

DIE VORTEILE VIRTUELLER SIMULATION IM VERGLEICH ZU HERKÖMMLICHEN METHODEN

Dezember 2014

→ **Reid Paquin**, Research Analyst,
Fertigung, Produktinnovation & -entwicklung (PIE)



→ Kevin Prouty, Senior Vice President
Forschung



Höhepunkte des Berichts

S. 3

Komplexität ist die mit Abstand größte Herausforderung, vor der Produktkonstrukteure stehen. Sie macht es schwieriger, die Auswirkungen verschiedener Konstruktionsalternativen zu bewerten.

S. 10

Bei branchenführenden Unternehmen besteht eine um 53 % höhere Wahrscheinlichkeit als bei ihren Mitbewerbern, dass sie ihre Simulationen in dieser virtuellen Umgebung durchführen.

S. 13

Bei den Produktzielen, die für die Definition branchenführender Unternehmen betrachtet werden, schneidet die virtuelle Simulation deutlich besser ab als per Hand durchgeführte Berechnungen und der Einsatz physischer Prototypen.

S. 15

Die Nutzer virtueller Simulation konnten die Gesamtentwicklungsdauer um 16 % und die Gesamtproduktkosten für neue Produkte um 13 % verringern.

Anhand der Erfahrungen von über 550 Umfrageteilnehmern wird in diesem Bericht erörtert, welchen Ansatz Unternehmen heutzutage bei der Entwicklung und Einführung neuer Produkte (NPDI) und bei der Produktsimulation verfolgen. Insbesondere wird betrachtet, wie Unternehmen, welche virtuelle Simulation einsetzen, ihre Mitbewerber übertreffen, die **sich immer noch allein auf manuelle Berechnungen oder den Einsatz physischer Prototypen verlassen.**

Die Entwicklung hin zu innovativeren und komplexeren Produkten hilft dabei, sich mit den eigenen Produkten von der Konkurrenz abzuheben. Außerdem zwingt sie die Konstrukteure, Kompromisse zwischen Geschwindigkeit, Kosten und Qualität einzugehen.

Während die Unternehmen darum ringen, herausragende Produkte zu entwickeln, um auf dem Markt im Wettbewerb mit der Konkurrenz zu bestehen, werden schnelle Entscheidungen bei der Konstruktion für den Produkterfolg immer wichtiger. Diese Entscheidungen können große Auswirkungen auf drei wichtige Aspekte eines Produkts haben – auf die Entwicklungsgeschwindigkeit, die Kosten und die Qualität. Viele haben sich der Simulation zugewandt, um die Konstrukteure beim Treffen wirkungsvoller Entscheidungen zu unterstützen. Die zunehmende Komplexität der Produkte macht es den Unternehmen jedoch schwer, das Verhalten ihrer Produkte noch vor den physischen Tests genau vorherzusagen. Per Hand durchgeführte Berechnungen genügen heutzutage den Anforderungen der Konstrukteure nicht mehr und die Fertigung von Prototypen ist teuer und zeitaufwendig. Deshalb setzen branchenführende Unternehmen Simulationssoftware ein, um ihren Mitarbeitern die Einblicke zu ermöglichen, die für die Entwicklung und Optimierung der Produkte von heute erforderlich sind.

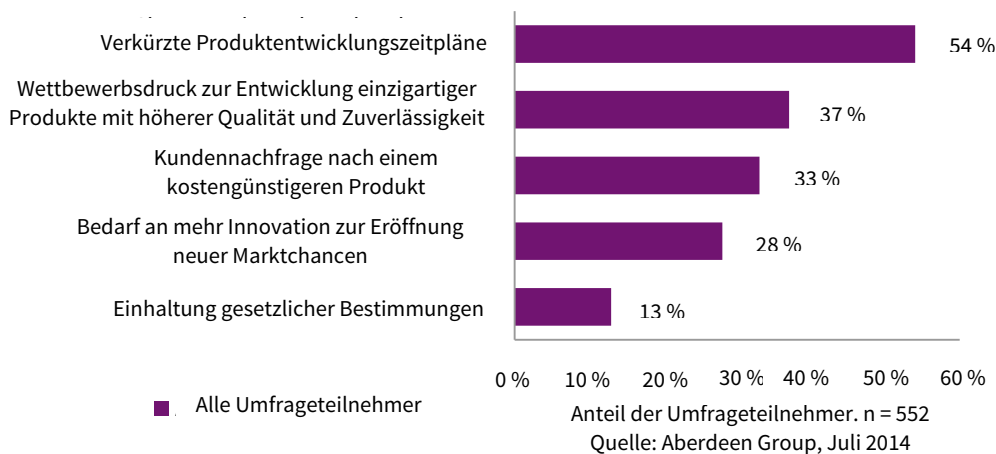
Neue Produkte sind entscheidend für den Erfolg

Neue Produkte stellen heutzutage das Rückgrat der meisten Unternehmen dar. Mehr als ein Drittel des Umsatzes eines Unternehmens kann über diese Produkte erzielt werden (37 % des Gesamtumsatzes gemäß aktueller Aberdeen-Untersuchungen). Natürlich besteht ein hoher Wettbewerbsdruck, diese neuen Produkte erfolgreich bereitzustellen (Abbildung 1). Um im Wettbewerb erfolgreich zu sein, müssen Unternehmen ihre Produkte schnell auf den Markt bringen. Die Untersuchungen von Aberdeen haben gezeigt, dass die rechtzeitige Einführung eines neuen Produkts für ein Unternehmen die beste Chance zu mehr Rentabilität darstellt, insbesondere in Branchen wie Biowissenschaften und Hightech, in denen die Wünsche der Kunden zunehmend in den Vordergrund rücken. Konstrukteure benötigen außerdem effiziente Verfahren für eine bessere Entscheidungsfindung, um die Qualität zu steigern und gleichzeitig dafür zu sorgen, dass die Produkte kostengünstig bleiben.

3

Außerdem benötigen Unternehmen einen besseren Einblick in das Produktverhalten, um Innovationen zu ermöglichen, durch die Marktchancen geschaffen werden, über die sich neue Umsatzquellen erschließen lassen. Je umfassender die Innovationen innerhalb eines Produkts jedoch sind, desto größer ist auch die Komplexität bei der Konstruktion des Produkts. Diese Entwicklung hin zu innovativeren und komplexeren Produkten hilft dabei, sich mit den eigenen Produkten von der Konkurrenz abzuheben. Außerdem zwingt sie die Konstrukteure, Kompromisse zwischen Geschwindigkeit, Kosten und Qualität einzugehen.

Abbildung 1: Ausbalancierung einer multivariaten NPDI-Gleichung*



Ein erfolgreiches Ausbalancieren dieser Faktoren ist ein schwieriges Unterfangen. Hier ein Gleichgewicht zu finden, ist mit vielen ganz eigenen Herausforderungen verbunden (siehe Randleiste). Komplexität ist die mit Abstand größte Herausforderung, der sich Unternehmen heutzutage bei der Entwicklung neuer Produkte gegenübersehen. Sie macht es schwierig, die Auswirkungen unterschiedlicher Konstruktionsalternativen abzuschätzen. Dieses Komplexitätsproblem ist zudem in allen Branchen anzutreffen: Die Nutzung mechanischer und elektronischer Bauteile und eingebetteter Systeme in den Produkten wird immer anspruchsvoller. Der immer umfassendere Einsatz von Software sowie elektrischen und mechanischen Komponenten und die resultierenden Interaktionen zwischen diesen Systemen sind die Hauptursache für diese Komplexität (Tabelle 1 unten).

