

SMART ENGINEERING: WAS INDUSTRIE 4.0 FÜR PLM BEDEUTET

Industrie 4.0 eröffnet Unternehmen große Chancen, bedeutet aber auch neue Herausforderungen. Ohne smart vernetzte Produkte gibt es keine digitalen Fabriken und auch keine digitale Transformation von Geschäftsprozessen und Geschäftsmodellen. Die Entwicklung smarter Produkte erfordert eine intelligente, unternehmens- und domänenübergreifende Vernetzung der Engineering-Prozesse. Das meinen wir mit Smart Engineering. Voraussetzung für Smart Engineering ist der Umbau der bestehenden PLM-Architekturen und eine durchgängige Digitalisierung des gesamten Produktlebenszyklus.

Das vorliegende Whitepaper beschreibt die Herausforderungen von Industrie 4.0 für PLM-Prozesse und -Systeme und stellt Ihnen Lösungsansätze zu ihrer Bewältigung vor.



Inhalt

Vorwort	3
Herausforderungen durch Industrie 4.0 und Smart Engineering	4
Industrie 4.0	4
Smart Engineering	6
Herausforderungen.....	7
PLM und Smart Engineering	8
Agile Prozesse und modulare PLM-Architekturen	10
Integration von ALM-, PDM- und ERP-Systemen	12
Systems Engineering und Model-Based Systems Engineering	14
Model-Based Definition und Digital Master.....	16
Interdisziplinäres Varianten-, Konfigurations- und Änderungsmanagement	18
Kollaborative PLM-Prozesse.....	20
PROSTEP – Ihr Partner für Industrie 4.0 und Smart Engineering	22
Industrie 4.0 und Smart Engineering – Unser Angebot	23
PROSTEP Veröffentlichungen.....	25

Vorwort

Industrie 4.0 stellt Bestehendes in Frage und schafft neue Möglichkeiten durch die digitale Transformation von Geschäftsprozessen und Geschäftsmodellen. Menschen, Maschinen, Anlagen, Logistik und Produkte werden direkt miteinander kommunizieren und kooperieren können. Entwicklungs-, Produktions-, Logistik- und Serviceprozesse innerhalb der Unternehmen und zwischen ihnen werden intelligent miteinander verzahnt sein. „End-to-End-Prozesse“ lassen sich damit noch flexibler und effizienter gestalten. Für die deutschen Unternehmen ist diese Umwälzung eine Chance, die es zu nutzen gilt.

Was aber bedeuten diese Veränderungen für die Prozesse, Methoden und IT-Systeme in der Produktentwicklung und im Engineering?

Welche Herausforderungen und Chancen sind damit verbunden?

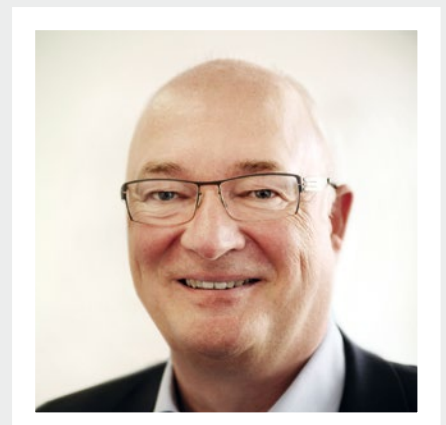
Welche Strategien und Lösungsansätze bieten dafür Antworten?

Unter dem Titel „Smart Engineering: Was Industrie 4.0 für PLM bedeutet“ wird in dem vorliegenden Whitepaper die Bedeutung von Industrie 4.0 für die zukünftigen Engineering- und PLM-Prozesse beleuchtet, und es werden Schlussfolgerungen für die Weiterentwicklung von PLM abgeleitet. Den Herausforderungen und Chancen wird dann das aktuelle Beratungsangebot der PROSTEP AG gegenübergestellt.

Industrie 4.0 und die damit einhergehende digitale Transformation werden für unsere Kunden dramatische Umwälzungen mit sich bringen. Wir sind dank unserer umfassenden Beratungskompetenz und unserer langjährigen Erfahrung auf dem Gebiet der PLM-Integration und -Implementierung bestens gerüstet, Sie dabei zu begleiten. Durch unser Engagement in zahlreichen Forschungsprojekten und Initiativen des ProSTEP iViP Vereins haben wir den Finger immer am Puls der Zukunft.

Unser Leitspruch lautet nicht von ungefähr INTEGRATE THE FUTURE.

Bernd Pätzold



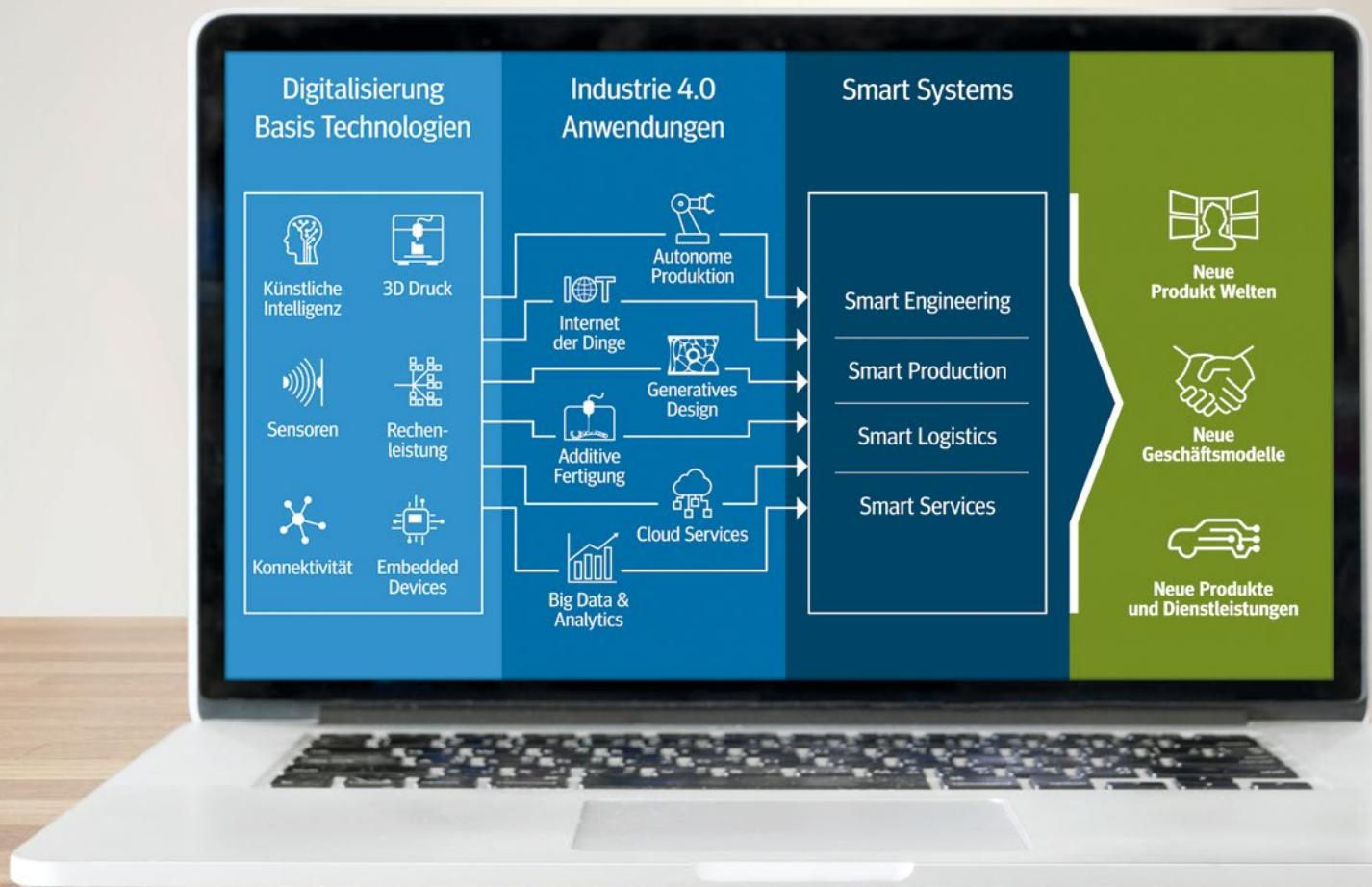
Herausforderungen durch Industrie 4.0 und Smart Engineering

