

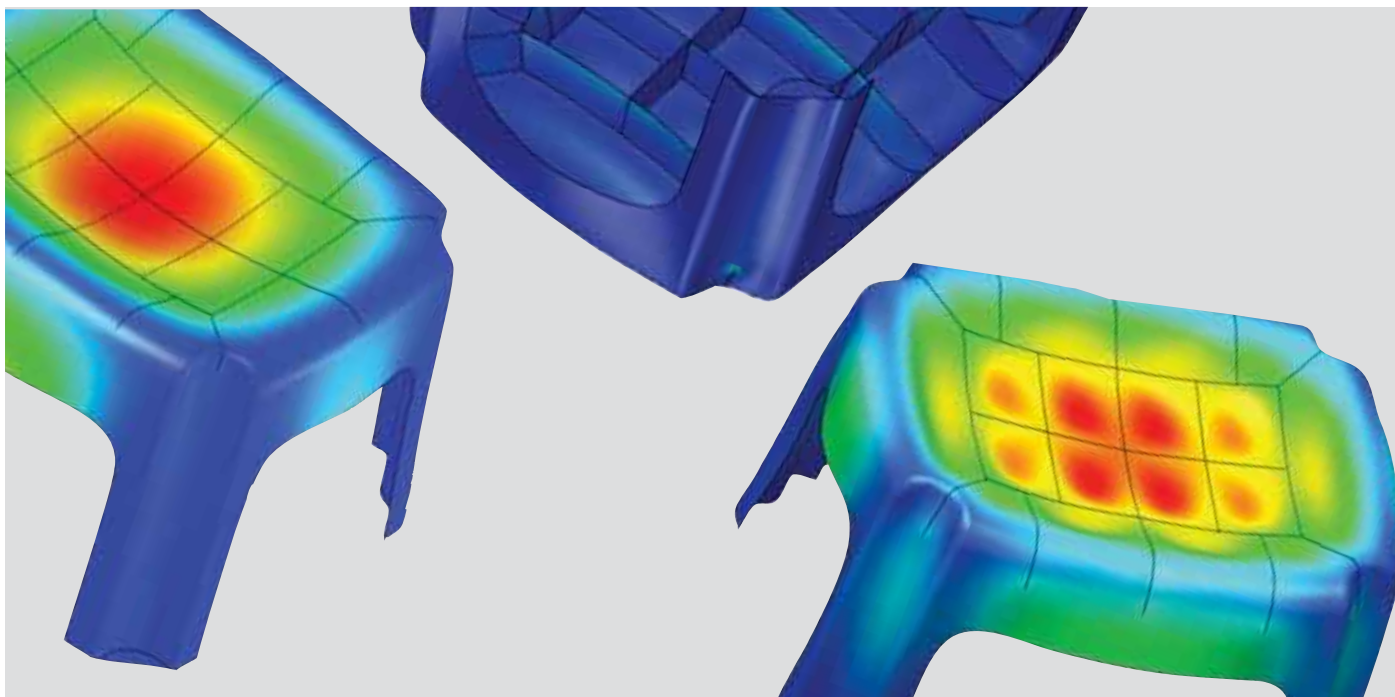
---

# KONSTRUIEREN SIE BESSERE PRODUKTE MIT SOLIDWORKS SIMULATION

---

## Zusammenfassung

Die SolidWorks® Simulation-Suite bietet all die Funktionen, die Sie für eine Verkürzung der Markteinführungszeiten benötigen. Konstrukteure werden früher auf Fehler aufmerksam und können so bei Bedarf schnell reagieren. Das Ergebnis sind bessere Produkte zu niedrigeren Kosten.



## Einführung

### Wie kann der Konstruktionsprozess mit Simulationstechnologie verbessert werden?

Für Unternehmen, die eine Spitzenstellung in ihrer Branche anstreben, ist Simulationssoftware ein überaus wertvolles Hilfsmittel – auch schon in den frühen Phasen der Produktentwicklung. Simulationstechnologie bietet Konstrukteuren zur richtigen Zeit die richtigen Werkzeuge, um bessere Entscheidungen treffen zu können. Das Ergebnis? Bessere Produkte, geringere Kosten und kürzere Produktentwicklungszyklen.

Auch Managern und Leitern von Konstruktionsteams, die frühzeitig in den Prozess eingebunden werden, bringen Simulationen tiefe Einblicke in die Konstruktionsabläufe. Die Erkenntnisse, die sie durch die FEM-gestützte Simulation gewinnen, tragen direkt zur Verbesserung des Produktentwicklungsprozesses bei. In diesem White Paper wird gezeigt, welchen Wert die Simulation sowohl für das Produkt als auch für den Konstruktionsprozess hat. Außerdem finden Sie hier Vorschläge für eine erfolgreiche Implementierung.

Wenn Sie Ihren Produktteams die Mittel an die Hand geben, bessere Konstruktionsentscheidungen zu treffen, kann Ihr Unternehmen Produkte schneller und mit geringerer Fehleranfälligkeit entwickeln und so rentabler werden.

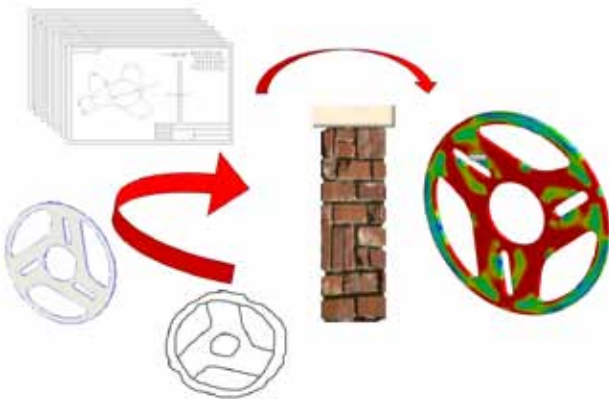


Abbildung 1: Produktentwicklungsprozess bisher

### So optimiert SolidWorks Simulation die Produktentwicklung

In den letzten acht Jahren ist es den Herstellern von CAD/CAE-Lösungen (Computer-Aided Design/Computer-Aided Engineering) gelungen, die Bedienung herkömmlicher Analysewerkzeuge zu vereinfachen und sie für eine größere Zahl von Konstrukteuren zugänglich zu machen. Dennoch hat sich am grundsätzlichen Ablauf nichts geändert: „Erst der Entwurf, dann die Analyse“ – immer mit der Betonung darauf, dass diese Aufgaben nacheinander ausgeführt werden (Abbildung 1).

