

Ein neues Zeitalter der Simulation

Wie fügt sich ein Simulationsprozess- und -datenmanagement in eine Strategie für PLM und Systems Engineering ein? Die Antwort gibt MICHAEL SCHLENKRICH.

Simulation ermöglicht es frühzeitig und durchgängig, wichtige Produkteigenschaften zu ermitteln, zu optimieren und Konzepte, Varianten und Alternativen zu bewerten. Die Anzahl der Produkteigenschaften, die effizient und zuverlässig berechnet werden können, steigt rapide und wird früher oder später alle relevanten Eigenschaften des Produkts abdecken. Dies bedeutet, dass es notwendig wird, Simulationsprozesse in den Entwicklungsprozess tief zu integrieren, denn ihre Anzahl und die dabei generierten Daten steigt rapide und stellt viele Firmen vor die Herausforderung: Was mache ich mit all diesen Daten? Wie passen sie zu meiner PLM-Strategie im Allgemeinen und zu Systems Engineering (SE) im Speziellen?

Im ersten Moment würde man davon ausgehen, dass die PLM- oder SE-Systeme alle Voraussetzungen haben, Simulationsprozesse und deren Daten zu integrieren. Man wird jedoch feststellen, dass dann doch alles nicht so richtig passt. Aber wieso? Um diese Frage zu beantworten, sollte zunächst analysiert werden, wie Simulationen in den Produktentstehungsprozess eingebunden sind und welche Rolle sie dabei einnehmen.

Neues Zeitalter für die Simulation

Um die Rolle von Simulation im Produktentstehungsprozess zu definieren, sollte nicht der derzeitige As-is-Zustand zugrunde gelegt werden, sondern es muss vorausschauend analysiert werden, wie die Simulation den Produktentstehungsprozess in den nächsten Jahren verändern wird. Einige Trends, die die Rolle von Simulation im Produktentstehungsprozess beeinflussen werden:

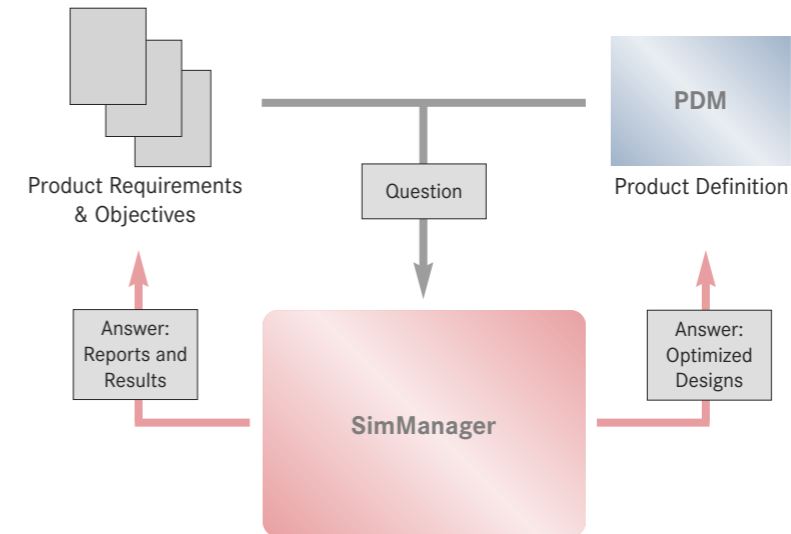
- Immer mehr Fragestellungen (funktionale Attribute des Produkts) können durch Simulationen untersucht werden, da sich Simulationsmethoden und -algorithmen rapide weiterentwickeln. Da gleichzeitig die Rechenkapazitäten exponentiell zunehmen (Moore's Law), kön-

nen auch immer komplexere System mit immer höherer Genauigkeit untersucht werden.

