

# Tag des Systems Engineering (Print-on-Demand)

Bearbeitet von  
Maik Maurer, Sven-Olaf Schulze

1. Auflage 2014. Buch. 440 S. Hardcover

ISBN 978 3 446 44357 0

Format (B x L): 16,7 x 24,2 cm

Gewicht: 818 g

[Weitere Fachgebiete > Technik > Technik Allgemein > Konstruktionslehre und -technik](#)

schnell und portofrei erhältlich bei

  
DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung [beck-shop.de](http://beck-shop.de) ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.



Leseprobe

Tag des Systems Engineering

Herausgegeben von Maik Maurer, Sven-Olaf Schulze

ISBN (Buch): 978-3-446-44357-0

ISBN (E-Book): 978-3-446-44376-1

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-44357-0>

sowie im Buchhandel.

# Inhaltsverzeichnis

Der Konferenzband enthält wissenschaftliche Beiträge (W) und Industriebeiträge (I). Wissenschaftliche Beiträge durchliefen gegenüber den Industriebeiträgen eine intensivere Begutachtung nach wissenschaftlichen Standards.

## T1 Modellbasierte Systementwicklung 1

Modellbasiertes Systems Engineering und seine Technologien als Schlüssel für Industrie 4.0 (I) 3

*Oliver Alt*

MBSE or how to design a system with less errors in shorter time (I) 11

*Peter Schedl*

Systematische Berücksichtigung von Fertigungsanforderungen im Model-Based Systems Engineering (W) 21

*Roman Dumitrescu, Christian Fechtelpeter, Arno Kühn*

## T2 Modellbasierte Systementwicklung 2

Ontologiebasierte Datenintegration für das Modellbasierte Systems Engineering (W) 33

*Robert Woll, Haygazun Hayka, Rainer Stark*

Model-based Engineering of System Families (W) 43

*Martin Becker, Michael Deynet, Ulrich Schweiger*

Towards seamless integration of functional safety and model-based systems engineering (I) 53

*Inga Binder*

## T3 Systemarchitektur

FAS4M – No more: “Please mind the gap!” (W) 65

*Martin Grundel, Jutta Abulawi, Georg Moeser, Tim Weilkiens, Axel Scheithauer, Sven Kleiner, Christoph Kramer, Michael Neubert, Stephan Kümpel, Albert Albers*

Funktionale Systemmodellierung nach der FAS-Methode: Auswertung von vier Industrieprojekten (I) 75

*Matthias Dänzer, Sven Kleiner, Jesko G. Lamm, Georg Moeser, Fabian Morant, Florian Munker, Tim Weilkiens*

Eine einfache Vorlage zur Architekturdokumentation (I)	85
<i>Stefan Aeschbacher, Stefan Eisenring, David Endler, Marcel Frikart, Niels Krüger, Jesko G. Lamm, Markus Walker</i>	

## **T4 Der Mensch im Systems Engineering**

Erfahrungsbericht Weiterbildungsprogramm Certified Systems Engineer (GfSE) - Level-B (I)	95
<i>Jan von Tongelen, Ingo Treue</i>	
System Engineering, aber wie? (I)	103
<i>Ingo Treue, Stephan Teutsch</i>	
ISTQB® goes Automotive! Standardisierte Ausbildung für E/E Tester (I)	113
<i>Ralf Bongard, Dr. Klaudia Dussa-Zieger, Horst Pohlmann</i>	

## **T5 Prozessgestaltung 1**

Der Entwicklungsauftrag als Basis für eine vorausschauende und systemorientierte Produktentstehung (W)	123
<i>Olga Wiederkehr, Roman Dumitrescu, Jürgen Gausemeier</i>	
Durchgängiger Traceability-Prozess im Systems Engineering (W)	133
<i>Atakan Sünnetcioglu, Elisabeth Brandenburg, Maik Auricht, Rainer Stark</i>	
Closing the safety process gap: Early integration of safety assessment methods into systems engineering (W)	143
<i>Axel Berres, Holger Schumann</i>	