*NPDI – Entwicklung und Einführung neuer Produkte (New Product Development and Introduction)

Die größten Herausforderungen in der Produktentwicklung

Die Umfrageteilnehmer wurden gebeten, die zwei größten Herausforderungen bei der Vorhersage des Produktverhaltens zu nennen:

- Produkte werden komplexer – 42 %
- Produkte werden in unterschiedlichen und komplexen Umgebungen eingesetzt – 37 %
- Begrenzte Entwicklungsressourcen – 34 %
- Abheben von der Konkurrenz wird schwieriger – 29 %
- Fehlende Toleranz bei Konstruktionsmängeln – 21 %

Tabelle 1: Produkte werden immer komplexer

Zunahme in % – Letzte zwei Jahre	Alle Umfrageteil- nehmer	Hightech- Branche	Biowissen- schaften	Hersteller von Industrie-anlagen
Anzahl mechanischer Komponenten	13,4 %	12,4 %	9,0 %	13,7 %
Zeilen an Softwarecode	34,4 %	36,0 %	32,9 %	42,5 %
Anzahl elektrischer Komponenten	19,6 %	20,0 %	17,7 %	17,1 %

Quelle: Aberdeen Group, Juni 2014

Die versteckten Auswirkungen der Personal-Unterbesetzung

In einer aktuellen Aberdeen-Studie wurde anhand von über 500 Unternehmen das Problem der personellen Unterbesetzung bei der Konstruktion und in anderen anspruchsvollen Positionen untersucht. Unternehmen, die angaben, dass sie in diesen Positionen unterbesetzt sind, erlebten die folgenden negativen Auswirkungen auf das Erreichen ihrer Produktziele:

- **Einhaltung der Produktstarttermine: Abnahme um 16 %**
- **Erreichen der Produktkostenziele: Abnahme um 11 %**
- **Erreichen der Qualitätsziele bei Konstruktionsfreigabe: Abnahme um 10 %**
- **Erreichen der Produktumsatzziele: Abnahme um 11 %**

Ingenieure sind von entscheidender Bedeutung für den Erfolg jedes Unternehmens, welches Produkte konstruiert und herstellt. Eine personelle Unterbesetzung oder ein Mangel an den erforderlichen Fähigkeiten in diesem Bereich kann dem Erfolg schaden.

Mit der zunehmenden Komplexität der Produkte steigt die Wahrscheinlichkeit von Wechselwirkungen zwischen den Komponenten, was wiederum die Zuverlässigkeit des Systems beeinträchtigen kann. Außerdem werden diese komplizierten Produkte in Umgebungen eingesetzt, die selbst sehr komplex sind. Das macht den Entscheidungsprozess umso schwieriger, da eine Vielfalt an Umgebungen berücksichtigt werden muss. Die Ingenieure benötigen Verfahren, mit denen sie das Verhalten unterschiedlicher Produktkonstruktionen in jeder der Umgebungen abschätzen können, ohne dass ein erheblicher zeitlicher Mehraufwand in den immer engeren Entwicklungszeitplänen entsteht.

Herausforderungen resultieren aber nicht allein aus dem Produkt oder seiner Einsatzumgebung. Es gibt auch interne Probleme, die die Produktkonstruktion schwierig machen. Zum einen wird die Entwicklung oft durch einen Mangel an Ressourcen behindert. ([Über 60 % der befragten Unternehmen klagen über eine Unterbesetzung in den technischen Positionen.](#)) Gleichzeitig haben die Ingenieure eine immense Bedeutung für den Erfolg jedes Unternehmens, das Produkte konstruiert und herstellt. Infolgedessen sind größere Anstrengungen erforderlich, um diese Komplexität mit geringerem Personaleinsatz zu meistern. Die Unternehmen müssen neue Methoden finden, ihr Geschäft zu führen und ihre begrenzten Konstruktionsressourcen noch effizienter zu nutzen.

Merkmale branchenführender Produktentwickler

Zur Ermittlung von Best Practices der Produktentwicklung hat Aberdeen untersucht, inwiefern die Umfrageteilnehmer in der Lage sind, Produktstarttermine einzuhalten, Qualitäts-, Kosten- und Umsatzziele zu erreichen und Änderungen in der Entwicklungszeit einzuhalten. Aberdeen hat die Teilnehmer in drei Kategorien eingeteilt: „Branchenführer“ (die besten 20 %), „Branchendurchschnitt“ (mittlere 50 %) und „Nachzügler“ (untere 30 %). Wir beziehen uns außerdem auf eine vierte Kategorie: „Alle anderen“ („Branchendurchschnitt“ und „Nachzügler“ zusammen). In Tabelle 2 ist die Gesamtleistung der einzelnen Kategorien aufgeführt.

5

Wie zu sehen ist, haben branchenführende Unternehmen eine viel bessere Kontrolle über ihre Produkte. Selbst angesichts all der oben erwähnten Herausforderungen und Hindernisse gelingt es diesen Unternehmen, hochwertige Produkte im geplanten Zeitraum und zu niedrigen Kosten herzustellen. Zudem hat die Verkürzung der Entwicklungszeiten um 22 % eine enorme Bedeutung für den anhaltenden Erfolg branchenführender Unternehmen, da die immer engeren Entwicklungszeitpläne aus Sicht aller Unternehmen die größte Herausforderung darstellen.

Tabelle 2: Die leistungsfähigsten Unternehmen führen ihre Branche an

Unternehmens-einstufung	Durchschnittliche Ergebnisse innerhalb der Kategorie
Branchenführer: Beste 20 % der Gesamtleistung der befragten Unternehmen	89 % – Eingehaltene Produktstarttermine 22 % – Verkürzung der Länge der Entwicklungszyklen in den letzten zwei Jahren 88 % – Erreichen der Produktkostenziele 91 % – Erreichen der Produktqualitätsziele bei Konstruktionsfreigabe 88 % – Erreichen der Produktumsatzziele
Branchen- durchschnitt: Mittlere 50 % der Gesamtleistung der befragten Unternehmen	69 % – Eingehaltene Produktstarttermine 13 % – Verkürzung der Länge der Entwicklungszyklen in den letzten zwei Jahren 68 % – Erreichen der Produktkostenziele 78 % – Erreichen der Produktqualitätsziele bei Konstruktionsfreigabe 71 % – Erreichen der Produktumsatzziele
Nachzügler: Untere 30 % der Gesamtleistung der befragten Unternehmen	38 % – Eingehaltene Produktstarttermine 8 % – Verkürzung der Länge der Entwicklungszyklen in den letzten zwei Jahren 38 % – Erreichen der Produktkostenziele 63 % – Erreichen der Produktqualitätsziele bei Konstruktionsfreigabe 41 % – Erreichen der Produktumsatzziele

Quelle: Aberdeen Group, Juli 2014

Diese Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit, möglichst frühzeitig das Produktverhalten einschätzen zu können. Da überrascht es nicht, dass bei branchenführenden Unternehmen die Wahrscheinlichkeit 122 % höher als bei den Mitbewerbern ist, dass eine konkrete Strategie zur Optimierung dieses Prozesses verfolgt wird. So etwas ist jedoch leichter gesagt als getan. Wie genau setzen diese erfolgreichen Unternehmen diese Strategie um?

