



DIGITAL TRANSFORMS PHYSICAL

EIN LEITFADEN ZU VERNETZTEN SYSTEMEN IN DER DISKRETEN FERTIGUNG: PLM, ERP, MES UND DARÜBER HINAUS

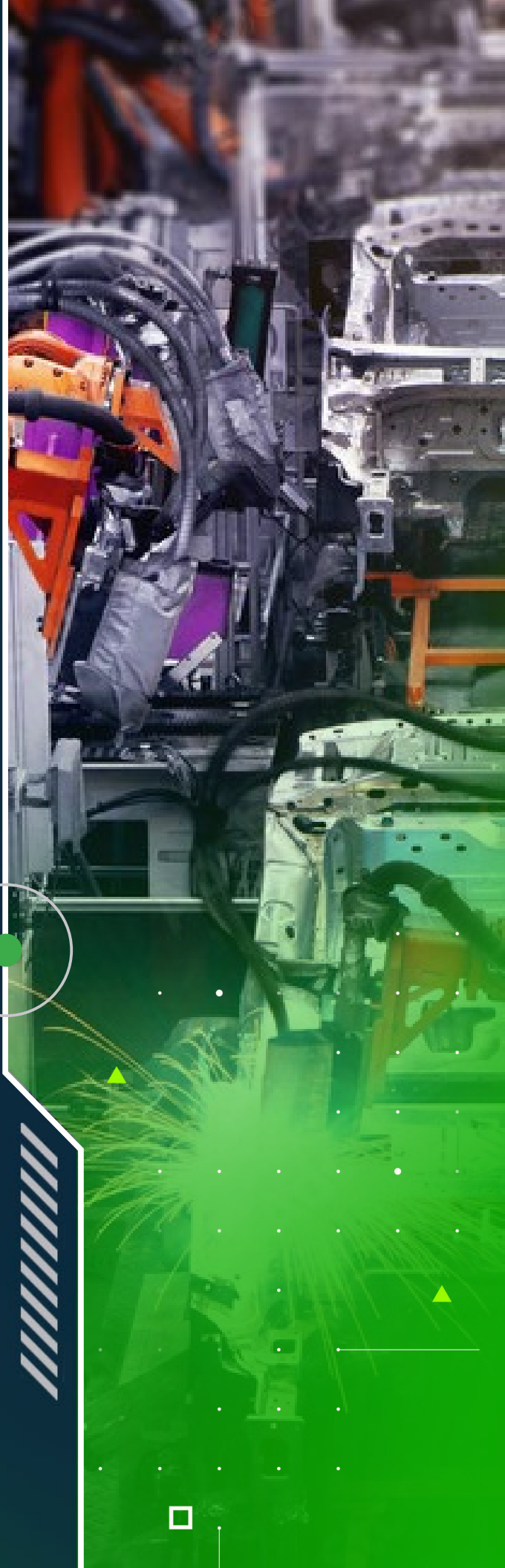
6 9 8 3

6 7 3 3

1 4 6 4

WHITEPAPER

Oktober 2023





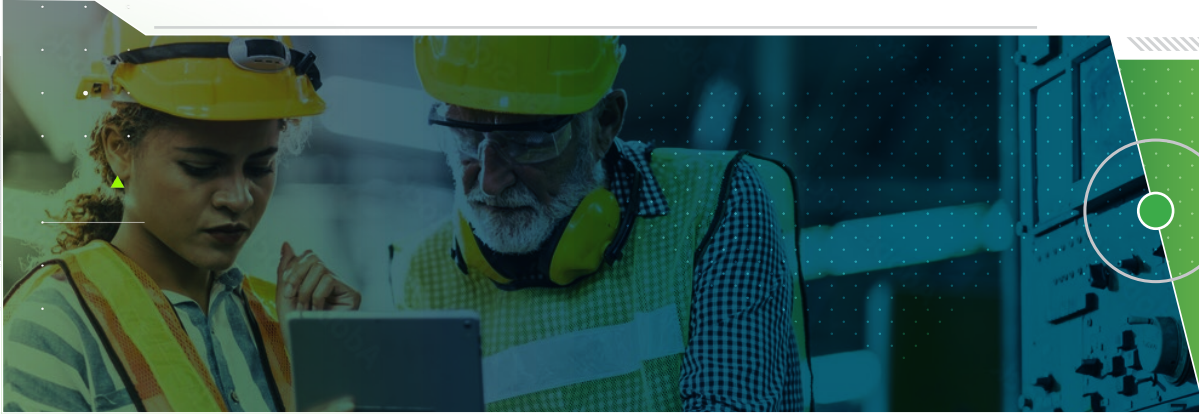
WACHSENDE ERWARTUNGEN

In jeder Industriebranche stehen Fertigungsunternehmen in vielfältiger Weise unter wachsendem Wettbewerbsdruck: als Erste immer innovativere Produkte auf den Markt zu bringen, ein immer stärker personalisiertes Käuferlebnis zu bieten, eine immer bessere Qualität in der Fertigung und im Betrieb zu bieten und immer pünktlich zu liefern. Diese Wettbewerbsherausforderungen gilt es zu meistern, während die Unternehmen gleichzeitig Kosten kontrollieren, Störungen in der Lieferkette bewältigen und auf Fluktuationen in der Nachfrage reagieren müssen.

Für all diese Anforderungen gibt es ein breites Spektrum neuer und heranreifender Softwaretechnologien, die stetig weiterentwickelt werden und allesamt dazu beitragen sollen, die schwer greifbaren Verheißungen der digitalen Transformation zu verwirklichen. Diese Dynamik stellt eine schwere und komplexe Bürde für die IT (Informationstechnologie) dar, die sowie schon unter ständigem Druck steht, das Unternehmen und seine geschäftlichen Ziele zu unterstützen. Wo Fortschritte erzielt werden, geschieht dies meist in Silos. Mit anderen Worten, die nötige Arbeit wird auf getrennten Gebieten geleistet und es kommt zu Überschneidungen zwischen den Verbesserungsinitiativen. Diejenigen Unternehmen aber, die bei der digitalen Transformation insgesamt am weitesten vorangekommen sind, haben es durch eine funktionsübergreifende Abstimmung auf die Unternehmensstrategie als Ganze verstanden, ihren organisatorischen Bereichen wichtige Funktionalitäten zur Verfügung zu stellen. Voraussetzung für ihre Erfolge war die Verknüpfung von Daten und Prozessen über die strategischen Systeme zur Fertigungsunterstützung hinweg, u. a. die PLM-, ERP- und MES-Systeme.

Das vorliegende Whitepaper ist als Leitfaden für die IT und die Unternehmensleitung bei dieser Aufgabe gedacht. Zunächst wird erläutert, wie das Unternehmen seinen Kooperationsbedarf je nach Geschäftsmodell und Produktkomplexität ermitteln kann. Danach wird ein bewährter Prozess vorgestellt, um nach effektiver Bestandsaufnahme dieses Bedarfs die richtigen Tools für die schrittweise Integration und Konfiguration der PLM-, ERP- und MES-Umgebungen bereitzustellen.

Als Ergebnis winken verlässliche Echtzeitinformationen für F&E, ergänzt durch Automatisierungsfunktionen, als Grundlage für eine schnelle, nahtlose, unternehmensweite Umsetzung. Am Ende können die beteiligten Teams simultan und effektiver denn je mit ihren Pendanten in Fertigung, Logistik und Beschaffung zusammenarbeiten.



HERAUSFORDERUNGEN MODERNER FERTIGUNG – FABRIKFERTIGUNG WELTWEIT

Der globale Wettbewerb intensiviert sich und Produktinnovationen bringen nur dann Gewinn, wenn man sie als Erster auf den Markt bringen kann, selbstverständlich ohne Abstriche an der Qualität. Wie lassen sich Produkt- und Prozessänderungen – sei es bei der Einführung neuer Produkte oder bei Produkt-/ Prozessverbesserungen – nahtlos in eine Legacy-IT-Landschaft integrieren? Es ist klar, dass manuelle Übergaben und Datenduplizierung in ERP-, PLM- und MES-Systemen die Qualität beeinträchtigen, Kosten verursachen, Liefer- sowie Wartezeiten verlängern, zu FehlAbstimmungen und mangelhafter Rückverfolgbarkeit führen und die Umsetzung von Kundenanforderungen erschweren. Eine Skalierung ist in einem so ineffizienten Umfeld ebenfalls kaum möglich. Die Fertigungskapazität lässt sich beispielsweise nur dann verdoppeln, wenn auch das Personal für die Dateneingabe verdoppelt wird.

Zudem verschlimmert mangelnde Transparenz die Probleme beim Änderungsmanagement. Fertigungssysteme, die dergleichen Probleme aufweisen, wurden für Fertigungsveteranen mit 30 Jahren Erfahrung konzipiert. Aber die Belegschaft heutiger Fertigungsunternehmen besteht zum größten Teil aus Arbeitskräften mit höchstens drei Jahren Erfahrung, 30 % sogar mit weniger als einem Jahr. Dieser Trend verstärkt sich derzeit immer mehr und gleichzeitig werden die Produkte immer komplexer, während die Änderungsquote steigt.