## **T6 Prozessgestaltung 2**

Einsatz agiler Projektmanagement Methoden zur Erfüllung von Automotive SPICE Anforderungen. Erreichung von MAN.3 Projektmanagement Level 2 unter Anwendung des Scrum Frameworks. (I)	155
<i>Matthias Welge, Nicolas Martinez, Katarina Steblou, Christian Friedrich</i>	
Bridging the Gap between requirements engineering process definition and successful iterative roll-out. Dr Deming was right, Plan Do Study Act (I)	165
<i>Colin Hood</i>	

Design Decisions - The Missing Link (I)	171
<i>Cees Michielsen, Armin Haße</i>	

## **T7 Systems Engineering Methodik 1**

Abstraktionsgrade der Systemmodellierung – von der Sprache zur Anwendung (W)	183
--	-----

*Albert Albers, Sven Matthiesen, Nikola Bursac, Georg Moeser, Sebastian Schmidt, Robert Lüdcke*

Modellierung von Flexibilität in Produktionssystemen – Eine Methode zur Strukturierung von System Lifecycle Properties (W)	193
--	-----

*Florian Schöttl, David Brumeißl, Udo Lindemann*

AUTOSAR verändert die Organisation - Die Rolle des Softwarearchitekten (I)	203
--	-----

*Ulf Stocker, Fabian Koark*

## **T8 Systems Engineering Implementierung 1**

Erfahrung mit modellbasiertem Systementwurf am Beispiel des automobilen Steuergerätes Battery Management System (BMS) (I)	215
---	-----

*Christian Wagner, Jan Meyer*

Qualität im System-Design (W)	225
-------------------------------	-----

*Dieter Scheithauer*

Model Based Systems Engineering: Einführung und Anwendung der modellbasierten Arbeitsweise in der Maschinenentwicklung (I)	235
--	-----

*Gerhard Pregitzer, Alexander Blumör, Sven Kleiner, Marcus Krastel, Michael Neubert*

## **T9 Systems Engineering Methodik 2**

Ein Referenzmodell für „Engineering“ und seinen spezifischen Wertbeitrag im Unternehmen aus Sicht des Anlagenbaus (I)	247
---	-----

*Thomas Schäffler, Andreas Müller-Martin, Michael Gepp, Boris Grobholz, Arndt Lüder*

Übergreifende Konzeption von Geräten für die Gebäudeautomation – Methodik und Management (I)	257
--	-----

*Oskar von Dungern*

Kundenintegrierte virtuelle Produktentwicklung mittels Generic Systems Engineering (W)	267
<i>Nadine Schlüter, Petra Winzer</i>	

### **T10 Systems Engineering Methodik 3**

Identifikation von Varianten durch Berechnung der semantischen Differenz von Modellen (W)	279
<i>Sylvia Melzer, Ralf God, Thorsten Kiehl, Ralf Möller, Michael Wessel</i>	
Austausch von Modellen zwischen SysML und Modelica zur Simulation (W)	289
<i>Rudolf Bültermann, Markus Brandstätter</i>	
Sichere Integration von Teilsystemen zu System-of-Systems durch formale Verifikation (W)	299
<i>Tim Warnecke</i>	

### **T11 Systems Engineering Implementierung 2**

Ansichtengestützte Methode zum Entwurf eines funktionalen Sicherheitskonzepts das ISO 26262 erfüllt (I)	311
<i>Rüdiger Kaffenberger, Karl Ernst Neitzel</i>	
Best-Practice: MBSE und RQ-Engineering als verknüpfte Methoden der Hybridantriebsentwicklung (I)	321
<i>Alexander Stiegler, Michael Maletz</i>	
Was die Produkt- von der Softwareentwicklung lernen kann - durchgängige Integration disziplinspezifischer Modelle durch den Einsatz von Modellierungssprachen (I)	329
<i>Uwe Kaufmann, Michael Pfenning</i>	