„Vor der Einführung von Software in den Konstruktionszyklus war der Entwicklungsprozess vornehmlich durch einen Ansatz des Ratens und Prüfens gekennzeichnet. Durch den Einsatz von Software konnten die Entwicklungszeiten beträchtlich verkürzt werden und ich kann verschiedene Konstruktionsalternativen prüfen. Dadurch kann ich die Konstruktion viel früher verbessern als es unter anderen Umständen möglich wäre. Die Software ist zwar neu für mich, aber dank der Unterstützung durch unseren hauseigenen CFD-Experten konnte ich in kurzer Zeit viel lernen und habe Vertrauen in meine Fähigkeiten sowohl bei der Konfiguration als auch bei der Interpretation meiner Analysen gewonnen.“

~ Manager für Produktentwicklung und Konstruktion in einem kleinen A&D-Unternehmen

Lebenszyklus und Simulation im Rahmen des NPDI-Prozesses

Die Markteinführung eines Produkts ist ein komplexes Unterfangen. Der NPDI-Lebenszyklus ist durch viele interne und externe Herausforderungen gekennzeichnet, die eine Produkteinführung scheitern lassen können. Ein bedeutender Faktor für den Erfolg eines neuen Produkts ist ein effektiver Verifizierungs- und Validierungsprozess (V&V) für Produktkonstruktionen. Unternehmen, die diese Phase des Lebenszyklus eines Produkts nicht ausreichend beachten, bringen die erfolgreiche Produkteinführung in Gefahr. (Es drohen schlechte Qualität, teure Rückrufe, kostspielige Nachbearbeitungen oder unerwartete Verzögerungen bei der Produktveröffentlichung und sogar vermehrte Haftungsfälle.) Simulation kann ein sehr leistungsfähiges Hilfsmittel bei der Optimierung des V&V-Prozesses für Ihre Produkte sein. Das Simulieren des Produktverhaltens war früher die Domäne größerer, komplexer Branchen wie der Automobilindustrie oder der Luft- und Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie (A&D). Angesichts der vielen Vorteile, die die Kenntnis des Produktverhaltens vor den eigentlichen Tests mit sich bringt, wird Simulation jedoch zunehmend auch von kleinen und mittleren Unternehmen in einem breiten Spektrum von Branchen genutzt.

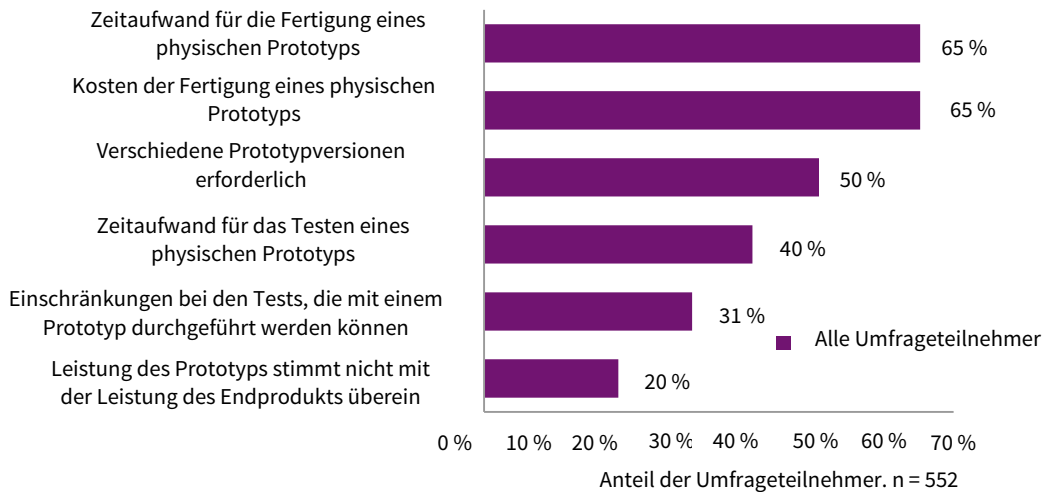
Im Allgemeinen nutzen Konstrukteure drei Methoden zur Vorhersage der Produktleistung:

- 1. Fertigung eines physischen Prototyps**
- 2. Manuelle physikalische Berechnungen**
- 3. Virtuelle Simulationen mittels Software (FEA, CFD usw.)**

Fertigung physischer Prototypen:

Ein Prototyp ist ein frühes Modell des Produkts, das dazu dient, bestimmte Merkmale und Parameter zu testen. Die Fertigung von Prototypen ist meist teuer und zeitaufwendig. 65 % der Umfrageteilnehmer geben dies als die zwei größten Herausforderungen bei der Nutzung physischer Prototypen an (Abbildung 2). Da möglicherweise verschiedene Prototypversionen entwickelt werden müssen, um die gewünschten Ergebnisse zu erhalten, überrascht es nicht, dass der Gesamtaufwand schnell anwachsen kann. Außerdem gibt es die physischen Einschränkungen. Der Prototyp muss tatsächlich hergestellt werden, ehe die Tests beginnen können. Der Entwicklungszyklus wird dadurch verlängert.

7

Abbildung 2: Die größten Herausforderungen bei der Nutzung physischer Prototypen

Außerdem gibt es zahlreiche physische Tests, die an einem Prototyp durchgeführt werden können: Akustik/Vibration, Materialermüdung, Belastbarkeit, Fluidströmung und so weiter. Diese Tests sind jeweils mit einem unterschiedlichen Zeitaufwand verbunden. Ermüdungstests können zum Beispiel je nach Material und Belastungsart sehr viel Zeit erfordern. Wenn die Konstruktionsressourcen eines Unternehmens beschränkt sind, kann der zusätzliche Zeitaufwand für das Herstellen und Testen der Prototypen erhebliche Verzögerungen bei der Produkteinführung zur Folge haben.

Mithilfe von Prototypen soll die Gefahr verringert werden, dass eine Konstruktion nicht das leistet, was geplant war. Im Allgemeinen lassen sich mit Prototypen jedoch nicht alle Risiken ausschließen. Meist fertigen Unternehmen nur einen einzigen Prototyp am Ende des NPDI-Prozesses an und testen nur einige physische Fälle. Oft erfolgt dies nur für das wichtigste Produkt und nicht für alle Produkte, wodurch sich das Risiko für das Unternehmen weiter erhöht. Zudem wird oft übersehen, dass sich an einem Prototyp die Leistung des endgültigen Produkts nur begrenzt abschätzen lässt, da Prototyp und Endprodukt nicht identisch sind. Die drei Bereiche, in denen sich Prototypen im Allgemeinen vom Endprodukt unterscheiden, sind die verwendeten Materialien und Prozesse sowie die Konstruktionstreu. Außerdem lassen sich die meisten Einsatzumgebungen von Produkten nur schwer in einem physischen Test simulieren. Dadurch erhöht sich das Risiko bei der Nutzung von Prototypen, da die Beobachtungen und Einschätzungen der Konstrukteure oftmals nur qualitativer statt quantitativer Natur sein können. Infolgedessen ist der Einsatz physischer Prototypen im Lebenszyklus eines Produkts oft die Phase mit den größten Schwachstellen.

