SIEMENS

Siemens PLM Software

Einsatz von PLM zur verbesserten Entwicklung von Maschinen und Industrieprodukten

White Paper

Die Managementteams bei Herstellern von Maschinen und Industrieprodukten können die Vorteile der PLM-Technologie (Product Lifecycle Management) auswerten, indem sie die spezifischen Auswirkungen auf die fünf wichtigsten Geschäftsprozesse betrachten. Hierzu gehören die Prozesse Angebot, Auftragserteilung bis zur Lieferung, Installation und Inbetriebnahme, Support im laufenden Betrieb sowie die Entwicklung und Einführung neuer Produkte.

www.siemens.com/plm/machinery

Inhalt

Kurzdarstellung 3
Der Prozess für das Angebot 8
Der Prozess für die Auftragserteilung bis zur Lieferung 10
Der Prozess für Installation und Inbetriebnahme 12
Der Prozess für Support im laufenden Betrieb 14
Der Prozess zur Entwicklung und Einführung neuer Produkte 16
Unterstützung für Maschinenhersteller zur Umsetzung von Innovationen 19

Kurzdarstellung



Europäische Konstrukteure entwickelten die Technologien und bauten die Maschinen, die die industrielle Revolution vor 250 Jahren einläuteten. Seitdem werden Maschinen und Industrieprodukte eingesetzt, um den wirtschaftlichen Fortschritt dynamisch voranzutreiben und die Welt zu verändern. Tatsächlich wird durch aktuelle Ereignisse wie Industrie 4.0, welches vom Fraunhofer-Institut und der deutschen Regierung eingeführt wurde, das große Potenzial der Industriemaschinenbranche präsentiert.

Dieses Dokument richtet sich an Managementteams von Unternehmen, die Maschinen und Industrieprodukte herstellen, und soll diese bei der Bewertung der möglichen geschäftlichen Auswirkungen der PLM-Technologie auf das Unternehmen unterstützen. Es umfasst die Geschäftsumgebung und erörtert die Unterstützung von PLM in den fünf Geschäftsprozessen, die für einen höheren Mehrwert für Unternehmen, die Maschinen und Industrieprodukte herstellen, entscheidend sind.

Bei Maschinenherstellern ist die effiziente Schaffung, Kommunikation und Verwaltung produktbezogener Informationen wesentlich, um Initiativen für Reaktionsgeschwindigkeit, Effizienz und neue Geschäftsmöglichkeiten zu entdecken und zu implementieren.

PLM bietet eine flexible, verwaltete Umgebung für die Schaffung, den Austausch und die Nutzung von Informationen. Hierdurch können multidisziplinäre Teams Aktivitäten automatisieren, zusammenarbeiten und parallel Aufgaben erledigen, um so Kosten und Durchlaufzeiten zu senken sowie auf Anhieb richtige Ergebnisse zu erzielen. Mithilfe von PLM können die Produkte für Kooperationen, Innovationen, Führungsrollen und Umsatzwachstum eingesetzt werden.

Wie reagieren Unternehmen auf den großen Druck von Schwellenländern und andere strategische Herausforderungen?

Die Branche zur Fertigung von Maschinen und Industrieprodukten steht unter Druck. Das Entwicklungstempo ist hoch und schreitet immer weiter voran. Aus diesem Grund müssen Hersteller bei Forschung und Entwicklung immer Schritt halten. Um zu überleben oder gar zu wachsen, ist es erforderlich, neue Materialien einzuführen, neue Technologien zu integrieren und in neue Konzepte zu investieren. Viele Unternehmen blicken auf eine lange Reihe von Initiativen zu Kostenkontrolle, Qualität und Effizienz zurück. Eine schlanke Produktion und Six Sigma sind ein wesentlicher Bestandteil geworden. Dennoch können Gewinnziele nur schwer erreicht werden. Es reicht nicht aus, Qualität, Benutzerfreundlichkeit und wettbewerbsfähige Preise zu erzielen. Für den Erfolg muss die Effizienz verbessert werden, der Kunde im Mittelpunkt stehen und Geschäftsbeziehungen aufgebaut werden.

Das Aufkommen von neuen Wettbewerbern aus kostengünstigen, entlegenen Regionen ist nur eine der zahlreichen Herausforderungen, denen Maschinenhersteller heutzutage gegenüberstehen. Hierzu zählen auch:

- **Globalisierung** – Neue Wettbewerber führen neue Markenwerte, Produkte und Services ein und profitieren möglicherweise von kostengünstigeren Strukturen. Globale Kunden benötigen weltweit einheitliche Produkte und Services mit Optionen für einen lokalen und zentralen Vertriebs- und Service-Support.

Die Vorteile von Product Lifecycle Management
Mit dem Begriff Product Lifecycle Management wird eine IT-Umgebung für Produktdaten beschrieben. PLM wird gelegentlich restriktiv verwendet und zwar zur Beschreibung bestimmter Teile dieser Umgebung, in der Produktdaten verwaltet werden. Bei Siemens PLM Software wird der volle Umfang der PLM-Technologie bereitgestellt. Diese vollständige, integrierte Option ist eine wichtige Plattform, um die Vorteile von PLM vollständig bereitstellen zu können. Ein gutes Daten-Management liefert den richtigen Personen die richtigen Informationspakete. Mit unserem PLM wird sichergestellt, dass Pakete geöffnet, Daten abgefragt, die erforderlichen Informationen extrahiert und bei Bedarf Anpassungen vorgenommen werden können.

- **Hohe Kundenanforderungen** – Die Verbraucher sind gut über Preise, Performance und Alternativen der Wettbewerber informiert. Produkte und Services müssen die spezifischen Anforderungen erfüllen.
- **Regulatorisches Umfeld** – Möglicherweise sind spezifische, prüfbare Verfahren in Kombination mit lokaler und globaler Dokumentation erforderlich. In einigen Branchen werden die Vorschriften von Regionen und Ländern auf weltweit anerkannten Standards aufgebaut.
- **Wachstum der Produktkomplexität** – Umfassende Nutzung eingebetteter Elektronik und Software ist Standard. Bei Maschinen ist der Maschinenbau möglicherweise der dominierende Aspekt der physischen Präsenz. Ihr Wert hängt allerdings von maschinellen und anderen Technologien ab.

In der Vergangenheit konnten mit der Führungsrolle bei Merkmalen wie z. B. Qualität, Benutzerfreundlichkeit und konkurrenzfähigen Preisen ein Wettbewerbsvorteil erzielt werden. Diese Merkmale sind weiterhin wichtig, reichen für den Erfolg allerdings nicht mehr aus. Managementteams müssen neue Geschäftsinitiativen erkennen, starten und durchführen, um eine höhere Effizienz und Kundenorientierung zu erzielen und gleichzeitig Wettbewerber abzuwehren und Mehrwert für Kunden zu schaffen.

Zahlreiche Erwartungen
Kunden erwarten von neuen Maschinen und Anlagen Folgendes:

- Geringere Kosten und höhere Performance
- Unbeaufsichtigten Betrieb, verbesserten Energieverbrauch, höhere Gewinne und besseren Durchsatz
- Integration in andere Maschinen und Systeme
- Remote-Tuning/-Wartung von Betrieb/Performance
- Effiziente, stabile Einhaltung von Vorschriften
- Sicherheit, Umgebung, Transparenz und Wartung
- Zukunftssichere Produktion
- Roadmaps für Upgrades zur Handhabung neuer Materialien und Technologien
- Flexiblere Integration in Automatisierungssysteme mit Steuerungspfaden und Datenverbindungen für Status- und Performanceberichte

Bessere Möglichkeiten für die Zusammenarbeit mit Maschinenbaulieferanten in Bezug auf:

- Bereitstellung von Ersatzteilen und Services
- Umbau- und Upgradeprojekte
- Konfiguration, Bestellung, Lieferung, Inbetriebnahme und Übergabe neuer Maschinen

Neue Handelsbeziehungen
Kunden möchten in der Lage sein, zahlreiche Partnerschaften aufbauen zu können. Hierzu gehören möglicherweise Vertragsbedingungen, wie z. B. Risikoteilung, oder Diskussionen über das Geschäftsmodell, um das Geschäftsverhältnis von Kunde/Lieferant zu Projektpartnern umzuwandeln.

