



Bild: HomeArt/shutterstock.com

Mit automatisierter Optimierung zu mehr Effizienz

# Den Turbo einschalten

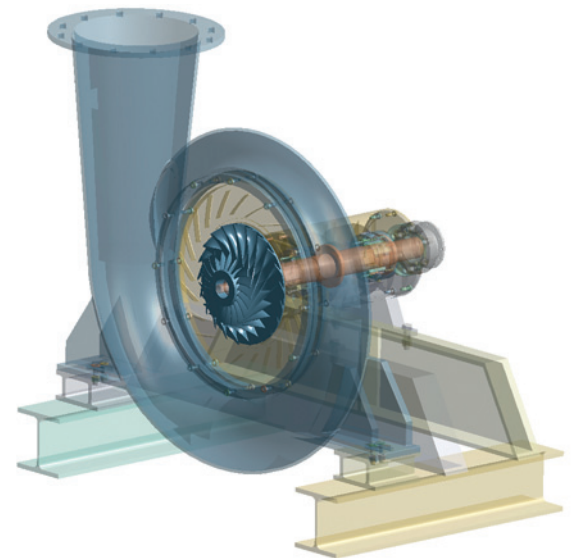
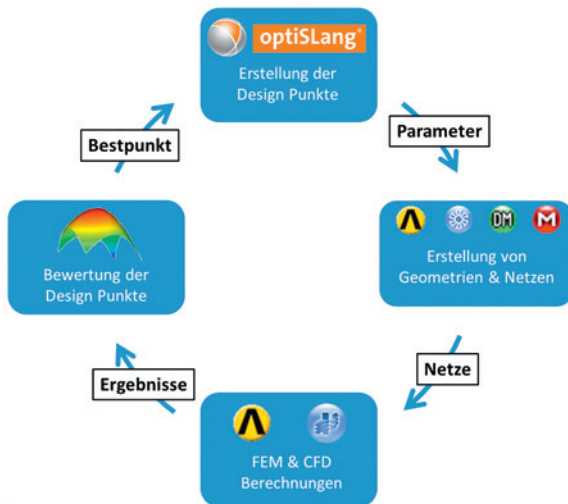
Der weltweit ständig steigende Energiebedarf und die gleichzeitig rapide abnehmenden Ressourcen haben das Thema Energieeffizienz – und damit die Optimierung – zu einer der wichtigsten Fragestellungen der Gegenwart gemacht. Bei der Energiewandlung gehören in nahezu jedem Anwendungsfall die Turbomaschinen 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.

**F**ragestellungen 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.

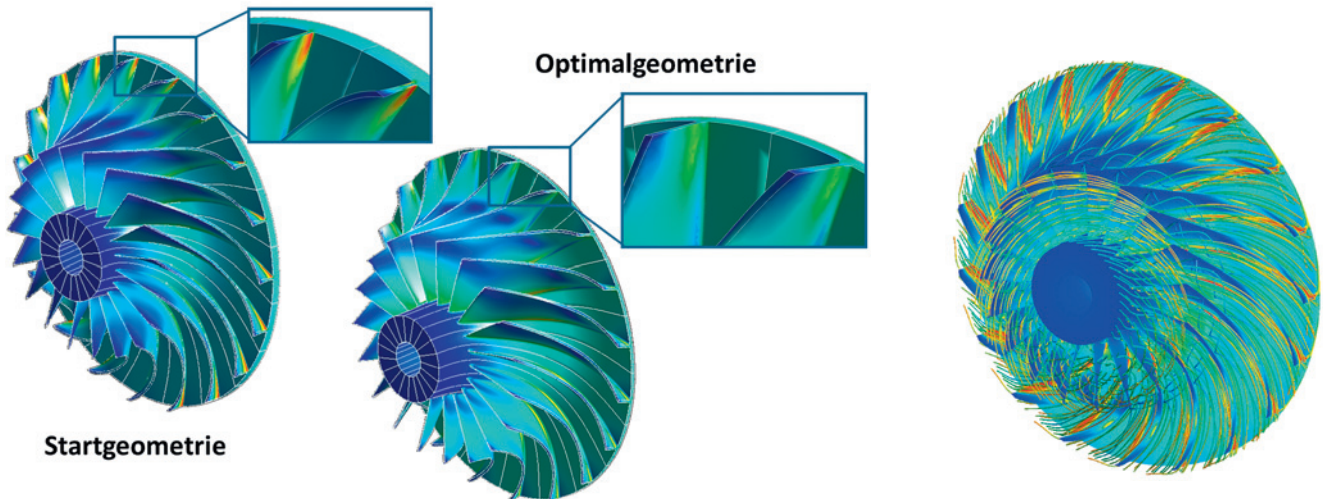
Im Rahmen der hier durchgeführten Optimierung kommt ein adaptives Antwortflächenverfahren zum Einsatz. Dabei wird in mehreren Schritten der Parameterraum um das zuvor gefundene erste Optimum adaptiert. In diesen Parameterräumen werden wiederum Design-Punkte berechnet und mithilfe eines Metamodells das 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](http://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 Zängler, Landshuter Str. 100, 84137 Vilsbiburg  
**Telefon:** +49 8741 47-2879