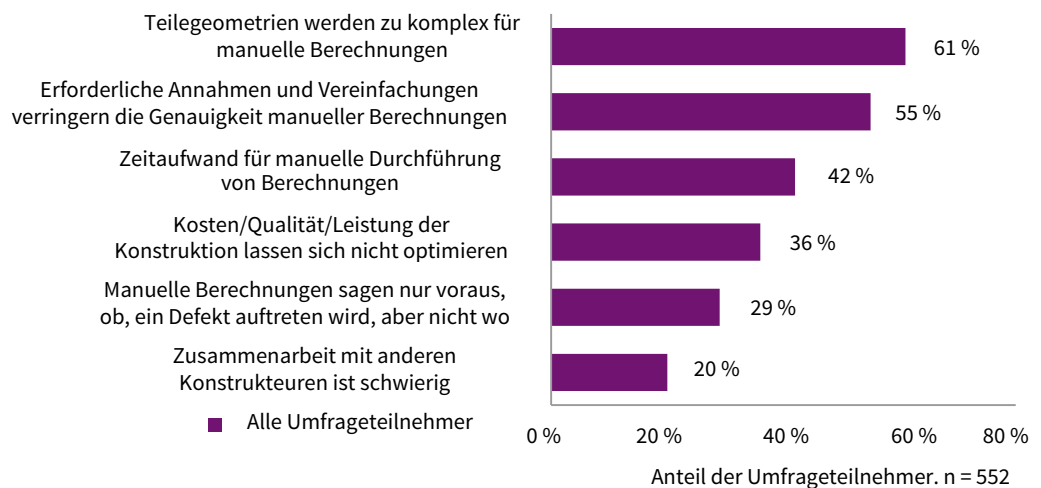
„Viele Kraftwerke, an denen wir arbeiten, sind in der Nähe des Ozeans gelegen. Der höhere Salzgehalt der Luft hat im Laufe der Zeit eine beschleunigte Korrosion zur Folge. Deshalb muss man die Einsatzbedingungen für einen Zeitraum von 15 und mehr Jahren simulieren können. Manuelle Methoden sind für diese Analyse zu umständlich. Deshalb werden virtuelle Simulationen genutzt.“

~ Alex Vadney, Project Manager, BES&T

Manuelle Berechnungen

Manuelle Spannungsberechnungen werden seit Jahrhunderten durchgeführt. Die meisten Ingenieure sind an diesen Ansatz gewöhnt, besonders diejenigen mit längerer Berufserfahrung, da sie auf manuelle Methoden zurückgreifen mussten, als Simulationssoftware noch nicht allgemein verfügbar war. Diejenigen, die weiterhin Berechnungen per Hand durchführen, sind zufrieden mit dem, was ihnen vertraut ist. Der manuelle Ansatz scheint ihnen ebenso zuverlässig zu sein wie Simulationswerkzeuge. Dieser Eindruck täuscht jedoch (Abbildung 3).

Abbildung 3: Die größten Herausforderungen bei der Nutzung manueller Berechnungen



9

Bei manuellen Berechnungen handelt es sich um einfache, mechanische Formeln, die Annahmen und Vereinfachungen in Bezug auf verschiedenen Aspekte (Geometrie, Toleranzen, Belastung usw.) erfordern. Wie die Daten zeigen, handelt es sich bei manuellen Berechnungen, abgesehen von besonders einfachen Teilegeometrien, tatsächlich größtenteils nur um ungefähre Schätzungen für die untersuchten Problembereiche. Oft liefern sie nur gute Näherungen für die tatsächlichen maximalen Belastungsniveaus. Manchmal bewegen sie sich allerdings nur innerhalb des durchschnittlichen Belastungsniveaus und ermöglichen keinerlei Aussage über die Maximalbelastungen. Wenn die Berechnungen einen Defekt vorhersagen, gibt es zudem keinen Hinweis darauf, wo dieser Defekt auftreten wird. Diese Information ist jedoch ganz entscheidend für die Verbesserung der Konstruktion. Darüber hinaus kann die Speicherung und Verwaltung der manuellen Simulation ebenfalls ein Problem darstellen, weil die meisten Berechnungen in internen Excel-Tabellen des Unternehmens erfolgen. Die gemeinsame Bearbeitung und Nutzung dieser Tabellen durch verschiedene Konstrukteure innerhalb des Unternehmens kann problematisch sein. Dadurch entstehen weitere Risiken für das Geschäft, falls ein Mitarbeiter das Unternehmen verlässt oder ein Konstrukteur mit einer veralteten Version arbeitet. Erneute Prüfungen können langwierig sein und die Zeit der Konstrukteure ist ohnehin schon knapp bemessen.

Tabellen oder manuelle Berechnungen können für ganz einfache Produkte geeignet sein, bei denen die Gefahr unbeabsichtigter Folgen gering ist. Manuelle Berechnungen können auch dann genügen, wenn der Sicherheitsfaktor hoch ist. In Anbetracht der zunehmenden Anforderungen in Bezug auf Produktsicherheit und Einhaltung gesetzlicher Bestimmungen wird sich jedoch die Zahl der Produkte verringern, für die auf manuelle Berechnungen zurückgegriffen werden kann. In Branchen wie Hightech, der Herstellung von Industrieanlagen und Biowissenschaften ist es aufgrund der zunehmenden Komplexität der Produkte unrealistisch, dass ein manueller Ansatz in Zukunft genügen wird.

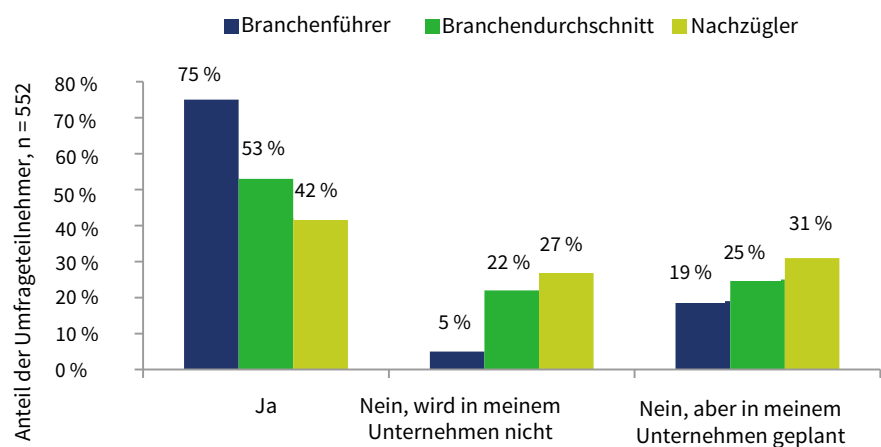
„Manuelle Berechnungen spielten früher eine deutlich größere Rolle in unserem Unternehmen. Aufgrund der größeren Fehler und weniger zuverlässigen Annahmen dieser Berechnungen wurden sie meist mit größeren Sicherheitsfaktoren versehen. Dank des Wechsels zur virtuellen Simulation sind wir jetzt in der Lage, unsere Produkte hinsichtlich der Kosten, Qualität und Leistung zu optimieren.“

~ Produktentwickler eines kleinen Herstellers von Industrieanlagen

Simulation Software

Somit bleibt ein dritter und letzter Ansatz für die Vorhersage des Verhaltens eines Produkts: Simulationssoftware. Dies ist die Methode, die sich branchenführende Unternehmen zunutze machen (Abbildung 4 unten).

Abbildung 4: Einsatz virtueller Simulation



Quelle: Aberdeen Group, Juli 2014

„Dank des Einsatzes von Simulationssoftware konnten wir die Entwicklungszeiten deutlich verkürzen, da keine empirischen Untersuchungen mit Prototypen mehr erforderlich sind. Er ermöglicht eine gründliche anstelle einer oberflächlichen Entwicklungsarbeit und ist der Hauptgrund für die jüngste Übernahme im Bereich Hochleistungsrechnen.“

~ James Slipszenko, Senior Project Engineer, SRA Developments Ltd.