Managementteams entwickeln und kommunizieren Strategien

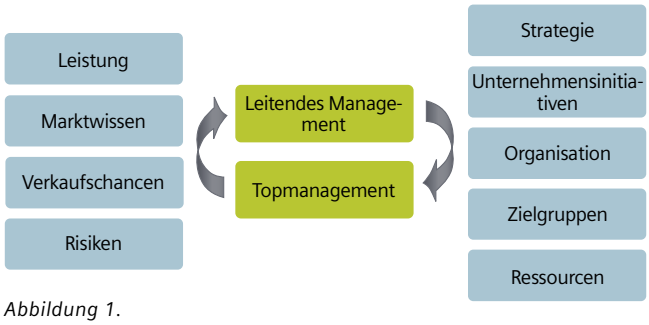


Abbildung 1.

Bei der Planung der Geschäftsprioritäten ist es wichtig, die Erwartungen der Kunden zu verstehen. Beispiele hierzu finden Sie im Kästchen „Zahlreiche Erwartungen".

Mittelgroße Unternehmen stehen besonders großen Herausforderungen gegenüber, da sie an den Wertschöpfungsketten zahlreicher großer Kunden teilnehmen müssen, die jeweils unterschiedliche Standards festlegen und in der Lage sind, Produkte internationaler Wettbewerber zu ersetzen. Diese Situation ist äußerst komplex, da jeder Kunde eine individuelle Betreuung erwartet, spezifische Anforderungen an Funktion, Performance, Preis und Zeitpläne stellt und Partnerschaften aufbauen möchte, um Risiken bei künftigen Projekten zu teilen.

Um die durch die Kundenanforderungen entstehenden Chancen ergreifen zu können, muss das Managementteam eines Maschinenherstellers (siehe Abbildung 1) die Unternehmensleistung fortlaufend prüfen, geeignete Anpassungen der Strategien ermitteln und genau definierte Initiativen mit entsprechenden organisatorischen Veränderungen, Zielgruppen und Ressourcen starten. Bei Maschinenbauunternehmen hängen die Initiativen mit hoher Priorität tendenziell von Produkt- und Prozessinformationen ab. Hierzu gehören z. B.:

- **Initiativen zur Reaktionsgeschwindigkeit des Unternehmens** – Diese gehen auf die Synchronisierung, Kommunikation und Zusammenarbeit der Teams, Abteilungen, Lieferanten und Partnernetzwerke ein. Ein wichtiger Aspekt für diese Initiativen sind die

Engineeringanwendungen bei Maschinenbauunternehmen
Maschinenbauunternehmen jeder Größe haben schon früh zahlreiche IT-Anwendungen für das Engineering angewendet. Sie erzielten Rendite aufgrund materieller Gründe, wie z. B. verbesserte Produktivität, höhere Genauigkeit und weniger Fehler, aber auch immaterieller Gründe, wie z. B. ein moderneres Image des Unternehmens. Aber diese schnellen Erfolge waren nur der Anfang. Engineeringanwendungen, die sich auf Aufgaben von Benutzern und lokalen Gruppen konzentrieren, wie z. B. CAD (Computer-Aided-Design) und CAM (Computer-Aided-Manufacturing), bildeten die Grundlage für eine bessere Verarbeitung von Produkt- und Prozessinformationen. Diese Technologien haben sich zu PLM-Lösungen mit Funktionen für Daten-Management, Workflow und Zusammenarbeit entwickelt. Diese PLM-Investitionen ermöglichen eine höhere Transparenz, bessere Wiederverwendung und Kommunikation von Produkt- und Prozessinformationen, und zwar nicht nur für Benutzer und lokale Gruppen, sondern auch für eine breitere Gemeinschaft. Dies sorgt für viele weitere Kategorien von Benutzern, die über alle Phasen des Produktlebenszyklus hinweg arbeiten. So können diese richtige Entscheidungen treffen und schnell reagieren, da sie sich auf die Qualität und Verfügbarkeit aktueller Produkt- und Prozessinformationen verlassen können. Das Ergebnis sind schnellere Innovation, verstärkte Wiederverwendung von Teilen und Prozessen, bessere Qualität, verbesserte Partnerschaften, höhere operative Effizienz und mehr Flexibilität.

„Unser Produktkonfigurationssystem nutzt Informationen aus unserem Siemens PLM-System und erstellt schnell 3D-Visualisierungen von bestimmten Maschinenkonfigurationen. Diese Visualisierungen unterstützen uns bei der Zusammenarbeit mit Kunden, um Alternativen zu erörtern und das Verständnis aller Beteiligten sicherzustellen.“

Bernd Haussmann
Otto Bihler Maschinenfabrik GmbH & Co. KG

Produkt- und Prozessinformationen, die korrekt, konsistent und aktuell sind und den richtigen Personen im richtigen Kontext zur Verfügung gestellt werden. Bei Initiativen, die beispielsweise die Quoten für profitable Vertragsabschlüsse verbessern sollen, müssen Gutachter, Konstrukteure und Produktionsplaner konsistente Informationen nutzen.

- **Initiativen zur Wiederverwendung von Teilen und Prozessen** – In der Umgebung eines Maschinenbauunternehmens ist es nicht einfach, die Erstellung vieler ähnlicher Teile und Prozesse zu vermeiden. Für begabte, kreative Menschen ist es einfacher, das Rad neu zu erfinden. Um diese Tendenz auszugleichen und die Wiederverwendungsraten zu erhöhen, müssen die Produkt- und Prozessinformationen leicht auffindbar sein und die Konstruktionsabsicht, Anforderungen und Spezifikationen enthalten. Investitionen zur Rationalisierung der Konstruktion und bewussten Erstellung wiederverwendbarer Teile sind ebenfalls notwendig. Initiativen, die die Verwendung genehmigter Standardteile fördern, müssen den Mitarbeitern, die die Teile festlegen, einfache Möglichkeiten zur Suche nach vorhandenen Teilen bieten, die die Anforderungen erfüllen.
- **Bahnbrechende Initiativen**
Neue konfigurierbare Produkte, Lieferkettenstrukturen, Lieferantenbeziehungen, Vertriebspartnerschaften und Serviceoptionen hängen alle von den Produkt- und Prozessinformationen ab. Die reibungslose Verarbeitung



dieser Informationen bietet den Managementteams mehr Flexibilität, um neue Arbeitsweisen für bahnbrechende Ergebnisse zu schaffen und umzusetzen. Wenn beispielsweise Vertriebsmitarbeiter von Händlern eine interaktive Visualisierung und Simulation der Maschinenperformance anbieten können, können diese möglicherweise neue Märkte erobern und Wettbewerber in bestehenden Märkten übertreffen.

