

## Innovation durch integriertes Systems Engineering

[www.siemens.com/plm](http://www.siemens.com/plm)

white paper



- ▶ Erstellung, Beschreibung und Umsetzung komplexer multidisziplinärer Systeme durch integrierte Lebenszyklusprozesse und disziplinenübergreifende Synchronisierung.

# PLM Software

Answers for industry.

**SIEMENS**

## **Inhalt**

<b>Management Summary</b>	<b>1</b>
<b>Schaffen einer Systems- Engineering-Umgebung</b>	<b>3</b>
<b>Verbindung der Anforderungen durch unternehmensweites Datenmanagement</b>	<b>5</b>
<b>Integrierte Erprobung und Validierung von Systemkonzepten</b>	<b>7</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>8</b>

## **Systems Engineering ist ein wesentlicher Faktor für die Profitabilität**

*Obgleich innovative neue Produkte zur Umsatzsteigerung beitragen können, werden Gewinnmargen weiter verbessert, sobald Unternehmen die Innovation auch bei den produktrelevanten Prozessen vorantreiben, die für den effizienten Nutzen aus einem Produkt und die Wirtschaftlichkeit wesentlich sind.*

*Da die Komplexität einzelner Produkte immer weiter steigt, müssen Unternehmen verlässliche Verfahren für die Interaktion zwischen Elementen aus den unterschiedlichsten Bereichen und Disziplinen entwickeln. Denken Sie etwa an die Vielzahl unterschiedlicher mechanischer, elektronischer und softwarebasierter Systeme, die heutzutage in modernen Flugzeugen, Kraftfahrzeugen, Haushaltsgeräten oder Mobiltelefonen zum Einsatz kommen, um die Kunden mit neuesten technischen Entwicklungen und Funktionen zu überzeugen.*

*Während einerseits immer mehr integrierte Komponenten und Subsysteme das endgültige Produkt bilden, müssen Hersteller gleichzeitig Verfahren für die Integration der unterschiedlichen Aktivitäten – Entwurf, Entwicklung, Erprobung, Produktion und vieles andere – entwickeln, um Erfolg und Profitabilität zu sichern und zu steigern. Dieses Prinzip gilt für jedes „System“ aus untereinander in Beziehung stehenden Elementen, ob es sich nun um die Komponenten eines physischen Produkts oder um die Investitionen und Anstrengungen zur Optimierung kritischer Prozesse handelt.*

*Viele Unternehmen neigen jedoch dazu, Produkte und Prozesse mit Blick auf die einzelnen Elemente und Entwicklungsphasen getrennt zu betrachten. Diese Sichtweise wird durch die Softwareanwendungen, die von Unternehmen implementiert werden, häufig noch verstärkt. Um aber auf Marktanforderungen reagieren und ein rentables Wachstum erzielen zu können, müssen Unternehmen ihre Fähigkeit zur prompten Umsetzung und auch zur erfolgreichen Integration dieser Disziplinen in das Kerngeschäft unter Beweis stellen.*

*Unternehmen, die einen Ansatz für das Systems Engineering verfolgen, sind eher in der Lage, dieses Ziel zu erreichen und die sich schnell ausweitenden Integrationshindernisse zu meistern, bevor diese erhöhte Kosten verursachen und zu Gewinneinbußen führen. Studien der AberdeenGroup zufolge sind bei der Einführung komplexer neuer Produkte hauptsächlich diejenigen Unternehmen führend, die einen systemtechnischen Ansatz unterstützen:*

- Ein leitender Manager ist direkt für den gesamten Prozess der Ermittlung von Innovationsmöglichkeiten, für deren Entwicklung und Umsetzung in Produkte und auch für die Markteinführung verantwortlich
- Die Innovationsstrategie ist zentral gesteuert bzw. koordiniert
- Die Bewertung der Innovationsleistung erfolgt regelmäßig mit Blick auf das gesamte Unternehmen
- Die Produktentwicklung basiert auf der Umsetzung von PLM-bezogenen Technologien