Virtuelle Simulation ist die Analyse oder Simulation des Verhaltens eines Produkts in einer virtuellen Umgebung. Dabei wird ein virtueller Prototyp der Produktkonstruktion erstellt. Bei branchenführenden Unternehmen besteht eine um 53 % höhere Wahrscheinlichkeit als bei ihren Mitbewerbern, dass sie ihre Simulationen in dieser virtuellen Umgebung durchführen. Nur 5 % der branchenführenden Unternehmen geben an, dass sie auch zukünftig keine Software-Tools einsetzen werden – ein riesiger Unterschied im Vergleich zum Branchendurchschnitt und zu den Nachzüglern. Dieser zunehmende Einsatz ist darauf zurückzuführen, dass die Optionen bei der virtuellen Simulation heute vielfältiger denn je sind. Aufgrund der Komplexität und der Kosten der Simulationswerkzeuge wurden sie anfangs nur von Spezialisten in großen Unternehmen, hauptsächlich in Branchen wie der Automobilindustrie und der Luft- und Raumfahrt, verwendet. Später hatten die Konstruktionsingenieure lediglich die Möglichkeit zur Durchführung grundlegender linearer, statischer Belastungsanalysen. In den letzten Jahren haben sich die Simulationswerkzeuge aber hinsichtlich der Einfachheit und Intuitivität der Verwendung sowie der

11

Leistungsfähigkeit der Funktionen enorm weiterentwickelt – einschließlich Aspekten wie nichtlinearer statischer Belastung, dynamischer Belastung (Vibration), Fluidströmung, Wärmeübertragung und FEA-basierter Belastungs- und Bewegungsanalyse. Diese Funktionen können kombiniert werden, um auch Analysen für multiphysikalische Szenarien durchzuführen.

Dank des Einsatzes von Software können branchenführende Unternehmen virtuelle Prototypen entwickeln, mit denen sie das Verhalten des gesamten Systems vorhersagen können, bevor die physischen Gegenstände hergestellt werden. Virtuelle Simulation schafft die einzigartige Möglichkeit, sich das System als Ganzes anzuschauen und Probleme zu erkennen, die andernfalls möglicherweise nicht vorhersehbar gewesen wären. Die Markteinführungszeit des Produkts wird deutlich verringert, weil virtuelle Prototypen viel schneller hergestellt und getestet werden können als ihre physischen Gegenstände. Außerdem können die Konstrukteure schnell die Leistung zahlreicher Konstruktionsalternativen prüfen, ohne Zeit und Geld in die Herstellung physischer Prototypen investieren oder zahlreiche manuelle Berechnungen anstellen zu müssen. Diese Funktion der schnellen Analyse mehrerer Alternativen ermöglicht die sehr wichtige Optimierung der Konstruktion. Außerdem versetzt die Fähigkeit zur Untersuchung einer Vielfalt an Konstruktionsalternativen die branchenführenden Unternehmen in die Lage, sich auf fortgeschrittene DFX-Maßnahmen (Design for Excellence) zu konzentrieren und Merkmale wie die Herstellbarkeit, Wartungsfähigkeit und Konfigurierbarkeit zu verbessern. Um erfolgreich zu sein, genügt es nicht, lediglich ein Produkt herzustellen, das wie gewünscht funktioniert. Es muss ständig nach Gelegenheiten für fortwährende Verbesserungen gesucht werden und die Produktoptimierung ist dafür der ideale Bereich. Die Notwendigkeit der Verkürzung der Markteinführungszeit bei gleichzeitiger Verbesserung der Produkte für eine höhere Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit ist das ideale Anwendungsgebiet für virtuelle Simulation.

Virtuelle Simulation und physische Prototypen

Die Nutzer virtueller Simulation wurden gebeten anzugeben, wie sich Simulation auf die Anzahl der von ihnen verwendeten physischen Prototypen ausgewirkt hat (Prozentsatz der zum Thema virtuelle Simulation befragten Unternehmen):

Keine Änderung – 14 %

Geringere Anzahl physischer Prototypen – 48 %

Mehr partielle und weniger vollständige Prototypen – 29 %

Beseitigung der Notwendigkeit physischer Prototypen – 9 %

Aber was ist mit den skeptischen Ingenieuren, die kein Vertrauen in die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der virtuellen Simulation haben? Für sie besteht stets die Möglichkeit, die Ergebnisse mithilfe manueller Berechnungen zu überprüfen. Allerdings sehen die Konstrukteure, die Simulationswerkzeuge einsetzen und mit ihrer Verwendung vertraut sind, nur selten die Notwendigkeit, die Ergebnisse infrage zu stellen. Die Umfrageteilnehmer, die von virtueller Simulation Gebrauch machen, wurden von Aberdeen gebeten, die zwei wichtigsten Konsequenzen zu nennen, die sich ergäben, wenn diese Werkzeuge nicht mehr genutzt werden dürften (Tabelle 3 unten).

Tabelle 3: Die Auswirkungen des Einsatzes (bzw. Nichteinsatzes) virtueller Simulation

Auswirkung	Alle Umfrageteilnehmer
Es würden mehr physische Prototypen benötigt.	52 %
Das Produkt funktioniert vielleicht, aber es wäre nicht hinsichtlich der Kosten, Qualität oder Leistung optimiert.	38 %
Das Erkennen von Ursachen wäre schwieriger. Daher würde die Fehlerbehebung länger dauern.	31 %
Es würden weniger Szenarien geprüft werden, weil nicht alle Einsatzbedingungen physisch getestet werden können.	29 %
Physische/experimentelle Tests würden länger dauern.	24 %
Das Produkt würde schneller freigegeben, weil keine Zeit für Analysen aufgewendet werden müsste.	2 % (9 Befragte)
Es hätte keine Auswirkungen.	1 % (5 Befragte)

Quelle: Aberdeen Group, Juni 2014

„Dank virtueller Simulation konnten wir mehr Ideen und Konzepte entwickeln und testen. Die Möglichkeiten der Produktentwicklung sind jetzt vielfältiger. Innovative Produkte können schneller den Entwicklungsprozess durchlaufen.“

~ Nicholas Findanis, Research and Applications Engineer, Pentair Environmental Systems

Diese Konstruktionsingenieure sind sich offensichtlich bewusst, welch leistungsfähiges Werkzeug die virtuelle Simulation im Streben nach einer Verbesserung des NPDI-Prozesses darstellt. Besonders vielsagend ist jedoch die Tatsache, dass **von den 299 Umfrageteilnehmern, die virtuelle Simulation nutzen, nur eine Handvoll (9 Befragte) nicht denken, dass sie Vorteile bringt**. Dass 2 % der Umfrageteilnehmer nicht mit der virtuellen Simulation zufrieden waren, könnte gänzlich auf andere Faktoren zurückzuführen sein: Es gibt Best Practices für den Einsatz virtueller Simulation, die möglicherweise nicht befolgt wurden. Unzureichende Schulung, eine schlechte Unternehmensstruktur oder das Fehlen eines zentralen Zugangs zu Simulationsergebnissen sind Probleme, die überwunden werden müssen, wenn man sich der virtuellen Simulation

13

zuwendet. Diese Herausforderungen lassen jedoch nicht unbedingt Schlüsse auf die Wirksamkeit von Simulationswerkzeugen zu, da sie gemeistert werden können.

Aufgrund der genannten Vorteile für den NPDI-Prozess ist die Nutzung virtueller Simulation für branchenführende Unternehmen von entscheidender Bedeutung. Aber wie groß sind die Auswirkungen?