Durch die explizite Trennung von Entwurf und Analyse – oder Simulation – gehen jedoch die Vorteile verloren, die sich bei einer gleichzeitigen und wiederholten Durchführung der Aufgaben erzielen lassen. Letztendlich geht es immer um den Entwurf. Wenn Sie Ihren Produktteams die Mittel an die Hand geben, bessere Konstruktionsentscheidungen zu treffen, kann Ihr Unternehmen Produkte schneller und mit geringerer Fehleranfälligkeit entwickeln und so rentabler werden. Dies erfordert Entscheidungen zur Form, zur Passgenauigkeit und zur Funktion und deren schrittweise Bestätigung während des gesamten Konstruktionsprozesses.

Abbildung 2 zeigt anhand eines realistischen Prozess-Workflows für die Konstruktion einer neuen virtuellen 3D-Brille die Bedeutung der Entscheidungsfindung für den Gesamtprozess.

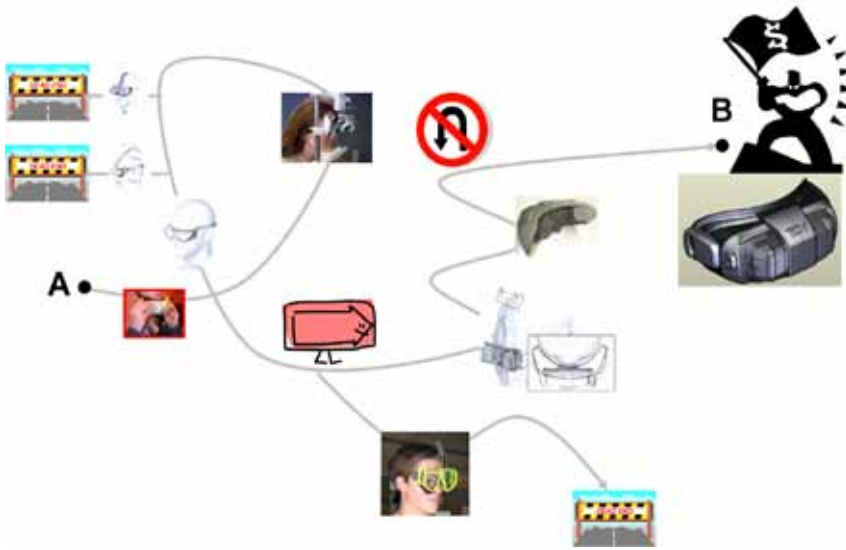


Abbildung 2: Beispiel für einen Produktentwicklungs-Workflow

Um möglichst effizient von A nach B zu gelangen, bedarf es einer maximalen Performance, eines guten Timings für die Markteinführung und möglichst geringer Fertigungskosten. Leider aber werfen das Testen von Ideen, die erforderlichen Korrekturmaßnahmen, der Neubeginn, das Experimentieren und das Verifizieren häufig immer wieder neue Fragen auf.

Der Konstruktionsprozess ist alles andere als linear – er lässt sich als Abfolge von Entscheidungen und Korrekturen beschreiben. Die Gefahr, oder das Risiko, bei der Produktentwicklung besteht also in einem Zuviel an Entscheidungen, ohne zu wissen, ob diese Entscheidung jeweils die besten sind. Probleme, die zu spät festgestellt werden, lassen sich selten schnell und kostengünstig aus der Welt schaffen. Das Risiko kann minimiert werden, wenn während des Prozesses regelmäßig geprüft wird, ob sich die Konstruktion noch in den richtigen (optimalen) Bahnen bewegt.

Wie wäre es also, wenn es etwas gäbe – ob Technologie, Tool oder Prozess –, mit dem Konstrukteure ein direkteres Feedback zu ihren Entscheidungen erhalten? Eine Art Navigationsgerät für die Produktentwicklung, das unmittelbar nach einer Entscheidung sagt: „Das war vielleicht keine so gute Idee“? Dadurch ließe sich das Risiko reduzieren, dass ein falsches „Abbiegen“ weitere Fehler entlang des Konstruktionsprozesses nach sich zieht. Statt einmalig viele Entscheidungen treffen zu müssen, die später möglicherweise eine große Kurskorrektur erfordern, könnten Sie fortlaufend kleinere Änderungen vornehmen und so für einen möglichst geraden („linearen“) Weg bei der Prozessentwicklung sorgen. Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse solcher kleinerer Korrekturen während der Konstruktion einer Druckpatronenverriegelung (die durchgezogene Linie) – der Entwicklungspfad ist wesentlich geradliniger und effizienter als die sich aus der herkömmlichen Vorgehensweise ergebende gepunktete Linie, die ziellos umherirrt.

Der Konstruktionsprozess ist alles andere als linear – er lässt sich als Abfolge von Entscheidungen und Korrekturen beschreiben. Die Gefahr, oder das Risiko, bei der Produktentwicklung besteht also in einem Zuviel an Entscheidungen, ohne zu wissen, ob diese Entscheidung jeweils die besten sind.

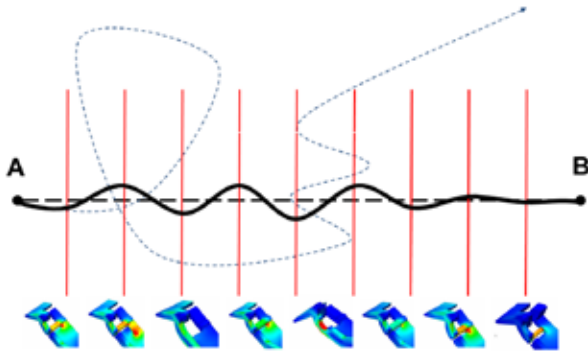


Abbildung 3: Je linearer der Produktentwicklungsprozess ist, desto effizienter ist er

Je linearer der Prozess ist, desto effizienter ist er. Dort, wo weniger Kosten für die Konstruktion aufgewendet werden müssen, steigen die Chancen, dass das dabei entstehende Produkt nicht nur „ausreichend gut“, sondern optimal wird.