Größere Portfolios verursachen größere Qualitätsprobleme. Um Verbesserungen bei Qualität, Produktivität und Nachhaltigkeit zu erzielen, müssen Fertigungsunternehmen die neue Beschäftigtengeneration dringend mit möglichst praxistauglichem Produkt- und Prozesswissen ausstatten, wann und wo dieses gebraucht wird und die größtmögliche Schlagkraft entfaltet. So geht keine Zeit mehr für eine nicht wertschöpfende Suche nach Informationen verloren und die Beschäftigten in der Fertigung bekommen die nötigen Mittel zur kontinuierlichen Identifikation, Priorisierung, Analyse und Behebung der Problempunkte in ihrem Arbeitsalltag an die Hand. Denn nur entsprechend befähigte Beschäftigte können kontinuierliche Verbesserungen vorantreiben.

Schwächen in der Governance erfordern häufige und redundante Kommunikation. Ineffizienz regiert. Um Verbesserungen – Kostensenkungen und höhere Qualität – zu erzielen, müssen Fertigungsunternehmen kontinuierlich an der operativen Effizienz ihrer Produkte, Prozesse und Ressourcen arbeiten, gleichzeitig aber auch laufend ihr Produkt- und Prozessdesign evaluieren und optimieren. Ersteres wirkt sich in der Regel

stärker auf die Arbeits- und Verarbeitungskosten, letzteres auf die Materialkosten aus, wobei die technische Entwicklung generell zu 70 % über die Produktkosten entscheidet.

Bei nicht integrierten Systemen müssen die Ingenieure dreifache Arbeit leisten, indem sie die gleichen Daten ins PLM-, MES- und ERP-System eingeben. Zudem hängen Wahrscheinlichkeit und Umfang von Qualitätsproblemen mit Mängeln bei der Rückverfolgbarkeit zusammen. Beispielsweise sind Fertigungsunternehmen im Zweifelsfall gezwungen, eine Vielzahl möglicherweise defekter Produkte zurückzurufen, weil sie nicht wissen, welche Produktkonfiguration an einem bestimmten Tag ausgeliefert wurde. Auch ein Zuviel an Informationsquellen begünstigt mangelnde Qualität und Effizienz. Oder fehlerhafte Konfigurationen werden verwendet, weil eine Änderung nicht ordnungsgemäß kommuniziert wurde. So kommt es zu Produktionsfehlern und der Auftraggeber oder das Fertigungsunternehmen muss die defekten Produkte erkennen, bevor sie in die Auslieferung gehen. Selbst bei vernetzten Systemen können solche Störungen scheinbar ohne Warnung auftreten.

Wie geht man angesichts derartiger Probleme in der Wertschöpfungskette mit modular konfigurierbaren Produkten um, wenn eine netzwerkübergreifende Automatisierung nicht gegeben ist? Wie findet ein Fertigungsunternehmen Lieferalternativen, während es sich gleichzeitig um wechselnde Unternehmensprioritäten, eine Verkürzung der Time-to-Market und Qualitätsverbesserungen kümmern muss? Wie kann es ohne Änderungen an der Stückliste sicherstellen, dass am Fließband die neueste Softwareversion zur Verfügung steht? Was lässt sich durch Tests erreichen? Was, wenn das Fertigungswerk gehackt wird? Wie lässt sich das richtige Maß an Cybersicherheit und Schutz geistigen Eigentums gewährleisten?

Alle diese Herausforderungen sind mit realen, messbaren Kosten verknüpft, aber die vielleicht höchsten – und spannendsten – sind die Opportunitätskosten. Mit anderen Worten: Wenn ein Unternehmen all diese Probleme lösen könnte, wie viel besser könnte es dann abschneiden – oder, um es ganz direkt zu sagen, wie viel mehr Geld könnte es verdienen?

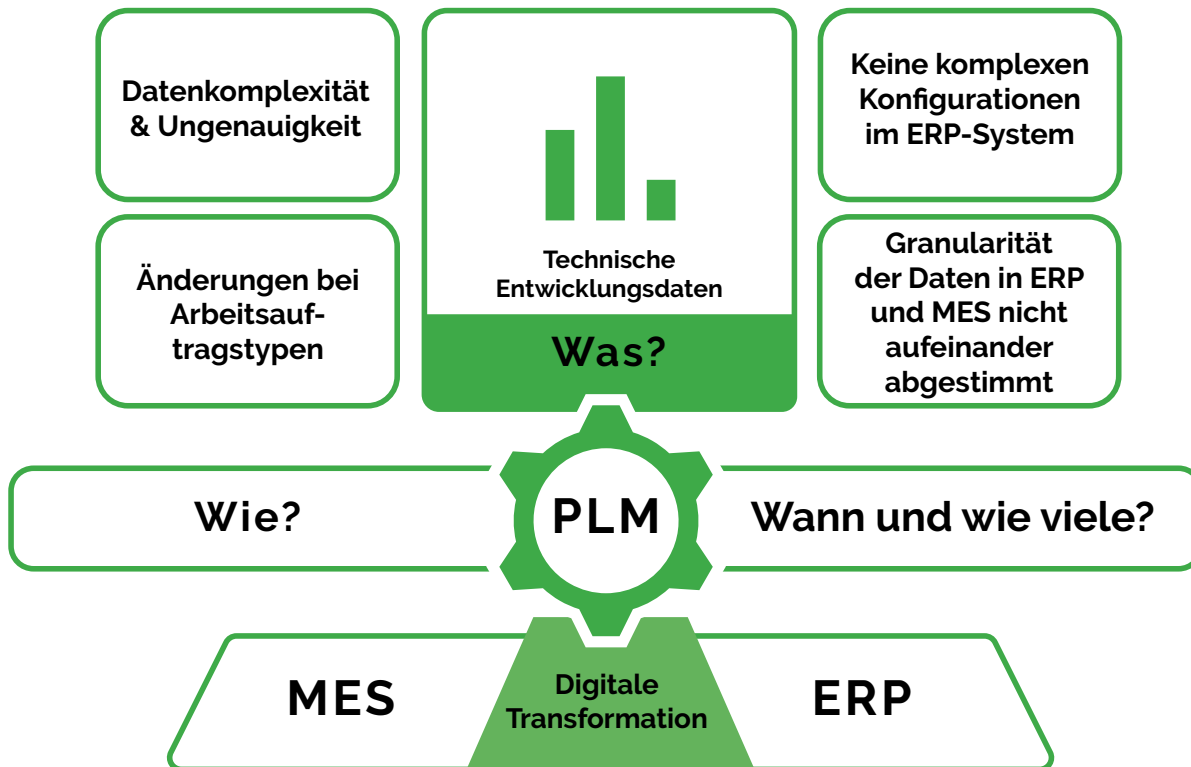
WIE REPARIERT MAN EINE GEBROCHENE WERKZEUG- UND INFORMATIONSKETTE?

Wollen Fertigungsunternehmen von mehr Tempo und Synergieeffekten profitieren, müssen sie den Automatisierungs-Stack neu denken und eine Plattform für die virtuelle Zusammenarbeit etablieren. Zu diesem Zweck müssen sie PLM von allem Anfang an in den Produktinnovationsprozess, die technische Entwicklung und die Fertigungsvorbereitung integrieren, die Grenzen zwischen ERP, PLM und MES neu austarieren und alle relevanten Parameter für Produktentwicklung und Fertigung mittels Digital Thread verbinden. Um zukunftsfähig zu werden, müssen Fertigungsunternehmen den Schritt von einer punktuellen zu einer Echtzeitintegration bewältigen.

Bei der technischen Entwicklung werden unverzichtbare Daten für die Fertigung generiert: Fertigungsstückliste, Routing-/Prozessplanung, qualitätskritische Eigenschaften, Standardarbeitsanweisungen und Standardzeiten. Die Phase der technischen Entwicklung spielt daher eine entscheidende Rolle, nicht nur in der Wertschöpfungskette von Produktentwicklung und Fertigung mit ihrem Fokus auf Time-to-Market, Qualität und Effizienz, sondern auch in der Wertschöpfungskette der Lieferkettenlogistik, die für eine termin- und budgetgerechte Lieferung sorgt.

Gleichermaßen unverzichtbar ist eine nahtlose Synchronisation aller Änderungen im Produktlebenszyklus, also zwischen nachgeschalteten Fertigungsschritten und vorgeschalteter technischer Entwicklung. Bisher war die Verwaltung der Daten und Prozesse aus der technischen Entwicklung in ERP-Systemen angesiedelt und wurde von dort an MES-Systeme übergeben. Doch wachsende Komplexität und steigende Änderungsquoten erfordern ein Umdenken.

