



**Neue Standards für die digitale Produktabsicherung**  
Seite 24

**IT-basiertes Werkzeug zur Datenflussanalyse im Entwicklungsumfeld**  
Seite 53

prostep ivip Symposium  
**2019**  
09.-10. April  
in Stuttgart

prostep ivip  
**SYM**  
**POSIU**

# Energizing the digital engineering world

Mit smarten Produkten und IoT die Chancen der digitalen Transformation nutzen

## Webinar



Dokumentenmanagement heute – komplexe Prozesse statt simpler Verwaltung  
am 27. November

Jetzt anmelden unter:  
[t1p.de/1izz](https://t1p.de/1izz)

Wir schaffen Arbeitswelten, in denen Mitarbeiter ihre Potenziale auf noch bessere Produkte und Services konzentrieren können. Wo die Zusammenarbeit reibungsloser, Prozesse effizienter und Routinarbeiten einfacher werden. Wo Leitplanken gleichzeitig Sicherheit und Freiraum bieten, damit Mitarbeiter und Teams sich in komplexen Projekten agil zuspielden können. [contact-software.com](https://www.contact-software.com)

*energizing great minds*

 **CONTACT**  
Software

# Editorial

Der prostep ivip Verein ist ein Kind der Krise! Während ich das Editorial schreibe, wird mir eine Analogie bewusst: die Analogie zwischen der Gründung der ProSTEP Organisation, bestehend aus GmbH und Verein und dem Attischen Seebund (der Zusammenschluss der griechischen Stadtstaaten angesichts der Bedrohungen durch das Perserreich im 5 Jh. v.Chr).



## 25 Jahre prostep ivip Verein – der Kern einer 25 jährigen Erfolgsgeschichte!

Die deutsche Wirtschaft war 1993 in eine bedrohliche Rezession geraten und japanische Automobilfirmen zeigten den etablierten europäischen Automobilbauern, wie man mit Lean Production erfolgreich sein kann. Die Ratlosigkeit in den Chefetagen der Automobilfirmen wuchs und es wurde eine Delegation nach der anderen nach Japan geschickt, um die in dem Buch „The Machine That Changed The World“ beschriebene Lean Production besser zu verstehen.

Gleichzeitig konzentrierte man sich auf die eigenen Stärken. Der Computereinsatz in der Produktion war schon gut vorangeschritten, die Computerunterstützung in der Produktentwicklung stand zwar erst am Anfang, versprach aber großes Potential. Vor allem, wenn man Lösungen für die unzureichende Datenintegration der Systeme innerhalb und zwischen den Firmen, die eine Vielzahl unterschiedlicher Systeme einsetzen, finden würde. Eine große Aufgabe, die ein Hersteller alleine nur sehr schwer bewerkstelligen konnte.

Dies führte dazu, dass Firmen, die – in Analogie zu den griechischen Stadtstaaten – in einem harten Wettbewerb zueinander standen, sich zunächst in einem Verbundprojekt und später in der ProSTEP Organisation zusammenschlossen, um diese Herausforderung gemeinsam zu meistern.

Die Konstruktion der Organisation war von Anfang an durch die Gründung des Vereins und der Beteiligung des Vereins an der GmbH für jeden offen. Hersteller, Zulieferer, Systemanbieter und Forschungseinrichtungen, branchen- und länderunabhängig, konnten und können immer noch Mitglied im prostep ivip Verein werden (wie der Verein seit dem Zusammenschluss mit dem iVIP Projekt im Jahr 2002 heißt).

Der Grundgedanke und das Leben einer offenen und vertrauensvollen Zusammenarbeit, gerade auch zwischen Wettbewerbern, war und ist der Kern der Erfolgsgeschichte der PROSTEP AG und des prostep ivip Vereins. Diese erfolgreiche Zusammenarbeit hat in 25 Jahren die Entwicklung und Durchsetzung einer großen Zahl bedeutsamer internationaler PLM Standards und Lösungen ermöglicht und prostep ivip zu einem international anerkannten neutralen Player gemacht.

Als Initiator des ProSTEP Verbundprojektes, ehemaliger Geschäftsführer der ProSTEP GmbH und langjähriges Beiratsmitglied im prostep ivip Vereinsvorstand sehe ich genau diesen Kern bedroht. Ich spüre immer wieder Angst und Bedenken von Firmenvertretern, wenn ich über ihr Engagement im prostep ivip Verein und die Zusammenarbeit auch mit Wettbewerbern spreche. Eine Angst, die durch die Konstruktion der Arbeitsgruppen und die freie Verfügbarkeit der Arbeitsergebnisse für die Mitglieder völlig unbegründet ist, die aber eine Verunsicherung schürt und den Kern einer offenen und vertrauensvollen Zusammenarbeit massiv gefährdet.

Gerade vor dem Hintergrund der Herausforderungen, die mit IoT, AI und der Elektrifizierung der Produkte verbunden sind, ist eine kooperative und offene Zusammenarbeit im vorwettbewerblichen Bereich notwendig, um den einzelnen nicht über die Maßen zu belasten und tragfähige Lösungen hervorzubringen. prostep ivip hat es 25 Jahre vorgemacht wie es geht! Lasst uns an diesem Kern des Erfolgs festhalten! ProSTEP ist zwar ein Kind der Krise, wir sollten aber nicht erst wieder eine Krise abwarten, um die Vorteile der Zusammenarbeit im Sinne des prostep ivip Vereins zu entdecken.

Ihr Dietmar Trippner

**Neue Standards für die digitale Produktabsicherung**

Die Produktabsicherung ist eine zentrale Aufgabe der Entwicklung. Digital Mock-ups helfen, Fehlproduktionen, Funktionsmängel und Sicherheitsrisiken zu vermeiden. Gegenüber physischen Prototypen sparen sie zudem Zeit und Geld. Was der Industrie bislang fehlt, sind Standardverfahren für eine breitere Nutzung.

**IT-basiertes Werkzeug zur Datenflussanalyse im Entwicklungsumfeld**

Das Entwicklungsumfeld gestaltet sich durch intelligente Produkte, Cyber-Physische Systeme und Smart Services im Rahmen von Systems Engineering grundlegend neu (Schaefer et al. 2017). Die Herausforderung dabei ist, dass mit der Innovation im Produkt die effiziente Wertschöpfung in den Unternehmen nicht gefährdet wird. Es muss ein ganzheitlich abgestimmtes Arbeitsumfeld für die Zusammenarbeit aller Domänen bzw. Disziplinen ermöglicht werden. Dem liegt ein durchgängiger Daten- und Informationsfluss zugrunde. Im PDMIPLM Competence Center des Fraunhofer IPK wurde zur Gestaltung dieses durchgängigen Daten- und Informationsflusses ein methodisches Vorgehen zur Beschreibung und Neugestaltung entwickelt: die Datenflussanalyse.

# Inhalt

- 3 Editorial
- 5 Kurz notiert

## STANDARDISIERUNG

- 6 Japan: Gemeinsam Standards setzen
- 8 Agilität als Treiber für den Umbau der PLM-Landschaft (Interview)
- 11 Aufruf zur Projekteinreichung: Aktuelle Entwicklungen der Forschungsvereinigung Smart Engineering e.V.

## NEUE MITGLIEDER

- 14 Boeing; Komax; SER

## PRODUKTE

- 15 Integration von VR in PLM

## FACHTHEMEN

- 16 Smart Service Lebenszyklus
- 20 MBSE praktisch nutzen
- 24 Neue Standards für die digitale Produktabsicherung
- 28 Collaborative Engineering basierend auf leichtgewichtigen CAD-Daten – Vereinfachen Sie Ihre 3D-Modelle
- 32 Durchgängiges Management von Informationsstrukturen in der Produktentstehung
- 36 High Performance Computing und Datenmanagement für Ingenieursanwendungen in Forschung, Mittelstand und Industrie
- 40 Core Value Processes for Traceability & Compliance – Rethinking Integrations
- 44 Wie kann eine erfolgreiche Einführung von Model-Based Systems Engineering erfolgen?
- 48 8 einfache digitale Transformationen zur Erhöhung der organisatorischen Agilität

## WISSENSCHAFT & FORSCHUNG

- 53 IT-basiertes Werkzeug zur Datenflussanalyse im Entwicklungsumfeld
- 58 Termine
- 59 Impressum

# Kurz notiert ...



## Symposium 2019: Collaboration in the Age of Smart Product and Services

Nicht nur wegen der wachsenden Besucherzahl war das Symposium 2018 die erfolgreichste Veranstaltung, die bisher vom Verein organisiert wurde: Mehr als 700 Teilnehmer aus 21 Ländern und 40 Aussteller gestalteten mit uns den Event. Premiere feierte der Vorabendevent mit 400 Teilnehmern: Ein volles Haus im BMW Classics trug zu einem perfekten Einstieg in die 25-jährige Feier des prostep ivip Vereins mit einem anspruchsvollen Kongressprogramm bei.

Das prostep ivip Symposium ist als größte neutrale PLM-Plattform weltweit etabliert. Es setzt neue Qualitätsmaßstäbe im Austausch zwischen Experten und Entscheidern in der digitalen Zukunft der Fertigungsindustrie. Diesem Anspruch wollen wir auch 2019 mit einem außerordentlichen Programm wieder mehr als gerecht werden.

„Collaboration in the Age of Smart Products and Services“ läutet die Glocken für das prostep ivip Symposium 2019. Mit über 30 Fachvorträgen und Workshops zu Themen der Digitalisierung wollen wir praxisnahe Erfahrung bieten. Ziel ist die Beherrschung der Digitalisierung hinsichtlich Integration, Kontinuität, Werten und Fähigkeiten.

**Merken Sie sich vor: Das nächste prostep ivip Symposium findet am 9. und 10. April 2019 unter dem Motto „Collaboration in the Age of Smart Products and Services“ in Stuttgart statt. Jetzt anmelden und Early-Bird Raten sichern. Beachten Sie bitte, dass die Anzahl von Plätzen für den Vorabend Event am 8. April 2019 limitiert ist.**

## Innovative Fast-Track Projekte: Data Preparation for Data Analytics

Der Themenkomplex Artificial Intelligence und Data Analytics beschäftigt viele unserer Mitglieder derzeit intensiv. Eine der größten Herausforderungen dabei ist es, Daten intelligent und effizient verfügbar für verschiedene AI-Anwendungen zu machen. Durch heterogene Daten und Prozesse werden heute allerdings noch bis zu 80% des Gesamtaufwandes der meisten AI-Projekte für die Datengewinnung und -aufbereitung fällig.

Mithilfe von Standardisierung von ETL-Prozessen (Extract-Transform-Load) möchte der prostep ivip Verein mit dem neuen Projekt „Data Preparation for Data Analytics“ hier einen zentralen Beitrag leisten und die Prozesse des maschinellen Lernens vereinfachen.

Organisatorisch beschreitet der Verein dabei neue Wege aus den Erkenntnissen des „prostep ivip Querdenker Club“. Wir möchten unsere Projektarbeit innovativer und agiler gestalten. Mit einer 100% Anschubfinanzierung aus Vereinsmitteln und umfassender wissenschaftlicher Begleitung, startet in dieser Hinsicht das „Fast-Track-Projekt“ zunächst mit einer Laufzeit von 6 Monaten, um zügig erste konkrete Resultate zu liefern.

## Weitersagen: prostep ivip Scientific Award 2019

Bereits zum 9. Mal bieten wir mit dem prostep ivip Scientific Award jungen Akademikern eine Plattform, um ihre Leistungen zu präsentieren. Wir würdigen damit herausragende Arbeiten im Themenspektrum rund um die virtuelle Produktentstehung und Produktion.

Neben der öffentlichen Würdigung beim prostep ivip Symposium winken den Gewinnern 1000€ für Bachelor- oder Master-Arbeiten sowie 4000€ für Dissertationen. Bis 01.02.2019 können Bewerber ihre Arbeiten an psew@prostep.org senden. Weitere Informationen dazu finden Sie auf unseren Webseiten. Helfen Sie mit und geben Sie diese Information in Ihrem Bekanntenkreis weiter.

# Japan: Gemeinsam Standards setzen

Dr. Steven Vettermann



---

prostep ivip, als international aktiver Verein, hat sich als besonderes Ziel gesetzt, die alten Bande hin nach Japan auszubauen und die Fertigungsindustrie dort auch vor Ort zu unterstützen. Neben altbekannten Themen wie STEP, JT etc., besteht ein immer größter werdendes Interesse hinsichtlich Systems Engineering, Elektrik/Elektronik und dem Digital Twin. Alle Nationen arbeiten gerade an Standards in dieser Richtung. Doch keinem würde es etwas nützen, wenn jede Nation seine eigenen Standards herausbringen würde. Anwender wie Vendoren brauchen klare, abgestimmte Aussagen, welcher Standard oder welches Set an Standard in welchem Kontext angewendet werden kann. Und diese Standards müssen die Anforderungen der Industrie erfüllen. prostep ivip bietet dafür die Instrumente, dieses Ziel effizient zu erreichen.

---

## Globale Basis zum Systems Engineering schaffen

So trafen sich zum Beispiel im Frühjahr fast 60 Experten aus Deutschland, Frankreich und Japan, um sich gegenseitig über die Stände ihrer Arbeiten im Kontext Model-based Systems Engineering (MBSE) zu informieren und weitere, gemeinsame Schritte abzustimmen. Die Teilnehmer kamen aus den führenden Projekten der treibenden Organisationen:

- German Chapter of INCOSE
- MBD Group JAMA (Japanese Automotive Manufacturers Association)
- MBD Group METI (Japanese Ministry for Economy, Trade and Industry)
- prostep ivip Smart Systems Engineering
- SystemX

Wann hat man schon mal Vertreter von Toyota, Nissan, Honda, Mazda, Isuzu, Mitsubishi, Denso, Melco, AISIN, Jatco, Hitachi, Panasonic und ihrer europäischen Pendanten in einem Raum zusammen? In dem Workshop wurden nochmals festgestellt, wie gut die gemeinsamen Arbeiten zusammenpassen und was als nächste Schritte notwendig ist, um gemeinsam ein Set an Standards zu veröffentlichen.

Im weiteren Verlauf des Jahres wurde ein offizielles Kooperationsabkommen mit den Beteiligten geschlossen und die gemeinsamen Ergänzungsarbeiten zur prostep ivip Recommendation SmartSE begonnen. Es versteht sich fast von selbst, dass im Kontext dieser Arbeiten auch eine vollständige Übersetzung der Recommendation ins Japanische erstellt wurde. Noch bis zum Ende dieses Jahres sollen alle Arbeiten abgeschlossen werden und die Ergebnisse veröffentlicht werden.

Parallel zu dieser Initiative wurde in der zweiten Jahreshälfte übrigens auch vergleichbare Aktivitäten mit der Aerospace & Defence PLM Action Group, zusammengesetzt aus Airbus, Boeing, Gulfstream, Rolls Royce u.a., sowie der Open Simulation Platform (OSP) im Schiffbau gestartet.

Industriegetriebene Standardisierung in Bestform!

## Fokus Vehicle Electric Container (VEC)

Auch zum Thema Kabelbaum und dem Austausch relevanter (Prozess)Daten intensiviert sich die Zusammenarbeit mit Japan. So präsentierte die prostep ivip/

VDA Projektgruppe Product Data Model for Vehicle Electric Systems ihren VEC-Standard auf der Zuken Innovation World in Yokohama lud am Tag danach Vertreter aller führenden japanischen Automobilhersteller und Zulieferer zu einem ersten Ganztages-Workshop ein. So ähnlich fing auch die heute sehr intensive Zusammenarbeit zum Thema Systems Engineering.



Dr. Steven Vettermann

E-Mail:  
[steven.vettermann@prostep.com](mailto:steven.vettermann@prostep.com)

Kontakt

## Interview

# Agilität als Treiber für den Umbau der PLM-Landschaft

---

Die BMW Group IT will 100 prozentig agil werden, um IT-Lösungen schneller implementieren und flexibler weiter entwickeln zu können und einen höheren Nutzen für die Anwender zu generieren. Was das für die künftige PLM-Bebauung des Automobilherstellers bedeutet, erläutert Ralf Waltram, der als VP der BMW Group für die IT-Systeme in der Fahrzeugentwicklung verantwortlich ist.

---

**Frage:** Welche Anforderungen ergeben sich aus der Digitalisierungsstrategie der BMW Group hinsichtlich der künftigen IT- und PLM-Bebauung?

**Waltram:** 2016 haben wir aus der BMW Group Unternehmensstrategie NUMBER ONE > NEXT unsere IT-Strategie abgeleitet, die sich auf vier Kernthemen fokussiert: IT in Produkt und Service, Digitalisierung der Geschäftsprozesse, Customer Centric IT Service Delivery und People & Culture. Flexibilität und Geschwindigkeit sind gerade für „Customer Centric IT Service Delivery“ wesentliche Anforderungen, die wir mit unserer Initiative „100% Agile“ adressieren. Sie hat einen klaren Fokus auf Agilität in der Software-Entwicklung und auf eine Neuausrichtung der Struktur mit DevOps, in denen wir Development und Operations in den Teams zusammenbringen. Um agiler zu werden, müssen wir auch die PLM-Bebauung flexibler gestalten. Sie ist aktuell noch stark durch monolithische Lösungen geprägt.

**Frage:** Agilität ist also auch der Treiber für den Umbau der PLM-Landschaft?

**Waltram:** Absolut richtig. Sie treibt uns hin zu service-orientierten, offenen und flexiblen Lösungen mit modernen Oberflächen. Das gesamte Thema User Experience spielt in diesem Kontext eine wichtige Rolle. Hierbei gehen wir in den Austausch mit den PLM Software Herstellern, damit die zukünftigen Lösungen am Markt einen modularen, service-orientierten Ansatz mit optimaler User Experience unterstützen.

**Frage:** Welches sind die wesentlichen Bausteine dieser service-orientierten Architektur?

**Waltram:** Aktuell sind wir im Rahmen unserer iPDM-Initiative dabei, unser Alt-System TAIS für das Management der MBOM abzulösen. Dabei verfolgen wir das Konzept einer „3+1-Architektur“ mit einem Daten-Backbone, über den wir die IT-Systeme in unserer Landschaft verbinden wollen. Dieser Daten-Backbone soll kein monolithisches System sein, sondern eine

leichtgewichtige, semantische Schnittstelle, über die Daten für mehrere Geschäftsprozesse fließen.

**Frage:** Sie haben sich für PTC Windchill als TAIS-Nachfolger und im Versuchsdaten-Management für Aras Innovator entschieden, setzen aber auch Teamcenter und SAP PLM ein. Wie fügt sich das alles in die PLM-Bebauung ein und welche Bausteine fehlen noch?

**Waltram:** Wir haben uns für PTC Windchill als TAIS-Nachfolger entschieden, aber unser PDM-Backbone umfasst weit mehr; dazu gehören etwa auch Eigenentwicklungen wie unser Geometriedatenmanagement PRISMA. Aktuell findet die Definition statt, wie unser künftiger Backbone und die zugehörige „3+1-Architektur“ ausschauen und funktionieren sollen. Wir verfolgen für die jeweiligen Bereiche einen „Best in Class“-Ansatz und verknüpfen sie dann über das Daten-Backbone. Das ist unser erklärtes Ziel, um eine service-orientierte Architektur aufzubauen, die den hohen Ansprüchen an die User Experience genügt.

**Frage:** Sie nutzen dafür noch relativ klassische Bausteine wie Windchill oder Teamcenter, das als PRISMA-Nachfolger gehandelt wird? Passt das mit der gewünschten Flexibilität zusammen?

**Waltram:** Was heißt schon klassisch? Anbieter wie z.B. PTC oder Aras sind in den Innovationsquadranten von einschlägigen Marktanalysten wie Forrester als Treiber der Veränderung gesetzt. Ihre Software-Lösungen bieten die Möglichkeit, moderne service-orientierte Architekturen aufzubauen. Was die Nachfolge von PRISMA und andere Bereiche der Bebauung anbelangt, so ist derzeit noch keine finale Entscheidung gefallen. Derzeit konzentrieren wir uns auf das Thema iPDM bzw. MBOM.

**Frage:** SAP ist aber nach wie vor für das Management der EBOM gesetzt?

**Waltram:** Absolut. Wie gesagt, wir verändern in der Bebauung zurzeit nur das Thema MBOM. Natürlich werden wir uns aber im Rahmen der Digitalisierung gemeinsam mit unseren Business



Partnern anschauen, was es sonst noch an Möglichkeiten gibt, den Produktentstehungsprozess zu verbessern.

**Frage:** Welche Rolle spielt Aras mit Blick auf die „3+1-Architektur“? Könnte Aras Innovator ähnlich wie bei Automobilzulieferer Schaeffler diese Integrationschicht sein oder denken sie über eine Eigenentwicklung nach?

**Waltram:** Wir gehen mit der Aras-Lösung im Moment das Thema Versuchsdatenmanagement an und es wäre verfrüht, die Frage zu beantworten, ob dies ein möglicher Kandidat für das Daten-Backbone wäre. Deshalb stellt sich auch die Frage nach einer selbst entwickelten Middleware noch nicht, obwohl das auf jeden Fall ein spannendes Thema ist, mit dem sich unsere Software-Architekten beschäftigen, die auch schon verschiedene Evaluierungen und Proofs of Concept durchgeführt haben.

**Frage:** Werden Sie für die Verknüpfung der IT-Systeme über den Daten-Backbone neue Integrationskonzepte wie die Daten-Verlinkung nutzen?

**Waltram:** Natürlich denken wir über solche Konzepte nach, denn es macht keinen Sinn, ein monolithisches Daten-Backbone mit lediglich einer großen Datenbank aufzubauen. Wenn man leichtgewichtig bleiben will, spricht vieles dafür, die Systeme und Daten nur logisch zu vernetzen.

**Frage:** Gibt es im Rahmen des Umbaus der PLM-Landschaft auch Überlegungen, Cloud-basierte Lösungen stärker einzusetzen?

**Waltram:** Ziel bei der TAIS-Nachfolge und dem Thema iPDM ist, die Cloud-Readiness zu gewährleisten. Grundsätzlich streben wir für die Architektur diese Möglichkeit an, z.B. um über unsere interne Cloud-Plattform skalieren zu können. Klar ist aber, sensible Daten auf der internen Cloud zu halten und z.B. Berechnungen über die Cloud zu skalieren.

**Frage:** Klaus Straub, der CIO der BMW Group, hat sich auf dem prostep ivip Symposium klar zur Offenheit bekannt. Welche

Rolle spielt der CPO bzw. die COP-Zertifizierung bei der Beschaffung neuer Software?

**Waltram:** Offenheit ist eine wichtige Voraussetzung für unsere agile Ausrichtung. Die BMW Group hat sich von Anfang an sowohl innerhalb als auch außerhalb des Vereins für den CPO engagiert. Systementscheidungen werden bei uns heute konsequent auf dieser Basis getroffen, so dass jeder Hersteller, der den CPO unterstützt, in einer besseren Position ist.

**Frage:** Sie sagten, Sie wollen sowohl in der Entwicklung der Fahrzeug-IT, als auch bei den Backend-Systemen 100prozentig agil werden. Gilt das auch für die Mechanik-Entwicklung?

**Waltram:** Ich kann so viel sagen, dass Agilität ganz klar nicht mehr nur ein Thema der IT ist, sondern inzwischen im gesamten Unternehmen wahrgenommen wird. Auch im Bereich des Fahrzeugentwicklungsprozesses wird geprüft, ob und wie agile Methoden zum Einsatz kommen können.

**Frage:** Ich habe gelesen, dass Hardware und Software bei der E/E-Entwicklung stärker entkoppelt werden sollen. Hat das auch mit Agilität zu tun?

**Waltram:** Ich bin kein E/E-Experte, aber generell ist Entkopplung eine wesentliche Voraussetzung für Flexibilität, weil sie es ermöglicht, Funktionsumfänge freizuschneiden und inkrementell weiterzuentwickeln.

**Frage:** Agilität erfordert die Bereitschaft, mit unfertigen Lösungen zu leben, hört man oft in Vorträgen. Muss der Käufer eines BMW künftig mit mehr Software-Bugs rechnen?

**Waltram:** Nein, definitiv nicht. Da weiß ich nicht, in welchen Vorträgen sie waren. Für uns liegt der Fokus bei der Agilität darauf, in kurzen Zyklen lauffähige Software zu entwickeln, die sicher noch nicht den hundertprozentigen Funktionsumfang abdeckt, aber bereits einen Nutzen für unsere internen Kunden hat. Ich beziehe das im Moment auf die interne Gestaltung der Business-Prozesse in der Corporate IT. Ein wesentlicher Punkt

### Zur Person

Ralf Waltram (Jahrgang 1969) ist seit 1996 für die BMW Group tätig und verantwortet seit 2016 die IT-Systeme in der Fahrzeugentwicklung. Hierbei legt er mit seinem Team den Schwerpunkt auf die Möglichkeiten der Digitalisierung im R&D-Prozess, mit einem agilen Zusammenarbeitsmodell und der Ausrichtung auf eine BizDevOps-Struktur. Zuvor hat er im Bereich Vertrieb und Marketing internationale IT-Projekte z.B. in China geleitet und Linien-Funktionen verantwortet. Ralf Waltram hat an der Hochschule München Informatik studiert, mit Schwerpunkt Computer Vision und Neuronale Netze.

hier ist die schnelle Integration von fertigen Software-Inkrementen in die Gesamtlösung mit Hilfe automatisierter Softwaretests und automatisierten Deployment-Mechanismen. Deshalb fokussieren wir uns ja genau auf das Thema DevOps, um in punkto Geschwindigkeit alle Möglichkeiten auszuschöpfen und trotzdem optimal abgesicherte Features auszuliefern. Und auch bei der Agilität im E/E-Bereich steht der Kundennutzen durch lauffähige Software im Vordergrund und nicht halb fertige Lösungen. Sonst hätte man Agilität falsch verstanden. Unsere Fahrzeuge sind immer mit ausgereifter Software ausgestattet, die unseren hohen Sicherheits- und Qualitätsansprüchen und denen unserer Kunden genügt.

**Frage:** People & Culture ist eine wichtige Säule ihrer IT-Strategie. Wie wollen Sie Fachbereiche und mittleres Management für die agilen Vorgehensweisen gewinnen?

**Waltram:** „100% Agile“ ist ein umfassender Change-Prozess auf allen Ebenen, der einen Kulturwandel erfordert. Das ist der Grund warum wir diese Säule in unserer IT-Strategie betonen. Wir haben in der IT auf allen Ebenen einen Transformationsprozess gestartet, mit Trainings für IT und Fachbereich, mit Informationsveranstaltungen wie einem Digital Day, aber auch mit diversen Plattformen, auf denen die offene und transparente Lernkultur im Vordergrund steht. „100% Agile“ ist eine „Journey“, auf der wir täglich dazu lernen. Wir nehmen auf dieser Reise auch unsere Fachbereiche mit und gehen gemeinsam das Thema IT-Produktorientierung an. Wesentlicher Teil dieser Veränderung ist, dass wir nicht mehr plangetrieben sondern wertgetrieben mit Blick auf den Kunden- bzw. Business-Nutzen handeln.

**Frage:** Welche Nutzeneffekte versprechen Sie sich von der Implementierung agiler Methoden und einer service-orientierten PLM-Architektur?

**Waltram:** Wie ich schon ausgeführt habe, liegt der Fokus auf Flexibilität und Geschwindigkeit, wobei der Nutzen der jeweiligen User Stories im Vordergrund steht. Bezogen auf die PLM-Architektur und IT-Methoden bedeutet das, dass wir dank Flexibilisierung und Entkopplung deutlich mehr Releases mit Soft-

ware-Inkrementen pro Jahr schaffen, während es in der Vergangenheit nur zwei große Releases pro Jahr gab. Wir werden im Teamcenter-Umfeld in diesem Jahr z.B. zehn neue Releases ausliefern, was natürlich einen entsprechend hohen Nutzeneffekt für unsere internen Kunden, d.h. die Anwender hat.

**Frage:** Voraussetzung für die schnelleren Implementierungszyklen ist sicher eine stärkere Standardisierung der PLM-Anwendungen?

**Waltram:** Ja, absolut. In unserer Rolle als Customer Centric IT Service Delivery adressieren wir bei der Gestaltung der PLM-Architektur auch das Thema Standards, etwa STEP AP 242. Wenn wir in neuen Architekturen externe Software einsetzen, bleiben wir ganz nahe am Standard, um uns die Release-Fähigkeit zu erhalten. Wir nehmen Entkopplung ernst und versuchen überall dort zu standardisieren, wo Standards möglich sind.

**Frage:** Welche neuen Geschäftsmodelle könnten sich aus der der iPDM-Initiative in den nächsten Jahren ergeben?

**Waltram:** Unser Ziel ist es zunächst einmal, mit iPDM die Grundlagen für ein modernes Produktdatenmanagement zu schaffen, das die BMW Group und die Business Stellen in die Lage versetzt, sich neue Geschäftsmodelle zu erschließen.

**Frage:** Welche Bedeutung hat gerade mit Blick auf neue, serviceorientierte Geschäftsmodelle die Anbindung von IoT-Plattformen, auf denen Fahrzeugdaten zusammenfließen?

**Waltram:** Wir bauen im Rahmen der Digitalisierungsstrategie eine IoT-Plattform auf, allerdings nicht in meinem Verantwortungsbereich. Erklärtes Ziel ist es, diese Plattform über unsere „3+1-Architektur“ anzubinden, um nicht alle, aber die relevanten Daten im PLM-Umfeld bereitzustellen.

Herr Waltram, Wir danken für das Gespräch. (Das Interview führte Michael Wendenburg) ■

## Aufruf zur Projekteinreichung

# Aktuelle Entwicklungen der Forschungsvereinigung Smart Engineering e.V.

Prof. Dr. Birgit Awiszus, Dr. Marcus Krästel, Prof. Dr. Thomas Mechlinski, Dipl.-Wi.-Ing. Jeannette Boll, Dr. Thoralf Gerstmann

Die Forschungsvereinigung Smart Engineering e.V. – Ein Netzwerk aus Hochschulen, Forschungsinstituten, Unternehmen und kooperierenden Vereinen, das die Entwicklung von Lösungen für ein interdisziplinäres und vernetztes Vorgehen in der Produktentwicklung von innovativen und intelligenten Produkten im Sinne des Smart Engineering verfolgt.

### Forschungsvereinigung Smart Engineering e.V. (FVSE)

Auf Initiative des prostep ivip Vereins, speziell der Mitgliedergruppe 3, wurde im November 2015 die Forschungsvereinigung Smart Engineering e.V. gegründet.

Von ursprünglich sieben Gründungsmitgliedern hat sich die Mitgliederzahl seitdem auf derzeit 22 Mitglieder erhöht. Annähernd die Hälfte der Mitglieder entstammt dem wissenschaftlichen Umfeld (Hochschulen und Forschungsinstitute). Mit einem Anteil von 25 % bilden die Systemanbieter und Softwarehäuser die zweitgrößte Mitgliedergruppe. Zu den übrigen Mitgliedern zählen Systemanwender, Consultingfirmen und kooperierende Vereine.

Nach der Gewinnung neuer Mitglieder und der damit verbundenen Entwicklung einer heterogenen Mitgliederstruktur konnte im November 2017 als letztes wichtiges Vereinsorgan der Forschungsbeirat gewählt werden.

### Aufgaben und Ziele

Das Ziel der Forschungsvereinigung besteht in der Entwicklung von Lösungen für ein interdisziplinäres und vernetztes Vorgehen in der Produktentwicklung von innovativen und intelligenten Produkten durch die Förderung von Wissenschaft und Forschung auf dem Gebiet des

Smart Engineering. Gemäß der Vereinsatzung soll neben der reinen Forschungstätigkeit auch die allgemeine Zusammenarbeit von Anwendern, Entwicklern, Systemanbietern und Forschungseinrichtungen gefördert werden, um somit die Voraussetzungen für eine auch künftig erfolgreiche Entwicklung am Standort Deutschland zu schaffen und das Smart Engineering zu einer Schlüsseltechnologie zu entwickeln.

Um dieses Teilziel zu erreichen, veranstaltet die Forschungsvereinigung regelmäßig kostenfreie Thementage zu ausgewählten Aspekten der verschiedenen Forschungsschwerpunkte des Vereins. Darunter fanden bereits Vorträge und Workshops zu den Themen Smart Engineering, Agile Entwicklung & Design Thinking sowie Model Based Engineering statt.

### Forschungsschwerpunkte

Die Forschungsvereinigung stellt ihren Mitgliedern in enger Zusammenarbeit mit dem prostep ivip Verein einen Forschungsrahmen mit verschiedenen Hauptforschungsschwerpunkten zur Verfügung (siehe Bild 1). Die genauen Themenstellungen der einzelnen Forschungsprojekte können die aktiven Mitglieder der Forschungsvereinigung sowie auch Nicht-Mitglieder selbst definieren.

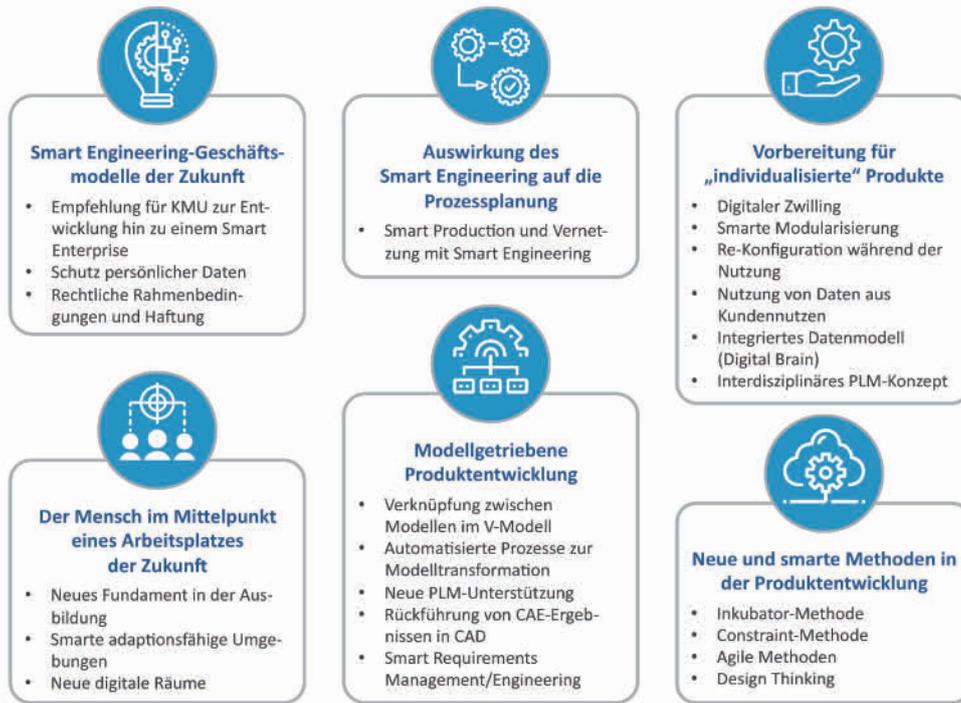
Der aktuelle Forschungsrahmen der FVSE umfasst folgende Schwerpunkte:

### Gestaltung der Smart Engineering-Geschäftsmodelle der Zukunft

Die Digitalisierung verändert unsere gesamte Arbeitsweise und zwingt insbesondere auch Unternehmen zum Umdenken. Eine erfolgreiche Unternehmensstrategie setzt die innovative Nutzung dieser zukunftsweisenden Technologien voraus, um neue (digitale) Geschäftsmodelle zu entwickeln, Geschäftsabläufe zu optimieren und so die eigene Prozesseffizienz zu steigern. Weiterhin kann eine verbesserte Kundennähe durch schnellere und präzisere auf die Kundenbedürfnisse angepasste Produktangebote geschaffen werden. Um insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen zu sogenannten Smart Enterprises weiter zu entwickeln, werden gemeinsam Handlungsempfehlungen erarbeitet. In diesem Zusammenhang gewinnen auch rechtliche Rahmenbedingungen, wie z. B. der Schutz persönlicher Daten oder Haftungsrisiken, eine zunehmende Bedeutung.