*[Product Innovation Agenda Benchmark Report, September 2005]*

*Systems Engineering ist eine Disziplin, die zu Beginn des Entwicklungsprozesses angewendet wird, um die Anforderungen in Hinsicht auf Merkmale, Funktionen, Beziehungen und Ergebnisse für jedes physische Produkt und jedes Verbundsystem zu formulieren. Sie gewährleistet, dass alle Anforderungen der zu Anfang definierten Strategie genügen und mittels eines integrierten Anforderungsmanagements an alle nachfolgenden Entscheidungsträger weitergegeben werden. Durch Lösungen für das Product Lifecycle Management (PLM), die den Systems-Engineering-Ansatz unterstützen, werden Unternehmen in die Lage versetzt, verschiedene Szenarios und Alternativen zu entwerfen und den Einfluss möglicher Änderungen auf Zeitplan, Kosten und Qualität zu analysieren.*

*Sobald der Entwicklungsprozess eingeleitet ist und dabei neue Erfahrungen gewonnen werden, können diese im Systems-Engineering-Konzept berücksichtigt und „Best Practices“ im Zuge eines kontinuierlichen Optimierungsprozesses definiert werden. Logische, physische und funktionelle Informationen werden in einer gemeinsamen Datenbank erfasst, zu dem während des gesamten Lebenszyklus alle Beteiligten unternehmens- und disziplinenübergreifend Zugang haben.*

Eine zuverlässige, digitale PLM-Umgebung unterstützt diesen Ansatz, indem Unternehmen die Möglichkeit erhalten, alle Funktionen, Schnittstellen, logischen Entwürfe, Anforderungen und Entwurfsdaten – einschließlich mechanischer, elektrischer, elektronischer und Software-Komponenten – jeweils als einzelne Subsysteme und Komponenten eines Produkts und als Gesamtkomplex der integrierten Elemente zu verwalten.

In diesem Dokument werden grundlegende Bereiche behandelt, die von Fertigungsunternehmen beachtet werden sollten, wenn der Systems-Engineering-Ansatz bei der Entscheidungsfindung innerhalb des gesamten Produktlebenszyklus etabliert werden soll:

### **Schaffung einer Umgebung für das Systems Engineering**

Formulieren eines Systems-Engineering-Ansatzes für die Entwicklung aller Produkte und der zugehörigen Elemente, sodass die Anforderungen und Randbedingungen mehrerer Disziplinen und Komponenten aufeinander abgestimmt und die angestrebten Ergebnisse erzielt werden können.

### **Verbinden der Anforderungen durch unternehmensweites Datenmanagement**

Synchronisieren und Verwalten disziplinenübergreifender Anforderungen, die die Merkmale, Funktionen und Interaktionen definieren, welche zum Erreichen der Entwicklungsziele notwendig sind. Kontinuierliche Weitergabe der Anforderungen und Änderungen innerhalb der Wertschöpfungskette und des Lebenszyklus: Dieser beginnt mit der Idee und frühen Konzeptphase, geht über die Produkt-Einführung hinaus und wird auch während der Nachverkaufsphase (z.B. Wartung) fortgeführt.

### **Integrierte Erprobung und Validierung von Systementwürfen**

Früh in der Entwicklungsphase angesiedelte Vorabprüfungen und Analysen aller Aspekte des Produkts als ganzheitliches System.

Mit wachsender Komplexität steigt auch das Risiko, die angestrebten Ziele bezüglich Leistung und Rentabilität zu verfehlen. Je komplexer eine Umgebung ist, umso größer ist auch das mit der Definition, Beschreibung, Modellierung und Konfiguration verbundene Risiko, da die sich ständig verändernden Bedingungen berücksichtigt werden müssen. Wenn einzelne Systeme weitgehend unabhängig bei der Umsetzung von neuen Lösungsstrategien sind, wird gleichzeitig eine umfassende Koordination, Modellierung und Analyse der Interaktionen zwischen den Systemen notwendig.

In gleicher Weise birgt ein komplexes Produkt ein höheres Risiko bei Planung, Entwicklung, Fertigung, Marketing, Verkauf und dauerhafter Platzierung des Produkts auf einem stark konkurrierenden Markt. Mit der vermehrten Entwicklung von mechatronischen Systemen, die mechanische, elektrische, elektronische und Softwarekomponenten miteinander kombinieren (wie z. B. ABS-Bremssysteme in der Automobilindustrie, Videokameras oder „Fly-by-Wire“-Systeme in der Luftfahrt), wurde das Problem weiter verstärkt.