Industrie 4.0

Industrie 4.0 bedeutet im erweiterten Sinne die Verzahnung der Wertschöpfungsketten in Entwicklung, Produktion, Vertrieb und Service unter Nutzung modernster Informations- und Kommunikationstechniken. Treibende Kraft dieser Entwicklung ist die rasant zunehmende Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft. Sie verändert nachhaltig die Art und Weise, wie wir künftig entwickeln, produzieren und arbeiten werden: Nach Dampfmaschine, Fließband, Elektronik und IT sind nun intelligente Fabriken (Smart Production) und intelligent vernetzte Entwicklungs- und Serviceprozesse (Smart Engineering und Smart Services) die Promotoren der vierten industriellen Revolution.

Was sind hierfür die wesentlichen Basistechnologien und welche Auswirkungen haben diese auf zukünftige Geschäftsprozesse und Geschäftsmodelle?

Abbildung 1

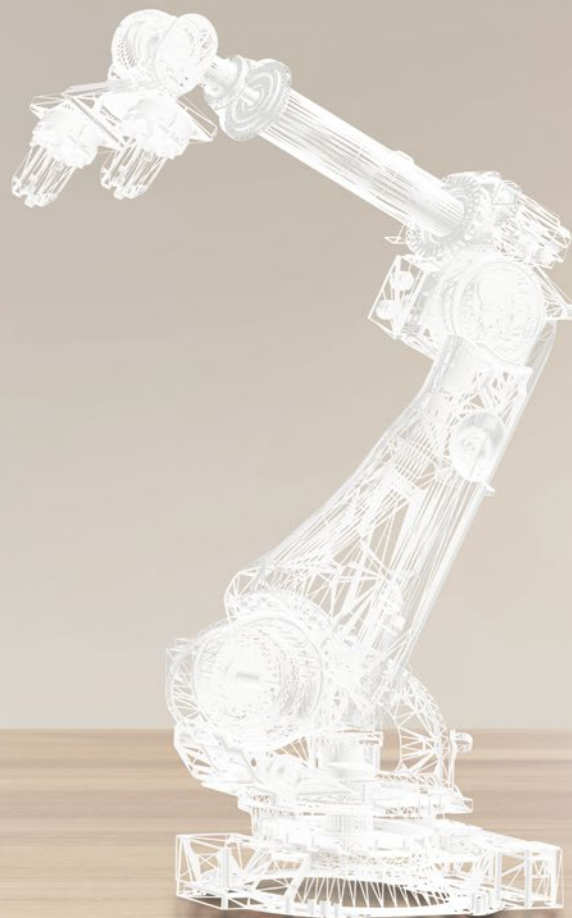


Technische Grundlagen sind neue, preiswerte und leistungsstarke Technologien u. a. in den Bereichen Sensorik, Embedded Systems, Künstliche Intelligenz, Vernetzung und 3D-Druck, gekoppelt mit der immens gestiegenen verfügbaren Rechenleistung (siehe Abbildung 1).

Diese Technologien ermöglichen intelligente und vernetzte Systeme mit sich weitestgehend selbstorganisierender Produktion: Menschen, Maschinen, Anlagen, Logistik und Produkte kommunizieren und kooperieren im Zeitalter von Industrie 4.0 direkt miteinander. Entwicklungs-, Produktions-, Logistik- und Serviceprozesse innerhalb der Unternehmen und zwischen ihnen werden verzahnt. „End-to-End-Prozesse“ lassen sich noch effizienter und flexibler gestalten.

Es entstehen integrierte, vernetzte Wertschöpfungsketten, die alle Phasen des Produktlebenszyklus einschließen – von der Idee eines Produktes über seine Entwicklung, Fertigung, Nutzung und Wartung bis hin zum Recycling. Auf diese Weise können zum einen Kunden ihre Wünsche einfacher einbringen, zum anderen können Unternehmen leichter als bisher maßgeschneiderte Produkte nach individuellen Kundenanforderungen produzieren. Individuelle Fertigung und vorbeugende Wartung der Produkte können der neue Standard werden.

Ausgehend von diesen Möglichkeiten werden neue Geschäftsmodelle entstehen. Gleichzeitig werden sich die Geschwindigkeit des Wandels und der damit einhergehende Wettbewerbsdruck für die etablierten Unternehmen weiter erhöhen.



Smart Engineering

Smart Engineering soll die Entwicklung intelligenter Produkte und Dienstleistungen sowie die vernetzte Produktion mitsamt den dazugehörigen Produktionssystemen über den gesamten Produktlebenszyklus unterstützen. Ziel ist eine durchgängige digitale Wertschöpfungskette.

Welche konkreten Veränderungen sind zu erwarten? Welche Chancen bietet „Smart Engineering“?

Die Digitalisierung der Geschäftsprozesse setzt ein vollständiges, digitales Produktmodell voraus, das nicht nur den Entwicklungsprozess, sondern den gesamten Produktlebenszyklus abbildet (Digital Master und Digital Twin).

Intelligente und vernetzte Produkte erfordern ein interdisziplinäres Engineering. Damit verschiedene Entwicklungspartner gemeinsam an den Eigenschaften des Systems arbeiten können benötigt es eine Disziplinen-übergreifende Definition. Model-Based Systems Engineering schließt diese Lücke und ermöglicht eine vollständige digitale Repräsentation über den gesamten Produktlebenszyklus.

Die Verwaltung der Produktdaten erfolgt heute noch siloartig in getrennten ALM-, PLM- und ERP-Systemen, die nicht oder nur wenig integriert sind. Der Zugriff auf konsistente und aktuelle Produktdaten muss über den gesamten Produktlebenszyklus sicher und effizient gestaltet werden.

Preiswertere und qualitativ hochwertigere additive Fertigungsverfahren (3D-Druck) ermöglichen eine zielgerichtete, mechanische Produktkomplexität, die sich nicht mehr an einschränkenden Produktionsverfahren orientieren muss. Darüber hinaus vereinfacht die Nutzung von Embedded Software, Sensoren und Aktuatoren die Individualisierung der Produkte bei gleichzeitiger Reduzierung der physischen Variantenvielfalt.

Das Internet der Dinge (IoT) und Big Data erlauben die Analyse und Nutzung von Daten aus dem gesamten Produktlebenszyklus. Der Zugriff auf Daten zu Verschleiß, Betriebsparameter, Nutzungsstatistiken und Servicedaten ermöglicht nicht nur eine vorausschauende Wartung (predictive maintenance), sondern gewährleistet auch ein schnelles Feedback über Kundennutzen und -erwartungen aus dem Aftersales-Bereich in den Entwicklungsprozess. Das vereinfacht und beschleunigt die Produktoptimierung in Bezug auf Funktionalität, Kosten und Qualität.