Zur erfolgreichen Umsetzung dieser Initiativen benötigen Unternehmen IT-Funktionen, um die Produkt- und Fertigungsprozessinformationen verwalten zu können. Das Product Lifecycle Management beinhaltet die IT-Umgebung, in der Produkte und Fertigungsprozesse im Mittelpunkt stehen. PLM-Strategien und -Lösungen unterstützen Benutzer und Teams bei der effizienten Erstellung, Wiederverwendung, Kommunikation und Verwaltung von Produkt- und Prozessinformationen. Der Einsatz von PLM unterstützt die digitale Produktentwicklung und digitale Fertigung, wodurch verteilte Teams schnellere Zykluszeiten und somit schnellere Markteinführungszeiten und mehr Produkt- und Prozessinnovationen erzielen können.

Kernprozesse bieten den Kunden Mehrwert

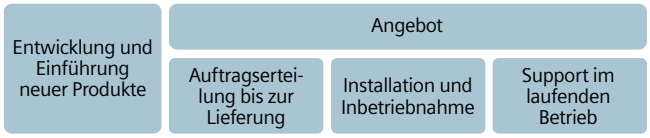


Abbildung 2.

„Indem wir Lieferanten webbasierten Zugriff auf ausgewählte Bereiche unserer Siemens PLM-Daten gewähren, können diese sich über den aktuellen Projektfortschritt informieren, damit sie bei Bedarf schnell und präzise reagieren können.“

Walter van Leeuwen
Assembléon Netherlands



Unternehmen mit einer hohen Kompetenz bei der Verarbeitung von Produkt- und Prozessinformationen sind so bei der Zusammenarbeit mit Kunden und Lieferanten äußerst flexibel und effizient. Wenn diese Unternehmen global verteilte Partnernetzwerke nutzen, können sie in einem oder mehreren Bereichen, zu denen z. B. Konstruktion, Fertigung, Vertrieb und Service gehören, Geschwindigkeit, Qualität und geringe Kosten erzielen.

Die geschickte, effiziente Verarbeitung von Produkt- und Fertigungsprozessinformationen wirkt sich positiv auf alle Aktivitäten des Unternehmens und sein erweitertes Wertschöpfungsnetzwerk mit Lieferanten, Händlern, Servicemitarbeitern und Kunden aus.

Die nächsten Abschnitte erläutern diesen Einfluss auf die wichtigsten Geschäftsprozesse (siehe Abbildung 2), die Kunden aus dem Bereich Maschinenbau Mehrwert bieten.

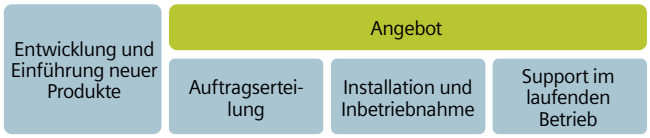
Der Einsatz von PLM erweitert all diese Einzelprozesse. Ein wichtiger Mehrwert der PLM-Technologie ist allerdings die Möglichkeit, dass all diese Prozesse auf einer einzigen Informationsgrundlage basieren. Die daraus resultierenden Verbesserungen bei der Kommunikation und Effizienz über den gesamten Betrieb hinweg werden erläutert, nachdem wir die einzelnen Prozesse betrachtet haben.

Der Angebotsprozess

Die schnelle und genaue Unterbreitung eines Angebots ist entscheidend. Schnelligkeit darf allerdings nicht zu Fehlern führen. Die Angebote müssen qualitativ hochwertige Maschinen definieren, die fristgerecht und innerhalb des Budgets gefertigt werden.

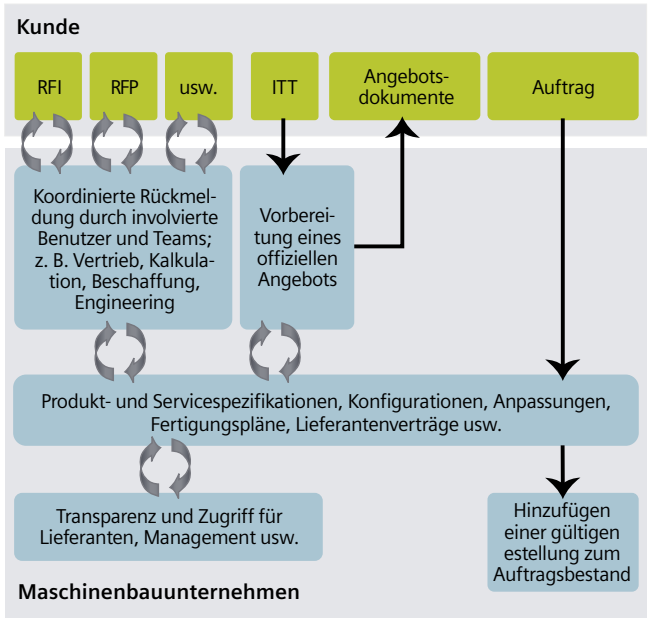
In ETO-Umgebungen (Engineer-To-Order), die typischerweise bei Herstellern von großen und kostenintensiven Maschinen zu finden sind, ist der Angebotsprozess eine langwierige, komplexe Interaktion mit dem Kunden. Der Maschinenhersteller muss auf umfassende und möglicherweise unvollständige Anforderungen, Spezifikationen und Angaben zu Service-Levels reagieren. Gelegentlich ist die Zusammenarbeit mit den Engineeringteams des Kunden und Lieferanten notwendig, um Konfigurationen und Konstruktionslösungen zu erörtern, zu entwickeln und zu vereinbaren. Gleichzeitig kann der Kunde Dokumente ausstellen, wie z. B. eine Leistungsanfrage, auf die eine oder mehrere Angebotsspezifikationen folgen, die sich jeweils auf ein unabhängiges Element des Projekts beziehen. Jede Antwort muss korrekt sein und mit den anderen Antworten in Einklang stehen. Schließlich müssen bei einer Angebotsanfrage bzw. Ausschreibung sämtliche technischen, zeitlichen und wirtschaftlichen Bedingungen in einer für einen Vertrag geeigneten Form zusammengebracht werden.

Bei CTO- und ATO-Unternehmen (Configure-To-Order bzw. Assemble-To-Order) kann der Angebotsprozess sehr schnell sein. Tatsächlich kann die Geschwindigkeit, mit der eine vollständige und konsistente technische Spezifikation, das Lieferdatum und der Preis erstellt werden können, ein Hauptunterscheidungsmerkmal für Maschinenhersteller sein.



Die Marketing- und Vertriebsaktivitäten mit Kunden führen zu offiziellen Angeboten für die Bereitstellung von Maschinen und zugehörigen Services. Mithilfe von PLM kann sichergestellt werden, dass der Kunde während des Vertriebsprozesses konsistente Informationen erhält. Gleichzeitig ermöglicht PLM den internen Teams einfachen, verwalteten Zugriff auf konsistente, aktuelle Informationen.

Der Prozess für das Angebot





Natürlich können große Ausrüster Eigenschaften mit kleinen, hochwertigen Maschinenbauunternehmen austauschen. Denn viele große Hersteller schließen Geschäfte mit einer kleinen Anzahl an Großaufträgen ab. Der Angebotsprozess für einen dieser Aufträge, der Hunderte oder Tausende Maschineneinheiten umfassen kann, ist in vielerlei Hinsicht ähnlich zu einem Angebotsprozess für eine einzige, teure Maschine.

Neben der Verbesserung der Angebotsgeschwindigkeit und -effizienz bei der Verarbeitung von Produktinformationen kann der Einsatz von PLM die Beziehung zum Kunden während der Vertriebsphase ändern. Die Verwendung von 3D-Visualisierung und die dynamische Simulation des Betriebs und der Performance der Maschine kann ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal sein. Allerdings stammen immer mehr Personen, die über Investitionen in neue Maschinen entscheiden, aus einer Generation, die mit 3D-Grafiken aufgewachsen ist. Für diese Gruppe ist die Bereitstellung von 3D-Visualisierung, Simulation und Performanceanalyse Teil des Kaufentscheidungsprozesses, der immer häufiger erwartet wird.