### **T12 Systems Engineering Implementierung 3**

Überleben im Chaos - Erfolgreiches ressourcenminimales Systems Engineering (I)	341
<i>Jan Zutter, Benjamin Wittrock, Johannes Weise, Matthias Welge, Christian Friedrich</i>	
Die ISO29110 - Möglichkeiten und Chancen für den Mittelstand (I)	351
<i>Franz Gaupp, Sven-Olaf Schulze, Daniel Steffen</i>	

Standardisierungskonzept für Kleinserien im Maschinen- und Anlagenbau (W)	361
---	-----

*Michael Roth, Simon Scholz, Kristin Gövert, Daniel Kasperek, Christopher Lozano, Hartwig Mund, Udo Lindemann*

## **T13 Requirements Engineering**

Modellbasiertes Anforderungsmanagement von Systems-of-Systems am Beispiel des vernetzten Fahrzeugs (W)	373
--	-----

*Albert Albers, Armin Kurrle, Georg Moeser*

Generic Systems Engineering zur Unterstützung des Requirements Engineering in Unternehmensnetzwerken (W)	383
--	-----

*Stefan Marchlewitz, Jan-Peter Nicklas, Petra Winzer*

Offenes Format für die Speicherung von Requirements Open-RSF (I)	393
--	-----

*Eckhard Jokisch*

## **T14 Kommunikation und Organisation**

Towards Automatic Quality Evaluation of Natural- Language Requirements (I)	401
--	-----

*Ralf Bogusch*

Realität – Vorstellung – Darstellung, Ein effizienter analytischer Weg zu konsistenten und vollständigen Systemmodellen (I)	411
---	-----

*Ralph G. Götz*

## Vorwort

Sehr geehrte Teilnehmer/Innen,

Systems Engineering entwickelt sich im deutschsprachigen Raum immer mehr zum Magneten und findet immer mehr Fans und Interessierte. Auch Firmen aus dem Maschinen- und Anlagenbau, der Medizintechnik und aus der Automobilindustrie sehen einen Mehrwert und einen Wettbewerbsvorteil im Systems Engineering. Forschungsthemen zur Industrie 4.0 und modellbasierten Methoden sind initiiert und die GfSE e.V. ist als Partner mit dabei. Auch das Interesse an der Zertifizierung zum „Certified Systems Engineer (GfSE)“<sup>®</sup> wächst in den Firmen kontinuierlich, um die Mitarbeiter zu qualifizieren damit auch die Firma in eine erfolgreiche Zukunft führen zu können.

Auch der TdSE entwickelt sich als die SE Plattform weiter und Neuerungen finden sich im Programm. Nach der erfolgreichen Einführung des Tool Vendor Projektes in dem Aussteller auf Basis einer Aufgabenstellung eine Vergleichbarkeit der Werkzeuge den Teilnehmern zur Verfügung stellen, bietet das Programm in diesem Jahr eine weitere Interaktion zwischen den Teilnehmern an. Die World Cafes sollen Ideen und Austausch zu mehreren Themen des SE bieten und die Ergebnisse werden den Teilnehmern noch während des TdSE zur Verfügung gestellt. Somit wird neben den Tutorials und den Beiträgen noch interaktiv ein Mehrwert zur Verfügung gestellt. Nutzen Sie die Gelegenheit und beteiligen Sie sich an der Interaktion.

In diesen Proceedings finden Sie Beitragsreihen zu den Themen MBSE, SE Methodik, Systemarchitektur, Prozessgestaltung, Der Mensch im SE, Kommunikation und Organisation, SE Implementierung und Requirements Engineering. Neben Beiträgen von der GfSE Arbeitsgruppe, korporativen Mitgliedern, Fraunhofer Instituten, Hochschulen aus Wuppertal, Hamburg, München, Kaiserslautern und anderen renommierten Hochschulen sind auch Beiträge von Hella, der DLR, Porsche, ZF Lenksysteme, Cassidian. Damit ist diese Konferenz wieder eine Plattform für Innovationen, Denkanstöße und dem



Austausch auf dem Gebiet des Systems Engineering und unterstützt damit den Wissens- und Erfahrungstransfer zwischen Industrie, Forschung und Lehre.