Herausforderungen

Treibende Kraft der Veränderungen ist die rasant zunehmende Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft. Sie verändert nachhaltig die Art und Weise, wie wir zukünftig entwickeln, produzieren und arbeiten werden.

Welche Herausforderungen ergeben sich aus diesen Veränderungen? Was müssen die Unternehmen zukünftig beherrschen, um die neuen Potenziale für sich zu nutzen?

- Neue Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle führen zu einem verschärften Wettbewerb. Um in diesem Umfeld zu bestehen, sind in noch stärkerem Maße innovative Produktideen und effiziente Wertschöpfungsketten erforderlich.
- Die globale Vernetzung und die weltweiten Zugriffsmöglichkeiten auf Informationen und Leistungen erfordern veränderte Prozesskompetenzen, um aus der Vielfalt und Menge verfügbarer Ressourcen die günstigsten und am besten für die eigenen Geschäftsprozesse geeigneten auszuwählen.
- Der Wandel von traditionellen hin zu cyber-physischen Produkten bzw. Systemen, die mit Software und Elektronik ausgestattet und zudem noch vernetzt sind, erfordert die Beherrschung von interdisziplinärem Know-how, sowohl für die Entwicklung der Produkte als auch für die Gestaltung der Prozesse.
- Aus der Individualisierung der Produkte resultiert eine größere Variantenvielfalt und höhere Produktkomplexität. Verbunden damit sind in den meisten Fällen komplexere Prozesse in Entwicklung, Produktion und Service. Durch geeignete strategische Ansätze und Lösungen muss diese Komplexität beherrschbar gemacht werden.
- Die Notwendigkeit globaler Marktpräsenz, die gestiegene Produktkomplexität und die aus dem verstärkten Wettbewerb resultierende Dynamik verkürzen die Gültigkeitsdauer von Anforderungen und Randbedingungen. Die Fähigkeit zum agilen Denken und Handeln und zum Umgang mit Widersprüchen wird immer wichtiger für den Erfolg.
- Die zunehmende Verbreitung von IT-Systemen und die Verfügbarkeit von digitalen Informationen über alle Phasen des Produktlebenszyklus bieten die Chance, durch eine übergreifende Integration der Daten Effizienzpotentiale zu heben sowie die Wertschöpfung und den Kundennutzen weiter zu steigern.
- Das breitgefächerte Angebot an Engineering-Dienstleistungen im globalen Netz senkt die Kosten, beschleunigt die Entwicklung und macht das Know-how umfassender verfügbar. Die Nutzung kollaborativer Methoden, Systeme und Prozesse wird deshalb für die Wettbewerbsfähigkeit im Engineering ausschlaggebend sein.

PLM und Smart Engineering

Die unter dem Oberbegriff Product Lifecycle Management (PLM) vereinten IT-Systeme spielen eine zentrale Rolle bei der Organisation eines auf Innovationen ausgerichteten Produktentstehungsprozesses. Die in den letzten Jahren stark ausgebauten PLM-Welten sind somit ein natürliches und mächtiges Instrument für die Erreichung der mit Smart Engineering und Industrie 4.0 verbundenen Ziele. PLM fällt eine Schlüsselrolle bei der Digitalisierung der Wertschöpfungsketten und der Realisierung smarter Engineering-Prozesse zu.

Sind die bestehenden PLM Infrastrukturen ausreichend für die neuen Herausforderungen? Welche Erweiterungen sind sinnvoll und zielführend? Welche PLM-Architekturen und -Technologien eignen sich dazu am besten?

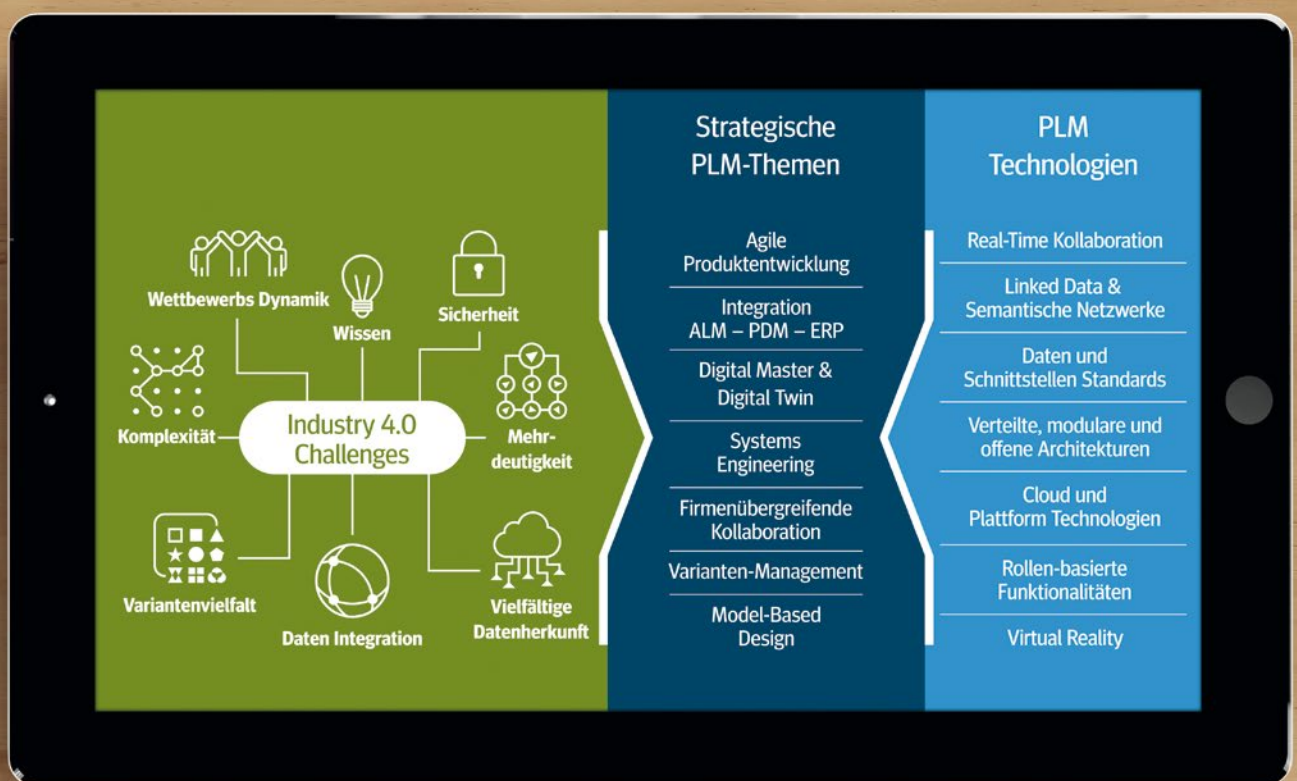
Betrachtet man die heutigen Entwicklungsprozesse mit Blick auf die Herausforderungen von „Smart Engineering“, so kann man feststellen, dass die Entwicklung von Mechanik, Elektrik/Elektronik und Software in vielen Firmen immer noch in unterschiedlichen Organisationseinheiten verankert ist. Das hat oft zur Folge, dass gleiche Aufgabenstellungen wie z. B. das Anforderungsmanagement oder die Funktionsmodellierungen mit unterschiedlichen IT-Systemen in unterschiedlichen Prozessen umgesetzt werden.