Denn erstens sind ERP-Systeme nicht auf das Lebenszyklus-Management von Produkt- und Fertigungsstammdaten ausgelegt und können die komplexen Konfigurationen und das intensive Änderungsmanagement in der diskreten Fertigung nicht bewältigen. Zweitens ist die Granularität der Stammdaten in ERP-Systemen auf den Vertrieb ausgerichtet und nicht mit den technischen Feinheiten vereinbar, die in einem MES erforderlich sind. Das führt zu Ineffizienzen.



WIE GELANGEN DIE RICHTIGEN PLM-DATEN IN MES- UND ERP-SYSTEME?

Die optimale Vorgehensweise hängt von Geschäftsmodell und Produktkomplexität ab. Drei Faktoren sind jedoch immer gleich und müssen berücksichtigt werden: der Speicherort der Stammdaten, wo diese auch kuratiert werden, sowie Konfigurationsmanagement und Änderungskoordination. Unternehmensspezifische geschäftliche Initiativen spielen ebenfalls eine Rolle. Wo sieht das Unternehmen wichtige Chancen im Hinblick auf Produktinnovationen, Produktqualität, Produktkosten und Produkteffizienz?

Die Implementierung eines Prozesses, der alle Wertschöpfungsketten produkt-, fertigungs- und logistikübergreifend umfasst, erfordert ein komplexes Spektrum ineinandergreifender Überlegungen.

Arten auftragspezifischer technischer Entwicklung für Kunden – Geschäftsmodell

ATS (Assemble-to-Stock)

- Produktkonstruktion komplett abgeschlossen, Optionen ausgewiesen
- Produktionsplanung im ERP gemäß vordefinierter Optionen
- Fertigung vorliegender Produktkombinationen auf der Grundlage von Prognosen
- Branchen: Konsumgüter, Hi-Tech

ATO (Assemble-to-Order)

- Produktkonstruktion komplett abgeschlossen, Optionen ausgewiesen
- Auftragskonfiguration und -verarbeitung im ERP
- Branchen: OEMs (Erstausrüster) in der Automobilindustrie, Hi-Tech, sonstige Industrie

CTO (Configure-to-Order)

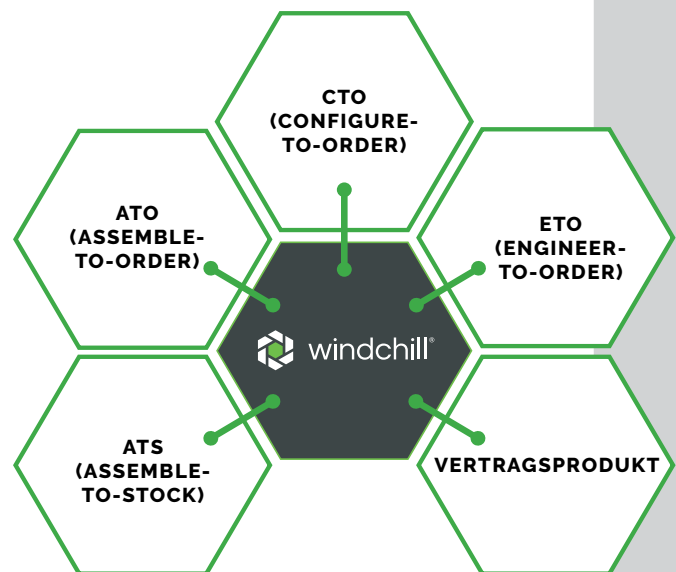
- Produktkonstruktion komplett abgeschlossen mit Regeln zur Herstellung benutzerdefinierter Teile
- Auftragskonfiguration und -validierung durch PLM anhand von Regeln, die bei der technischen Entwicklung festgelegt wurden
- Branchen: Hi-Tech, sonstige Industrie

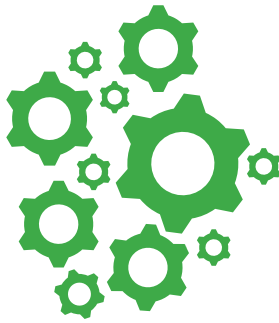
ETO (Engineer-to-Order)

- Kundenspezifische technische Modifikationen generischer Produkte in erheblichem Umfang
- Auftragsvalidierung durch technische Entwicklung und PLM
- Branchen: OEMs der Industrie, Automobilzulieferer, Luft- und Raumfahrt

Vertragsprodukt

- Konstruktion und Fertigung gemäß kunden- oder vertragsspezifischen Anforderungen
- Auftragskonzeption und -validierung durch PLM und technische Entwicklung
- Branchen: Rüstungsindustrie, Prototypen, benutzerdefinierte Werkzeuge

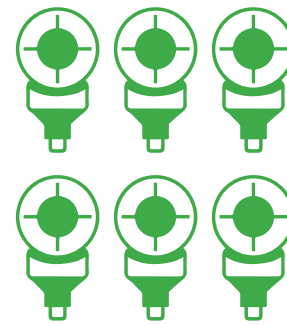




PRÄZISION



VARIABILITÄT



LOGISTIK

Produktkomplexität

Präzision – Auch ohne umfangreiche Stückliste ist die Fertigung komplex und erfordert ein hohes Maß an Präzision. Prozesspläne können 25 Schritte, 1000 Prozesszeilen und zahlreiche Qualitätsprüfungen in bestimmten Stadien umfassen. 40 bis 50 Parameter können involviert sein. Ein Beispiel sind Getriebe in der Automobilindustrie.

Variabilität – Infolge kundenspezifischer Anpassungen ist jedes Produkt einzigartig. Ohne vernetzte Systeme ist es nahezu unmöglich, den Beschäftigten bei der Montage eines solchen einzigartigen Produkts mit all seinen Optionen und Varianten die richtigen Informationen zur rechten Zeit zur Verfügung zu stellen. Das Produkt von heute ist anders als das Produkt, das in zwei Tagen gefertigt wird. Die Anweisungen müssen den Kundenaufträgen 100%ig genau entsprechen. Konstruktionsänderungen aus Qualitätsgründen erfordern die Beschaffung des passenden Teils für das zu fertigende Produkt. Die Mitarbeiterfluktuation – neue Beschäftigte nehmen die Arbeit dort auf, wo frühere Beschäftigte sie unterbrochen haben – ist ebenfalls ein Faktor. Ein Beispiel dafür ist die Herstellung von Luxusyachten.

Logistik – Hersteller von Standardwaren fertigen täglich Millionen identischer Produkte, die alle Qualitätsstandards und Preisvorgaben erfüllen müssen. Gleichzeitig muss die Produktion in einer sicheren Umgebung stattfinden. In solchen Unternehmen startet das Planungsteam den Lieferkettenprozess mit der Bedarfsplanung und dessen Validierung durch den Vertrieb. Die Planung umfasst Bedarfsplanung, Fertigungsbedarfsplanung, Verpackungsentwicklung, Produktlebenszyklus-Management (PLM), Prozess- und Leistungsplanung, Bestandsverwaltung, Vertriebs- und operative Planung usw. Nach einem Meeting zur Bedarfsplanung erarbeitet das Team Produktionspläne für die Fabriken und die Beschaffung kauft sämtliche Materialien ein. Ein Beispiel dafür sind Sensoren.

ERSTE SCHRITTE: DIE WICHTIGSTEN UNTERNEHMENSSYSTEME FÜR DIE PRODUKTENTWICKLUNG

Schritt 1 – Die richtigen Daten im richtigen Tool verwalten und dabei auf die richtigen Produktstammdaten zurückgreifen

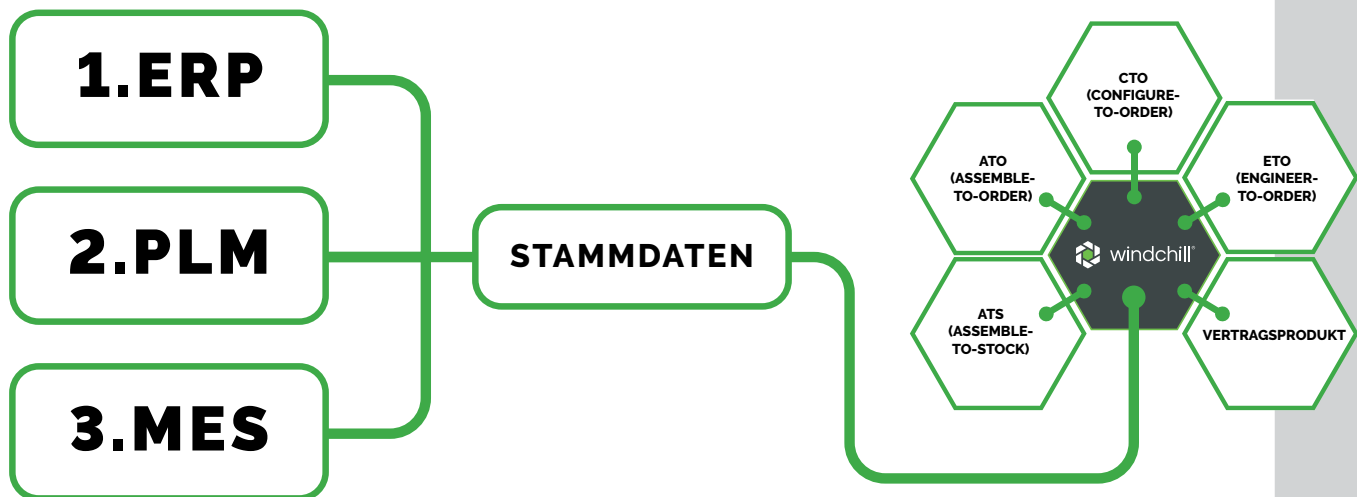
Der erste Schritt einer Initiative für nahtlose Anwendungsintegration ist es, zu ermitteln, wo sich die Produktstammdaten derzeit befinden, sie zu identifizieren und zu bereinigen. Auf diese Weise lässt sich verhindern, dass die gleichen Daten zur gleichen Zeit in mehreren Systemen als Stammdaten gepflegt werden.