Nach Studien der AberdeenGroup gelangten die Hersteller zu der Erkenntnis, dass die immer kürzer werdenden Zeiten für die Markteinführung es nicht mehr zulassen, die Integration komplexer Produkte erst am Ende der Entwicklungsphase durchzuführen. Hiermit wird großes Vertrauen in die integrierte Datenverwaltung, das Konfigurationsmanagement und in die Disziplinen übergreifende Synchronisierung gelegt. Im Ergebnis müssen Unternehmen die Art der Verwaltung neuer Produktentwicklungen ändern und einen übergeordneten System-umfassenden Ansatz verfolgen.

Dieselben Studien ergaben, dass vier von fünf führenden Unternehmen eine integrierte Entwicklungsumgebung realisiert haben und Probleme durch digitale Tests und Verifikationen reduzieren. Diese Unternehmen erfüllen die angestrebten Ziele bezüglich Umsatz, Kosten, Starttermin und Qualität bei mindestens 84% ihrer Produkte. *[Mechatronics System Design Benchmark Report, August 2006]*

Das Systems Engineering unterstützt Unternehmen dabei, ein System oder mehrere zusammenhängende Systeme unter Berücksichtigung definierter Geschäfts- und Leistungsmetriken zu analysieren, sodass sämtliche Elemente auf System- und Subsystemebene pro-aktiv verwaltet und organisiert werden können, und fundierte Entscheidungen während des gesamten Produktlebenszyklus möglich sind.

Um die Grundlage für einen Systems-Engineering-Ansatz zu schaffen, müssen Unternehmen sich auf die folgenden Bereiche konzentrieren:

### **Berücksichtigung der übergeordneten Systeme im Lebenszyklusprozess**

Es ist unbedingt erforderlich, dass Unternehmen diesen Ansatz von Beginn der Entwicklung verfolgen und diesen während des gesamten Lebenszyklus fortführen. Alle an der Realisierung und Fortführung eines Produkts oder Verbundsystems beteiligten Disziplinen müssen in den Ansatz eingebunden werden. Hierzu sind Systems-Engineering-Konzepte sowohl bei der Definition der übergeordneten Systemarchitektur als auch bei einzelnen Konstruktions- und Fertigungsprozessen anzuwenden.

Beispielsweise müssen Teams der Produktentwicklung auch auf der Architekturebene für ein Produkt zusammenarbeiten, um verschiedene Varianten und Sichtweisen eines Produkts analysieren zu können. Dies betrifft die Merkmale, Funktionen und physischen Bestandteile eines Produkts sowie die Interaktion und logische Hierarchie innerhalb der Wertschöpfungskette. Von Anfang an sollten Ingenieure die potenziellen Wiederverwendungsmöglichkeiten bereits vorhandener Produktkenntnisse analysieren. Gleichmaßen müssen voraussehbare disziplinen- und plattformübergreifende Schwierigkeiten berücksichtigt werden, die den Ablauf negativ beeinflussen könnten. Diese Überlegungen ergänzen die Analyse der Programmvorgaben, die zur Erreichung der gesetzten Produktziele zu erfüllen sind.

### **Hauptmerkmale des Systems Engineering**

Das Institute for Systems Research hat acht Kriterien für die Definition von Merkmalen herausgearbeitet, die eine Systems-Engineering-Umgebung von anderen Umgebungen unterscheiden. Diese umfassen:

- Möglichkeit disziplinenübergreifender Überlegungen
- Einsatz übergeordneter Kriterien zur Gesamtanalyse
- Darstellung hierarchischer Strukturen
- Unterstützung für die globale und lokale Optimierung
- Darstellung und Erfassung der Auswirkungen unterschiedlicher Einflüsse
- Unterstützung eines dynamischen Verhaltens
- Anwendung von Lebenszyklusmethodiken auf Prozesse und Produkte
- Berücksichtigung der Auswirkungen nicht technischer Komponenten und Kriterien

Eine Vielzahl von Technologien und Anwendungen erfüllt all diese Voraussetzungen für das Systems Engineering, aber nur die fortschrittlichsten Lösungen integrieren diese Fähigkeiten in einer einheitlichen Managementumgebung des Lebenszyklus.

*[An introduction to systems engineering. The Institute for Systems Research, 2005. [www.isr.umd.edu](http://www.isr.umd.edu).]*

Der Entwurf stark automatisierter Fertigungsprozesse erfordert ein Verständnis der Interaktionen zwischen den verschiedenen Systemen (einschließlich der spezifischen Funktionen und Endausgaben), die zum Erreichen des gewünschten Ergebnisses erforderlich sind. Indem alle Komponenten des Fertigungsprozesses zusammen mit den verschiedenen Schnittstellen digital definiert werden, können Unternehmen Einschränkungen erkennen und geeignete Anforderungen für das Produkt, die Prozesse und den Workflow definieren.