- Simulationen werden immer billiger und schneller. Die Kosten einer Simulation (oder verallgemeinert: eines Experiments) definieren ganz entscheidend, wann Simulationen im Produktentstehungsprozess durchgeführt werden. Je geringer die Kosten, umso früher die Durchführung (Frontloading). Sind die Kosten extrem gering, kann es zu einer Situation kommen, in der nur noch experimentiert wird. Auf der Hand liegt, dass der Stellenwert der Simulation immer bedeutender wird und den Produktentstehungsprozess verändern wird. So werden zunehmend viele Entscheidungen in der frühen Phase durch Virtual Design Explorations getroffen.
- Präzision in der Simulation erlaubt es, den Einfluss des Fertigungsverfahrens frühzeitig zu bewerten. Dadurch können im Entwicklungsprozess bereits sehr früh und dann durchgängig parallel zum Design (und nicht erst danach) die Fertigungsverfahren entwickelt werden. So werden zunehmend Fertigungssimulationen im Modell-aufbau integriert, um den Einfluss der Herstellungsverfahren gleich mitzuberücksichtigen. Dies ist vor allem bei neuen Verfahren wie 3D-Druck wichtig, da der genaue Aufbauprozess gravierenden Einfluss auf das Verhalten des Bauteils hat.
- Im Zusammenspiel mit Machine Learning und Artificial Intelligence (AI) können frühzeitig sogenannte Surrogate Models (etwa basierend auf neuronalen Netzen) generiert werden. Diese sind – nach Meinung des Autors – die kritischen Komponenten, die die Simulation für SE-Modelle liefert.

Auf den Punkt gebracht: Freiheit für die Simulation!

Die Rolle der Simulation wird immer wichtiger, und der Aufgabenbereich erstreckt sich vom reinen Verifikationinstrument bis hin zum Design Exploration Tool.



Schematische Darstellung zur Interaktion zwischen dem Simulationsprozess und dem Datenmanagementsystem SimManager von MSC Software und PLM

Dies bedeutet, dass die traditionelle Vorstellung der Prozesskette CAD-CAE sich teilweise umkehren wird in CAE-CAD.

Diese Veränderung muss bei dem Zusammenspiel zwischen den Systemen im Produktentstehungsprozess berücksichtigt werden. Man kann nicht von einem bestimmten Prozessablauf ausgehen, der eine bestimmte Chronologie vorschreibt, in der Simulationen etwa eine vorgegebene SE/PDM-Datenstruktur befüllen. Vielmehr müssen ein unabhängiger Simulationsprozess und ein dazugehöriges Datenmanagement aufgebaut werden, das bidirektional mit den anderen Systemen im PLM Daten austauscht.

Wie Frontloading die Prozesse ändert

Simulation-based Verification. Wenn Simulation zur Funktionsabsicherung des Designs (eines bestimmten DMU-Stands) verwendet wird, ergibt sich ein klarer Ablauf: Design – Modell – Simulation – Ergebnis. Simulation kann auch nur dann durchgeführt werden, wenn das Design bereits eine gewisse Reife erreicht hat.

In diesem Prozess ergänzt oder ersetzt die Simulation den physischen Versuch, der in der Regel zum selben oder zu einem etwas versetzten Zeitpunkt im Produktentstehungsprozess durchgeführt wird.

Simulation-driven Design. Wenn man Simulation in die frühe Entstehungsphase verlagert, dann kann sie zur Optimierung des Designs verwendet werden, indem eine „Base Line“ davon (DMU-Stand) als Grundlage genommen wird und für die entsprechenden funktionalen Bereiche Varianten oder Alternativen simuliert und bewertet werden, mit dem Ziel, bessere Ergebnisse zu erreichen. Für diese Rechnungen ist es typischerweise nicht notwendig, dass das Design vollständig vorliegt, da man primär Trends nach dem Motto „Was passiert, wenn ich diese Maßnahme ergreife“ analysiert. Da nun mehrere Alternativen, Varianten,

Iterationen oder gar Optimierungen durchgeführt werden, steigt der Simulationsumfang erheblich.