### Anwendung von neuen und smarten Methoden in der Produktentwicklung

Die Produktentwicklung wird immer komplexer. Unternehmen müssen sich stets flexibel an die vorherrschenden Situationen und Kundenbedürfnisse anpassen. Dafür werden sowohl neue Methoden erarbeitet als auch bereits in anderen Fachbereichen bestehende Methoden an die speziellen Besonderheiten der smarten Produktentwicklung adaptiert. Typische Beispiele hierfür sind



**Bild 1:** Forschungsfelder der Forschungsvereinigung  
(Quelle: Icons made by Smartline, Smarticons, geotatah from www.flaticon.com)

die Inkubator-Methode, die Constraint-Methode, aber auch Agile Methoden und Design Thinking.

### Erarbeitung von Grundlagen für individualisierte Produkte

Um die zunehmende Individualisierung von Dienstleistungen und Produkten bis hin zur Losgröße 1 umzusetzen, müssen bestehende Prozesse angepasst und flexibilisiert werden. Neben dem Einsatz von Digitalen Zwillingen spielen auch die smarte Modularisierung sowie die bedarfsgerechte Re-Konfiguration während der Nutzung eine zunehmende Rolle. Um dies zu erreichen, werden integrierte Datenmodelle („Digital Brains“) sowie interdisziplinäre PLM-Konzepte entwickelt.

### Etablierung einer modellgetriebenen Produktentwicklung

Die Vorteile einer modellgetriebenen Produktentwicklung nach klassischen Vorgehensmodellen wie dem V-Modell ergeben sich insbesondere durch die Nutzung bewährter Standards, den modularen Aufbau und die Möglichkeit zur Anpassung an den Projektkontext. In einer smarten Produktentwicklung ist es erforderlich, dass die verschiedenen Modelle des V-Modells nun miteinander verknüpft werden. Hierfür sind automatisierte Prozesse zur Modelltransformation zu entwickeln. Weiterhin muss für eine effektive (Aus-)Nutzung der CAE-Metho-

den eine Möglichkeit geschaffen werden, die CAE-Ergebnisse automatisiert in CAD-Daten zurückzuführen. Für die Nutzung der Gesamtheit aller Produktinformationen, Methoden und Werkzeuge – über die gesamte Wertschöpfungskette und verteilt über mehrere Organisationseinheiten und Kooperationspartner hinweg – bedarf es einer neuartigen, smarten PLM-Unterstützung, um die benötigten Daten, zur richtigen Zeit, in der richtigen Qualität, am richtigen Ort und im richtigen Kontext digital bereitzustellen.

Die Vernetzung aller Produktinformationen spielt auch für die Etablierung eines Smart Requirement Management bzw. Smart Requirement Engineering in Unternehmen eine wichtige Rolle, um alle Anforderungen fehlerfrei managen, Änderungen verwalten und verfolgen sowie mögliche Inkonsistenzen zwischen Anforderungen, Plänen und Ergebnissen über die gesamte Projektdauer hinweg erkennen und eliminieren zu können.

### Der Mensch im Mittelpunkt eines Arbeitsplatzes der Zukunft

Der Arbeitsplatz der Zukunft erfordert eine smarte und adaptionsfähige Arbeitsumgebung. Zudem müssen für eine standortübergreifende Zusammenarbeit neue digitale Räume und Interaktionsmöglichkeiten geschaffen werden. Um diese Methoden sicher anwenden zu können, bedarf es einer grundlegenden

Ausbildung sowie einer ständigen Weiterbildung der Mitarbeiter. Hierfür müssen die konventionellen Lehr- und Ausbildungsmethoden an die geänderten Rahmenbedingungen angepasst und um neue Methoden erweitert werden.

### Auswirkung des Smart Engineering auf die Prozessplanung

Das Smart Engineering wirkt sich nicht nur auf die Produktentwicklung und -herstellung aus, sondern muss sich auch in neuartigen Methoden und Werkzeugen in der Prozessplanung widerspiegeln. Welche Auswirkungen das Smart Engineering durch eine Smart Production und die Vernetzung aller Produktionssysteme und -mittel mit sich bringt, soll ebenfalls Gegenstand verschiedener Studien der FVSE sein.

### Forschungsprojekte

Ab sofort ist es möglich, Projekte auf dem Gebiet des Smart Engineering über die Forschungsvereinigung durchzuführen.

### Projektfinanzierung

Je nach Projektumfang kann die Finanzierung der Forschungsvorhaben auf unterschiedliche Weisen erfolgen. Die interne Projektfinanzierung beruht auf Mitteln der Forschungsvereinigung oder auf Eigenmitteln der beteiligten Mitglieder. Die externen Finanzierungen erfol-



Bild 2: Ablauf der Projektbeantragung

gen hingegen aus öffentlichen Zuwendungen. Hierbei können verschiedene regionale und bundesweite Förderprogramme in Anspruch genommen werden.

### Projektbeantragung

Um Projekte über die FVSE durchführen zu können, werden in einem ersten Schritt (siehe Bild 2) die Forschungsseiten in Form von Projektskizzen bei der Geschäftsstelle der Forschungsvereinigung eingereicht. Nach Prüfung der formalen Richtigkeit erfolgt die Weiterleitung der Skizzen an den Forschungsbeirat. Die Mitglieder des Beirats bewerten die Projektskizzen hinsichtlich Durchführbarkeit, Gemeinschaftsinteresse sowie Vorwettbewerblichkeit und entscheiden in quartalsweisen Sitzungen über die Annahme einzelner Projektideen. Bei positiver Bewertung wird anschließend durch die Projektgruppe ein Vollertrag gestellt und dieser erneut dem Beirat zur Begutachtung vorgelegt. Je nach Art und Umfang des geplanten Projektes kann auch der Vollertrag variieren. Mit einer finalen positiven Begutachtung erfolgt abschließend der Projektstart.

Im Rahmen der Projektbeantragung stellt die Geschäftsstelle den Kontakt zu anderen Forschungseinrichtungen und weiteren interessierten Unternehmen her und unterstützt bei der Suche nach geeigneten Fördermöglichkeiten. Bei der späteren Projektbearbeitung übernimmt die For-

schungsvereinigung bei Bedarf die Koordination der Projekte und ggfs. die administrative Abwicklung gegenüber dem Fördermittelgeber. Weiterhin steht die FVSE den beteiligten Partnern während der gesamten Projektlaufzeit beratend zur Seite und unterstützt bei der Verwertung und Publikation der Projektergebnisse.

### Einreichungsfristen

Die Forschungsvereinigung Smart Engineering e.V. ruft alle Interessenten zur Einreichung von Projektideen auf. Dieser Aufruf richtet sich ausdrücklich sowohl an Mitglieder der Forschungsvereinigung als auch an Nicht-Mitglieder.

Projektideen können jederzeit bei der FVSE eingereicht werden. Die Begutachtung der Projektskizzen erfolgt quartalsweise im Rahmen der Beiratssitzungen.

### Mitgliedschaft

Die eigentliche Durchführung von Projekten innerhalb des FVSE-Netzwerks setzt eine Mitgliedschaft in der FVSE voraus. Diese steht allen interessierten Unternehmen bzw. Forschungseinrichtungen offen.

Durch Ihren Beitritt sichern Sie sich die Möglichkeit, zukünftige Forschungsthemen der Forschungsvereinigung aktiv mitzugestalten. Weiterhin profitieren Sie von der Nutzung der neuesten For-

schungsergebnisse und Veröffentlichungen im Bereich des Smart Engineering für die Weiterentwicklung firmenspezifischer Lösungen, der Verbesserung der eigenen Wettbewerbsfähigkeit sowie dem Ausgleich von strukturbedingten Nachteilen.

### Kontakt

Für weitere Informationen zur Forschungsvereinigung Smart Engineering e.V. besuchen Sie unsere Homepage unter [www.fv-smartengineering.org](http://www.fv-smartengineering.org) oder wenden Sie sich direkt an die Mitarbeiter der Geschäftsstelle. ■

Dr.-Ing. Thoralf Gerstmann  
Telefon: +49 371 531-38678  
[thoralf.gerstmann@fv-se.org](mailto:thoralf.gerstmann@fv-se.org)



Dipl.-Wi.-Ing. Jeannette Boll  
Telefon: +49 371 531-38677  
[jeannette.boll@fv-se.org](mailto:jeannette.boll@fv-se.org)



# Kontakt

# Neue Mitglieder

## The Boeing Company

Boeing is the world's largest aerospace company and leading manufacturer of commercial jetliners, defense, space and security systems, and service provider of after-market support. As America's biggest manufacturing exporter, the company supports airlines and U.S. and allied government customers in more than 150 countries. Boeing products and tailored services include commercial and military aircraft, satellites, weapons, electronic and defense systems, launch systems, advanced information and communication systems, and performance-based logistics and training.

Boeing has a long tradition of aerospace leadership and innovation. The company continues to expand its product line and services to meet emerging customer needs. Its broad range of capabilities includes creating new, more efficient members of its commercial airplane family; designing, building and integrating military platforms and defense systems; creating advanced technology solutions; and arranging innovative financing and service options for customers.

With corporate offices in Chicago, Boeing employs more than 140,000 people across the United States and in more than 65 countries. This represents one of the most diverse, talented and innovative workforces anywhere. Our enterprise also leverages the talents of hundreds of thousands more skilled people working for Boeing suppliers worldwide.



Boeing Corporate Offices  
100 North Riverside  
Chicago, Illinois 60606

<https://www.boeing.com>

Kontakt

## Komax

Komax bedient seine Kunden mit innovativen, zukunftsweisenden Lösungen in allen Bereichen, die präzise Verbindungen erfordern. Standardisierte und kundenspezifische Maschinen werden durch verschiedene Verarbeitungsmodul, einzelne Anwendungsteile sowie geeignete Software und Schnittstellen ergänzt, um eine zuverlässige und effiziente Produktion zu erreichen. Bei allem, was sie tut, orientiert sich Komax an ihren Kunden und deren Bedürfnissen. Dazu gehört ein umfassendes Leistungsspektrum, das Beratung, Inbetriebnahme, Schulung, Service und Support umfasst. Komax bietet Garantien und Dienstleistungen, die die Verfügbarkeit und den inneren Wert der Investitionen ihrer Kunden über die Inbetriebnahme hinaus schützen.



Komax AG  
Industriestraße 6  
CH – 6036 Dierikon

<http://www.komaxgroup.com>

Kontakt

## Die SER Solutions Schweiz AG

Die SER Solutions Schweiz AG steht für erfolgreiche Enterprise Content Management-Projekte. Die Kombination von lokalem Know-how und der marktführenden ECM-Software der international agierenden SER Group garantiert höchste Qualität. Und das ist, was Schweizer Unternehmen und Verwaltungen schätzen!

Quer durch alle Branchen arbeiten mittelständische und grosse Unternehmen mit der innovativen und intelligenten Doxis4 iECM-Software von SER. Unseren Erfolg verdanken wir unseren erfolgreichen Projekten, treuen Kunden und einem 20 Mitarbeiter starken interdisziplinären Team.

Seit 1998 betreuen wir namhafte Unternehmen der Schweizer Wirtschaft wie die Helvetia Versicherungen, Sunrise, Zürcher Kantonalbank, PAX, Weidmann, Habasit, Solothurner Spitäler, Hero, Steuerverwaltung Aargau, u.v.m. Von unserem Standort Oberentfelden aus bieten wir Ihnen die Ressourcen und den Lokalkolorit für erfolgreiche und ökonomische ECM-Projekte.



SER Solutions Schweiz AG  
Herostraße 12  
CH-8048 Zürich

<https://www.ser.ch/>

Kontakt

# Produkte

## Neue Technologie trifft etablierte Prozesse: Integration von VR in PLM

Virtuelle Realität ist die Zukunft der Kollaboration. In einer kollaborativen VR-Plattform können Sie digitale Prototypen im 1:1 Maßstab überprüfen, bevor ein physischer Prototyp existiert, realistische Eindrücke des Produkts entwickeln und Fehler in frühen Phasen eliminieren. Das Potenzial ist riesig, aber seien wir ehrlich: ein HMD ist einfach einzurichten, doch Fachleute dazu zu befähigen, effizient damit zu arbeiten bedeutet, Prozesse/Systeme umzugestalten und Mitarbeiter zu schulen.

Die CAD/PDM-Integration hat nun eine Reife erreicht, von der VR-Applikationen profitieren. Der Schlüssel für eine gelungene Implementierung ist die Analyse der notwendigen Anforderungen für einen bestimmten Prozess. Die Grafik veranschaulicht zwei konträre Usecases.

Marketing fordert eine High-End-Visualisierung, während simples Feedback und unidirektionaler Datenfluss ausreicht. Für Engineering-Zwecke ist die visuelle Qualität weniger relevant, während für Workflows und Freigabeprozesse die regelmäßige Aktualisierung notwendig ist.

Die VR-Integration in PEP erfordert neben dem VR-Wissen auch Kenntnisse in PLM-Integration, Anforderungsmanagement und Prozessoptimierung. Nach dem ersten Einblick in die nötigen VR/PLM-Prozesse helfen wir Ihnen gerne weiter.

Die prostep ivip-Mitglieder vr-on und InMediasP arbeiten gemeinsam an einem optimalen Weg zur Integration der VR-Technologie in bestehende PLM-Prozesse. Sie können ein detailliertes Whitepaper mit unserem Konzept herunterladen unter: [vr-on.com](http://vr-on.com) und [InMediasP.de](http://InMediasP.de).



Parameter zu möglichen VR-Szenarien



vr-on GmbH  
Mühlfelder Straße 9  
82211 Herrsching am Ammersee

E-Mail: [info@vr-on.com](mailto:info@vr-on.com)

**Kontakt**

# Smart Service Lebenszyklus

Konrad Exner, Till Blüher, Prof. Dr.-Ing. Rainer Stark

## Herausforderungen bei der Etablierung von Smart Services

Durch die fortschreitende Digitalisierung entstehen immer größere Datenmengen in allen Lebenszyklusphasen von Produkten, Produktionsanlagen und Dienstleistungen, wodurch sich enorme Wertschöpfungspotentiale ergeben [1]. Diese Wertschöpfungspotentiale können in der Industrie 4.0 durch die Verarbeitung von Daten in Form von Smart Services gehoben werden. Smart Services sind digitale Dienstleistungen, deren Funktionalität auf der Aufbereitung, Analyse und Visualisierung von Daten beruht. Sie können dadurch die bisherigen produktorientierten Leistungsangebote revolutionieren, indem sie eine zusätzliche Wertschöpfungsschicht erzeugen, die weit in die Nutzungsphase der Produkte und Dienstleistungen hineinreicht [2]. Hersteller können so aktiv die Nutzungsphase ihrer Produkte durch Smart Services gestalten und dadurch den gestifteten Nutzen von integrierten Produkten und Dienstleistung (PSS) anbieten, was die Basis für neue Geschäftsmodelle ist [1]. Smart Services unterscheiden sich insofern von bestehenden IT Services,

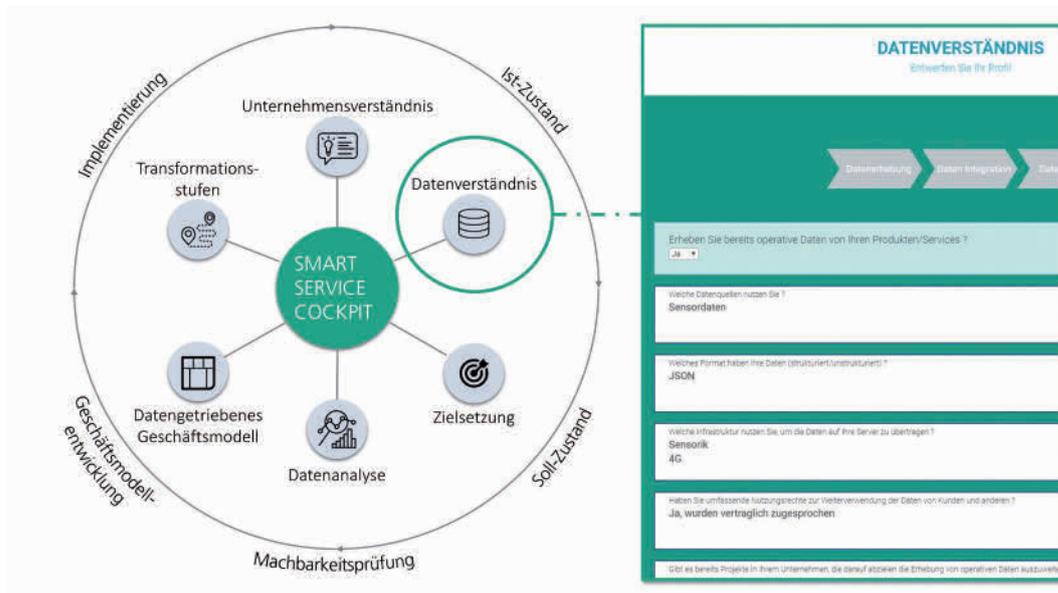
welches eher den Betrieb von IT-Infrastrukturen bezeichnen, da Smart Services auf vernetzten und intelligenten Produkten basierende Leistungsangebote für den Kunden zu einem größeren digitalen Nutzensystem vereinen.

Allerdings treten bei der Entwicklung von Smart Services und deren Umsetzung in innovativen Geschäftsmodellen viele Herausforderungen auf [4]. Einerseits müssen bestehende Geschäftsmodelle aufgrund neuer Leistungsangebote, neuer Risiko- und Kostenstrukturen sowie weitreichender Veränderungen, bspw. im Kundenmanagement, grundlegend transformiert werden [5]. Andererseits werden für diese Transformation neue Fähigkeiten, Ressourcen, Partner und Prozesse, insbesondere im Umgang mit Daten, benötigt [6].

## Ganzheitliche Betrachtung des Smart Service Lebenszyklus

Zur Unterstützung von Unternehmen bei der systematischen Entwicklung und Implementierung von Smart Services für eine datengetriebene Wertschöpfung, haben das Fraunhofer-Institut für Pro-

duktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK) und das Fraunhofer-Institut für offene Kommunikationssysteme (FOKUS) im Projekt „Smart Service Customization“ im Rahmen des Leistungszentrums Digitale Vernetzung einen Methodenbaukasten entwickelt und diesen in einem Tool implementiert. Da aufgrund der zunehmenden Wertschöpfungskraft der Datenanalyse der Einfluss von Smart Services auf bestehende Geschäftsmodelle wächst, sind starke Veränderungen insbesondere im Geschäftskontext zu erwarten [7]. Der Methodenbaukasten betrachtet deshalb besonders die Auswirkungen von Smart Services auf die Wertschöpfungsstrukturen und die Bildung von entsprechenden Transformationsstufen. Der Methodenbaukasten besteht dabei aus zwei Kernkomponenten: einer Integrationsplattform zur Analyse heterogener Daten mit technischem Schwerpunkt, sowie dem Smart Service Cockpit zur systematischen und methodischen Generierung kundenindividueller Prozess- und Dienstleistungsmodulen mit Fokus auf Smart Service Geschäftsmodelle. Die einzelnen Schritte wurden im Smart Service Cockpit zusammengefasst (Bild 1).



**Bild 1:** Smart Service Cockpit - Schritte des Methodenbaukastens für den Smart Service Lebenszyklus mit einem Ausschnitt aus dem Smart Service Cockpit Tool

**Phasen des Smart Service Lebenszyklus**

Im Folgenden werden die einzelnen Phasen des Smart Service Lebenszyklus (Bild 2) detailliert erläutert.

**Unternehmensverständnis:** Ähnlich zum ersten Schritt des CRISP-DM Modells muss auch im Smart Service Lebenszyklus zunächst ein Verständnis für die aktuelle Unternehmenssituation gewonnen werden [8]. Hierzu werden Interviews und Workshops mit Mitarbeitern des adressierten Unternehmens zur Unternehmenssituation sowie weitere Markt- und Wettbewerberanalysen durchgeführt, um den Ist-Zustand des Unternehmens mit Hinblick auf Industrie 4.0 aufzunehmen. Auf diese Weise können Stärken, Schwächen, Chancen und Bedrohungen der Unternehmen in ihrem jeweiligen Marktumfeld ermittelt werden.

**Datenverständnis:** Im zweiten Schritt wird ein Verständnis dafür gewonnen, welche Daten bereits im Unternehmen existieren und welche Fähigkeiten im Umgang mit Daten bestehen, da die Reifegrade im Bereich der Industrie 4.0 Fähigkeiten, insbesondere beim deutschen Mittelstand, eine große Varianz aufweisen [4]. Die entsprechende Methode aus dem Methodenbaukasten basiert dabei auf dem Acatech Industrie 4.0 Maturity Index und untersucht die Informationssysteme, Ressourcen, aber auch die Kultur und die Organisationsstruktur der betrachteten Geschäftsbereiche eines

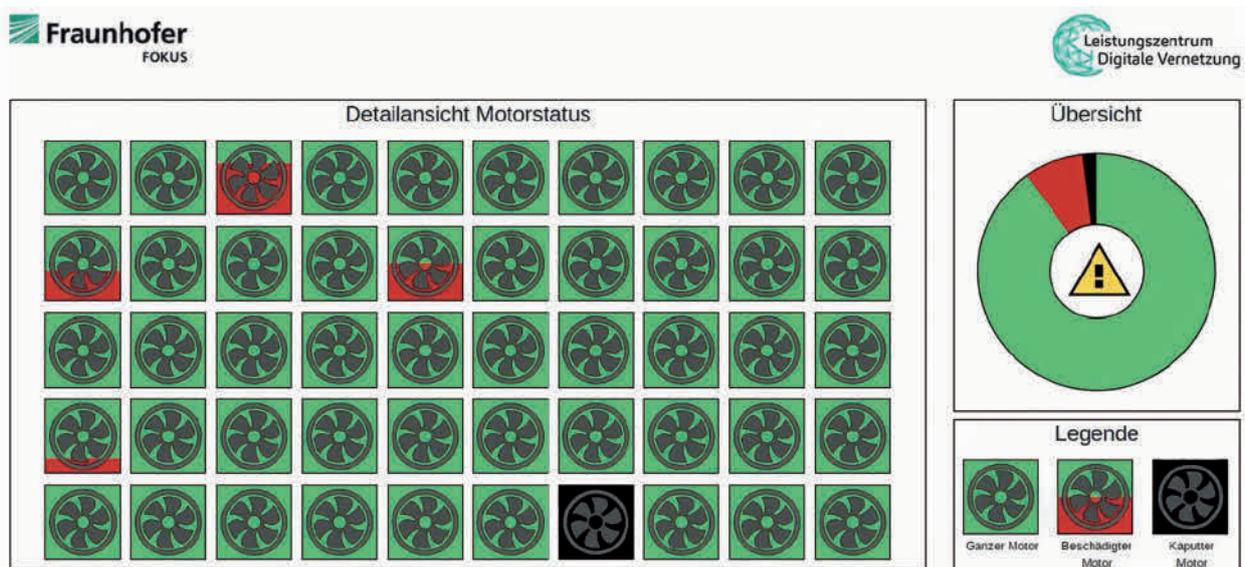
Unternehmens mit Hinblick auf die notwendigen Fähigkeiten für Industrie 4.0 und ermittelt dafür die Reifegrade [9]. Da datenbasierte Fähigkeiten auch häufig im Unternehmen selbst heterogen verteilt sind, bieten sich hier erste Ansatzpunkte für Verbesserungspotentiale. Gleichzeitig werden bereits verfügbare, operative Daten gesichtet, die für die spätere Datenanalyse genutzt werden können.

**Zielsetzung:** In Einklang mit der übergeordneten Unternehmensstrategie werden die zuvor erhobene Ausgangslage des Unternehmens mit unternehmensinternen Technologie-Priorisierungen abgewogen, um potentielle Aktivitätsfelder für Smart Services zu identifizieren. Diese Smart Services können Fortführungen bereits existierender Piloten im Unternehmen sein, oder gänzliche neue Lösungsansätze verfolgen, die als technologische Industrie 4.0-Lösung für die erkannten Herausforderungen aussichtsreich sind. Je nach Zielsetzung leiten sich dann unterschiedliche Anforderungen an die Datenanalyse hinsichtlich der Funktionalität, Zuverlässigkeit, Datensicherheit etc. der Smart Services ab.

**Datenanalyse:** Beim Schritt der Datenanalyse wird die Anforderungserhebung, Design-, Konzept- und Umsetzungsplanung hinsichtlich der Datenverarbeitung durchgeführt. Dies beinhaltet im Bereich Datenanalyse bzw. Maschinelles Lernen die Gestaltung und Anpassung der benötigten Algorithmen, die Entwicklung von

Prototypen und Demonstratoren, sowie die Unterstützung von Unternehmen beim Aufbau eigener datenbasierter Fähigkeiten und Ressourcen. Somit kann eine Machbarkeitsstudie über die gewünschten Smart Service angefertigt werden, trainierte Datenmodellen den Unternehmen übergeben werden, oder „Smart Insights“ als visualisierte, höherwertige Informationen für weitere explorative Datenanalysen bereitgestellt werden. Zur exemplarischen Veranschaulichung wurde, anhand frei verfügbarer Daten von 708 Rolls Royce Turbinen (26 Sensordaten pro Turbine), ein Algorithmus trainiert, der es ermöglicht den Abnutzungsgrad von Turbinen datenbasiert in Echtzeit zu bestimmen und diesen als Smart Insight visualisiert wiederzugeben (Bild 2).

**Geschäftsmodellentwicklung:** Auf Basis der zuvor durchgeführten Schritte wird mit der Methode „Datengetriebenes Geschäftsmodell“ die Entwicklung eines Smart Service Geschäftsmodells durchgeführt (Bild 3). Einerseits liegt der Fokus darauf, dem Trend der steigenden Dienstleistungsorientierung nach dem PSS Ansatz gerecht zu werden, andererseits wird die Integration von Smart Services in das Leistungsangebot forciert. In Workshops werden die vier Kategorien des „Datengetriebenen Geschäftsmodells“ mit insgesamt zwölf Dimensionen erarbeitet, wobei die Unternehmensführung mit ihrer langfristigen Vision den Ausgangspunkt bildet. Es werden explizit die Bedarfe der unterschiedlichen Kundensegmente untersucht und inwieweit



**Bild 2:** Beispielhafte Darstellung von „Smart Insights“ – Datengetriebene Vorhersage von Turbinenzuständen anhand frei verfügbarer Daten von Rolls Royce [10]

die Smart Services zu deren Lösung beitragen können.

Zur Beschreibung der eigentlichen datengetriebenen Wertschöpfung werden die Prozesse, Ressourcen, Fähigkeiten und Partner untersucht. Bei der Gestaltung der Partnerschaften stehen insbesondere der mögliche Aufbau von plattformbasierten Leistungserbringungsstrukturen im Vordergrund, die für Smart Services in der Industrie 4.0 typisch sind [12]. Darüber hinaus werden durch PSS neue Kosten-, Risiko-, und Erlösstrukturen benötigt, die in den jeweiligen Dimensionen der Kategorien Finanzen und Management erarbeitet werden.

**Transformationsstufen:** Im letzten Schritt des Smart Service Lebenszyklus steht die Implementierung der Smart Service Lösungen und des zugehörigen Geschäftsmodells im Vordergrund. Das generische Modell der Transformationsstufen (Bild 4) zielt darauf ab, langfristig einen Übergang zu einem datengetriebenen Geschäftsmodell zu erreichen.

Dabei werden zunächst Maßnahmen formuliert, die basierend auf den vorhan-

denen Lösungen und Fähigkeiten den Status Quo des aktuellen Geschäftsmodells verbessern. Mittelfristig sollen diese Fähigkeiten und Lösungen ausgebaut werden sowie Partnerschaften angebahnt werden, um den Schritt zu einem digitalen Unternehmen abzuschließen. Die letzte Transformationsstufe beinhaltet dann die letztendliche Markteinführung und damit die Inbetriebnahme der Smart Services mit ihrem zugehörigen datengetriebenen Geschäftsmodell.

**Implementierung im Smart Service Cockpit Tool**

Zur Erhöhung der Sichtbarkeit wurde das Smart Service Cockpit als Web-Anwendungstool entwickelt, welches eine zentrale Darstellung und Bearbeitung, der über den Smart Service Lebenszyklus hinweg gesammelten Informationen, ermöglicht. Die jeweiligen Kerninformationen, werden in den entsprechenden Kategorien mittels Leitfragen erhoben und bieten so eine schnelle Möglichkeit zur Datenerhebung. Außerdem können beliebige zusätzliche Informationen in die Datenbank des Smart Service Cockpit Tools hochgeladen werden, um während

der Projektdurchführung den Experten Informationen bereitzustellen. Das Tool erlaubt zudem die Erzeugung einer Übersicht des gestalteten Geschäftsmodells als PDF, wobei die Informationen vorher über einen Fragekatalog im Tool gesammelt werden. Insgesamt entsteht so für Unternehmen ein Bearbeitungswerkzeug zur systematischen Gestaltung von Smart Services für datengetriebene Geschäftsmodelle.

**Ausblick: Smart Service Blueprints**

Ein identifizierter Schlüsselfaktor im Rahmen der Industrieprojekte ist die Nutzung von Best Practices, zum Aufzeigen der Potentiale sowie der Reife in anderen Branchen. Eine verbesserte Ausnutzung der bisherigen Erfahrung kann durch die Entwicklung generischer Blueprints für Smart Services erreicht werden. Dazu werden die charakteristischen Merkmale eines Smart Service definiert und für jedes Merkmal generische Ausprägungen basierend auf den spezifischen Best Practices beschrieben. Diese ermöglichen es Unternehmen die potentielle Bandbreite an Lösungen und Zielbildern aufzuzeigen sowie Smart Services modular



Bild 3: Datengetriebenes Geschäftsmodell [11]

zu partitionieren und für kundenindividuelle Randbedingungen zu konfigurieren. Eine weitere Ausbaustufe ist die automatisierte Erstellung von Smart Service Geschäftsmodellen basierend auf einer integrierten Auswertung vorhandener Daten, smarter Produkte und Produktionssysteme in Kombination mit den Smart Service Blueprints. Im Rahmen der Member Group 3 des prostep ivp Verein wird in verschiedenen Projekten untersucht, inwieweit Ansätze aus dem Gebiet der künstlichen Intelligenz im Produktdatenmanagement eingesetzt werden können. Die Überführung dieser Technologien in die Praxis sowie die Standardisierung, zur Integration großer Mengen an operativen Daten in traditionelle Produktdatenmanagement Systeme, wird ein entscheidender Enabler für Smart Services. ■

**References:**

- [1] Acatech, „Smart Service Welt: Abschlussbericht,“ 2015.
- [2] Plattform Industrie 4.0, „Exemplification of the Industrie 4.0: Application Scenario Value-Based Service following IIRA Structure,“ 2017, 2017.
- [3] Arnold Tukker, „Eight Types of Product-Service System: Eight ways to sustainability? Experiences from suspronet,“ Business Strategy and Environment, 2004, pp. 246–260, 2004.
- [4] Michael Carl and Kai Gondlach, „Die Zukunft des Deutschen Mittelstands: Innovation durch Digitalisierung,“ 2bAHEAD.
- [5] Christian Schnürmacher, Haygazun Hayka, Rainer Stark, „Providing Product-Service Systems – The long way from a product OEM towards an original solution provider,“ 7th Industrial Product-Service Systems Conference – PSS, industry transformation for sustainability and business, 2015, pp. 233–238, 2015.
- [6] Konrad Exner, Christian Schnürmacher, Sebastian Adolphy, Rainer Stark, „Proactive maintenance as success factor for use-oriented product-service system,“ Procedia CIRP, 2017, pp. 330–335, 2017.
- [7] R.M. Dijkman, „Business models for the Internet of Things,“ International Journal of Information Management, 2015, pp. 672–678, 2015.
- [8] Pete Chapman et al., „CRISP-DM 1.0 Step-by-step data mining guide,“ 2000, 2000.
- [9] Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., ten Hompel, M., Wahlster, W., „Industrie 4.0 Maturity Index: Managing the Digital Transformation of Companies,“
- [10] A. P. Konrad Exner, „Smart Service Customization: Datenanalyse für individuelle Dienstleistungen,“ Futur, 2018, pp. 18–19, 2018.
- [11] Konrad Exner, Rainer Stark, Ji Yoon Kim, „Data-driven business model a methodology to develop smart services,“ Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC), 2017, pp. 146–154, 2017.
- [12] Müller, Simon C., et al., „Geschäftsmodelle in der digitalen Wirtschaft: Studien zum deutschen Innovationssystem,“ EFI.



Konrad Exner  
 Fraunhofer-Institut  
 für Produktionsanlagen  
 und Konstruktionstechnik IPK

E-Mail:  
 konrad.exner@ipk.fraunhofer.de  
 Tel.: +49 30 39006-247

**Kontakt**



**Bild 4:** Generische Transformationsstufen für die Implementierung eines Smart Service Geschäftsmodells

# MBSE praktisch nutzen

Dr. Steven Vettermann

Das Thema Model-based Systems Engineering (MBSE) ist derzeit in aller Munde. Viele Vorteile werden angepriesen und Folien gezeigt. Manchmal wird MBSE sogar als Silver Bullet dargestellt. Das Schöne an solchen Themen ist ja, dass man so viel hineindichten und das Ganze noch mit weiteren Akronymen ausschmücken kann. CIMdata hat unlängst festgestellt (vgl. [1]), dass allein schon diese zunehmende Begriffsverwirrung eine Einführung in die betriebliche Praxis und auch die Integration in bestehende PLM-Landschaften verhindert. Aber das ist ja erst die Spitze des Eisbergs. Wie kriegt man an MBSE einen Knopf dran, wie etabliert man MBSE in seinem Unternehmen und vor allem, was hat das Unternehmen davon – dieser Artikel soll am Beispiel „autonome Transportmittel“ dazu Orientierungshilfe geben.

## Herausforderungen

Die Presse ist voll von Meldungen zur digitalen Transformation: Schneller sein, kostengünstiger und neue Märkte erschließen. Was dem Management gefällt, stellt die IT vor Herausforderungen, z.B.:

- Wie der resultierenden (Gesamtsystem)Komplexität Herr werden?
- Wie domänenübergreifenden Collaboration ermöglichen?
- Wie ein adäquates Projekt- oder Änderungsmanagement realisieren?
- Wie die neuen Möglichkeiten nutzen, um das Verhalten des Produkts zu optimieren?
- Wie die Homologation und Sicherheitsnachweise unterstützen?

Und während man dann noch drüber nachdenkt, wie man z.B. die Produkte mit Artificial Intelligence (AI) versieht, kommt die Mitteilung vom Betriebsrat, dass das „neue Konzept so ja wohl gar nicht geht“. Die gute Nachricht dabei ist, dass es solche Herausforderungen auch schon in der Vergangenheit gab, nur hießen die Akronyme anders. Dass das so ist, liegt weder am Thema, noch an der Technologie. Schon Nietzsche hat die „ewige Wiederkehr“ beschrieben. Letzt-

endlich gibt es immer das Geflecht aus organisatorischen, methodischen und IT-Handlungsfeldern.