Die Angebotserstellung basiert nicht immer auf einer Investition in eine neue Maschine. Viele Angebote beziehen sich auf Upgrades bestehender Maschinen. In diesen Fällen stellt die PLM-Funktion, bei der die gewarteten Aktualisierungen mit den installierten Spezifikationen verknüpft werden, die erforderliche Informationsgrundlage für die Bewertung und Planung eines Upgrade-Projekts bereit.

Die Zielvorgabe des Angebotsprozesses ist die Erteilung eines Auftrags mit einem profitablen Preis und einem realisierbaren Lieferdatum. Durch den Einsatz von PLM für die Erstellung von Konfigurationsregeln für die Kundenauftragsabwicklung können Maschinenbauunternehmen dafür sorgen, dass die Engineeringteams nicht mehr jede Bestellung prüfen müssen. Durch den Einsatz von PLM für die Definition modularer Strukturen sowohl für Produkt- als auch für Fertigungsprozesse können Maschinenbauunternehmen eine größere Flexibilität bei Angeboten bieten und gleichzeitig die Wiederverwendung bewährter Teile und Prozesse steigern.

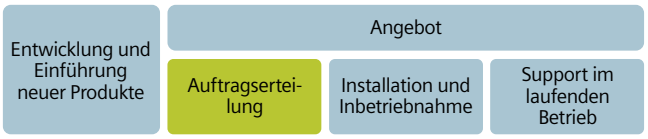


PLM im Angebotsprozess
PLM wird den Anforderungen von ETO-Unternehmen in Bezug auf den Angebotsprozess gerecht, indem Verbesserungen bei der Produktivität mit einem besseren Daten-Management kombiniert werden. Hierdurch kann die Engineeringgruppe mit den Kunden und Lieferanten interagieren und zusammenarbeiten, um technische Anforderungen zu vereinbaren. Die Beschaffungsgruppe definiert die Lieferantenvereinbarungen auf Basis der korrekten Produktinformationen und das Vertriebsteam kann eine genaue Angebotsdokumentation erzeugen. Für ATO-Unternehmen liegt der Mehrwert von PLM in der Möglichkeit, korrekte Material- und Komponenteninformationen für jede Maschinenkonfiguration bereitzustellen. So können die Vertriebs-, Beschaffungs- und Fertigungsteams die Kosten, geschätzten Lieferzeiten und Pläne auf korrekten, gemeinsam genutzten Informationen basieren. Für ein Unternehmen mit Lagerfertigung bietet der Einsatz der PLM-Funktion zur Aggregation von Produktinformationen über einen Auftrag hinweg eine bessere Grundlage für Kostenschätzungen und die Vertriebs-, Beschaffungs- und Fertigungsteams sind immer auf dem neusten Stand, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass sie bei sich ändernden Kundenanforderungen gewinnbringende Antworten erhalten.

Der Prozess für die Auftragserteilung bis zur Lieferung

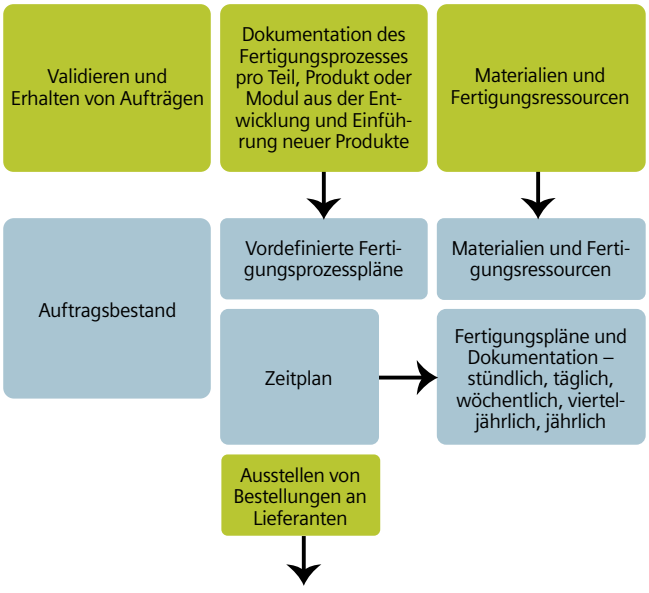
Die effektive Planung und Durchführung des Prozesses für die Auftragserteilung bis zur Lieferung ist für die Rentabilität entscheidend. Bei Maschinenbauunternehmen ist dies klassischerweise ein Planungsproblem, da die Fertigungsprozesspläne für jedes Produkt vordefiniert sind. Im Planungsprozess müssen die vordefinierten Fertigungsprozesspläne für alle zu fertigenden Elemente zu einem aggregierten Plan kombiniert werden, der die Zuweisung von Materialien, Einzelteilen und Fertigungsressourcen dynamisch für den sich ändernden Auftragsbestand optimiert.

Schon immer hat PLM eine große Rolle bei der Entwicklung vordefinierter Fertigungsprozesspläne gespielt. Die Auswahl, Konstruktion, Spezifikation und Dokumentation von Werkzeugen und Maschinenbetriebssequenzen sowie die Planung für die Bewegung innerhalb der Fertigungsanlage kann so aufwändig sein wie die Produktentwicklung. Diese Rolle von PLM nimmt an Bedeutung zu, da jede Fertigungstechnologie immer stärker integriert wird. Dies bedeutet, dass weniger Probleme direkt in der Werkstatt gelöst werden können, da die Konstrukteure alle Möglichkeiten vorhersehen müssen und eine korrekte, gut strukturierte Fertigungsdokumentation und Anweisungen für zunehmend kundenspezifische Produkte bereitstellen müssen. Zudem besteht Zeit- und Kostendruck, um die Anzahl an Prototypzyklen zu reduzieren und die Fertigungskapazität für Kundenaufträge zu verwenden, statt Zeit für die Prüfung des komplexen Fertigungsbetriebs aufzuwenden.



Der Prozess für die Auftragserteilung bis zur Lieferung ist eine zentrale operative Aktivität für die meisten Maschinenbauunternehmen. Die Erstellung und Wartung eines optimalen Fertigungsplans ist entscheidend für die Kostenkontrolle, Effizienz und pünktliche Lieferungen. Mithilfe von Fertigungsstrategien wie Just-in-Time und schlanke Fertigung kann eine Optimallösung definiert werden, um die besten Geschäftsergebnisse zu erzielen. PLM unterstützt Maschinenbauunternehmen dabei, die effektivsten Fertigungsprozesspläne zu erstellen und schnell auf Änderungen im Auftragsbestand zu reagieren.

Auftragserteilung bis zur Lieferung



Folglich findet die Entwicklung des Fertigungsprozesses nicht mehr in der Werkstatt sondern am Schreibtisch statt. Hierzu bedarf es einer genauen Simulation der Fertigungsprozesse. Mithilfe der Simulationsmodelle können die Fertigungstechniker nicht nur die Fertigungsprozesse entwickeln, sondern auch den Produktionsbetrieb unterstützen. Dieser Aspekt der digitalen Fertigung verleiht den Managementteams mehr Flexibilität bei der Planung verteilter Aktivitäten.

Unternehmen gehen zunehmend dazu über, flexible Konfigurationen komplexer Maschinen auf der Grundlage gemeinsamer Plattformen und modularer Optionen anzubieten. Die Folge ist eine riesige Anzahl von Konfigurationen, die der Kunde bestellen kann. Dies macht es äußerst schwierig, Fertigungsprozesspläne zu erstellen, die für jede vorhersehbare Kombination eingesetzt werden können. Die Reaktion einiger Maschinenbauunternehmen ist hier, die Rolle von PLM zu verstärken und die Montage von Elementen aus den Fertigungsprozessplänen für jeden Kundenauftrag zu integrieren. Durch die automatische Generierung der Fertigungsdokumentation können Sie Zeit und Kosten sparen.

