



© [M]: Metamorworks | adobe.stock.com; ASAP

Digital Twins in der Komponenten- und Funktionsentwicklung für E-Fahrzeuge

Bei der Entwicklung von E-Fahrzeugen lassen sich mit Digital Twins Reichweite und Betriebszustand frühzeitig virtuell bestimmen. Für ihren Einsatz hat ASAP ein virtuelles Prüfumfeld aufgebaut, in dem bei virtuellen Erprobungsfahrten zahlreiche Szenarien simuliert werden. Dadurch lassen sich Kosten und Aufwand in der Erprobung, dem Prototyping sowie der Produktoptimierung deutlich reduzieren.

AUTOR



René Honcak
ist Projektmanager Modellbildung/
Simulation bei der ASAP-Gruppe
in Gaimersheim.

MOTIVATION

Die Reichweite von E-Fahrzeugen beeinflusst die Kaufentscheidung von Endkunden maßgeblich – für den flächendeckenden Erfolg der Elektromobilität sind schnelle Fortschritte auf diesem Gebiet essenziell. Kunden müssen beispielsweise bei der Frage nach dem optimalen Ladezeitpunkt im Hinblick auf den Betriebszustand unterstützt werden. Informationen zur maximalen Reichweite entsprechend der Ladung des Fahrzeugs müssen für den Fahrer ebenfalls verfügbar sein. Lösungen hierfür stellen unter anderem Fahrfunktionen wie der prädiktive Effizienzassistent dar. Er sorgt bei Hybridfahrzeugen für einen verminderten Verbrauch und so für mehr Reichweite, indem er konkrete Empfehlungen zur effizientesten Fahrweise liefert. Die Entwicklung dieser Funktionen ist komplex und macht eine umfangreiche Absicherung notwendig. ASAP nutzt dabei die Methode der Digital Twins aus dem Bereich der Modellbildung und Simulation. Mit virtuellen Abbildern von Funktionen und Komponenten lassen sich bei ihrer Entwicklung und Erprobung maßgeblich Zeit und Kosten sparen.

REALE ERPROBUNG VERSUS SIMULATION MIT DIGITAL TWINS

Stand heute werden Vorhersagen und Analysen zum Verhalten des elektrischen Verbrauchs zumeist über lang definierte Messverfahren zur Generierung von Kennfeldern oder Lookup-Tabellen durchgeführt. Hierfür werden vorab definierte Testfahrten an Prüfständen oder Fahrversuche real umgesetzt. Bei Entwicklungen und Erprobungen im Bereich E-Mobilität stoßen diese Verfahren jedoch an ihre Grenzen. Bei realen Testläufen wird die Reichweitenvorhersage auf Basis statischer Modelle ohne Einbezug von Umwelt, Umfeld oder gekoppelter dynamischer Effekte im elektrifizierten Antriebsstrang durchgeführt. Änderungen an den Testspezifikationen können während der Erprobung am realen Prüfstand nicht vorgenommen werden. Auch Analysen hinsichtlich Störtermen wie Sensorungenauigkeiten, Messrauschen oder Fertigungs- und Montageteranzen sind nur durch Erhöhung des Messaufwands möglich und

nicht reproduzierbar. Vor allem bei der Reichweitenvorhersage für E-Fahrzeuge, bei der zahlreiche Einflussfaktoren berücksichtigt werden müssen, lassen diese Maßnahmen deshalb eine vollumfängliche Absicherung in zeitlich angemessenem Rahmen nicht zu [1].

ASAP nutzt aus diesem Grund die virtuelle Absicherung mit Digital Twins, bei der sich Testspezifikationen jederzeit beliebig anpassen lassen. Der Nutzen von Digital Twins ist vielfältig. Zum einen sorgen die virtuellen Abbilder für eine optimale Verzahnung der einzelnen Entwicklungsphasen, da sie für eine konstante Verfügbarkeit von Daten sorgen. Diese Daten ermöglichen wiederum die kontinuierliche Optimierung der abgebildeten Komponenten und Funktionen über alle Prozessschritte hinweg. Zum anderen gestatten Digital Twins den sprichwörtlichen Blick in die Glaskugel; denn bevor erste Hardware oder Prototypen real existieren, können neue Komponenten oder Funktionen virtuell mit ihnen erprobt werden. Auf diese Weise erhalten die Ingenieure Erkenntnisse über die Reaktion der Komponenten oder Funktionen in bestimmten Situationen, bevor diese eintreten. Mögliche Fehler und ihre Ursachen können frühzeitig in der Entwicklung behoben werden. Kosten und Aufwand in der Erprobung, dem Prototyping sowie der Produktoptimierung werden durch den Aufbau von Digital Twins deutlich gesenkt.