Gerade diese Vielfalt von Systemen ist eine Herausforderung, für die moderne PLM-Konzepte Lösungen ermöglichen. Es gilt jedoch, die richtigen Weichen zu stellen und bei der Auslegung seiner Architektur den für die individuelle Situation passenden Lösungsansatz auszuwählen.

Generell benötigen wir strategische Ansätze, die, wenn möglich, die Komplexität bei der PLM-Bebauung reduzieren bzw. die Dynamik der Änderungen bei der Neugestaltung beherrschbar machen. Darüber hinaus sollten sie es erlauben, mit Unschärfe bzgl. der zukünftigen Anforderungen und Randbedingungen umzugehen.

Es ist davon auszugehen, dass Prozessinnovationen die Effizienz bei Entwicklung, Produktion und Service „smarter Produkte“ deutlich steigern. Um diese Chancen zu nutzen und gleichzeitig die Risiken zu minimieren, sollte man sich schrittweise und iterativ dem Ziel neuer und effizienterer PLM-Prozesse nähern.

Abbildung 2



Hierbei kristallisieren sich folgende strategische PLM-Themengebiete als Handlungsfelder heraus (siehe Abbildung 2):

- Agile Produktentwicklungsprozesse und modulare PLM-Architekturen
- Integration von ALM-, PDM- und ERP-Systemen
- Systems Engineering und Model-Based Systems Engineering
- Interdisziplinäres Varianten-, Konfigurations- und Änderungsmanagement
- Kollaborationsfähige PLM-Prozesse
- Realisierung des digitalen Mastermodells

Mit den bestehenden PLM-Lösungen lassen sich diese Handlungsfelder nicht oder nur mit einem hohen Implementierungs- und Administrationsaufwand adressieren. PLM-Experten sind sich weitgehend einig darüber, dass wir föderative Systeme mit einer modularen und offenen Architektur benötigen. Eine modulare, mehrschichtige Architektur ermöglicht systemübergreifende Datenverknüpfungen.

Die Schaffung eines digitalen Arbeitsplatzes (Digital Workspace), der jedem Anwender die für seine jeweilige Aufgabe erforderlichen Informationen und Funktionen in einer einheitlichen Oberfläche bereitstellt, ist eine wesentliche Voraussetzung, um die wachsende Komplexität der Systeme und Prozesse bei der interdisziplinären Entwicklung smarterer Produkte beherrschbar zu machen. Intelligente Algorithmen unterstützen dabei und erlauben einen schnellen, personalisierten Informationszugang über rollenbasierte, grafische User Interfaces.

Von Industrie 4.0 zu neuen Geschäftsmodellen

Bei Industrie 4.0 geht es um weit mehr als um die Steigerung der Effizienz und Flexibilität der Produktion durch die intelligente Vernetzung von Maschinen, Anlagen, Werkstücken und IT-Systemen. Es geht in erster Linie um die Entwicklung intelligent vernetzter Produkte, zu denen aus Sicht eines Anlagenbauers ja auch die Maschinen gehören. Und es geht um die Entwicklung neuer, serviceorientierter Geschäftsmodelle, um den maximalen Nutzen aus dieser Vernetzung zu ziehen und die Wertschöpfungsketten zu verlängern.

Wie kann ein Unternehmen neue Geschäftsmodelle entwickeln und seine Wertschöpfung durch die intelligente Vernetzung seiner Produkte erhöhen? Sind Sie auf die digitale Transformation vorbereitet?

Insbesondere mittelständische Unternehmen stehen vor der Frage, wie sie die disruptive Energie des Internet of Things bändigen und in eine evolutionäre Weiterentwicklung ihres bestehenden Geschäfts einbringen können. Viele haben z. B. heute schon Produkte, die mit Sensoren ausgestattet sind, schöpfen das Potenzial der Sensordaten jedoch noch nicht aus.

Die Entwicklung neuer Produkte und Ideen für das Zeitalter von Industrie 4.0 hat maßgeblichen Einfluss auf die künftigen Geschäftsziele des Unternehmens. Ohne Kenntnis dieser Geschäftsziele lässt sich keine zukunftsfähige PLM-Strategie entwickeln. Wenn ein Unternehmen künftig z. B. digitale Zwillinge für die Überwachung seiner Produkte im laufenden Betrieb oder die Optimierung künftiger Produktgenerationen nutzen möchte, beeinflusst das die PLM-Bebauung und die Gestaltung der PLM-Prozesse. Deshalb empfiehlt es sich, zunächst die Industrie 4.0-Readiness eines Unternehmens zu analysieren.

Agile Prozesse und modulare PLM-Architekturen

Die Entwicklung von Produkten und Produktionssystemen, die über das Internet vernetzt sind, stellt neue Anforderungen an die Organisation der PLM-Prozesse und die Gestaltung der PLM-Systemlandschaften. Die Integration der verschiedenen Engineering-Disziplinen, aber auch von Entwicklung und Fertigungsplanung oder von Entwicklung und Service gewinnt an Bedeutung. PLM wird multidisziplinär. Dem müssen die Unternehmen bei der Formulierung ihrer PLM-Strategien Rechnung tragen.

Wie sieht eine PLM-Strategie aus, die einen interdisziplinären und effizienten Entwicklungsprozess für „Smart Products“ und „Smart Services“ ermöglicht?



Eine moderne PLM-Strategie muss künftige Veränderungen antizipieren, d. h. sie muss proaktiv, innovativ und flexibel sein. Die Unterstützung neuer, serviceorientierter Geschäftsmodelle erfordert z. B. eine stärkere Durchdringung von digitalen Daten aus Entwicklung und Produktion mit Informationen aus der Produktnutzung zur Unterstützung von Predictive Maintenance und Smart Services. In diesem digitalen Informationskreislauf ist PLM nicht immer der Eigner, wohl aber der Makler der Informationen.

Das zentrale Ziel einer PLM-Strategie, jederzeit einheitliche, verbindliche und aktuelle Produktinformationen bereitzustellen, muss deshalb konsequent erweitert werden. Aber nicht im Sinne einer gewaltigen Datenablage, in der alle Informationen nach gemeinsamen Richtlinien verwaltet werden. Monolithische Systemarchitekturen sind zu wenig anpassungsfähig, um mit den sich dynamisch ändernden Anforderungen Schritt zu halten. Die wachsende Komplexität der interdisziplinären Produktentwicklung lässt sich nur durch eine modulare Gesamtarchitektur, bestehend aus föderativen Teilsystemen mit intelligent vernetzten Informationen, beherrschbar machen. Eine modulare Architektur schafft dabei Freiräume für die Anpassung und Neugestaltung von Prozessen und reduziert den daraus resultierenden Änderungsaufwand.

Wesentliche Voraussetzungen für die Anpassbarkeit dieser modularen PLM-Architektur sind Offenheit und die Unterstützung von Standards, denn sie machen die einzelnen Teilsysteme leichter austauschbar. Deshalb ist bei der Planung der neuen IT-Bebauung konsequent auf die Einhaltung des Code of PLM Openness (CPO) durch Systemlieferanten und-integratoren zu achten. Eine offene PLM-Architektur unterstützt agile und flexible Prozesse.

Die Transformation der bestehenden Systemlandschaften ist eine große Herausforderung. Die Unternehmen müssen nicht nur die für sie am besten geeignete IT-Bebauung finden, sondern auch eine Strategie für die schrittweise Implementierung definieren. Um diese zu bewältigen, benötigen Unternehmen einerseits einen guten Überblick über die am Markt verfügbaren Lösungen und andererseits das entsprechende Integrations-Know-how, um sie in ihre bestehenden Landschaften einzubinden und vorhandene Informationen zu migrieren.