In diesem Sinne wünsche ich Ihnen auch diesem Jahr erfolgreiche Tage und eine interessante Lektüre zum Systems Engineering und bedanke mich bei allen Personen, die einen Beitrag eingereicht haben und den ehrenamtlichen Helfern, die diese Konferenz und diese Ausgabe ermöglicht haben.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'S. O. Schulze', written in a cursive style.

Sven-Olaf Schulze,  
Vorsitzender der GfSE e.V.

# Modellbasiertes Systems Engineering und seine Technologien als Schlüssel für Industrie 4.0

Oliver Alt

LieberLieber Software GmbH, Handelskai 340/5, A-1020 Wien

**Zusammenfassung:** Der Beitrag zeigt, wie man durch geeignete Kombination verschiedener bereits heute verfügbarer Technologien und Methodiken die Ziele der durch Industrie 4.0 formulierten Weiterentwicklung der industriellen Produktion erreichen kann. Zu nennen sind dabei insbesondere modellbasiertes Systems Engineering mit SysML, Featuremodell-basiertes Variantenmanagement, sowie übergreifende Datenkommunikation durch Technologien wie zum Beispiel Data Distribution Service (DDS) sowie ReqIF. Im Rahmen des Beitrages erfolgt eine Einführung in die jeweilige Thematik und eine beispielhafte Darstellung der Möglichkeiten zur Nutzung der genannten Technologien.

## 1 Einleitung

Im historischen Kontext betrachtet, stellen sich die Stufen der industriellen Revolution folgendermaßen dar: Die erste industrielle Revolution ist die Umgestaltung der manuellen Produktion durch Manufakturen in eine industrielle, maschinengestützte Produktion. Das Schlüsselereignis dazu war die Erfindung und der Einsatz der Dampfmaschine als mechanische Antriebskraft.

Als zweite industrielle Revolution gilt die Einführung des Fließbandes. Nun konnten ähnliche oder gleiche Produkte in einem getakteten Produktionsprozess durch Standardarbeitsschritte in kurzer Folge hergestellt werden. Bekannt geworden ist diese Produktionsform besonders durch Henry Ford.

Die dritte Industrielle Revolution war die Einführung von computergestützter Produktion und der Steuerung von Werkzeugmaschinen und Robotern durch Rechner. Damit konnten Arbeitsschritte voll- oder teilautomatisch durchgeführt werden. Gefährliche oder monotone Arbeiten konnten nun von den Maschinen erledigt werden. Weiterhin haben computergesteuerte Werkzeugmaschinen auch einen hohen Präzisionsgrad.

Als vierte Industrielle Revolution (Industrie 4.0) wird nun die Weiterentwicklung der Produktionsprozesse von der Massenproduktion gleicher Produkte hin zur Massenproduktion individuell konfigurierbarer Produkte bezeichnet. Dieser Weg soll eine der Schlüsseltechnologien werden, um mit Produktion in Zentraleuropa auch weiterhin konkurrenzfähig im Vergleich mit Standorten mit niedrigeren Lohn- und Produktionskosten zu bleiben.

Im Rahmen von Industrie 4.0 sind eine Reihe von Forschungs- und Entwicklungsprojekten ausgeschrieben und es ist außerdem im Koalitionsvertrag der aktuellen deutschen Bundesregierung als Zukunftsthema festgeschrieben.

## 2 Industrie 4.0

Die Vision hinter Industrie 4.0 soll dadurch erreicht werden, dass alle Produktionseinheiten und sonstigen relevanten Dinge im Produktlebenszyklus miteinander vernetzt werden, so dass diese vollautomatisch Daten austauschen und die Produktion autark steuern und durchführen können.