VIRTUELLE ABBILDER

Für ein aktuelles Projekt hat ASAP Digital Twins für alle Komponenten eines elektrischen Antriebsstrangs aufgebaut. Für Erprobungen stehen die virtuellen Abbilder des HV-Leitungssatzes, der HV-Leistungselektronik und -Batterie sowie der E-Maschine zur Verfügung. Um sie hinsichtlich verschiedenster Kriterien erproben zu können, erfüllen die Digital Twins unterschiedlichste Anforderungen, sodass sie sowohl Mechanik und Elektrik als auch Thermik und Lebensdauer der Testobjekte abbilden können. Durch die Nutzung von Synergien aus der Modellbildung und Simulation ist ASAP in der Lage, den gesamten Entwicklungsprozess eines elektrischen Antriebsstrangs in jeder Phase durch virtuelle Komponentenmodelle, Messtechnik sowie Berechnungsverfahren zu erweitern. Mit jedem Test und Entwicklungsschritt werden die virtuellen Abbilder immer genauer, denn durch maschinelle Lernverfahren nutzen sie einmal gewonnene Erfahrungen, um sich selbst stetig zu optimieren.

REDUZIERTER ZEIT- UND KOSTENAUFWAND

Mit den Digital Twins beantworten Experten in ihrem aktuellen Projekt beispielsweise Fragen zur Reichweiten- und Betriebszustandsvorhersage ohne reale

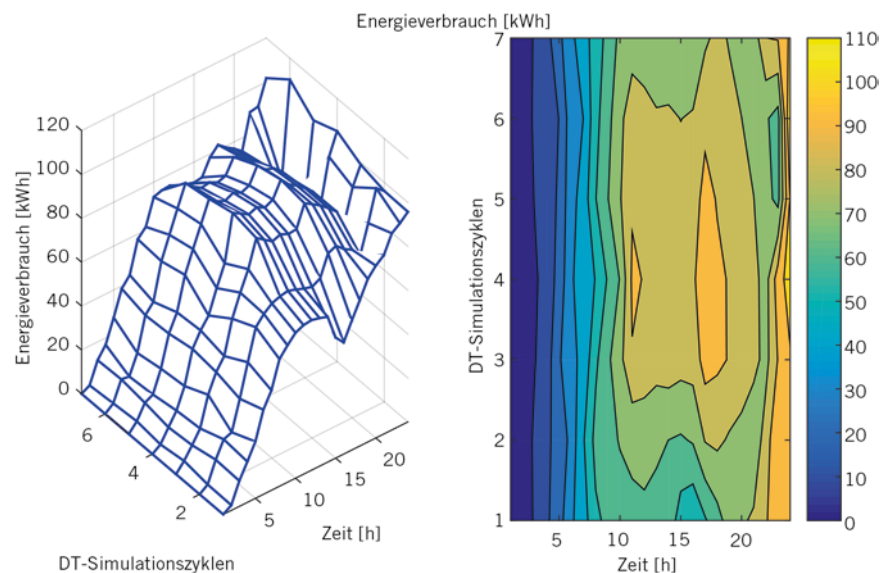


BILD 1 Simulation mehrerer Zyklen einer Energieverbrauchsvorhersage durch Digital Twins für verschiedene Antriebsstrangkonfigurationen (© ASAP)