## Handlungsfeld „Organisation“

Wenn Sie mit Kollegen über die Entwicklung von cyber-physischen Systemen (CPS) und Hindernisse dabei sprechen, fällt doch bestimmt auch das Wort „Silos“, oder? Als erstes gilt es da, sich vom Lager-Denken zu befreien. Menschen arbeiten in Teams an etwas, wofür sie bezahlt werden. Menschen unterteilen in „wir“ und „andere“ und sind veränderungsträge. Vielleicht sollte der, in der Entwicklung von autonomen Transportmitteln Scrum o.ä. fordert, besser die sehr unterschiedlichen Entwicklungszyklen und -zeiten und Mentalitäten in den Bereichen Mechanik, Elektrik/Elektronik und Software berücksichtigen. Hier nützt das Bild, Teams in einem Unternehmen eher als Zellen eines Körpers zu sehen. Das wichtigste „Organ“ einer Zelle ist seine Zellmembran. Über die tauscht sie Informationen etc. mit anderen aus. Ein Silo, könnte man meinen. Aber jede arbeitet unter ihren Bedingungen an ihrer Aufgabe, jede in ihrer Geschwindigkeit, und alle – vom Hirn, Rückenmark und

Bauch gelenkt – an einem Ziel, an einer Aufgabe. Unternehmen sollten sich im Kontext der digitalen Transformation immer mehr als lebenden Organismus begreifen.

Moderne Unternehmensarchitekturmodellierungsansätze, wie z.B. TOGAF (vgl. [3]), ermöglichen es Unternehmen, sich weg vom Abteilungsdenken hin zum Fähigkeitsdenken zu entwickeln (Capability Maps) und zu fokussieren (Heat Maps). Richtig angewendet, strukturiert man die Fähigkeiten im Unternehmen, deren Abhängigkeiten und entscheidet, wo es sich lohnt, mit Veränderungen zu starten („heat“). Die so definierten Artefakte kann man z.B. in SysML modellieren und man erhält damit nicht nur eine für Menschen verständliche Übersicht, sondern eben auch eine rechnerverarbeitbare Beschreibung des Unternehmens und Prozesse bzw. ausgewählte Teile davon.

Das heißt, um die Organisation hin zur MBSE-Readiness zu entwickeln, lohnt sich agil

1. Capabilities zu erfassen,
2. Heatmaps abzuleiten und
3. Prozessartefaktmodell zu erstellen und zu optimieren.

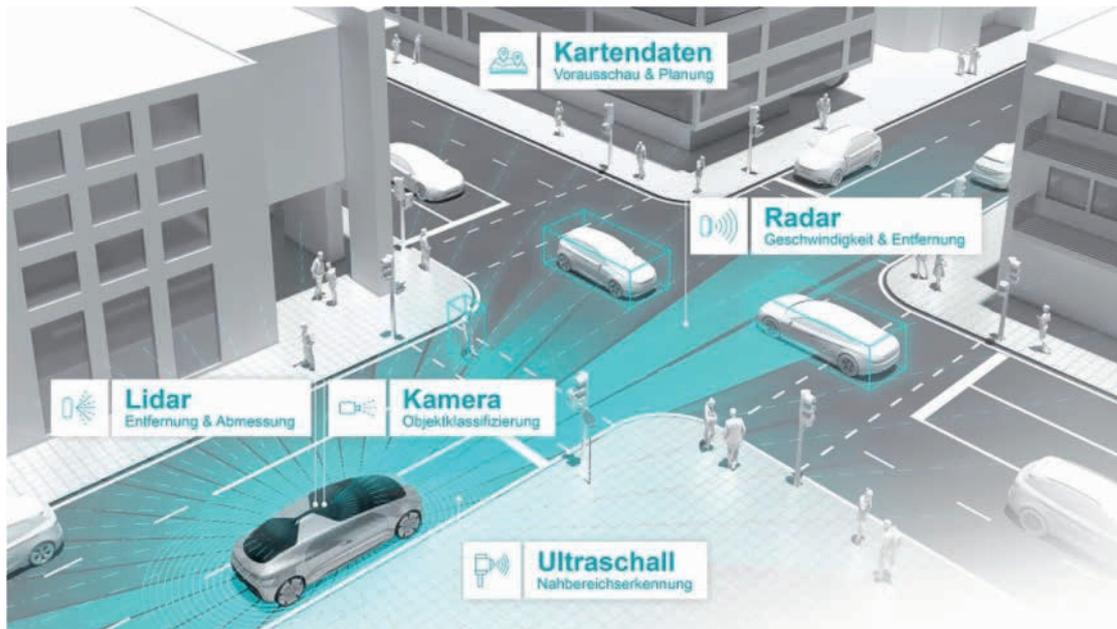


Bild 1

Dass das trivial ist, hat keiner behaupten. Aber es lohnt sich. Man erhält ein Modell seines Unternehmens, auf dem man operieren kann, dass man optimieren und an veränderte Märkte anpassen und mit dem man sogar Simulationen und Alternativen durchspielen kann. Gerade im Umfeld der digitalen Transformation, mit seiner Dynamik und den Unwägbarkeiten, kann der Vorteil solcher Modelle und Möglichkeiten nicht hoch genug eingeschätzt werden.

### Handlungsfeld „Methoden“

MBSE ist jetzt nicht wirklich etwas Neues, aber die Anwendung in der Industrie schon. Und die wird mit der Zeit immer zwingender. Natürlich kann man auch altbewährt an etwaige Herausforderungen herangehen, aber wenn man z. B. die jüngst geäußerte Vision von Volkswagen nimmt, dass jedes Auto in Zukunft ein digitales Device auf Rädern sein wird (vgl. [4]), kann man sich beispielsweise fragen:

- Wie entwickelt man zusammen mit Zulieferern iterativ, inkrementell Software?
- Wie führt man Validierungen und Verifikationen virtuell durch?

- Wie kommt in der Nutzungsphase der passende Software-Update ins richtige Auto?
- Wie stellt man sicher, dass nach einem solchen Update die Zulassung noch gilt?
- Und wie ist das, wenn es sich nicht nur um ein, sondern um Millionen von Autos handelt?

Gerade wenn es um autonome Transportmittel geht, seien es nun Autos, Schiffe oder andere, kann man eine klare Tendenz erkennen: Die Forderungen nach einer unternehmensübergreifenden Etablierung von Technologie-Standards und die Bereitschaft zum Open-Sourcing der genutzten Technologien nehmen zu. Gründe dafür sind nicht nur, dass man im Schadensfall ohne Bezug zum Stand der Technik massive Argumentationsprobleme haben könnte, sondern vor allen Dingen auch, weil die Industrie erkannt hat, dass es nicht wettbewerbsdifferenzierend ist, sondern überaus vorteilhaft, wenn man gemeinsam dringend benötigte Standards setzt.

Bisher lief die Validierung und Verifikation von Transportmitteln auf realen Straßen, Schienen, Gewässern etc. ab. Und der Mensch am Steuer hatte die Verantwor-

tung. Bei den „autonomen“ hat das Transportmittel die Verantwortung, und damit der Hersteller. Um ein solches Transportmittel aber real zu testen, müsste man die oft erwähnten 100.000.000 Testkilometer fahren (vgl. [5]). Das ist praktisch unmöglich und kaum bezahlbar. Zumal es dann ja auch nur für ein Fahrzeug in der aktuellen Konfiguration gelten würde. Autonomes Fahren birgt also auch die Anforderung mit sich, einen Großteil der Test virtuell und am besten automatisiert durchzuführen. Das bedingt aber auch, dass nicht nur die Modelle der Produkte mit ihren Eigenschaften vorhanden sind, sondern eben auch Dinge wie Routen, Straßenbeläge, Wetter etc. Auch das Testen selbst muss sich verändern, weg vom Testfall, hin zum Testszenario. Zudem braucht es dringend Informationen, welche kritischen Situationen zu beachten sind. Diese müssen primär betrachtet werden, während andere evtl. auch im Sinne von Rechenzeitoptimierung vernachlässigbar sind.

Wer autonomes Fahren fordert, muss sich also die virtuelle Validierung und Verifikation seines Produkts (Gesamtsystem) sicherstellen. Die Grundlage dafür bietet MBSE. Dazu braucht es, ver-

einfach beschrieben, die Modellierung der Artefakte aus zwei Kategorien:

- System
- Umgebung

Validierung und Verifikation für das autonome Fahren sei hier mal als Beispiel angeführt. Es macht deutlich, dass man das zwar auch mit althergebrachten Verfahren machen könnte, aber dass das nicht praktikabel wäre.

Daneben stehen klare Vorteile eines MBSE-Ansatzes. Wenn das Produkt und seine Architektur, aber auch die die Umgebung mit z.B. SysML und darüber eingebundene Spezialmodelle (Funktionen, Verhalten, Gestalt etc.) beschrieben ist, dann kann man Lösungen finden, wie man z.B. im Hersteller-Zulieferer-Verbund gemeinsam Software entwickelt. Hat man Komponenten sauber beschrieben, kann man, ähnlich wie beim Zuteilen von Bauräumen, Aufgaben verteilen. Da das Ganze modellbasiert ist, kann man das Grundkonzept wie auch die folgenden Arbeitsfortschritte automatisiert auf Vollständigkeit, Widerspruchsfreiheit, Anforderungserfüllung und Regelkonformität prüfen. Auch Änderungen lassen sich gezielt steuern, da man über das System-

modell die betroffenen „Teile“ (und deren „Kinder“) sofort erkennen kann. Man kann zudem Änderungsauswirkungen und Alternativen simulieren und auch Risiken gesteuert ermitteln.

Und um das auch zu erwähnen, wenn ein Auto in Zukunft so etwas ist wie Software auf 4 Rädern, dann sollte man auch darüber nachdenken, bei der Systemmodellierung noch ganz andere Methoden zu berücksichtigen. Nämlich solche, die direkt aus der Software-Entwicklung kommen. (Zulieferer)Schnittstellen kann man entsprechend REST definieren. Zudem kann man Ansätze wie Microservices und DevOps berücksichtigen. Aber darauf soll an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden.

#### Handlungsfeld „IT“

Prinzipielle sind hier zwei wesentliche Dinge zu unterscheiden:

- IT-Tools und Tool-Ketten
- Standards und Formate

Die Industrie ist sich einig, dass zu beidem noch viel zu tun ist. Nicht umsonst laufen sehr gerade sehr viele Forschungsinitiativen zu diesem Thema oder stehen

#### REST (Representational State Transfer)

bezeichnet ein Programmierparadigma für verteilte Systeme, insbesondere für Webservices. REST ist eine Abstraktion der Struktur und des Verhaltens des World Wide Web. REST hat das Ziel, einen Architekturstil zu schaffen, der die Anforderungen des modernen Web besser darstellt. Dabei unterscheidet sich REST vor allem in der Forderung nach einer einheitlichen Schnittstelle von anderen Architekturstilen. [6]

#### Microservices

sind ein Architekturmuster der Informationstechnik, bei dem komplexe Anwendungssoftware aus unabhängigen Prozessen komponiert wird, die untereinander mit sprachunabhängigen Programmierschnittstellen kommunizieren. Die Dienste sind weitgehend entkoppelt und erledigen eine kleine Aufgabe. So ermöglichen sie einen modularen Aufbau von Anwendungssoftware. [7]

#### DevOps

ist die Ausdehnung der agilen Softwareentwicklung auf den operativen IT-Betrieb. DevOps ist ein Kunstwort aus den Begriffen Development (englisch für Entwicklung) und IT Operations (englisch für IT-Betrieb). [8]

in der Antragsphase – und das weltweit, über alle Branchen hinweg.

Das prostep ivip Projekt Smart Systems Engineering hat hier in der Vergangenheit entscheidende Grundlagen geliefert. Neben Interaktionsszenarien, Referenzprozessen, Metadatenmodellen etc., hat es die Basis zur industriellen Anwendung von FMI (Funktional Mockup Interface) gelegt. Daneben ist in prostep ivip das SysML Workflow Forum und andere Projekte entstanden. Auf der anderen Seite erarbeiten Forschungsprojekte wie PEGASUS die methodischen Grundlagen zum autonomen Fahren. Währenddessen andere Projekte den Aufbau neutraler Software-Plattformen zur Validierung und Verifikation adressieren. So z.B. das OSP (Open Simulation Platform), das eine neutrale Plattform für die modellbasierte Simulation im Schiffbau entwickelt.

Noch nie war der Anspruch an eine reibungslose Integrationsfähigkeit von Software-Systemen so groß wie heute. Das Thema Offenheit bekommt so weiteren Auftrieb. Somit wird in Zukunft der vom prostep ivip Verein avisierte Code of PLM Openness (CPO) und das parallel dazu etablierte akkreditierte Zertifizie-

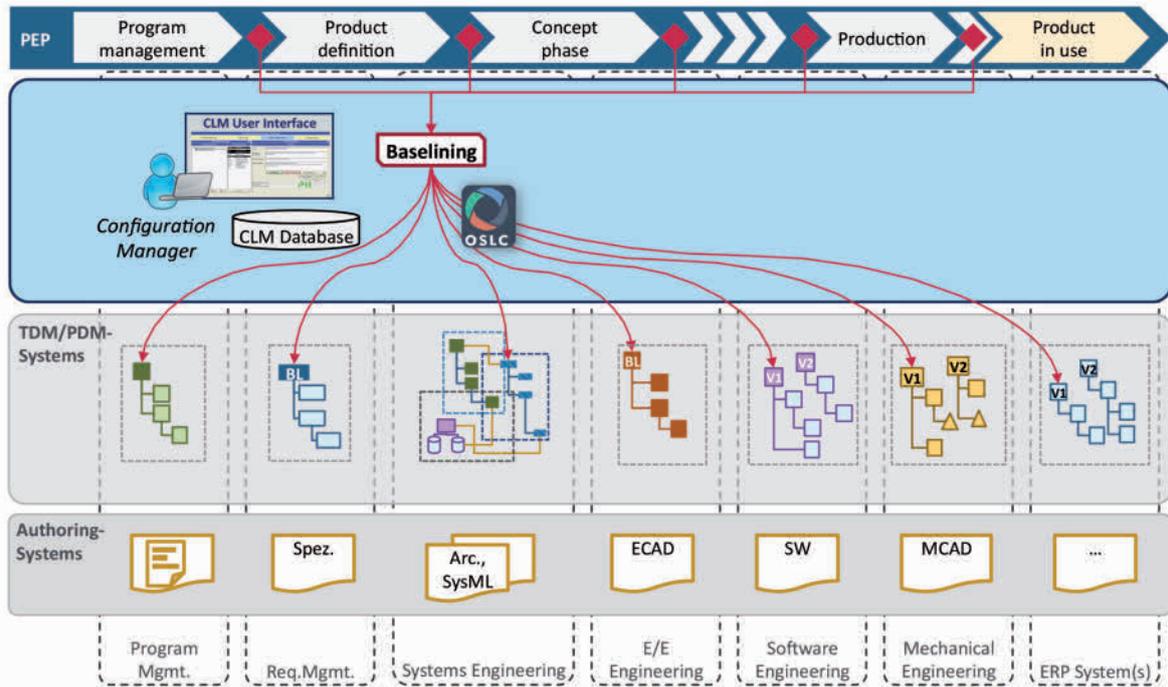


Bild 2

rungsprogramm eine entscheidende Rolle einnehmen.

Im Sinne MBSE geht es aber zu allererst um die gekonnte Integration von

- Prozessartefaktmodellen und
- Systemartefaktmodellen.

Neben den bislang beschriebenen Möglichkeiten und Einsatzfeldern, ermöglicht das aber auch die Realisierung von Traceability. Traceability liefert Antworten auf Fragen wie z.B.: Wo stehe ich in meinem Projekt? Was hat zu welchem Ergebnis geführt? Wie führe ich einen Sicherheitsnachweis auf Knopfdruck?

Um den Weg dahin zu beschleunigen, hat PROSTEP eine Methode rund um ein generisches Artefaktmodell entwickelt (vgl. [9]). Dieser Template-basierte Ansatz ermöglicht ein effizientes Vorankommen beim Aufbau von konsistenten Modellen in SysML. Darauf aufsetzend wurde eine erste Software entwickelt, die über Baselines Traceability ermöglicht. So kann zum Beispiel zu jeder Zeit sicher nachgewiesen werden, welche Annahmen, Modelle, Daten und Parameter etc. unter Zuhilfenahme welcher Software zu welchem Simulationsergebnis geführt

haben (Sicherheitsnachweis) und Simulationalternativen geordnet untersucht werden können. Dazu verknüpft die Software die entsprechenden Daten aus den Systemen in Unternehmen (z.B. über OSLC) und ermöglicht auch das geordnete Ablegen von Informationen, für die es zum derzeitigen Stand der Technik noch gar kein System gibt.

Bild 2 zeigt exemplarisch den Aufbau und die Struktur des Traceability-Tools. Über alle Entwicklungsphasen hinweg müssen Entwicklungsartefakte versionsicher gesammelt und zu einer Baseline zusammengefügt werden. Dabei kann die Erstellung der Baseline entweder über den direkten Import der Quelldaten in einer Datenbank oder über die Verlinkung in die Autorensysteme erfolgen.

Das Traceability-Tool dient der fachgebietsübergreifenden Zusammenarbeit und kann Informationen aus unterschiedlichsten Datenquellen zusammensetzen, ohne Eingriff in diese Datenquellen zu nehmen. Die Autorensysteme können damit leicht an notwendige Veränderungen und Innovationen angepasst werden und man kann flexibel auf Änderungen reagieren. ■

### Quellen:

- [1] CIMData: It's Time to Clean Up Our Model-Based Problem, Juli 2018
- [2] INCOSE: Systems Engineering Vision 2020, September 2007
- [3] TOGAF: The Open Group Architecture Framework, September 2018
- [4] Volkswagen: Volkswagen entwickelt größtes digitales Ökosystem der Autoindustrie, August 2018
- [5] Springer Verlag: Autonomes Fahren, April 2015
- [6] Wikipedia: REST, September 2018
- [7] Wikipedia: Microservices, September 2018
- [8] Wikipedia: DevOps, September 2018
- [9] TdSE: Ein Artefaktmodell zur Verbesserung der Prozessmodellierung, November 2017



Dr. Steven Vettermann  
PROSTEP AG  
Cluster Lead Systems Engineering,

E-Mail:  
steven.vettermann@prostep.com

Kontakt

# Neue Standards für die digitale Produktabsicherung

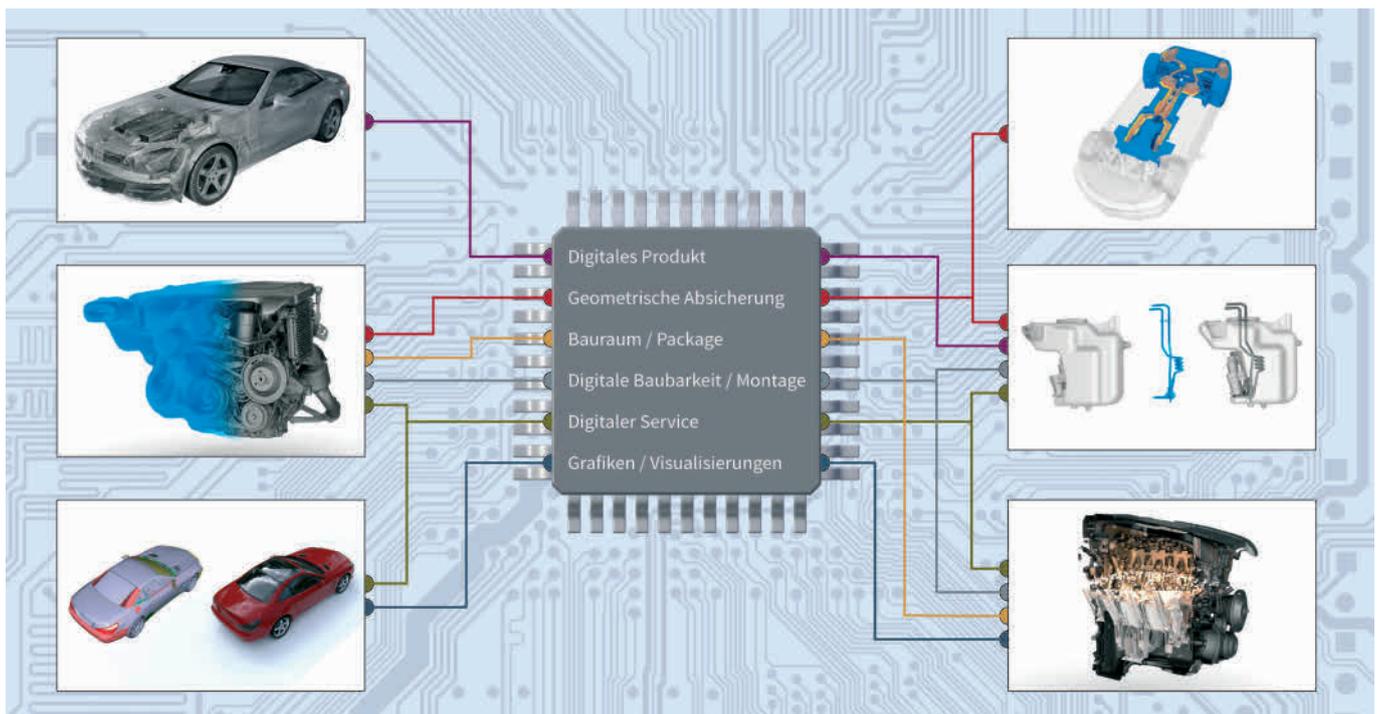
Dr. Patrick Müller, Marco Santruschek

Die Produktabsicherung ist eine zentrale Aufgabe der Entwicklung. Digital Mock-ups helfen, Fehlproduktionen, Funktionsmängel und Sicherheitsrisiken zu vermeiden. Gegenüber physischen Prototypen sparen sie zudem Zeit und Geld. Was der Industrie bislang fehlt, sind Standardverfahren für eine breitere Nutzung. Hier setzen CONTACT Software und invenio Virtual Technologies an: Sie stellen modernste DMU-Technologie direkt im PLM-Prozess bereit.

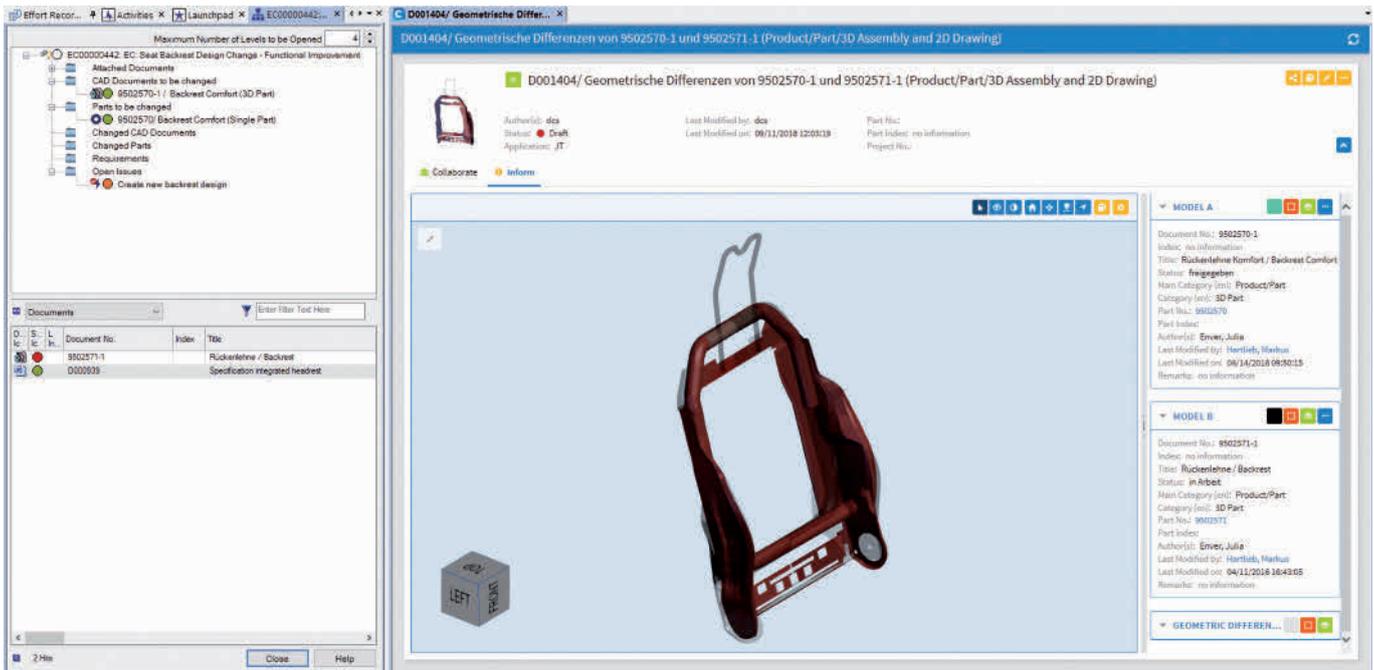
In allen Industriebranchen ist die geometrische Kompatibilität mechanischer und mechatronischer Produktkomponenten ein wichtiger Aspekt der Produktabsicherung. Dies betrifft die Lage von Produktkomponenten zueinander, deren Montierbarkeit (Ein- und Ausbauprozesse) und ihre Bewegungen (z.B. Rüttelkurven) im Betrieb.

Die Absicherung erfolgt auf Basis realer Prototypen oder virtuell anhand geometrischer Modelle, um unzulässige Kollisionen und Durchdringungen von Produktkomponenten, beziehungsweise ihrer Bauteile und Baugruppen auszuschließen. Je nach Branche und Fachdisziplin unterscheiden sich die Absicherungsprozesse von der frühen Phase bis in die

Systemintegration, -abnahme und Markteinführung hinein beträchtlich. Der Grund: DMU-Technologien werden mangels Standardintegrationen in die digitale Prozessdurchführung des PLM nicht professional an die Menge der PLM-Anwender herangetragen. Damit fehlen Skalierungseffekte für den Einsatz der DMU-Techniken in der Breite.



Einsatzbereiche von DMU-Funktionen im PLM-Prozess (Bild: invenio)



In den Änderungsprozess eingebetteter geometrischer Vergleich (Bild: CONTACT)

Die Automobilhersteller sind Vorreiter in Sachen DMU. Auch ihre Zulieferer streben, zwecks Kosten- und Zeiteinsparung, eine Reduktion physischer Prototypen an und wollen die virtuelle Absicherung verstärkt betreiben. Im Anlagenbau werden geometrische Kollisionen dagegen oft erst bei der Inbetriebnahme erkannt. Hier sind digitale Absicherungsverfahren mangels verfügbarer Geometriemodelle oder Datenmanagement-Infrastruktur bislang oft nur punktuell im Einsatz.

**Virtuelle Prototypen**

Im Zuge der digitalen Transformation steigt der Grad an digitaler Produktdokumentation und virtuellen Produktmodellen. Hinzu kommt eine Zunahme an Produktvarianten, die in Summe nicht mehr in hinreichender Form mit realen Prototypen geometrisch abgesichert werden können.

Das grundlegende Interesse in der Produktabsicherung besteht darin, eine möglichst hohe Testabdeckung über den gesamten Variantenraum konfigurierbarer oder individualisierbarer Produkte zu erzielen. Absicherungsprozesse werden zunehmend auf virtuelle Methoden verlagert, insbesondere dann, wenn der Aufbau realer Prototypen nicht zu vertretbaren Kosten, Zeitrahmen, Mengen und Zyklen umgesetzt werden kann [1]. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn der Variantenraum eines stark konfigurierbaren Produkts (wie etwa ein Automobil)

sehr groß ist, oder wenn ein realer Prototyp im Engineer-to-Order Prozess eines Anlagenbauers schlicht nicht durch die Projektkosten getragen wird.

In der Software-Entwicklung stellt der Einsatz automatisierter Tests eine hohe Testabdeckung sicher. Dies ist gängige Praxis und fester Bestandteil der Methodik zur kontinuierlichen Integration (Continuous Integration and Delivery [2]). Übertragen auf die Produktentwicklung im Allgemeinen kann dieser Ansatz für mechatronische, Software-intensive Produkte nur gelingen, wenn auch in der Mechanik und Elektronik automatische Tests genutzt werden.

In der Mechanik werden dafür sogenannte Digital Mock-Ups (DMUs), also virtuelle Zusammenbauten von geometriebehafteten Produktkomponenten, eingesetzt. Der DMU ist dabei der Zusammenbau aller 3D-Modelle zum digitalen Prototypen, an dem sich dann die Produkteigenschaften und Verhaltensweisen direkt testen lassen. Ziel ist eine geometrische, funktionale und produktionstechnische Absicherung der Prototypen über den kompletten Entwicklungsprozess.

**DMU im PLM-Prozess**

Der Weg zum digitalen Zusammenbau sieht in der heutigen Praxis sehr unterschiedlich aus. Bei den Automobilzulieferern sind oft noch manuelle DMU-Pro-

zesse üblich. Die CAD-Anwender bauen vereinzelt DMUs aus Geometriemodellen auf, um zum Beispiel zwei Modelle im CAD-System zu vergleichen. Die Nachteile dieses Vorgehens sind ein hoher Zeitaufwand, seine Fehleranfälligkeit und die Einschränkung auf punktuelle Analysen.

Im OEM-Segment sind automatisierte DMU-Prozesse gängiger, bei denen DMU-Algorithmen in das zentrale Produktdatenmanagement integriert sind. Dadurch lassen sich automatische Berechnungen durchführen, wie beispielsweise der geometrische Vergleich von Versionsständen (Geometric Difference) oder Kollisionsanalysen (Clash & Clearance). Zumeist handelt es sich dabei um individuelle Integrationen der DMU-Technologie in die vorhandene IT-Infrastruktur des jeweiligen Autoherstellers.

Heutige Technologien des digitalen Daten- und Prozessmanagements und der Geometrieverarbeitung ermöglichen eine weitaus breitere und zudem kontinuierliche virtuelle Absicherung mechanischer Bauteile und Baugruppen. Eine PLM-basierte Prozessautomation mit integrierter DMU-Technologie lässt ebendiese Aufgabe zu einer professionellen Standardvorgehensweise werden. Davon profitieren zahlreiche Fachanwender in der Entwicklung, die nachgelagerten Unternehmensbereiche und nicht zuletzt die Kunden, die funktional gut abgesicherte Produkte bekommen – quer über die verschiedenen Industriebranchen hinweg.

**Kontinuierliche Absicherung**

Die Integration von DMU-Algorithmen in standardisierte, offene PLM-Technologie bietet Unternehmen die Möglichkeit, automatisierte Testdurchläufe und manuelle Operationen optimal in das digitale Daten- und Prozessmanagement einzubetten. Die Grundlage für eine derartige Implementierung liefern die offenen Technologieplattformen von CONTACT Software und invenio Virtual Technologies.

CONTACT Elements stellt die PLM-Bausteine bereit, mit denen Teilstämme, Stücklisten, CAD-Daten und Konvertierungsdienste verwaltet und Modelldaten mit Statusnetzen und Workflows geltungssicher durch die Organisation geleitet werden. In die Elements-Architektur sind die modularen und leistungsfähigen DMU-Algorithmen von invenio eingebunden und stehen in verschiedenen Fachanwendungen zur Verfügung.

Produktentwickler bekommen so die Möglichkeit, Kollisionsprüfungen und Abstandsberechnungen, Nachbarschaftsuchen, Füllstandanalysen und vieles mehr direkt im Kontext ihrer Aufgaben durchzuführen. Gerade darin liegt der wesentliche Vorteil der Standardintegration: Für potenziell jeden Anwender im PLM-System werden DMU-Fähigkeiten verfügbar und im Arbeitskontext als Operationen angeboten. Außerdem greifen Systemoperationen für die Automatisierung in systemisch geführten Work-

flows. Damit wird DMU-Befähigung auch für Anwender umgesetzt, die keine CAD-Experten sind.

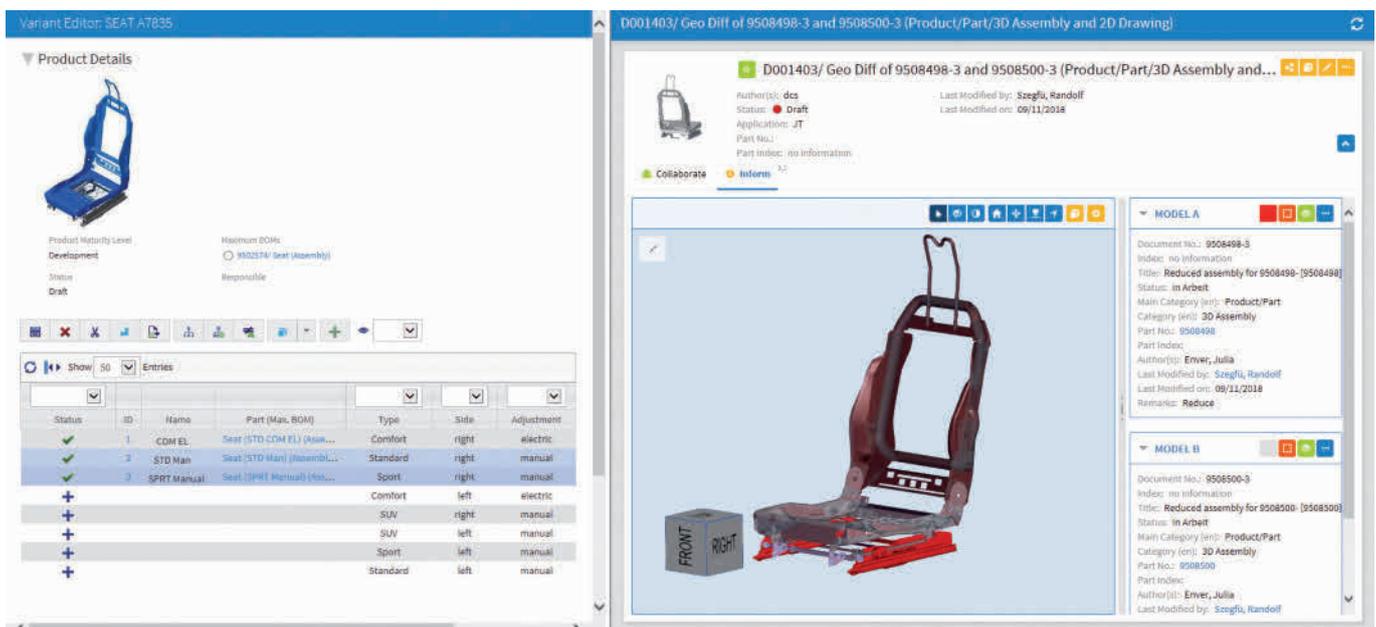
CONTACT Elements übernimmt das Modellmanagement und die Ergebnisdatenverwaltung für die DMU-Operationen. Auf Basis dieser Infrastruktur können Daten aus dem CAD-Prozess und aus dem Datenaustausch mit Zulieferern über das Versionsmanagement im PLM erfasst und automatisiert wie auch manuell in den DMU-Prozess geführt werden. Damit sind die DMU-Funktionen unmittelbar und konfigurationssicher im Stücklistenmanagement, dem Variantenmanagement oder dem Änderungsprozess inklusive Design Review und Freigabeprozess zu verwenden. Sie operieren immer auf aktuellen Modelldaten, deren Zustand eindeutig ist.