Modulare PLM-Architekturen bestehend aus föderativen Teilsystemen mit intelligent vernetzten Informationen bieten die beste Unterstützung für Smart Engineering.

Peter Wittkop



Integration von ALM-, PDM- und ERP-Systemen

Zur Steuerung der Prozesse in Mechanik- und Software-Entwicklung sowie von Disposition und Produktion werden heute unterschiedliche Managementsysteme eingesetzt: ALM (Application Lifecycle Management) für die Software, PDM (Produktdatenmanagement) für die Mechanik und ERP (Enterprise Resource Management) für die Produktionssteuerung. Jederzeit die aktuelle und verbindliche Information über das Produkt zu haben, war immer schon die Basis für korrekte unternehmerische, wirtschaftliche, technische oder organisatorische Entscheidungen. Mit Industrie 4.0 und der Digitalisierung der Produkte wird die durchgängige Verfügbarkeit der Informationen zu einem bestimmten Produkt unabdingbar, um beispielsweise über den gesamten Produktlebenszyklus Services anbieten zu können.

Was ist für eine Integration dieser Datenmanagementsysteme wichtig und welche Anforderungen ergeben sich daraus?



Die fehlende Datenintegration zwischen Systemen, Unternehmensbereichen und innerhalb von Wertschöpfungs- und Lieferketten ist ein entscheidendes Hindernis bei der Etablierung neuer Geschäftsmodelle. Datenpflege und Steuerung der Datenlogistik liegen üblicherweise in der Verantwortung der Prozess-eigner in den jeweiligen Organisationseinheiten. An den Nahtstellen zwischen Entwicklung, Produktion sowie Wartung und Pflege kommt es jedoch zu Systemübergängen und damit auch zu Übergängen in der Repräsentation und Eigentümerschaft der Daten. Daraus resultierte immer schon der Bedarf an automatisierter Datenübertragung in beide Richtungen, um z. B. nachvollziehen zu können, in welchen Produkten ein fehlerhaftes Bauteil verbaut wurde oder welcher Softwarestand auf einem bestimmten Steuergerät installiert ist.

Mit zunehmendem Einfluss von Software auf wesentliche Produkteigenschaften ergeben sich insbesondere bei der parallelen Bearbeitung mehrerer Produktvarianten zusätzliche Anforderungen an die Integration von ALM, PDM und ERP durch die unterschiedlichen Geschwindigkeiten von Mechanik- und Softwareentwicklung. Mechanische Bauteile, zumal wenn sie mit komplexen Werkzeugen gefertigt werden, benötigen eine erhebliche Vorlaufzeit bis zum praktischen Einsatz. Software erlaubt späte Änderungen, die allerdings genauso getestet und dokumentiert werden müssen. Die Systemintegrationen müssen sowohl den lesenden, als auch den schreibenden Zugriff zulassen und Recherchen zu Dokumentationszwecken unterstützen. Daraus erwächst der Bedarf zur Datenvernetzung. Die leichtgewichtige Kopplung von mehreren Systemen in einem Cockpit ist eine der attraktiven Möglichkeiten. Außerdem muss man die Datenhoheit bei wechselndem Status der Informationsobjekte managen können.

Es wäre eine Illusion zu glauben, man könne eines der Managementsysteme zur Datendrehscheibe ausbauen. Es würde weder die Anforderungen an ein sicheres Datenmanagement erfüllen, noch die notwendige Flexibilität bieten, die Voraussetzung für agile Prozesse und Innovation ist. Die beste Lösung ist ein Systemverbund aus ALM, PDM und ERP, in dem der gesamte Lebenszyklus der digitalen Produktrepräsentation abgebildet werden kann. Die Integration der Datenquellen, die für Entwicklung und Fertigung smarter Produkte erforderlich sind, wird mit einer leistungsfähigen Integrationsplattform realisiert. Sie sichert eine hocheffiziente Datenverknüpfung ohne Umbau der bestehenden ALM-PDM-ERP-Landschaft.

Der wachsende Anteil von Elektronik und Software in smart vernetzten Produkten erfordert eine engere Integration von ALM, PDM und ERP.