Experten sind sich einig, dass es bei der Produktentwicklung vor allem darauf ankommt, Fehler möglichst schnell ausfindig zu machen. Je schneller Fehler erkannt werden, desto effizienter verläuft der ganze Prozess. Die meisten Entscheidungen bauen aufeinander auf bzw. ergeben sich auseinander. Wenn es gelingt, einen Fehler schnell zu finden, zurückzuverfolgen und zu korrigieren, sinkt die Gefahr, dass Geld für Ideen verschwendet wird, die grundlegend falsch sind. Dies ist ein natürliches Nebenprodukt des oben dargestellten geradlinigeren Prozesses.

### Einflüsse auf Konstruktionsentscheidungen

Wenn Entscheidungen getroffen wurden, die sich als falsch herausstellen, müssen unbedingt möglichst schnell entsprechende Kurskorrekturen vorgenommen werden. Im Endeffekt lässt sich alles auf die Frage reduzieren: „Wie lässt sich feststellen, ob eine Konstruktionsentscheidung richtig war?“

Nehmen wir als Beispiel einmal einen Konstruktionsentscheidungs-Workflow aus der Praxis. In Abbildung 4 sehen Sie einen Plastikhocker. Das Ziel besteht darin, einen neuen Hocker zu konstruieren, der die folgenden Anforderungen erfüllt: Er muss (1) eine 100 kg schwere stehende Person tragen können und (2) so kostengünstig wie möglich sein.



Abbildung 4: Vorschlag für einen Hockerentwurf

Die meisten Entscheidungen bauen aufeinander auf und ergeben sich auseinander. Wenn es gelingt, einen Fehler schnell zu finden, zurückzuverfolgen und zu korrigieren, sinkt die Gefahr, dass Geld für Ideen verschwendet wird, die grundlegend falsch sind.

Abbildung 5 zeigt drei mögliche Herangehensweisen. Lässt sich möglicherweise ein Entwurf realisieren, der ohne Versteifungen auskommt und bei dem die Wandstärke nur durch die Grenzen des Formungsprozesses limitiert ist? Beim „ersten Durchlauf“ werden nur knapp 400 cm<sup>3</sup> Kunststoff benötigt. Durch das Hinzufügen von Versteifungsrippen würden zwar die Produktionskosten steigen, aber gleichzeitig erhöht sich die Gesamtfestigkeit des Produkts. Das SolidWorks Simulation-Modell zeigt, dass das Hinzufügen einiger kleiner Versteifungsrippen die Kosten um 10 % erhöhen würde, während die finale, konservativere Variante – Verwendung so großer Rippen wie ohne Beeinflussung des Gesamtaussehens möglich – mit einem Kostenplus von 30 % zu Buche schlagen würde.



Abbildung 5: Entwurfsvarianten mit Versteifungslamellen

Betrachtet man diese drei Optionen, erscheint die Variante ohne Rippen diejenige zu sein, die das höchste Risiko birgt und am ehesten nicht halten wird. Gleichzeitig ist der Entwurf mit den großen Rippen wahrscheinlich der stabilste. Bei diesem Gedankenprozess wird sowohl die Variante mit dem höchsten Risiko als auch die mit dem niedrigsten Risiko berücksichtigt. Ohne weiteres Wissen würden sich die meisten Konstrukteure für die konservative Option mit den größeren Rippen entscheiden.

Das Unternehmen hat gerade nach Bauchgefühl neue Werkzeuge angeschafft, was mit einem erheblichen Kosten- und Zeitaufwand verbunden war, und diese Rippenkonstruktion ist möglicherweise immer noch nicht ausreichend. Gleichzeitig besteht aber auch die Möglichkeit, dass das Produkt überdimensioniert ist und damit außerhalb der Kostenvorgaben für das Projekt liegt.

Wie würde diese Entscheidung nun ausfallen, wenn konkrete Daten zur Performance der einzelnen Konzepte vorlägen, sodass das Risiko auf ein akzeptables Niveau gesenkt werden könnte? Abbildung 6 zeigt die Ergebnisse für jede der infrage kommenden Varianten nach der Berechnung mit der SolidWorks Simulation-Suite.

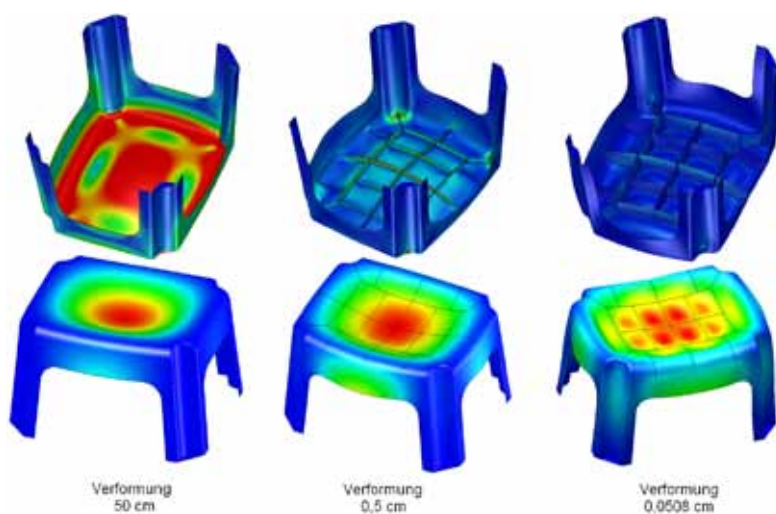


Abbildung 6: Simulationsergebnisse für drei Entwurfsvarianten

Die Simulation zeigt, dass die Variante mit den kleineren Versteifungsrippen durchaus die Stabilitätsvorgaben erfüllt. Durch den Einsatz von zusätzlichem Material zur Vergrößerung der Rippen entstehen dagegen nur höhere Kosten, ohne dass sich entsprechende Vorteile ergeben.