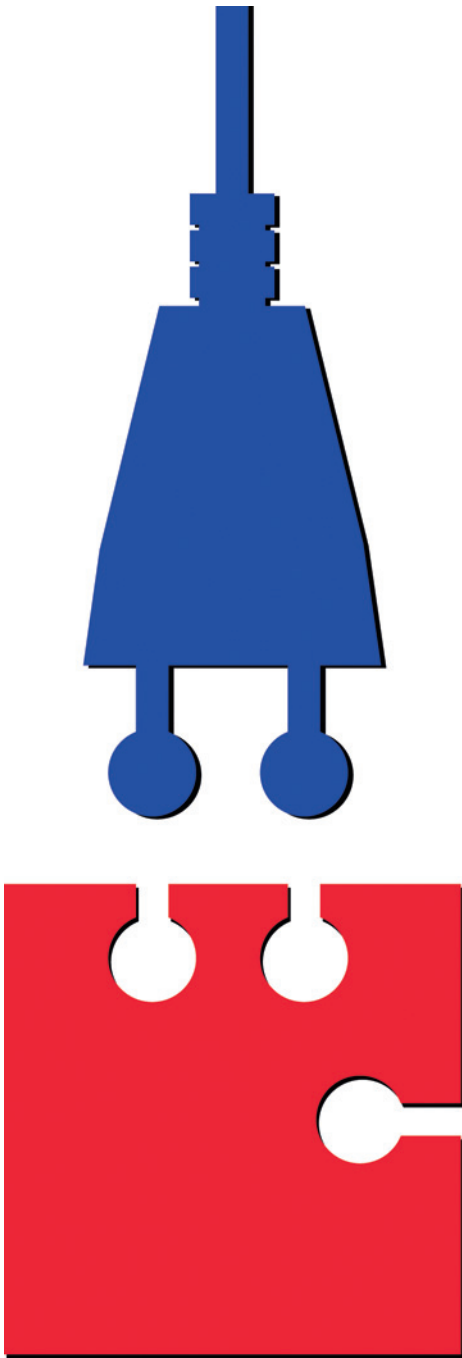
Weitere Informationen zu den genannten Positionen sowie zum Online-Bewerbungsverfahren finden Sie auf unserer Karriereseite.

