

Robuster simulieren in ANSYS Workbench

Zentrale Aufgabe der Simulation ist es frühzeitig Designs zu bewerten und mögliche Schwachstellen aufzudecken. Welche Variation eines Designs ist vielversprechend? Mit welchen Modifikationen wird ein Design günstiger und leistungsstärker? Die wichtige Frage, ob Berechnungsergebnisse auch verlässlich sind, wenn bei maßgeblichen Faktoren Streuungen auftreten, bleibt dagegen manchmal unbeantwortet – obwohl ANSYS auch hier effiziente Werkzeuge bietet.

Vor allem Materialkennwerte und Lasten unterliegen in der realen Welt oft schwer kontrollierbaren Streuungen, die nur teilweise durch Normenwerke abgefangen werden. Wie überall, wo die Realität in einem Modell abgebildet wird, bleibt aber auch bei der numerischen Simulation ein „Restrisiko“: Werden die errechneten Vorhersagen immer genau so eintreten oder führt bereits eine geringe Toleranz beim Material, der Geometrie oder den Lasten zu einem signifikant anderen Ergebnis in Wirkungsgrad, Spannung oder Lebensdauer?

Dem Simulationsingenieur stehen verschiedene Methoden und Werkzeuge zur Verfügung, um solche Unsicherheiten zu erkennen und auf ein Minimum zu verringern:

- Die Bestimmung der treibenden Konstruktionsparameter (Sensitivitäten)
- Die Berücksichtigung streuender Parameter (Robustheitsanalyse)
- Die Darstellung der Zusammenhänge von Variationen (Antwortflächen, Postprocessing von Sensitivitäten)
- Die Ermittlung optimaler Designs (Optimierung unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Robustheit)

Für alle Methoden gilt, dass grundsätzlich mehrere Parametervariationen berücksichtigt werden müssen. Beispiel elektrische Steckkontakte: Diese müssen sowohl im unbestromten als auch im bestromten Zustand mechanisch geschlossen bleiben und dürfen beim Aufschieben eine bestimmte Aufsteckkraft nicht überschreiten. Wird z.B. ein Radius an diesem Kontakt schrittweise

variiert, ergibt sich für die Anpresskräfte ein völlig anderer Kurvenverlauf, als wenn zusätzlich auch die Dicke der Schalterplatten verändert wird. Berücksichtigt man nun auch noch die Breite, so sind die Auswirkungen von einzelnen Änderungen auf das Modell kaum noch nachvollziehbar.

ANSYS Workbench ist gerüstet!

Eine durchgängige parametrische Prozesskette, die vom CAD-Modell über automatisiertes Preprocessing, erstklassige Solvertechnologie bis hin zu automatischen Auswerterroutinen und Bewertungstools für Le-

rechnungen können parallel verteilt werden, so dass die Rechenzeit überschaubar bleibt.

Mit **ANSYS DesignXplorer** werden direkt in der ANSYS Workbench Umgebung

- auch für mehr als 20 Eingangsparameter die treibenden Parameter ermittelt,
- schnelle Variantenstudien vorgenommen und Zusammenhänge dargestellt und
- Vorschläge für das optimale Design angezeigt.

optiSLang geht einen Schritt weiter: Ziel ist, mit der geringstmöglichen Anzahl an FE-Berechnungen die maximale Aussagekraft und Ergebnisgenauigkeit zu erreichen.