„Wir generieren ein Fertigungsdokumentationspaket für jede von uns gebaute Maschine. Bisher war das sehr zeitaufwändig. Mit Siemens PLM Software haben wir einen Großteil dieses Prozesses automatisiert.“

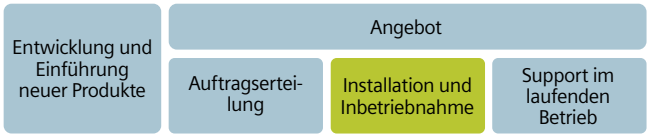
Walter van Leeuwen
Assembléon Netherlands

Der Prozess für Installation und Inbetriebnahme

Für Maschinenbauunternehmen ist der Bau großer, komplexer und kundenspezifischer Maschinen sowie deren Installation und Inbetriebnahme eine wichtige Aktivität mit hoher Transparenz. Ab einer bestimmten Größe und einem bestimmten Gewicht ist es nicht mehr praktikabel, eine vollständige Maschine zu transportieren. Diese muss in überschaubare Einzelteile demontiert und vor Ort beim Kunden wieder zusammengefügt werden. Komplexe Maschinen beliebiger Größe müssen kalibriert und angepasst werden. Kundenspezifische Maschinen müssen in andere Maschinen und die lokale Umgebung mit Baustrukturen, Stromversorgungen und Datenverbindungen integriert werden. Die für Standardausrüstungen angebotenen Einrichtungsservices können Auspacken, Installation, Erstprüfung und die Einweisung und Schulung von Bedienern umfassen.

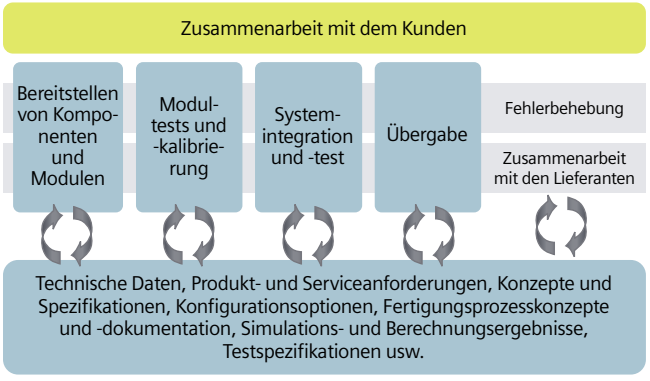
Bei einigen Maschinenbauunternehmen beinhaltet die Installation und Inbetriebnahme nicht nur eine ausführliche Schulung, sondern auch die Initialisierung der operativen Aktivitäten des Kunden, wie z. B. das Assetmanagement und die Wartung. Dabei können Identifizierungs- und Statusdaten in die IT-Systeme des Kunden geladen werden. In den meisten Fällen wird die Installation und Inbetriebnahme als letzter Schritt des Fertigungsprozesses angesehen. Erst wenn dieser Schritt erfolgreich angeschlossen wurde, muss der Kunde die Produkte bezahlen und kann sie dann nutzen.

Mithilfe von PLM können verschiedene integrierte Produktstrukturen (z. B. wie konstruiert, wie gebaut) als Startpunkt gepflegt werden. Teilekennungen bieten einfache Einstiegspunkte für diese Strukturen (z. B. zur Ermittlung von Informationen wie Änderungshistorie, Montageanweisungen, Einstellverfahren oder Annahmekriterien für ein identifiziertes Teil). Gelegentlich sind jedoch die Suchfunktionen von PLM besser geeignet (z. B. wenn ein Ausbilder, der die Wartungsschulung für Hydraulikspezialisten plant, alle Baugruppen mit Hydraulikanschlüssen ermitteln muss). Änderungen, Testergebnisse und Kalibrierungsdaten können auf Komponenten-, Unterbaugruppen- und Maschinenebene während des Installations- und Inbetriebnahmeprozesses aufgezeichnet werden.



In einer Produktionsanlage beispielsweise wird eine detaillierte Berechnung einschließlich Standortbegutachtung während der Angebotsphase durchgeführt, wobei ein Hauptauftragnehmer die Koordination der verschiedenen Lieferanten übernimmt. Bei einer eigenständigen Maschine mit Ausrüstung hingegen ist die Bereitstellung durch einen Drittanbieter möglicherweise ausreichend, insbesondere wenn das Produkt einen Selbsttest durchführen kann. PLM bietet eine einheitliche Sicht über die technischen und nichttechnischen Informationen, die von den Installations- und Inbetriebnahmetechnikern benötigt werden.

Installation und Inbetriebnahme



Ein PLM-System kann auch zur Koordination mehrerer Lieferanten oder Spezialisten eingesetzt werden. Einige Maschinen verwenden z. B. zugekaufte Unterbaugruppen oder Steuerungen, die von den Technikern des Lieferanten eingerichtet werden müssen. Mithilfe von PLM können die Konfiguration und die Umgebung dieser zugekauften Module aufgezeichnet werden. Somit erhöht sich die Chance, dass die Mitarbeiter des Lieferanten die richtigen Werkzeugen bereitstehen haben. Bei der Lösung von Problemen kann PLM zur direkten Zusammenarbeit genutzt werden, indem sichergestellt wird, dass allen Teilnehmern einer Besprechung dieselben Informationen zur Verfügung stehen. Sämtliche Aktionen und Entscheidungen können für eine strukturierte Abwicklung in das PLM-System eingegeben werden.

Die Bereitstellung von PLM für Installations- und Inbetriebnahmezwecke muss unbedingt die Kundenanforderungen berücksichtigen. In der Elektronikfertigung ist es beispielsweise üblich, den Zugang zu den Fertigungsbereichen einzuschränken. Der Handelswert jeglicher Informationen über den Fertigungsprozess ist hier sehr hoch und darf nicht riskiert werden. In extremen Fällen führen die Kunden die Installationen selbst durch. Häufig sind Sprach- und Datenverbindungen in der unmittelbaren Umgebung der Fertigungsmaschinen nicht erlaubt. In solchen Fällen wird PLM dazu verwendet, die replizierten Informationen (auf den Notebooks der Techniker) zu verwalten und die Aktualisierungen und Ergänzungen zu synchronisieren, wenn der Techniker mit dem Netzwerk des Maschinenherstellers verbunden ist.

Der Prozess für Support im laufenden Betrieb

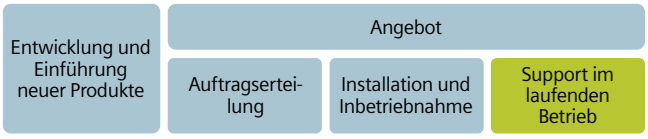
Servicefunktionen beinhalten für gewöhnlich den direkten Kontakt mit den Kunden und haben immer eine direkte Auswirkung auf die Beziehungen. Daher ist ein guter Service ein wesentlicher Beitrag zur Kundenzufriedenheit. Zudem kann Service eine bedeutende Einnahme- und Profitquelle darstellen. Die Produktplaner benötigen die Rückmeldung der Servicemitarbeiter, um Probleme beheben zu können und die Entwicklung der nächsten Maschinengeneration voranzutreiben.