Die wichtigsten Eckpunkte sind dabei:

- **Internet der Dinge/Cyber-Physical Systems (CPS) in der industriellen Produktion** – Vernetzung von Produktionssystemen und Produktionsgütern um Abläufe zu automatisieren, autarker durchzuführen und individuellere Produktion als Teil einer Serienfertigung möglich zu machen.
- **Smart Factory** – Jedes Produkt darin kennt seine Historie, den aktuellen Zustand und möglicherweise mehrere Alternativen zum Zielzustand
- **Digitale Durchgängigkeit des Systems Engineering über die gesamte Wertschöpfungskette und den gesamten Produktlebenszyklus** – Keine Medienbrüche der Daten von der Bereitstellung der Rohmaterialien bis zur Auslieferung des Produkts.
- **Übergreifende Vernetzung und Integration** der Informations- und Produktionssysteme.

## 3 Modellbasierte Entwicklung

Die modellbasierte Entwicklung von Software und Systemen basiert darauf, dass alle notwendigen Daten in einem zentralen – zumeist grafischen – Modell hinterlegt werden. Alle Projektbeteiligten (*Stakeholder*) fügen Daten zu diesem Modell hinzu, oder bedienen sich daraus. Im Gegensatz zu klassischen „dokumentenbasierten“ Entwicklung, bei der Dokumente erstellt und zwischen den Projektbeteiligten ausgetauscht werden, hat man hier keinen Medienbruch und die Daten sind stets aktuell, da die Daten in Echtzeit abgefragt werden können (Abb. 1).

Weiterhin bietet ein solches Modell-Repository folgende Vorteile:

- Die Daten sind maschinenlesbar und können durch Werkzeuge weiterverarbeitet werden. Arbeitsschritte können damit automatisiert werden.

- Aus einem solchen Modell lassen sich Daten so generieren, dass diese von weiteren Werkzeugen innerhalb einer Werkzeugkette weiter verwendet werden können, ohne diese erneut eingeben zu müssen. Dies bezeichnet man Werkzeugdatenintegration.
- Generierbare Daten aus einem solchen Modell können zum Beispiel Code oder XML als maschinenlesbare Daten, aber auch Dokumente und Listen als menschenlesbare Daten sein.

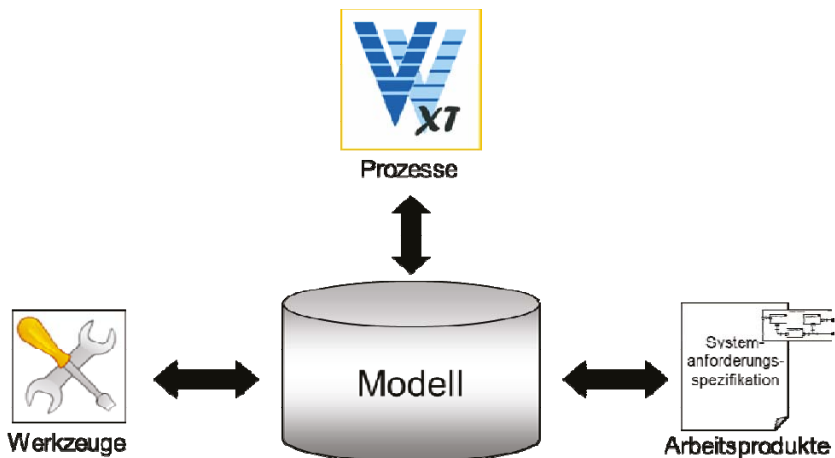


Abbildung 1: Prinzip hinter modellbasierter Entwicklung

## 4 SysML

Im Rahmen der modellbasierten Systementwicklung haben sich in den letzten Jahren vorwiegend grafische Modellierungssprachen etabliert und durchgesetzt, da sich zeigte, dass grafische Modelle und Notationen von den meisten Projektbeteiligten besser verstanden werden, als textuelle Darstellungen.