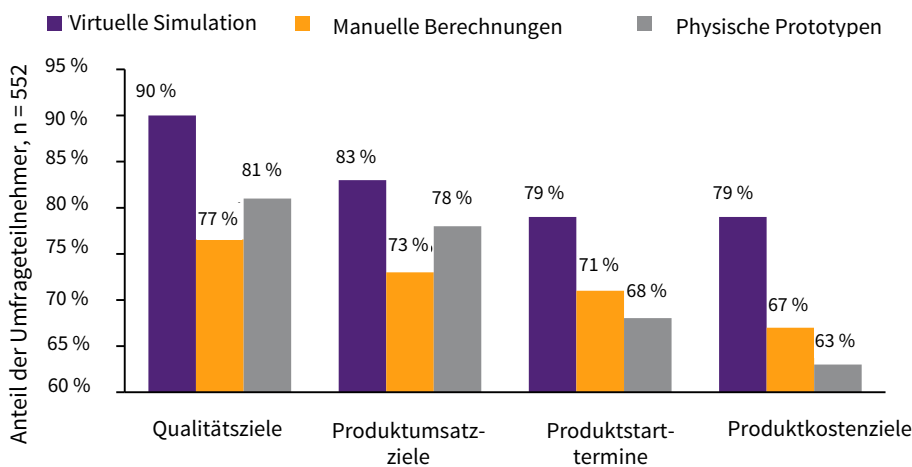
Analyse der Daten und der Leistungsfähigkeit

Es gehört zweifellos mehr dazu, ein branchenführendes Unternehmen zu sein, als einfach die richtigen technologischen Hilfsmittel einzusetzen. Die Untersuchungen von Aberdeen haben immer wieder gezeigt, dass es die richtige Mischung aus Talent, effizienten Prozessen und Technologie erfordert. Obwohl branchenführende Unternehmen für ihre Simulationen also mit höherer Wahrscheinlichkeit auf Software zurückgreifen, ist dies nicht unbedingt die Ursache für ihren herausragenden Erfolg. Dank der großen Anzahl an Umfrageteilnehmern können wir glücklicherweise die drei Ansätze für die Vorhersage des Produktverhaltens untersuchen und anhand konkreter Zahlen ihre Leistungsfähigkeit analysieren. Abbildung 5 zeigt deutlich, dass der Einsatz virtueller Simulation den Erfolg der Produkte steigert.

„Dank des frühen Einsatzes von Simulationssoftware, der Verwendung multiphysikalischer Modelle und der Förderung der Zusammenarbeit konnten wir die Entwicklungskosten senken. Zudem hat sich dadurch die Leistungsfähigkeit unserer anfänglichen Prototypen verbessert. Infolgedessen ist noch mehr Verlass auf die Zuverlässigkeit und Haltbarkeit unserer Produkte.“

~ James Smith, Lead Mechanical Engineer, Sechan Electronics, Inc.

Abbildung 5: Erreichen Sie Ihre Produktziele?



Quelle: Aberdeen Group, Juli 2014

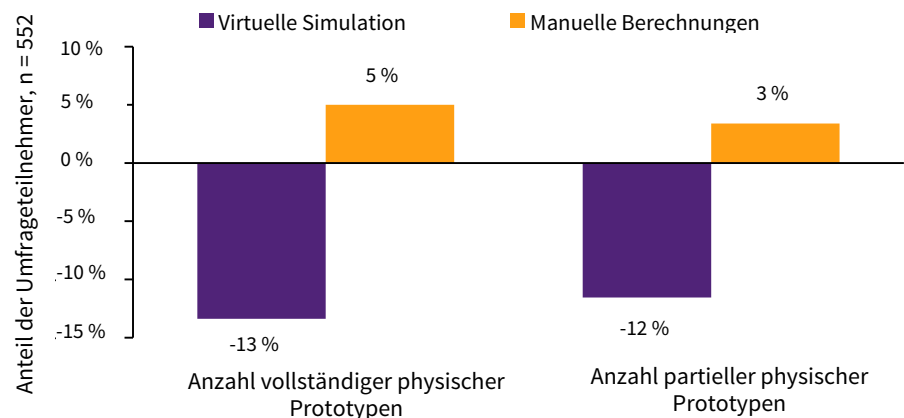
Bei den Produktzielen, die anfangs zur Definition branchenführender Unternehmen verwendet wurden, schneidet die virtuelle Simulation am besten ab. Ein großes Problem stellt heutzutage der Anstieg der Materialpreise dar. Aufgrund von Sicherheitsfaktoren erfolgt jedoch viel Overengineering. Durch den Einsatz virtueller Simulation lässt sich die Menge des in einer Konstruktion verwendeten Materials minimieren, indem sie unter Wahrung der Qualität so stabil gestaltet wird, wie es gerade erforderlich ist. Durch die Vermeidung eines unnötigen Materialeinsatzes in der Konstruktion werden zudem die Kosten verringert. Außerdem kann sehr schnell die Leistungsfähigkeit verschiedener Materialien geprüft und der Entwicklungszyklus dadurch so kurz wie möglich gehalten werden.

Das Herstellen und Testen von Prototypen kann einen großen Teil der Zeit in Anspruch nehmen und das Einhalten der Produktstarttermine erschweren. Da Software jedoch das virtuelle Testen von Konstruktionen ermöglicht, kann der Bedarf an physischen Prototypen verringert werden (Abbildung 6). Weniger Prototypen bedeuten einen Zeitgewinn, wodurch sich die Markteinführung von Produkten beschleunigen lässt. Neben der Einsparung von Entwicklungszeit lassen sich dank des Einsatzes von Simulationssoftware bei der Überprüfung von Konstruktionen zudem die Kosten für das Herstellen und Testen der physischen Prototypen erheblich verringern.

„Die detaillierteren Modelle, die wir verwenden, ermöglichen uns ein besseres Verständnis unserer virtuellen Prototypen. Wir können die Empfindlichkeit unserer Produkte abschätzen und die Produktionstoleranzen entsprechend festlegen. Dies ist eine große Hilfe, nicht nur bei der Produktentwicklung, sondern auch für die Massenproduktion.“

~ Peter Benko, Product Development Engineer, GRANTE Antenna Development and Production Corporation

Abbildung 6: Simulationssoftware verringert den Bedarf an Prototypen



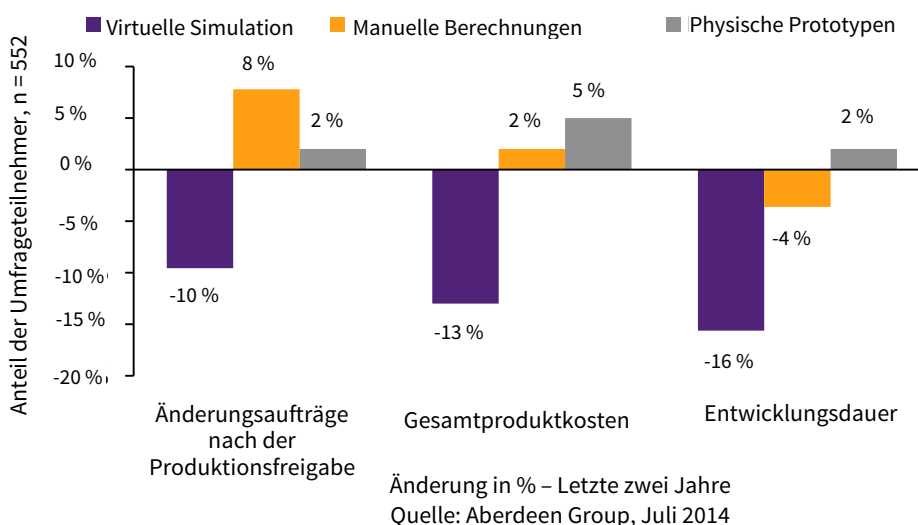
Änderung in % – Letzte zwei Jahre
Quelle: Aberdeen Group, Juli 2014

15

In einigen Fällen ist die Nutzung virtueller Prototypen physischen Tests sogar überlegen, weil Bereiche hoher Belastung oft eine Zeit lang durch Bereiche niedriger Belastung verdeckt werden. Ein physischer Prototyp kann einen einzelnen Belastungstest bestehen, aber bei wiederholter Belastung versagen. Durch den Einsatz virtueller Prototypen lässt sich am besten feststellen, ob die Verwendung eines Produkts sicher ist. Die erhöhte Anzahl an Prototypen bei den Nutzern manueller Berechnungen ist die direkte Folge der Annahmen und Vereinfachungen bei diesen Berechnungen. In der Praxis vorkommende Produktgeometrien – wie z. B. die Düse eines Druckbehälters oder Schweißverbindungen – lassen sich nur schwer per Hand berechnen. Das führt zu Ungenauigkeiten bei der Simulation und zu einem erhöhten Bedarf an Prototypen, um Konstruktionsfehler zu beheben.