Ein ERP-System zum Beispiel ist nicht Eigentümer der Informationen, die dem Produkt und der Fertigung vorgeschaltet sind, und bietet daher nur begrenzte Möglichkeiten, optimierte Prozesspläne für die Fertigung eines komplexen, Änderungen unterworfenen Produkts zu erstellen und zu definieren.

Darüber hinaus muss ein effizienter Änderungsmanagementprozess in der technischen Entwicklung in der Lage sein, die neuesten Änderungen in der Produktkonstruktion zurückzuverfolgen und widerzuspiegeln. Effizienter und zuverlässiger funktioniert ein direkter, bidirektionaler Änderungsmanagementprozess zwischen PLM und MES.

Modernisierung beginnt mit kontextualisierten und nachverfolgbaren Produktinformationen und Ansichten des kompletten Produktlebenszyklus.

INDUSTRIE 4.0



1. PLM (Produkt- und Informationen zur technischen Entwicklung – digitale Ressourcen für die Fertigung)

- a. Teile-Master/Iterationen
- b. Produktstruktur
- c. Elektrische und mechanische CAD-Modelle
- d. Software
- e. Klassifikation
- f. Dokumente
- g. Anforderungen
- h. Simulationen
- i. Lebenszyklusstatus
 - Änderungsprozess/Zeitpunkt des Inkrafttretens einer Änderung
 - Lebensende/Veralterung
 - Problembereich/Änderungsanforderung/Änderungsnachricht
- j. Stücklistentransformation – maßgebliche Quelle für eBOM (technische Entwicklungsstückliste), mBOM (Fertigungsstückliste), sBOM (Wartungsstückliste)
- k. Prozessdefinition
 - Routing
 - Arbeitsanweisung
 - Werkzeuge
- l. Qualitätsspezifikationen/Problemmanagement
 - Steuerungseigenschaften
 - Konformitätsabweichungen, CAPAs (Korrektur- und Präventivmaßnahmen)
- m. Ressourcen = Werkzeuge und Messgeräte (Anlagenlebenszyklus-Management)
- n. AML (Liste genehmigter Hersteller), Anbietercodes

2. ERP (Produktionsplanung, Prognoseerstellung, Beschaffung, Kostenüberwachung – physische Ressourcen/transaktionsorientiert)

- a. Physische und logistische Informationen
 - Werk
 - Lagerorte
- b. Beschaffung
 - Genehmigte Anbieter
- c. Finanzen und Buchhaltung
 - Ist-Kosten des Produkts
 - Derzeitiger und prognostizierter Umsatz
- d. Arbeitsaufträge
- e. Produktionsplanung
 - Bestell- und Lieferstatus
 - Bestandsstatus
- f. Änderungsprozess, MES-bezogen
 - Problembereich (kann hier initiiert werden)
 - Zeitpunkt des Inkrafttretens einer Änderung (hier geändert)
- g. Beschaffung
 - Zugekaufte Teile
 - Zulieferernachverfolgung/-management
- h. Materialbewegung (Rückverfolgbarkeit)
- i. Wareneingang ins Durchlauflager

3. MES (Praktische Produktion und Logistik/Feedback zur Umsetzung – physische Ressourcen/ereignisorientiert)

- a. Produktionsplanung (Arbeitsauftragsmanagement)
- b. Genealogie (wie erstellt)
- c. Arbeitsanweisungen
- d. Ausführung und Prozessdurchsetzung
- e. Datenerfassung
- f. Werkzeug- und Kalibrierungsmanagement
- g. Eingangsinspektion
- h. Qualitätsmanagement
 - Inspektion eingehender Materialien
 - Sampling-Plan für die Fertigung
 - Inspektion der fertigen Produkte

Legt man als Erstes solide digitale Grundlagen für PLM, ERP und MES, so liegt der Hauptvorteil darin, dass die Arbeitsergebnisse der technischen Entwicklung automatisch an nachgeschaltete Bereiche weitergeleitet werden. Die Ingenieure können in einem einzigen, vertrauten PLM-System arbeiten. Letztendlich geht es darum, dass die richtigen Leute in den richtigen Systemen die richtige Arbeit ausführen und nicht zwischen unterschiedlichen Systemen wechseln und die Arbeit duplizieren müssen, die bereits in einem anderen System vorliegt.



Schritt 2 – Nahtlose, bidirektionale Prozessabläufe konzipieren

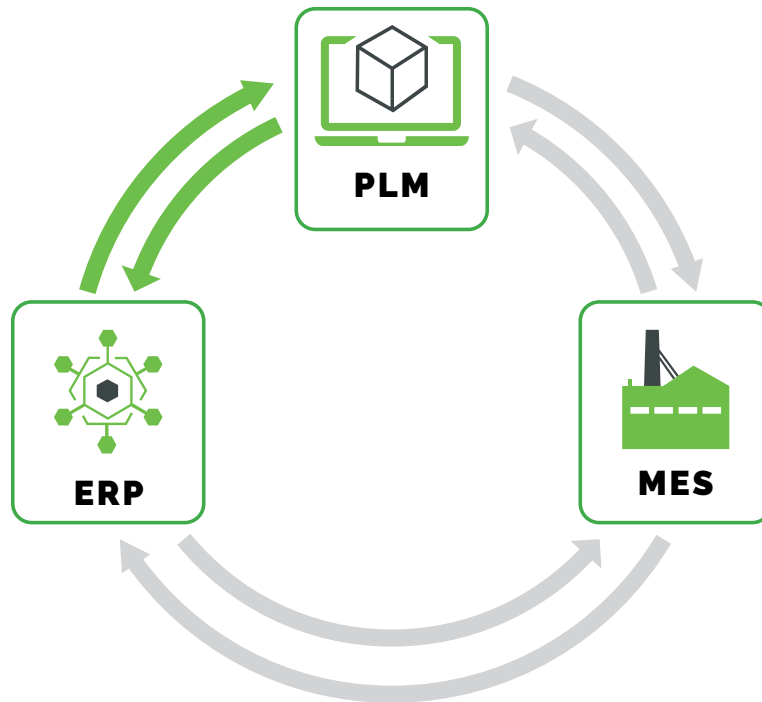
Des Weiteren müssen alle Stakeholder, statt sich Informationen von Kollegen mit Zugang zu einem System of Record zu beschaffen, selbst die Möglichkeit haben, auf sämtliche Produktinformationen zuzugreifen, die sie im Zusammenhang mit ihrer Rolle im Produktlebenszyklus benötigen. Fertigungsplaner, Prozessplaner, Werks- und Werkzeugdesigner, Fertigungsleiter und Arbeitskräfte in der Fertigung beispielsweise brauchen Zugriff auf die neuesten Informationen aus der technischen Entwicklung. Konstruktionsingenieure brauchen Echtzeit-Feedback aus der Fertigung.

Der ideale künftige Status besteht in der Integration der Abläufe, nicht der Daten. Dazu muss Zugriff auf die PLM-Daten über bestehende MES- und ERP-Systeme möglich sein und eine einzige zuverlässige und allgemeingültige Datenquelle muss vorliegen. Es gilt zu verhindern, dass die gleichen Daten zur gleichen Zeit in mehreren Systemen des Fertigungsunternehmens als Stammdaten gepflegt werden. Jedes System sollte nur die Daten enthalten, die für seine Funktion erforderlich sind. Bei vernetzten Systemen ist es in der Regel wichtig, klar herauszuarbeiten, wie viel Definition Eingang in die einzelnen Systeme finden soll, mit anderen Worten, wo das eine System aufhört und das nächste anfängt. Auf dieser Grundlage können die Benutzer aus Daten Erkenntnisse gewinnen, die zu einer abgestimmten Entscheidungsfindung und automatischen Koordination der Prozesse in der technischen Entwicklung und Fertigung beiträgt. Ziel ist ein geschlossener Kreislauf integrierter Automatisierungs- und Berichtsfunktionen, die alle Phasen der Fertigung und insbesondere das MES abdecken.

