



Bild: HomeArt/shutterstock.com

Mit automatisierter Optimierung zu mehr Effizienz

Den Turbo einschalten

Der weltweit ständig steigende Energiebedarf und die gleichzeitig rapide abnehmenden Ressourcen haben das Thema Energieeffizienz – und damit die Optimierung – zu einer der wichtigsten Fragestellungen der Gegenwart gemacht. Bei der Energiewandlung gehören in nahezu jedem Anwendungsfall die Turbomaschinen zu den wichtigsten Teilen der Prozesskette und bieten somit Ansatzpunkte für Optimierungen. Werden diese mit modernen automatisierten Methoden durchgeführt, so lässt sich mit vergleichsweise kleinem Aufwand eine große Effizienzsteigerung erreichen.

Fragestellungen zur Optimierung treten in allen Bereichen des Ingenieuralltags auf. Hierbei stellen automatisierte Optimierungsmethoden eine hocheffiziente Alternative zu klassischen iterativen Optimierungsstrategien dar. Der Einsatz stochastischer Sampling-Methoden in Verbindung mit hochwertigen Metamodellen ermöglicht es, den zu untersuchenden Parameterraum zu erfassen, die wichtigsten Einflussgrößen sicher zu identifizieren und mit einem Minimum an notwendigen Solver-Aufrufen

das gesuchte Optimum zu finden. Das Laufrad eines Turbokompressors ist sowohl strömungs- als auch strukturmechanisch eine hochkomplexe Komponente. Bei der Auslegung und beim geometrischen Design gilt es daher, sowohl ein in Hinsicht auf die Strömungsmechanik effizientes Design zu finden als auch die durch die Strukturmechanik vorgegebenen Festigkeitsgrenzen einzuhalten. Die Optimierung eines solchen hochbelasteten Laufrades wird im Folgenden beschrieben.

Sensitivitätsanalyse

Eine multidisziplinäre Optimierung, die sowohl FEM- als auch CFD-Simulationen umfasst, ist mit erheblichem numerischem Aufwand verbunden. Zur Reduzierung des notwendigen Berechnungsaufwandes ist eine der Optimierung vorgeschaltete Sensitivitätsanalyse empfehlenswert. Diese dient der Identifizierung der einflussreichsten Eingangsgrößen und ermöglicht somit eine Filterung und Reduktion der Parameter in der Optimierung. Die hierfür

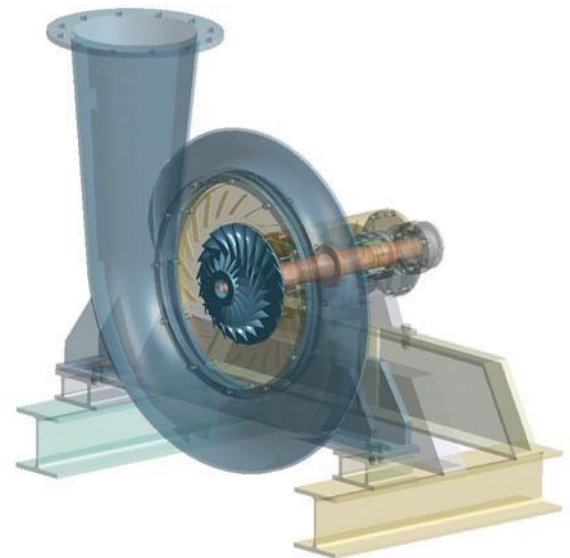
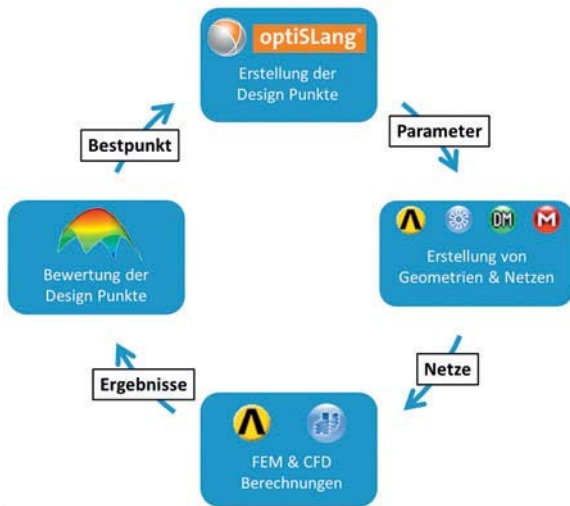


Bild 1: Der Optimierungs-Workflow ermöglicht mit kleinem Aufwand eine große Effizienzsteigerung

Bild 2: Das Laufrad eines zu optimierenden Turbo-kompressors

benötigten Algorithmen stellt die von der Dynardo GmbH entwickelte Software optiSLang in einem vollautomatischen Workflow zur Verfügung.