[www.draexlmaier.com/karriere](http://www.draexlmaier.com/karriere)




**top** 2011/12  
ARBEITGEBER  
**AUTOMOTIVE**  
CERTIFIED BY THE CRF INSTITUTE

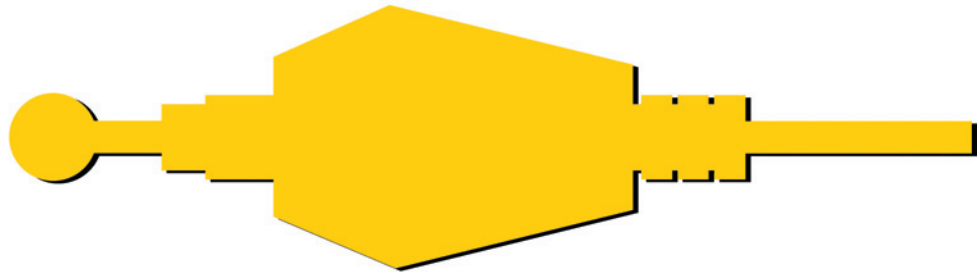
MOVING AHEAD THE AUTOMOTIVE FUTURE



Simulation mit ANSYS bei der Entwicklung und Fertigung von Steckverbindungen

# Zuverlässige Verbindung

Bei der Entwicklung von Steckverbindern müssen vielfältige Anforderungen an das Design des Produktes und an die Fertigungsprozesse berücksichtigt werden. Ziel ist es, eine optimale elektrische und thermische Leitfähigkeit, robuste mechanische Eigenschaften sowie eine gute Signalübertragung im gesamten Frequenzbereich mit hoher Zuverlässigkeit und kostengünstiger Fertigung zu verbinden.



Um die Präzision der einzelnen Komponenten und ihres Zusammenspiels zu erhöhen, können die physikalischen Eigenschaften von Steckverbindern und die zu deren Herstellung notwendigen Produktionsprozesse frühzeitig mit ANSYS eingehend analysiert und optimiert werden.

Am Beispiel eines Tyco-Steckverbinders lässt sich aufzeigen, wie die sehr hohe Ausfallwahrscheinlichkeit eines Ausgangs-Designs von 89 Prozent durch den Einsatz von ANSYS Workbench in Kombination mit optiSLang auf Werte kleiner 0.00034 Prozent (Six Sigma Niveau) verbessert wurde. Weitere Anwendungsgebiete für die Simulation mit ANSYS bei Steckverbindern ergeben sich für mechanische,

elektrische und thermische Produkteigenschaften sowie die erforderlichen Fertigungsprozesse.

## Simulation im Entwicklungsprozess

In die Simulationsumgebung ANSYS Workbench sind diverse Werkzeuge für verschiedene physikalische Aufgabenstellungen unter einer einheitlichen Benutzeroberfläche integriert. Die Durchgängigkeit über alle Arbeitsschritte und Simulationen hinweg ermöglicht es, eine der zentralen Herausforderungen in der Entwicklung und Produktion von Steckverbindern beherrschbar zu machen: Die Zuverlässigkeit. Die traditionelle simulati-

onsbasierte Produktentwicklung, in der ein Design in einem iterativen Veränderungsprozess simuliert, verändert, erneut simuliert und weiter verändert wird, bis bestimmte Eigenschaften erreicht sind, basiert auf konkreten Eingangsgrößen wie Signalen, Geometrien oder Materialeigenschaften. Bei diesen konkreten Einflussgrößen bleibt jedoch die Streuung von Eigenschaften, die das Produktverhalten beeinflussen, unberücksichtigt, so dass die Produktzuverlässigkeit nicht für alle in der Praxis auftretenden Konstellationen gewährleistet ist. Die Streuung von Materialparametern, die Varianz in den auftretenden Lasten und Signalen, schwankende Produktionsparameter und geometrische Toleranzen setzen für sichere Produkte



eine weitergehende Absicherung voraus: Ziel ist ein robustes Produkt, das über eine sogenannte Robust-Design-Optimierung (RDO) erreicht wird.

Um dieses Ziel zu erreichen, wurde die RDO-Software optiSLang in die Simulationslösungen von ANSYS integriert. optiSLang inside ANSYS Workbench setzt auf dem vollparametrischen Simulationsmodell von ANSYS Workbench auf und nimmt mit intelligenten Voreinstellungen und minimalem Nutzereingriff eine systematische und effiziente Untersuchung des gesamten Parameterraums vor. Die daran anschließende Sensitivitätsstudie liefert die Zusammenhänge der verschiedenen Einflussgrößen auf die relevanten Ergebnisse, so dass der Entwicklungsingenieur einen guten Überblick über wichtige und unwichtige Größen erhält und funktionale Zusammenhänge besser versteht und bewerten kann.