Die Systems Modeling Language (SysML) [A112] ist eine durch die Object Management Group (OMG) standardisierte grafische Sprache zur Spezifikation und Beschreibung von technischen Systemen. Die Sprache enthält Konstrukte zur Definition von Architektur, Verhaltensspezifikation und eine Möglichkeit zur Integration textueller Anforderungen.

Durch Werkzeugunterstützung liegen diese Daten in werkzeugverarbeitbarer Form vor und können somit weiter verarbeitet werden, wodurch beispielsweise Dinge wie Codegenerierung, Testfallgenerierung oder auch Integration in eine größere Werkzeugkette möglich ist.

SysML erlaubt es mit relativ intuitiven Darstellungen verschiedene Aspekte der Systementwicklung zu dokumentieren und Systeme zu spezifizieren. Möglich sind dabei auch die Darstellung mehrerer Abstraktionsebenen, sowie deren Kopplung durch das in die Sprache integrierte Konzept der Allokation (Zuordnung).

Eine wichtige Darstellung der Architektur bildet dabei das Konzept der Wirkkettenarchitektur. Dabei werden die an einer Funktionalität beteiligten Komponenten (Mechanik, Elektronik, Software) so in einer Kettendarstellung aufgezeigt, dass klar wird welche Komponenten an dieser Funktionalität mitwirken und welche Daten oder Material dabei über Schnittstellen ausgetauscht wird.

Der Wirkkettenansatz erlaubt eine durchgängige Modellierung aller Systemkomponenten, inklusive der Software, was sonst bei einer eher physikalisch geprägten Architekturdarstellung – welche den reinen Hardwarezusammenbau des Systems (z.B. technische Zeichnung oder Schaltplan) zeigt – fehlt.

## **4 Übergreifender Datenaustausch**

Ein wichtiger Aspekt der modernen Systementwicklung ist die Kopplung von Werkzeugen untereinander, um Daten, die bereits in einem Werkzeug eingegeben wurden nicht erneut ein zweites Mal eingeben zu müssen. Eine weitere Rolle spielt die technische Kopplung von Werkzeugen über Technologiegrenzen hinweg.

Die Object Management Group definiert zu diesem Zweck weitere Standards, die diese Problematiken adressieren: ReqIF und DDS.

### **4.1 ReqIF**

Das OMG Requirements Interchange Format (ReqIF) [OM11] wurde ursprünglich definiert, um Anforderungsdaten zwischen verschiedenen Anforderungsmanagementwerkzeugen auszutauschen. Das XML-basierte Format ist dabei aber so universell konfigurierbar und einsetzbar, dass man damit beliebige Entwicklungs- und Produktionsdaten austauschen kann. Diese können beliebige Entwicklungsdaten, aber auch andere Informationen sein. ReqIF-Daten basieren auf wenigen primitiven Grundtypen, wie Text, Zahlen, Zeit, XHTML etc. aus denen alle weiteren komplexen Datenstrukturen gebildet werden können.

### **4.2 DDS**

Der OMG Data Distribution Service (DDS) [OM07] ermöglicht die Kopplung verschiedenster Dienste, Daten und Anwendungen über Netzwerk- und Technologiegrenzen hinweg. Damit ist es zum Beispiel möglich Kommunikationsverbindungen zwischen verschiedenen Technologien (Java, C++, C#) herzustellen und Daten auszutauschen.

Die Datenkommunikation ist dabei für den Anwender Transparent und es besteht außerdem die Möglichkeit ausgeklügelte Quality-of-Service (QoS) Einstellungen bei DDS zu nutzen, um die Datensicherheit zu gewährleisten und Datenverluste zu vermeiden. Kommunikationsmedium sind dabei beliebige IP-basierte Datennetze.