Abhängig von der Anzahl der Eingangsparameter wird in optiSLang ein „Design of Experiments“ (DOE) mithilfe stochastischer Sampling-Methoden über den gesamten Parameterraum erstellt. Im nächsten Schritt wird für jeden Design-Punkt ein Geometriemodell und daraus je ein FEM- und ein CFD-Netz generiert. Um einen stabilen und voll parametrisierten Prozessablauf sicherzustellen, findet dieser Schritt komplett in der ANSYS Workbench statt. Durch die Verwendung von stark miteinander verzahnten Software-Komponenten wird eine konsistente Parametrisierung und somit ein reibungsloser Ablauf der Optimierung sichergestellt. Aufbauend auf der im DesignModeler/BladeEditor erstellten Geometrie erfolgt der Netzaufbau für den CFD-Teil in Turbogrid während das FEM-Netz im Vernetzungswerkzeug der Workbench generiert wird. Liegen die Ergebnisse aller Design-Punkte vor, folgt die Bewertung in optiSLang. Anhand von Zusammenhangsmodellen zwischen den Ein- und Ausgangsgrößen lassen sich die einflussreichen Eingangsparameter identifizieren.

Optimierung

Ausgangspunkt der Optimierung ist ein mit einer konventionellen Auslegungs-Software berechnetes Laufrad, welches bereits gute strömungsmechanische Eigenschaften aufweist. Aufgrund der rein strömungsmechanischen Auslegung liegen die Spannungen im Laufrad allerdings weit außerhalb der vorgegebenen Festigkeitsgrenzen. Ziel der Optimierung ist es daher, die Spannungen auf ein sicheres Niveau abzusenken. Dabei muss gleichzeitig sichergestellt werden, dass die guten strömungsmechanischen Eigenschaften erhalten bleiben.

Bevor das zuvor reduzierte Parameterset zur Optimierung eingesetzt wird, bietet optiSLang die Möglichkeit, die bereits für die Sensitivitätsanalyse gerechneten Design-Punkte für einen ersten Optimierungsschritt zu nutzen. Dies geschieht mithilfe des „Metamodel of Optimal Prognosis“ (MOP). Dabei ermittelt optiSLang aus einer Vielzahl von geeigneten Metamodellen und in möglichen Unterräumen wichtigen Parametern das Metamodell, welches die höchste Prognosegenauigkeit der Variation der Ergebnisgrößen hat. Basierend auf diesem Metamodell lässt sich nun eine erste globale Optimierung durchführen, ohne weitere Solver-Aufrufe zu initiieren. Lediglich das auf dem Meta-

model identifizierte Optimum muss anhand einer weiteren numerischen Berechnung validiert werden.

Ausgehend von der zuvor auf den globalen Metamodellen ermittelten Designverbesserung können weitere Optimierungsschritte durchgeführt werden. Hierfür steht eine Vielzahl von Algorithmen zur Verfügung. Diese umfassen unter anderem die klassischen gradienten-basierten Algorithmen, adaptive Antwortflächenverfahren oder die von der Natur inspirierten Optimierungsmethoden wie evolutionäre Strategien oder genetische Algorithmen.

Im Rahmen der hier durchgeführten Optimierung kommt ein adaptives Antwortflächenverfahren zum Einsatz. Dabei wird in mehreren Schritten der Parameterraum um das zuvor gefundene erste Optimum adaptiert. In diesen Parameterräumen werden wiederum Design-Punkte berechnet und mithilfe eines Metamodells das neue Optimum bestimmt.

Ergebnisse

Das Ergebnis der Optimierung zeigt die gewünschten Eigenschaften. Sowohl die dreidimensionalen Plots als auch die Auswertung der strömungs- und festigkeitsmechanischen Kenngrößen belegen deutlich, dass die gesetzten Ziele sehr gut erreicht werden. Durch den Einsatz moderner automatisierter Optimierungsmethoden ist eine Spannungsreduktion bei gleichzeitigem Erhalt der guten strömungsmechanischen Eigenschaften möglich.

Hierbei hat sich die Kombination der Stochastik- und Optimierungstools von optiSLang mit den Parametrisierungs- und Preprocessing-Möglichkeiten der ANSYS Workbench als ein mächtiges Werkzeug

Durch den Einsatz automatisierter Optimierungsmethoden ist eine Spannungsreduktion bei gleichzeitigem Erhalt der guten strömungsmechanischen Eigenschaften möglich.