Auch ohne viel Erfahrung lässt sich eindeutig erkennen, dass die Befürchtungen hinsichtlich der Stabilität beim nicht versteiften Entwurf berechtigt waren. Die Ergebnisse für die beiden Entwürfe mit Versteifungsrippen widersprechen jedoch dem Ergebnis der „Bauchgefühl“-Entscheidung für die bestmögliche Variante. Die Simulation zeigt, dass die Variante mit den kleineren Versteifungsrippen durchaus die Stabilitätsvorgaben erfüllt. Durch den Einsatz von zusätzlichem Material zur Vergrößerung der Rippen entstehen dagegen nur höhere Kosten, ohne dass sich entsprechende Vorteile ergäben.

Was bedeutet dies für Entwurfsentscheidungen, die nach dem Bauchgefühl getroffen werden? Auch wenn man davon ausgeht, dass das „Bauchgefühl“ bei den meisten Konstrukteuren häufig richtig liegt, bleibt zu klären, was mit „richtig“ eigentlich gemeint ist. Nach der Entscheidung für die konservative Herangehensweise wären Tests zu dem Ergebnis gekommen, dass der Hocker tatsächlich eine 100 kg schwere Person tragen könnte – das Ziel wäre damit erreicht gewesen. Das Ergebnis war anscheinend „ausreichend gut“. Bei einer solchen Arbeitsweise wäre jedoch nie herausgekommen, dass das Produkt auch mit 20 % weniger Materialkosten zu realisieren gewesen wäre. Welches Unternehmen kann sich so etwas leisten?

## Fragen beim Produktentwicklungsprozess



Abbildung 7: Drei Kategorien von Fragen während des Konstruktionsprozesses

Beim Beispiel oben, wie auch bei den meisten anderen Produktentwicklungsprojekten, lassen sich die Fragen, die zu greifbaren Konstruktionsentscheidungen führen, in drei Kategorien unterteilen (siehe Abbildung 7):

1. Funktioniert der Entwurf?
2. Ist der Entwurf ausreichend gut?
3. Geht es auch besser, schneller, billiger?

Bei den meisten Entwürfen werden die ersten beiden Fragen nacheinander gestellt. Wenn die erste Frage bejaht werden kann, werden die Entwurfsdetails mit den Vorgaben und dem Budget verglichen, um eine Antwort auf die zweite Frage zu finden. Meistens wird der Entwurf in seiner „ausreichend gut“-Variante anhand von herkömmlichen Prototypen getestet und dann für die Fertigung freigegeben.

Unternehmen, in denen der Entscheidungsprozess um die Frage nach einer besseren, schnelleren und/oder billigeren Variante erweitert wird, können jedoch effizienter arbeiten und profitieren von einem robusteren Konstruktionsprozess. Wie kann es Konstrukteuren angesichts des Drucks, die Markteinführungszeiten von Produkten immer weiter zu verkürzen, gelingen, den Wert herkömmlicher Aufgaben zu steigern, ohne dass sich dies in einem zusätzlichen Zeit- und Kostenaufwand für die Entwicklung niederschlägt? Die Antwort ist eigentlich ganz einfach: Es kommt nicht darauf an, härter zu arbeiten, sondern intelligenter. Simulationssoftware stellt Konstrukteuren genau die Funktionen zur Verfügung, die sie benötigen, um besser, schneller und billiger zu konstruieren.

### Wie lässt sich Simulation definieren?

Simulation ist eine Technologie für an allgemeinen Entwürfen arbeitende Konstrukteure, also die Leute in der vordersten Linie, die die meisten Fragen stellen und die meisten Entscheidungen treffen. Sie ist darüber hinaus zu einem wirtschaftlichen Muss für Unternehmen geworden, die im Wettbewerbsdruck in ihren Branchen bestehen wollen.



Abbildung 8: Drei Arten der Simulation

Bei der Konstruktion mechanischer Produkte lässt sich die Simulation üblicherweise in drei Bereiche einteilen (Abbildung 8):

- Die Struktursimulation macht Aussagen darüber, ob ein Teil oder System kaputt geht, sich zu sehr durchbiegt (wie der Hocker oben), vibriert, knickt bzw. beult oder zusammenbricht.
- Mit der Strömungssimulation wird ermittelt, wie ein System auf bestimmte Bedingungen reagiert, z. B. auf interne oder externe Gas- oder Flüssigkeitsströmungen. Dabei werden die Fließgeschwindigkeiten, Drücke und Temperaturen prognostiziert.
- Die Mechanismen- oder dynamische Mehrkörpersimulation erzeugt Verkettungen und ermittelt Kräfte, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen.

Hersteller von Simulationssoftware bieten üblicherweise für jeden dieser Teilbereiche ein separates Produkt. Die SolidWorks Simulation-Suite setzt sich wie folgt zusammen: SolidWorks Simulation beantwortet Strukturfragen, SolidWorks Flow Simulation beschäftigt sich mit Flüssigkeitsfragen und SolidWorks Motion ist für Fragen zum Mechanismus zuständig.

Wenn die Simulationssoftware als fester Bestandteil der täglichen Entscheidungsfindungsprozesse eingesetzt wird, kann sie entscheidend zur Linearisierung des Konstruktionsprozesses beitragen. Die Simulation bietet Antworten auf Fragen, die sich direkt auf nachfolgende Entscheidungen auswirken.

---

Wenn die Simulationssoftware als fester Bestandteil der täglichen Entscheidungsfindungsprozesse eingesetzt wird, kann sie entscheidend zur Linearisierung des Konstruktionsprozesses beitragen. Die Simulation bietet Antworten auf Fragen, die sich direkt auf nachfolgende Entscheidungen auswirken.

## Wie erhalten Konstrukteure normalerweise Antworten auf ihre Fragen?

Wenn Sie Produktentwickler oder Manager fragen, wie ihr Standardprozess für die Konstruktion ohne Einsatz von Simulationssoftware aussieht, erhalten Sie im Großen und Ganzen überall in der Welt die gleichen Antworten:

### „Wir haben uns angeschaut, was bisher funktioniert hat, und haben das Ganze größer/kleiner gemacht.“

Obgleich viele erfolgreiche Entwürfe tatsächlich auf vorherigen Produktversionen und Erfahrungen beruhen, erhält man mit diesem Ansatz keine Antwort auf die Frage, was besser gemacht werden könnte. Das Ergebnis ist lediglich mehr von etwas, was es bereits gibt. Das neue Produkt ist vielleicht „ausreichend gut“, bietet aber keine „Besser-Schneller-Billiger“-Alternative.