## 5 Featuremodell-basiertes Variantenmanagement

Das Anfang der 90er Jahre unter dem Titel *Feature-oriented Domain Analysis* (FODA) entwickelte Verfahren des Featuremodell-basierten Variantenmanagements (FMVM) basiert darauf, dass die Merkmale eines Produkts oder System im Rahmen einer Baumstruktur angeordnet werden. Dabei werden 4 verschiedene Merkmalstypen unterschieden: Notwendige Merkmale, Alternativen, Optionen und Oder-verknüpfte Merkmale. Durch die Hierarchische Anordnung sowie weiterer logischer Regeln in solch einem Modell, ergeben sich Abhängigkeiten, die im Rahmen eine Variantenkonfiguration genutzt werden können und mit deren Hilfe sich Fehlkonfigurationen von vorn herein ausschließen lassen. Ähnliche Ansätze kommen bereits heute zum Beispiel oftmals im Rahmen von Online-Produktkonfiguratoren zum Einsatz.

Das Verfahren ist dabei werkzeugübergreifend einsetzbar. Mit derselben Variantendefinition lassen sich Anforderungen auswählen, aber auch Architektur konfigurieren oder Codegeneratoren steuern.

Ein sehr wichtiger Aspekt bei Featuremodell-basiertem Variantenmanagement ist außerdem die formale Natur eines solchen Feature- bzw. Variantenmodells. Damit werden die Daten werkzeugverarbeitbar und die Variantengenerierung kann vollautomatisch erfolgen. Die Handhabung von Varianten ist innerhalb der modellbasierten Systementwicklung ein wichtiger Aspekt und kann durch FMVM sehr gut und einfach gelöst werden.

## 6 Modellbasierte Systementwicklung trifft Industrie 4.0

Zwischen den Konzepten hinter der modellbasierten Systementwicklung und den Ideen von Industrie 4.0 gibt es starke Gemeinsamkeiten und viele Dinge lassen für die Realisierung von Industrie 4.0 nutzen:

- Industrie 4.0 basiert auf umfassendem Informationsaustausch zwischen allen am Produktionsprozess beteiligten Lieferanten, Kunden und Herstellern. Das gleiche Problem adressiert modellbasierte Systementwicklung für die Projektbeteiligten und löst es durch Einsatz eines zentralen Modell-Repositories. Der gleiche Lösungsansatz kann auch bei Industrie 4.0 zum Einsatz kommen. Dabei muss dies keine einzelne Datenbank sein, sondern kann durchaus eine verteilte, aber vernetzte Datenquelle sein (z.B. als Cloud-Service). In solch einer Datenquelle können Informationen aller am Entwicklungs- oder Produktionsprozess beteiligten Personen, aber auch IT-

und CPS-Systeme abgelegt werden, die dann bei Bedarf abgerufen werden können.

- Im Umfeld von Industrie 4.0 spricht man von Produktionsketten. Der Wirkkettenansatz der modellbasierten Systementwicklung lässt sich hier übertragen, um Produktionsketten zu spezifizieren.
- Industrie 4.0 will individuelle Produkte für Kunden im Rahmen einer massenproduktionsähnlichen Art und Weise erstellen. Die Definition der Kundenprodukte kann dabei sehr gut mit Verfahren wie dem Featuremodell-basierten Variantenmanagement erfolgen.
- Produktzustände und Vorgaben der Produktionsschritte können zum Beispiel durch SysML-Zustandsautomatenmodelle und andere Verhaltensmodelle beschrieben werden.

Der Umfassende Datenaustausch im Rahmen eines Industrie 4.0-Szenarios erfordert Standards und standardisierte Datenformate. ReqIF bietet sich hier als universell nutzbare Datenformat an und könnte genutzt werden.