Eine darauf aufbauende Optimierung ermöglicht – je nach Methode – die zielgerichtete Verbesserung von Produkteigenschaften innerhalb von nur wenigen Sekunden. Um die Streubreiten der be-

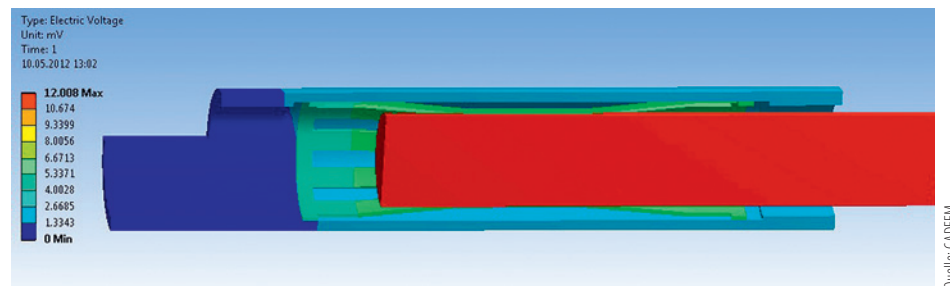
ein Maximalwert für den gesamten Steckverbinder von 50 N. Die 36 variablen geometrischen Abmessungen des Steckverbinders sollten so festgelegt werden, dass ein zuverlässiges Design mit weniger als 3.4 Ausfällen pro 1 Mio. Teile (Six Sigma Design) erreicht wird.

Durch ein vollständig parametrisches Simulationsmodell, das die Parameter des CAD-Modells kontrolliert, wurde der Parameterraum mit einem automatisierten Versuchsplan mit der minimal möglichen Zahl von Analysen (no run too much strategy) untersucht. Dies führte dazu,

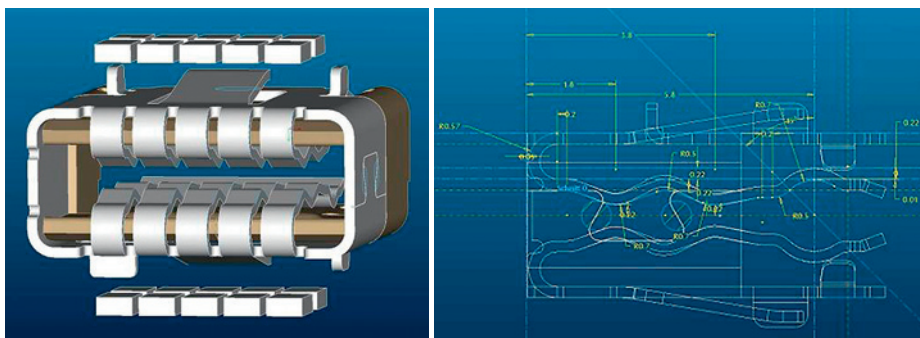
- ein tieferes Verständnis über die Variation,
- die Minimierung des Einflusses von Streuungen und
- ein Six Sigma Design.

### Weitere Möglichkeiten

Bei der Untersuchung von elektrischen und thermischen Feldern ergeben sich durch den elektrischen Stromfluss in dreidimensionalen Strukturen komplexe Strompfade mit lokalen Verlusten, die in einer elektrischen Feldanalyse direkt berechnet werden



**Bild 2:** Verifikation der Stromtragfähigkeit eines elektrischen Kontaktes durch 3D-FEM-Simulation.



**Bild 1:** 3D-Geometrie und Variationsparameter in der Simulation (mit freundlicher Genehmigung von Tyco Electronics).

troffenen Einflussgrößen mit zu berücksichtigen, gibt die Robustheitsanalyse Auskunft darüber, welche Ausfallsicherheit erreicht wird. Automatisierte Arbeitsschritte und eine quantifizierbare Prognosefähigkeit gewährleisten eine hohe Sicherheit und Benutzerfreundlichkeit bei der Nutzung der Simulationsmodelle.