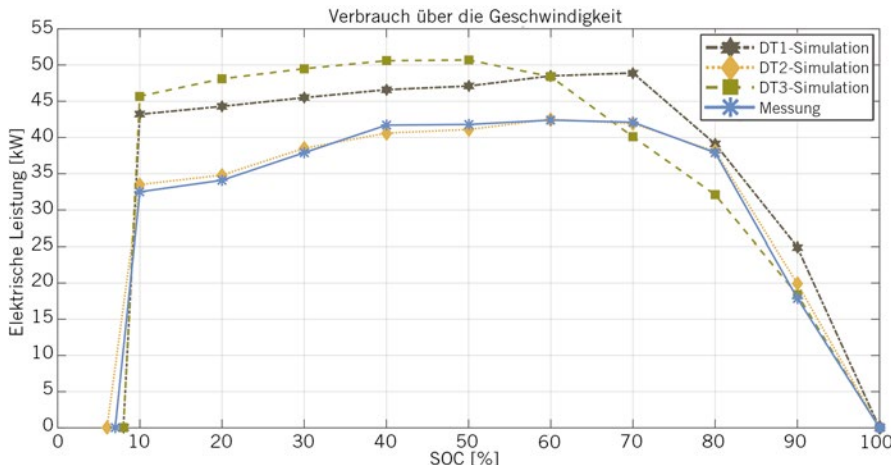


BILD 2 Messung und Simulation des Ladeverhaltens beim schnellen Laden im Sommer von elektrischen Fahrzeugen (© ASAP)

Testläufe, **BILD 1**. Hierzu haben sie ein virtuelles Prüfumfeld aufgebaut, in dem unter anderem verschiedene Umwelteinflüsse, Straßenbedingungen und Straßenzeichen berücksichtigt werden. In diesem Prüfumfeld wird auf virtuellen Erprobungsfahrten eine Vielzahl von Szenarien simuliert. Dabei kommt der Digital Twin ins Spiel. Durch die simulative Betrachtung von Last- beziehungsweise Fahrprofilen werden virtuelle Erprobungen zur Identifikation mechanischer und thermischer Hotspots im Fahrzeug durchgeführt. Dabei werden für das Gesamtsystem die Reichweite beziehungsweise der ideale, verlustfreie Betriebszustand und so wiederum der günstigste Zeitpunkt zum Laden der HV-Batterie ermittelt. ASAP liefert damit gleichzeitig auch Antworten auf die Fragen, ob sich die HV-Batterie in einem thermischen Betriebszustand befindet, der das Laden begünstigt, **BILD 2**, oder ob der Streckenverlauf hin zu einer definierten Destination verändert werden kann, um durch Rekuperation Energie zurückzugewinnen. Auf diese Weise identifizieren die Ingenieure das bestmögliche Antriebsstrangkonzept sowie die optimale Lade- und Betriebsstrategie eines E-Fahrzeugs, ohne dass in der Realität auch nur ein Kilometer zurückgelegt wurde, **BILD 3**. Im Vergleich zu realen Erprobungen am Prüfstand, die in diesem Fall einige Tage in Anspruch nehmen würden, werden für die virtuelle Erprobung lediglich wenige Minuten benötigt [2].

Die Digital Twins des elektrischen Antriebsstrangs werden jedoch nicht

nur für die Reichweiten- und Betriebszustandsvorhersage genutzt, sondern auch in allen weiteren Phasen der Entwicklung von E-Fahrzeugen – von Auslegungsuntersuchungen über die Prototypenentwicklung bis hin zur Erprobung. Zu Entwicklungsbeginn legen etwa Berechnungstools E-Maschinen passend ihrer Vorgaben hinsichtlich Gewicht und Leistung aus. Auch in der Softwareentwicklung werden die digitalen Komponenten eingesetzt, zum Beispiel für Berechnungen für komplexe Fahrfunktionen. Der Vorteil der modellbasierten Softwareentwicklung im Ver-

gleich zu herkömmlichen Entwicklungsmethoden ist eine höhere Genauigkeit der Berechnungsverfahren: Aufgrund kontinuierlicher Verbesserung der digitalen Zwillinge im Laufe des Entwicklungsprozesses liegen den verfahrensfundierte Modelle zugrunde. In der Prototypenphase nutzen Entwickler digitale Zwillinge unter anderem dazu, die optimale Position für HV-Leitungssätze zu ermitteln. Dafür identifizieren sie mit ihnen mechanische Belastungen oder thermische Kontaktstellen zu Steuergeräten im Fahrzeug, also Positionen, die für den HV-Leitungssatz ungeeignet sind. Dadurch werden weniger Prototypen benötigt, sodass Kosten und Dauer der Prototypenphase erheblich reduziert werden. In der Komponentenerprobung für E-Fahrzeuge werden die Digital Twins intensiv validiert und später im Fahrbetrieb zur Validierung von Sensordaten genutzt. Mit ihnen können auch Erprobungen umgesetzt werden, die unter realen Bedingungen nicht durchführbar wären, beispielsweise die Erprobung virtueller Sensoren, die in E-Fahrzeugen anhand von Strom und Spannung die Temperatur im Motor berechnen. Ein weiteres Beispiel ist die Absicherung von Funktionen wie der Personenerkennung. Mit realen Validierungsmethoden lassen sich diese nicht fehlerfrei absichern, da es unendlich viele Situationen und Parameter gibt,