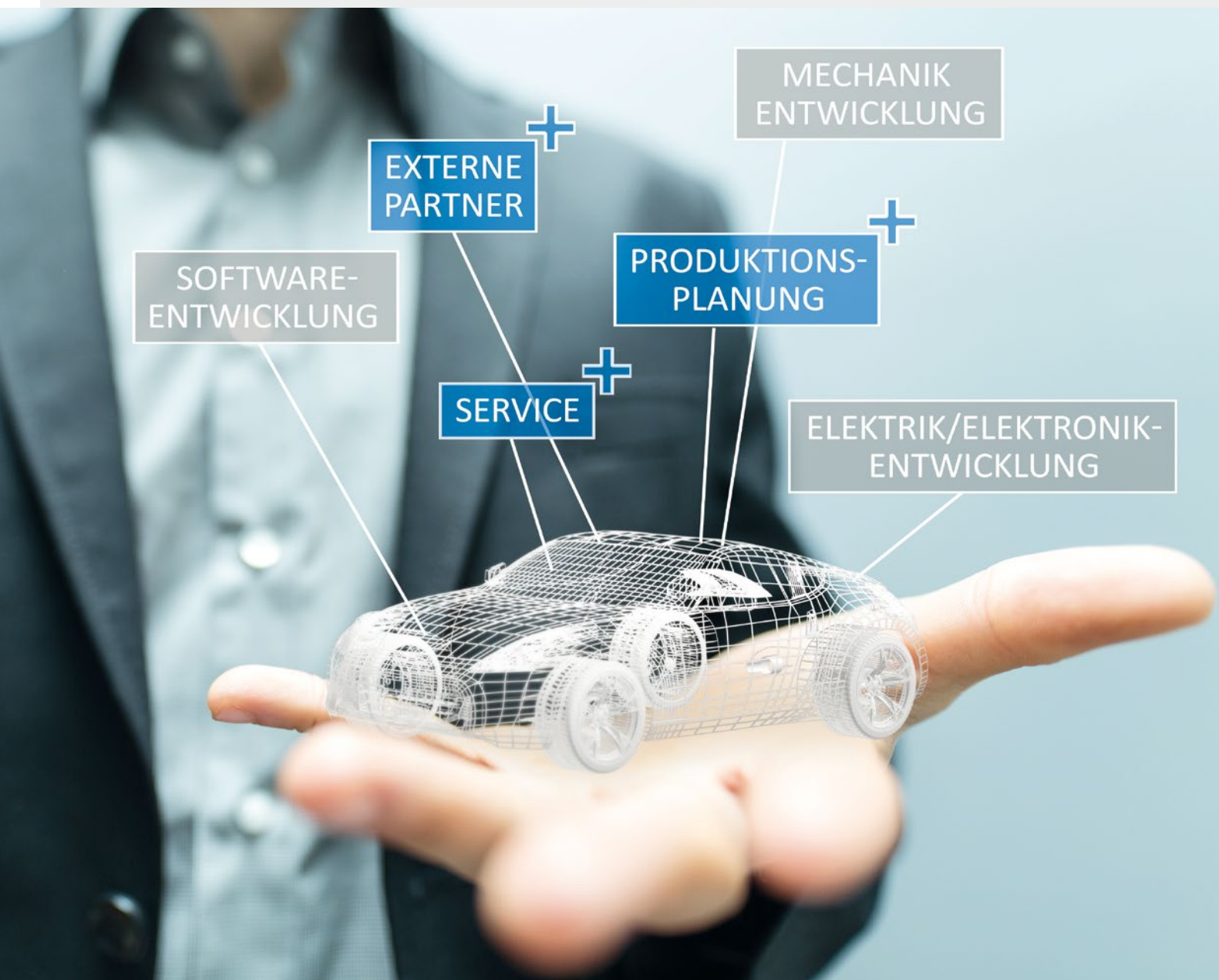
Lutz Lämmer



Systems Engineering und Model-Based Systems Engineering

Die Entwicklung smart vernetzter Produkte ist ein hochgradig interdisziplinärer Prozess. Es müssen nicht nur die klassischen Ingenieursdisziplinen der Mechanik-, Elektrik/Elektronik- und Software-Entwicklung, sondern auch neue Stakeholder frühzeitig in die Entwicklung eingebunden werden, damit sie ihre unterschiedlichen Anforderungen einbringen können: die Produktionsplanung, die dafür die entsprechenden Anlagen entwickeln muss, der Service, der das Produkt als Teil eines Servicepakets anbieten wird und externe Partner, mit deren Systemen oder Plattformen die Produkte vernetzt werden sollen.

Welche Bedeutung haben Systems Engineering (SE) und Model-Based Systems Engineering (MBSE) im Kontext von Industrie 4.0 und welche Rolle nehmen sie ein?



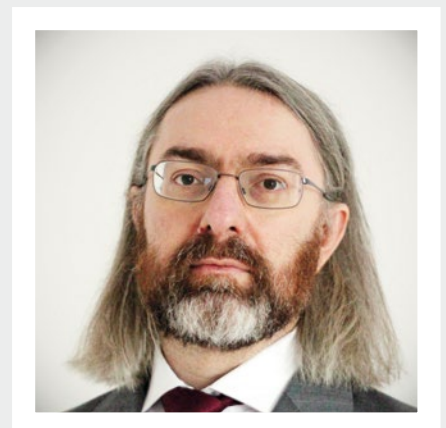
Die domänenspezifischen IT-Werkzeuge und-Methoden bieten für diesen interdisziplinären Prozess zu wenig Unterstützung. Als Alternative empfiehlt sich der aus der Raumfahrt stammende Ansatz des Systems Engineering. Er unterstützt alle an der Entwicklung beteiligten Disziplinen in allen Phasen des Produktentstehungsprozesses, unabhängig vom eingesetzten Vorgehensmodell, sei es in Anlehnung an das klassische V-Modell oder an agile Vorgehensweisen. Ausgehend von der Stakeholderanalyse werden die Anforderungen und Funktionen des Systems und seiner Subsysteme sowie ihr Zusammenspiel in abstrakter Form modelliert, simuliert und validiert.

Eine auf SE aufbauende Methodologie, die sich in der Industrie einer wachsenden Akzeptanz erfreut, ist das Model-Based Systems Engineering mit Hilfe von SysML. MBSE formalisiert die Vorgehensweise bei der Systemmodellierung und-validierung, so dass die Modelle mit anderen Prozessbeteiligten einfacher ausgetauscht und wiederverwendet werden können.

Systems Engineering Methoden und Werkzeuge werden heute schon in vielen Unternehmen genutzt, aber in aller Regel losgelöst von den disziplinspezifischen Entwicklungsprozessen. Die Herausforderung besteht zum einen darin, einen disziplinenübergreifenden Entwicklungsprozess für smart vernetzte Produkte zu etablieren und zum anderen die Werkzeuge und Methoden so in die PLM-Prozesse zu integrieren, dass klassische Funktionen wie Versions-, Änderungs- und Konfigurationsmanagement auf die MBSE-Artefakte angewandt werden können. MBSE greift darüber hinaus stark in die unternehmerische Organisation ein und erfordert eine neue Art von Mitarbeitern bzw. Mitarbeiter mit neuen Skills, weshalb die Implementierung durch einen kompetenten Partner begleitet werden sollte.

*Smart vernetzte Produkte zu entwickeln,
ist ein interdisziplinärer Prozess.
Er kann nur funktionieren, wenn alle
Beteiligten eine gemeinsame Sprache sprechen.*

Markus Brandstätter



Model-Based Definition und Digital Master

Seit Einführung der ersten 3D-CAD-Systeme verfolgen die Entwicklungsabteilungen die Idee, die papierbasierte Dokumentation durch eine vollständig digitale Produktbeschreibung zu ersetzen. Dank leistungsfähiger Visualisierungswerkzeuge stehen die geometrischen Modelle heute auch außerhalb der Entwicklung und Konstruktion in digitaler Form zur Verfügung und können, eingebettet in 3D PDF-Dokumente, für die Optimierung anderer Geschäftsprozesse genutzt werden. Bei der Übergabe der Produktdaten an die Arbeitsvorbereitung kommt jedoch auch heute noch oft die Papierzeichnung zum Einsatz.

Das 3D-Master-Modell ist die Grundlage für durchgängig zeichnungslose Prozesse, beschränkt sich aber auf die geometrische und mechanische Dimension des Produkts. Inzwischen enthalten Produkte, die bislang vorwiegend mechanisch definiert waren, jedoch immer mehr softwaregesteuerte Funktionen. Sie werden als Teile eines Systems wahrgenommen und müssen auch als solche entwickelt werden.

Auch der Produktionsprozess verändert sich unter dem Eindruck von Industrie 4.0 grundlegend. Flexible Produktionssysteme reagieren dynamisch auf äußere Einflüsse und kontrollieren selbständig die Produktionsqualität. Dafür müssen alle produktionsrelevanten Produktparameter in digitaler Form zur Verfügung stehen.

Was muss man sich unter einem Digitalen Master vorstellen?

Welchen Nutzen kann man dadurch erwarten?



Das Konzept des Digitalen Masters entwickelt den Gedanken des 3D-Masters unter Berücksichtigung der neuen Anforderungen in Entwicklung und Produktion weiter. Der Digitale Master ist ein vollständiges digitales Produktmodell, das alle verfügbaren Produktinformationen zusammenfasst. Neben geometrischen und mechanischen Eigenschaften sind das z. B. elektrische Komponenten, eingebettete Software, produktionsrelevante Materialeigenschaften, Prozessinformationen für die Produktion oder kaufmännische Informationen aus dem ERP-System. Über den Produktlebenszyklus verändert sich die Zusammensetzung des Digitalen Masters entsprechend der zum jeweiligen Zeitpunkt relevanten Informationen.

Der Digitale Master dient als Basis für den Digital Twin und versorgt alle Teilprozesse mit den erforderlichen Informationen. Während der Digitale Master die vollständige digitale Beschreibung eines konkreten Produktes darstellt, umfasst der Digitale Twin darüber hinaus weitere Informationen, die für Simulation, Produktion und Service relevant sind. Auch Einkaufsprozess, technische Dokumentation, Audit- und Genehmigungsprozesse sowie das Marketing können den Digitalen Master als zentrales Produktmodell nutzen. Die Herausforderung für die Unternehmen besteht darin, die Geschäftsprozesse zu identifizieren, in denen Digitaler Master und Digital Twin ihre größten Nutzenpotenziale entfalten können.