### „Wir arbeiten mit Tabellenkalkulationen oder rechnen per Hand.“

Manuelle Berechnungen erbringen seit Hunderten von Jahren respektable Ergebnisse. Die meisten Konstrukteure sind mit dieser Art von Berechnungen vertraut und haben das Gefühl, dass sie zu zuverlässigeren und genaueren Ergebnissen als ihnen unbekanntere Simulations-Tools führen. In Wirklichkeit setzen manuelle Berechnungen jedoch signifikante Mutmaßungen in den Bereichen Geometrie, Dimensionstoleranzen, Lastverteilung und Materialeigenschaften voraus. Durch dieses hohe Maß an Abstraktion kann häufig nur mit extrem groben Schätzungen gearbeitet werden, und es werden nur bestimmte, vorab festgelegte Problembereiche erfasst.

Die Detailvielfalt und Genauigkeit FEM-gestützter Simulationen kann dagegen oft Einschränkungen bei bestimmten Vereinfachungen aufdecken, die bei der Darstellung der Ergebnisse manueller Berechnungen, sei es in Form von Zahlen oder von Diagrammen, nicht zum Vorschein kommen würden. Dennoch wird der Wert von Simulationsergebnissen infrage gestellt, während die altbewährte Handkalkulation akzeptiert wird.

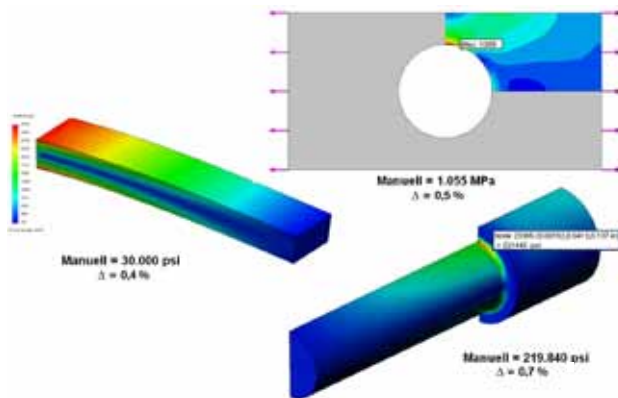


Abbildung 9: Vergleich zwischen manueller Berechnung und Simulation

Ein einfacher Test bestätigt, dass die Ergebnisse einer Simulation mit denselben Vereinfachungen und Abstraktionen wie bei der Handkalkulation mit denen der manuellen Berechnung identisch sind (siehe Abbildung 9). Die Abbildung zeigt aber auch, dass Konstrukteure den Simulationsergebnissen darüber hinaus Informationen zum Lastenfluss oder zur Belastung eines Teils entnehmen und selbst bei diesen hoch abstrakten und doch durchaus üblichen Fällen zusätzliche Erkenntnisse gewinnen können.

Der Vorteil der Simulation gegenüber gleichwertigen manuellen Berechnungen wird klar ersichtlich, betrachtet man sich praxisnähere, fertigungsgerechte Geometrien, wie z. B. den kugelförmigen Druckbehälter in Abbildung 10.

Die Detailvielfalt und -genauigkeit FEM-gestützter Simulationen kann dagegen oft Einschränkungen bei bestimmten Vereinfachungen aufdecken, die bei der Darstellung der Ergebnisse manueller Berechnungen, sei es in Form von Zahlen oder von Diagrammen, nicht zum Vorschein kommen würden.



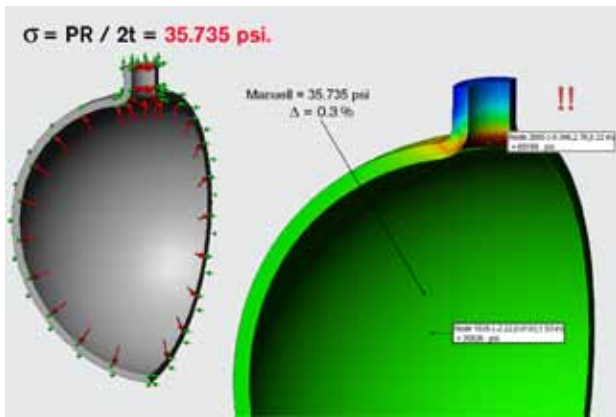


Abbildung 10: Spannungsergebnisse bei einem kugelförmigen Druckbehälter

Anhand geschlossener Gleichungen lässt sich die Tangentialbeanspruchung im Behälter ermitteln, wobei vorausgesetzt wird, dass dieser die Form einer intakten Kugel hat. Bei der manuellen Berechnung bleibt jedoch eine äußerst wichtige Information unberücksichtigt: Der Stutzen wird als Erstes ausfallen. Der Fokus ist bei dieser Herangehensweise einfach zu eng gesteckt. Es wird davon ausgegangen, dass Ausfälle nur dort auftreten, wo sie ohne Schwierigkeiten zu berechnen sind. Der Vorteil der Simulation besteht darin, dass sie in der Lage ist, das gesamte System zu betrachten und Probleme zu erkennen, die bei einer manuellen Berechnung nicht vorhersehbar sind.

Ist die Simulation also risikvoller als eine manuelle Berechnung? Nein, denn jeder, der manuelle Berechnungen durchführen kann, erhält mit der Simulation dieselben Ergebnisse, darüber hinaus aber auch weitere, wichtige Informationen. Hinzu kommt, dass die Simulation um Längen schneller ist als die Berechnung per Hand. Dies gilt auch bei ganz einfachen Problemen.

### „Wir testen Prototypen.“

Sind Tests zuverlässiger als Simulationen? Viele Konstrukteure sind, wie auch bei der manuellen Berechnung, der Überzeugung, dass die Simulation nur abstrakte Ergebnisse liefert, während Tests reell sind. Tests beziehen sich jedoch üblicherweise auf einen einzigen Faktor und können daher nur die Eignung eines Teiles unter sehr eng definierten Bedingungen bestätigen. Der Test gibt keine Auskunft darüber, wo das Teil als Nächstes kaputt gehen wird oder ob der Test fehlgeschlagen wäre, hätte die Testbelastung etwas höher gelegen. Anhand des Tests lässt sich auch nicht feststellen, ob das Teil bei einem anderen Muster mit abweichenden Eigenschaften oder Abmessungen innerhalb des Toleranzbereichs ebenfalls bestanden hätte.