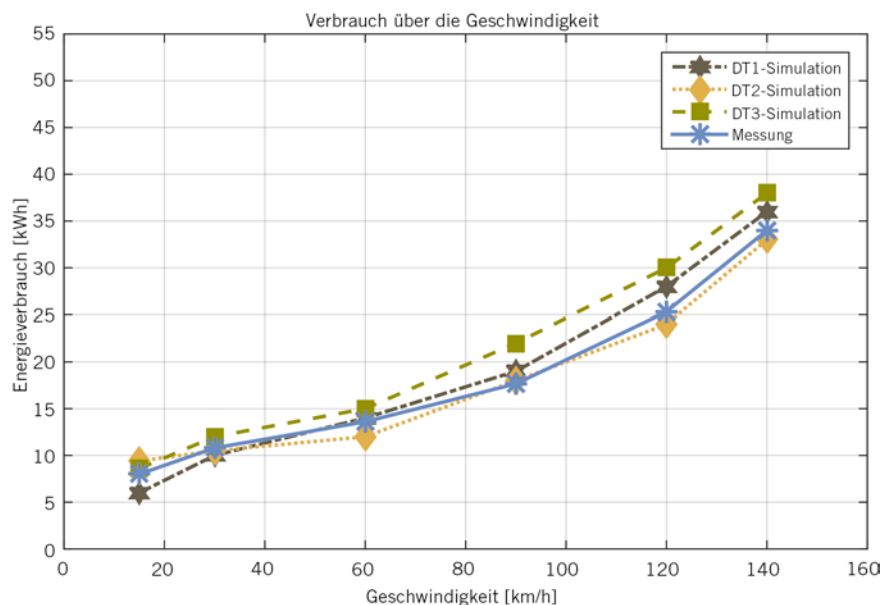


BILD 3 Darstellung des Energieverbrauchs gegenüber der Geschwindigkeit | Messdaten einer Erprobungsfahrt versus Simulationsdaten aus digitalen Zwillingen für verschiedene Antriebsstrangkonfigurationen (© ASAP)

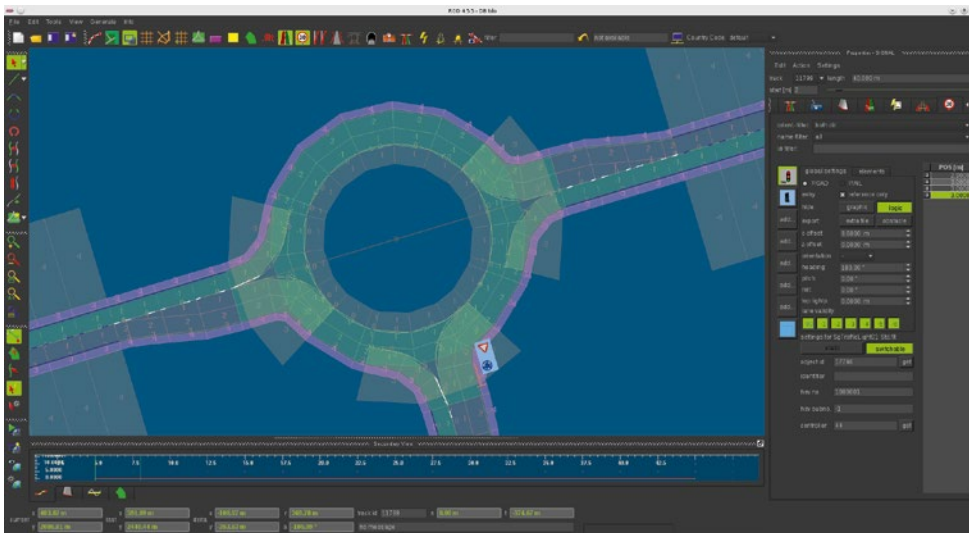
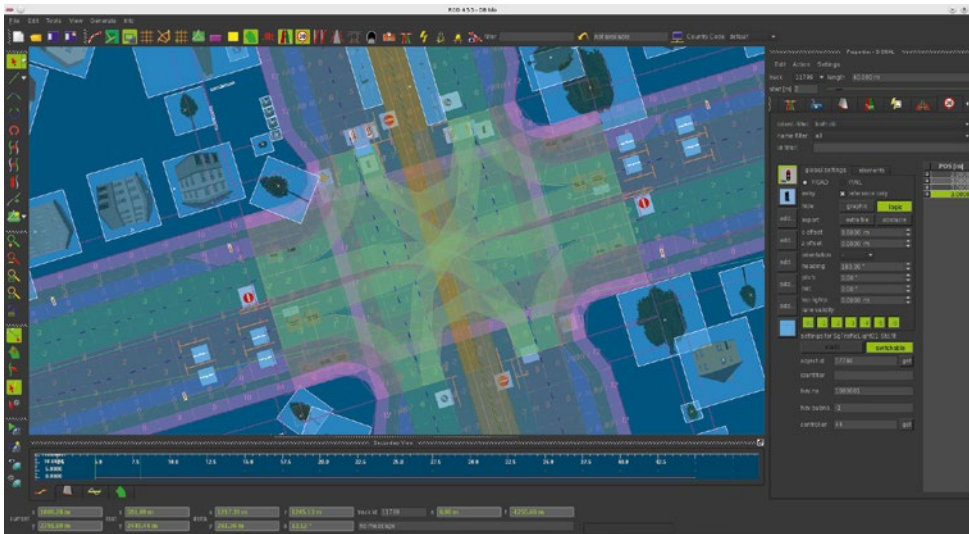