**Anwendungsszenarien**

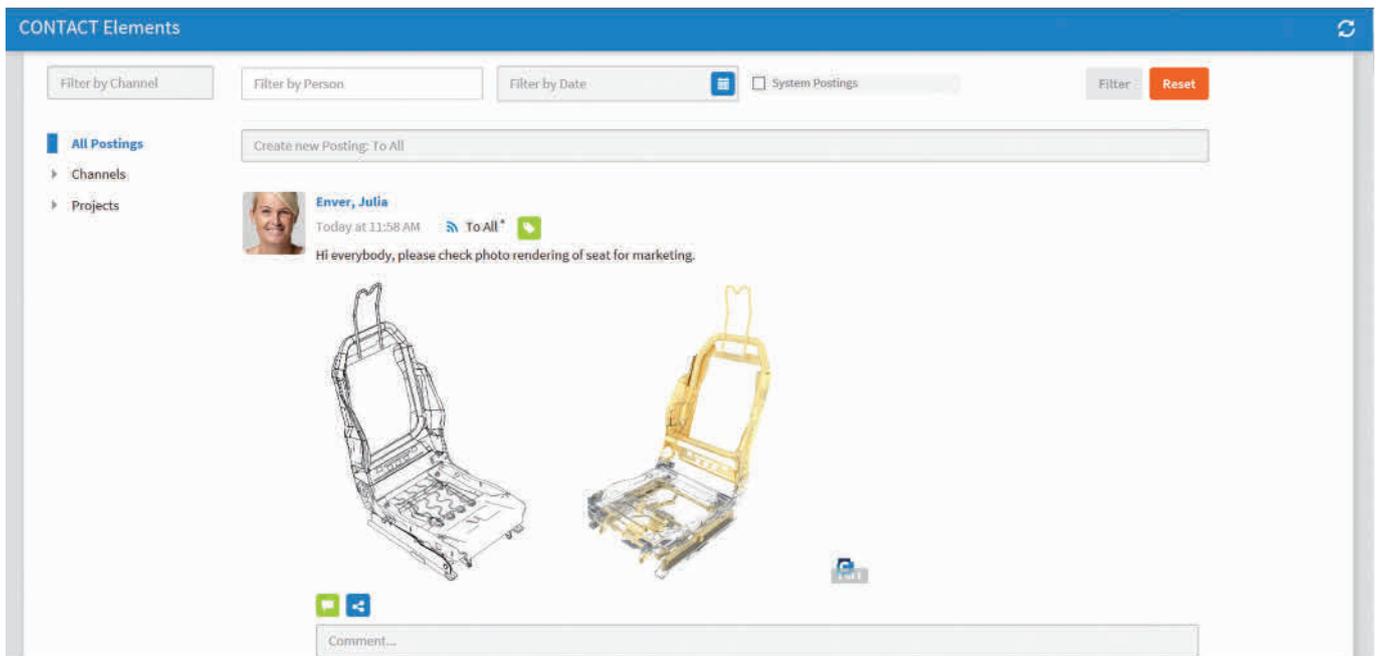
Anwender verwalten alle Daten rund um das digitale Produkt im PLM: neben der geometrischen Repräsentation auch Teilstämme, Stücklisteninformationen, Produkthanforderungen, Variantenregeln, technische Spezifikationen und vieles mehr. Ebenso werden dort die Änderungen am digitalen Produkt protokolliert. Stehen DMU-Funktionen direkt im PLM-Prozess zur Verfügung, so ergeben sich daraus zahlreiche Vorteile.

Exemplarisch skizzieren wir hier drei Anwendungsfälle, um das Potenzial der PLM/DMU-Integration aufzuzeigen:

- **Engineering Change Check Automation:** Eine digitale Änderungsmappe dient dazu, alle relevanten Modelle im PLM-System zusammenzuhalten. Die Workflow-Steuerung führt diese Mappe durch die Organisation, wobei alte und neue Modellstände durch die Änderungsmappe referenziert werden. Nach erfolgter Änderung wird ein automatischer geometrischer Vergleich für die geänderten Teile angestoßen. Das Berechnungsergebnis wird als Differenzmodell Teil der Änderungsmappe und damit automatisch an die Änderungsmappe angehängt und für Folgeprozesse publiziert (Visual Reporting). Das Berechnungsergebnis muss nicht mehr mühsam mit Bildern in Office-Dokumenten aufbereitet werden. Es wird stattdessen als 3D-Geometriemodell publiziert und mittels eingebetteter, Web-fähiger Visualisierung im PLM direkt für Projektleiter, Qualitätssicherung oder die Produktion navigierbar und erfahrbar. Für die Zusammenarbeit mit externen Entwicklungspartnern kann das Ergebnis sowohl Modell- als auch Dokument-basiert ausgeleitet werden.
- **Variantenmanagement:** Bei Änderungen an variantenreichen Produkten wird eine Änderung hinsichtlich ihrer Kompatibilität gegenüber dem Produktbaukasten abgesichert, indem automatische Kollisionsanalysen eines geänderten Teils in seinen Verbauungen in einer Vielzahl an Produktvarianten erfolgt. Erkannte Problemstellen werden systemunterstützt aufgedeckt



Analyse von Produktvarianten (Bild: CONTACT)



Automatisiert erzeugte Illustration für die technische Dokumentation oder das Marketing (Bild: CONTACT)

und zur Bewertung vorgelegt. Technologisch greift hier das Management regelbasierter Stücklisten im PLM, die automatische Berechnung der variantenspezifischen Geometriemodelle und der DMU-Algorithmus zur Kollisionsberechnung für geänderte Komponenten.

- Technische Dokumentation: Auf Basis der vorhandenen Modelldaten können automatisiert hochwertige Bildinformationen (Illustration, fotorealistisches Rendering) für die technische Dokumentation oder das Marketing erzeugt und mit Informationen aus den Stammdaten, dem CAD-Datenmanagement oder der Klassifizierung angereichert werden. Die Ergebnisse werden in illustrierten Teilelisten im PLM, in Office-Exporten oder konsumierenden IT-Systemen (beispielsweise PIM/Product Information Management) genutzt.

### Close Loop Systems Engineering

Im Rahmen eines modernen, zunehmend modellbasierten Systems Engineering ist schließlich nach wie vor die geometrische Analyse komplexer Zusammenbauten erforderlich. Sie wird immer dringlicher in Anbetracht der Tatsache, dass ein Management von Produktvariabilität zunehmend von den OEMs auf ihre Systemlieferanten verlagert wird. Durch die Integration und Automation der DMU-Algorithmen in modernste PLM-Technologie können Unternehmen eine breite Wirkung der skizzierten Vorzüge

erzielen. Die standardisierte Vorgehensweise beschleunigt Absicherungsprozesse und Designentscheidungen, ermöglicht Kosteneinsparungen und schafft mehr Transparenz in der disziplinübergreifenden Entwicklung. Die kontinuierliche Absicherung und Erhöhung der Testabdeckung leistet damit einen wichtigen Beitrag zur funktionalen Sicherheit im Systems Engineering.

Die Kombination von DMU und PLM unterstützt Digitalisierungsvorhaben in diversen Aspekten – von der ersten Idee bis hin zum Betrieb des Produkts. In der frühen Phase und Detailentwicklung helfen DMUs bei der Fehleranalyse. Die Übergabe in die Fertigung und Nutzung wird durch die Ausleitung produktbegleitender Informationen, wie technische Datenblätter mit automatisch generierten Illustrationen und das 3D-Modell zum Digital Master, unterstützt. Als Beitrag zum digitalen Zwilling von im Betrieb befindlichen Produktinstanzen stärken DMUs dessen visuelle Aussagekraft.

### Schlussbetrachtung

Die industrielle Digitalisierung führt zu einer deutlichen Stärkung virtueller Entwicklungsmethoden. 3D-Modelle sind in der Breite verfügbar, das Daten- und Prozessmanagement wird zum Maßstab erfolgreicher Entwicklungsorganisationen. Die Partnerschaft von CONTACT Software und invenio Virtual Technologies zeigt, dass offene, flexibel erweiter-

bare PLM-Ökosysteme, die Best-in-Class Technologien zusammenbringen, ein Hebel für mehr Wertschöpfung sind. So steht die führende DMU-Software, die bisher vor allem bei großen Automobilherstellern aus dem Premiumbereich im Einsatz ist, nun auch im Zulieferersegment, Anlagenbau und anderen Branchen als standardisierte Anwendung zur Verfügung. ■

### Quellen:

- [1] 1. STARK, R., KRAUSE, F.-L., KIND, C., ROTHENBURG, U., MÜLLER, P., HAYKA, H. AND STÖCKERT, H.: Competing in Engineering Design – the Role of Virtual Product Creation. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 3/2010, 175–184.
- [2] Stephan Augsten: Was ist Continuous Integration? Dev-Insider, März 2018

Dr. Patrick Müller  
CONTACT Software  
E-Mail:  
Patrick.Mueller@contact-software.com



Marco Santruschek  
invenio Virtual Technologies  
E-Mail:  
Marco.Santruschek@invenio.net



**Kontakt**

Vereinfachen Sie Ihre 3D-Modelle

# Collaborative Engineering basierend auf leichtgewichtigen CAD-Daten

Dr. Alexander Christ, Elysium Europe S.A.R.L.; Inka Horlbeck, CAMTEX GmbH

Im Collaborative Engineering wird die Verarbeitung von komplexen 3D-CAD-Modellen mit hohem Detaillierungsgrad immer mehr zur Herausforderung. Insbesondere der Austausch von 3D-CAD-Modellen zwischen OEMs und Zulieferern sowie der Einsatz in nachgelagerten Prozessen erfordern die Reduzierung von Dateigrößen für eine optimale Performance und den Know-how-Schutz unter Beibehalt der ursprünglichen Konstruktionsabsicht. In diesem Kontext bietet die Simplifikation von 3D-Geometrien eine leistungsfähige Lösung für Unternehmen durch Technologien zur Erstellung von Außenhüllen, Entfernung von technischen Details sowie die Extrahierung von inneren/äußeren Flächen. Leichtgewichtige CAD-Modelle ermöglichen die effiziente Weitergabe und Kommunikation sachbezogener 3D-Produktinformationen, da die Speicherung redundanter und vertraulicher Daten vermieden wird. Dies ist eine wichtige Grundlage für ein erfolgreiches Collaborative Engineering in global verteilten Entwicklungsnetzwerken.

## Warum Simplifikation

Die zunehmende Digitalisierung und die resultierenden Wertschöpfungsnetzwerke haben einen großen Einfluss auf das Collaborative Engineering. Unternehmen werden mit großen Datenmengen konfrontiert, die sicher abgelegt, effizient zwischen Partnern, Kunden, Zulieferern etc. ausgetauscht und in diversen Systemen in definierten Geschäfts- und Engineering-Prozessen verarbeitet werden müssen. 3D-Daten kommt eine hohe Bedeutung als zentrales Kommunikationsmedium im gesamten Produktlebenszyklus zu – von der konzeptionellen Entwicklung über CAE-Analysen bis hin zur Produktion und Aftersales – und erfordern daher den Schutz geistigen Eigentums. Der Wert von 3D-Produktinformationen wird durch Ansätze wie Model-Based Enterprise und Model-Based Systems Engineering [5] noch weiter gesteigert.

Vereinfachte 3D-Modelle sind der Schlüssel für eine erfolgreiche Digitalisierung in heterogenen Systemlandschaften und die effiziente Weiterverwendung von CAD-Daten in nachgelagerten Prozessen, da nur die tatsächlich erforderlichen Informationen verarbeitet werden. Das Verhältnis zwischen Anwendern, die 3D-CAD-Daten erzeugen, und Anwendern, die 3D-CAD-Daten konsumieren, beträgt

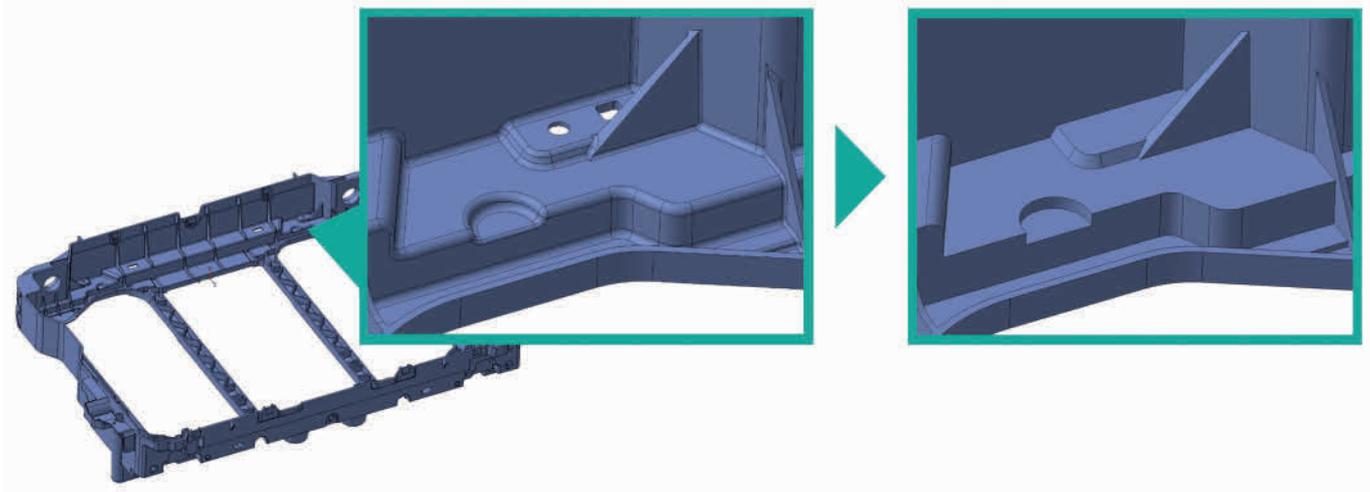
ca. eins zu zehn. Zudem hängt die Verarbeitung von 3D-Daten und die benötigte Art von Informationen stark vom jeweiligen Prozess ab. Die meisten der Entwicklung nachgelagerten Prozesse erfordern lediglich eine reduzierte Informationsmenge vom ursprünglichen CAD-Modell. Dies ermöglicht potentielle Kosteneinsparungen und schnellere Bearbeitungszeiten [2]. Leichtgewichtige Formate wie der ISO-Standard JT [4] haben zu dieser Entwicklung einen wichtigen Teil beigetragen und geholfen weitere Anwendungsgebiete außerhalb des Engineerings zu erschließen.

Die rasante Weiterentwicklung von Hardware trägt ebenfalls zur performanten Datenverarbeitung bei, aber der stetige Zuwachs an 3D-Modellen schreitet noch schneller voran. Eine hohe Anzahl an 3D-Modellen, native CAD-Modelle sowie Derivate, wird täglich erzeugt und der in den 3D-Modellen enthaltene Gehalt an Informationen steigt zunehmend an. Diese Informationen enthalten neben 3D-Geometrien und PMI auch eine Vielzahl an Metadaten. Im Kontext von Industrie 4.0 müssen immer mehr Objekte in 3D repräsentiert werden, je ein digitales 3D-Modell für jedes physisch existente Bauteil oder Produkt [3]. Die CAD-Modelle kompletter Produkte sind in der Regel komplex und weisen große Dateigrößen auf. Das vollständige 3D-Modell

eines Mittelklassewagens erreicht leicht 10 GB. Die Weitergabe großer CAD-Modelle mit hohem Detaillierungsgrad im Collaborative Engineering-Szenarien, z.B. zwischen OEM und Lieferant, führt oftmals zu Problemen mit der Performance und zu langen Ladezeiten in CAD-Systemen, CAE-Werkzeugen und anderen Systemen in nachgelagerten Prozessen. Im schlimmsten Fall können die 3D-Modelle nicht einmal geöffnet werden. Die Übertragung dieser komplexen Modelle in eine andere Systemlandschaft oder CAD-Format kann zudem zu Problemen hinsichtlich der Produktdatenqualität führen. Des Weiteren besteht ein kontinuierlicher Bedarf, Konstruktionsabsicht und geistiges Eigentum zu schützen, wenn 3D-Modelle über Unternehmensgrenzen hinweg geteilt werden.

## Methoden zur Simplifikation

Heutzutage steht eine Vielzahl an Werkzeugen zur Simplifikation von 3D-Modellen in den nativen CAD-Systemen und kommerziellen Softwarelösungen für 3D-Interoperabilität zur Verfügung. Abhängig vom Umfang und der Zielsetzung der Simplifikation werden unterschiedliche Methoden und Prozesse angewendet. Im Wesentlichen wird zwischen vier Methoden zur Simplifikation differenziert. Ingenieure können zwischen einzelnen und der Kombination aus mehreren Metho-



**Bild 1:** Entfernung von Features zur Vorbereitung von CAE-Modellen (Entfernung von Löchern und Verrundungen)

den auswählen, um ihre Anforderungen bestmöglich zu erfüllen.

### Approximation

Approximation ist eine einfache und effiziente Methode zur Simplifikation von Geometrie. Die äußere Oberfläche eines 3D-Modells wird tesselliert, in der Regel über eine Triangulation. Die resultierende äußere Form des 3D-Modells kann, abhängig von Anzahl und Größe der verwendeten Dreiecke, stark verfremdet sein oder sich sehr nahe an der Originalgeometrie orientieren. Tessellierte Modelle werden oftmals in Fertigungsprozessen eingesetzt, z. B. in der additiven Fertigung. Neben der Simplifikation als Polygon kann die Approximation auch auf B-Spline-Kurven und Flächen angewendet werden, um die Anzahl der Kontrollpunkte zu reduzieren, Flächen zusammenzufügen oder winzige Kanten und Flächen zu entfernen.

### Entfernung technischer Details

Eine leistungsfähigere Methode zur Geometrievereinfachung ist die Entfernung technischer Details und Features, wie Löcher, Verrundungen, Nuten etc. Die Entfernung von Features ist ideal für die Optimierung von 3D-Modellen zur Erzeugung qualitativ hochwertiger Netze für CAE-Analysen, die zu einer besseren Performance und höherer Genauigkeit führen (siehe Bild 1). Idealerweise erfolgt

die Feature-Erkennung anhand der Geometrie und nicht über die Modellierungshistorie, so dass alle Arten von CAD-Daten vereinfacht werden können. Diese Feature-Erkennung ist der umfangreichere Ansatz, weil identische Formen unabhängig von den tatsächlich verwendeten Features erkannt werden können. Des Weiteren kann das Fehlerrisiko reduziert werden, z. B. resultierend aus der Unterdrückung von Verrundungen für komplexe 3D-Modelle.

### Substitution durch einfache Formen

Anstatt bestimmte Features vollständig aus dem 3D-Modell zu entfernen, können diese auch durch Objekte mit primitiven Formen, wie Würfel, Zylinder oder extrudierte Formen, ersetzt werden. Die Substitution wird häufig in der Verarbeitung großer 3D-Modelle im Anlagenbau oder für Digital Mock-Ups eingesetzt. Der Austausch von Einzelteilen mit niedrigem Detaillierungsgrad, z. B. werden Schrauben durch Zylinder ersetzt, führt zu signifikant kleineren Dateigrößen und erlaubt eine leistungsfähige Visualisierung.

### Erstellung von Außenhüllen

Die Erstellung von Außenhüllen (engl. Enveloping) ist eine Technologie zur Zusammenführung komplexer Produkte und großer Baugruppen in ein Volumenmodell mit nur einem Körper. Spalte

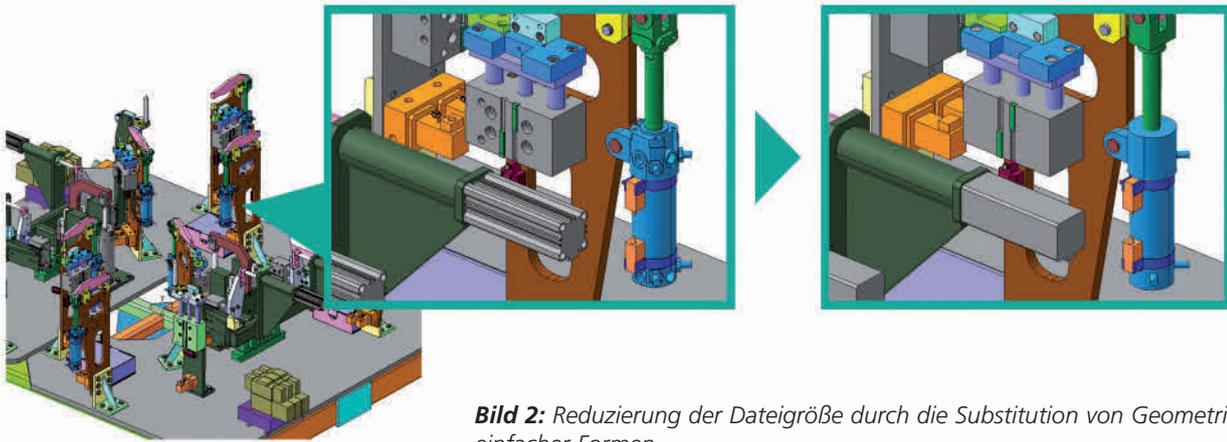
werden mit kleinen Volumen gefüllt und über Boolesche Operationen miteinander vereint. Die präzise Außenkontur des 3D-Modells bleibt erhalten, während die Dateigröße reduziert und das Konstruktions-Know-how geschützt wird. Alternativ kann die äußere Oberfläche des 3D-Modells extrahiert werden, wenn ein reines Flächenmodell ausreichend ist.

### Simplifikations-Use Cases im Collaborative Engineering

Simplifikation leistet einen wertvollen Beitrag für diverse Use Cases im Collaborative Engineering. Die Simplifikation von 3D-Modellen reduziert Durchlaufzeiten, ermöglicht einen verlässlichen Schutz geistigen Eigentums und verbessert die 3D-Interoperabilität in heterogenen Systemlandschaften. Drei Use Cases werden prinzipiell unterschieden.

### Reduzierung von Dateigrößen

Hauptziel der Dateigrößenreduzierung ist die Erstellung leichtgewichtiger 3D-Modelle kompletter Produkte oder großer Baugruppen. Die Entwicklung von Produkten durch verschiedene Partner mit unterschiedlichen CAD-Systemen und den Austausch von 3D-CAD-Daten basierend auf Neutralformaten führt oftmals zu großen Dateigrößen. Herausforderungen stellen die Speicherung redundanter Informationen innerhalb von



**Bild 2:** Reduzierung der Dateigröße durch die Substitution von Geometrie anhand einfacher Formen

CAD-Modellen, unnötige Informationen für bestimmte Ingenieursaufgaben sowie der Anstieg von Dateigrößen bei jedem Export und Austauschprozess zwischen Partnern dar.

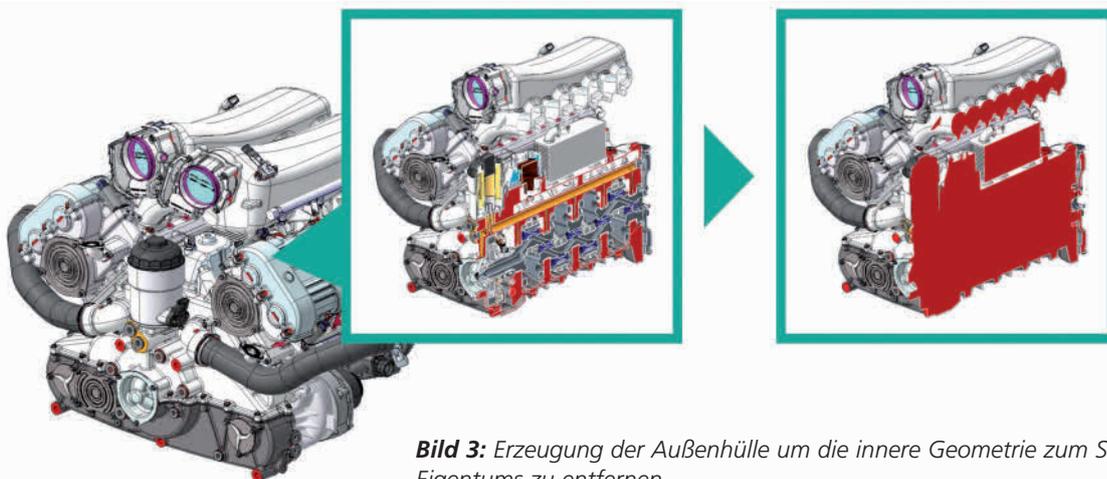
Die oben beschriebenen Methoden zur Simplifikation und hochentwickelte Komprimierungsalgorithmen ermöglichen die Erstellung vereinfachter 3D-Modelle mit reduzierten Dateigrößen (siehe Bild 2). Sie werden eingesetzt zur Visualisierung, für Digital Mock-Ups vollständiger Produkte und für Entwürfe im Vorrichtungsbau. Für sehr große Produkte und im Anlagenbau werden häufig auftretende Bauteile durch Objekte mit einfachen Formen substituiert. Die Simplifikation zur Dateigrößenreduzierung ist essenziell für Augmented und Virtual Reality, da Bauteilmodelle mit großen Dateigrößen auf bestimmten Geräten nicht angezeigt werden können oder zu Darstellungsproblemen führen.

**Schutz geistigen Eigentums**

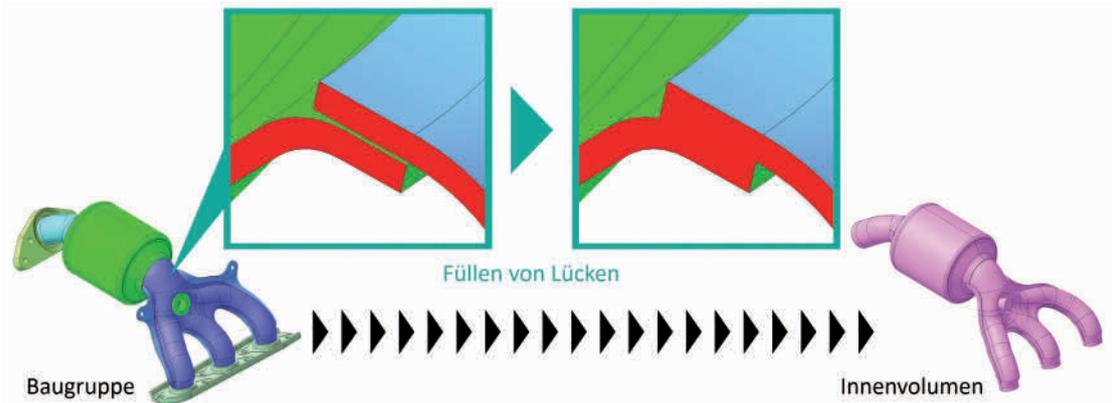
Der zuverlässige Schutz geistigen Eigentums spielt eine wichtige Rolle im Collaborative Engineering und nimmt im Zuge von Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge weiterhin zu. Da immer mehr 3D-Daten aus dem Engineering zwischen OEMs und Zulieferern, innerhalb neu entstehender Wertschöpfungsnetzwerke und schlussendlich mit Kunden ausgetauscht werden, müssen Maßnahmen zum Schutz geistigen Eigentums in der frühen konzeptionellen Phase der Produktentwicklung ansetzen. Der Austausch von 3D-Modellen ist fest verankert im Collaborative Engineering, aber der Detaillierungsgrad muss geprüft und angepasst werden, wenn 3D-Modelle Unternehmensgrenzen überschreiten. Die Simplifikation von 3D-Modellen ist eine leistungsfähige Lösung, die sich langfristig in der Industrie bewährt hat. In den meisten der Entwicklung nachgelagerten Prozessen ist eine vereinfachte

Repräsentation mit Referenzgeometrie ausreichend für Engineering-Anwendungen.

Beim Austausch von Baugruppenmodellen werden, anstatt der vollständigen Löschung vertraulicher Bauteile, nur definierte technische Details von Einzelteilen entfernt und Außenhüllen zur Beseitigung innenliegender Geometrien genutzt (siehe Bild 3). Dadurch können vertrauliche Informationen präzise entfernt und das Know-how geschützt werden, auch falls Schnittansichten der simplifizierten Modelle in der Zielanwendung zum Einsatz kommen. Die äußere Oberfläche kann so präzise wie im ursprünglichen CAD-Modell beibehalten werden, könnte aber auch durch Approximation noch weiter verfremdet werden. Das resultierende 3D-Modell kann als Volumenmodell mit nur einem Körper oder als Flächenmodell repräsentiert werden.



**Bild 3:** Erzeugung der Außenhülle um die innere Geometrie zum Schutz des geistigen Eigentums zu entfernen



**Bild 4:** Erzeugung der Innenhülle für Strömungssimulationen

**Vorbereitung von CAE-Modellen**

Die Verkürzung von der Durchlaufzeit für Unternehmen des produzierenden Gewerbes und die Verfügbarkeit von tragfähigen Ergebnissen in den frühen Phasen der Entwicklung sind Haupttreiber für die Nutzung virtueller Simulationen und von CAE-Werkzeugen [1]. Die effiziente Vorbereitung von 3D-Daten für CAE-Simulationen ist einer der Schlüsselfaktoren, um Ingenieuren aus den Bereichen Konstruktion und Simulation ganze Tage zu sparen. Fehler oder ungenaue Simulationsergebnisse werden durch eine effiziente Netzgenerierung, basierend auf den extrahierten, simplifizierten 3D-Modellen, vermieden. Dies verbessert die Aussagekraft von CAE-Analysen und vermeidet unnötige Iterationsschleifen. Die Unterdrückung kleiner Features wie Löcher oder Knäufe verbessert die Netzqualität, da diese Features oftmals zum Einsatz winziger Elemente im Netz führen, welche die Genauigkeit der Simulationsergebnisse negativ beeinflussen können.

Als weiteres Beispiel erfordern Strömungsanalysen einen hohen manuellen Aufwand aufgrund der großen Anzahl an Spaltmaßen in Baugruppenmodellen. Der Einsatz von Außenhüllen erlaubt die automatisierte Identifikation und das Füllen von Lücken in komplexen Baugruppen durch verbesserte boolesche Operationen und weitere fortschrittliche Technologien (siehe Bild 4).

**Fazit**

Effizientes Collaborative Engineering auf globaler Ebene benötigt den richtigen Gehalt an Informationen am richtigen Ort zur richtigen Zeit. Simplifizierte 3D-Modelle dienen als Informationsträger,

die auf das Wesentliche reduziert sind und automatisch erzeugt werden können. Deshalb können sie leicht ausgetauscht werden und finden als leichtgewichtige Modelle in vielen Prozessen Anwendung. Simplifizierte 3D-Modelle verbessern die 3D-Interoperabilität in heterogenen Systemlandschaften und die Kommunikation auf Basis von 3D-Daten in global verteilten Wertschöpfungsnetzwerken, z. B. im Datenaustausch zwischen OEM und Zulieferern oder entlang der Lieferantenkette. Sie ermöglichen Zeiteinsparungen im Engineering und Verkürzen die Durchlaufzeiten für produzierende Unternehmen. Ingenieure werden von mühsamen manuellen Aufgaben befreit und können ihre wertvolle Zeit zukünftigen Innovationen widmen. Die Methoden zur Simplifikation, wie Approximation, Entfernung technischer Details und Erstellung von Außenhüllen, gewährleisten einen zuverlässigen Schutz geistigen Eigentums im Datenaustausch über Unternehmensgrenzen hinweg und erlauben die individuelle Vorbereitung von 3D-Modellen für CAE-Analysen. Simplifizierte 3D-Modelle können aufgrund des geringeren Informationsgehalts und kleinerer Dateigrößen einfacher und schneller visualisiert werden als die originalen CAD-Modelle.

Zukünftige Entwicklungen fokussieren einen höheren Automatisierungsgrad für die Erstellung von simplifizierten 3D-Modellen. Speziell für großskalierte und sehr komplexe Modelle, wie z. B. im Anlagenbau, muss der Aufwand für sich wiederholende Simplifikationsaufgaben und das Testen optimaler Simplifikationsstrategien reduziert werden. Bewährte Vorgehensweisen aus unterschiedlichen Use Cases müssen konsolidiert werden, um optimale Simplifikationsstrategien

anbieten zu können. Darüber hinaus können vereinzelt Simplifikationsfunktionen aus geschlossenen Anwendungen extrahiert und auf offenen Engineering-Plattformen angeboten werden, um eine größere Benutzerbasis in kürzerer Zeit zu erschließen. Damit wird die Simplifikation von 3D-Modellen weiter zur Verbesserung des Collaborative Engineerings basierend auf leichtgewichtigen CAD-Daten beitragen. ■

**Literatur:**

- [1] Anderl, R.; Binde, P. (2017): Simulationen mit NX/ Simcenter 3D. Kinematik, FEM, CFD, EM and Datenmanagement. 4. überarbeitete Auflage, Carl Hanser Verlag, München.
- [2] Christ, A. (2014): Information Integration using JT. Siemens PLM Connection, Americas User Conference 2015, Orlando, FL, USA.
- [3] Christ, A. (2017): Integration von Kommunikationsfähigkeiten in cyber-physische Systemkomponenten. Forschungsberichte aus dem Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion, 59, Shaker, Aachen.
- [4] International Organization for Standardization (2017): Industrial Automation Systems and Integration – JT File Format Specification for 3D Visualization. ISO 14306:2017.
- [5] Suzuki, A.; Herron, J. (2016): CADValidator – A Critical Aid for the Model-Based Enterprise. Elysium White Paper, Southfield, MI, USA.

Dr. Alexander Christ  
 Strategy & Business Development  
 at Elysium Europe S.A.R.L.  
 Email: alexander.christ@elysiuminc.com



Ms. Inka Horlbeck  
 Marketing Manager at CAMTEX  
 GmbH  
 Email: inka.horlbeck@camtex.de



**Kontakt**

# Durchgängiges Management von Informationsstrukturen in der Produktentstehung

Dr. Martin Schilke

## Motivation

Die Methoden und Konzepte in der Produktentstehung sind immer wieder Veränderungen unterworfen. Aktuell stehen produzierende Unternehmen an der Schwelle zur vierten industriellen Revolution, die geprägt ist von der Digitalisierung und Vernetzung der gesamten Wertschöpfungskette. Das Thema „Industrie 4.0“ fasst als Oberbegriff die zahlreichen Aktivitäten und Projekte dazu in Forschung und Wirtschaft zusammen [1]. Hintergrund ist nicht zuletzt die zunehmende Komplexität der Produkte selbst, die durch steigende Anteile von Elektronik und Software sowie deren Vernetzung geprägt ist. Das Ergebnis sind sogenannte cyber-physische Systeme (CPS) [2]. Übertragen auf die Produktion können sich cyber-physische Maschinen und Anlagen durch fortschreitende Digitalisierung und Vernetzung z.B. selbsttätig an wechselnde Produktionsaufträge und Betriebsbedingungen anpassen.

Die Entwicklung von komplexen und vernetzten Systemen erfordert es, dass sich die Prozesse und die Organisation der Produktentstehung an die geänderten Randbedingungen anpassen. Auch die informationstechnischen Werkzeuge und Systeme, die diese Prozesse abbilden, müssen die neuen Anforderungen erfüllen. Der Einsatz von Product Lifecycle

Management (PLM) hat sich über die letzten beiden Jahrzehnte in vielen Unternehmen etabliert. PLM hat sich dabei von der anfänglichen Fokussierung auf Engineering-Daten hin zu einem ganzheitlichen Konzept für die Verwaltung von Produktdaten über den gesamten Produktlebenszyklus weiterentwickelt. Dennoch stellt sich die Frage, wie die heutigen Herausforderungen bewältigt und bestehende PLM-Konzepte in den Unternehmen neu formuliert oder erweitert werden können. Gerade für die integrierten und vernetzten Prozesse, wie sie in Industrie-4.0-Szenarien vorkommen, sind „digitale Modelle“ [3] von besonderer Relevanz, die das zu entwickelnde Produkt bzw. System durchgängig beschreiben. Die Möglichkeit, bedarfsgerechte Teilmodelle für die beteiligten Domänen und verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklus bereitzustellen und in einer Gesamtsicht zu integrieren, wird im Rahmen dieses Artikels betrachtet.