Trotz der Einschränkungen, die sich durch die Verwendung nur eines Prototyps ergeben, kann sich die Durchführung mehrerer Testdurchläufe zur Ermittlung der Fertigungsbereitschaft aus Kostengründen verbieten. Bei Einsatz von Simulationssoftware ist eine beinahe schon exponentielle Reduzierung der Kosten pro Testdurchlauf zu verzeichnen. Wenn erst einmal ein parametrisches Solid-Modell in SolidWorks Simulation erstellt wurde, lassen sich schnell und praktisch kostenlos die Umgebungsbedingungen oder Merkmale ändern und so unbegrenzt viele Tests durchführen. Die Software ist sogar in der Lage, eine Kalkulationstabelle mit Parameterwerten Schritt für Schritt durchzuarbeiten und so eine automatische Simulationsreihe zu starten.

Innerhalb von nur wenigen Minuten können Konstrukteure somit wesentlich mehr Kombinationen der Variablen analysieren, die die Gesamtheit der Produktentwicklung und fertigung ausmachen, als dies mit physischen Tests möglich wäre. Konstruktionsteams werden auf diese Weise in die Lage versetzt, all die Fragen zu stellen, die bisher außen vor blieben. Damit erhalten sie ein wesentlich umfassenderes Bild und können so bessere Entscheidungen treffen.

Trotz der Einschränkungen, die sich durch die Verwendung nur eines Prototyps ergeben, kann sich die Durchführung mehrerer Testdurchläufe zur Ermittlung der Fertigungsbereitschaft aus Kostengründen verbieten. Bei Einsatz von Simulationssoftware ist eine beinahe schon exponentielle Reduzierung der Kosten pro Testdurchlauf zu verzeichnen.

Dort, wo der Entwicklungsprozess durch Simulationen frühzeitig unterstützt wird, werden die andernfalls enthaltenen Risiken ausgeschaltet, und es verbleibt mehr Zeit, ein optimales Produkt zu entwickeln, statt es bei „ausreichend gut“ zu belassen.

### **Wir brauchen keine Simulation bei der Konstruktion...**

Warum geht dann nicht jeder diesen Weg? Konstrukteure und sogar Manager nennen dafür verschiedene Gründe:

- **„Unsere Teile gehen nicht kaputt.“** Ein Unternehmen, das an diese Aussage glaubt, ist entweder nicht wirklich informiert oder hat nicht ausreichend getestet. Vielleicht sind auch die Teile stark überdimensioniert. Die meisten Unternehmen, deren Teile beim ersten Versuch immer funktionieren, haben wahrscheinlich in der Vergangenheit zu viel Geld ausgegeben.
- **„Bei uns kommt beim ersten Versuch immer der beste Entwurf heraus.“** Das kann zwar theoretisch stimmen, aber niemand weiß nach nur einem Versuch, ob der Entwurf wirklich „der beste“ ist. So etwas lässt sich nur dann sagen, wenn mehrere Konstruktionsentwürfe mit entsprechenden Variationen keine Verbesserungen mehr erbringen.
- **„Simulation dauert zu lange.“** Dieses Vorurteil stammt aus Zeiten, als man bis zum Ende des Konstruktionsprozesses wartete, um alle getroffenen Entscheidungen auf einmal zu prüfen. Je komplexer das Modell ist, desto länger dauert das Modellieren, Berechnen, Korrigieren und Interpretieren der Ergebnisse. Wenn die Simulation allerdings frühzeitig und interaktiv eingesetzt wird, ist dies im Allgemeinen kein Problem.
- **„Wir können nicht damit umgehen“ oder „Die Simulation ist etwas für Spezialisten.“** Diese Befürchtungen waren früher durchaus berechtigt. Allerdings besteht einer der Gründe für den Erfolg von SolidWorks Simulation in der Tatsache, dass diese Suite eben kein Spezialwissen voraussetzt, wenn sie wie in diesem Dokument beschrieben eingesetzt wird. Andernfalls wäre sie nur als Hilfsmittel für die finale Validierung einsetzbar und würde keinen Qualitäts- und Innovationsschub zur Folge haben.

---

Dort, wo der Entwicklungsprozess frühzeitig durch Simulationen unterstützt wird, werden die andernfalls enthaltenen Risiken ausgeschaltet, und es verbleibt mehr Zeit, ein optimales Produkt zu entwickeln, statt es bei „ausreichend gut“ zu belassen.

Trotz der Vorteile, die sich aus dem frühzeitigen Einsatz der Simulation ergeben, wie der Möglichkeit, ständige Kurskorrekturen vorzunehmen, bevor kostspielige Entscheidungen anstehen, halten viele Analyseexperten Mainstream-Lösungen für die Konstruktionssimulation für gefährlich. Sie befürchten, dass Konstrukteure auf diese Weise „schlechte“ Strukturanalysenmodelle erstellen, die dann die Basis für „schlechte“ Entscheidungen bilden. Betrachtet man sich jedoch die Art und Weise, wie der Konstruktionsprozess in den meisten Unternehmen gehandhabt wird, besteht kein Anlass zur Sorge.

Ohne Simulation entstehen Produkte auf der Grundlage von Entscheidungen, die ihrerseits auf manuellen Berechnungen, historischen Daten oder Instinkt beruhen. Das Produkt wird gebaut und getestet und funktioniert dann – oder auch nicht. Diese Vorgehensweise ist weithin akzeptierte Praxis. Aber auch dann, wenn mit Simulation gearbeitet wird, erfolgt die Konstruktion nach genau demselben „Bauchgefühl“. Während es passieren kann, dass ein Konstruktionsfehler nicht gefunden wird oder dass unnötige Korrekturen als erforderlich angesehen werden, ist die Wahrscheinlichkeit gering, dass ein guter Konstrukteur eine radikale oder gegen seine Intuition verstoßende Änderung vornimmt, nur weil die Simulation entsprechende Ergebnisse erbringt.