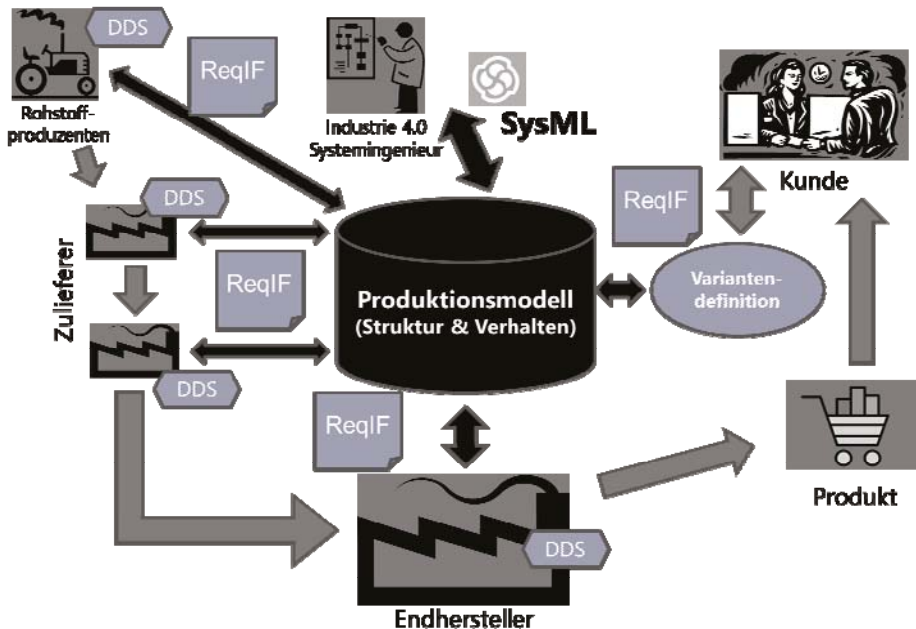


Abbildung 2: Industrie 4.0 nutzt die Konzepte der modellbasierten Systementwicklung

Auf der technischen Ebene kann darüber hinaus DDS eingesetzt werden, um eine Kopplung, der im Rahmen von Industrie 4.0 eingesetzten Systeme, über Technologiesgrenzen hinweg zu erreichen. Dies können beispielsweise Produktionsanlagen, Bürodatenverarbeitungen usw. sein. Die gesamte Konzeption einer solchen Nutzung der Konzepte und Standards der modellbasierten Systementwicklung zeigt Abbildung 2.

## 7 Zusammenfassung

Der Weg zur Industrie 4.0 ist vielleicht kürzer als gedacht. Durch geeignete Kombination bereits heute verfügbarer Methodiken, Technologien und Werkzeugen der modellbasierten Systementwicklung, insbesondere der OMG-Standards, lassen sich die Ziele von Industrie 4.0 erreichen. Mit Hilfe von Featuremodellen können Produktkonfigurationen festgelegt werden. Diese lassen dann auf durch SysML-Modelle spezifizierte Produktions- und Wertschöpfungsketten anwenden. Der Datenaustausch zwischen den vernetzten System lässt sich über Technologiesgrenzen hinweg durch den DDS-Standard erreichen. Inhalte können dabei im ReqIF-Format abgelegt und ausgetauscht werden. Natürlich bleibt noch einiges zu tun, insbesondere gilt es gemeinsame inhaltliche Standards zu definieren, damit die Daten von den verschiedenen Kommunikationspartnern auch semantisch richtig verstanden werden. Jedoch können weitreichende technische Aspekte bereits heute umfassend adressiert werden.

## Literaturverzeichnis

- [AI13] Arbeitskreis Industrie 4.0: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, [http://www.bmbf.de/pubRD/Umsetzungsempfehlungen\\_Industrie4\\_0.pdf](http://www.bmbf.de/pubRD/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf), 2013.
- [AI12] Alt, O.: Modellbasierte Systementwicklung mit SysML, Hanser, 2012.
- [OM11] OMG: Requirements Interchange Format (ReqIF) Version 1.0.1, 2011.
- [OM07] OMG: Data Distribution Service (DDS) Version 1.2, 2007.