Da bereits früh im Entwurfsprozess ein umfassendes Verständnis des Produkts oder Verbundsystems geschaffen wird, können Unternehmen durch einen systemtechnischen Ansatz die Rentabilität steigern und kostenintensive Änderungen in späteren Projektphasen minimieren. Wenn alle in den Lebenszyklus eingebundenen Disziplinen das System als Ganzes verstehen, können mithilfe dieses Wissens alle Vor- und Nachteile optimal aufeinander abgestimmt werden, sobald einzelne Entscheidungen zu Entwurf, Fertigung, Beschaffung, Vertrieb oder Service zu treffen sind. Dies erfordert die Verbindung von Systems Engineering mit der Umsetzung, sodass alle an den Lebenszyklusprozessen Beteiligten ihre Entscheidungen mit Blick auf das übergeordnete System und in Übereinstimmung mit den anfänglichen strategischen Zielsetzungen treffen können.

#### **Pratt & Whitney reduziert Anforderungen für Serviceausrüstung und Arbeitsstunden um die Hälfte**

Als einer der weltweit führenden Lieferanten von Flugzeugtriebwerken verfolgt Pratt & Whitney bei Entwurfsprozessen einen Systems-Engineering-Ansatz. Zum ersten Mal in der Branche konnte Pratt & Whitney mithilfe seines PLM-Systems ein Triebwerk für ein Kampfflugzeug und die dazugehörigen Supportsysteme gleichzeitig entwickeln. Von Anfang an waren Montagefachleute und Flugzeugmechaniker an der Entwicklung des Triebwerks beteiligt. Als Ergebnis konnten Montage, Wartung und Reparatur vereinfacht werden. Das Triebwerk besitzt 40 Prozent weniger Hauptteile als ähnliche Triebwerke, und die Lebensdauer aller Teile wurde verbessert. Bei diesem Triebwerk konnten die Serviceausrüstung und die erforderlichen Arbeitsstunden halbiert werden, und es fallen 75 Prozent weniger Routinewartungen an.

Heute arbeiten globale Unternehmen mit Lieferanten und strategischen Partnern auf der ganzen Welt. Hierdurch wird der Entwicklungsprozess schwieriger, und eine effektive Kommunikation ist notwendig, um in nachfolgenden Phasen Verzögerungen und zusätzliche Kosten zu vermeiden. Nur ein effektiver Systems-Engineering-Ansatz kann gewährleisten, dass Entscheidungen, Anforderungen und Änderungen zuverlässig an alle verteilt arbeitenden Teams weitergegeben werden.

Durch die Integration des Anforderungsmanagements in eine unternehmensweite Datenmanagement-Umgebung können Unternehmen Anforderungen konsequent während des gesamten Prozesses weitergeben, von der ersten Idee bis zur Erprobung und Analyse. In einer solchen auf Anforderungen basierenden Umgebung sollten automatisierte Dokumentationsverfahren unterstützt werden, um die Einhaltung von Vorgaben und Bestimmungen überprüfen zu können. Zusätzlich ist ein umfassendes Änderungsmanagement erforderlich, über das alle Mitwirkenden hinsichtlich der Auswirkungen spezifischer Änderungen auf den Lebenszyklus informiert werden, einschließlich entsprechender Feedback-Schleifen, über die einzelne Arbeitsbereiche ihre Leistungsdaten bereitstellen können.

Wenn Systems-Engineering-Lösungen auf einem PLM-Backbone aufbauen, sind Unternehmen in der Lage, alle Systeme, Subsysteme und Komponenten sowohl individuell als auch insgesamt zentral zu verwalten. Eine solche Umgebung gewährleistet, dass autorisierte Teammitglieder bei ihren Entscheidungen und Arbeitsabläufen jederzeit von denselben Annahmen ausgehen. Sie fördert die Einhaltung von Sicherheitsmaßnahmen und Zugriffsrechten, um zu verhindern, dass Benutzer Anforderungen abfragen oder bearbeiten, die bereits von einer anderen Person bearbeitet werden. Diese Lösungen bieten ebenso die Möglichkeit, spätere Prozesse bereits im Entwurf digital zu überprüfen und zu optimieren. Wenn alle Komponenten und Prozesse in Versionskontrolle, Konstruktionsabläufe sowie Änderungs- und Konfigurationsmanagement eingebunden werden, können Unternehmen die Erfolgsquote neuer Produkte erheblich verbessern.