Ungeachtet der Qualität der Simulation oder der Interpretation der Ergebnisse wird auch weiterhin mit physischen Tests gearbeitet werden, um die Gültigkeit des Entwurfs zu bestätigen. Aber die Vorteile, die sich aus einer frühzeitigen Analyse und der damit zu gewinnenden Informationen ergeben, um so z. B. Belastungen an Stellen festzustellen, an denen keine Belastungen erwartet wurden, oder um unerwarteten Biegebelastungen vorzubeugen, können sich als unschätzbar wertvoll erweisen. Wenn bei einer Simulation eine Anomalie oder ein anderweitig schwer erkennbarer Fehler aufgedeckt wird, macht dies den für die Durchführung der Simulation erforderlichen Aufwand schnell wieder wett.

Dieser Prozess hat jedoch auch noch einen anderen, weniger augenfälligen Vorzug. Durch die ständige Überprüfung der Konstruktionsentscheidungen während des Prozesses lernen die Konstrukteure, warum bestimmte Entscheidungen an bestimmten Stellen richtig sind. Auf diese Weise lassen sich Einblicke darin gewinnen, warum ein Konstrukteur mit 20 Jahren Berufserfahrungen an einer bestimmten Stelle immer eine Versteifung anbringt oder stets eine Sperre einbaut. Wenn der Konstrukteur die Gründe für das Funktionieren bestimmter Entscheidungen kennt, braucht er sie nicht mehr zu hinterfragen.

### **Welche Geschäftsfaktoren sind für den Erfolg der Konstruktionsprüfung (Simulation) entscheidend?**

Wenn erst einmal die Argumente für die Einführung einer Lösung zur wiederholten und interaktiven Simulation in den Konstruktionsprozess überzeugend vorgebracht wurden, rücken Implementierungs- und Prozessfragen in den Vordergrund. Wie kann es gelingen, den Wert dieser Technologie möglichst weit zu maximieren?

#### **Das Management muss die Einführung der Simulation proaktiv unterstützen**

Das bedeutet, dass es nicht ausreicht, die Simulationslösung nur anzuschaffen – sie muss auch unterstützt werden. Viele Lizenzen für vorgefertigte Lösungen werden in Unternehmen verschwendet, weil die Anweisung – explizit oder implizit – lautet, dass die Simulation lediglich als Notfallinstrument einzusetzen ist und nichts im täglichen Konstruktionsprozess zu suchen hat. Wenn ein Unternehmen zur Erkenntnis gelangt ist, dass ein Simulationsprodukt nicht wie erwartet funktioniert hat, sollte sich die Unternehmensführung Gedanken über den Gesamtkontext der Verwendung des Produkts im Unternehmen machen.

Die Unterstützung der Simulation umfasst auch deren Integration in die Unternehmensabläufe. Organisationen reagieren auf die Signale seitens der Geschäftsführung – die meisten Konstrukteure werden sich hüten, eine Technologie voranzutreiben, für die sie keine ausreichende Unterstützung durch die übergeordneten Ebenen in der Hierarchie erkennen können.

#### **Vermeiden Sie unrealistische Erwartungen, und legen Sie messbare Ziele fest**

Unrealistische Erfolgserwartungen sind eine der besten Möglichkeiten, jegliche Initiativen zur Einführung von Simulationslösungen im Keim zu ersticken. Stellen Sie, vielleicht auch mit externer Hilfe, fest, was von der Simulationslösung erwartet wird und wie sich der Fortschritt messen lassen könnte.

Wählen Sie für ein erstes Projekt ein bereits vorhandenes und bewährtes Produkt aus, und vergleichen Sie die tatsächliche Performance dieses Produkts mit den Daten, die sich durch die Simulation ergeben. Konzentrieren Sie sich dabei auf das tendenzielle Verhalten und die relativen Vorteile gegenüber anderen Konstruktionsoptionen.

---

Organisationen reagieren auf die Signale seitens der Geschäftsführung – die meisten Konstrukteure werden sich hüten, eine Technologie voranzutreiben, für die sie keine ausreichende Unterstützung durch die übergeordneten Ebenen in der Hierarchie erkennen können.

## **Prüfen Sie die Gültigkeit aller „überprüfbar“ Entscheidungen**

Bei jedem Produkt kann es Betriebsdaten geben, die nur schwer zu erfassen sind. Zuweilen ist auch die tatsächliche Nutzung durch den Verbraucher nicht wirklich absehbar. Es besteht die Möglichkeit, dass bestimmte Systemreaktionen entweder nicht gemessen oder nur schwer in Beziehung gesetzt werden können. Solche unsicheren Produktaspekte lassen sich weiterhin am ehesten durch Tests prüfen. Dagegen sind Parameter, die überprüfbar, verständlich und genau definiert sind, hervorragend für die Simulation geeignet. Erfolgreiche Unternehmen identifizieren diese Faktoren und sorgen dafür, dass sie sie während der Entwicklung des Entwurfs im Blick behalten.

## **Der Platz von Spezialisten in diesem Geschäftsmodell**

Zwischen dem Einsatz von Simulation und Analyse während der Konstruktionsphase und dem von Simulation und Analyse als Tool für das digitale Prototyping in der Endphase gibt es beträchtliche Unterschiede. Wenn alle überprüfbar Entscheidungen verifiziert wurden und der Entwurf für die Prototypphase bereit ist, ist er möglicherweise so komplex, dass er an einen Spezialisten übergeben werden sollte. Dieser sollte in der Lage sein, die vorliegenden Informationen durchzugehen und aus einer „Bestanden/Nicht bestanden“-Perspektive anhand der Daten bessere Entscheidungen zu treffen.

Solche Spezialisten sind auch als Lehrer und Mentoren äußerst wichtig. Wo Simulationslösungen im Einsatz sind, ist es für einen nachhaltigen Erfolg unabdingbar, dass die Mitglieder der Konstruktionsteams durch interne oder externe Spezialisten fortlaufend geschult und auf den neuesten Stand gebracht werden.