Um eine höhere Kundenfreundlichkeit zu erzielen, bieten viele Unternehmen erweiterte Supportservices an, entweder separat oder als Paket zusammen mit der Maschine und dem Zubehör. Diese Services können vom Hersteller entwickelt, beworben und verkauft werden. Allerdings ist es keine Seltenheit, dass lokale Händler diese Services bereitstellen. In einigen Fällen möchten die Kunden eigene Mitarbeiter für den Service einsetzen, für die Schulungen, Ersatzteile, Werkzeuge und Dokumentation benötigt werden.

„Wir entwickeln neue Möglichkeiten, damit unsere Serviceabteilung unsere Maschinen visualisieren kann. Wir geben die Fertigungsstückliste wieder in das PLM-System ein, um ein ‚Wie-gebaut'-Modell zu erstellen. Die Servicemitarbeiter können sich darauf verlassen, dass sie mit einem Modell der Maschine arbeiten, die wir tatsächlich für den Kunden gebaut haben."

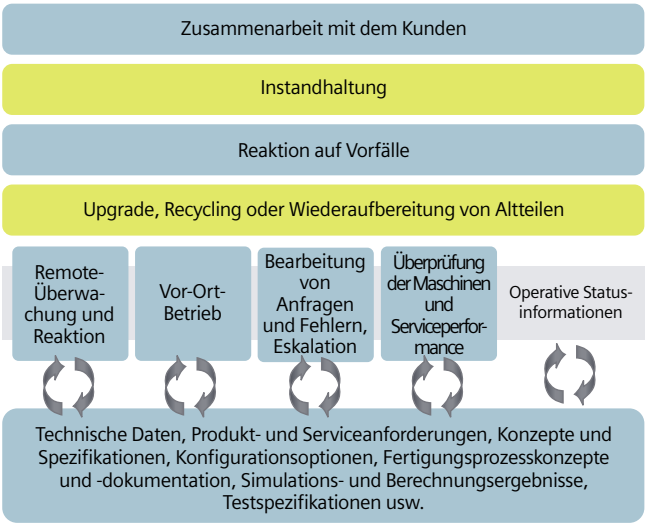
Thomas Vögtle
Machine Factory Berthold Hermle AG

Die Services reichen von der herkömmlichen Instandhaltung über Ersatzteile, Reparaturen und Upgrades bis zum ausgelagerten Betrieb. Einige Hersteller berechnen ihre Preise anhand der tatsächlichen Gerätenutzung. Daher ist es äußerst wichtig, eine hohe Zuverlässigkeit und schnelle Reaktionszeit zur Problemlösung bereitzustellen, da der Kunde nach Betriebszeit oder pro Kilogramm bezahlt. Die Möglichkeit des Fernzugriffs ist eine wichtige neue Option der Servicebereitstellung. Die Maschinen



Der Fernzugriff auf Maschinen und Zubehör hat die Art und Weise der Servicebereitstellung verändert. Intelligente Funktionen in Maschinensteuerungssystemen können ein Problem ermitteln und in einem Remote-Service-Center einen Alarm auslösen. Falls die Fehlerbehebung remote nicht möglich ist, erfährt der Kunde erstmals von dem Problem, wenn der Servicetechniker mit den Werkzeugen und Ersatzteilen vor Ort erscheint. PLM stellt den Außendienstteams aktuelle Informationen zum Produkt bereit.

Support im laufenden Betrieb



können z. B. ihren Statusausgang und Steuereingang über eine Webseite darstellen; somit können Techniker auf der anderen Seite der Welt sich anmelden, Fehler ermitteln und die Performance anpassen.

Mithilfe von PLM können Servicemitarbeiter die erforderlichen Informationen speichern und abrufen. In vielen Fällen handelt es sich hierbei um strukturierte Informationen, wie z. B. Teilelisten, Wartungsverfahren und Aktualisierungen der Steuerungssoftware. PLM kann aber auch zur Integration unstrukturierter Daten, wie z. B. ein Bild einer per Fax übermittelten Fehlermeldung, genutzt werden. Werden diese Funktionen zum Aufbau einer vollständigen gewarteten Historie verwendet,

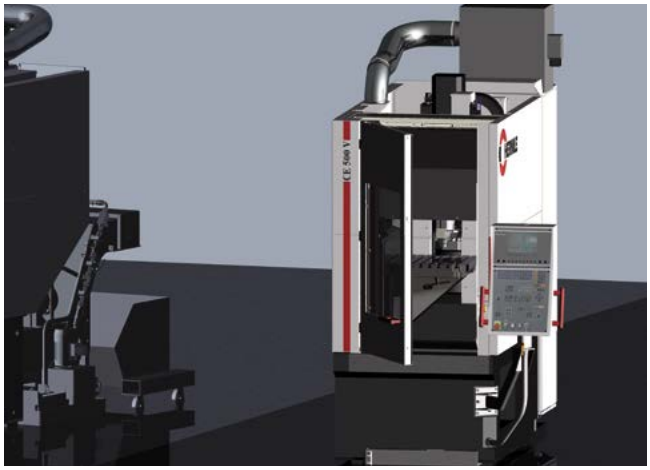
können sie Einblicke in die Ursachen von Problemen gewähren, optimale Betriebsbedingungen schaffen und Informationen bereitstellen, die zum Stellen einer Änderungsanfrage benötigt werden.

In einigen Umgebungen ist die Integration von Wartungsaufzeichnungen, die für die Einhaltung gesetzlicher Bestimmungen erforderlich sind, in die „Wie-installiert"-Information unerschwinglich. Möglicherweise stehen dann z. B. keine aktuellen Informationen über den aktuellen Status der Geräte einer chemischen Bearbeitungsanlage zur Verfügung. In diesem Fall bietet die PLM-Funktion für flexible Suchen und verknüpfte Informationen den Servicemitarbeitern einen Ansatzpunkt zur Erstellung von Dokumentationsmaterial, das die Maschinen und Anlagen definiert, die angepasst oder repariert werden müssen.

Mit Optionen für den Workflow und die Datenzugriffssteuerung stellt PLM eine potenzielle Basis für operative Lösungen bereit, die von Assetmanagement über Störfallmeldungen bei Schichtwechsel bis hin zu Berichtprotokollen reichen.

„Wir nutzen die Lösungen von Siemens PLM Software zur Automatisierung wichtiger Bestandteile der Produktentwicklung und -vorbereitung, wodurch wir unseren Durchsatz mit zuverlässiger Konsistenz und Qualität erhöhen konnten."

Jan Axelsson
AB Sandvik Coromant





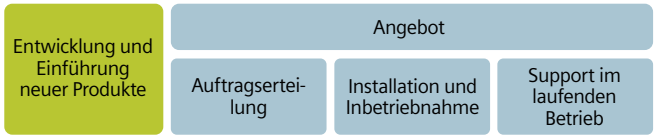
Der Prozess zur Entwicklung und Einführung neuer Produkte

Für Maschinenbauunternehmen bietet die Entwicklung und Einführung neuer Produkte (NPDI) Innovationskraft und die Differenzierung, die für geschäftlichen Erfolg erforderlich ist. Neue Produkte und Services gewinnen Marktanteile und bieten die Grundlage für künftige Einnahmequellen. Innovatives NPDI muss in einer Umgebung umgesetzt werden, die eine höhere Produktkomplexität, kürzere Markteinführungszeiten, kürzere Produktlebenszyklen und schwierige Partnerkonstellationen beinhalten.