### Fallstudie Tyco Electronics

Bei der Entwicklung eines neuen Steckverbinders setzte die Tyco Electronics AMP auf optiSLang und ANSYS, um die geforderten Spezifikationen bezüglich der Kontaktkräfte in einem eng tolerierten Rahmen zuverlässig zu erreichen. Dabei wurde für jeden Kontakt eine Mindestklemmkraft von 1 N gefordert, aber auch

dass die Zusammenhänge für die Wirkmechanismen besser verständlich und die wichtigen Parameter erkennbar waren (Bild 1).

Mit den so ermittelten 15 dominanten Parametern des Steckverbinders wurde anschließend eine Optimierung durchgeführt, die die Kontaktkräfte um 30 Prozent verbesserte und die Ausfallwahrscheinlichkeit von ursprünglich 89 Prozent beim Ausgangs-Design auf einen Wert kleiner 0.00034 Prozent minimierte.

Für Tyco Electronics waren die Vorteile von ANSYS Mechanical und optiSLang:

- die Identifikation der relevanten Parameter,
- eine Abstimmung der Parameter und eine signifikante Reduktion der Kosten,

können (Bild 2). Für eine genaue Abbildung der Realität ist darüber hinaus noch die Temperaturabhängigkeit des Materials mit zu berücksichtigen, was innerhalb der ANSYS Workbench Umgebung als elektrisch-thermisch gekoppelte Analyse mit geringem Aufwand zu realisieren ist. Ebenso können die Kontaktverhältnisse aus der mechanischen oder Fertigungssimulation verwendet werden, um den Einfluss des Kontaktbereichs und des Kontaktdrucks auf elektrische und thermische Leitfähigkeit mit zu erfassen. Die Vielzahl dieser Einflussgrößen und die damit verbundenen Streuungen sprechen dafür, auch für das elektrisch-thermische Verhalten von Steckverbindern eine Robust-Design-Optimierung durchzuführen. Denn damit kann die Robustheit der Produktentwicklung gegenüber streuenden Einflussgrößen weiter erhöht und die Ausfallwahrscheinlichkeit minimiert werden.

**InfoAutor | InfoAnsprechpartner | CADFEM**

Christof Gebhardt, CADFEM GmbH  
Tel. +49 (0)8092-7005-65  
cgebhardt@cadfem.de

**InfoVerwendeteSoftware**

ANSYS Workbench; optiSLang inside ANSYS Workbench

**InfoWebinar**

Simulation bei der Entwicklung von Steckverbindungen  
www.cadfem.de/webinare

Toleranzmanagement und Robust Design

# So eng wie nötig, so breit wie möglich

Auch wenn in Serie gefertigte Produkte faktisch gleich sind, treten immer wieder qualitätsmindernde Abweichungen auf. Je später im Produktentwicklungsprozess ihre potenziellen Auswirkungen auf Funktion und Ästhetik identifiziert werden, desto zeit- und kostenintensiver sind die notwendigen Änderungen am Produkt und seinem Herstellungsprozess. Folglich sind die frühzeitige virtuelle Absicherung der Produkte und Prozesse sowie die Vergabe kostenoptimaler Toleranzen von wesentlicher Bedeutung für die Entwicklung hochwertiger, robuster Produkte.