## **Tests bleiben das endgültige Entscheidungskriterium für die Brauchbarkeit eines Entwurfs**

In jedem Unternehmen gibt es ein endgültiges Entscheidungskriterium, das über die Brauchbarkeit eines Entwurfs bestimmt. Dieses Kriterium können Tests, das Gutachten eines Spezialisten oder die Prüfung auf Einhaltung der Konstruktionsvorgaben sein. Nur die wenigsten Unternehmen investieren ausreichend in Simulationstechnik, die diese Entscheidungskriterien durch ein virtuelles Äquivalent ersetzt, handelt es sich hierbei doch um eine Domäne von Spezialisten. Wurde jedoch bereits während der Konstruktion mit Simulationen gearbeitet, stehen die Chancen gut, dass die physischen oder virtuellen Tests, denen der dabei entstandene teure Prototyp unterzogen wird, ein positives Ergebnis erbringen.

## **Konstruktionssimulation ist mehr als eine bessere „Rechtschreibprüfung“**

Verstehen Sie die Simulation nicht als eine Art „Rechtschreibprüfung“. Erwarten Sie von ihr nicht, dass sie eine einfache Antwort nach dem Motto „geht oder geht nicht“ erhalten – schließlich wollen Sie mehr als ein Produkt, das nur „ausreichend gut“ ist. Der Wert der Simulationssoftware liegt in ihrer Fähigkeit, Konstrukteuren zu erlauben, ihren Konstruktionsgegenstand zu erforschen und mit ihm zu experimentieren. Es geht nicht darum zu fragen, ob die jeweilige Entscheidung nun gut oder schlecht ist, sondern darum, Wege zu finden, wie man es besser oder sogar optimal machen kann. Als wertvolle Nebenprodukte liefert der Simulationsprozess ein tiefer gehendes Wissen und Innovationen.

---

Der Wert der Simulationssoftware liegt in ihrer Fähigkeit, Konstrukteuren zu erlauben, ihren Konstruktionsgegenstand zu erforschen und mit ihm zu experimentieren. Es geht nicht darum zu fragen, ob die jeweilige Entscheidung nun gut oder schlecht ist, sondern darum, Wege zu finden, wie man es besser oder sogar optimal machen kann. Als wertvolle Nebenprodukte liefert der Simulationsprozess ein tiefer gehendes Wissen und Innovationen.

## Fazit

Unternehmen, die auf Simulationslösungen setzen, profitieren von kürzeren Markteinführungszeiten, da ihre Konstrukteure schneller Fehler erkennen, den Kurs ändern, den richtigen Weg zur Lösung von Problemen finden und schließlich kostengünstigere Produkte präsentieren können, die mit einer besseren Leistung aufwarten.

Auch wenn die Simulation herkömmlicherweise vor allem auf die Prüfung des „sachgemäßen“ Gebrauchs eines Produkts ausgerichtet ist, kann sie auch wertvolle Hinweise darauf liefern, was bei einem vorhersehbaren „unsachgemäßen“ Gebrauch passieren kann und wie sich das zu entwerfende Teil verhält, wenn es gebogen oder nicht mittig belastet wird. Dank der Möglichkeit, mit der Simulation eine Vielzahl von Aspekten eines Modells zu prüfen, lassen sich zusätzliche Fälle vorhersehbarer unsachgemäßer Gebrauchs testen, die bei traditionellen Prototypmethoden aus Kostengründen unberücksichtigt bleiben müssen.

Dort, wo Manager und Leiter von Konstruktionsteams in den Prozess eingebunden werden, bringen Simulationen auch diesen Personen wichtige Erkenntnisgewinne. Ein tieferes Verständnis der Grundlagen der Simulationstechnologie ermöglicht es ihnen, intelligente Fragen zum Konstruktionsprozess und zu bestimmten Entscheidungen der Konstrukteure zu stellen.

Für Unternehmen, die eine Spitzenstellung in ihrer Branche anstreben, ist Simulationssoftware ein überaus wertvolles Hilfsmittel – auch schon in den frühen Phasen der Produktentwicklung. Der größte Vorteil der Simulationstechnologie besteht darin, dass mit ihrer Hilfe Antworten auf eine Vielzahl von Fragen zum erwarteten Verhalten von Produkten in bestimmten Umgebungen gefunden werden können. Simulationssoftware bietet Konstrukteuren zur richtigen Zeit die richtigen Werkzeuge, um „Was-wäre-wenn“-Szenarien zu einem Teil des Konstruktionsprozesses werden zu lassen. Das Ergebnis lässt sich mit drei Worten zusammenfassen: „Besser, schneller, billiger“.

Wenn Ihr Konstruktionsteam über die Voraussetzungen verfügt, bessere Entscheidungen zu treffen, erhalten Sie am Ende auch bessere Produkte – und die Simulation ist das beste Mittel dafür.

Die Aberdeen Group hat, unterstützt von der internationalen Vereinigung NAFEMS, die sich u. a. um die Förderung der Simulationsqualität und um die Vermittlung von Wissen zu diesem Thema kümmert, eine unabhängige Studie durchgeführt, in deren Rahmen Unternehmen befragt wurden, die in ihren Konstruktionsprozess direkt Konstruktionssimulations-Tools integriert haben und bei denen diese Tools den Prozess entscheidend vorantreiben. Eines der Ergebnisse dieser Studie war, dass bei 100 % der führenden Hersteller die Simulation bereits in der Konstruktionsphase eingesetzt wird, während diese Zahl bei den in ihrer Branche nachhinkenden Unternehmen nur bei 75 % lag. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass sich der Einsatz von Simulationssoftware im Konstruktionsprozess außerordentlich positiv auf die Gesamtrentabilität dieser Unternehmen ausgewirkt hat – sowohl was die Markteinführungszeiten als auch was die Kosten anbetrifft.



Unternehmenssitz  
Dassault Systèmes  
SolidWorks Corp.  
300 Baker Avenue  
Concord, MA 01742 USA  
Telefon: +1-978-371-5011  
E-Mail: [info@solidworks.com](mailto:info@solidworks.com)

Hauptsitz Europa  
Telefon: +33-(0)4-13-10-80-20  
E-Mail: [infoeurope@solidworks.com](mailto:infoeurope@solidworks.com)

Niederlassung Deutschland  
Telefon: +49-(0)89-612-956-0  
E-Mail: [infogermany@solidworks.com](mailto:infogermany@solidworks.com)