Das 3D-Master-Modell ist die Grundlage für zeichnungslose Prozesse und ein erster Schritt auf dem Weg zu einem vollständig digitalen Produktmodell, dem Digital Master.

Alain Pfouga



Interdisziplinäres Varianten-, Konfigurations- und Änderungsmanagements

Aufgrund der steigenden Produktkomplexität und Variantenvielfalt ist deren Beherrschung über den gesamten Entwicklungsprozess eine der Kernherausforderungen im Kontext Industrie 4.0. Die dafür genutzten Verfahren müssen dabei auch den Herausforderungen im Smart Engineering, wie agile Prozesse, kurze Entwicklungszyklen, schnell wechselnde Marktsituationen und gleichbleibend hohe Anforderung an die Produktqualität, gerecht werden.

Im Zeitalter der Digitalisierung ist die Beherrschung der Produkt- und Prozesskomplexität somit eine der Schlüsselkompetenzen in der Produktentwicklung.

Wie können Unternehmen ihre Produktkomplexität im gesamten Entwicklungsprozess beherrschen, um daraus einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil zu erzielen.



Ein erfolgreiches Komplexitätsmanagement setzt ein geeignetes Produktmodell bestehend aus Funktionsicht und Produktstruktur voraus. Um ein entsprechendes Produktmodell zu ermöglichen, muss die Produkt-Architektur entsprechend angepasst werden und das Produktmodell als Digital Master aufgebaut sein. Der Digital Master ermöglicht eine effiziente Steuerung und Kontrolle der Produktkomplexität im Prozess. Dabei werden neben den Produkt-Artefakten (Engineering-Daten, Software, Dokumentationen, Simulationsdaten) und Produkteigenschaften auch die gesamte Varianteninformation in entsprechender Form abgebildet.

Auf Basis des Digital Masters können mithilfe geeigneter Methoden und Tools [9] die Konsistenz der Produktbeschreibung sowie deren Eigenschaften umfangreich analysiert und damit die Qualität sichergestellt werden.

Durch diese Methoden und Tools können die Produkt-Varianten im gesamten Prozess gesteuert und überwacht werden. Dadurch kommt es zu einer deutlichen Verkürzung der Änderungszyklen. Zudem ermöglichen diese Methoden und Werkzeuge ein flexibles Änderungsmanagement, da damit die Konsequenzen von Änderungen unmittelbar nachvollziehbar sind.

Die Beherrschung der Komplexität ist somit für die PLM-Prozesse der Unternehmen von zentraler Bedeutung und die Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0-Initiativen. Dies erfordert die geeignete Überarbeitung der Produkt-Architekturen und die Implementierung eines Digital Masters in den domänen-übergreifenden Entwicklungsprozessen, der die System-Eigenschaften für alle Varianten abbildet. Gleichzeitig müssen geeignete Prozess-Methoden und Tools eingeführt werden, die es allen Prozessbeteiligten ermöglicht die Produkt-Komplexität zuverlässig und einfach zu beherrschen.

Interdisziplinäres Varianten-, Konfigurations- und Änderungsmanagement ist die Voraussetzung zur Beherrschung komplexer Produkte und Prozesse im Product Lifecycle.

Patrick Wischnewski



Kollaborative PLM-Prozesse

Die technologischen Innovationen im Kontext von Industrie 4.0 führen zu einer stärkeren Zusammenarbeit über Unternehmens- und Domänengrenzen hinweg. Es müssen nicht nur neue Partner, z. B. im Service, sondern auch komplett neue Player in die Collaboration-Prozesse einbezogen werden. Dafür sind die PLM-Systeme heute nicht ausgelegt, weshalb nach wie vor viele Informationen unverschlüsselt, d. h. ohne jeden Schutz für das geistige Eigentum über E-Mail ausgetauscht werden.

Die Möglichkeit, PLM in kollaborativen Prozessen zu nutzen, wird im Rahmen von Industrie 4.0 an Bedeutung zunehmen. Das sollte bei der Ausrichtung der PLM-Strategie frühzeitig berücksichtigt werden.

Wie können PLM-Systeme den wachsenden Collaboration-Bedarf bei der Entwicklung smart vernetzter Produkte besser unterstützen?



In vielen Branchen werden innovative neue Unternehmen entstehen, die im Verbund Produkte entwickeln, produzieren und vertreiben. Sie werden den etablierten Herstellern Konkurrenz machen. Die Partner dieser Unternehmen übernehmen flexibel und in wechselnden Konstellationen Teilprozesse im Produktentstehungsprozess. Damit steigen die Anforderungen an die Flexibilität der zu gestaltenden Prozesse und es wächst der Bedarf für sofort einsetzbare Techniken und Methoden zur Kollaboration.

Die Einbindung von externen Partnern und Lieferanten, die ihre Dienste im globalen Netz anbieten, erfordert Collaboration-Lösungen, die sich gut in die bestehenden PLM-Systeme integrieren lassen. Sie müssen ganz unterschiedliche Szenarien von einer punktuellen Zusammenarbeit mit sporadischem Datenaustausch bis hin zur Regelversorgung mit einer dauerhaften Partnerbeziehung oder eines Joint Ventures unterstützen. Neben der Zuverlässigkeit spielen Datensicherheit und IP-Schutz (Intellectual Property) bei der Collaboration eine zentrale Rolle.

Kollaborative PLM-Prozesse sind jedoch nicht nur eine Frage der eingesetzten Techniken, sondern bedürfen einer ganzheitlichen Betrachtung von Organisation, Technik und Personal. Ziel muss es sein, die Kollaborationsprozesse so auszugestalten, dass Effizienz und Effektivität von Menschen und Systemen insgesamt optimiert werden. Vor der Implementierung entsprechender Lösungen müssen deshalb die aktuellen Kollaborationsprozesse und die künftigen Anforderungen eingehend analysiert werden.

Mit der interdisziplinären Entwicklung smart vernetzter Produkte wächst die Notwendigkeit, PLM auch in kollaborativen Prozessen nutzen zu können, noch stärker.

Mirko Theiß



PROSTEP – Ihr Partner für Industrie 4.0 und Smart Engineering

Industrie 4.0 bedeutet für die Unternehmen große Herausforderungen, aber auch enorme Chancen. Viele Unternehmen stehen vor der Frage, wo sie ansetzen sollen, um die Potenziale von Industrie 4.0 zu heben. **Das „Industrie 4.0 Readiness Assessment“ von PROSTEP hilft Ihnen, Ihre Industrie 4.0 Fähigkeiten zu bewerten und zusätzliche Potenziale aufzuspüren.**

Industrie 4.0 hat Auswirkungen auf die globale Strategie eines Unternehmens und seine geschäftlichen Ziele. Daraus ergeben sich neue Anforderungen an die PLM-Strategie, die in aller Regel eine Anpassung der PLM-Bebauung erforderlich machen. **Unsere Berater unterstützen Sie bei der PLM-Strategieentwicklung, dem Architekturentwurf, der Systemauswahl und der Integration Ihrer bestehenden IT-Anwendungen.**

Industrie 4.0 und Smart Engineering setzen eine durchgängige Verfügbarkeit der Informationen zu einem bestimmten Produkt zwingend voraus. Diese Informationen stecken heute in unterschiedlichen Datenquellen. **Mit OpenPDM und OpenDXM GlobalX bieten wir Ihnen eine leistungsfähige Plattform für die Integration Ihrer ALM-, PDM- und ERP-Systeme und für die intelligente Verknüpfung der Informationen.**