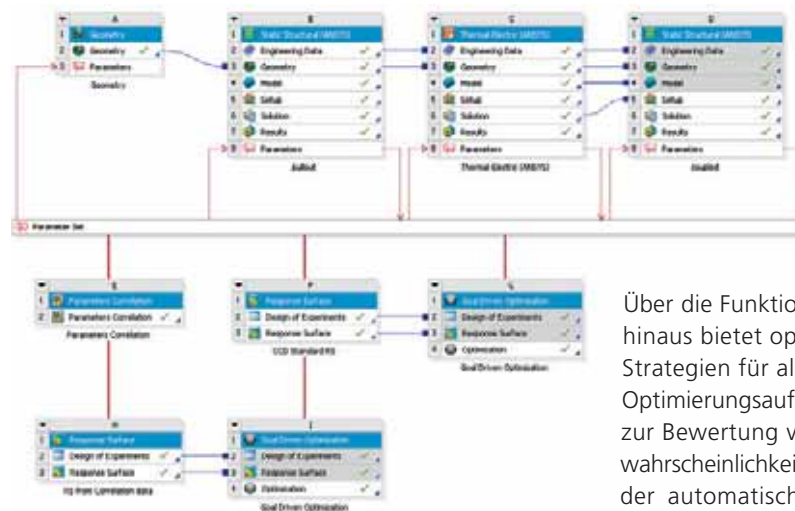


Bild 1: Prozesskette in ANSYS Workbench

bensdauerberechnungen reicht, ist die Basis, um Streuungswerte adäquat berücksichtigen zu können. In diese Prozesskette, die man aus ANSYS Workbench kennt, können leistungsstarke Werkzeuge für die genannten Fragestellungen integriert werden: ANSYS DesignXplorer als Einstiegstool und optiSLang, ein Produkt der Dynardo GmbH, als weiterführende Lösung. Beide greifen ungeachtet der gewählten Physik direkt auf die parametrische Prozesskette von ANSYS Workbench zu. Die zusätzlichen FE-Bere-

Über die Funktionen des DesignXplorers hinaus bietet optiSLang hoch effiziente Strategien für alle üblichen Klassen von Optimierungsaufgaben. Die Algorithmen zur Bewertung von Robustheit, Ausfallwahrscheinlichkeiten und schließlich sogar der automatischen Optimierung unter Berücksichtigung der Robustheit machen optiSLang zum wohl leistungsfähigsten Werkzeug auf dem Markt. Die komplexe Mathematik ist durch Automatismen und intelligente Vorbelegung der Steuerparameter anwenderfreundlich und effektiv umgesetzt.

Sensitivitäten

Jede Variantenstudie beginnt mit der Sensitivitätsanalyse. Damit sind schnell richtungweisende Aussagen möglich, z.B. darüber, welche Parameter maßgeblichen Einfluss auf ein Ergebnis haben. Ersichtlich wird auch, welche Ergebnisse z.B. aufgrund

schlechter Vernetzung ohne Aussagekraft sind und eventuell überdacht werden müssen. Eine Sensitivitätsanalyse identifiziert also vor der eigentlichen Optimierung solche Faktoren, die vor dem Produktionsprozess einer besonderen Qualitätsprüfung unterzogen werden sollten. Außerdem filtert die Sensitivitätsanalyse unwichtige Parameter heraus. So kann der Einstieg in die Optimierung mit einem reduzierten Satz an Eingangsgrößen erfolgen, was ihre Effizienz weiter erhöht.

Robustheit

Sind Parameter nicht als Optimierungs- sondern als Streuparameter definiert, so gibt die Sensitivitätsanalyse auch schon Hinweise zur Robustheit. Schmale hohe Spitzen im Ergebnisplot stehen für eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass ein Ergebniswert trotz Variation der Eingangsgrößen stabil erreicht wird. Breite Verteilungen deuten dagegen auf ein breites Spektrum an möglichen Ergebnissen hin.

Eine automatische Optimierung setzt sich aus verschiedenen Objekten zusammen. Zunächst gibt es die Zieldefinition und Nebenbedingungen. So soll beispielsweise die Masse unseres Steckkontaktes minimiert werden bei einer Anpresskraft im Kontakt, die nie kleiner als 10 N sein darf. Grundsätzlich können auch mehrere, sich widersprechende Ziele definiert werden: Minimiere die Masse UND maximiere die Eigenfrequenz. Diese Mehrzieloptimierung führt zu einer nicht eindeutigen Lösung. Der Anwender kann sich selbst ein Bild über

eine so genannte Pareto-Optimierung von den möglichen Varianten machen und eine geeignete Variante wählen.

Antwortflächen

Der entscheidende Teil der Optimierung sind die Optimierungsalgorithmen selbst. Hier gibt es verschiedene Klassen:

- Gradientenbasierte Verfahren verwenden Richtungsableitungen und orientieren sich in die am meisten versprechende Richtung;
- der Natur abgeschauelte evolutionäre Strategien „vererben“ Eigenschaften von Generation zu Generation, wobei nur wirklich gute Eigenschaften Bestand haben.

Diese Verfahren können direkt auf den FE-Berechnungen basieren, was mit einem großen Zeitaufwand einher geht. Zwischenmodelle geben dagegen das tatsächliche Verhalten von Eingangsgröße zu Ergebnisgröße mittels mathematischer Funktionen wider und sind damit eine sehr viel schnellere Lösung. Es bedarf keiner weiteren FE-Berechnungen, stattdessen werden die Ergebnisse „virtuell“ auf der sogenannten Antwortfläche ermittelt und stehen durch die einfache mathematische Beschreibung sofort zur Verfügung.