Christian Willmann (Vaillant) – die große Bedeutung der Stammdatenqualität



Eine hohe Stammdatenqualität in PLM- und ERP-Systemen ist für die Industrie 4.0 von entscheidender Bedeutung, in der digitalen ebenso wie in der physischen Welt. Dazu gehören eine Reifedefinition bzw. ein Statuskonzept für den gesamten Produktlebenszyklus, Geschäftsregeln, Referenzmaterialien, MRP-Profile (Manufacturing Resource Planning-Profile) und Lieferkettenmuster. Des Weiteren ist die Einbettung der gesamten Organisationsstruktur in rollenbasierte Workflows zu empfehlen, und zwar sowohl in der technischen Entwicklung (PLM) als auch bei den nachgeschalteten Prozessen (ERP). Allein anhand der obligatorischen PLM- und ERP-Integration lässt sich in diesem Schritt die hohe Qualität der Teiledaten im PLM-System sowie die automatisierte Anreicherung der ERP-Stammdaten sicherstellen. Ohne ein integriertes Konzept für die Stammdatenqualität kann kein Fertigungsunternehmen den vollen potenziellen Mehrwert einer PLM-Implementierung ausschöpfen. Auf der Grundlage des Statuskonzepts und der Geschäftsregeln von Vaillant ist für 80 % der benötigten Materialstammdaten eine Automatisierung möglich, die manuelle Arbeit (Kopieren/Einfügen/Versuch und Irrtum) überflüssig macht.

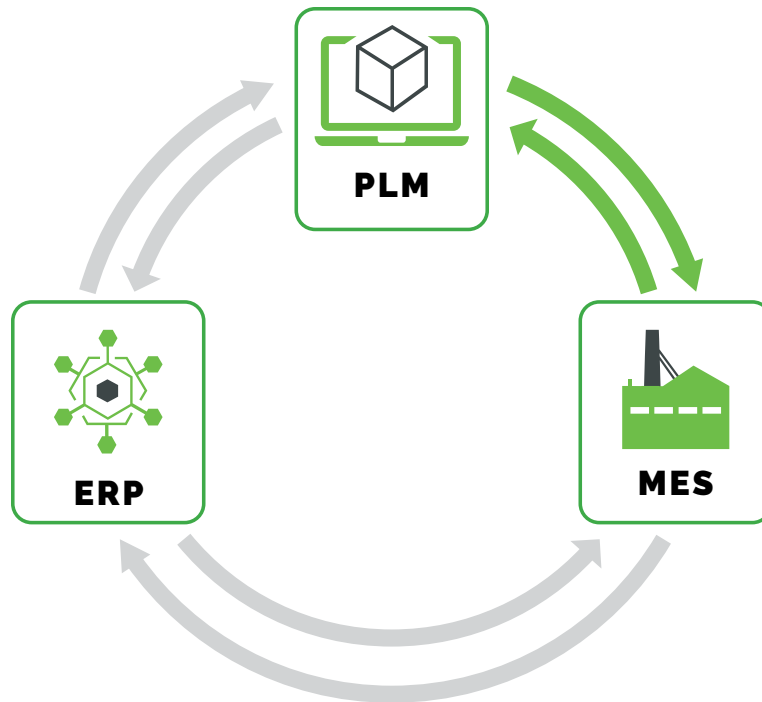


Vom PLM ans ERP – vom ERP ans PLM

Liegen die endgültigen Entscheidungen und die Konstruktionen getestet und validiert in digitaler Form vor, werden die Informationen ans ERP-System weitergeleitet, sodass das Unternehmen die Vorbereitungen für die physische Fertigung der Produkte treffen kann. Je höher die Qualität der Informationen aus dem PLM-System, desto größer der Nutzen des ERP-Systems und desto geringer der Aufwand für die Anreicherung des ERP-Materials.

Aus dem PLM-System werden in erster Linie übergeordnete Informationen (Materialstammdaten, Stücklisten, Einkaufsspezifikationen usw.) benötigt, keine technischen Daten. Bei der Übertragung von Daten zu einem Fertigungsartikel vom PLM- zum ERP-System sollten alle nötigen Definitionen enthalten sein, um die Kosten für den Artikel im ERP automatisch zu berechnen (sofern mit MPM und Prozessplanung gearbeitet wird) und um die Artikelstückliste mit Kosten- und Routing-Informationen aus dem Prozessplan für Konfiguration/Logistik zu übermitteln.

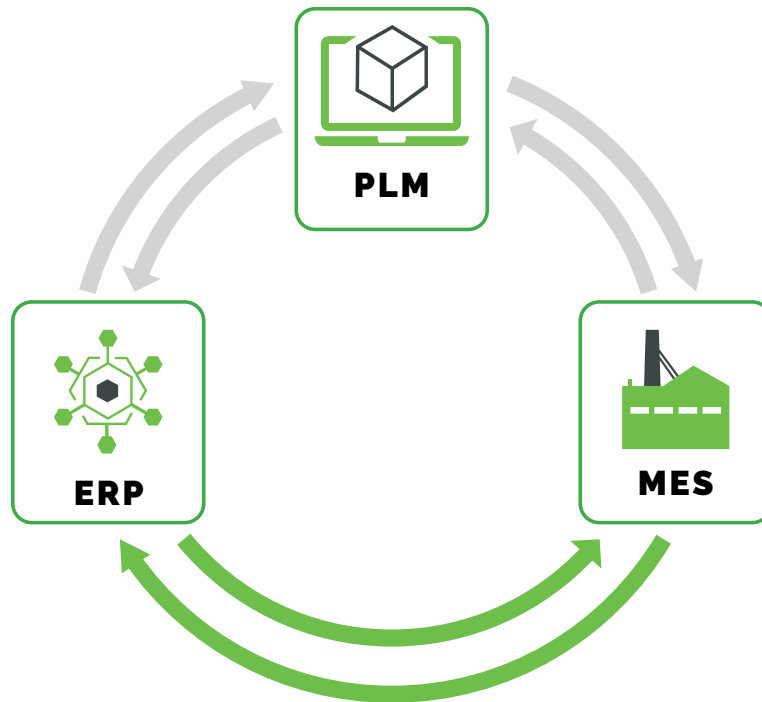
- Automatische Artikelkonfiguration via PLM (Fertigungsartikel)
- Halbautomatische Artikelkonfiguration via PLM (zugekaufte Artikel)
- AML, Teilstücklistenrevisionen, Daten zum Lebenszyklusstatus und entsprechende Änderungsaufträge
- Technische Entwicklungsstückliste an Fertigungsstückliste, wenn ein organisationsspezifisches Teil verwendet werden soll (Datum und Uhrzeit)
- TLA-Stückliste für das Produkt, vom Kunden übermittelte Details, Gewicht, Volumen für Kostenentscheidungen zu Verpackung/Versand/Fracht
- In einem CTO-Geschäftsmodell können „überladene“ Prozesspläne ans ERP übermittelt werden, um komplexere Planungsoptionen zu ermöglichen (zum Beispiel automatisierte Komponentenzuordnung).
- Vom ERP ans PLM – ERP übermittelt Kostendaten ans PLM



Vom PLM ans MES – vom MES ans PLM

Der Digital Thread eliminiert Diskrepanzen zwischen eBOM, mBOM, Prozessplan und Steuerungseigenschaften (einschließlich Austauschteilen und Alternativteilen), und zwar mit der für die Umsetzung notwendigen Datenpersistenz. Bei der Übermittlung von Fertigungsartikeldaten vom PLM ans MES sollte es sich um widerspruchsfreie technische Daten handeln. Der Arbeitsauftrag wird im ERP erstellt. Dieses veranlasst das MES, via PLM-System die nötigen Daten für die Durchführung des Auftrags anzufordern. Daraufhin sendet das PLM die Artikeldaten, die Stückliste oder den Prozessplan ans MES.

- Änderungsauftragsspezifische Revisionen der Produktstückliste, Teilelistenstellung (ein- oder mehrstufige Stückliste), Kundenattribute (Produkt/Etikettierung/Versand)
- Aufrufe für Erstmusterprüfungen, Aufrufe zum Auschecken von Prozessen, Test-Builds und Massenfertigungs-Builds
- Alle Build-Spezifikationen für die Montage der Fertigungsartikel
- Auch die Übermittlung des Prozessplans für die Kommissionierung ist denkbar, um detaillierte Fortschrittsberichte zu ermöglichen.
- Über Steuerungseigenschaften werden Inspektions- und Kontrollmaßnahmen angestoßen.
- NC-Programm (numerisches Steuerprogramm)
- Software, die bei der Fertigung ins Produkt geladen werden muss
- Vom MES ans PLM – Das MES übermittelt „As built“-Informationen einschließlich Konformitätsabweichungen, die eine Abweichung vom Standardfertigungsprozess darstellen, ans PLM.