Die größere Zuverlässigkeit und Genauigkeit virtueller Simulationen im Vergleich zu manuellen Berechnungen und zum Einsatz von Prototypen bestätigt sich, nachdem das Produkt die Hände der Konstrukteure verlassen hat. Die Nutzer virtueller Simulation konnten einen Rückgang um 10 % bei den Konstruktionsänderungsaufträgen verzeichnen, während die Nutzer manueller Berechnungen eine Zunahme um 8 % feststellen mussten. Dies bedeutet, dass Unternehmen, die Simulationssoftware einsetzen, ihre Konstruktionsmängel vor dem Produktionsstart beheben können, während diejenigen, die auf manuelle Methoden zurückgreifen, dazu erst später in der Lage sind (Abbildung 7).

Abbildung 7: Simulation verbessert den NPDI-Prozess insgesamt



Warum setzen Sie keine Simulationssoftware ein?

Umfrageteilnehmer, die keine Simulationssoftware verwenden, wurden gebeten, ihre drei wichtigsten Gründe dafür zu nennen:

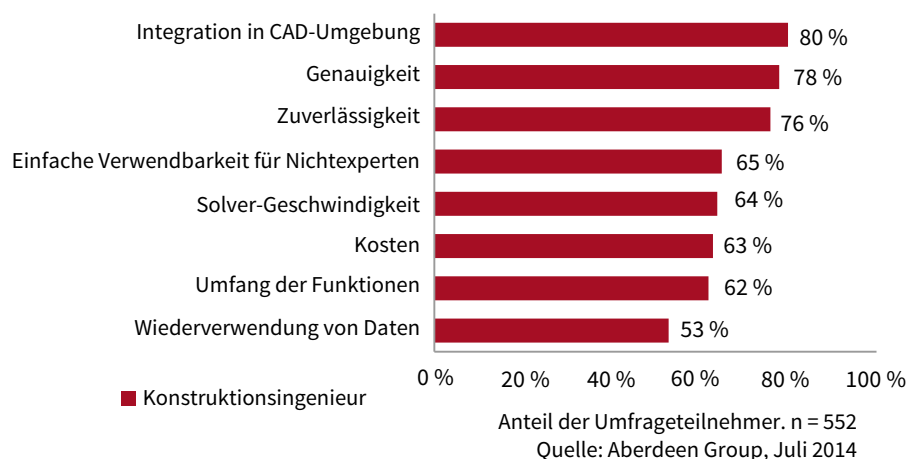
- Kosten von Simulationssoftwarelösungen – 51 %
- Fehlendes Vertrauen in die Simulationsgenauigkeit – 46 %
- Unsicherheit bei der korrekten Verhaltensmodellierung – 46 %
- Mangel an geschulten Mitarbeitern, die Simulationen durchführen können – 40 %
- Zu hoher Zeitaufwand bei der Vorbereitung der Modellanalyse – 23 %

Diese Verringerung des Bedarfs an Nacharbeit kann eine enorme Senkung der Gesamtproduktkosten bewirken. In Kombination mit einer Produktkonstruktion, die bereits in Bezug auf Kosten, Qualität und Leistung optimiert ist und weniger Tests erfordert, ist die von Nutzern virtueller Simulation angegebene 13%ige Kostensenkung absolut nachvollziehbar. Eine schnellere Überprüfung des Produkts sowie weniger Prototypen und weniger Konstruktionsänderungsaufträge – diese Vorteile spiegeln sich bei Nutzern virtueller Simulation in einer enormen Verkürzung der Gesamtentwicklungszeit wider. Eine 16%ige Abnahme der Entwicklungszeit im Laufe der letzten zwei Jahre ist eine gute Möglichkeit, den hohen Druck zu verringern, dem Konstrukteure heutzutage ausgesetzt sind, und dadurch die Entwicklungsfenster zu verkleinern. Unternehmen, die nicht auf virtuelle Simulation zurückgreifen, laufen angesichts dieser Unterschiede bei den Entwicklungszeiten Gefahr, dass Engpässe im NPDI-Prozess entstehen. Eine aktuelle [Untersuchung von Aberdeen hat gezeigt](#), dass diejenigen, die ein neues Produkt am schnellsten auf den Markt bringen, die größten Chancen auf einen Gesamterfolg haben. Die Einzelbetrachtung der Vorteile virtueller Software wird durch die Untersuchungsergebnisse gestützt – Unternehmen, die weniger auf manuelle Berechnungen und physische Prototypen zurückgreifen, sind wesentlich leistungsfähiger.

Die Bedeutung der richtigen Werkzeuge

Die Untersuchungsergebnisse zeigen deutlich, dass durch virtuelle Simulation die Leistungsfähigkeit verbessert wird. Der Nutzen von Software kann aber beschränkt sein, wenn der Nutzer nicht weiß, wie er sie wirksam einsetzen kann, oder wenn der Software notwendige Funktionen fehlen. Es ist wichtig zu wissen, welche Funktionen Konstruktionsingenieure als besonders wichtig erachten (Abbildung 8).

Abbildung 8: Funktionen, die für Konstruktionsingenieure besonders wichtig sind



17

In einer Liste mit 14 Vorteilen von Simulationssoftware waren aus Sicht der Konstruktionsingenieure CAD-Integration, Zuverlässigkeit und Genauigkeit die wichtigsten Faktoren, auf die geachtet werden muss. Das ist keine Überraschung: Wenn ein Konstrukteur den Simulationsergebnissen nicht vertraut, wird er das Werkzeug nicht weiter verwenden. Kaum weniger wichtig ist die Verwendbarkeit der Software durch Nichtexperten. Dass auch Nichtexperten problemlos die erforderlichen Analysen durchführen können, ist für jedes Unternehmen entscheidend, welches den Einsatz von Simulationssoftware prüft. Jahrelang haben sich Konstruktionsingenieure allein auf manuelle Berechnungen verlassen. Eine der größten zu überwindenden Hürden beim Übergang zur virtuellen Simulation ist die Akzeptanzrate der Werkzeuge. Alle diese Merkmale wurden als noch wichtiger als die Kosten eingestuft. Dies bestätigt, dass es für Konstruktionsingenieure eindeutig am wichtigsten ist, realistische Simulationen durchführen zu können, mit denen sich die Produktleistung zuverlässig vorhersagen lässt. Die dank Simulationssoftware gewonnenen Erkenntnisse helfen Konstrukteuren beim Treffen der richtigen Produktentscheidungen im gesamten Entwicklungszyklus.

Darüber hinaus können Simulationen früher und häufiger innerhalb des gesamten NPDI-Prozesses eingesetzt werden (siehe Randleiste). Für eine optimale Nutzung sollte Simulationssoftware vor der Herstellung physischer Prototypen zur Analyse des Verhaltens auf Komponenten- und Systemebene sowie der Subsysteminteraktionen eingesetzt werden. Frühe Simulation sorgt dafür, dass Konstruktionen von Anfang an überprüft werden. Das spart Zeit und Geld. Mit der richtigen Software kann Simulation jetzt zu einem integralen Bestandteil des Konstruktionsprozesses werden, statt ein separates Verfahren mit eigenen Werkzeugen und Prozessen zu sein.