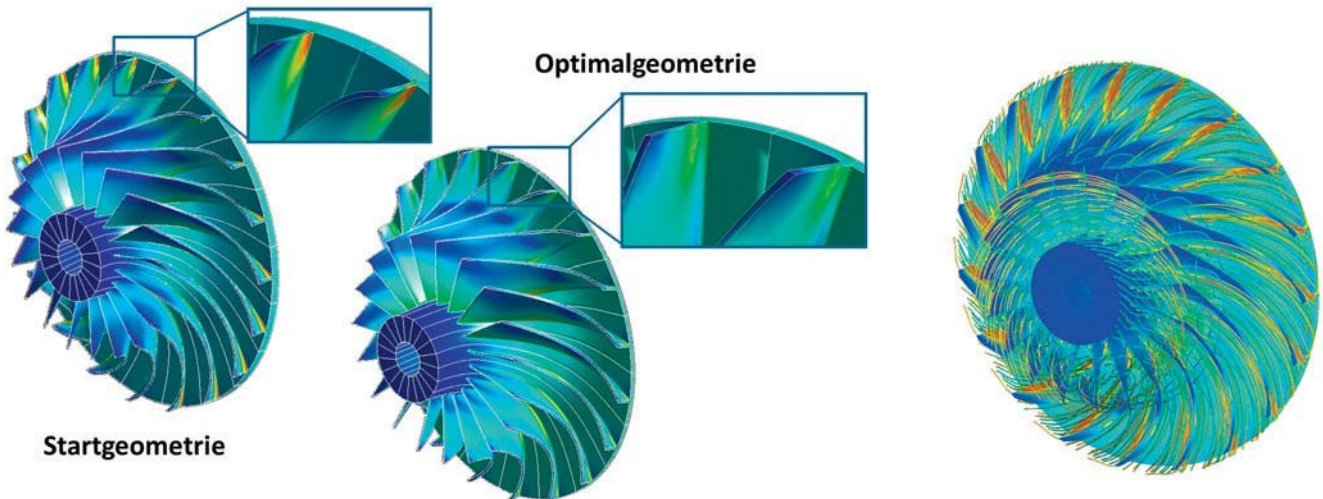


Bild 3: Die Spannungsreduktion am Laufradaustritt

erwiesen. Die enge Verzahnung der einzelnen Softwarekomponenten miteinander ermöglicht ein hohes Maß an Automation und damit einen zeit- und ressourcensparenden Optimierungsprozess. Mit einem Minimum an benötigten Solver-Aufrufen lässt sich ein komplexes, hochdimensionales Optimierungsproblem effizient lösen.

InfoAutoren

Prof. Dr.-Ing. M. Geller, Dipl.-Ing. Ch. Schemmann, Dipl.-Ing. N. Kluck; Forschungsschwerpunkt Computersimulation im Maschinenbau, Fachhochschule Dortmund

InfoAnsprechpartner | CADFEM

Marc Vidal, CADFEM GmbH
Tel. +49 (0)8092-7005-18
mvidal@cadfem.de

Bild 4: Die FEM- und CFD-Ergebnis der Startgeometrie

InfoVerwendeteSoftware

ANSYS Workbench, optiSLang, optiSLang inside ANSYS Workbench

Fachhochschule Dortmund
University of Applied Sciences and Arts
www.computersim.fh-dortmund.de

Anzeige






feel connected

Moderne Bordnetzsysteme, exklusives Fahrzeuginterieur und zukunftsweisende Elektrik- / Elektroniklösungen: Das Familienunternehmen Dräxlmaier steht seit mehr als 50 Jahren für Innovationen im Premiumsegment der internationalen Automobilindustrie. Weltweit beschäftigt der Global Player aus Niederbayern rund 42.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die in interdisziplinären Teams Lösungen für die individuelle Mobilität von morgen erarbeiten.

Zur Verstärkung im Interieur-Bereich suchen wir Professionals und Führungskräfte, die sich den Herausforderungen der internationalen Märkte mit Offenheit, Flexibilität und Begeisterung stellen.

Nutzen Sie die Möglichkeit, in unserer Unternehmenszentrale in Vilsbiburg / Nähe Landshut, ein spannendes und faszinierendes Arbeitsgebiet mitzugestalten:

- **Technischer Projektleiter (m/w) Interieur**
- **Gruppenleiter (m/w) Konstruktion Interieur**
- **Berechnungsingenieur (m/w) Automotive**
- **Versuchsingenieur (m/w) Passive Sicherheit Fahrzeuginterieur**

Haben wir Ihr Interesse geweckt? Dann senden Sie uns noch heute Ihre aussagekräftige Bewerbung online oder per Post zu. **Gerne können Sie sich auch initiativ bewerben** – wir freuen uns auf Sie!

Dräxlmaier Group, Recruiting / Personalmarketing, Elisabeth Zängerl, Landshuter Str. 100, 84137 Vilsbiburg
Telefon: +49 8741 47-2879

Weitere Informationen zu den genannten Positionen sowie zum Online-Bewerbungsverfahren finden Sie auf unserer Karriereseite.

www.draexlmaier.com/karriere



MOVING AHEAD THE AUTOMOTIVE FUTURE