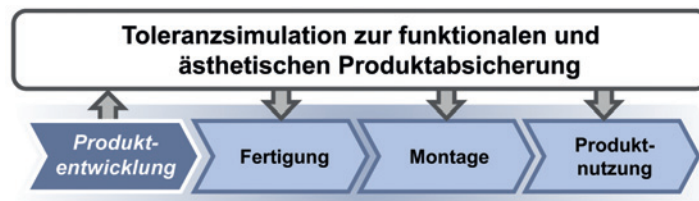


Bild 1: Lebenszyklusübergreifende Produktabsicherung

Bereits seit 1996 richtet sich der Blick des Lehrstuhls für Konstruktionstechnik KTmfk der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) auf Forschungsaktivitäten im Bereich des Toleranzmanagements und des Robust Designs. Dabei geht es um Maßnahmen, wie schon in der Entwicklung die Robustheit von Produkten gegenüber zufälligen Streuungen eigener und externer Parameter erhöht werden kann (Bild 1).

## Aktuelle Herausforderungen

Die wachsenden Anforderungen an die Qualität technischer Produkte (Stichwort: Six Sigma), die durch ihre zunehmende Komplexität und immer kürzere Produktentwicklungszyklen geprägt sind, stellen das Toleranzmanagement und das Robust Design vor enorme Herausforderungen. Zum einen müssen wichtige Entscheidungen bezüglich der Bauteilgeometrie und der Designparameter möglichst früh im Produktentwicklungsprozess getroffen werden. Zum anderen gilt es, durch die Vergabe kostenoptimaler Toleranzen die ästhetische und die funktionelle Qualität des Produktes auch unter vielfältig schwankenden Umgebungsbedingungen sicherzustellen.

## Simulation von Einflussgrößen

Für das virtuelle Toleranzmanagement lassen sich daraus drei Aktivitäten ableiten:

die Toleranzspezifikation, die Toleranzsynthese und die Toleranzanalyse. Bei der Toleranzspezifikation müssen zunächst alle geometrischen Abweichungen, die Auswirkungen auf die relevante Produktfunktion haben können, identifiziert werden und ihnen ist eine entsprechende Toleranzart zuzuordnen. Anschließend können durch die Toleranzsynthese für diese Abweichungen zulässige Toleranzen bestimmt werden, deren Einflüsse auf das funktionsrelevante Maß im Rahmen der Toleranzanalyse zu beurteilen sind.

Die klassische Toleranzrechnung basiert zu diesem Zweck auf der statistischen Auswertung eines mathematischen Zusammenhangs zwischen dem funktionsrelevanten Maß (dem sogenannten Schließmaß) und den auftretenden Abweichungen der Einzelteile des betrachteten Systems. Diese Schließmaßgleichungen können beispielsweise über Vektorketten, welche die Montagefolge der Einzelbauteile des Systems abbilden, ermittelt werden.

Treten geometrische Abweichungen der Bauteile auf, so können diese in Form zusätzlicher Vektoren in die bestehende Vektorkette integriert werden. Dieser vektorkettenbasierte Ansatz wird zum Beispiel zur Toleranzanalyse bewegter technischer Systeme herangezogen. Hierbei konzentrieren sich die Forschungsarbeiten des Lehrstuhls auf die Zeitabhängigkeit von Systemen und ermöglichen die vollständige Toleranzbetrachtung von bewegten Systemen während des Betriebs. Zur statistischen Auswertung und Vi-