• Vom ERP ans MES – vom MES ans ERP

Die Kommunikation muss bidirektional sein und Festschreibungen in Bezug auf den Bedarf für einen Auftrag sowie Aktualisierungen des Bestands an hergestellten/fertigen Produkten ermöglichen. Das MES muss ans ERP-System übermitteln, welche und wie viele Komponenten für einen Build aufgebraucht wurden. Darüber hinaus stellt das MES auch Produktionsinformationen bereit wie zum Beispiel den Zeitaufwand, damit das ERP Schätzungen der Umsatzkosten insgesamt generieren kann.



Amir Mazoochi zur Überarbeitung von Prozessen – Integriertes Änderungsmanagement (Änderungsprüfkomitee)



Änderungsaufträge für Produkte und Prozesse sind in allen Phasen des Produktlebenszyklus unvermeidlich. Der Ablauf beinhaltet die Identifikation, Definition und Nachverfolgung der Änderungen in einer für alle Stakeholder akzeptablen Art und Weise und kann sich auf Konstruktion, Qualität, Kosten, Produktion oder vom Kunden gewünschte Verbesserungen erstrecken. Kleine Änderungen an der Produktentwicklung können erhebliche Folgen für Fertigung und Produktion haben.

Optimale Vorgehensweisen und allgemeine Richtlinien

Bestimmte optimale Vorgehensweisen und Richtlinien fördern die Zusammenarbeit und wirken Konstruktionsfehlern entgegen, sodass Produktentwicklung und Produktion nach Plan verlaufen. Beachten Sie dabei folgende Punkte:

Bildung eines kompetenten, schlanken Änderungsprüfkomitees

- Untersuchen Sie die derzeitigen Workflows und optimieren Sie die künftigen Prozesse. Überlegen Sie, ob es sinnvoll wäre, unterschiedliche optimierte Workflows für unterschiedliche Arten von Änderungsanforderungen (dringend, eilig, regulär, Form-Passform-Funktion und Verarbeitung) zu definieren.
- Legen Sie die entsprechenden Fälle innerhalb der Änderungsanforderung an. Umreißen Sie im ersten Schritt alle kritischen Attribute wie zum Beispiel folgende:
 - Änderungsgrund: wichtig
 - Detaillierte Änderungsbeschreibung: Benennen Sie den Fall, der geändert werden muss.
 - Auswirkungen der Änderung (Abteilungen, Kunden, Fertigungswerk oder Zulieferer)
 - Erforderliche Implementierung oder Datum des Inkrafttretens
 - Erwartetes Ergebnis
 - Notwendige unterstützende Qualifikations-/Validierungsdaten (falls erforderlich)
 - Highlight für Kunden, Fertigungswerk, bei Bedarf Genehmigung der Zulieferer
 - Kenntnis von Lieferkette und Organisation – Kommunikationsfluss, notwendige Beteiligte an der Entscheidungsfindung, Bedarfsplanung und Durchführung
 - Verfügungsanweisungen für vorhandene Materialien und gefertigte Produkte
 - Nach Genehmigung durch ÄPK folgt die nächste Stufe: Holen Sie die Genehmigung zur Implementierung von den relevanten Stakeholdern ein.
 - Überwachen Sie Status und Fortschritte bis zum Ende, immer unter Wahrung der Rückverfolgbarkeit.

Ein kritischer Erfolgsfaktor ist die Einrichtung einer Schnittstelle vom PLM- zum ERP- und MES-System. Es ist wichtig sicherzustellen, dass die Attribute, die das Team bei Änderungsaufträgen erstellt, über diese Schnittstelle eingepflegt und automatisch im ERP- und MES-System publiziert werden. Echte Vorteile lassen sich mit einem funktionalen, sinnvoll konfigurierten Digital Thread erzielen, der redundante, manuelle Dateneingaben mit allen damit einhergehenden Risiken überflüssig macht.



Schritt 3 – Aus Daten digitale Funktionalitäten erstellen und den Ingenieuren und Beschäftigten in der Fertigung zur Verfügung stellen

Sind die Daten zugeordnet, die Systeme ordnungsgemäß integriert und die Prozesse optimiert, so lassen sich mithilfe der verfügbaren Funktionen und Tools Dashboard-Ansichten zur Analyse von Zeitaufwand und Ausführungsqualität generieren. Daraus ergeben sich unzählige Vorteile, darunter:

- Demokratisierung der Produktdaten mit Out-of-the-box-Apps, die sich leicht auf die betreffende Situation zuschneiden lassen, oder mit benutzerdefinierten Low-Code-Apps für Beschäftigte vom Fertigungsleiter bis zum Fertigungsmitarbeiter. Dies mag für die Benutzer einfach aussehen, aber hinter einer solchen Benutzeroberfläche stehen zahlreiche Daten, die nicht nur aus dem PLM, sondern auch aus ERP und MES stammen. Der vereinfachte und sichere Zugriff auf PLM, ERP und MES ermöglicht eine Zusammenarbeit in Echtzeit.
- Rückanbindung des Fertigungsbetriebs an die technische Entwicklung durch Meldung von Problemen oder Konformitätsabweichungen im Kontext ihres Auftretens (zum Beispiel in Zeichnungen, Dokumentationen, Arbeitsanweisungen, Teilen) über Terminals in der Fertigung.
- Vernetzung der Anwendungsfälle für Arbeitszellen, um den Beschäftigten ein nahtloses Erlebnis zu bieten, bei gleichzeitiger Erfassung von Umsetzungsdaten mittels Zugriff auf relevante Steuerungseigenschaften, Smart Tools und Maschinen. Nutzung visueller, digitaler Arbeitsanweisungen, zugeschnitten auf das Kompetenzniveau des Beschäftigten.
- Konzeption der Fertigungsabläufe – bessere Abstimmung zwischen Fertigung und Fabriklayout

Zusätzliche Verbesserungen sind darüber hinaus in weiteren Bereichen zu erwarten, darunter bessere Datenqualität und -kontinuität, weniger Zeit- und Kostenaufwand, überragende Zuliefererintegration und eine generell höhere Systemflexibilität.



Eric Horn (MicroVention): Wie anfangen?

Der Einstieg in ein Projekt erweist sich häufig als beängstigende Herausforderung. Oder ein Projekt beginnt scheinbar problemlos und wächst sich dann endlos aus. Meine wichtigste Empfehlung für die Vernetzung von Unternehmenssystemen lautet: simpel anfangen, dazulernen, anpassen, dann ausweiten. Zu Beginn gilt es, eine Baseline für die Mindestanforderungen an ein brauchbares Produkt zu definieren, dieses dann rasch zu entwickeln und die Produktion zu starten.

Hier ein repräsentatives Szenario für den Einstieg:

- Teile-/Artikeldaten von Windchill ins ERP-System übermitteln
- Stücklistenstrategie festlegen und Versionshierarchie anzeigen
- Teile-/Artikelmeldung mit Stücklistendaten (1. Stufe) aktualisieren
- Fehlende Attribute für eine ordnungsgemäße Kostenermittlung von Teilen/Artikeln im ERP ermitteln
- Ist für die Kostenermittlung Routing erforderlich, eine Prozessplanstrategie für die Erstellung von Routing und Arbeitsanweisungen festlegen
- Teile-/Artikel-/Stücklistenmeldung mit Kostenattributen aktualisieren

Es dürfte klar sein, dass dieser einfache Beginn der erste Schritt zur kompletten Aktualisierung der Systeme ist. Mit allen weiteren Funktionalitäten steigt die Komplexität. Doch die Wirkung dieser gesteigerten Komplexität auf den Prozess wird durch das vertiefte Verständnis wettgemacht.

Zu den wichtigsten Erkenntnissen gehört es, dass ein Systemarchitekt mit gründlichen Kenntnissen der PLM-, MES- und ERP-Systeme auf System- und Prozessebene von unschätzbarem Wert ist. Im Unternehmen müssen sich mehrere Teams zusammensetzen und sich über Prozess- und Systemübergaben, Datenanforderungen, individuelle Zuständigkeiten (Wer macht was?) und die Frage einigen, in welchen Systemen welche Daten gespeichert werden. Der zuständige Systemarchitekt spielt bei diesem Einigungsprozess eine zentrale Rolle. Er moderiert Diskussionen und filtert Entscheidungen mithilfe seiner Kompetenz und seines professionellen Urteils.