Diese Metamodelle versuchen auf Basis einer möglichst geringen Anzahl von FE-Berechnungen ein mathematisches Interpolationsmodell (z.B. Kriging) oder Approximationsmodell (z.B. 2nd Order Response Surface) zu errechnen, das dann als alleinige Grundlage für die Optimierung genutzt wird.

Neben dem Zeitgewinn für die Optimierung haben Antwortflächen auch den Vorteil, dass dem Anwender das Design im Designraum grafisch veranschaulicht wird. Verbesserungspotenzial wird schnell erkennbar, zudem können Optimierungen durch die hohe Auswertegeschwindigkeit beliebig oft mit unterschiedlichen Einstellungen, Nebenbedingungen und Zielen vorgenommen werden.

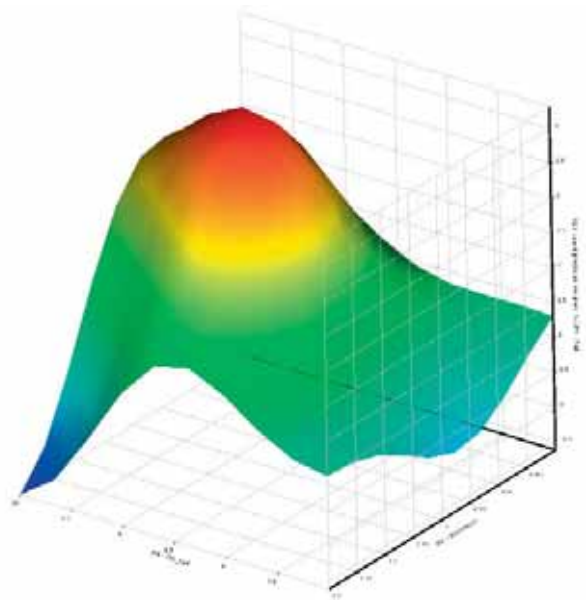


Bild 4: Mathematisches Interpolationsmodell Kriging

Optimale Designs

Sowohl ANSYS DesignXplorer als auch optiSLang bieten diese globalen Antwortflächen. optiSLang verfügt noch über weitergehende Möglichkeiten. So können Antwortflächen zusätzlich automatisch um ein „Zielgebiet“ herum verfeinert werden, um das Ergebnis zu verbessern und damit die Aussagekraft der Antwortfläche dort zu erhöhen, wo das optimale Design liegt. Außerdem existieren intelligente Automatismen, die aus einer Fülle von möglichen Antwortflächen die beste herausfiltern und die Aussagekraft quantifizieren.



Autoren

Autoren und Ansprechpartner
 Marc Vidal, CADFEM GmbH Grafing
 Tel. +49 (0) 80 92-70 05-18
 E-Mail mvidal@cadfem.de

Veranstaltungshinweis

Seminar
Optimierung, Zuverlässigkeitsanalyse und Robust Design mit optiSLang und Workbench

6. – 7. September 2010 in Aadorf (CH, Bodenseeraum)
 14. – 15. September 2010 in Stuttgart

Details, Kosten, Anmeldung:
www.cadfem.de/seminare

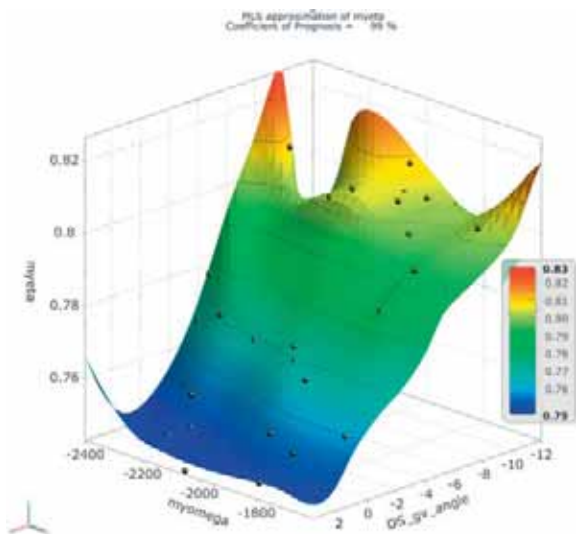


Bild 5: Antwortfläche aus optiSLang