## Strukturen entlang des Produktlebenszyklus

Während zu Zeiten der technischen Zeichnung und des Einsatzes von 2D-CAD-Systemen die (einstufige) Stückliste die wesentliche Methode war, um den Aufbau einer Baugruppe oder eines Produktes zu beschreiben, hat mit der

Evolution der 3D-CAD-Systeme in Verbindung mit der Verwaltung der Engineering-Daten in Produktdatenmanagement-Systemen (PDM-Systemen) die Beschreibung des Produktes in Form einer hierarchischen Struktur – der Produktstruktur – Einzug gehalten. Auch wenn heute durch immer stärker mechanisch oder cybertronisch geprägte Produkte und Systeme auch andere Darstellungsformen und netzwerkartige Strukturierungsmethoden an Bedeutung gewinnen, sind hierarchische Strukturen im Engineering nach wie vor weit verbreitet. Folgt man den einzelnen Phasen des Produktentstehungsprozesses, bauen sich unterschiedliche Strukturen auf, die am Ende alle zusammen das Produkt repräsentieren. Betrachtet man die frühe Phase des Entwicklungsprozesses, so werden zunächst die Anforderungen an das neue Produkt formuliert. Diese lassen sich von generellen Anforderungen auf oberster Ebene bis hin zu solchen an Teilsysteme und Komponenten in Form einer hierarchischen Anforderungsstruktur herunterbrechen. Zur Umsetzung der Anforderungen werden Funktionen definiert. Durch deren Aufteilung in Teilfunktionen ergibt sich die Funktionsstruktur, die schließlich die Grundlage für die Produktstruktur bildet. Eine Produktstruktur beschreibt die technische Realisierung der Funktionen und damit den Aufbau des Produktes aus Teilen und Baugrup-

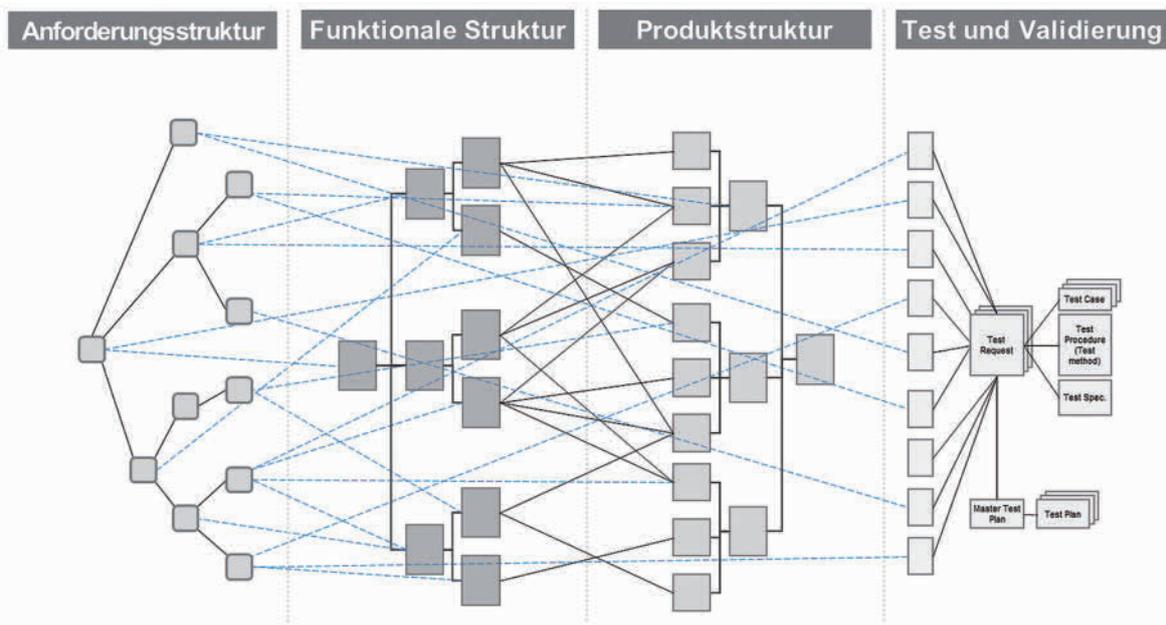


Bild 1: Strukturen und ihre Beziehungen

pen („Engineering BOM“). Über eine Fertigungsstruktur, die sich aus der Produktstruktur ableitet, erfolgt der Übertrag aus dem Engineering in die Produktion (Manufacturing BOM). Teststrukturen enthalten die Daten für die Simulation sowie für Test und Validierung. Alle diese Strukturen (die Aufzählung ist erweiterbar) stehen in Beziehung zueinander, so dass sich für das Gesamtsystem ein miteinander komplexes Beziehungsnetzwerk ergibt (vgl. Bild 1).

Das Verknüpfen von Strukturelementen über Relationen spielt dabei eine zentrale Rolle. Die Herausforderung besteht darin, die Konsistenz der einzelnen Strukturen zu gewährleisten und Auswirkungen einer Änderung in einer Struktur auf die verknüpften Elemente in anderen Strukturen sichtbar und nachvollziehbar zu machen.

### Konfigurationsmanagement

Die beschriebenen Strukturen sind in der Regel nicht statisch, sondern verändern sich über die einzelnen Phasen des Produktentstehungsprozesses. Zur Verwaltung und Steuerung dieser Änderungen folgen wir dem Ansatz des **Konfigurationsmanagements** [4]. Das Konfigurationsmanagement umfasst alle Maßnahmen, Objekte und Strukturen, die den Lebenszyklus eines Produktes betreffen.

Eine Konfiguration fasst dabei einen definierten Zustand des Produktes zu einem bestimmten Zeitpunkt zusammen. Um Verwechslungen mit der Variantenkonfiguration in SAP [5] zu vermeiden, wird nachfolgend anstatt von Konfigurationen von **Ständen** (engl. **stages**) gesprochen. Es lassen sich verschiedene Typen von Ständen unterscheiden (wobei die Aufzählung ebenfalls erweiterbar ist):

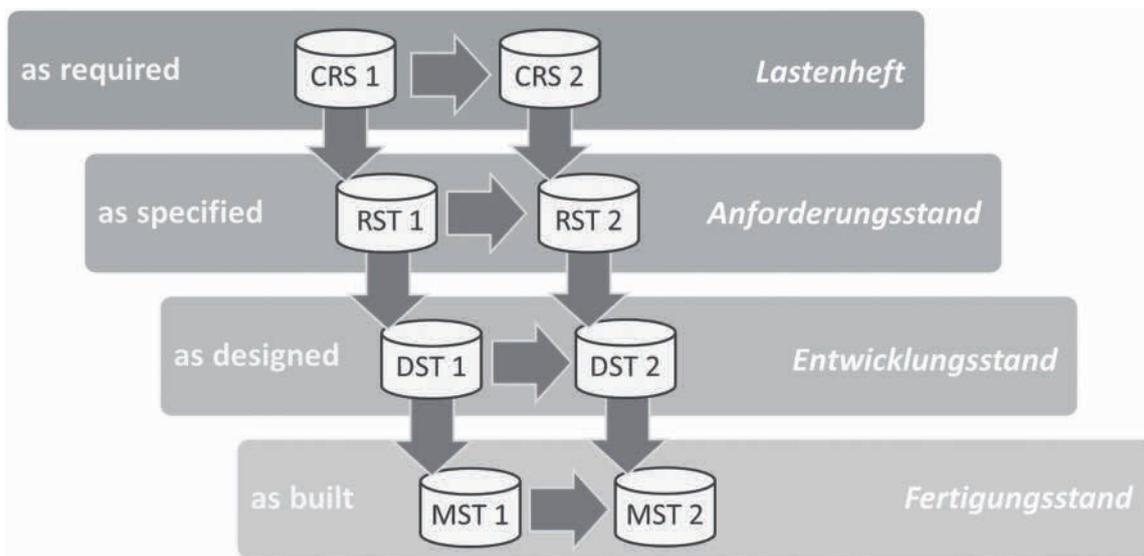
- Anforderungsstand (Requirements Stage),
- Entwicklungsstand (Development Stage),
- Fertigungsstand (Manufacturing Stage),
- Dokumentationsstand (Documentation Stage).

Um einen zentralen Einstiegspunkt bereitzustellen, wird als Rahmen eine Produktentwicklungsakte eingeführt, über die alle Stände und Strukturen erreichbar sind. Nachfolgend werden die wichtigsten Typen von Ständen besprochen.

Der **Anforderungsstand** dient in der frühen Phase dazu, die Anforderungen an das zu entwickelnde Produkt zu dokumentieren und zu strukturieren. Als Quelle dienen beispielsweise Kundenanforderungen in Form von Lastenheften oder Spezifikationen. Diese müssen analysiert, aufbereitet und als einzelne

Anforderungsobjekte weiter detailliert werden. Anforderungen sind nicht statisch, so dass neue oder geänderte Anforderungen mit bestehenden abgeglichen werden müssen. Ziel ist es, am Ende eine abgestimmte und konsolidierte Anforderungsstruktur zu erhalten, auf Basis derer die nachfolgenden Phasen im Produktentstehungsprozess arbeiten können.

Für die Phase der Entwicklung und Konstruktion ist der **Entwicklungsstand** von wesentlicher Bedeutung. Hauptbestandteil des Entwicklungsstandes ist die generische Produktstruktur, die den Aufbau des Produktes in Form von Einzelteilen und Baugruppen abbildet (allgemein als Items bezeichnet). Darüber hinaus gehören zum Entwicklungsstand noch weitere Objekte wie Merkmale und Varianten, die das Produkt näher beschreiben. Merkmale definieren die Ausführung bzw. Optionen eines Produktes durch verschiedene Merkmalswerte (z.B. Sitzbezug aus Leder oder Stoff; Sitzverstellung elektrisch oder manuell). Merkmale stehen in Beziehung zu den im vorigen Abschnitt angesprochenen Anforderungen. Durch Kombination von Merkmalswerten leiten sich die einzelnen Varianten ab. Über Kombinatorikregeln können nicht erlaubte Merkmalswertkombinationen ausgeschlossen werden, wodurch sich die Anzahl der möglichen Varianten



**Bild 2:** Entwicklungsstände in verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklus

reduziert. Varianten sind (zumindest bei einem geschlossenen Variantenkonzept) eigenständige Objekte, die mit Planungsdaten ergänzt werden können und die eine variantenspezifische Produktstruktur beinhalten.

Ein Entwicklungsstand – ebenso wie ein Anforderungsstand oder ein Fertigungsstand etc. – kann einem Freigabeprozess unterliegen, um auf diese Weise den darin dokumentierten Zustand des Produktes festzuhalten und vor weiteren Änderungen zu schützen. Die Weiterentwicklung des Produktes wird durch Versionieren des Entwicklungsstandes abgebildet. Durch Kopieren eines Entwicklungsstandes lässt sich ein weiterer Entwicklungszweig (Branch) eröffnen. Mehrere Entwicklungszweige können wieder zusammengeführt werden (Merge).

Die Produktionsprozessplanung findet im **Fertigungsstand** statt. Darin wird festgelegt, wie das Produkt bzw. dessen Varianten an welchem Standort (in welchem Werk) produziert werden. Im Kern geht es um die Definition der Fertigungsstrukturen, welche die zu produzierenden Produktvarianten abbilden, d.h. je Variante und Werk kann es unterschiedliche Fertigungsstrukturen geben.

Grundlage für eine Fertigungsstruktur bildet die variantenspezifische Produktstruktur, aus der Items übernommen werden. Dabei kann die Anordnung in der Fertigungsstruktur von der in der Produktstruktur abweichen, da es sich im Gegensatz zur konstruktiven Sicht um die Darstellung aus Fertigungs- bzw. Montagesicht handelt. Zusätzlich können weitere fertigungsrelevante Teile und Baugruppen (Fertigungsitems) hinzukommen. Die Teilestammdaten müssen ergänzt werden, denn neben den bis jetzt relevanten Engineering-Daten sind weitere logistische und betriebswirtschaftliche Informationen erforderlich. Hier geht es unter anderem darum, die „Make or Buy“-Strategie je Werk und Variante festzulegen. Neben der Fertigungsstruktur beinhaltet der Fertigungsstand auch die Arbeits- und Montagepläne sowie die notwendigen Betriebsmittel, so dass alle fertigungsrelevanten Informationen zusammengefasst verfügbar sind.

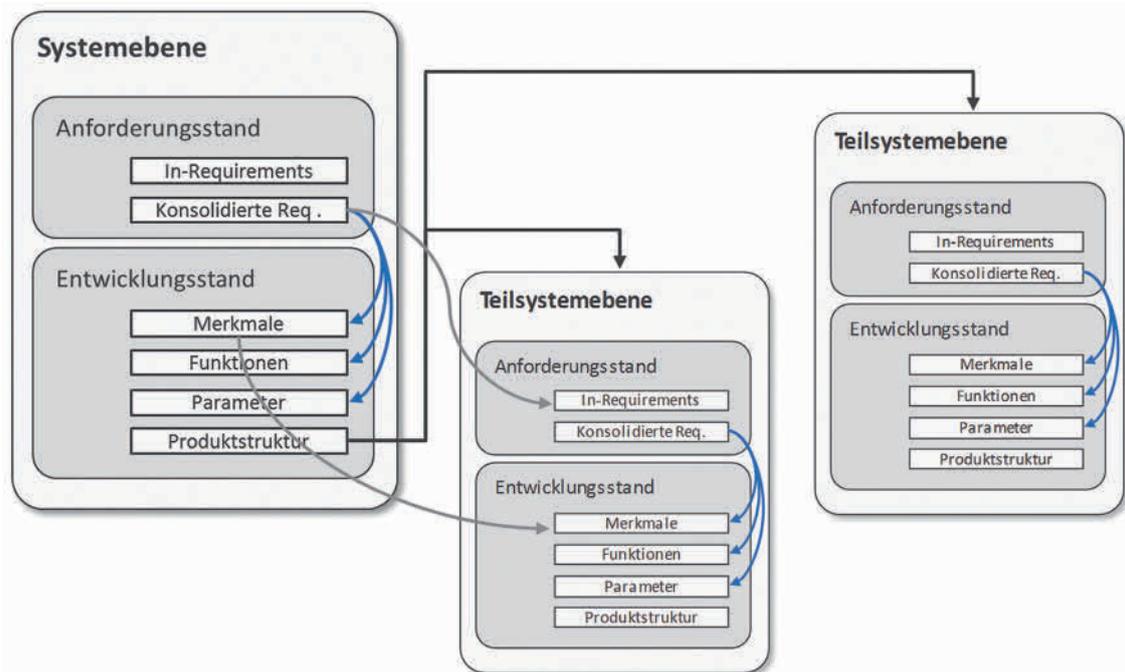
Durch die Verwendung der verschiedenen Stände und das Festschreiben von Versionen der Stände (Baselines) lassen sich unterschiedliche Sichtweisen auf das Produkt erreichen, z.B. in Bezug auf Lastenheft, Spezifikation, Konstruktion oder (Serien-)Produktion. Dazu ein Beispiel mit den üblichen englischen

Begriffen „as required“, „as specified“, „as designed“ und „as built“ (vgl. Bild 2).

### Systems Engineering und Modularisierung

Der interdisziplinäre Ansatz des Systems Engineering beginnt bei der Definition der Systemanforderungen, beinhaltet die Erarbeitung eines Systemdesigns und schließlich die Überprüfung des Systems auf Einhaltung der gestellten Anforderungen. Dazu wird ein komplexes Gesamtsystem in mehrere Teilsysteme (Subsysteme oder Module) gegliedert. Die Entwicklung auf Teilsystemebene kann in einem nächsten Schritt auf die einzelnen Engineering-Domänen Mechanik, E/E und Software verteilt werden.

Die Entwicklung einzelner Subsysteme wird in der Regel gut beherrscht. Das Gesamtsystem ist aber mehr als die Summe seiner Teilsysteme, so dass sich verschiedene Herausforderungen ergeben. Betrachten wir die Systemgliederung aus Sicht der Produktstruktur, so wird die übergreifende Struktur des Gesamtsystems wie vorher beschrieben in einem Entwicklungsstand abgebildet. Um die Entwicklung der Teilsysteme zu steuern, lassen sich analog die Produktstrukturen der Teilsysteme als eigene Entwicklungs-



**Bild 3:** Systems Engineering von Modularisierung

stände abbilden. Die Verknüpfung von Gesamtsystem zu Teilsystem erfolgt über die Produktstruktur des Gesamtsystems. Die Produktstruktur des Teilsystems ist im Gesamtsystem sichtbar, die Pflege und Änderung erfolgt über den zugeordneten Entwicklungsstand. Über diese Vorgehensweise lässt sich auch eine Mehrfachverwendung eines Moduls in verschiedenen Produkten realisieren. Darüber hinaus können Merkmale aus dem Gesamtsystem an die Teilsysteme weitergegeben (vererbt) werden. Diese lassen sich innerhalb des Teilsystems nicht verändern, können aber für die lokalen Kombinatorikregeln verwendet werden. Eine ähnliche Vorgehensweise ist möglich, um Anforderungen im Anforderungsstand auf Systemebene zu formulieren, im Laufe des Entwicklungsprozesses zu verfeinern und in Form von Sub-Anforderungsständen auf Teilsysteme und Komponenten in den einzelnen Domänen zu verteilen. Bild 3 zeigt schematisch einen solchen Systemaufbau.

Als Beispiel betrachten wir einen Sitz in einem Fahrzeug, dessen Produktstruktur modular aufgebaut werden soll. Für das Gesamtsystem Sitz wird ein Entwicklungsstand definiert, dessen Produktstruktur die Items der Teilsysteme für den mechanischen Sitzrahmen, die Bezüge,

die elektrischen Antriebe und Steuergeräte sowie die Software enthält. Jedes Teilsystem repräsentiert einen eigenen Entwicklungsstand, über den sich die Entwicklung steuern und z. B. an Zulieferer auslagern lässt. Der Gesamtsystem-Entwicklungsstand visualisiert die übergreifende Produktstruktur für den kompletten Sitz in seinen verschiedenen Varianten.

**Fazit**

Vor dem Hintergrund von komplexen und vernetzten Systemen sind PLM-Lösungen gefragt, die den Anwender bei der Strukturierung des Systems in bedarfsgerechte Teilmodelle und bei der domänenspezifischen Umsetzung unterstützen. Das vorgestellte Konzept, die einzelnen Strukturen und Domänen über Anforderungsstände, Entwicklungsstände und Fertigungsstände abzubilden und miteinander zu verbinden, erlaubt eine flexible Arbeitsweise bei der Systementwicklung. An diesem Prozess sind verschiedene Rollen im Unternehmen beteiligt, die jeweils eine andere Sicht auf das zu entwickelnde System haben und für ihre Aufgaben unterschiedliche Informationen benötigen. Moderne UI-Technologien und Konzepte helfen dabei, anwendergerechte Oberflächen bereitzustellen, um die beschriebenen Struktu-

ren und ihre Beziehungen untereinander übersichtlich zu visualisieren oder die Auswirkung von Änderungen nachzuvollziehen. ■

**Quellen:**

- [1] Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF): Industrie 4.0 – Innovationen für die Produktion von morgen, 2017.
- [2] Bauernhansl, T.; ten Hompel, M.; Vogel-Heuser B.: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2014.
- [3] Eigner, M.; August, U.; Schmich M.: Smarte Produkte erfordern ein Umdenken bei Produktstrukturen und Prozessen, White Paper, Siemens Industry Software (Hrsg.), 2016.
- [4] ISO 10007:2017-3: Qualitätsmanagementsysteme – Leitfaden für Konfigurationsmanagement. Beuth Verlag, Berlin, 2017.
- [5] Canuto, E.; Daum, B.; Rödel, M.: SAP Product Lifecycle Management, Rheinwerk Verlag, Bonn, 2016.

Abbildungen: ILC GmbH, Dr. Oliver Quirnbach und Dr. Martin Schilke



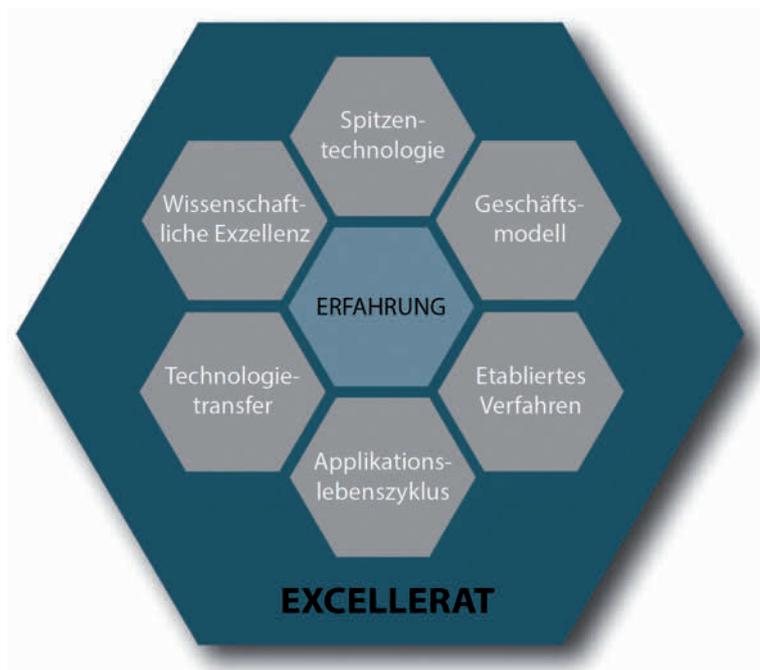
Dr. Martin Schilke  
ILC GmbH

E-Mail: martin.schilke@ilcgroup.com

**Kontakt**

# High Performance Computing und Datenmanagement für Ingenieursanwendungen in Forschung, Mittelstand und Industrie

Dr. Bastian Koller, Ralf Luithardt



**Bild 1:** Kompetenzfelder, die die Basis von EXCELLERAT bilden

## Einleitung

Im Laufe der letzten Jahre hat sich die Nutzung von hoch skalierbaren Rechen-systemen (Supercomputern) durch die Industrie von einem exklusiven Kundenkreis, der sich den Aufbau der internen Fachexpertise leisten konnte, hin zu einem erweiterten Kundenkreis entwickelt, der bislang eher wenig oder keine Erfahrung mit dem Umgang dieser Ressourcen hatte.

Höchstleistungsrechenzentren, die den Zugriff auf die Rechensysteme anbieten, haben sich in Folge dessen von der „Bare-Metal“-Bereitstellung hin zum Angebot von Komplettlösungen weiterentwickelt, inklusive der Optimierung von Applikationen, Tests und Zugriff auf Wissen.

Eine wichtige Community im Industriebereich, welche High Performance Computing (HPC) bereits für ihre Produktzyklen, sowie Forschung und Entwicklung nutzt, ist im Bereich Ingenieurwissenschaften angesiedelt. Um diesen wirtschaftlichen Zweig auch weiterhin bestmöglich unterstützen zu können, bedarf es eines einfachen Zugangs zu relevanten Dienstleistungen und Wissensquellen, welche die jeweiligen Fragestellungen und Probleme zielgerichtet angehen können.

Um diesen Zugang zu realisieren wurde vor drei Jahren eine Arbeitsgemeinschaft europäischer Höchstleistungsrechenzentren ins Leben gerufen, welche die Vorarbeiten für ein im Dezember startendes Forschungs- und Entwicklungsprojekt legte, um ein Exzellenzzentrum (Centre of Excellence – CoE) für Ingenieurwissen-

schaften aufzubauen – das EXCELLERAT Projekt.

## Das Projekt EXCELLERAT

EXCELLERAT begründet sich auf Erfahrungen und Aktivitäten der beteiligten Projektpartner, die allesamt die Möglichkeit haben Services im Bereich Paralleles Rechnen anzubieten oder zu nutzen.

Daher sind die besten Voraussetzungen gegeben, um schnellstmöglich erste Services für Ingenieurwissenschaften zur Verfügung zu stellen und gleichzeitig eine Evaluierung möglicher Services durchzuführen, um das Portfolio angebotener Dienste konsequent zu erweitern.

Während in der Vergangenheit im Lebenszyklus einer Ingenieursanwen-

derung hauptsächlich das Prozessieren einer Anwendung betrachtet wurde, wird EXCELLERAT das Gesamtbild adressieren und betrachten, und sich somit auch mit Lösungen im Bereich Pre- und Postprocessing, Datenmanagement und Datentransfer, sowie Visualisierung von Rechenergebnissen befassen.

Dabei wird ein Augenmerk auf dem intelligenten Analysieren von Datenmenüen (Data Analytics), sowie auf Machine Learning und Deep Learning liegen, um die angebotenen Lösungen zukunftsorientiert zu gestalten.

Generell kann man die Vision für das Exzellenzzentrum wie folgt umschreiben:

- der Engineering-Community einen einfachen Zugang zu relevanten Dienstleistungen und Wissen rund um High Performance Computing zu verschaffen,
- der Engineering-Community Zugang zu Nischen-Know-How in der Anwendungsentwicklung für HPC und Diversität von angebotener Höchstleistungshardware zu verschaffen,
- Unterstützung der Community mit gezielten Trainings- und Netzwerkaktivitäten,
- die EXCELLERAT-Nutzer in die Entwicklung des Zentrums einzubinden,
- Stärkung der europäischen Wettbewerbsfähigkeit im Bereich des HPC-

gesteuerten Engineerings durch exzellente Forschung in den Bereichen Entwicklung, Skalierung und Optimierung von Anwendungen bis hin zu Exascale-Performance,

- die Anwendung und Evaluierung von innovativen technischen Lösungen im HPC und High Performance Data Analytics Bereich mit einem klaren Bezug zu Problemstellungen der Ingenieurwissenschaften.

**Gemeinschaft**

Ein Kompetenzzentrum wie EXCELLERAT kann nur dann nachhaltig sein, wenn es anwendergetrieben aufgebaut wird, d.h. es muss eine ganz klare Kundenorientierung vorherrschen. Für EXCELLERAT besteht die Anwenderbasis aus einer Community, die gleichzeitig als Wissensträger und Lösungsanbieter fungiert. Mitglieder dieser Gemeinschaft sind Forscher, Ingenieure, IT/HPC Spezialisten und generell Technologen aus Industrie und Wissenschaft. Primär richtet sich EXCELLERAT insbesondere an folgende Zielgruppen:

- akademische, aber auch kommerziellen HPC-Zentren in Europa mit Expertise in der Zusammenarbeit mit kommerziellen Partnern und als Lieferanten von HPC-Ressourcen für Industrie und Wissenschaft,
- akademische und industrielle Entwick-

ler von paralleler Anwendungssoftware für den Ingenieursbereich,

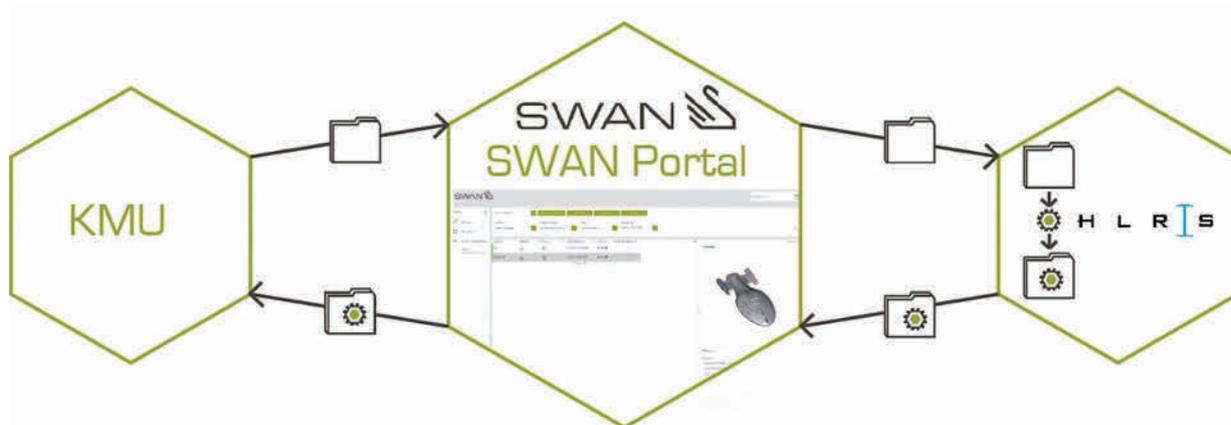
- in Europa tätige Unternehmen, die in ihrer Produktentwicklung parallele Anwendungen nutzen – von KMU bis hin zu Großunternehmen,
- in Europa tätige Maschinenbauunternehmen, die HPC noch nicht in ihrem Produktentwicklungszyklus nutzen, aber die Vorteile davon evaluieren wollen,
- akademische HPC-Zentren in Europa mit Expertise in der Zusammenarbeit mit kommerziellen Partnern und als Lieferanten von HPC-Ressourcen für Industrie und Wissenschaft.

Damit das Zentrum erfolgreich etabliert werden kann, wurden aus den verschiedensten Bereichen internationale Partner gesucht, welche den jeweiligen Aspekt des Zentrums einbringen und/oder vertreten können und das Zentrum gleichzeitig auf europäischer Ebene verankern.

Die Sicht und das Wissen der Rechenzentren werden durch das Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (Deutschland), CINECA (Italien), Barcelona Supercomputing Center (BSC, Spanien), EPCC (Großbritannien), KTH (Schweden) und ARCTUR (Slowenien) repräsentiert. ARCTUR repräsentiert kommerzielle Zentren, sodass auch ökonomische Aspekte eingebracht werden.



**Bild 2:** Das Europäische Exzellenzzentrum



**Bild 3:** Datenversand durch das Datenaustauschsystem SWANportal

CERFACS (Frankreich), das Deutsche Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR, Deutschland) und die RWTH Aachen (Deutschland) bringen die Sicht der Anwendungsentwickler in das Vorhaben mit ein. Gleichzeitig hat hier das Barcelona Supercomputing Center eine Doppelfunktion, da dieses auch eine eigene Anwendung innerhalb der Projektaktivität weiterentwickeln wollen. Die Anwendungen selbst kommen aus den Bereichen Aerospace/Aeronautics, Automotive und Verbrennung/Verbrennungsmotoren. Sie adressieren somit wichtige Bereiche der Ingenieurwissenschaften.

Die Firma SSC-Services GmbH (Deutschland) und das Fraunhofer SCAI (Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI) decken die Thematiken Datenmanagement, Datentransfer, Machine und Deep Learning ab.

**Die Motivation**

Generell folgt dieses Exzellenzzentrum für Ingenieurwissenschaften der europäischen Strategie für Höchstleistungsrechnen (EuroHPC <http://eurohpc.eu>) und wird ein wichtiger Teil der europäischen HPC Landschaft werden.

EuroHPC sieht vor, in den Bereichen Hardware, Software und Nutzbarkeit immense Fortschritte zu machen, um Europa im HPC wettbewerbsfähig mit den USA, China oder Japan zu halten.

Während im Hardwarebereich die Entwicklung europäischer Rechnerbauteile, wie z.B. eines europäischen Prozessors für HPC, angestrebt werden, wurde das Konzept der Exzellenzzentren kreiert, um sowohl eine Weiterentwicklung von Anwendungen, als auch eine breite Unterstützung von Anwendern und Entwicklern zu garantieren. Dabei wird ein Hauptaugenmerk auf die nächsten Generationen von Höchstleistungsrechnern gerichtet, von denen man Exascale Leistung ( $1 \text{ ExaFLOP} = 1 \times 10^{18}$  mathematische Operationen pro Sekunde) erwartet. Da momentane Rechner gemeinhin eine maximale Leistung im zweistelligen PetaFLOP Bereich haben ( $1 \text{ PetaFLOP} = 1 \times 10^{15}$  mathematische Operationen pro Sekunde als ausführbare Aktionen) und die Leistungssteigerung von Prozessoreinheiten durch technologische Limitationen immer kleiner wird, kann Exascale Leistung nur durch technologische Fortschritte im Hardware- und Softwarebereich erfolgen.

Im Jahr 2015 wurde eine erste Welle dieser Exzellenzzentren auf europäischer Ebene gestartet, welche durchaus Kernbereiche wie Klimaforschung oder Energieforschung adressieren, allerdings fehlte bislang der Bereich Ingenieurwissenschaften komplett.

Deshalb ist die Mission und zugleich Motivation für EXCELLERAT nun geeignete (d.h. schon jetzt hoch performante)

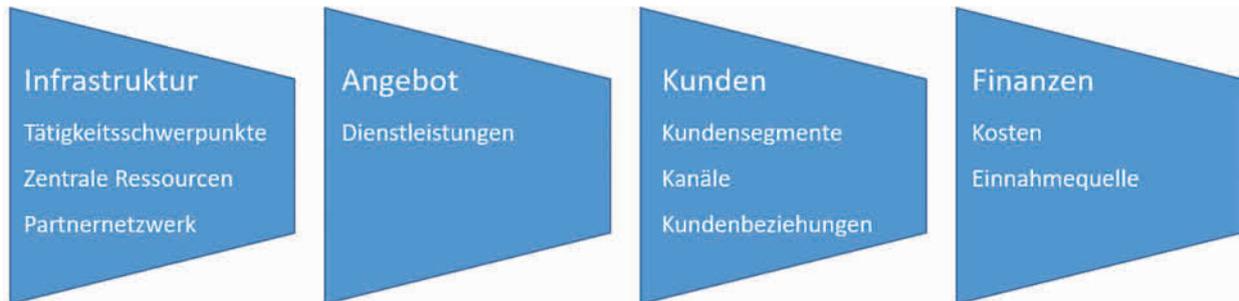
Anwendungen in Richtung Exascale zu bringen und dabei sämtliche Optimierungsmöglichkeiten auf Softwareebene zu nutzen. Da dies alleine aber nicht ausreichend sein wird, ist eine große Anzahl von zusätzlichen Services nötig, die den Einstieg und die Nutzung der Technologien vereinfachen sollen und zugleich auch wichtige Aspekte, wie z.B. die Ausbildung von Fachkräften, sicherstellen müssen.

Was bei vielen dieser Aktivitäten bisher fehlte, war die Betrachtung des Lebenszyklus von HPC Anwendungen, welche eben nicht nur die Berechnung an sich berücksichtigen darf, sondern auch notwendige Bausteine wie Pre-Post Processing und Datenmanagement/-transfer erfassen muss. Vor allem letzterer wird für eine Nutzbarkeit der Services innerhalb eines Produktentwicklungszyklus immens wichtig sein.

**Der Datentransfer**

Die Idee, dass Daten in den HPC nun als Service-Angebot berechnet werden können und für einen breiteren Einsatz in der Industrie genutzt werden sollen, legt natürlich zu Grunde, dass eben diese Daten auch zu den Rechenzentren transportiert werden – sicher, nachvollziehbar und reproduzierbar.

Der Datentransfer ist eine der Kerndisziplinen für die Zusammenarbeit zwischen



**Bild 4:** Kernelemente des EXCELLERAT Businessplans

den Beteiligten. Da man mit einem enormen Anstieg des ausgetauschten Datenvolumens insbesondere in Richtung Exascale konfrontiert sein wird, ist es empfehlenswert, neue Wege zu finden, um die Datenverfügbarkeit dort zu sichern, wo sie benötigt wird. EXCELLERAT bietet die Möglichkeit, das gesamte Spektrum des Datenmanagements zu erschließen – vom Austausch über die Workflow-Überwachung bis hin zur Verantwortung für die Datenspeicherung.

Durch den Aufbau eines zwischengeschalteten Datalayers, der alle zu verarbeitenden Daten beinhaltet, und den damit verbundenen Datenanalyseprozessen, wird es möglich Deltas zu erstellen, um das Datenvolumen zu reduzieren und die Datenübertragungs- und Berechnungsgeschwindigkeit zu erhöhen.

Der Datenaustausch zwischen Datenproduzent (Sender) und Datenverarbeiter (Empfänger) muss auf einem hohen Automatisierungsgrad erfolgen, um Doppelungen von Übertragungsinhalten zu vermeiden. Nicht nur die Datendateien selbst müssen berücksichtigt werden, sondern auch ihr Inneres. Dieser Ansatz wird zu einer Datenreduktion durch den Aufbau einer zuverlässigen zentralen Datenbank führen.

