durch die geplante Sensorik das Umfeld optimal erfasst wird oder ob die Sensorkonfiguration/-positionierung geändert werden muss. Um Latenzen bei der Signalübertragung zwischen einzelnen virtuellen ECUs (Engine Control Units) zu vermeiden, geht insbesondere im Bereich des automatisierten Fahrens der Trend hin zu Zentralsteuergeräten [3].

Mithilfe einer virtuellen ECU (vECU) kann in der virtuellen Fahrzeugentwicklung sichergestellt werden, dass die umfangreichen Funktionen einer komplexen realen ECU wie gewünscht im Gesamtfahrzeug arbeiten – zu einem beliebigen Zeitpunkt im Entwicklungsprozess. Systeme wie eine adaptive Geschwindigkeitsregelung oder ein Spurhalteassistent können damit im Fahrzeug bewertet und optimiert werden, ohne dass das Fahrzeug in der Realität existieren muss oder der Zulieferer Hardware zum Einbau in einen realen Prototyp zur Verfügung gestellt hat. Kommunikationstests können dabei sowohl mit Model-in-the-Loop (MIL) und Software-in-the-Loop (SIL) durchgeführt werden. Eine Simulationsumgebung wie CarMaker von IPG Automotive kann auf diese Weise einen entscheidenden Teil dazu beitragen, die verschiedenen Ansprüche im Bereich der



FEV

Wir unterstützen Sie durch unsere Expertise bei der Entwicklung von kompakten, elektrischen Antriebseinheiten.

FEV Getriebelösungen für Elektrofahrzeuge und P4-Hybride:

> Kompakte 1-Gang und lastschaltfähige Mehrganggetriebe
> Skalierbare Konstruktionen für einen großen Drehmoment-/Leistungsbereich
> Kurzfristige Markteinführung durch Verwendung erprobter Bauteilgruppen
> Park-by-wire System optional
> Anbau-Steuergerät mit umfangreichen Softwarefunktionen
> Rekuperations- und Segelfunktion

www.fev.com

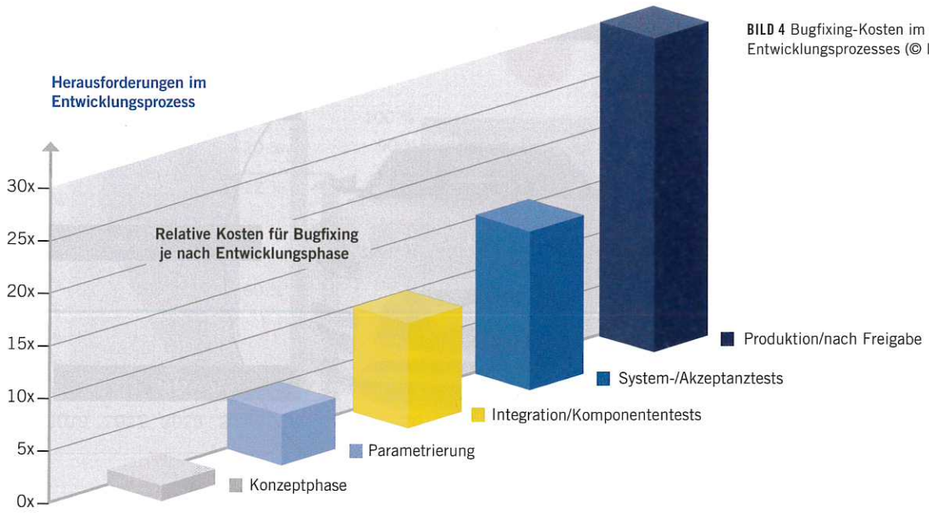


BILD 4 Bugfixing-Kosten im Lauf des Entwicklungsprozesses (© IPG Automotive)

Fahrerassistenzsysteme und des automatisierten Fahrens zu meistern.

Ein beispielhafter Einsatzzweck ist die Zielwertdefinition für Euro-NCAP-Tests. Dafür muss es möglich sein, in einer frühen Entwicklungsphase herauszufinden, ob die geplanten Funktionen im Zusammenspiel mit den restlichen Fahrzeugdaten, wie etwa den Massen, zum gewünschten Ziel führen – im Fall von Euro NCAP also das Erreichen der Höchstpunktzahl.

VIRTUELLE FAHRZEUGENTWICKLUNG

Wie in den vorherigen Kapiteln beschrieben, müssen die OEMs und Zulieferer eine Vielzahl von Entscheidungen in einer sehr frühen Entwicklungsphase treffen, die sich über zahlreiche Domänen wie Mechanik, Elektronik und Software erstrecken. Eine Ursache dafür ist der Wandel der Fahrzeugfunktionen von einer komponentenbasierten hin zu einer systembasierten Funktionsweise.

Eine systembasierte Betrachtung ist bei der Fahrzeugentwicklung also unerlässlich. Gemäß dem Ansatz des Automotive Systems Engineerings [4] ist dies die Betrachtung des Gesamtsystems im Gesamtfahrzeugkontext in realistischen Testfällen. Die Testfälle sollten dabei denen entsprechen, die der zukünftige Fahrer selbst erfahren wird. Das Testen auf Gesamtsystemebene muss zu einem wertschöpfenden Element im Entwicklungsprozess werden. Dies ermöglicht komplexe Entscheidungen zu einem frühen Zeitpunkt. Es werden Prozesse, Methoden und Werkzeuge benötigt, mit denen diesen Anforderungen begegnet werden kann.