Design Space Exploration. Verlagert man die Simulationen noch weiter an den Beginn der Produktentstehung, existieren in der Regel noch keine detaillierten Designstände, man erzeugt daher simplifizierte Berechnungsmodelle oder nimmt aus vorherigen Projekten gemorphte Modelle und analysiert diese, wobei in der Regel wesentlich größere Änderungen – auch topologischer Art – am Modell vorgenommen werden. Aufgrund der erheblichen Modifikationen ergibt sich eine noch größere Anzahl an Simulationen als beim Simulation-driven-Design-Prozess. Natürlich sind die Grenzen zwischen den zuvor genannten Ansätzen fließend, aber es zeigt sich ganz klar, dass bei einer Verlagerung der Simulation in die frühen Phasen der Produktentstehung die Gesamtzahl der Simulationen drastisch steigt – übrigens auch in den späteren Abschnitten der Entwicklung. Denn auch in der späteren Verifikation werden Taktiken von Simulation-driven Design und Design Space Exploration herangezogen, um nicht nur zu verifizieren, sondern auch Lösungsoptionen vorzuschlagen. Simulationen werden immer dann im Produktentstehungsprozess durchgeführt, wenn es Fragen zum derzeitigen Entwicklungsstand gibt, egal wie detailliert das Produkt bereits definiert ist.

Die aufkommenden Fragen lassen sich aufteilen in

- Anforderungen: Was soll untersucht werden? Diese können in der frühen Phase sehr einfache Ziele wie Gewicht oder Kosten sein, während es in späteren Phasen in der Regel um sehr detaillierte Vorgaben aus dem Anforderungsmanagementsystem wie Doors geht.
- Produktdefinition: In der frühen Phase kann dies sehr simpel sein – wenige Parameter und/oder Referenzen zu Konkurrenz-/Vorgängertypen. In späteren Phasen ist eine sehr detaillierte Stückliste (BOM) mit allen geometrischen und funktionalen Daten vorhanden. Im PLM-System wird solch eine Frage als Berechnungs-

auftrag oder Engineering-Anfrage verwaltet. Dies beinhaltet alle Referenzen zu den Anforderungen und zur Produktdefinition. In späteren Phasen sind es explizite Referenzen zu einem Satz von Angaben aus dem Anforderungs- managementsystem, zur Stückliste und damit zu den einzelnen Konstruktionsdaten. Mit diesem Input kann der Simulationsprozess starten. Er besteht in der Regel aus den folgenden Schritten:

- Aufbau der Simulationsmodelle (für unterschiedliche funktionale Untersuchungen müssen unterschiedliche Modelle generiert werden)
- Definieren der Lastfälle (Experimente)
- Durchführung der Simulationen
- Analyse der Berechnung
- Erstellen des Simulationsberichts (Antwort), wobei nicht alle Simulationen im Bericht Erwähnung finden.

Die Berichte werden im Anschluss an den entsprechenden Berechnungsauftrag oder die Engineering-Anfrage geschickt. Es ist die Aufgabe des Workflows im PLM-Systems, die entsprechenden Datenstrukturen im SE und PDM zu ergänzen.

Die Funktion eines Simulationsprozess- und -datenmanagement-(SPDM-)Systems ist, die Führung des Simulationsprozesses (von der Frage bis zur Antwort) zu übernehmen und dabei sicherzustellen, dass

- der richtige Prozess zur Anwendung kommt
- eine vollständige und nachvollziehbare Dokumentation der Simulation und der dadurch erzeugten Daten erfolgt
- die Kommunikation beziehungsweise Integration ins PLM-System gewährleistet ist.

Der Simulationsprozess und seine Automatisierung

Alle Simulationsprozesse können im Zuge der Fortschritte vollständig automatisiert werden. Dann braucht man dem SPDM-System nur noch die Eingabedaten aus dem PLM-System zu übergeben; die Simulation wird automatisch angestoßen, und der finale Bericht wird erzeugt. Derartige Prozesse werden als „Democratized CAE“ bezeichnet, sie ermöglichen es Nichtexperten, Simulationen in hoher Qualität durchzuführen. Die Daten, die innerhalb derartiger Prozesse erzeugt werden, dienen primär als „Input“ für die nächsten Prozessschritte und können für Außenstehende als „transiente“ Daten angesehen werden.