In einer optimierten Systems-Engineering-Umgebung erfassen und definieren die Produktteams alle gesetzlichen sowie Markt- und Entwurfsanforderungen eines Produkts und vergleichen diese Informationen mit einzelnen Entwurfselementen und Leistungszielen, die während des Produktlebenszyklus verfolgt und aktualisiert werden können. Dies sollte die Verwaltung aller relevanten Entwürfe und Varianten, Produktspezifikationen, Modelle (einschließlich 3D-Simulationen) und Testergebnisse umfassen. Wenn diese Bedingungen erfüllt sind, können Produkthanforderungen direkt die Prozesse beeinflussen, die von den Teams Disziplin übergreifend bei Konstruktionsentscheidungen und der anschließenden Umsetzung verfolgt werden.

Ingenieure können darüber hinaus gesetzliche Anforderungen im Produktlebenszyklus erfassen, wie z. B. Recyclingbestimmungen oder Vorschriften für die Entsorgung und Wiederaufbereitung gefährlicher Abfallstoffe. Auf diese Weise wird schon in der Entwurfsphase die Einhaltung spezifischer Vorschriften sichergestellt. Analog können Six-Sigma-Ziele in frühe Phasen des Produktlebenszyklus eingebunden werden.

Das Systems Engineering resultiert letztlich in einer Struktur, die die Anforderungen mit System-, Subsystem- und Produktstrukturen verbindet. Diese Verknüpfung von Produkt und Technologie ist ein Schlüssel zum Erfolg, der bei richtiger Umsetzung die übergeordnete Produktstrategie mit der spezifischen Ausführung einzelner Entwicklungs- und Fertigungsaufgaben verbindet.

### **Das Systems Engineering verlagert zentrale Entscheidungen in die Produktentwicklung**

Ein führender Anbieter von Wehrtechnik und Raumfahrtssystemen mit ungefähr 15.000 Mitarbeitern in den Vereinigten Staaten hat eine Initiative zur Umwandlung von „einer Ansammlung eigenständiger und geografisch verstreuter Standorte“ hin zu einem hocheffizienten Unternehmen gestartet, das als Grundlage eine einheitliche digitale PLM-Plattform einsetzt. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass Entscheidungen, die zu Beginn des Produktlebenszyklus getroffen werden, 90 Prozent der Produktkosten beeinflussen, hat das Unternehmen Systems-Engineering-Verfahren implementiert, um alle zentralen Entscheidungen in den anfänglichen Produktentwicklungsprozess zu verlagern. Es wurden gemeinsame Prozesse und „Best Practices“ etabliert, die die gesamte Organisationsstruktur in ein schlankes virtuelles Unternehmen verwandeln. Die Spezifikation von Anforderungen, die Erfassung, Nachverfolgbarkeit und Verwaltung wurden unternehmensweit optimiert, sodass das Unternehmen wesentliche Kosteneinsparungen realisieren konnte.

Die Verknüpfung mit nachfolgenden Prozessen ist wesentlich für ein effektives Systems-Engineering-Modell. Sobald die Produktteams die Verbindung zwischen Anforderungen und ihren Konstruktionsentwürfen hergestellt haben, erhalten sie einen einzigartigen Überblick, aus dem sie genau ersehen können, welche Anforderungen von einer Konstruktionsänderung betroffen sind bzw. wie sich geänderte Anforderungen auf einzelne Konstruktionselemente auswirken. Diese Verbindung erweitert für die mit der Produktentwicklung betraute Organisation die Möglichkeiten des Änderungsmanagements, da sichergestellt ist, dass standardisierte Workflow-Prozesse automatisch eingeleitet werden (um z. B. Entscheidungsträger über die Auswirkungen einer Änderung zu informieren), sobald Anforderungen oder Entwürfe geändert werden. Damit wird eine umfassende Versionskontrolle auf Unternehmensebene möglich.