Die virtuelle Fahrzeugentwicklung ermöglicht es, systematische Tests in der entscheidenden Fahrzeugarchitekturphase auf Gesamtfahrzeugebene durchzuführen und verlässliche sowie belastbare Ergebnisse zu erzielen. Eine Konzeptevaluierung in einer sicheren, deterministischen und hochgradig reproduzierbaren Umgebung wird ermöglicht. Rückschlüsse über das Systemverhalten lassen sich so bereits in der Konzeptphase erzielen und eventuell nötige Konzeptänderungen ableiten.

Eine Möglichkeit dafür bietet die offene Integrations- und Testplattform CarMaker, die entwickelt wurde, um den Aufwand und die Komplexität der Automobilentwicklung zu reduzieren. Sie ermöglicht eine Steigerung der Effizienz und hilft OEMs und Zulieferern dabei, heute zu handeln, um den hohen Anforderungen künftiger Märkte und Gesetze souveräner zu begegnen. Den Grundstein dafür bildet die virtuelle Integration der „Systems Under Test" während einer sehr frühen Entwicklungsphase in den virtuellen Prototyp, **BILD 3**. Entsprechende Schnittstellen ermöglichen es, Modelle aus verschiedenen Simulationswerkzeugen zu integrieren (Re-use of Legacy) [5]. Vorhandene Modelle, in die bereits viel Wissen eingeflossen ist, können so einfach wiederverwendet werden, um sie in die Gesamtsystembetrachtung einzubeziehen.

Durch die vollständige Parametrierung wird die Simulation aller Einflüsse der Fahrzeugsysteme untereinander ermöglicht und das Fahrverhalten des realen Fahrzeugs präzise in der virtuellen Welt abgebildet.

CarMaker kann also während des gesamten Entwicklungsprozesses eingesetzt werden. In der Hardware-in-the-Loop-Phase können Software-Modelle durch die nun vorhandene Hardware ersetzt werden und bereits vorhandene Szenarien und Testfälle (Verbrauchsanalysen, Euro NCAP, etc.) in jeder Entwicklungsphase wiederverwendet werden. So wird ein Tool-Bruch vermieden, der die Entwicklungseffizienz stark beeinträchtigen würde. Beispielsweise kann ein Testfall, der gerade noch am Computer aufgebaut wurde, im nächsten Moment mit in das reale Fahrzeug genommen und mithilfe der Vehicle-in-the-Loop Methode selbst erfahren werden.

Entscheidungen können so deutlich fundierter und früher im Entwicklungsprozess getroffen und die Systeme schneller entwickelt, getestet und auf den Markt gebracht werden [6]. Diese Vorgehensweise führt zu schnelleren Entwicklungszyklen und einer Qualitätssteigerung. Mögliche Designprobleme können durch den umfassenden Einsatz von MIL und SIL frühestmöglich im Entwicklungsprozess identifiziert und kostspielige Designänderungen vermieden werden, **BILD 4**.

ZUSAMMENFASSUNG

Die virtuelle Fahrzeugentwicklung stellt eine solide Basis dar, um den gesamten Entwicklungsprozess systematisch und effizient zu unterstützen. Sie erlaubt den Wandel von einer Komponenten-Sichtweise hin zu einer System-Sichtweise.

Für Automobilhersteller und Zulieferer bedeutet der Einsatz einer Simulationsumgebung wie CarMaker einen geringeren Entwicklungsaufwand, eine schnellere und agilere Reaktion auf neue Trends, geringere Kosten und eine kürzere Markteinführungszeit.

LITERATURHINWEISE

[1] Barp, J. L.: Der Modulare Querbaukasten MQB von Volkswagen. Von der Plattformstrategie über die Modulstrategie zur Baukastenstrategie. VDI-Vortrag, Braunschweig, 26.09.2013
[2] Chase, R.: IPG CarMaker at Jaguar Land Rover. Apply & Innovate conference, Karlsruhe, 2016
[3] Pudenz, K.: zFAS managt für Audi das pilotierte Fahren, https://www.springerprofessional.de/automobil---motoren/hardware---steuergeraete/zfas-managt-fuer-audi-das-pilotierte-fahren/6586578, aufgerufen am 09.03.2020
[4] Maurer, M.; Winner, H.: Automotive Systems Engineering, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013
[5] Gerstenberg, J.; et al.: RDE Engineering at the Engine Test Bench, Apply & Innovate conference, Karlsruhe, 2016
[6] Hakuli, S.; Stölzl, S.; Pithan, B.: Lab-On-Wheels – Ein Absicherungswerkzeug für den nahtlosen Übergang zwischen Simulation und Fahrzeug. VDI-Berichte Nr. 2335, 2018

READ THE ENGLISH E-MAGAZINE
Test now for 30 days free of charge:
www.atz-worldwide.com

SUPERMICRO
SuperWorkstations
Accelerate Your Workflow with Supermicro
High-Performance Workstation Solutions
Featuring 2nd Generation Intel® Xeon® Scalable Processors
nvm EXPRESS
X11 SERVER PLATFORMS
intel XEON PLATINUM inside
SUPERMICRO
Learn More at www.supermicro.com/superworkstation
© Supermicro and Supermicro logo are trademarks of Super Micro Computer, Inc. in the U.S. and/or other countries.