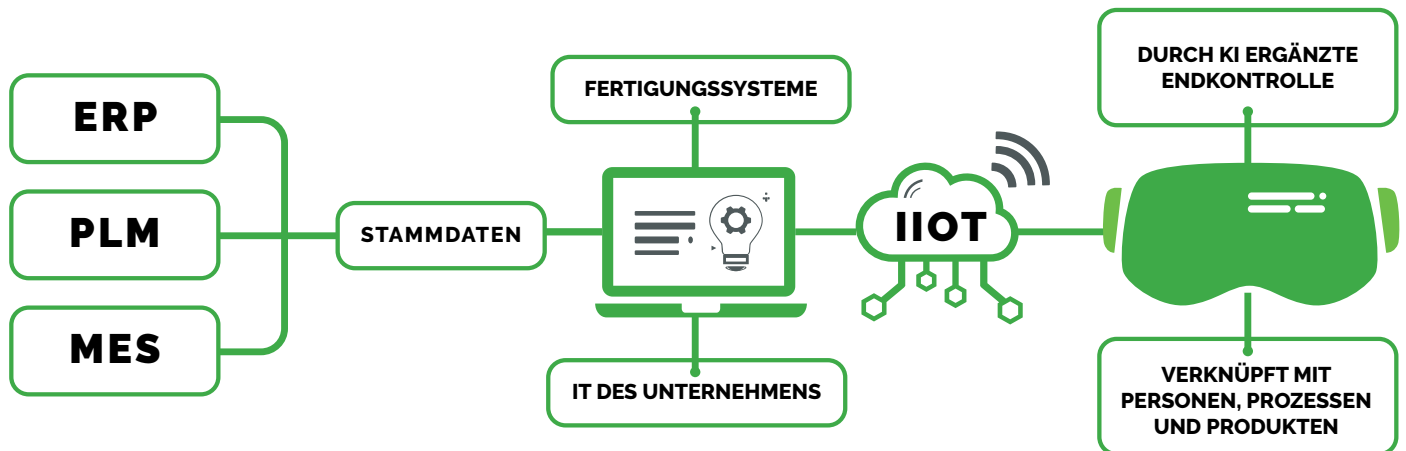
Bei Solar Turbines konnten wir durch Fokussierung auf Schnittstellen und Prozesse das ständige Hin und Her in der technischen Entwicklung eliminieren. Das heißt, die Fertigungsingenieure brauchen nicht mehr in beiden Systemen – PLM und ERP – zu arbeiten. Bei MicroVention konnten Compliance-Risiken durch Ausweitung des Digital Thread auf das ERP-System und durch Übernahme des offiziell genehmigten Datensatzes ins ERP reduziert werden.

In beiden Unternehmen haben wir den Zugriff durch Beschäftigte unterbunden, sodass diese im ERP keine Daten mehr verändern können. Eine Stückliste kann beispielsweise nur noch via PLM-System publiziert werden. Auch den Zugriff für die Erstellung neuer Artikel haben wir unterbunden. Nachgeschaltete Stakeholder können nur noch Kostenermittlungselemente erstellen, die von einem anderen Typ sind. Auf diese Weise haben wir eine einzige, maßgebliche, zuverlässige und allgemeingültige Datenquelle für Teile/Artikel etabliert. Es geht also nicht nur darum, eine Schnittstelle zu schaffen, sondern auch darum zu gewährleisten, dass Daten nicht durch nachgeschaltete Personen erstellt oder geändert werden können. Denn häufig kommt es vor, dass Beschäftigte versuchen, mit irgendeiner geschäftlichen Ausrede das System of Record zu umgehen. Da mag es sich um so genannte „Notfälle“ handeln, doch die Umgehung des ordnungsgemäßen Prozesses kann für das Unternehmen sehr teuer werden. Rasch können sich Qualitätsprobleme einschleichen und noch teurere Fehler nach sich ziehen. Das waren ein paar Worte der Warnung, was man nicht tun sollte.



INDUSTRIE 4.0 UND DARÜBER HINAUS

Der Weg für schnelle Fortschritte ist geebnet, wenn Industrie 4.0-Funktionalitäten wie die folgenden umfassend implementiert sind: digital erweiterte Arbeitsanweisungen, virtuelle Build-, Schulungs- und Einarbeitungsprozesse, durch KI ergänzte Inspektionen. Darüber hinaus schafft die Ausweitung des Digital Thread auf die IIoT-Plattform die Voraussetzungen, dass digital vernetzte Beschäftigte der nächsten Generation, ausgestattet mit Echtzeitinformationen zu den Anlagen sowie mit Handbüchern, Anleitungen und Konstruktionsdaten, ihre Arbeit autonom, effektiv und effizient ausführen können. Digital vernetzte Beschäftigte brauchen nicht an Bürotüren zu klopfen, in staubigen Schulungshandbüchern nachzuschlagen oder Bedienhandbücher und Kataloge zu Rate zu ziehen – all das ermöglichen vernetzte Systeme als einzige, maßgebliche, zuverlässige und allgemeingültige Datenquelle.





DIGITALE ZWILLINGE FÜR KONSTANTE ANALYSEN

1. Das IIoT erweitert das MES zu einem System of Intelligence. Das MES dient als zuverlässiges System of Record, das bestimmte Aufgaben mit Fokus auf nahtlose Ausführung handhabt, Änderungen jedoch nicht selbst initiiert oder steuert. IIoT-Funktionen dagegen sind ein schnelles, flexibles System of Intelligence, das Prozesse kontinuierlich durch dynamische Optimierung verbessert.
2. Das IIoT ergänzt MES und PLM durch rollenbasierte Anwendungen für die Arbeitskräfte in der Fertigung, beispielsweise Bereitstellung und Ausführung von Arbeitsanweisungen in Echtzeit, Problemlberichte, Leistungsanalysen, Qualitätsprüfung. Angesichts von wachsender Produktkomplexität und zunehmendem Arbeitskräftemangel ist es unumgänglich, für die Beschäftigten in der Fertigung ein Benutzererlebnis zu schaffen, das individuell auf ihre Tätigkeit und ihre Aufgaben zugeschnitten ist. Eine komplexe Produktionslinie umfasst leicht mehr als 100 Fertigungsschritte und jedes Produkt kann anders ausfallen – gefertigt aus unterschiedlichen Materialien und anhand von unterschiedlichen Maschinen, Werkzeugen, Methoden und Fähigkeiten.
3. Das IIoT erweitert und ersetzt das MES dort, wo der Fokus in erster Linie auf Überwachung und Koordination liegt. IIoT-Plattformen eignen sich als brauchbare Alternative, denn sie warten mit Vorteilen wie schnellerer und kosteneffektiverer Umsetzung auf. In vielen Fällen, insbesondere in größeren Konzernen mit einer zweistelligen Anzahl von Fertigungsunternehmen, bietet sich eventuell eine hybride MES-Strategie als die effizienteste und effektivste an. Mit anderen Worten, man nutzt ein voll ausgebildetes MES an Standorten, wo sämtliche Kernfunktionalitäten gebraucht werden, vor allem für die Ausführung. Eine monolithische Implementierung ist in diesem Fall in Ordnung. An anderen Standorten dagegen nutzt man das IIoT als Alternative zum MES.



ZUSAMMENFÜHRUNG VON KONSTRUKTION UND FERTIGUNG BEI VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT (VOLVO CE)

PTC Windchill ermöglicht Volvo CE die Einrichtung einer zuverlässigen und allgemeingültigen Datenquelle für Produktdaten, die den gesamten Produktlebenszyklus umfassen. Diese stellt sicher, dass alle Arbeiten einen Wertbeitrag und einen Beitrag zum kollektiven Wissen leisten. Volvo schafft manuelle Übergaben ab, was höhere Qualität und eine bessere funktionsübergreifende Zusammenarbeit an neuen und Bestandsprodukten ermöglicht.

Windchill schafft Erleichterungen auf dem Gebiet des modellbasierten 3D-Designs. Das erschließt Volvo CE Vorteile bei:

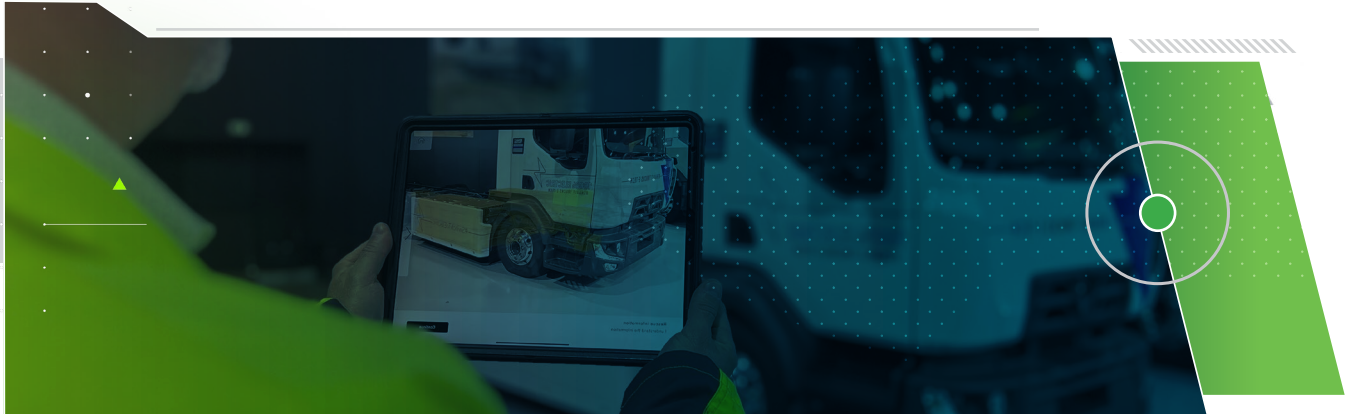
- **Produktstruktur:** Volvo ist besser in der Lage, die Architektur von Neuprodukten, konzipiert im Rahmen der Produktstrategie von Volvo CE, zu verwalten.
- **Kommunikation:** Das Unternehmen hat eine gemeinsame Sprache geschaffen, einen Digital Thread von Produktinformationen, der Kommunikation und Zusammenarbeit fördert.
- **Produktdaten:** Produktinformationen können jetzt leichter erfasst und gespeichert werden, da den Teams jetzt ein gemeinsamer Datenbestand als Grundlage zur Verfügung steht.
- **Datenstrukturen:** Windchill erschließt mehr Chancen zur Wiederverwendung von 3D-Daten, die von den Ingenieuren im Lauf des Produktlebenszyklus erarbeitet werden.