Die interdisziplinäre Entwicklung smart vernetzter Produkte erfordert ein gemeinsames Systemverständnis. Die Methoden des Model-Based Systems Engineering bieten hierzu die richtigen Werkzeuge. **Wir helfen Ihnen dabei, die Werkzeuge und Methoden des MBSE zu erschließen und sie durchgängig in Ihre PLM-Prozesse und -Systeme zu integrieren.**

Ziel von Smart Engineering ist die Schaffung digitaler Wertschöpfungsketten auf der Basis eines Digitalen Produktmodells, das den gesamten Lebenszyklus des Produkts einschließlich des Betriebs abbildet. **PROSTEP unterstützt Sie bei der Implementierung zeichnungsloser Prozesse auf Basis der 3D-PDF-Technologie und der Implementierung eines zukunftsorientierten Digital Master-Konzepts.**

Die Variantenvielfalt wird bei smart vernetzten Produkten zunehmend über die Software abgebildet, um die Kosten der Varianz zu minimieren. Damit wird das Varianten- und Konfigurationsmanagement zu einer interdisziplinären Aufgabe. **Unsere Berater unterstützen Sie bei der Optimierung Ihrer Produktarchitekturen und beim Aufbau einer domänenübergreifenden Variantensystematik.**

Die Zusammenarbeit in globalen Wertschöpfungsketten wird sich durch Industrie 4.0 weiter verstärken und zunehmend Disziplinen außerhalb des Engineerings, wie den Service oder branchenfremde Teilnehmer, einbeziehen. **PROSTEP berät Sie bei der Gestaltung Ihrer Kollaborationsprozesse und bietet Ihnen die marktführenden Integrations- und Datenaustauschlösungen OpenPDM und OpenDXM GlobalX.**

Unser Motto „**PROSTEP – Integrate the Future**“ ist im Zeitalter von Industrie 4.0 und Smart Engineering aktueller denn je.



Die Herausforderungen der Digitalisierung sind vielfältig. Unsere Beratungs- und Lösungsangebote helfen Ihnen, die 4. industrielle Revolution erfolgreich zu gestalten.

Martin Strietzel

Industrie 4.0 und Smart Engineering – Unser Angebot

Industrie 4.0 Readiness-Check

- Durchführung von Readiness-Workshops zur Identifikation Ihrer Industrie 4.0 Potenziale:
 - Wir zeigen Ihnen, wie sie für die Digitalisierung aufgestellt sind.
 - Erfahren Sie, ob Ihre Produktstrategie den Herausforderungen gerecht wird.

PLM-Strategieberatung

- Wir entwickeln und validieren Ihre PLM-Strategie mit Blick auf Industrie 4.0 und Smart Engineering.
- Wir empfehlen Ihnen die geeignete PLM-Architektur.
- Nutzen Sie unsere Erfahrung bei der Aufnahme Ihrer PLM-Kernprozesse und Anforderungen.
- Wir erstellen für Sie die Ausschreibungsunterlagen und führen die Systemauswahl durch.
- Im Rahmen von Future-PLM-Assessments für Smart Engineering identifizieren wir den konkreten Handlungsbedarf in Ihrer Produktentwicklung.

Systems Engineering

- Wir unterstützen Sie bei der Einführung eines V-Modell-basierten Entwicklungsprozesses.
- Wir strukturieren das V-Modell passend zu den Fachbereichen, Prozessen, Methoden und Werkzeugen Ihres Unternehmens.
- Nutzen Sie unsere Hilfe bei Auswahl und Weiterentwicklung der für Ihr Unternehmen passenden Methoden, Tools und Formate.
- Profitieren Sie von den Vorteilen einer Systems Lifecycle Management-Infrastruktur, die Ihre ALM-, PDM- und ERP-Prozesse zusammenführt.

Integration von ALM-, PDM- und ERP-Prozessen

- Wir verbinden Ihre Daten und Prozesse im Rahmen Ihrer PLM-Strategie.
- Überwinden Sie mit unserer Hilfe Systemgrenzen und agieren Sie disziplinenübergreifend.
- Wir organisieren Ihr System Lifecycle Management.
- Nutzen Sie unsere Erfahrung bei der Verbindung Ihrer Datenmanagementsysteme.

Model-Based Definition / Model-Based Enterprise

- Profitieren Sie von digitalen Produktmodellen in Ihren Produktionsprozessen.
- Wir entwickeln Ihre Digital Master-Strategie und implementieren die erforderlichen Tools.
- Optimieren Sie Ihren Built to Print-Prozess mit unserer 3D PDF-Technologie.

Cross-Company Collaboration

- Nutzen Sie OpenDXM GlobalX und OpenPDM für den sicheren Datenaustausch und die Partnerintegration.
- Implementieren Sie auf der Basis unserer praxiserprobten Lösungen eine agile und sichere Collaboration-Infrastruktur.
- Wir unterstützen Sie bei Definition und Umsetzung Ihrer Collaboration-Strategie.

PROSTEP Veröffentlichungen

- [1] C. Eckl, Dr. M. Brandstätter, Dr. A. Pfouga, Dr. J. Stjepandić: „A Comparative View to Model-based Systems Engineering Technique in Space and Automotive Development“. TMCE 2016, 2016
- [2] Dr. M. Brandstätter, C. Eckl: „Einsatz von Model-based Systems Engineering in der Automobil-industrie“. Tag des Systems Engineering 2015, 2015
- [3] C. Eckl, Dr. M. Brandstätter, Dr. J. Stjepandić: „Using the „ Model-based Systems Engineering „Technique for Multidisciplinary System Development“. Konferenz CE 2015, 2015
- [4] Dr. M. Strietzel: „PLM, Industry 4.0 and the Digital Master“. ProSTEP iViP Symposium 2016, 2016
- [5] Dr. K. Theis, PROSTEP AG, Dr. D. Trippner, dreiconsult GbR: „CPO – The Key Element to an agile PLM strategy – Observations from the perspective of users and system integrators“. ProSTEP iViP Symposium 2016, 2016
- [6] Dr. K. Theis, PROSTEP AG, Dr. D. Trippner, dreiconsult GbR: „Agile PLM Strategy Development – Methods and Success Factors“. eee2016 Konferenz, Dresden 2016
- [7] A. Biahmou, C. Emmer, A. Pfouga and J. Stjepandić: „Digital Master as an Enabler for Industry 4.0“. Konferenz TE 2016, 2016
- [8] P. Wittkop : „Future PLM als Enabler für Agile Produktentwicklung“. Konferenz Agile PEP Minds 2016, 2016
- [9] Christopher Junk, Robert Rößger, Georg Rock, Karsten Theis, Christoph Weidenbach, Patrick Wischnewski: „Model-Based Variant Management with v.control“. ISPE CE 2015: 194-203



PDF Version des Whitepapers:
www.prostep.com/whitepaper
oder scannen Sie den QR Code



Sie haben Anmerkungen oder Fragen?

Wir freuen uns auf Ihr Feedback an
infocenter@prostep.com

PROSTEP AG
Dolivostraße 11 · 64293 Darmstadt · Deutschland
Telefon +49 6151 9287-0 · Telefax +49 6151 9287-326 · E-Mail info@prostep.com

© 2017 PROSTEP AG. Alle Rechte vorbehalten.
Alle durch ® oder ™ gekennzeichneten Marken sind das Eigentum ihrer jeweiligen Inhaber.

IMPRESSUM

Herausgeber
PROSTEP AG

Verantwortlich für den Inhalt
Martin Strietzel

Edition 1, 2017