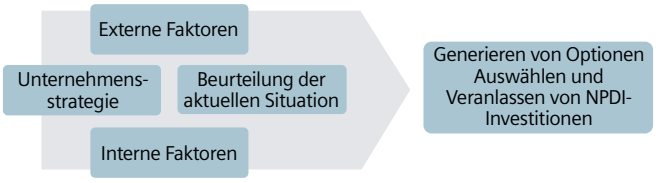
NPDI umfasst die Forschung, Entwicklung, detaillierte Konstruktion und Berechnung von Produkten und Fertigungsprozessen. Diese Funktionen trieben die Entwicklung computergestützter Technologien voran, die seit 40 Jahren die Produktivität, Präzision und Wiederverwendung von Teilen verbessern. Die Simulations- und Berechnungsfunktionen sorgen zunehmend dafür, dass neue Konstruktionen und Varianten als Teil des Konstruktionsprozesses validiert und optimiert werden können.

„Für uns ist es sehr wichtig, die Vorlaufzeiten zwischen der Freigabe der Konstruktion bis zum Start der Produktion zu verkürzen. Mit den Lösungen von Siemens PLM Software haben wir neue Möglichkeiten, dieses Ziel zu verfolgen. So ist beispielsweise eine bessere Zusammenarbeit zwischen dem Konstruktionsteam und unseren weltweiten Produktionsstandorten gewährleistet. Außerdem können Spezialisten mithilfe von Simulation die weltweite Produktion planen und unterstützen und wir können Teile und Prozesse häufiger wiederverwenden.“

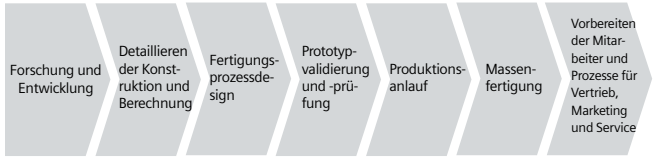
Carl-Olof Wiebensjö
AB Sandvik Coromant



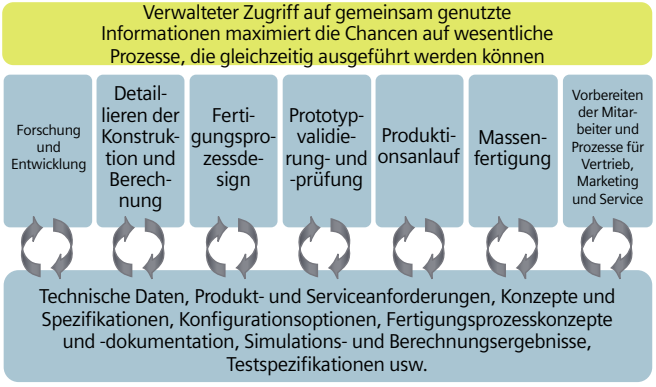
NPDI – Strategie



Herkömmliches NPDI – vom Konzept zur Fertigung
Die Annahme, dass NPDI einfach aus aufeinanderfolgenden Schritten besteht, ist naheliegend, aber falsch. Einer der Hauptvorteile von PLM bei NPDI ist jedoch die Möglichkeit der Zeitkompression, indem nicht nur die Zykluszeiten innerhalb jedes Schrittes reduziert werden, sondern auch eine parallele Ausführung der Schritte möglich wird.



NPDI mit PLM – bessere Zusammenarbeit, mehr Innovation, weniger Fehler, mehr auf Anhieb richtige Ergebnisse



Tatsächlich können komplette Prototypzyklen abgeschafft werden. Somit kann die Anzahl an Varianten erhöht werden, die in einer Produktplattform aufgebaut werden können.

Diese Vorteile für Anwender und lokale Gruppen sind wichtig für die Maschinenhersteller. NPDI wird allerdings nicht nur durch die Möglichkeit zur Entwicklung neuer Ideen, Konzepte und Konstruktionen weiter verbessert, sondern auch durch eine vereinfachte Bereitstellung von Informationen und Zusammenarbeit. Indem Funktionen zum Konstruktions- und Daten-Management in PLM integriert werden, wird das Teamwork und die Zusammenarbeit der Personen, die die Innovationen von NPDI vorantreiben, gefördert und vereinfacht. Für Maschinenbauunternehmen bedeutet dies eine stärkere Modularisierung, eine bessere Analyse der Effektivität von Produktplattformen, verschiedene Entwicklungsoptionen, eine verstärkte Wiederverwendung von Teilen und Prozessen, eine einfachere Einführung neuer Materialien und Technologien – und all dies in Kombination mit einer besseren Handhabung der Kunden- und Marktanforderungen.

Ein wichtiges Element zur erfolgreichen Bereitstellung von PLM ist der Einsatz von 3D-Produktdarstellungen. Im Gegensatz zu technischen Zeichnungen, die von ungeschultem Personal leicht missverstanden werden können, können 3D-Darstellungen als leicht verständliche Bilder und Animationen zur Verfügung gestellt werden. Durch den Einsatz von 3D-Darstellungen kann die Arbeit der Konstruktions- und Fertigungsprozessmitarbeiter einen Mehrwert für viele andere Bereiche eines Unternehmens bieten, z. B. zur Identifizierung von Teilen, Erstellen von Illustrationen für Schulungsmaterialien und Unterstützung der Vertriebsinteraktionen mit den Kunden.

Durch die Integration in Konstruktions- und Daten-Management-Umgebungen wird die Zusammenarbeit mit externen Lieferanten vereinfacht. Beispielsweise können Produktentwicklungsverfahren, wie formale Prüfungen, Projektplanung und Projektverwaltungsmethoden, einfacher umgesetzt und kostengünstiger durchgeführt werden, wenn die Lieferanten direkten Zugriff auf die entsprechenden Projekt- und Produktinformationen haben.

Bei diesen Verfahren müssen die Modelle und zugehörigen Informationen von zahlreichen Personen untersucht werden. Es ist hilfreich, wenn die unstrukturierten Informationen, wie z. B. Besprechungsnotizen und Bestätigungen zu Entscheidungen per E-Mail, mit der Produkt- oder Projektdatenbank verknüpft werden. Wenn nun die Lieferanten und andere Beteiligte verwalteten Zugriff auf die entsprechenden Bereiche der Datenbank



erhalten, können diese als Mitglieder des integrierten multidisziplinären Produkt- oder Projektteams teilnehmen. Selbstverständlich ist eine Bereitstellung von Daten-Management-Funktionen erforderlich, die den Zugriff auf die relevanten und berechtigten Datenbereiche einschränken und so das geistige Eigentum schützen.

Wenn Organisationen diese Art des Zugriffs implementieren, fordern die Mitarbeiter aus nachfolgenden Bereichen, wie z. B. Vertrieb, Marketing und Fertigung, Transparenz über die bereitgestellten Informationen. So können sie sich frühestmöglich unabhängig von den Initiativen auf ihre Arbeit vorbereiten und die parallele Durchführung von Aufgaben unterstützen.

Bei vielen Maschinenbauunternehmen sind die Änderungs-Management-Prozesse in NPDI entscheidend für die Effizienz und erfolgreiche Partnerschaften. Allerdings gibt es hier unterschiedliche Motive. Einerseits gibt es das Ziel, die Änderungsaufträge zu reduzieren und irgendwann zu eliminieren, wobei zuerst die Änderungen nach einem Design-Freeze behandelt werden. Bis dieses Ziel allerdings erreicht ist, ist es äußerst wichtig, Änderungen flexibel und effizient zu anzugehen, da die Maschine oftmals ein große Menge an Teilen hat, die relativ einfach zu konstruieren und zu fertigen sind. Zudem wirken sich Vorschriften meist auf das gesamte Produkt und nicht nur auf einzelne Teileigenschaften aus. Natürlich gibt es auch einige komplexe Teile. Der Einsatz von PLM bietet konfigurierbare Änderungs-Management-Prozesse, die schnell und einfach eingerichtet werden können und eine schnelle Erstellung, Auswahl oder Änderung der meisten Maschinenteile ermöglicht.