Das HLRS verfügt seit einem bereits abgeschlossenen Projekt, dem Media

Solution Center (MSC), über ein eigenes, von SSC-Services betriebenes Datenaustauschsystem. Die bereits etablierte Technologie kann als Teil der Gesamtlösung angepasst, weiterentwickelt, getestet und schlussendlich zum Einsatz gebracht werden.

**Ausblick / Vision**

Das Zentrum wird als die einzige Anlaufstelle für Technologie und Fachwissen fungieren. Durch die Nutzung des Wissenspools von EXCELLERAT können Entwickler in Hochschulen und Industrie überschneidende Investitionen vermeiden und sich auf den Kern der Problemstellungen und somit auf die Innovationen konzentrieren. Es ist geplant, dass dieser Single Point of Access im Laufe des Projektes und darüber hinaus stetig wachsen und Success Stories produzieren wird, die seine Attraktivität auch für momentan wenig HPC-affine Firmen steigert.

Das bestmögliche Ausnutzen neuer Technologien steht somit im Vordergrund, was durch die kritische Masse an Experten innerhalb des Konsortiums gewährleistet wird. Zum ersten Mal in diesem Umfang wird nicht nur die Fähigkeit verbessert viele Produktdaten und Zwischenergebnisse zu generieren, sondern auch diese intelligent zu managen und auszuwerten. ■

Dr.-Ing. Bastian Koller  
 Höchstleistungsrechenzentrum  
 Stuttgart – HLRS  
 E-Mail: koller@hlrs.de

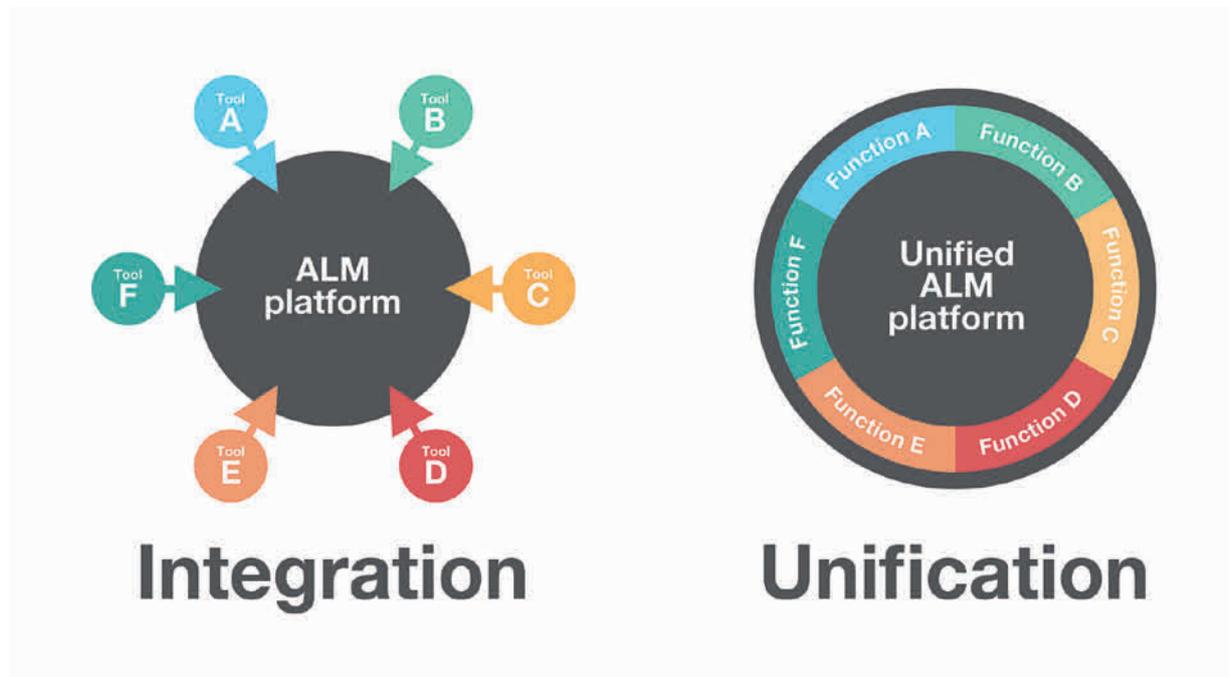
Ralf Luithardt  
 SSC-Services GmbH  
 E-Mail: r.luithardt@ssc-services.de

**Kontakt**

Rethinking Integrations:

# Core Value Processes for Traceability & Compliance

Dinje Plathner



As engineered products become more and more complex, so do their development processes. Today, several teams, departments, and suppliers in various locations may be involved in the development of the hardware and software integrated in a single (IoT-connected) end product and the service infrastructure around it.

Meanwhile development processes are also changing. Iterative and incremental Agile development has emerged and conquered the software world, and we've seen quality considerations shift left in the product lifecycle. Quality Assurance & Testing has moved away from its traditional status of an afterthought, and is now guiding the entire

process of development right from the outset. In the meantime, focus in hardware development is shifting to electronic components and their integration with embedded software.

Developers need to make sure that these (mostly software-driven) components, each of them very complex on their own, satisfy the specific requirements they were built for, and work together reliably after being integrated into a single end product.

In order to do this, the chain of artifacts has to be traced from idea to released feature or product, and dependencies between them have to be tracked. The concept of traceability describes this practice of making the link from require-

ment to product verification. Demand for traceability is growing because it enables the use of mature monitoring and management techniques, and overall contributes to predictability in product development.

But establishing a clear trail of interlinked work items from requirements to testing and released product is also a prerequisite to modern QA processes such as requirements-based testing. Furthermore, demonstrating a traced chain of work items across the lifecycle is demanded by various regulatory standards in safety-critical industries.

In short, traceability is the key to achieving high product quality, continuous

improvement in product development, and compliance with regulations in safety-critical markets.

### The Integration Dilemma in Modern Product Development

Traceability across the lifecycle, however, is not easily achieved. All the different stakeholders contributing to the product's delivery at different phases of the lifecycle tend to rely on their own set of development tools and processes.

Hardware development is traditionally managed using PLM platforms, with additional software such as CAD/CAM tools being used in the process. Software developers use a variety of tools for managing requirements, collaborating on tasks, managing and deploying code, tracking bugs, testing delivered functionality, and so on. Throughout the lifecycle, project and task management tools help orchestrate teams and processes across hardware, software, and service innovation.

Integrating all these tools and processes is crucial for traceability. But due to the difficulties involved, companies today are facing what we call 'the integration dilemma'.

On one hand, product developers need integration to enable cross-discipline traceability in this fragmented context of product delivery. On the other hand, integrating development tools and data is by nature a fragile and vulnerable process that is costly to build and maintain – therefore, the number of integrations is best kept to a minimum.

Companies are struggling to integrate their processes and stakeholders across the product development lifecycle. What they are facing is primarily a technical challenge of integrating the data and processes managed in isolated tools along the lifecycle.

Integrations between standalone tools may be created and maintained manually or using integration hubs. Specialized integration tools (like Tasktop, for example, one of the leading integration-as-a-service platforms) can help automate the flow of information across tools. The benefit of using such integration platforms is that the costs of these services covers setup and maintenance costs. However, the investment to implement such integration-as-a-service solutions may be significant.

Going the other way of building manual integrations, on the other hand, requires considerable (and continuous) effort that translates to expensive man hours. When updating any element of the software toolchain, interfaces might break resulting in yet more maintenance effort. Low upfront costs could be countered by a high TCO (Total Cost of Ownership).

As bridging the gaps in a disunited toolchain is becoming a key value offering of various software vendors, we seem to forget one thing: that integration is in fact a necessary evil. The end goal is in fact the unification of data and processes, and integrations are often seen as the only way there. But whether we choose to go the error-prone and resource-intensive manual way or to unify a disconnected tool ecosystem using costly integration hubs, ex-post integration is actually a suboptimal solution when compared to using a platform that offer lifecycle-wide functionality out of the box.

Overall, since unified development platforms with lifecycle-wide feature coverage are available on the market, integrations are a second-best option, an inferior solution to having all development processes roofed under a single central tool.

### Degrees of Integration in Marketed Software Tools

Maturity in product development today dictates that teams rely on less rather than more cross-tool integrations across the lifecycle. To drive down the number of costly integrations while maintaining traceability, Inland Software recommends using a single unified Application Lifecycle Management platform to combine a set of core processes.

These unified ALM tools offer functionality to cover core lifecycle processes from requirements to product release. This way, traceability across these main value delivery processes is maintained without the extra costs of building integrations. Managing all these key activities in a central tool guarantees traceability and enables the use of simple, lightweight integrations for all other non-core value processes.

These non-core processes don't require the same degree of gapless traceability, therefore their integration can be reasonably managed using manual methods.

A crucial question here is whether the central Application Lifecycle Manage-

ment solution is truly unified in nature. Most ALM software platforms on the market today boast feature sets that cover the entire product development lifecycle. However, these differ in their degree of integration.

Vendors have often developed these platforms by acquiring standalone pieces of software, and creating interfaces between the existing functionality of the ALM tool and that of newly acquired extensions. This, of course, results in limited or clunky traceability across the various feature sets. While these tools can claim to be reasonably integrated, they are not fully unified. This harms traceability, resulting in the limited usefulness of such tools.

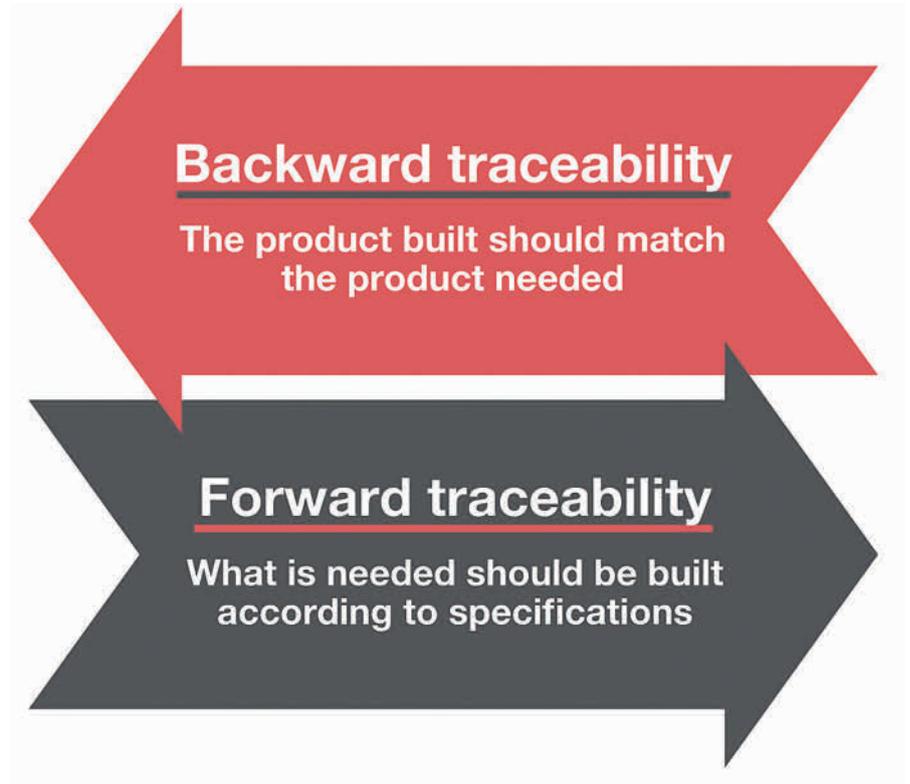
Organically integrated solutions, on the other hand, have been built holistically integrated from the ground up. Rather than interfacing previously developed pieces of functionality, truly unified ALM platforms evolve organically, meaning that their vendors expand them by developing pieces of new functionality that all rely on a single central repository. Built with integration in mind from the get-go, these unified ALM platforms guarantee gapless end-to-end traceability across the entire product development lifecycle.

### Traceability in Regulated Development

To reach maturity in product development, companies need to identify those core processes through which traceability is key, and ensure the organic integration of these in a single-pane-of-glass platform.

Since safety-critical industries are governed by strict regulations that, above all, require traceability, best practices for maturity may be borrowed from these regulated markets with confidence. This helps determine the core value processes in the product development lifecycle through which traceability is crucial.

Product developers in medical device development, automotive and aviation systems engineering, pharmaceutical development, the railway and nuclear sectors and several other industries are required to comply with a variety of ISO/IEC/FDA/DO/etc standards. These standards contain industry-specific stipulations on requirements and risk management, functional safety, traceability, quality assurance, documentation, and other areas.



One aspect they share is the stipulated need for traceability across key processes and artifacts. Regardless of industry, safety-critical standards require developers to make the link from requirements to verified product, and in general most require bidirectional traceability, defined as follows:

**Backward traceability:** All implemented features as completed during development should correspond to and be justified by a requirement. In plain English: the product built should match the product needed.

**Forward traceability:** All requirements should be addressed in later stages (either by a reworked requirement, or by delivered and tested functionality). In simple words: What is needed should be built according to specifications.

In other words, bidirectional traceability helps make sure and prove that the end product fulfils initial requirements completely and exclusively. It guarantees that all requirements are covered by implemented features, and that the implemented solution only contains features

that serve to fulfil a specific requirement.

**Core Value Processes for Lifecycle-wide Traceability**

An analysis of the requirements of safety-critical standards for bidirectional traceability reveals the core value processes. Integrating these in a truly unified platform is vital for compliance.

The degree of traceability required by different standards varies. As the “mother standard” of a number of regulations, IEC 61508 (derivatives of which are applied in various industries) stipulates that at the very least, traceability is needed between safety requirements and their validation tests. Higher levels of safety integrity classification mean increased rigour: developers need to connect software and system safety requirements to design and test plans and validation activities.

Based on an analysis of safety-critical industry standards, best practices, and feedback from customers, Inland Software identifies the core value processes

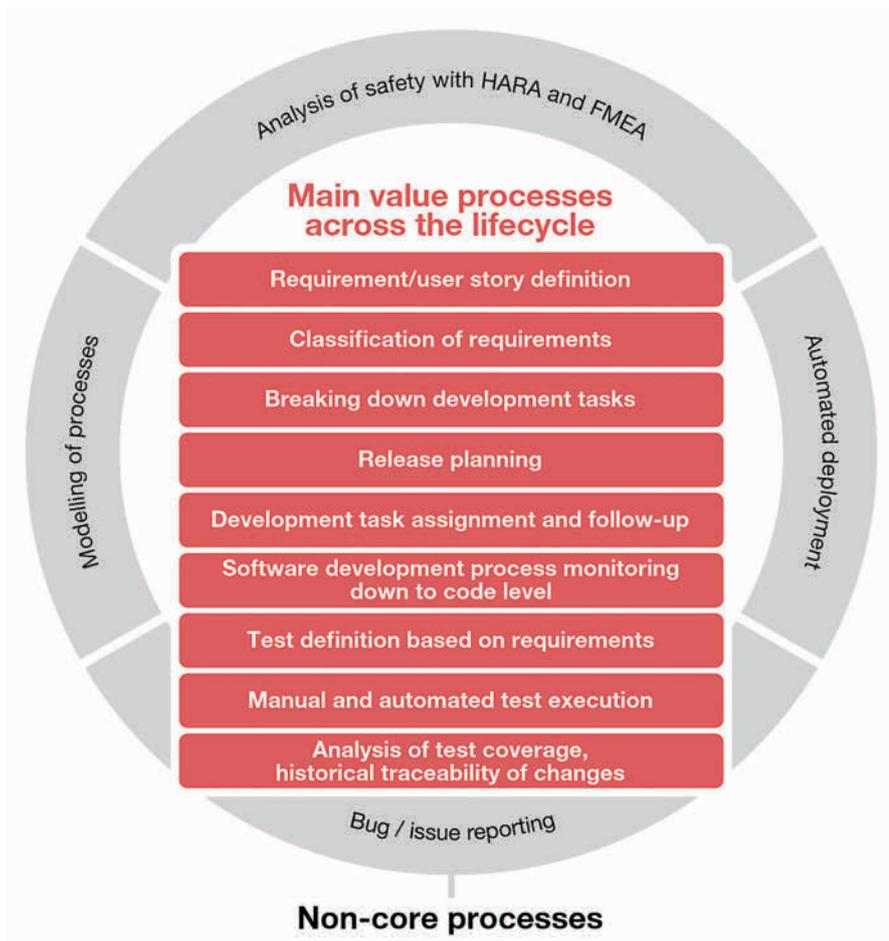
that need to be supported by a single unified development tool as follows. Gapless traceability across these core processes is vital. Non-core processes may be managed across several tools (with easy-to-maintain interfaces between these and the central ALM) without jeopardizing the traceability necessary for high product quality and standards compliance.

**Core value processes across the lifecycle:**

- Requirement/user story definition
- Classification of requirements
- Breaking down development tasks
- Release planning
- Development task assignment and follow-up
- Software development process monitoring down to code level
- Test definition based on requirements
- Manual and automated test execution
- Analysis of test coverage, historical traceability of changes

**Non-core lifecycle processes:**

- Modelling of processes
- Analysis of safety with HARA and FMEA



- Automated deployment
- Bug/issue reporting

Establishing a fully traced chain of work items across these core value processes fulfils the rigorous requirements of any safety-critical standard, and therefore should mean sufficient traceability for product developers in any industry.

For non-core lifecycle processes, developers may continue to use their legacy tools as the full integration of these is not mandatory for end-to-end traceability. With careful planning, feeding data from these set of tools into your central platform does not harm traceability and compliance with safety-critical standards.

For instance, in the case of Hazard and Risk Analysis (HARA) and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), traceability only mandates that the unique IDs and relevant values of risk items are connected to development artifacts. Therefore, risk and hazard analysis can be carried out in an external tool as long as its main output, a requirement's Risk Priority Number and its risk values (severity,

likelihood, detectability) are traced to one of the product's requirements.

### Summary

Traceability has become a key enabler of quality in modern product development, leading to an increased need for integration across the lifecycle to guarantee that end-to-end traceability.

As an alternative to integration-as-a-service platforms and manual interfaces between tools, Intland Software recommends the use of truly unified central development platforms to cover core value delivery processes. This provides sufficient traceability across the lifecycle while optimizing the time and effort costs of integrating non-core value processes manually.

Unified Application Lifecycle Management platforms rely on a single-repository architecture to store and manage lifecycle data, guaranteeing a fully traced chain of work items from requirements to release. Therefore, such tools are becoming indispensable in modern product development. ■



Dinje Plathner  
Intland Software

[dinje.plathner@intland.com](mailto:dinje.plathner@intland.com)

**Kontakt**

# Wie kann eine erfolgreiche Einführung von Model-Based Systems Engineering erfolgen?

Martin Meißner

Ein fahrerloser Zug fährt ein und kommt zum Stehen. Die Zugtüren öffnen sich, die Passagiere wollen aussteigen – doch die gegenüberliegenden Bahnsteigtüren bleiben verschlossen – was war los? Eine Analyse zeigt eine Diskrepanz in unterschiedlichen Anforderungsebenen für High-Level Systemspezifikation und detaillierter Systemarchitekturspezifikation, welche jeweils in sich konsistent und korrekt spezifiziert sind, aber im Gesamtkontext eine Lücke aufweisen [1]. Der Einsatz durchgängiger modellbasierter Techniken kann nicht nur den Entwicklungsaufwand von Produkten erheblich reduzieren. Dabei können auch Probleme, die etwa bei einer Unterspezifikation des Systemverhaltens auftreten, vermieden werden sowie die Qualität der Artefakte durch darauf aufbauende Analysetechniken verbessert werden. Andererseits ist durchgängige modellbasierte Systementwicklung in der industriellen Praxis bisher

noch nicht sehr weit verbreitet. Mit den SPES (Software Platform Embedded Systems) Projekten wurde der Industrie über mehrere Phasen seit 2009 eine vollständige Methodik zur durchgehenden modellbasierten Entwicklung für Embedded Systems an die Hand gegeben. Das SPEDiT (SPES Dissemination und Transfer) Projekt ist dafür konzipiert, die deutsche Industrie über SPES zu informieren und ihr die Möglichkeit zu geben, die ausgearbeiteten Techniken und Methoden in der täglichen Engineering-Praxis zu nutzen [2].

## SPEDiT – Ein Kochrezept zur Einführung modellbasierter Systementwicklung

Bereits zu Beginn des Jahrtausends erkannte Prof. Broy (TU München, Lehrstuhl Software & Systems Engineering) die Notwendigkeit einer konsistenten Methodik und initiierte die Vorläuferpro-

jekte „SPES 2020“ und „SPES\_XT“ mit mehr als 20 Partnern aus Akademia und Industrie. SPES 2020 (2009 – 2012) hatte zum Ziel, eine logisch vollständige Methodik zur durchgängig modellbasierten Entwicklung von eingebetteten Systemen zu erzeugen. SPES\_XT (2012 – 2015) konzentrierte sich auf den Ausbau der nahtlosen, methodischen und werkzeugtechnischen Integration von Modellierungs- und Analysetechniken sowie die industrielle Validierung der SPES Methodik.

Das SPEDiT Projekt dient dazu, die Ergebnisse aus den SPES Projekten nachhaltig zur Verfügung zu stellen sowie die breite industrielle Öffentlichkeit zu sensibilisieren und in die Lage zu versetzen, entwickelte Techniken und Methoden in der täglichen Engineering-Praxis zu nutzen.

Model-Based Systems Engineering (MBSE) ist eine Vorgehensweise, die sich stark

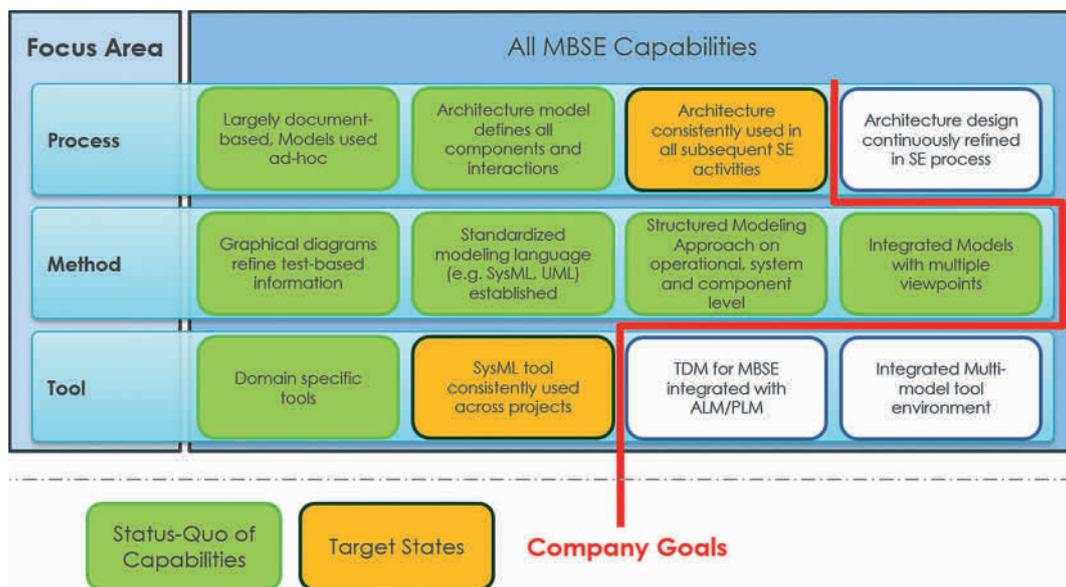


Bild 1: MBSE Reifegradmodell

vom klassischen Engineering unterscheidet. Das bedeutet bei allen Vorzügen von MBSE, dass ein Einstieg für eine etablierte Organisation eine besondere Herausforderung darstellt. Neben dem Setzen geeigneter Business Ziele sind daher zwei Aspekte besonders wichtig, um eine Einführung erfolgreich zu machen: Integration und Konsistenz der Methodik. SPEDiT bietet Unternehmen eine einfache Möglichkeit, die Erkenntnisse aus den SPES Projekten systematisch in die individuellen Engineering-Prozesse zu integrieren und dadurch eine direkte Anwendung von geeigneten Methoden und Techniken zu erreichen.

Im SPEDiT Projekt wurden dazu die Techniken und Methoden zuerst in eine einheitliche und für die Industrie anwendbare Form gebracht, darunter zählt bspw. die Entwicklung von Migrations- und Prozessintegrationskonzepten, die Anforderungen der verschiedenen Stakeholder einbeziehen.

Basierend auf den Resultaten der SPES Projekte hat ein Team von Partnern aus Industrie und Wissenschaft ein Schulungs- und Trainingskonzept realisiert. Die Kernbestandteile sind Methodik, eine vollständige Werkzeugkette und Lehrmaterialien. Damit hat SPEDiT eine Grundlage für standardisierte Techniken, Methoden und Prozesse geschaffen und so die Verbreitung der Techniken und des durchgängigen, methodischen Gesamtansatzes zur Entwicklung eingebetteter

Systeme unterstützt. Darüber hinaus wird eine breite Anwendung in der Industrie dadurch gefördert, dass integrierte und für den professionellen Einsatz in komplexen Entwicklungsorganisationen geeignete Werkzeugketten zur Verfügung gestellt werden. Die Lehrmaterialien werden durch den Einsatz von modernen Medien digitalisiert aufbereitet und auf einer Lernplattform bereitgestellt (einhsehbar über das Weiterbildungsportal der Universität Ulm [3]).

**Einführung von MBSE**

Der Kern des MBSE Methodenpakets ist ein solides mathematisches Fundament. Auf einer solchen Grundlage ermöglichen modellbasierte Verfahren die effiziente Entwicklung eingebetteter Systeme. Dabei wird der gesamte Prozess betrachtet: von den initialen Kundenanforderungen über den Entwurf und die technische Implementierung bis hin zur Verifikation und Zertifizierung von Systemen. Systeme werden im gesamten Entwicklungsprozess in einem Modell betrachtet, wodurch die Kommunikation und das gemeinsame Verständnis aller am Entwicklungsprozess Beteiligten gefördert wird.

Eine Einführung von Model-Based Systems Engineering ist ein langfristiger, prozessverändernder Vorgang, der in kleinere Teile heruntergebrochen werden muss. In den wenigsten Fällen ist ein unternehmensweites Ausrollen von MBSE in

einem Schritt sinnvoll. Es empfiehlt sich im Kleinen, bspw. mit Pilotprojekten, zu starten und dann sukzessive die modellbasierte Entwicklung einzuführen.

Weiterhin spielt die spezifische Situation eine Rolle, denn nicht alle MBSE Methoden sind in jeder Situation sinnvoll. Nur in der wenigsten Fällen startet man auf einer „grünen Wiese“. Weitaus häufiger existieren fest verankerte Entwicklungsprozesse, Tools und Methoden sowie unterschiedliche Denk- und Arbeitsweisen, die sich selbst je nach Abteilung unterscheiden können.

Vor der Einführung von modellbasierter Systementwicklung stellen sich also einige Fragen, wie z.B.: Wo fängt man an? Wo wird der Fokus gesetzt und was wird vernachlässigt? Wie lässt sich Existierendes mit Neuem vereinen? Welche MBSE Methoden bringen momentan den größten Nutzen? Diese und weitere Fragen werden in SPEDiT durch das MBSE Reifegradmodell (vgl. Bild 1) beantwortet, ein Modell zur Einführung von MBSE. Es bewertet den aktuellen Ist-Zustand, vergleicht diesen mit den Möglichkeiten von MBSE und gibt Handlungsempfehlungen für konkrete nächste Schritte. Dabei werden die besonderen Gegebenheiten des Unternehmens berücksichtigt.

Das Vorgehen beinhaltet die Identifikation der MBSE-Ziele des Unternehmens. Anschließend wird der Ist-Zustand erfasst und daraufhin Zielzustände definiert,

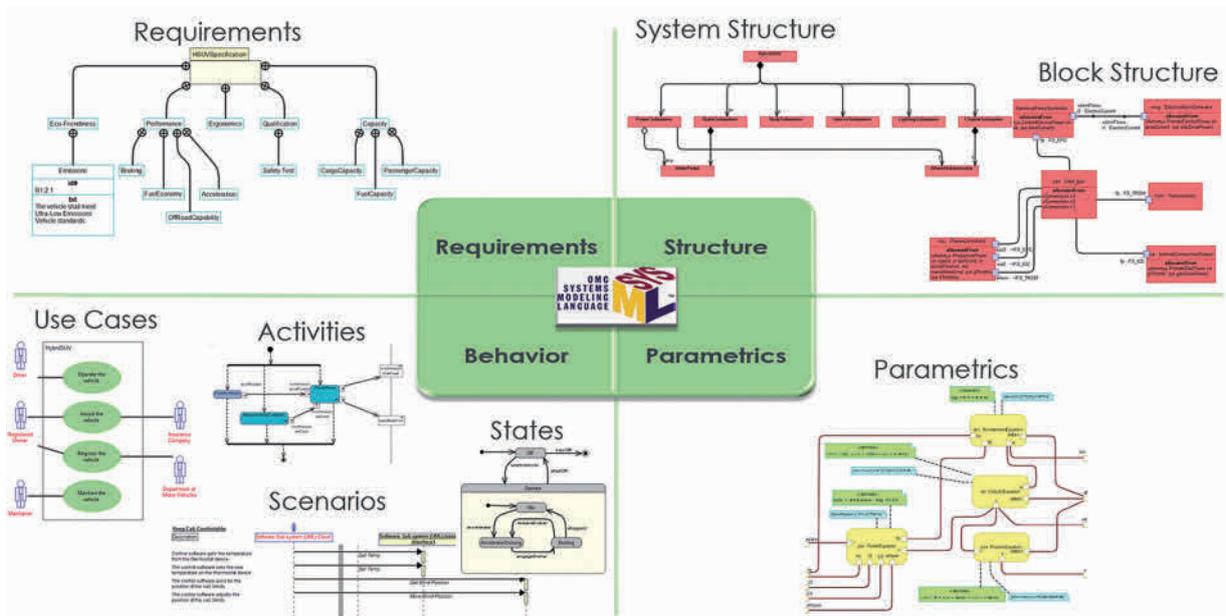


Bild 2: Die vier Säulen der SysML

d.h. welche Fähigkeiten als nächstes durch Modelle unterstützt werden sollten. Für diese Soll-Zustände werden dann Maßnahmen definiert sowie schließlich implementiert.

**Drei Erfolgsfaktoren für MBSE**

Für eine erfolgreiche Einführung von Model-Based Systems Engineering sind drei Komponenten notwendig: Sprache, Methode und Tool.

**a) Sprache**

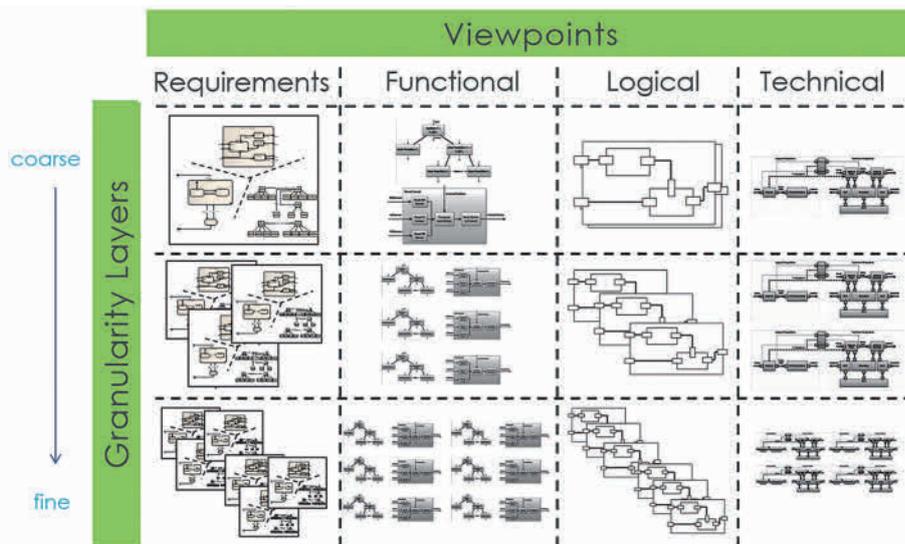
Ein Erfolgsfaktor ist die Verwendung einer standardisierten Sprache. In SPEDiT wird die allgemeine grafische Modellierungssprache SysML (Systems Modeling Language) der Object Management Group verwendet. Die Verwendung von SysML empfiehlt sich, da sie die etablierte Standardsprache für MBSE ist. Sie bietet einen Standard für charakteristische Sichten auf Systeme. Diese können auf Basis der vier Säulen der SysML (vgl. Bild 2), der Modellierung von Anforderungen, Verhalten, Struktur und parametrischen Eigenschaften, ganzheitlich dargestellt werden. Die SysML baut auf der UML (Unified Modeling Language) auf, welche sie um einige Elemente erweitert und einschränkt. Die SysML v1.0 wurde 2007 veröffentlicht und liegt aktuell in der Version 1.5 vor. Momentan wird parallel an der SysML 1.6 und der SysML 2.0 gearbeitet.

**b) Methode**

Die SPES Methodik folgt in wiederholter Form wenigen Grundprinzipien:

- Durchgängige modellbasierte Entwicklung
- Differenzierung zwischen Problem und Lösung
- Abstraktion sowohl bei der Differenzierung zwischen Applikationslogik und spezifischer Umsetzung als auch bei den Schnittstellen
- Explizite Berücksichtigung der Dekomposition („Teile und Herrsche“)
- Nahtlose Betrachtung von übergreifenden Systemeigenschaften (z.B. Echtzeit, Safety)

Diese Prinzipien werden im SPES Modelling Framework (vgl. Bild 3) realisiert: Betrachtet werden vier Systemsichten (Viewpoints) nach ISO/IEC 42010 zur Differenzierung und für einen strukturierten Übergang sowohl zwischen Problemanalyse und Konstruktionslösung als auch zwischen logischer und technischer Lösung. Das System kann in jedem Viewpoint in sogenannte Granularitätsebenen verfeinert werden, welche durch



**Bild 3:** Das SPES Modelling Framework

assoziierte Dekompositionsbeziehungen verknüpft werden. Durch die Viewpoints (horizontal) und die Granularitätsebenen (vertikal) wird eine Matrix aufgespannt. Dieser liegt ein Artefaktmodell mit definierter Semantik und Beziehungen zwischen den Artefakten (Typen) zugrunde.

**c) Tool**

Als Modellierungstools kommen im SPEDiT Projekt zwei Tools zum Einsatz. Zum einen AutoFOCUS3 (AF3), ein Open-Source Tool des Forschungsinstituts fortiss zur Entwicklung von verteilten, reaktiven und eingebetteten Softwaresystemen [4]. AF3 verfolgt einen durchgängigen, modellbasierten Ansatz von den Anforderungen über das Systemdesign bis hin zur Hardwarearchitektur. Im Zuge von Forschungsprojekten und Promotionen wird das Tool um neueste Methoden (z.B. Verifikation oder Synthese) im Bereich der modellbasierten Entwicklung erweitert, wobei die in AF3 umgesetzte Methodik in industriellen Fallstudien evaluiert wird. Darüber hinaus wird das Werkzeug auch in der Lehre eingesetzt.