Wichtige Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Jedes Unternehmen strebt nach einer Optimierung seines Geschäftsbetriebs. Es leuchtet ein, dass Unternehmen, die auf ihren NPDI-Prozess abzielen, bessere Voraussetzungen für den Erfolg schaffen können, da neue Produkte für Unternehmen das größte Gewinnpotenzial bieten. Allerdings beinhaltet der NPDI-Prozess auch beträchtliche Risiken; und Optimierungen sind keine einfache Aufgabe. Ein großer Teil des Erfolgs hängt von der Fähigkeit eines Unternehmens ab, bei der Produktentwicklung die richtige Balance zwischen Innovation, Kosten, Zeitaufwand und Qualität zu finden. In Anbetracht immer engerer Zeitpläne, wachsender Komplexität und

Frühes und häufiges Simulieren

Branchenführende Unternehmen sind nicht nur die Ersten bei der Verwendung von Simulationssoftware, sie nutzen Simulationen auch häufiger, um jeden einzelnen Schritt des Produktprozesses zu überprüfen.

Wo wird Simulation eingesetzt?
(Anteil unter Branchenführern)

Detaillierte Konstruktion auf Komponentenebene:
90 % der Befragten

Konstruktion von Subsystemen:
81 % der Befragten

Definition der Systemarchitektur:
73 % der Befragten

Überprüfung und Tests:
72 % der Befragten

Versagensanalyse nach der Fertigung:
69 % der Befragten

Fehlerbehebung in der Produktionsanlaufphase:
51 % der Befragten

Fertigung:
41 % der Befragten

unzureichender Konstruktionsressourcen kann dieser Balanceakt eine äußerst schwierige Herausforderung darstellen. Um sie erfolgreich zu meistern, müssen Unternehmen ihr Verständnis des Produktverhaltens so schnell wie möglich vertiefen. Es gibt aber auch eine gute Nachricht: Wir können von den Unternehmen lernen, die in diesem schwierigen Umfeld bereits erfolgreich sind. Die Gründe für die Hinwendung zur virtuellen Simulation sind einfach:

- **Die Produktkomplexität nimmt jeden Tag zu und manuelle Methoden können mit diesen neuen Produkten nicht Schritt halten.** Mit der Zunahme der Komplexität steigt auch die Schwierigkeit, das Produktverhalten vorherzusagen. Auf die groben Schätzwerte, die aus manuellen Berechnungen gewonnen werden, sollte man sich nicht verlassen, wenn bessere Alternativen verfügbar sind.
- **Die Hersteller leiden an einem echten Mangel an Ressourcen. Deshalb sollte man Konstrukteuren Werkzeuge an die Hand geben, mit denen sich optimaler Nutzen aus ihren Anstrengungen ziehen lässt.** Die Entwicklungsressourcen sind in den meisten Unternehmen begrenzt und überlastet – ein Problem, das sich nur noch verschärfen wird, wenn die Generation der Babyboomer in den Ruhestand geht. Branchenführende Unternehmen sind sich bewusst, dass Anstrengungen unternommen werden müssen, um die Effizienz ihrer Konstruktionsabteilungen zu steigern.
- **Die vielen Vorteile virtueller Simulation sind unübersehbar – manuelle Berechnungen unterliegen zu vielen Beschränkungen und eignen sich nicht zur Optimierung von Konstruktionen.** Die Untersuchungsergebnisse bestätigen eindrucksvoll die Vorteile des Softwareeinsatzes. Die Nutzer virtueller Simulation erreichen häufiger ihre Produktziele, benötigen weniger Prototypen und können die Gesamtkosten senken und die Entwicklungszeiten verkürzen.

19

- ➔ **Eine genaue und zuverlässige Simulationsplattform, die sich in die CAD-Umgebung integrieren lässt, ist wichtig. Dabei darf aber nicht die Notwendigkeit übersehen werden, dass auch Nichtexperten die Software nutzen können.** Ein Unternehmen, das in eine Lösung investiert, die nur Simulationsexperten beherrschen, steuert auf einen Misserfolg zu. In den meisten Unternehmen müssen erst die gewohnten Ansätze überwunden werden: Die meisten Ingenieure scheuen sich davor, ihre derzeit verwendeten Werkzeuge und Prozesse aufzugeben. Nichtexperten sind schnell frustriert und kehren dann zu den Simulationsmethoden zurück, die ihnen vertraut sind. Dies dämpft ganz erheblich die Gesamtvorteile, die virtuelle Simulation für ein Unternehmen mit sich bringt.

Sich allein auf manuelle Berechnungen und die Nutzung physischer Prototypen zu verlassen, ist kein tragfähiger Konstruktionsansatz mehr. Die Vorteile virtueller Simulation überwiegen bei Weitem die Vorteile herkömmlicher Konstruktionsmethoden. Software kann nicht länger als Hilfsmittel außer Acht gelassen werden, wenn es darum geht, optimalen Nutzen aus den Anstrengungen bei der Produktentwicklung zu ziehen. Branchenführende Unternehmen machen sich diese wertvolle Ressource zunutze und sind dadurch in der Lage, hochwertige Produkte pünktlich und kostengünstig anzubieten.

Weitere Informationen hierzu sowie zu anderen Untersuchungen finden Sie unter www.aberdeen.com.

Verwandte Untersuchungen

[*NPI Velocity in Discrete Manufacturing: The Hidden Cost of Late Products*](#), November 2014

[*What Drives Success For Best-in-Class Product Developers?*](#), Mai 2014

[*Bridging the Gap Between Product Development and Operations*](#), Juni 2014

[*High Tech NPD: Ensuring Success By Managing Risk*](#), April 2014

Autor: Reid Paquin, Research Analyst, Fertigung, Produktinnovation & -entwicklung (PIE)
(reid.paquin@aberdeen.com)

Kevin Prouty, VP of Research, (kevin.prouty@aberdeen.com)

Informationen zur Aberdeen Group

Die Aberdeen Group veröffentlicht seit 26 Jahren Untersuchungsergebnisse, die Unternehmen aus der ganzen Welt helfen, ihre Leistungsfähigkeit zu steigern. Wir identifizieren branchenführende Unternehmen, indem wir eigene Untersuchungen mit Unternehmen aus verschiedenen Branchen durchführen. Unser Team von Analysten gewinnt durch den Einsatz einer proprietären Analysemethodik tatsächensbasierte, anbieterunabhängige Erkenntnisse, frei von jeglicher äußerer Beeinflussung. Die resultierenden Untersuchungsergebnisse werden von Hunderttausenden Fachleuten genutzt, um fundiertere Entscheidungen zu treffen und die Geschäftsstrategie zu verbessern.

Die Inhaltsmarketinglösungen von Aberdeen helfen B2B-Unternehmen durch Inhaltslizenzierung, Referententätigkeit, kundenspezifische Untersuchungen und Inhaltserstellungsdienste, den verborgenen Vertriebszyklus zu steuern. Die Aberdeen Group mit Sitz in Boston, Massachusetts, ist ein Harte Hanks-Unternehmen.

Dieses Dokument ist das Ergebnis eigener Untersuchungen der Aberdeen Group. Die von der Aberdeen Group angewendeten Methoden sorgen für objektive, tatsächensbasierte Ergebnisse und ermöglichen die besten Analysen, die zum Zeitpunkt der Veröffentlichung verfügbar sind. Sofern nicht anders angegeben, ist der gesamte Inhalt dieser Veröffentlichung urheberrechtlich geschütztes Eigentum der Aberdeen Group, Inc. und darf nicht ohne vorherige schriftliche Genehmigung der Aberdeen Group, Inc. in irgendeiner Form oder auf irgendeine Weise vervielfältigt, verbreitet, archiviert oder übertragen werden.