Vom Anforderungsmanagement über das Grundkonzept und -layout bis hin zur Optimierung der detaillierten Konstruktion, Berechnung und Fertigungsprozesse bietet PLM Transparenz und Kontrolle über die Produkt- und Prozessinformationen. Als Ergebnis erhalten Sie ein flexibles, innovatives und schnelles NPDI, mit dem die Mitarbeiter sich auf Wertschöpfungsaktivitäten mit einer besseren Kommunikation, weniger Überraschungen und mehr auf Anhieb richtigen Entscheidungen konzentrieren können.

Wissenserfassung und Konstruktionsautomation
Wissen ist in vielen verschiedenen Formen verfügbar. Kennt beispielsweise jeder Konstrukteur die Folgen, wenn eine bestimmte Toleranzangabe für einen bestimmten Bereich eines Teils angewandt wird? Die gewählte Toleranz kann sich stark auf den Fertigungsprozess, die Zykluszeit, das Prüfverfahren und die Kosten auswirken. In einer Initiative für fertigungsgerechte Konstruktion muss dieser Kreislauf geschlossen werden und es muss sichergestellt sein, dass dieses Feedback beim Konstrukteur ankommt.

Die Einhaltung der Routineaufgaben und -situationen kann die Konstrukteure und Techniker dabei unterstützen, Regeln aufzustellen und ausgewählte Schritte zu automatisieren. Im obigen Beispiel könnte eine Fertigungsgruppe mithilfe von PLM ein Feedback vorbereiten, dass automatisch angezeigt wird, wenn bestimmte Toleranzen oder Kombinationen von Toleranzen ermittelt werden.

Bei Unterbaugruppen können Regeln in Form von Verfahren und Parametrisierungen erfasst werden, die detaillierte Konstruktionen aus wenigen übergeordneten Parametern erzeugen. Diese Funktion kann auf die Auswahl und Konfiguration von Standardteilen, Werkzeugen, Klammern und Befestigungen sowie auf die Generierung von Programmen für NC-Fertigungsmaschinen ausgeweitet werden.

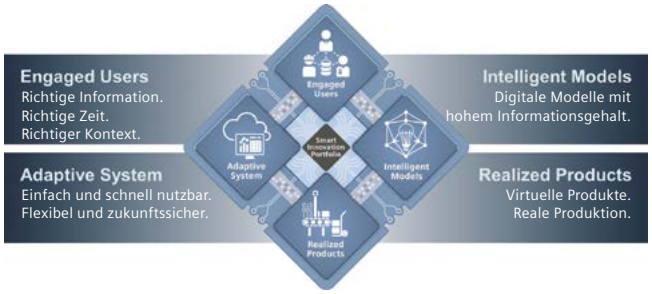
Diese Aspekte der Automatisierung können erhebliche Geschäftsvorteile, insbesondere durch Reduzierung der Vorlaufzeiten, bieten.

Unterstützung für Maschinenhersteller zur Umsetzung von Innovationen

Transformieren des digitalen Unternehmens und Umsetzung von Innovation

In einer Welt intelligenter, miteinander verknüpfter Produkte, in der ganze Märkte durch eine einzige Innovation verschwinden können, sind Fertigungsunternehmen gezwungen, nach völlig neuen Herangehensweisen zu suchen. Einige überwachen genau den Einsatz der Produkte und nutzen die Daten über die Produktnutzung zur Ideenfindung und Entwicklung von Produkten, um so Trends vorwegzunehmen. Aber selbst wenn Sie wissen, was Sie fertigen möchten, müssen Sie dies erst noch umsetzen.

Aus diesem Grund ist die Fertigung, die Phase der Umsetzung von Innovationen, in dieser neuen Zeit von entscheidender Bedeutung. Fertigungsunternehmen müssen sämtliche Schritte durch einen digitalen roten Faden verbinden – von der Ideenfindung über die Umsetzung bis hin zur Nutzbarmachung. Die digitale Darstellung ihrer Prozesse reicht nicht aus. Damit erzielen sie nur eine schrittweise Verbesserung. Sie müssen digitalisieren. Erst durch die Digitalisierung wird dieser digitale Faden des Wissens zu einer Hauptantriebsfeder für Ihr Geschäft. Als durch und durch optimiertes digitales Unternehmen sind Sie besser aufgestellt, um auf Innovationen zu reagieren oder diese sogar anzustoßen.



Um Sie bei der Digitalisierung zu unterstützen, arbeiten wir an der Entwicklung unseres Smart Innovation Portfolios, das Folgendes bietet:

- Engaged users: Anwender, welche die richtigen Informationen zur rechten Zeit bekommen – wobei nur noch die relevanten Informationen im richtigen Kontext für die jeweilige Rolle des Mitarbeiters zu ihm gelangen
- Intelligent models: Digitale Modelle mit umfassender Beschreibung der Anforderung, Funktion und Fertigung, die entlang der kompletten Wertschöpfungskette mit Informationen angereichert werden, um selbstständig ihre Herstellung und Anwendung zu optimieren
- Realized products: Produkte, die mit der Integration virtueller Produktdefinition und realer Produktion geschäftliche Ziele erreichen
- Adaptive system: Ist ein anpassbares System, nach dem Sie heute die richtigen Lösungen effizient implementieren und dabei die Flexibilität für morgen behalten

Die Siemens AG, unsere Muttergesellschaft, steht hinter uns. Mit Lösungen zum Smart Innovation Portfolio wollen wir unsere Kunden erfolgreicher machen - auch bei Entwicklungssprüngen. Die „Digital Enterprise Software Suite“ erweitert die Digitalisierung von der Entwicklung und Umsetzung bis in die Produktion – und arbeitet mit dem Smart Innovation Portfolio zusammen, um Sie bei der Realisierung von Innovationen zu unterstützen.

Siemens PLM Software

Deutschland
Siemens Industry Software GmbH
Franz-Geuer-Straße 10
D-50823 Köln
Tel. : +49 221 20802-0
Fax: +49 221 248928

Österreich
Siemens Industry Software GmbH
Wolfgang-Pauli-Strasse 2
A-4020 Linz
Tel. : +43 732 377550
Fax: +43 732 377550-50

Schweiz
Siemens Industry Software AG
Freilagerstrasse 40
CH-8047 Zürich
Telefon: +41 44 755 72 72
Fax: +41 44 755 72 70

Über Siemens PLM Software

Siemens PLM Software, eine Business Unit der Siemens Digital Factory Division, ist ein führender, weltweit tätiger Anbieter von Software, Systemen und Dienstleistungen für das Product Lifecycle Management (PLM) und das Fertigungsmanagement (MOM) mit über neun Millionen lizenzierten Anwendern und mehr als 77.000 Kunden in aller Welt. Siemens PLM Software mit Sitz in Plano, Texas, entwickelt in enger Zusammenarbeit mit seinen Kunden branchenspezifische Softwarelösungen, die Unternehmen in allen Bereichen durch Umsetzung bedeutender Innovationen einen nachhaltigen Wettbewerbsvorteil verschaffen. Weitere Informationen über die Produkte und Leistungen von Siemens PLM Software unter www.siemens.com/plm.

www.siemens.com/plm

© 2016 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc., Siemens und das Siemens-Logo sind eingetragene Marken der Siemens AG. D-Cubed, Femap, Fibersim, Geolus, GO PLM, I-deas, JT, NX, Parasolid, Solid Edge, Synchrofit, Teamcenter und Tecnomatix sind Marken oder eingetragene Marken der Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. oder ihrer Niederlassungen in den USA und in anderen Ländern. Alle anderen Logos, Marken, eingetragenen Marken oder Dienstleistungsmarken sind Eigentum der jeweiligen Inhaber.

50795-Y4 1/16 o2e