Verbesserte Effizienz

Windchill PLM verändert zwar die vorgeschalteten Arbeitsgänge, also die Konzeption virtueller Produkte, reduziert aber den Aufwand für nachgeschaltete Arbeitsgänge, also die Fertigung physischer Produkte. mBOMs sind bei Volvo leichter und mit höheren Erfolgsraten implementierbar (für Produktwartung und Projekte). Zusätzliche Visualisierungen erleichtern darüber hinaus die Lösungsfindung und -definition.

Durch Windchill PLM konnte zudem der Anteil manueller Arbeiten verringert werden. Ebenso sank der Aufwand, den die Konstrukteure im Rahmen der Produktionsvorbereitung treiben müssen, um die Auswirkungen einer Entwicklung zu validieren.

- Volvo richtete Kontrollen für die Produktdaten ein, die im Vorfeld der Fertigung stattfinden.
- Die Produkte werden im PLM zur Reife gebracht und erst dann ans ERP- und MES-System übermittelt.
- Änderungen an physischen Produkten sind bei Weitem aufwendiger als Änderungen, die schon bei der Produktionsvorbereitung durchgeführt werden.
 - Daher erwartet Volvo CE eine Effizienzsteigerung von 30 % bei technischen Änderungsnachrichten.
 - Alle Stakeholder können bei Produktänderungen zusammenarbeiten und die Auswirkungen auf nachgeschaltete Stellen evaluieren.



Kosteneinsparungen durch Vermeidung von Qualitätsmängeln

Wie schon zuvor erwähnt, sinkt durch weniger manuelle Arbeit und verstärkte Interaktion zwischen Konstrukteuren und Fertigungsingenieuren bei der Entwicklung die Gefahr potenziell kostenintensiver Mitarbeiterfehler. Die zuvor getrennten Teams können jetzt zusammenarbeiten und dadurch schon in frühen Phasen Probleme erkennen und prüfen, ob die Konfigurationsregeln korrekt definiert wurden. Das senkt die Fehlerwahrscheinlichkeit. Davon erhofft sich Volvo CE mehrere Vorteile:

- Von den Arbeitsanweisungen erwartet man eine Senkung der Fehlerzahl um 30 % im Vergleich zum Status quo, bei dem etwa 30 % der Produkte aufgrund mangelhafter Datenqualität fehlkonfiguriert sind.
- Für die Zeit nach der Produkteinführung erwartet man Vorteile im Hinblick auf die Markenreputation und auf geringere Wartungskosten (Gewährleistung und Reparaturen).

Produktkostensenkung

Dank PLM kann Volvo CE seine Systeme bereits frühzeitig evaluieren und kosteneffektive Lösungen entwickeln. Von den Verbesserungen bei Arbeit und Arbeitsvorbereitung erwartet man Effizienzsteigerungen von 1,4 %.

Verkürzte Time-to-Market

Die technische Entwicklung findet in den Anfangsphasen des gesamten Prozesses statt, wobei die Aufgaben in einer klar strukturierten Art und Weise mit dem Prozess verknüpft sind. Das ermöglicht bei der Produktionsvorbereitung eine bessere projekt- und standortübergreifende Zusammenarbeit mit den Konstrukteuren.

PLM bietet Systemunterstützung für virtuelle Builds und Mehr-Produkt-Hubs im Zuge der Vorbereitung. Stakeholder können dank gemeinsamen Datenzugriffs während des gesamten Entwicklungsprozesses je nach ihrer Rolle und ihren Anforderungen in unterschiedlichen Ansichten Feedback einbringen.

Darüber hinaus lässt sich durch frühzeitige und kontinuierliche Zusammenarbeit zwischen internen und externen Zulieferern, Personen, die für die Einhaltung der Exportvorschriften zuständig sind, und sonstigen Stakeholdern im gesamten Produktlebenszyklus Zeit einsparen.



ÜBER DIE AUTOREN DER BEITRÄGE

V. Dr.-Ing. Christian Willmann

Head of Business Application PLM bei der Vaillant Group

Er ist PLM-Profi mit über 20 Jahren Erfahrung in digitaler Produktentwicklung. Zunächst arbeitete er als Berater zu diversen PLM-Lösungen bei OEMs (Erstausrüstern) und Tier-1-Zulieferern in der Automobilindustrie, in der Luft-/Raumfahrt- und in der Verteidigungsindustrie. Seit 2015 ist er bei der Vaillant Group beschäftigt, derzeit als Verantwortlicher für PLM-Prozesse und den Betrieb der zugehörigen PLM-Software. Er hat ein Diplom in Maschinenbau und promovierte zum Thema der digitalen Fabrik.

AMIR MAZOOCHI

Research & Product Development Technologist, früher bei Seagate Technology

Als technologischer Vordenker hat er Erfahrung bei der Supervision und Anleitung der Aktivitäten und Initiativen sowie des Personals in der technischen Entwicklung einer Organisation. Er verfügt über umfangreiche Erfahrung in der Anleitung von Organisationen in Bezug auf Innovationsstrategie, Forschung und Produktentwicklung, Lebenszyklus-Management, Prozesse und Technologie sowie darin, digitale Transformationsinitiativen voranzutreiben. Er setzt auf Teamarbeit, Verantwortungskultur und kontinuierliche Verbesserungen und trägt mit seiner Analyse- und Problemlösungskompetenz zur Umsetzung von Zielen und einem nahtlosen Kundenerlebnis bei. Er hat ein Händchen für den Aufbau multifunktionaler Teams und das Änderungsmanagement. Zu seinen Erfolgen gehören wesentliche Beiträge zu Rentabilität und Produktivität durch Entwicklung und Implementierung eines erfolgreichen Systems für die Entscheidungsunterstützung sowie die Einführung einer neuen PLM-Lösung.

ERIC HORN

Enterprise Architect, IT, MicroVention

Als ambitionierter, lösungsorientierter Systemarchitekt, bekannt dafür, in herausfordernden Positionen hervorragende Leistungen zu erbringen, ist er ein kreativer Problemlöser, der in ganz großem Maßstab zu denken, komplexe Probleme zu interpretieren und sinnvolle Lösungen zu entwickeln vermag, die wesentliche Produktivitäts- und Effizienzsteigerungen ermöglichen. Er kann einen professionellen Beitrag zu komplexen Projekten leisten, innovative Prozesse entwickeln und überaus fähige Teams einbinden. Er ist eine handlungsorientierte Führungspersönlichkeit mit Erfahrung in digitaler Transformation und der Ausweitung des Digital Thread auf eine komplette Organisation, und zwar in unterschiedlichen Fertigungssektoren wie Konsumgüterindustrie, Mobilfunk und Elektronik, Luft-/Raumfahrt und Verteidigung, Maschinen- und Anlagenbau und Medizinprodukten.



DIGITAL TRANSFORMS PHYSICAL

Würden Sie gerne mehr erfahren?

Weitere Informationen zu PTC

© 2023, PTC Inc. Alle Rechte vorbehalten. Die Inhalte dieser Seiten werden ausschließlich zu Informationszwecken bereitgestellt und beinhalten keinerlei Gewährleistung, Verpflichtung, Bedingung oder Angebot seitens PTC. Änderungen der Informationen vorbehalten. PTC, das PTC Logo und alle anderen PTC Produktnamen und Logos sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen von PTC und/oder Tochterunternehmen in den USA und anderen Ländern. Alle anderen Produkt- oder Firmennamen oder Logos sind Eigentum ihrer jeweiligen Besitzer.

347750 Connected Systems (PLM, ERP, MES) Whitepaper

DIGITAL TRANSFORMS PHYSICAL