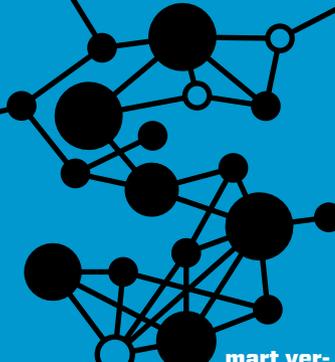


SMART ENGINEERING  
FÜR VERNETZTE PRODUKTE

# IT KÜSST MECHANIK

TEXT: MICHAEL WENDENBURG



**Smart vernetzte Produkte kommunizieren scheinbar mühelos über das Internet of Things (IoT) und ermöglichen neue Serviceangebote, die bestehende Geschäftsmodelle in Frage stellen. Im Entwicklungsprozess müssen hingegen noch Kommunikationshürden überwunden werden. Das sogenannte Smart Engineering benötigt neue IT-Werkzeuge, Methoden, Prozesse und Mitarbeiter, die vernetzt denken und arbeiten.**

Smarte Produkte enthalten immer mehr Elektronik und Software. So hat sich die Anzahl der elektronischen Steuergeräte samt Sensoren in einem Mittelklasseauto in der vergangenen Dekade mehr als verzehnfacht. Die eingebettete Software ist ebenfalls rasant gewachsen: In manchen Fahrzeugvarianten stecken heute über 100 Millionen Lines of Code (LoC), während eine Boeing 787 mit 14 Millionen und eine durchschnittliche App für IoS mit 50.000 LoC auskommen.

Die Programme steuern hochkomplexe, oft über das ganze Fahrzeug verteilte Funktionen. Ob ein Motor 300 oder 400 PS auf die Straße bringt, sei im Wesentlichen eine Frage der Software, sagte einmal ein hochrangiger IT-Manager von Automobilzulieferer Continental. Software, Elektronik und Mechanik müssen perfekt zusammenspielen, und dieses Zusammenspiel muss frühzeitig über alle Systemebenen hinweg verstanden und abgesichert werden. Sonst kann es einem

gehen wie GKN Driveline, einem der führenden Hersteller von Antriebssträngen: Erst bei der Erprobung eines neuen Antriebsstrangs fiel auf, dass die Parksperre des Fahrzeugs aus Sicherheitsgründen beim Rückwärtsfahren nicht öffnete, wenn der Fahrer nicht angeschnallt war, und dadurch der Antriebsstrang überlastet werden konnte. »Mit dem Systems-Engineering-Ansatz hätte man das früher feststellen und in den Anforderungen von vornherein berücksichtigen können«, sagte Michael Engelmann, Manager Systems Engineering bei GKN Driveline, in einem Vortrag auf dem jüngsten prostep-ivip-Symposium.

Schuld an solchen Fehlern seien allerdings nicht die Ingenieure, sondern die mangelnde Integration der Methoden des Systems Engineering (SE) in den Produktentstehungsprozess und die fehlende IT-Unterstützung. »Human« Based Systems Engineering praktizieren gerade die großen Automobilhersteller dagegen schon lange. Sonst würde heute kein Auto mehr auf der Straße fahren.

# DIE KOMPLEXITÄT BEHERRSCHBAR MACHEN

Die Entwicklung smarter Produkte ist für die Unternehmen in allen Branchen eine enorme Herausforderung und Smart Engineering die Antwort darauf: ein interdisziplinärer, vernetzter und intelligenter Ansatz der Produktentwicklung, wie Dr. Marcus Krastel, Vorsitzender der Forschungsvereinigung Smart Engineering erläutert. »Er betrachtet neben neuen Technologien und Arbeitsmethoden auch die menschlichen Interaktionen, die für ein digital integriertes Engineering, ein kollaboratives und modelbasiertes Systems Engineering, neue, intelligente Produkt-Service-Systeme und eine fortschrittliche digitale Fabrik erforderlich sind.« Auf einen einfachen Nenner gebracht:

**Smart Engineering soll künftig alle an der Entwicklung beteiligten Stakeholder enger an einen (digitalen) Tisch bringen.**