BILD 4 und 5 Virtuelles Testumfeld für die Erprobung von Digital Twins (© ASAP)

die berücksichtigt werden müssen. Auch dieser Herausforderung begegnet ASAP mit dem Einsatz von Digital Twins in virtuellen Prüfumgebungen, **BILD 4** und **BILD 5**. Bei Temperaturläufen von E-Maschinen für Lebensdauertests erleichtern und beschleunigen die virtuellen Abbilder die Erprobung ebenfalls [3].

AUSSICHTSREICHE ZUKUNFT

Mit ihren Vorteilen für die Funktions- und Komponentenentwicklung sind Digital Twins vor allem im Bereich E-Mobilität in den kommenden Jahren unerlässlich für schnelle Fortschritte. Künftig werden Datenbanken mit spezifischen Modell- und Materialdaten sowie die Nutzbarmachung dieser Daten zur virtuellen Absicherung einen entscheidenden Entwicklungsvorsprung ermög-

lichen. ASAP baut entsprechende Datenbanken bereits sukzessiv auf, sodass beispielsweise für virtuelle Abbilder benötigte Daten zu Elektrik, Mechanik oder Thermik in Zukunft schneller verfügbar sind. Durch sein umfangreiches Leistungsportfolio auf dem Gebiet der Robustness Validation stehen viele Daten bereits von vornherein für den Einsatz beim Aufbau von Digital Twins zur Verfügung und müssen nicht erst in aufwendigen Testreihen gewonnen werden. Soll beispielsweise ein Digital Twin mit einem virtuellen Shaker-Versuch validiert werden, kann ASAP auf die benötigten Randdaten in Form von Messdaten aus vorangegangenen, realen Lebensdauertests zurückgreifen. Mit Blick auf die Herausforderungen in der Komponenten- und Funktionsentwicklung, etwa kurze Entwicklungszeiten,

permanenter Kostendruck und immer komplexere Produkte, steht dem Einsatz von Digital Twins eine aussichtsreiche Zukunft bevor.

LITERATURHINWEISE

- [1] Kaufmann, T.; Pühringer, A.; Rauscher, B. (2016): Der digitale Zwilling. Online: <http://www.computer-automation.de/unternehmensebene-produktionssoftware/artikel/132264/>, abgerufen am 09.01.2018
- [2] Glaessgen, E.; Stargel, D.: The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U.S. Air Force Vehicles. In: 53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference Honolulu, Hawaii, 2012
- [3] Kahlen, F.-J.; Flumerfelt, S.; Alves, A.: Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems: New Findings and Approaches, 2017



DIESER BEITRAG IST IM E-MAGAZIN VERFÜGBAR UNTER:
www.emag.springerprofessional.de/atz