Eine unternehmensweite PLM-Lösung bietet die Chance, Anforderungen weiterzugeben und als einheitliches Team zusammenzuarbeiten. Mit fortgeschrittenen, webbasierten Tools zur Datenkonsolidierung und Informationsdarstellung wird eine Vielzahl von Produkthanforderungen erfasst und visuell wiedergegeben. Dies beinhaltet Informationen zu Kundenanforderungen, Ergebnisse aus Marktanalysen, gesetzliche Einschränkungen, Konstruktionsnormen, unternehmensspezifische Richtlinien und Qualitätsvorgaben. Wenn diese Daten in einer gemeinsamen Datenbank verwaltet werden, können Unternehmen sicherstellen, dass alle Mitwirkenden – unabhängig von ihrem Standort – jederzeit Zugang zu aktuellen und exakten Produkt- und Prozessinformationen haben.

Bei richtiger Implementierung können im Anforderungsmanagement dokumentierte Produkterwartungen, die sich bis zu ihrem Ursprung zurückverfolgen lassen, identifiziert, quantifiziert und analysiert werden. Diese Nachverfolgbarkeit von Anforderungen spielt eine wesentliche Rolle, damit disziplinenübergreifende Produktteams ihre Entscheidungen an den strategischen Zielsetzungen für ein Produkt ausrichten können und die Einhaltung aller Kundenanforderungen und gesetzlichen Bestimmungen gewährleistet bleibt.

### **Das Systems Engineering betrifft alle Phasen der Entwicklung**

Das NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL) ist das in den Vereinigten Staaten führende Zentrum für die robotergestützte Erforschung des Sonnensystems. NASA JPL verfolgt bei der Produktentwicklung eine Systemhierarchie und nutzt Systems-Engineering-Konzepte in allen Phasen der Entwicklung. JPL sieht die Aufgabe des Systems Engineering darin, dem Management ein in der Entwicklung abgeschlossenes, ausgereiftes und zertifiziertes System zu liefern, das alle Anforderungen erfüllt. Dies umfasst Aktivitäten wie die Definition der Anforderungen, die Entwicklung alternativer Entwürfe, die Bestimmung zulässiger Betriebs- und Maximalgrenzwerte in Hinsicht auf die Leistung, eine Unterstützung bei der Entwicklung des übergeordneten Hauptsystems, zu der auch die Lösung von Schnittstellenproblemen gehört, die Kontrolle der Subsystementwicklung und die Koordination der Systemzertifizierung.

Nur wenige Unternehmen verfügen heute über geeignete Tools für die Erprobung und Validierung komplexer Produkte, Prozesse oder Verbundsysteme. Die meisten Software-Systeme bieten nicht viel mehr als grundlegende Meilenstein-Listen. Wenige Test- und Validierungs-Tools sind mit dem übergeordneten Workflow verbunden, von detaillierten Entwicklungs- und Fertigungssystemen ganz zu schweigen.

Es ist schwierig genug, jeden Aspekt einer physischen Komponente ohne bewegliche Teile zu erproben und im Vorfeld zu validieren. Aus der Perspektive des Systems Engineering besteht die Herausforderung nicht allein darin sicherzustellen, dass alle Elemente eines Produkts – mechanische Teile, Systeme, Subsysteme, Komponenten, Elektronik oder integrierte Software – oder eines Verbundsystems ordnungsgemäß funktionieren. Viel entscheidender für das Systems Engineering ist, dass alle Elemente, die Teil des Endprodukts werden, als gesamtes System getestet und validiert werden müssen. Die Erprobung und Validierung jeder Komponente und jedes Einzelteiles (einschließlich der Schnittstellen zwischen Subsystemen und Softwarekomponenten) muss im Verbund mit allen anderen Komponenten durchgeführt werden, und sie muss so früh wie möglich im Entwicklungsprozess stattfinden.

Durch PLM können Unternehmen digitale Tools für Simulation, Überprüfung und Validierung einsetzen, um Systementwürfe zu validieren, alternative Konzepte zu untersuchen, Abstimmungskompromisse zu identifizieren und Leistungsdaten in allen Phasen des Lebenszyklus abzurufen. Zusätzlich bieten diese Tools allen relevanten Disziplinen und Organisationen innerhalb der Wertschöpfungskette wertvolle Erprobungs- und Validierungsinformationen, sodass die Experten in den verschiedenen Bereichen ein genaues Bild davon erhalten, wie sich die eigenen Elemente im Kontext des gesamten Produkts, Prozesses oder Verbundsystems verhalten. Durch die virtuelle Erprobung und Validierung aller Produktelemente können Unternehmen Entwicklungskosten reduzieren, Produktionsfehler minimieren und die Qualität steigern.