SEITE  
12

IOT: NEUE  
GESCHÄFTS-  
MODELLE

Die Realität sieht in vielen Unternehmen anders aus: Ingenieure und ITler sprechen nicht die gleiche Sprache, jedenfalls nicht das gleiche Fachchinesisch, nutzen eine Vielzahl unterschiedlicher IT-Systeme und verwalten ihre Arbeitsergebnisse in unterschiedlichen Datensilos, die oft nur rudimentär miteinander integriert sind. »Die klassischen Entwicklungsmethoden reichen nicht aus, um die wachsende Komplexität smart vernetzter Produkte beherrschbar zu machen«, sagt Matthias Knoke, Leiter Virtuelle Produktentwicklung bei der Miele & Cie. KG in Gütersloh. Im Rahmen der SE4Miele-Initiative hat der renommierte Hausgerätehersteller die Grundlagen für die interdisziplinäre Entwicklung und Absicherung von smarten Hausgeräten, Services und den dazugehörigen Produktionssystemen mit Hilfe des Model-based Systems Engineerings (MBSE) gelegt.

SEITE  
10

INTERVIEW  
PROF. SABINA  
JESCHKE

## INTERDISZIPLINARITÄT ALS HERAUSFORDERUNG

In vielen Unternehmen laufen derzeit Initiativen, um MBSE einzuführen oder breiter auszurollen. Die Werkzeuge sind zum Teil schon im Einsatz, wurden aber bislang nicht systematisch und meist nur im Bereich der Elektronik- und Software-Entwicklung genutzt. »Die größte Herausforderung ist, die Methodik disziplinenübergreifend einzuführen«, betont Prof. Dr. Martin Eigner von der TU Kaiserslautern. »Wir haben von der Ausbildung und Arbeitsweise her eine disziplinenorientierte Welt und müssen plötzlich die Silos aufbrechen und mit Leuten Systemarchitekturen aufbauen, die dafür gar nicht ausgebildet wurden. Die Akzeptanz für die neuen Methoden ist gerade in der mechanisch geprägten Welt noch schwach.«

MBSE ist aber nicht nur für die Konstrukteure eine Herausforderung: »Wenn wir über Smart Engineering reden, können wir die Produktion nicht außen vorlassen«, sagt Prof. Dr. Oliver Riedel, Leiter des Instituts für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) an der Universität Stuttgart und Mitglied im Direktorium des Fraunhofer Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO).

»Ich habe aber noch keinen generell modellbasierten Ansatz für das Systems Engineering in der Produktion gesehen, geschweige denn an der Nahtstelle zwischen Engineering und Produktion.« Es fehle die Einbindung anderer Fraktionen in den Produktentwicklungsprozess im Sinne eines Smart Simultaneous Engineerings, um die Produktionsmittel für die smarten Produkte frühzeitig absichern zu können.

## MIND CHANGE DER ORGANISATION ERFORDERLICH

Mit der Einführung neuer Werkzeuge und Methoden ist es also nicht getan. MBSE erfordert einen Mind Change in der gesamten Organisation, die Schaffung neuer Rollen und organisatorische Veränderungen, wie Knoke betont. Die Unternehmen benötigen Leute mit Systemdenken, die bereit und fähig sind, über den Tellerrand der eigenen Disziplin hinauszuschauen. Sie können nicht warten, bis die Hochschulen ihnen diese System-Ingenieure in ausreichender Zahl bereitstellen, sondern müssen ihre eigenen Leute qualifizieren. Wichtig für eine erfolgreiche MBSE-Einführung ist es, die Mitarbeiter durch Quick Wins zu begeistern und die Bedenken des mittleren Managements zu zerstreuen, das die Initiativen umsetzen und die eigenen Silos schleifen muss. Miele hat ein durchgängiges, konzernweit einheitliches Anforderungsmanagement als ein Quick-Win-Projekt identifiziert. Um die Werkzeuge und Methoden des MBSE effizient nutzen zu können, müssen sie sauber in die bestehende IT- und Prozesslandschaft integriert werden.

weiter auf Seite 8 ↘

## Lines of Code (LoC)



In manchen Fahrzeugvarianten stecken über 100 Millionen LoC. Zum Vergleich eine Boeing 787 und eine durchschnittliche App für IoTs.