Zum anderen wird der PTC Integrity Modeler verwendet. Dem in der Industrie erprobten Modellierungstool liegt ein holistischer, multi-disziplinärer und kollaborativer Ansatz für modellbasiertes Systemdesign zugrunde. Einige Hauptmerkmale sind die frühe Verhaltensvalidierung, Modellierung von Variabilität auf Basis der Orthogonal Variability

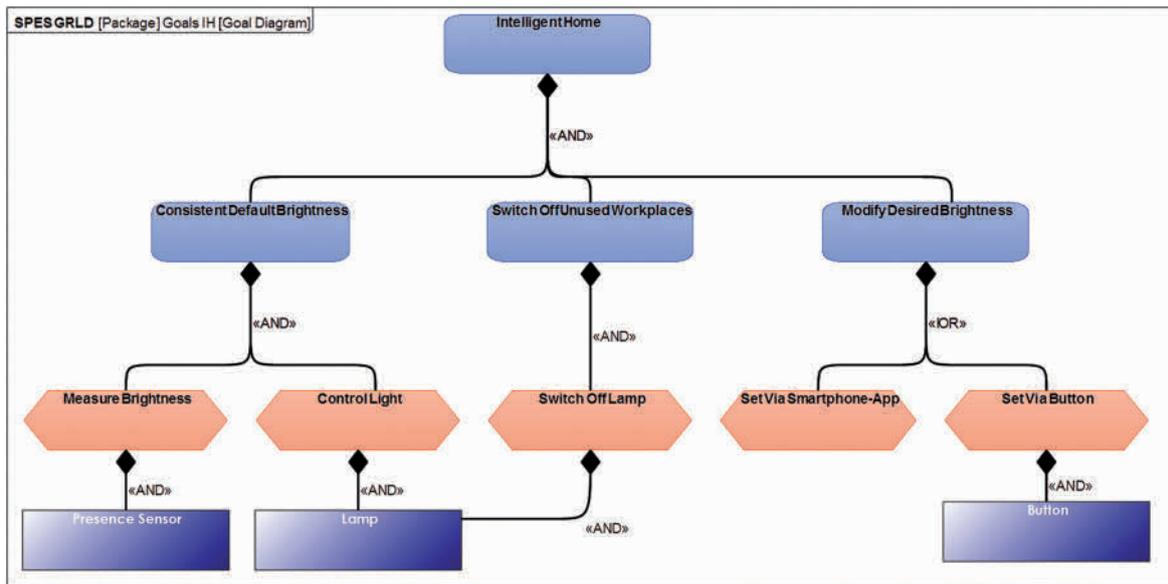
Modeling (OVM) Language, Code Generierung und Product Line Engineering. Dabei unterstützt der Integrity Modeler Standards wie z.B. UML, SysML, OVM, OSLC und ISO15288.

Zur Nutzung der SPES Methodik werden im PTC Integrity Modeler die auf der UML und SysML aufbauenden Out-Of-The-Box Funktionen um SPES-spezifische Elemente durch ein UML Profil für SPES (vgl. Bild 4) erweitert. Dadurch wird sichergestellt, dass alle Viewpoints aus dem SPES Modelling Framework bedient werden und somit die SPES Methodik durch den PTC Integrity Modeler durchgängig unterstützt wird.

Grundsätzlich kann jedes Werkzeug dem Baukasten hinzugefügt werden, wichtig ist dabei nur die Fähigkeit, sich in ein vollständiges Prozess- und Methodenmodell zu integrieren.

**Lernplattform**

Im Rahmen von SPEDiT wurde eine Lernplattform entwickelt, welche online zur Verfügung steht. Hier werden den unterschiedlichen Rollen als Systemarchitekt, Systemanforderungsingenieur, Testingenieur, Softwarearchitekt und Softwareentwickler individuelle Lerneinheiten angeboten. Das Lehrkonzept umfasst Videos und Übungskurse sowie Online-Tutorials in einer webbasierten Umgebung. Übungen können über einen



**Bild 4:** SPES spezifische Zielmodellierung nach dem SPES Profil im PTC Integrity Modeler

Remote-Tool-Server sowohl für AutoFocus3 und PTC Integrity Modeler auf individuellen Desktop-Umgebungen abgerufen werden, d.h. es ist keine lokale Software Installation notwendig. Das erarbeitete Lernmaterial ist Open-Source und wird Ende 2018 als wiederverwendbare Lerneinheiten im standardisierten SCORM (Sharable Content Object Reference Model) Format vorliegen.

**Pilotierung in der Industrie**

Zur Einführung von MBSE laufen im SPEDiT Rahmen Pilotprojekte bei Partnern aus der Industrie. Ein Industriepartner ist die Schaeffler Gruppe, ein global agierender Automobil- und Industriezulieferer.

Die Aufgabenstellung bei Schaeffler im SPEDiT Projekt lautete: „Wie können die Methoden in nützlicher Weise angewendet werden und wie können diese in existierende Entwicklungsprozesse eines großen Unternehmens integriert werden?“

Auf Basis des Reifegradmodells werden vier Ziele an einem realen Beispiel in einer realistischen Umgebung verfolgt:

- Adaption geeigneter Methoden nach Unternehmens-/Produktbedürfnissen
- Sicherstellung, dass die Tools die Methoden unterstützen
- Integration der Methoden in existierende Prozesslandschaft bzw. definierter Arbeitsergebnisse

- Qualifizierung von Anwendern im Einsatz der Methoden, dem Denken und Arbeiten nach SPES Prinzipien und der Benutzung der Tools.

Die Pilotierung bei Schaeffler fand in einem agilen Turnus statt: In zweiwöchigem Zyklus wurden vom Pilotteam Selbststudium, Implementierung, Review & Coaching und Modellverbesserungen durchlaufen. Die Review & Coaching Sessions erfolgten mit Unterstützung der Methoden- und Toolexperten. Zusätzlich wurde alle sechs Monate eine Fähigkeitsbewertung nach dem Reifegradmodell durchgeführt sowie Updates von E-Learning Materialien und Modellierungsprofilen geliefert. Die Best-Practices aus der Pilotierung wurden dabei kontinuierlich dokumentiert.

Die gesammelten Erfahrungen und das Feedback vom Pilotteam wurde als wertvoller Beitrag zur ständigen Verbesserung der SPEDiT Materialien aufgenommen. Am Ende des Pilotprojekts, Ende 2018, wird eine Gesamtevaluierung, Einschätzung und Bewertung erfolgen.

**Zusammenfassung**

Das SPEDiT Projekt, bestehend aus den Kernelementen Reifegradmodell, Lehrkonzept, der fundierten Methodik und der durchgängigen Toolunterstützung, liefert einen wichtigen Beitrag zur Verbreitung von modellbasierter Entwick-

lung mechatronischer Systeme in die Industrie. Das ist gerade bei dem Bereichs- und unternehmensübergreifenden Charakter komplexer Produkte und Projekte ein wichtiges Erfolgskriterium. SPEDiT stellt dazu einen Leitfaden dar, mit dessen Hilfe Unternehmen bei der Einführung von modellbasierter Methoden unterstützt werden. ■

**Referenzen:**

[1] Böhm, Wolfgang; Junker, Maximilian; Vogelsang, Andreas; Teufel, Sabine; Pinger, Ralf; Rahn, Karsten (2014): A formal systems engineering approach in practice: An experience report. 1st International Workshop on Software Engineering Research and Industrial Practices, SER and IPs 2014 – Proceedings. 10.1145/2593850.2593856.  
 [2] <https://spedit.informatik.tu-muenchen.de/>  
 [3] <https://www.uni-ulm.de/einrichtungen/saps/projekte/spedit/>  
 [4] <https://af3.fortiss.org/>



Martin Meßner  
Parametric Technology GmbH

E-Mail: [mmessner@ptc.com](mailto:mmessner@ptc.com)

**Kontakt**

# 8 einfache digitale Transformationen zur Erhöhung der organisatorischen Agilität

Roland Maucher



Im heutigen stark wettbewerbsorientierten Umfeld müssen Unternehmen in der Lage sein, Änderungen schnell wahr zu nehmen und darauf zu reagieren. In einer Zeit, in der Daten als Geschäftsvermögen betrachtet werden, werden traditionelle Datenmanagementsysteme keinen Mehrwert bringen, sondern nur zusätzliche Kosten verursachen. Der Erfolg von Fertigungsunternehmen wird durch die Art und Weise definiert, wie sie ihre Daten nutzen, nachdem sie in anwendbares Geschäftswissen umgewandelt wurden. Actify ist der Ansicht, dass Fertigungsunternehmen über ein enormes, häufig unerschlossenes und ungenutztes Potenzial verfügen.

Unternehmen werden nicht innovativer, wenn sie so agieren, wie es früher schon immer war, anstatt sich dem aktuellen Trend anzupassen. Je früher Sie Ihre Daten aufgreifen, desto eher können Sie Ihrem Unternehmen einen echten Mehrwert hinzufügen. Viele kleine und mittelständische Unternehmen scheuen aufgrund der Kosten und Komplexität Projekte mit intelligenten Daten. Sobald Sie die Sichtweise vertreten, dass die „digitale Transformation“ eine Reise und nicht das Ziel ist, gibt es keine Entschuldigung, heute eine neue digitale Initiative zu beginnen.

In diesem Artikel werden wir einige praktische Transformationen behandeln, die kostengünstig und mit Leichtigkeit in Ihrer Organisation angewendet werden können. Wir nennen die Schritte zur Steigerung der operativen Agilität.

1. Fördern Sie mehr Innovation
2. Erzeugen Sie Produkte von besserer Qualität
3. Automatisieren Sie papierorientierte Prozesse
4. Reagieren Sie schnell auf Verkaufschancen

Technologie selbst ist nicht die ganze Antwort. Um erfolgreich zu sein, muss unserer Erfahrung nach jeder neue Ansatz gleichzeitig organisatorische Ziele, die Unternehmensstrategie, Arbeitsprozesse und die Kultur in Richtung technologischer Veränderungen berücksichtigen.

## 1. Fördern Sie mehr Innovation

Schaffen Sie eine Innovationskultur. Organisationen, die beständig innovativ sein können, tun dies durch das gezielte

Management eines systematischen Innovationsprozesses.

Innovation ist eine Aufgabe aller. Sie können sich nicht allein auf die Bemühungen einer kleinen F&E- oder Konstruktionsabteilung verlassen, um neue Innovationen hervorzubringen. Schaffen Sie stattdessen eine Kultur, in der alle damit betraut und befugt sind, Neuerungen einzubringen. Die Verantwortung für Innovationen geht von der Technik über zur Geschäftsführung, die das erweiterte Unternehmen leitet.

## Digitale Transformation 1: Zusammenarbeit im Unternehmen

Technologie allein wird Ihr Unternehmen nicht zur nächsten Etappe der Transformationsreise führen. Zusammenarbeit und eine offene Einstellung sind der Schlüssel, um neue Denk- und Arbeits-

weisen zu entdecken, die mehr Mitwirkung und höhere Motivation zur Folge haben. Bei der Innovation kann nicht und sollte nicht nur das Produkt im Mittelpunkt stehen. Sie muss den Prozess dazu einschließen – vom effektiven Sammeln der verschiedenartigen Inhalte und Dateien zum Synchronhalten von Dateien für eine effiziente Zusammenarbeit. Innovation kommt aus dem Unternehmen. Ermöglichen Sie daher eine abteilungsübergreifende Zusammenarbeit, Datenmanagement und schnellen Zugriff auf erweiterte Produktdaten, die dabei helfen können, kritische Geschäftsentscheidungen schneller zu treffen. Jede Phase Ihres Prozesses kann durch kontinuierliche Kommunikation und Zusammenarbeit verbessert werden. Dies kann jetzt mit Actify Centro einfach erzielt werden.

**Digitale Transformation 2: Datenzugänglichkeit**

Innovation ist keine Glückssache. Innovation beruht auf Erfahrung und Wissen. Das Vorhandensein des Kontextes und der Fähigkeit, das Gesamtbild zu visualisieren, führt Personen dazu, einzigartige Lösungen für schwierige Probleme zu finden. Viele Stellenfunktionen in einem Unternehmen benötigen Informationen, die aus technischen Dokumenten und CAD-Dateien stammen. Während jedoch Produktinformationen und Produktdateien in der Technik erstellt und dort in der Regel effektiv eingesetzt werden, ist deren Nutzung oft auf die Technikabteilung beschränkt. Unternehmensarbeiter

unterbrechen eventuell das Ingenieursteam, um Zugriff auf wichtige Informationen zu erhalten. Das Ergebnis ist, dass Ingenieure wertvolle Zeit damit verbringen, Informationen für das weitere Unternehmen zu verwalten. Da Ingenieure für die Umsetzung und Durchführung neuer innovativer Ideen verantwortlich sind, müssen Organisationen ihre Ingenieursressourcen effektiv in vollem Umfang nutzen, um Innovationen zu fördern.

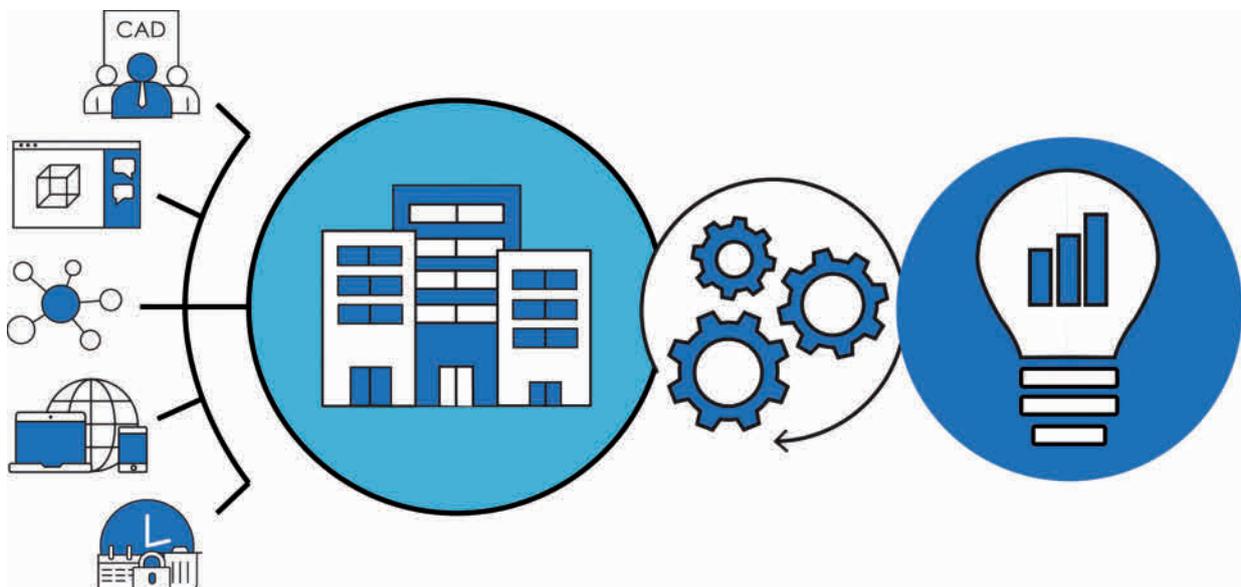
Zur Entschärfung dieses Informationsengpasses hat Actify Centro entwickelt, das als neutrale Unternehmensplattform fungiert. Mit Centro werden Informationen aus mehreren Produktdatenquellen gesammelt, um Datenzugänglichkeit im Unternehmen zu ermöglichen, die Wert für alle Beteiligten schafft. Mit Actify Centro wird eine Vielzahl von Organisationsdisziplinen innerhalb und außerhalb der Technik integriert. Die Datenzugänglichkeit erlaubt es, unterwegs, im Job oder von zu Hause aus zu arbeiten. Die Produktivität kann erheblich gesteigert werden, wenn man den Mitarbeiter als Individuum respektiert, so wie er ist und wie er arbeitet.

**2. Erzeugen Sie Produkte von besserer Qualität**

Das Leben für einen Hersteller war früher viel einfacher. Die Märkte entwickelten sich in einem gemächlicheren Tempo und Teile wurden vor Ort bezogen. Im Gegensatz zu heute, wo intelligent vernetzte

Produkte aufgrund integrierter Sensoren oder elektronischer Teile an sich komplizierter sind und Mitbewerber aus vielen Teilen der Welt kommen können. In einem ähnlichen Tempo hat sich die Geschäftstechnologie weiterentwickelt, um unser Leben einfacher zu machen. Allerdings sind diese Anwendungen von Natur aus komplizierter geworden. Die Erstellung eines intelligent vernetzten Produkts erfordert die Einbeziehung vieler unterschiedlicher Kompetenzen. Die Zusammenarbeit zwischen Teams, die aus Softwareingenieuren, Elektronikern und Mechanikern bestehen, ist erforderlich, um die Anforderungen heutiger intelligenter Produkte zu erfüllen.

Die Bewegung hin zu intelligent vernetzten Produkten hat dazu geführt, dass sich viele Hersteller verwundbar fühlen. Wie können Unternehmen konkurrieren, wenn sie immer noch damit zu kämpfen haben, die Produktentwicklung für ihre einzelnen Komponenten – gar nicht zu reden von Sensoren und Elektronik – effektiv zu verwalten? Technologie bringt die verarbeitende Industrie durcheinander, aber viele Hersteller diskreter Produkte sind nicht bereit, effektiv zu reagieren. Sie sind zu sehr damit beschäftigt, Prozesse neu zu erfinden und Änderungen in der Organisation umzusetzen, aber ihre Altsysteme sind nicht agil genug, um diese Änderungen zu unterstützen. Kundenanforderungen und interne Prozessänderungen erzeugen erheblichen Druck auf die Unternehmen, wo die Digitalisierung nun einen großen Vorteil hat.



**Digitale Transformation 3:  
Datenvisualisierung**

Effektive Datenvisualisierung zur Verbesserung der Kommunikation verspricht, die Produktentwicklung zu transformieren: Verkürzung der Produktentwicklungs- und -einführungszeit, Erhöhung der Produktqualität und Erweiterung der Produktfähigkeiten, um die Kunden- und Marktbedürfnisse optimal zu befriedigen. Effektive Datenvisualisierung beginnt mit der Möglichkeit, CAD-Modelle zu nutzen und sie mit nachgelagerten Beteiligten, der Supply Chain und Kunden zu teilen. Eine effektive Lösung zur Datenvisualisierung muss neben den Betrachtungsmöglichkeiten drei große Herausforderungen überwinden.

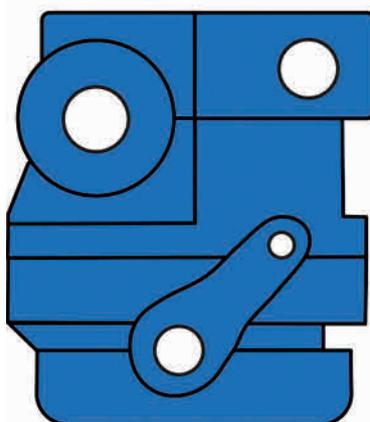
**Kosten:** Die Budgetzuweisung ist eine äußerst kritisch hinterfragte Aktivität und viele kleine bis mittelständische Unternehmen können es sich einfach nicht leisten, teure CAD-Autorenlizenzen oder zusätzliche Arbeitsplätze für Branchensysteme zu erwerben, um alle möglichen nachgelagerten Benutzer zu unterstützen.

**Benutzerfreundlichkeit:** Die Akzeptanz im Unternehmen erfordert intuitive Tools, die einfach zu bedienen sind. Traditionelle Unternehmensanwendungen schlagen fehl, weil sie zu kompliziert zu bedienen sind und sehr viel Schulung erfordern. Anspruchsvolle Unternehmenssysteme sind naturgemäß komplex und die Anwendungsoberfläche wird für den Gelegenheitsbenutzer umständlich.

**Datei- und plattformunabhängig:** Die Fähigkeit, alle Dateitypen zu verwalten und zu akzeptieren, die nicht nur auf Desktop- und Laptop-Computern, sondern auch auf einer Vielzahl von mobilen Geräten, einschließlich Arbeitstablets und Smartphones zugänglich gemacht werden.

**Digitale Transformation 4:  
operative Flexibilität**

In einer dynamisch wechselhaften Welt ist die operative Flexibilität eine strategische Priorität, die Fertigungsorganisationen nicht ignorieren dürfen. Die Fähigkeit, der veränderten Kundennachfrage gerecht zu werden und zugleich die Kosten zu kontrollieren, während sich die Produktkomplexität und -variabilität erhöht, müssen Hersteller Änderungen vorhersehen und berücksichtigen. Die Beziehung einer Organisation zu ihren Kunden und der Ansatz zum Standardisierungs- und Konfigurationsmanagement werden immer wichtiger. Unternehmen müssen mit dem formalen



Anforderungsmanagement und der Verfolgbarkeit beginnen, um die Erwartungen ihrer Kunden zu erfüllen und Compliance zu erzielen.

Actify stellt eine Unternehmensplattform zur Verfügung, die durch eine Grafik orientierte Datenbank (Graph Database) auf die kundenspezifischen Bedürfnisse zugeschnitten ist. Diese sammelt Inhalte, die während des gesamten Entwicklungs- und Produktlebenszyklus erstellt werden. Das Feedback aus der Praxis kann den Kreis schließen und die Entwicklung von Produkten der nächsten Generation vorantreiben. Gemeinsam mit Kunden und gesicherten Datenbanken können Produktentscheidungen gesteuert werden. Agilität erfordert ein solides digitales Fundament, egal welches Produkt Sie herstellen. Damit können Sie Ihre digitalen Vermögenswerte von der Idee bis zum Ende der Produktlebensdauer verwalten. Verknüpfen Sie alle Projektinformationen, womit Kontext und eine Plattform zum Erfassen von Änderungen geboten werden. Überprüfen Sie getroffene Entscheidungen und vermitteln Sie Einblicke, um ganz neue Konzepte zu finden.

**3. Automatisieren Sie papierorientierte Prozesse**

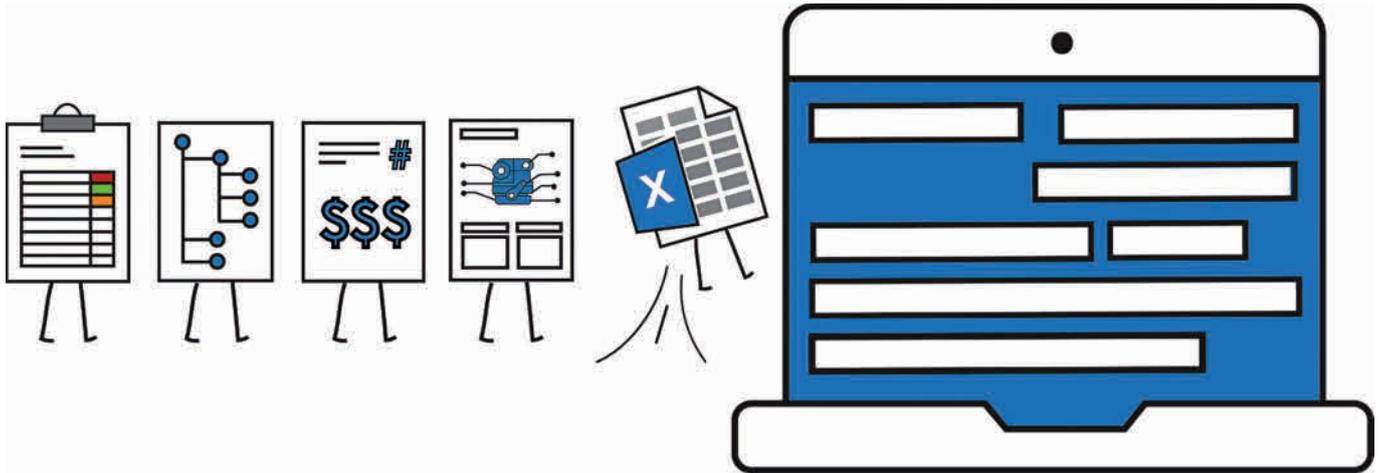
Viele der heutigen Fertigungsunternehmen speichern ihre Daten in Branchensystemen wie PLM und ERP. Heutzutage muss man in jede einzelne Datenquelle gehen, um die gewünschten Informationen herauszufiltern. Anschließend verbinden sie die einzelnen Informationen, um sich ein genaues Bild zu machen.

Normalerweise nutzen die meisten Unternehmen die manuelle Datenerfassung, Besprechungen und regelmäßige Berichterstellungen, um Informationen von ihren Unternehmensarbeitern oder Branchensystemen zu erhalten. Das Kopieren und Weiterleiten von vielen Excel-Tabellenkalkulationen im Unternehmen ist heutzutage das primäre Mittel zur Datenüberprüfung ist.

Zurzeit wird nach einfachen und schnellen Möglichkeiten gesucht, um die Arbeit gemeinsam effektiv abzuschließen. Schatten-IT stellt die unbekanntesten Anwendungen und Einrichtungen dar, mit denen Mitarbeiter den erforderlichen Datenaustausch durchführen: USB-Geräte, Mobilgeräte, E-Mail und Online-Übertragungsdienste. Wenn Sie keine effektive Plattform zur Verwaltung von Unternehmensdaten in Ihrer Organisation bereitstellen, besteht die Gefahr, dass Mitarbeiter sich über nicht verwaltete Netzwerke außerhalb Ihrer Organisation verbinden und austauschen.

**Digitale Transformation 5:  
effektives Datenmanagement**

Ersetzen Sie statische Excel-Tabellenkalkulationen durch ein dediziertes Unternehmens-Tool. Dieses Tool kann so konfiguriert werden, um den Excel-orientierten Prozess Ihres Unternehmens zu replizieren. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass Sie den individuellen Wettbewerbsvorteil Ihrer Organisation behalten können – den Prozess. Minimieren Sie Prozessänderungen und nutzen Sie alle Vorteile moderner Software. Nur eine Version der Daten, auf die überall zugegriffen werden kann, Änderungs-



prüfung, speichern Sie frühere Versionen und greifen Sie darauf zu, und vergleichen Sie Änderungen zwischen Revisionen. Nicht jeder muss Dateien erstellen oder bearbeiten, aber alle Arbeitskräfte benötigen Zugriff auf Daten, um ihre Rolle zu unterstützen. Data Governance stellt sicher, dass die richtigen Personen Zugriff auf die richtigen Informationen haben.

Diese Tools können die Dateneingabe effizienter machen. Einfache und intuitive Datenfilterung kann menschliche Fehler ausschließen. Wenn Geschäftstools über das Wissen Ihres Unternehmens verfügen, werden bei der Filterung nach dem Standort nur die Maschinen und Ressourcen angezeigt, die auch in dieser Anlage verfügbar sind. Das Zuweisen von Personen aus den Dropdownmenüs und der Datumsauswahl stellt sicher, dass menschliche Fehler kein Hindernis für die operative Agilität Ihrer Organisation ist.

#### **Digitale Transformation 6: Automation und Integration**

Automation kann die Leistung Ihrer Organisation bei gleichzeitiger Senkung der Kosten erhöhen. Automation ist dadurch eine wesentliche Komponente auf dem Weg zu mehr Agilität ist. Zu häufig vergeuden teure Ingenieursressourcen wertvolle Zeit damit, Informationen für das Unternehmen zu verwalten. Actify kann den Auszug von PMI, Metadaten, Teileeigenschaften und anderen technischen Daten aus CAD automatisieren und diese Informationen konsistenter verbreiten. Optimieren und automatisieren Sie alltägliche Prozesse, um die verfügbaren Mannstunden zu erhöhen und menschliche Fehler zu verringern.

Integration ermöglicht es Organisationen, eine zentrale Softwarearchitektur zu schaffen, die in der Lage ist, Geschäfts-systeme problemlos zu verbinden und Daten zwischen den Systemen auszutauschen. Beseitigen Sie die Ineffizienz, mit mehreren Softwarelösungen zu arbeiten, und entfernen Sie Engpässe.

Actify gibt Ihnen das Beste aus beiden Welten. Wir sind uns bewusst, dass keine einzelne Unternehmensanwendung alle betriebswirtschaftlichen Anforderungen der Organisation erfüllen kann. Vorhandene ältere Anwendungen sind nicht darauf ausgelegt, die wachsende Geschäfts- und Prozesskomplexität, die wir heute sehen, zu verarbeiten. Actify ist der Ansicht, dass die Nutzung einer Plattform Unternehmen die Möglichkeit bietet, die Fähigkeiten führender Geschäftstools zu kombinieren. Vereinheitlichen Sie Unternehmensanwendungen durch Integrationen und maximieren Sie vorhandene Investitionen in Branchensysteme, während Sie gleichzeitig einen nachhaltigen Weg für Softwareupgrades und zur Datenmigration bereitstellen.

Durch Automation und Integration können Sie Kommunikationsverzögerungen reduzieren und gleichzeitig die Datengenauigkeit erhöhen, was Ihre Geschäftsabläufe grundsätzlich schneller und effizienter macht. Actify bietet viele Integrationsmöglichkeiten und stellt viele erfahrene Entwickler mit umfangreichen Fähigkeiten bereit, um Ihnen bei der Erstellung von Integrationen und Verbindungen zu den Systemen und Tools, die in Ihrem Unternehmen verwendet werden, zu helfen.

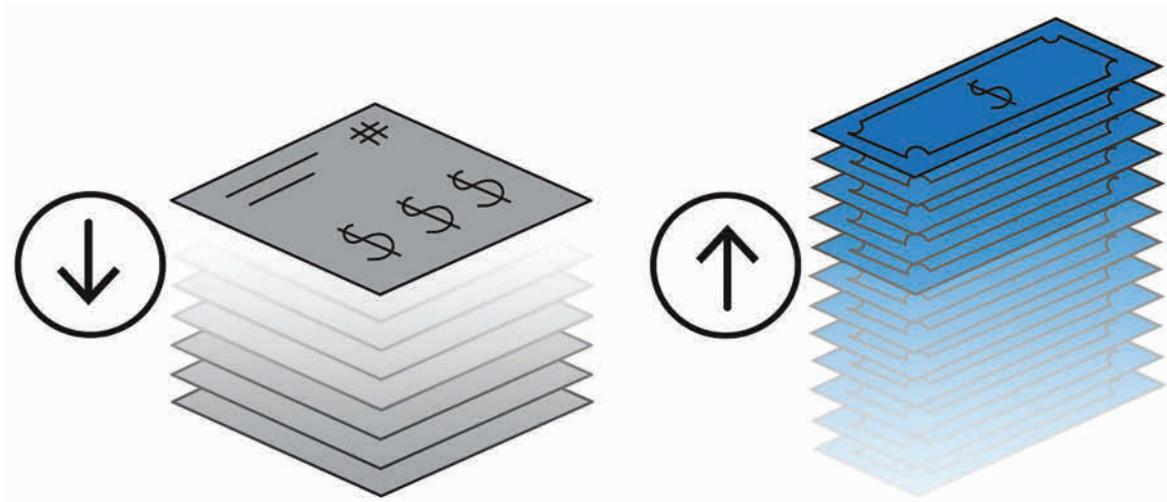
#### **4. Reagieren Sie schnell auf Verkaufschancen**

Dies muss eine der merkwürdigsten Herausforderungen sein, mit der wir bei zahlreichen Kundenengagements in Berührung gekommen sind. Einige Fertigungsorganisationen sind „zu beschäftigt“, um auf Verkaufschancen zu reagieren, oder ihr interner Prozess dauert zu lange, um innerhalb eines bestimmten Zeitrahmens zu reagieren. Einfach gesagt, sie sind zu beschäftigt, um Geld zu verdienen.

Um den Verkaufsprozess agiler zu gestalten, sind Geschwindigkeit und Durchsetzungsvermögen nicht die einzigen Aspekte, die berücksichtigt werden müssen. Um sicherzustellen, dass neue Geschäftschancen sowohl machbar als auch profitabel sind, müssen wir die Bedeutung der Nutzung von Unternehmensdaten und Ausrichtung an die Kundenanforderungen berücksichtigen, um schnell profitable Angebote zu erstellen, die auch zu einer höheren Verkaufproduktivität führen können. Entwickeln Sie schnell hochwertige Angebote, die zu höheren Abschlussraten und gesteigerten Umsätzen führen und die Kundenbeziehungen bereichern können.

#### **Digitale Transformation 7: Datenermittlung**

Notwendige Daten sind nicht mehr in nur einer Anwendung. Organisationen verfügen über mehrere strukturierte isolierte Datenquellen (Systeme und Datenbanken wie CAD, PDM, ERP, Kostenrechnungssysteme etc.). Mehrere Datenquellen, unzählige verschiedene



Dateitypen und verschiedenartige Dateien, die über Netzlaufwerke und geografische Standorte verstreut sind, stellen bei der Regulierung und Verwaltung von Daten innerhalb des Unternehmens eine wachsende Herausforderung dar. Darüber hinaus sind Produktdaten wie PMI sowie Form- und Lagetoleranzen in CAD-Dateien verborgen. Die Herausforderung, die wir in einem langwierigen Angebotsprozess beobachtet haben, besteht nicht darin, mehr Daten zu generieren, sondern es geht darum, auf die vorhandenen unterschiedlichen Daten zuzugreifen und Einblicke zu gewinnen. „Haben wir etwas Ähnliches bereits hergestellt?“ Oder „Wie viel haben wir das letzte Mal veranschlagt?“ usw. Zeit ist wertvoll und Ihre Belegschaft ist fleißiger denn je. Ist ihr Unternehmen fortschrittlich? Oder vergeuden Ihre Arbeitskräfte wertvolle Zeit bei der Suche nach wichtigen Informationen? Geben Sie Ihre verborgenen Produktdaten mittels Datenermittlung frei. Centro macht das Unternehmen und die verschiedenartigen Daten sichtbar und implementiert Steuerungen und Tools, um auf Chancen und Erkenntnisse zu reagieren, die durch eine vernetzte Fertigungsstruktur identifiziert wurden. Centro kann Ihre Daten in einem benutzerfreundlichen und leicht zugänglichen Format standardisieren, um mit den Produktdaten die Rendite zu optimieren.

**Digitale Transformation 8: dediziertes Angebotstool**

Unternehmen, die eine breite Produktpalette im Angebot haben oder eine auf-

tragungsgemäße Herstellung bzw. auftragsgemäße Fertigung anbieten, fällt es immer schwerer, den Angebots- und Bestellvorgang für den Kunden einfach und schnell zu gestalten. Vertriebs- und Kundendienstmitarbeiter können nicht ständig umgeschult werden. Weiterhin kann nicht von ihnen erwartet werden, mit den sich ständig verändernden Vertriebsbedingungen Schritt zu halten. Die Angebotserstellung ist ein arbeitsintensiver manueller Prozess mit endlosen Teilenummern und häufigem Hin und Her zwischen Vertrieb und Technik. Actify hat ein Angebotstool entwickelt, das Informationen aus alten Projekten nutzt, die aus Unternehmensanwendungen extrahiert wurden. Die Bereitstellung eines solchen Tools ermöglicht umgehend einen höheren Umsatz und kürzere Reaktionszeiten auf Vertriebschancen, während gleichzeitig sichergestellt wird, dass dem Kunden nur profitable Angebote vorgelegt werden.

**Fazit**

Unternehmen müssen bereit sein, ihre Unternehmenssysteme und Geschäftsstrategien zu entwickeln, um den Herausforderungen auf dem Markt zu begegnen. Leider verlassen sich viele Unternehmen auf veraltete Branchensysteme und alte Infrastrukturen, die der Aufgabe einfach nicht mehr gewachsen sind. Der Großteil der Hersteller diskreter Produkte verfügt über PLM-Lösungen, die über 10 Jahre alt sind. Diese Lösungen wurden nicht für die Unterstützung der heutigen Anforderungen entwickelt.

Diese alten Systeme sind hauptsächlich für das Management von CAD-Daten für diskrete Produkte ausgelegt. Wenn Unternehmen ihre organisatorische Agilität steigern wollen, ist ein neuer Ansatz erforderlich. Unternehmen müssen ihre digitale Vision ausbauen und aktuellere Lösungen annehmen, die ein neues Maß an Effizienz auf der Grundlage bewährter Methoden der Branche ermöglichen.