Virtuelle Simulationen tragen dazu bei, dass wichtige Informationen zur richtigen Zeit verfügbar sind und bei Entscheidungen in Bezug auf Entwicklung und Fertigung berücksichtigt werden können. Dies reduziert die Risiken und hilft bei der Eliminierung von Folgekosten durch verkürzte Zeitpläne oder Änderungen in letzter Minute. Eine zuverlässige digitale Umgebung erlaubt es Unternehmen, alle potenziellen Auswirkungen von Änderungen zu analysieren. Wenn alle Systeme in dieser Umgebung integriert werden, können die Mitwirkenden visuell über unbeabsichtigte Konsequenzen ihrer Entscheidungen informiert werden. Eine virtuelle Umgebung kann beispielsweise bei einer Änderung des vorgeschriebenen Bremsweges für ein Fahrzeug die entstehenden Änderungen in der Wärmekurve des Bremssystems anzeigen und gleichzeitig eine mögliche Überschreitung der Grenzwerte für die Bremsflüssigkeit, mögliche Fehlermodi der Sensoren oder Änderungen des ergonomischen Feedbacks des Bremspedals an den Fahrer erkennen.

Schließlich erfordert eine Systems-Engineering-Umgebung die Zusammenarbeit globaler Unternehmen. Dies umfasst Lieferanten, Kunden und strategische Partner. Für Hersteller bedeutet dies, dass OEMs, Fertigungsstandorte, Entwicklungsfirmen und Fertigungs-Subunternehmen aktiv in einer prozessorientierten, gemeinsamen Umgebung zusammenarbeiten müssen, die in einem geschlossenen Kreis zur ständigen Verbesserung von Fertigung und Entwicklung führt.

Wenn Unternehmen danach streben, durch innovative Produkte und Prozesse ein rentables Wachstum zu erzielen, wird schnell deutlich, dass herkömmliche Ansätze zur Entwicklung durch einen umfassenderen, systemorientierten Ansatz ersetzt werden müssen. In jeder Branche werden innovative Produkte immer komplexer, um den Anforderungen der Kunden zu entsprechen. Prozesse und Verbundsysteme werden komplexer und enthalten viele variable Faktoren. Neue Produktentwicklungen umfassen somit mehr Disziplinen als jemals zuvor, von Hydraulik über Software zu Elektrik, Steuerung, Netzwerken und HVAC-Systemen (Heizung, Ventilation, Klima).

Um sicherzustellen, dass innovative neue Produkte zu einem rentablen Wachstum beitragen, müssen Unternehmen Integrationshindernisse sehr viel früher und effektiver innerhalb des Produktentwicklungsprozesses identifizieren und lösen als in der Vergangenheit. Parallel müssen sie die bisher bestehenden Geschäftsmodelle fortführen, während neue Prozessstrukturen eingeführt und Kenntnisse in den neuen Disziplinen gewonnen werden.

Erfolgreiche Unternehmen implementieren Systems-Engineering-Konzepte früh im Entwicklungsprozess und lösen Integrationshindernisse, bevor diese erhöhte Kosten verursachen und zu Gewinneinbußen führen können. Den Unternehmen ist bewusst, dass Entwicklungssynchronisierung, Datenverwaltung und unterschiedliche Konstruktionsprozesse wesentliche Gründe dafür sind, herkömmliche Abläufe der Produktentwicklung neu zu strukturieren und zu ersetzen. Studien der AberdeenGroup zeigen, dass vier von fünf marktführenden Unternehmen diese Disziplinen in die frühen Entwurfsphasen integriert haben. [*Mechatronics System Design Benchmark Report, August 2006*]

Viele Unternehmen sind mit den Prinzipien des Systems Engineering auf der Plattformebene vertraut. Die heutigen wirtschaftlichen Verhältnisse erfordern, dass diese Prinzipien in einem breiteren Spektrum eingesetzt werden und dass ein umfassender Systems-Engineering-Ansatz für die Verwaltung des gesamten Lebenszyklus jedes Produkts, Prozesses oder Verbundsystems etabliert wird.