**MODELLBASIERTE  
SYSTEMENTWICKLUNG**

MBSE ist eine Methodik, die dazu dient, komplexe Systeme in einer für alle Disziplinen verständlichen »Sprache« zu beschreiben bzw. zu modellieren. Die gängigste, grafische Modellierungssprache dafür ist SysML [Systems Modeling Language]. Sie hat ihre Wurzeln in der Software-Entwicklung, enthält aber auch Diagrammart und Modellelemente für die Definition mechanischer Systemkomponenten. Mit Hilfe dieser Diagramme kann sowohl das Verhalten als auch die Struktur eines Gesamtsystems spezifiziert, analysiert, designt und verifiziert werden. Wie man dabei idealerweise vorgeht, legt eine Beschreibungssystematik fest, die im Rahmen des MecPro2-Projekts spezifiziert wurde.

[www.mecpro.de](http://www.mecpro.de)

**FORSCHUNGSVEREINIGUNG  
SMART ENGINEERING**

Die digitale Transformation hat gravierende Auswirkungen auf den Menschen, die sich erst in Umrissen abzeichnen. Gerade auf diesem Gebiet gebe es noch viel zu erforschen, sagt Dr. Marcus Krastel, Vorsitzender der Forschungsvereinigung Smart Engineering. Sie unterstützt Mitgliedsunternehmen dabei, Forschungsprojekte zu technischen und organisatorischen Themen der interdisziplinären, vernetzten Produktentwicklung zu formulieren, Projektpartner zu suchen und Fördermittel zu beantragen. Das Angebot richtet sich insbesondere an kleine und mittelständische Unternehmen mit begrenzten IT-Budgets und -Ressourcen, für die die Digitalisierung ihrer Geschäftsprozesse eine besondere Herausforderung darstellt.

[www.prostep.org/projekte/forschungsvereinigung](http://www.prostep.org/projekte/forschungsvereinigung)

**Prof. Dr. Oliver Riedel**

Leiter des Instituts für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen [ISW] an der Universität Stuttgart

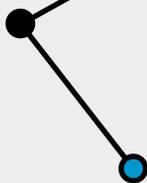
**Matthias Knoke**

Leiter Virtuelle Produktentwicklung  
Miele & Cie. KG

**Prof. Dr. Martin Eigner**

TU Kaiserslautern





Das setzt in den meisten Fällen voraus, dass erst einmal die fachspezifischen Prozesse stärker vereinheitlicht werden. Das vom BMBF geförderte Verbundprojekt mecPro2 lieferte eine Blaupause dafür, wie ein modular aufgebauter Referenzprozess für die Entwicklung cybertronischer bzw. smart vernetzter Produkte und Produktionssysteme aussehen könnte. Im Rahmen des Projekts wurde außerdem aufgezeigt, wie SysML-Objekte in PLM integriert werden können, um sie Kernprozessen wie dem Änderungs- oder Konfigurationsmanagement zu unterstellen.

#### **ANFORDERUNGS-MANAGEMENT HAT OBERSTE PRIORITÄT**

Ohne ein unternehmensweit einheitliches, IT-gestütztes Anforderungsmanagement kann die modellbasierte Systementwicklung nicht funktionieren. Es sei eine der Initiativen, die bei den meisten MBSE-Projekten oberste Priorität habe, sagt Krastel: »Die Herausforderung besteht zum einen darin, **die System- und die Komponentenwelt in einem nachvollziehbaren Prozess zusammenbringen**,« spricht die in der Systemarchitektur steckenden Anforderungen sauber auf die Disziplinen herunterzubrechen und zu verfolgen. Ein zweiter Aspekt ist, sie so zu beschreiben, dass sie in der Verifikation und Validierung direkt getestet werden können.«

In den meisten Unternehmen erfassen und verwalten Software, Elektrik-, Elektronik- und Mechanikentwicklung ihre Anforderungen mit unterschiedlichen Werkzeugen, oft noch dokumentenbasiert, so dass sie nicht mit Funktionen, Logik, Stücklisten, Dokumenten etc. verlinkt werden können. Dadurch lassen sich die Auswirkungen von Änderungen, die, so Prof. Eigner, bei komplexen Systemen einer »Explosion«

gleichkommen, nicht nachvollziehen. Außerdem erschwert das dokumentenbasierte Arbeiten den Austausch von Anforderungen über Standards wie das Requirements Interchange Format (ReqIF). Hochbezahlte Ingenieure sind dann oft tagelang damit beschäftigt, Anforderungen aus den Lastenheften ihrer Auftraggeber per Copy and Paste wieder in ihre eigene Modellwelt zu übernehmen.