Der Erfolg Ihrer Organisation wird nicht durch die Erstellung und Sammlung von Daten erzielt. Erfolg wird durch die Art und Weise definiert, wie Geschäftsdaten in anwendbares Geschäftswissen umgewandelt werden, um Wert zu schaffen. Actify ist der Ansicht, dass Fertigungsunternehmen über ein enormes, häufig unerschlossenes Potenzial verfügen, das in verschiedenen Unternehmenssystemen verborgen und größtenteils noch ungenutzt ist. Viele Unternehmen schauen sich digitale Strategien an, um ihre operativen Ziele – besser, schneller und kostengünstiger – zu erreichen. ■



Roland Maucher  
Actify Europe GmbH

E-Mail: [rmaucher@actify.com](mailto:rmaucher@actify.com)

**Kontakt**

# IT-basiertes Werkzeug zur Datenflussanalyse im Entwicklungsumfeld

Theresa Riedelsheimer, Pascal Lünemann, Sebastian Wehking, Dr.-Ing. Kai Lindow

Das Entwicklungsumfeld gestaltet sich durch intelligente Produkte, Cyber-Physische Systeme und Smart Services im Rahmen von Systems Engineering grundlegend neu (Schaefer et al. 2017). Die Herausforderung dabei ist, dass mit der Innovation im Produkt die effiziente Wertschöpfung in den Unternehmen nicht gefährdet wird. Es muss ein ganzheitlich abgestimmtes Arbeitsumfeld für die Zusammenarbeit aller Domänen bzw. Disziplinen ermöglicht werden. Dem liegt ein durchgängiger Daten- und Informationsfluss zugrunde. Im PDMIPLM Competence Center des Fraunhofer IPK wurde zur Gestaltung dieses durchgängigen Daten- und Informationsflusses ein methodisches Vorgehen zur Beschreibung und Neugestaltung entwickelt: die Datenflussanalyse. Der Aufbau der Analyse folgt dem Engineering Operating System (EOS, wurde in Ausgabe 2/2017 des ProduktDaten Journals vorgestellt), welches die Aspekte (a) Prozesse und Organisation, (b) Artefakte und Modelle, (c) IT-Systeme und IT-Architekturen sowie alle wertschöpfenden Entwicklungsaktivitäten in Beziehung zueinander setzt. In diesem Beitrag wird die Aufnahme, Analyse und Visualisierung des Daten- und Informationsflusses mithilfe des hierfür entwickelten IT-Werkzeugs in einem industriellen Anwendungsfall beschrieben.

## Die Notwendigkeit ganzheitlicher Unternehmensgestaltung

Die erfolgreiche Entwicklung von Produkten bedeutet unter anderem die gezielte Zusammenführung von Daten aus unterschiedlichen Datenquellen. Die entwickelnden Ingenieure, Projektleiter, Einkäufer, Vertriebler, Entscheider und Produzenten benötigen eine Vielzahl komplexer Informationen zur Entscheidungsfindung in ihren Disziplinen. Dabei bauen die Informationen aufeinander auf, verweisen aufeinander und liegen in zahllosen Formaten vor. Die Herausforderung besteht darin, ein ganzheitlich abgestimmtes Entwicklungsumfeld, angepasst an die jeweiligen Bedarfe der ausführenden Rollen, zu schaffen. Gleichzeitig gilt es sicherzustellen, dass die Informationen auf angemessene Weise, zur richtigen Zeit und ohne hohem Beschaffungsaufwand verfügbar sind. Diese grundlegende Herausforderung erinnert an die Logistikprozesse komplexer Fertigungen, die mit Rohmaterial, Werkzeugen und Halbzeugen über Unternehmensgrenzen hinweg versorgt werden müssen – einen klassischen Wertstrom. Dabei sind insbesondere die Vermeidung von Verschwendung in Form von beispielsweise unnötigem Transport, unnötigen Beständen oder die Wahl ungeeigneter Technologien im Fokus eines wertschöpfenden und schlanken Wertstroms (Ono et al. 2013).

Bei Übertragung des Grundgedankens der Wertstromanalyse auf die Produktentwicklung oder sogar auf den gesamten Produkt-

lebenszyklus wird deutlich, dass bestehende Entwicklungsumgebungen nur unzureichend auf den durchgängigen Wertstrom, die gezielte, termingerechte und verschwendungsfreie Informationsbereitstellung und -verarbeitung abgestimmt sind. Ursächlich dafür ist die fehlende Möglichkeit ganzheitlicher Abbildungen der Entwicklungsumgebungen und des Datenflusses (Riedelsheimer et al. 2017) und die Herausforderung, mit kreativen, hochvariablen Prozessen umzugehen. Um die digitale Wertschöpfung bestmöglich zu unterstützen ist ein umfassendes Verständnis und eine Planung aller Aktivitäten notwendig. Durch die fortschreitende Digitalisierung der Entwicklung wird dieses Vorgehen zunehmend relevant. Es ist davon auszugehen, dass Automatisierungen nach dem Konzept der wissensbasierten Entwicklung immer mehr Aktivitäten, die heute von Menschen ausgeführt werden, übernehmen (Lünemann et al. 2016a).

## Das Datenfluss-Tool im Kontext von Prozessbeschreibungen

Derzeit basieren Analysen von Entwicklungsvorgehen weitgehend auf der Bestandsaufnahme und den Untersuchungen von Prozessen (Lünemann et al. 2016b). Grundsätzlich ist dies auch zielführend. In der Praxis zeigt sich jedoch, dass eine Berücksichtigung der digitalen Artefakte und Modelle (Informations- und Datenmodelle, dargestellt in unterschiedlichen informationstechnischen Systemen) vernachlässigt wird. Tatsächlich jedoch haben Informations- und Datenmodelle sowie die damit verbundenen Systeme und Architekturen einen maßgeblichen Einfluss auf das Produkt (u.a. Funktion, Gestalt, Geschäftsmodell) und die darstellbare Qualität der Entwicklung.

Eine weitere Herausforderung entsteht durch die zunehmende Digitalisierung von Entwicklungsaktivitäten. Mit dem Ziel, mehr Freiraum für kreatives Arbeiten zu schaffen, werden zunehmend Vorgänge, die durch Maschinen schneller oder in höherer Zuverlässigkeit gelöst werden können, automatisiert (z.B. die Ausführung wissensbasierter Modelle im CAD oder die Suche von Komponenten- und Verhaltensmodellen, sowie das Informieren relevanter Akteure über Änderungen und Freigaben). Diese automatisierten Aktivitäten sind in den klassischen prozessorientierten Darstellungen nicht sichtbar.

## Das Datenfluss-Tool: Toolbeschreibung

Zur übersichtlichen Darstellung des Datenflusses in einer digitalen Wertschöpfungskette eignet sich das Datenfluss-Tool des Fraunhofer IPK. Es integriert sämtliche Aspekte der systematischen Datenflussanalyse (siehe ProduktDaten Journal, Ausgabe 2/2017) und erleichtert sowohl die Beschreibung, Visualisierung

als auch die Analyse von Aktivitäten und des Datenflusses. Durch den Aufbau von Bibliotheken wird eine Wiederverwendbarkeit der charakteristischen beschreibenden Elemente des Entwicklungsumfeldes ermöglicht. Bild 1 zeigt die grafische Oberfläche des Datenfluss-Tools.

Die Oberfläche zur Bearbeitung des Datenflusses besteht aus den Elementen „Umfeld“ (Nr. 1 in der Grafik), „Aktivitäten“ (Nr. 2), der Werkzeugleiste (Nr. 3) sowie dem Diagramm (Nr. 4). Im Umfeld wird jede Betrachtungsebene einer Aktivität in Bibliotheken mit hierarchischer Verknüpfungsmöglichkeit erstellt. Beispielsweise können organisatorische Einheiten und deren Rollen definiert und strukturiert werden. In der Aktivitäten-Bibliothek werden diese einzelnen Elemente miteinander zu wertschöpfenden Aktivitäten verknüpft. Die Werkzeugleiste stellt alle notwendigen Funktionen zum schnellen Abruf der Funktionalitäten des Datenfluss-Tools bereit. Im Diagramm wird der gesamte Datenfluss in seiner Architektur grafisch dargestellt.

### Das Datenfluss-Tool in der Praxis

Die Mehrwerte einer Datenflussanalyse und deren Anwendung in der Praxis werden anhand des nachfolgenden Beispiels verdeutlicht und erläutert. Es wird ein produzierendes Unternehmen betrachtet, das Produkte entwickelt. Die Fertigung einer Teilkomponente wird in diesem Beispiel an ein externes Unternehmen ausgelagert. Zur Digitalisierung und Automatisierung von Engineering Change-Prozessen wird ein neues IT-System im Unternehmen eingeführt. Im operativen Betrieb werden folgende Probleme sichtbar: Entgegen der Erwartungen beobachtet das Unternehmen, dass es bei der Umsetzung von Änderungen am Produkt zu erheblichen Mehraufwänden im Entwicklungsprozess kommt. Gleichzeitig verfolgt das Unternehmen eine Digitalisierungsstrategie, um die Entwicklung und Betreuung der Produkte kosteneffizienter zu gestalten und um auf Marktveränderungen, wie der Erweiterung des Produktsystems um Dienstleistungen, flexibler reagieren zu können. Als langfristige Vision

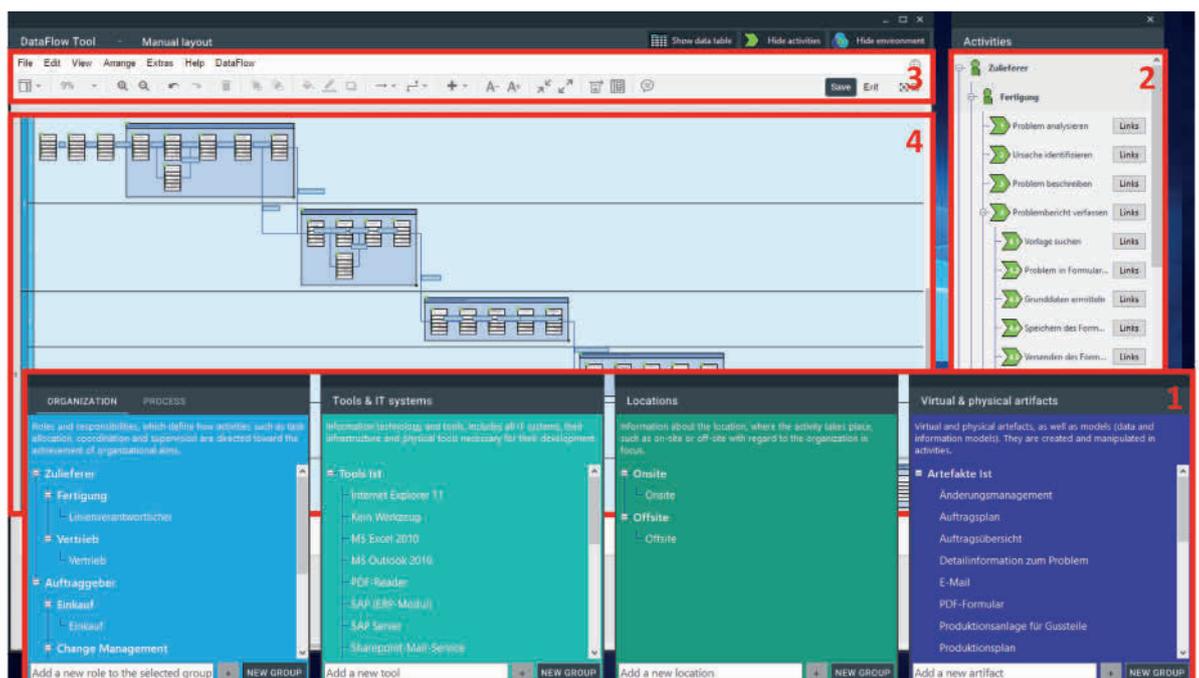
verfolgt das Unternehmen eine vollständige Datendurchgängigkeit mithilfe eines digitalen Produktzwillinges.

### Ansatz

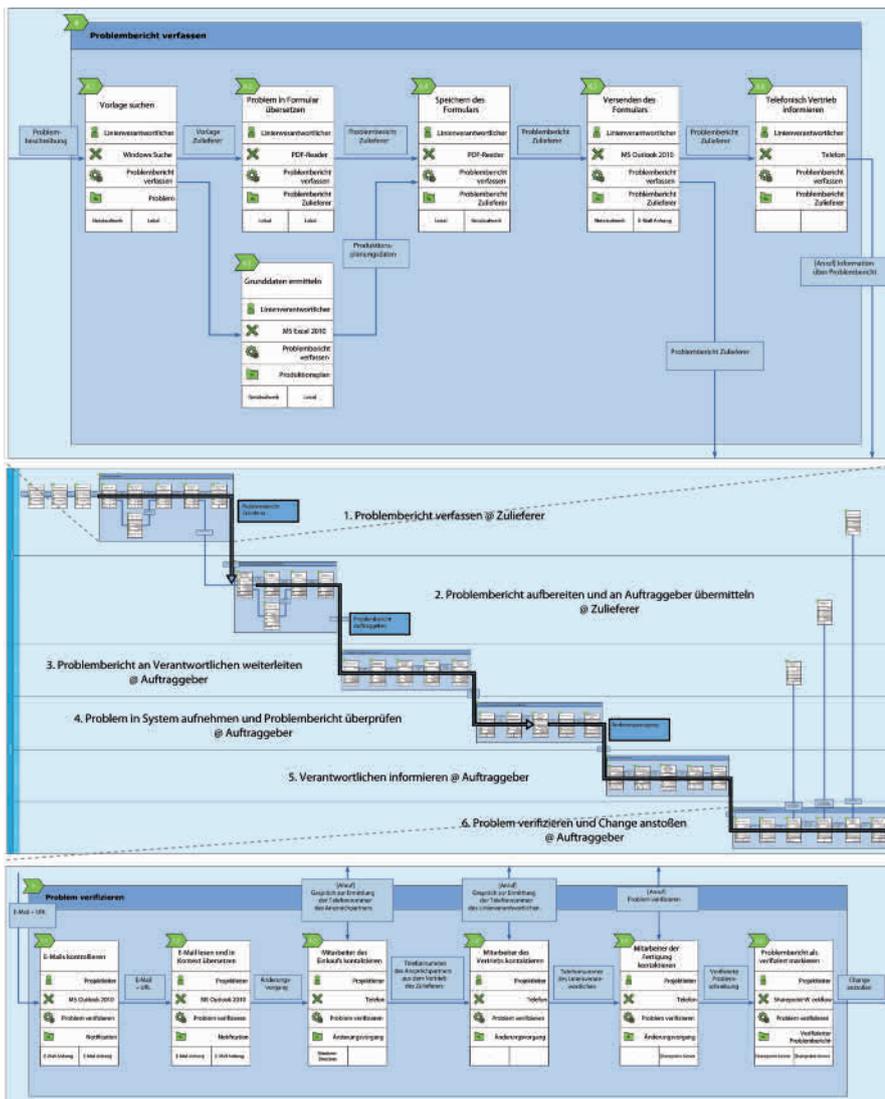
Zum erfolgreichen Angehen der oben beschriebenen Herausforderungen (Beseitigen aktueller Probleme, Steigerung der Entwicklungseffizienz, Verfolgen der Unternehmensvision) folgte das Unternehmen dem systematischen Vorgehen der Datenflussanalyse des Fraunhofer IPK. In einem ersten Schritt wurden in Einzel- und Gruppenworkshops die Situation des Unternehmens aufgenommen und analysiert. Dabei wurde zwischen den akuten Herausforderungen der Produktentwicklung und den strategischen Entwicklungszielen des Unternehmens differenziert. In Iterationen mit dem Unternehmen wurde darauf aufbauend ein Zielbild abgeleitet. Dabei wurde in drei aufeinander aufbauenden Stufen unterschieden: (1) Die Effizienzsteigerung der derzeitigen Entwicklung, (2) die Befähigung für die weitere Optimierung der Entwicklung, und (3) die Sicherstellung der Zukunftsfähigkeit der Entwicklung im Unternehmen.

### Aufnahme der Ist-Situation und Effizienzsteigerung

Durch Interviews mit den Prozessbeteiligten wurde zunächst der derzeitige Stand des Datenflusses im Entwicklungsumfeld erhoben. Auf Basis des gewonnenen Abbilds der digitalen Wertschöpfung wurden verschiedene Analysen durchgeführt: Welche Werkzeuge werden eingesetzt, wo entstehen Datenverluste oder wo ist die Informationsbeschaffung sehr aufwendig? Durch das ganzheitliche Bild konnten dabei Redundanzen und fehlende Beziehungen zwischen Informationen schnell identifiziert werden. Bild 2 zeigt einen Überblick über die Datenflussarchitektur der Ist-Situation. Konkret wird der Prozess eines Engineering Changes (EC) von der initialen Fehlermeldung des Zulieferers bis zur Problemverifizierung des Auftragsgebers dargestellt. Zu Beginn eines klassischen EC stellt bspw. der Linienverantwortliche des Zulieferers einen Fehler an der Produktionsanlage fest. Dieser wird zunächst in einen zuliefererinternen Problembereich überführt, der dann wiederum vom Vertrieb in ein zweites



**Bild 1:** Das Datenfluss-Tool – grafische Oberfläche und Diagramm (Erläuterungen zu 1 bis 4 sind im Text enthalten)



**Bild 2:** Datenflussarchitektur der Ist-Situation

Formular eingepflegt und an den Auftraggeber gesendet wird. Beim Auftraggeber wird der Problembericht an den verantwortlichen Änderungsmanager weitergeleitet und von diesem dann in das Change Management Tool (hier Sharepoint) überführt. Dieses benachrichtigt dann automatisch den Projektleiter, der durch Rückfragen bei Einkauf, Vertrieb und letztendlich dem Linienverantwortlichen das Problem verifiziert.

Anhand des Abbildes des Ist-Datenflusses wurden schnell kritische Punkte deutlich, deren Eliminierung zu einer Effizienzsteigerung führen. Insbesondere die zahlreichen nicht wertschöpfenden Abstimmungsprozesse und das manuelle Übertragen von Informationen in unterschiedliche Formate und Zwischenartefakte wurden dabei als unnötige Aktivitäten aus Sicht eines schlanken Datenflusses identifiziert.

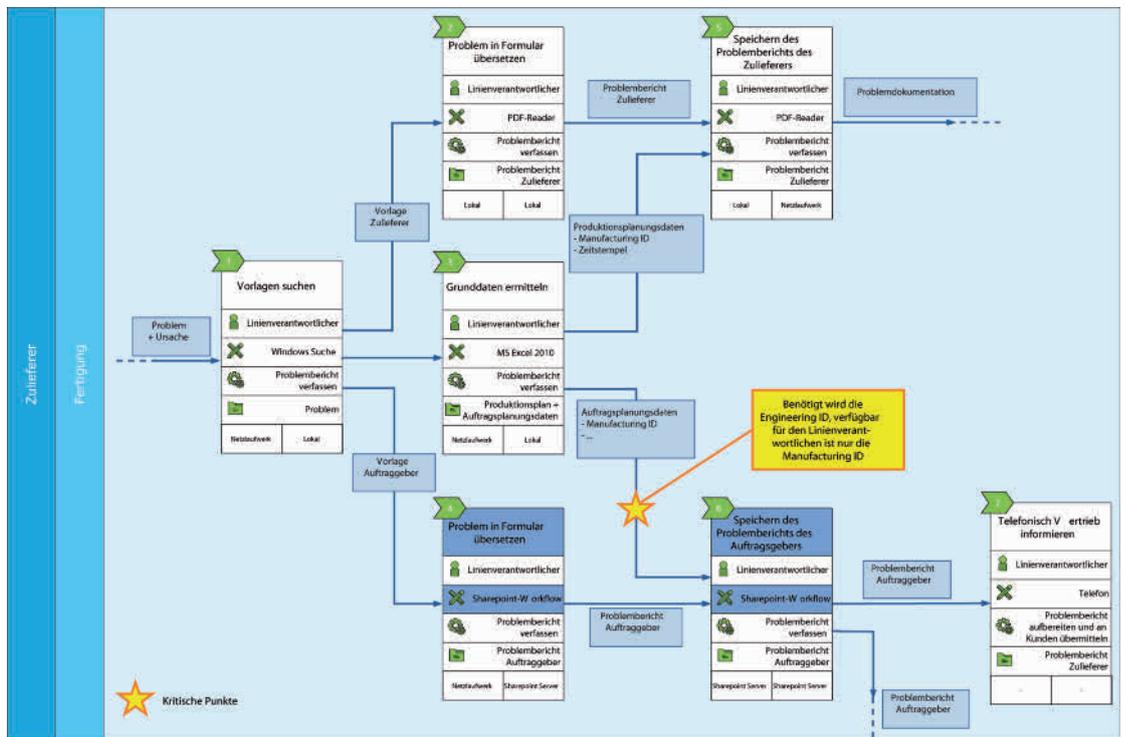
### Definition der Effizienzsteigerung in der Datenflussarchitektur

Im nächsten Schritt, der Befähigung, wurde das Entwicklungsumfeld für die kommenden Herausforderungen gerüstet. Im Diskurs mit den beteiligten Rollen konnten spezielle und allgemeine Anforderungen an die Ausgestaltung des Entwicklungsumfelds erhoben werden. Darüber hinaus wurden bestehende Trends in IT-Systemen, Zuliefer- und Abnehmer-Systemen, allgemeine und öffentliche Infrastrukturen, strategische Unternehm-

mensziele und Erkenntnisse der Forschung berücksichtigt. Das Konglomerat dieser Anforderungen wurde in ein einheitliches, detaillierteres Zielbild überführt und im Datenfluss-Tool abgebildet.

Im konkreten Beispiel (siehe Bild 3) wurde vor allem die Vielzahl an Schnittstellen reduziert. Dies geschieht primär dadurch, dass initiale Fehlermeldungen aus dem vorherigen Beispiel auch durch den Zulieferer direkt im Change Management Tool erfolgen. Jedoch wird das alte Formular weiterhin parallel verwendet, um die interne Problemverfolgung zu gewährleisten. Durch die Aufnahme des detaillierten Datenflusses in Form von konkreten Informationen und Parametern wurde deutlich, dass im Produktionsplan nur die Manufacturing-ID verfügbar ist, eine Suche nach der eigentlich notwendigen Engineering-ID bei der Entwicklung wäre somit immer notwendig. Bisher musste diese Aufgabe der Einkauf übernehmen (die Verbindung von Manufacturing- und Engineering-ID konnte im ERP-System gefunden werden). Eine automatisierte Schnittstelle zwischen SPS und ERP-System, zur Ermittlung der Engineering ID wäre hier hilfreich.

Durch diese Änderungen entsteht ein erheblicher Mehraufwand für die Fertigung, also den Linienverantwortlichen, jedoch werden alle anderen beteiligten Parteien entlastet. Des Weiteren entstehen deutlich kürzere Wege, da jetzt zum Beispiel der



**Bild 3:** Datenflussarchitektur zur Effizienzsteigerung

Problembericht im Change Management Tool direkt vom Linienverantwortlichen des Zulieferers an den Projektleiter des Auftraggebers gesendet wird – und umgekehrt der Projektleiter in der Lage ist, direkt mit dem Linienverantwortlichen in Kontakt zu treten. Dadurch erhöht sich die Transparenz insgesamt und die Fehleranfälligkeit sinkt.

An dieser Stelle empfiehlt sich die fortlaufende Betreuung und der anhaltende Abgleich des Zielbildes mit der iterativen Ausgestaltung des Entwicklungsumfelds. Im beschriebenen Anwendungsfall wurden regelmäßige Methoden-Sprints unter Einbeziehung von Fachentwicklern, Vendors, IT-Verantwortlichen und Entscheidern durchgeführt.

#### Definition der zukunftsfähigen Datenflussarchitektur

Um die Zukunftsfähigkeit des Unternehmens zu adressieren, wird der Datenfluss auch für die Implementierung neuer Konzepte oder Technologien (bspw. dem digitalen Zwilling) definiert. Konkret wird eine automatische Problemberichterfassung in der Fertigung durch Cyber Physische Produktionssysteme (CPPS) und digitale Produktzwillinge integriert. Ein wesentlicher Vorteil ist das nun optimiert vorliegende Entwicklungsumfeld. Die neuen Funktionen müssen in enger Abstimmung mit den Anwendenden ausgearbeitet werden, um die wertschöpfenden Aktivitäten bestmöglich zu unterstützen.

Durch die Implementierung eines CPPS lässt sich das Erkennen von Fehlern und das Erstellen von Fehlermeldungen automatisieren. Mit Hilfe des CPPS werden Sensordaten der Produktionsanlage und des sie durchlaufenden Produkts erfasst und

aufbereitet. Der Digitale Zwilling des Produktes führt die Datensammlung, -speicherung und -auswertung durch.

Die Analyse der Datenflussarchitektur ergab zahlreiche weitere fachliche Fragen im betroffenen Unternehmen, die an dieser Stelle mitberücksichtigt werden mussten und eine Diskussion auf technologischer und prozessualer Ebene angestoßen hatten (die folgenden Fragen stellen nur eine Auswahl dar):

- Welche Rechte und Aufgaben hat ein CPPS und welche hat der Digitale Produktzwilling?
- Welche Zugriffsrechte haben welche Stakeholder bzw. Rollen und welches Sichtenkonzept sollte etabliert werden?
- Wer hostet den Digitalen Zwilling und wie wird eine Sicherheit für den Datentransfer und -schutz gewährleistet?

#### Zukunftsperspektiven

Mit dem Datenfluss-Tool liegt ein informationstechnisches Werkzeug zur umfassenden Analyse, Planung und Absicherung des Entwicklungsumfeldes vor. Dabei wird, anders als bei bestehenden Ansätzen, das werttragende Medium der Daten und Informationsmodelle gleichberechtigt zu Prozessen und Werkzeugen berücksichtigt. Die eigentlichen wertschöpfenden Aktivitäten rücken in den Vordergrund. Dabei können die Aktivitäten automatisiert durch Algorithmen ausgeführt werden oder als Handlungsanweisungen für die involvierten Menschen erfolgen.

In zukünftigen Weiterentwicklungen sollen weitere Herausforderungen in der Analyse von Datenflüssen angegangen werden. Für die Analyse des Wertstroms einerseits und die Artefakt-

Literatur:

Lünnemann, P.; Fresemann, C.; Neumeyer, S.; Wang, W.; Stark, R. (2016a): Entscheidende Veränderungen in der zukünftigen kollaborativen Produktentwicklung. In: K. Brökel, J. Feldhusen, K.-H. Grote, Rieg F., R. Stelzer, P. Köhler et al. (Hg.): 14. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik. Aachen: Shaker Publishing, S. 320–327.

Lünnemann, P.; Müller, P.; Neumeyer, S.; Wang, W. M.; Hayka, H.; Kirsch, L. (2016b): Zukunft der unternehmensübergreifenden Kollaboration. Expertenmeinungen zu aktuellen Herausforderungen und zukunftsweisenden Trends in der kollaborativen Produktentwicklung. 1. Aufl. 1 Band. Berlin: Fraunhofer IPK. Online verfügbar unter 978-3-945406-07-6.

Lünnemann, Pascal; Stark, Rainer; Wang, Wei Min; Manteca, Paola Ibanez (2017a): Engineering activities – considering value creation from a holistic perspective. In: Ricardo Jardim-Gonçalves (Hg.): "Engineering, technology & innovation management beyond 2020: new challenges, new approaches". 2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC): conference proceedings. Piscataway, NJ: IEEE, S. 315–323.

Öno, Taiichi; Hof, Wilfried; Stotko, Eberhard C.; Rother, Mike (2013): Das Toyota-Produktionssystem. Das Standardwerk zur Lean Production. 3., erw. und aktualisierte Aufl. Frankfurt am Main: Campus-Verl. (Produktion).

Riedelsheimer, T.; Lünnemann, P.; Lindow, K.; Stark, R. (2017): Betrachtung des Entwicklungsumfeldes durch die methodische Datenflussanalyse. In: ProduktDaten Journal (2), S. 52–56.

Schaefer, Dominique; Bohn, Ursula; Crummenerl, Claudia (2017): Culture First! Von den Vorreitern des digitalen Wandels lernen. Change Management Studie 2017. Capgemini Deutschland GmbH. Offenbach am Main. Online verfügbar unter <https://www.capgemini.com/consulting-de/wp-content/uploads/sites/32/2017/10/change-management-studie-2017.pdf>, zuletzt geprüft am 03.09.2018.

Stöckert, Henryk (2011): Fehlervermeidung an Schnittstellen-Prozessen der verteilten Produktentwicklung. Unter Mitarbeit von Technische Universität Berlin und Rainer Stark: Technische Universität Berlin.

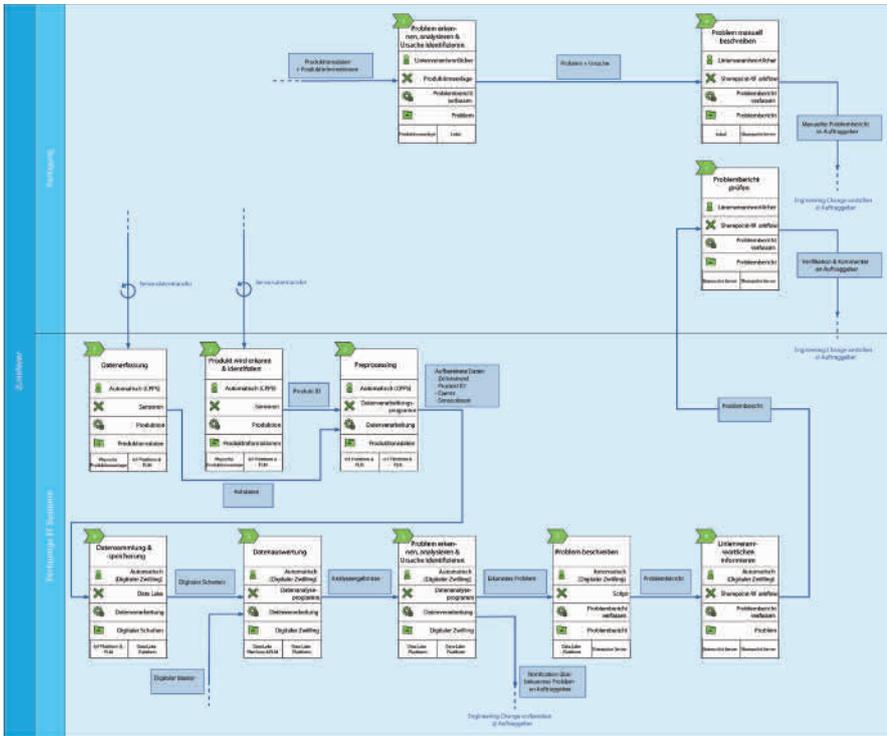


Bild 4: Datenflussarchitektur mit CPPS und Digitalem Zwilling

Analyse andererseits wird eine Funktion vorgesehen, die alle Vorgänger und Nachfolger eines Artefakts darstellen. Dieses Feature kann bei der Überlegung zum Austausch von Datenformaten Anwendung finden und bei der Absicherung von Qualitätsansprüchen eingehender Informationen, bzw. betrachteter Artefakte unterstützen (vgl. Stöckert 2011).

In einer weiteren Ausbaustufe soll das Datenfluss-Tool um die Abbildung varianter Abläufe erweitert werden. Die entwickelte Notation sieht bislang keine Entscheidungsoptionen vor. Die Verwendung von Entscheidungsoptionen ist jedoch gängige Praxis in der Prozessdefinition, sodass auch im Datenfluss Varianten abgebildet werden müssen.

Die manuelle Aufnahme von Datenflüssen ist derzeit eine aufwändige, wenn auch berechtigte und nachhaltige, Tätigkeit. Eine mögliche Alternative ist es, die erfolgenden Aktivitäten sowie die dabei verwendeten Werkzeuge und Artefakte automatisiert zu identifizieren. Durch den Einsatz lernender Algorithmen ist dies möglich (Lünnemann et al. 2017). Dadurch wird zum einen die Abbildungsgenauigkeit des tatsächlichen Datenflusses erhöht und der Aufwand in der Erfassung des Entwicklungsumfeldes deutlich reduziert. Auf dieser Fähigkeit aufbauend, lässt sich aus dem Analysewerkzeug mittelfristig ein Steuerungsinstrument etablieren. In Anlehnung an bestehende Workflow-Systeme kann das zukünftige Dataflow-Tool den Datenfluss durch die Vermittlung von Entwicklungsaktivitäten an Entwickelnde und Maschinen steuern, um die Wertschöpfung in ihrem korrekten Ablauf und unter Einhaltung notwendiger Qualität abzusichern.

Insbesondere die geplante automatisierte Analyse durch den Einsatz von integrierten Data Analytics Tasks soll der zukünftigen steigenden Komplexität von global verteilter, flexibler und hochvarianten Aktivitäten Rechnung tragen. So kann auch in Ihrem Unternehmen eine Datenflussanalyse versteckte Optimierungspotentiale identifizieren und die Gestaltung der zukunftssicheren Entwicklungsumgebung unterstützen. Bei Interesse und Fragen freuen wir uns auf Ihre Kontaktaufnahme.



Dr.-Ing. Kai Lindow  
Fraunhofer IPK / Informations- und Prozesssteuerung

Tel.: +49 30 39006214  
Mail: Kai.Lindow@ipk.fraunhofer.de

Kontakt

# Termine

## FEBRUAR 2019

**05.-08.02.2019** Integrated Systems Europe ISE  
[Amsterdam, Niederlande](#)

**26.-28.02.2019** embedded world  
[Nürnberg](#)

## MARZ 2019

**11.-15.03.2019** REConf  
[München](#)

**07.-17.03.2019** Genfer Auto-Salon  
[Genf, Schweiz](#)

**19.-20.03.2019** Internationale Stuttgarter Symposium Automobil- und Motorentechnik  
[Stuttgart](#)

## APRIL 2019

**01.-05.04.2019** Hannover Messe  
[Hannover](#)

**09.-10.04.2019** SAE 2019 World Congress  
[Detroit, Michigan, USA](#)

**09.-10.04.2019** prostep ivip Symposium 2019  
[Stuttgart](#)



Termin per Scan  
eintragen!

**prostep ivip  
Symposium 2019**

# Impressum

ProduktDatenJournal, ein Journal zu Anwendungen, Produkten, Standards in der Produktdatentechnologie

## Herausgeber

prostep ivip e.V.

## Redaktion

prostep ivip e.V.

Yvonne van der Steeg (Redaktionsleitung)

Dolivostraße 11

64293 Darmstadt

Telefon: 0 61 51 / 92 87-446

Telefax: 0 61 51 / 92 87-326

## Layout und Produktion

prostep ivip e.V.

in Zusammenarbeit mit

Müller-Stoiber & Reuss

Poststraße 9

64293 Darmstadt

## Erscheinungsweise

halbjährlich

## Auflage

2.200

## Bezug

für Mitglieder des prostep ivip e.V.

kostenlos

## Verfälschung und Schutzrechte

Nachdruck – auch auszugsweise –, Vervielfältigung oder sonstige Verwertung ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers unter ausführlicher Quellenangabe gestattet. Gekennzeichnete Artikel stellen die Meinung des Autors, nicht unbedingt die der Redaktion dar. Alle Unterlagen, insbesondere Bilder, Zeichnungen, Prospekte etc., müssen frei von Rechten Dritter sein. Mit der Einsendung erteilt der Verfasser / die Firma automatisch die Genehmigung zum kostenlosen weiteren Abdruck in allen Publikationen des Herausgebers, bei dem auch das Urheberrecht für veröffentlichte Manuskripte verbleibt.

Copyright by prostep ivip e.V.

ISSN 1436-0403