Um diese Daten effizient zu verwalten, müssen sie präzise zusammen mit den Prozessparametern und den Eingabedaten im SPDM-System verwaltet werden. Nur im SPDM-System geschieht dies ohne großen Aufwand, Eingabefehler werden so vermieden.

Traditionelle Check-out-/Check-in-Mechanismen, wie sie von PDM-Systemen bekannt sind, sind ineffizient, da

- der Berechner den Datenimport manuell anstoßen und Daten annotieren muss (ein sehr fehleranfälliger Ablauf)
- Berechner sehr selektiv arbeiten bei dem, was sie importieren, was unweigerlich dazu führt, dass nicht alles im System hinterlegt wird.

Nur eine vollständige Verwaltung aller Prozessschritte er-

laubt es dem Berechner, an jedem Punkt im Prozess eine Simulation neu anzustoßen und Variationen am Berechnungslauf oder Modell durchzuführen. Diese iterative (experimentelle) Arbeit ist wichtig, da der Berechner nur so tiefere Einblicke in die Gründe gewinnt, aus denen sich ein Produkt unter bestimmten Lastfällen so und so verhält, und Optionen eruieren kann, wie sich die Performance des Produkts verbessern lässt.

Diese berechnungsinternen Iterationen führen zu einem großen Datenbestand (Terabytes, Petabytes oder gar Exabytes), der die Wissensbasis der Simulationsabteilung darstellt. Zunehmend werden diese Daten mit Data-Analytics-Werkzeugen und Machine-Learning-Algorithmen weiterverarbeitet, um ein besseres Verständnis zu gewinnen und die Produktentwicklung, vor allem in der frühen Phase, noch effizienter zu unterstützen.

Es gibt zwei Gründe, weshalb nicht jeder Zugang zu internen Simulationsdaten bekommen sollte. Zum einen beinhalten Simulationsdaten teilweise sehr sensible Daten. So werden bereits sehr früh recht vollständige und damit sehr aussagekräftige Repräsentationen des späteren Produkts aufgebaut. Zum anderen werden komplexe Materialmodelle implementiert, die einen wichtigen Wettbewerbsvorsprung darstellen können.

Ein weiterer Grund sollte auch nicht vergessen werden: Simulationsdaten müssen interpretiert werden, und es besteht ein nicht zu unterschätzendes Risiko, dass Nichtexperten die Daten falsch deuten, was fatale Folgen haben kann. Daher ist es wichtig, dass ein SPDM-System genau kontrolliert, welche Daten gegenüber der Allgemeinheit publiziert werden und welche einzig dem Berechner vorbehalten sind. Dieser Aspekt sollte sehr offen und transparent im SPDM-System implementiert werden, um sicherzustellen, dass die Berechner das System akzeptieren und uneingeschränkt nutzen.

Fazit: SPDM, PLM und SE zusammen!

Simulationen antworten auf Fragen und liefern nicht einfach nur Zahlen oder Modelle. Daher sollte die Simulation mit PLM-Workflows eng abgestimmt sein. Simulation liefert in einem Kontext von Fragen auch Ergebnisse und Modelle, die mit PLM- und SE-Strukturen vernetzt werden können. Wichtig ist hierbei, dass vom Workflow der richtige Kontext zu den Anforderungen und Designständen hergestellt wird, mit denen die ursprüngliche Frage formuliert wurde.

Erfolgreich sind Integrationskonzepte, die Simulation als aktives System betrachten, weil sie den Reifegrad des späteren Produkts über den gesamten Entstehungsprozess vorantreiben – und nicht vornehmlich als nachgeschaltete Verifikation eines Entwicklungsstands.