#### **DIGITALE WERTSCHÖPFUNGSKETTE MIT LÜCKEN**

Die unternehmensweite Zusammenarbeit wird einer Studie von Fraunhofer IPK, VDI und CONTACT Software durch den Trend zur smarten Vernetzung der Produkte allerdings weiter zunehmen. Das bedeutet, dass künftig auch MBSE-Objekte in der Supply Chain ausgetauscht werden müssen, ohne das in ihnen steckende Know-how komplett offenzulegen. Während es für die Co-Simulation logischer Modelle mit FMI (Functional Mock-up Interface) einen relativ ausgereiften Standard gibt, lassen sich SysML-Modelle derzeit nur über proprietäre Schnittstellen austauschen. Eine Arbeitsgruppe des prostep ivip-Vereins bemüht sich darum, den XMI-Standard dahingehend zu erweitern, dass die Modelle wenigstens zusammen mit Formatierung und Layout übergeben werden können.

»Ziel von Smart Engineering ist eine durchgängige digitale Wertschöpfungskette, die nicht an der Grenze zwischen Disziplinen und Abteilungen oder der Unternehmensgrenze abreißt«, sagt Prof. Eigner. Davon sind die Unternehmen noch weit entfernt. Selbst in der Prozesskette zwischen Entwicklung und Produktion klaffen viele Lücken. Fertigungsrelevante Informationen werden zeichnungsorientiert kommuniziert, anstatt sie als PMIs (Product Manufacturing Information) an das 3D-Modell

zu hängen, obwohl Neutralformate wie Jupiter Tessellation (JT) oder 3D PDF die Weitergabe der 3D-Annotationen unterstützen. Ähnliches gilt für die Qualitätssicherung. Um die Messplanung durchgängig zu digitalisieren, müsste der I+++DMS-Standard in den Unternehmen konsequenter genutzt werden.

#### **INFORMATIONEN INTELLIGENT VERNETZEN**

Standards und Offenheit sind mit Blick auf Smart Engineering unabdingbar. Sie erleichtern den Umbau der bestehenden PLM- und IT-Landschaften, die zu schwerfällig sind, **um agil auf die Herausforderungen der Digitalisierung reagieren zu können**. Eine dieser Herausforderungen ist die Anbindung cloudbasierter IoT-Plattformen, die den Brückenschlag zwischen digitaler und realer Produktwelt ermöglicht. Statt die monolithischen IT-Systeme zwanghaft zu harmonisieren, empfehlen Experten wie Prof. Eigner eine intelligente Verlinkung der in ihnen steckenden Informationen auf Basis der REST (Representational State Transfer)- und OSLC (Open Services for Lifecycle Collaboration)-Technologie. Sie bietet zugleich die Möglichkeit, die Informationen den Menschen einfacher zugänglich zu machen.

Smart Engineering stellt den Menschen stärker in den Mittelpunkt. Ohne die aktive Mitwirkung der Mitarbeiter lässt sich das Abteilungsdenken nicht überwinden. Erforderlich ist aber auch ein neuer Führungsstil, wie Prof. Dr. Armin Trost, Experte für Human Resource Management an der Hochschule Furtwangen, auf dem prostep ivip-Symposium sagte. »Komplexität lässt sich nicht mehr hierarchisch bewältigen, sondern nur noch im Netz, mit Menschen, die nicht wie ein Rädchen in der Maschine funktionieren, sondern auch eigene Ideen entwickeln.« //

SEITE  
**14**

MODEL-BASED  
TESTING

AGILE  
PROJEKTE

SEITE  
**15**