Dies setzt eine unternehmensweite PLM-Umgebung voraus, in der mehrere Disziplinen übergreifende Informationen und Prozesse berücksichtigt und verwaltet werden. Mithilfe von PLM können Unternehmen die Beteiligten aus allen Disziplinen in einen einheitlichen Entwicklungsprozess einbinden, durch den die Benutzer einen detaillierten Einblick in das Gesamtsystem erhalten. Im Ergebnis sind Unternehmen in der Lage, Anforderungen innerhalb des Produktentwicklungsprozesses weiterzugeben und mehrere Disziplinen zu synchronisieren. Potenzielle Probleme und Risiken, die sich aus spezifischen Produktkonfigurationen ergeben, können früh identifiziert und durch die zuständigen Teams isoliert und verwaltet werden. Die Auswirkungen von Änderungen können für alle Subsysteme, Komponenten und Funktionen analysiert werden, sodass sich Folgekosten besser kontrollieren lassen.

Durch einen integrierten Systems-Engineering-Ansatz können Unternehmen die in diesem Papier formulierten Kernfragen bestimmen und entsprechende Maßnahmen ergreifen. Im Einzelnen können folgende Punkte überprüft werden:

- „Was“ ist der Zweck des Produkts, Prozesses oder Verbundsystems und wie wird es sich verhalten: Abbildung der gesamten Produktarchitektur mithilfe computergestützter Konstruktionstools in einer Systems-Engineering-Umgebung.
- „Wer“ wird informiert: Implementierung einer unternehmensweiten Umgebung für die Datenverwaltung.
- „Wie“ werden Entwicklung und Auslieferung des Produkts, Prozesses oder Verbundsystems umgesetzt: Weitergabe einheitlicher und geprüfter Anforderungen und Randbedingungen.
- „Wann“ werden die gewünschten Zielsetzungen erreicht und anhand welcher Methoden werden diese während der Erprobung und Validierung überprüft.

Indem diese Fähigkeiten bereitgestellt werden, kann das Systems Engineering die Innovationskapazitäten eines Unternehmens direkt beeinflussen und maßgeblich steigern. Basierend auf einer virtuellen, integrierten Übersicht des gesamten Systems bzw. mehrerer Systeme können Unternehmen neue Elemente zusammen mit den Kunden überprüfen, die Nachfrage steigern und den Wettbewerb anführen. In letzter Konsequenz befähigt ein Systems-Engineering-Ansatz Unternehmen dazu, die Zeiten bis zur Markteinführung sowie die gesetzten Kosten- und Qualitätsziele zu erfüllen, während Innovationsprozesse neu strukturiert werden.

## Über Siemens PLM Software

Siemens PLM Software, ein Geschäftsgebiet von Siemens Industry Automation, ist ein weltweit führender Anbieter von Software und Services für das Product Lifecycle Management (PLM) mit 6,7 Millionen Softwarelizenzen und über 63.000 Kunden auf der ganzen Welt. Siemens PLM Software, ein Unternehmen mit Sitz in Plano, Texas, arbeitet mit Unternehmen zusammen, um offene Lösungen anbieten zu können, die ihnen dabei helfen, mehr Ideen in erfolgreiche Produkte umzuwandeln. Weitere Informationen zu den Produkten und Services von Siemens PLM Software erhalten Sie unter [www.siemens.com/plm](http://www.siemens.com/plm).

### Siemens PLM Software

#### Deutschland

Siemens Product Lifecycle  
Management Software (DE)  
GmbH  
Hohenstaufenring 48-54  
D - 50674 Köln  
49 221 20802-0  
Fax 49 221 248928

[www.siemens.com/plm](http://www.siemens.com/plm)

#### Österreich

Siemens Product Lifecycle  
Management Software (AT)  
GmbH  
Franzosenhausweg 53  
A - 4030 Linz  
43 732 37755-0  
Fax 43 732 377550-50

#### Schweiz

Siemens Product Lifecycle  
Management Software (CH)  
AG  
Grossmattstrasse 9  
CH - 8902 Urdorf  
41 44 75572-72  
Fax 41 44 7557270

© 2010 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. Alle Rechte vorbehalten. Siemens und das Siemens-Logo sind eingetragene Marken der Siemens AG. D-Cubed, Femap, Geolus, GO PLM, I-deas, Insight, Jack, JT, NX, Parasolid, Solid Edge, Teamcenter, Tecnomatix und Velocity Series 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.

W11-GE 9005 3/10 C