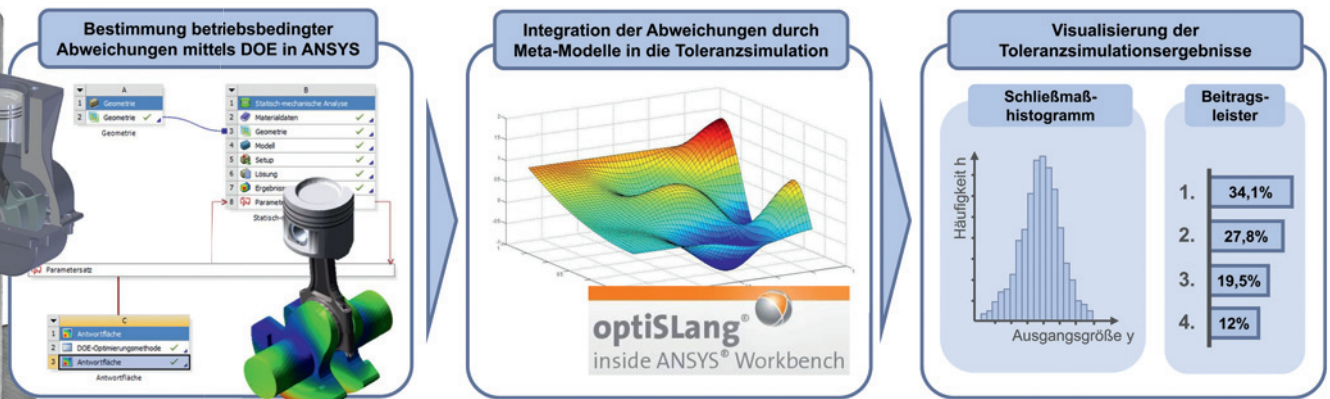


Bild 2: Integration betriebsbedingter Abweichungen in die vektorielle Toleranzsimulation

sualisierung der Ergebnisse wird auf die von der Dynardo GmbH entwickelte Software optiSlang zurückgegriffen. Sie ermöglicht unter anderem die einfache Identifikation der stärksten Einflussgrößen (Beitragsleister) beziehungsweise Abweichungen mit Hilfe von Sensitivitätsanalysen.

Design Optimierung – gekoppelt, um möglichst frühzeitig die Leistung und Qualität des zukünftigen Produktes unter besonderer Beachtung von Streuungen und Toleranzen abzusichern.

Neben der Berücksichtigung der durch Simulationen bestimmten Bauteilabweichungen in der vektoriellen Toleranzrechnung können die generierten abweichungsbehafteten Bauteiloberflächen auch im Rahmen des geometriebasierten Toleranzmanagements verwendet werden. Dabei kommen wiederum verschiedene CAX-Werkzeuge zum Einsatz, beispielsweise Montagesimulationen oder stochastische Nachgiebigkeitsberechnungen. Ziel ist es, auch komplexere Form- und Lageabweichungen zu berücksichtigen und deren Einfluss auf die Funktionserfüllung zu analysieren.

Somit ergibt sich ein vollständiges Bild aller zu erwartenden Abweichungen entlang des Produktentstehungsprozesses und ihrer Einflüsse auf das Betriebsverhalten eines Produktes. Diese Erkenntnisse können genutzt werden, um sowohl die Aktivitäten im Toleranzmanagement zu optimieren als auch Handlungsempfehlungen an vor- oder nachgelagerte Stufen der Entwicklungskette abzuleiten.

Die Sensibilisierung des Ingenieur Nachwuchses für die Relevanz der Betrachtung von Streuungen und Abweichungen während der Produktentwicklung sowie die Möglichkeiten, diesen mittels geeigneter Methoden und Simulationen Werkzeuge zu begegnen sind in den Lehrtätigkeiten des Lehrstuhls fest verankert.

## Resümee

Das virtuelle Toleranzmanagement trägt wesentlich zur Erfüllung der Qualitätsziele moderner Technologieunternehmen bei. Neben der Sicherstellung der Produkt-

funktion und -ästhetik sowie der Befriedigung der Kundenansprüche spielen sowohl die Reduzierung des Entwicklungsaufwandes als auch der Herstellungskosten eine wichtige Rolle. Ziel der Toleranzforschung ist es daher, durch den Einsatz moderner Simulationen Werkzeuge den Produktentwickler zu befähigen, die komplexen Zusammenhänge zwischen Fertigungsabweichungen, Montageprozessen sowie dem Betriebsverhalten des Produktes zu verstehen und durch die Toleranzvergabe gezielt zu beeinflussen.

### InfoAutoren

Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartack,  
Michael Walter, Benjamin Schleich  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Konstruktionstechnik

### InfoVerwendeteSoftware

ANSYS Workbench, optiSlang,  
optiSlang inside ANSYS Workbench

### InfoAnsprechpartner | CADFEM

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

### InfoWebinare

Nichts dem Zufall überlassen:  
optiSlang inside ANSYS Workbench  
[www.cadfem.de/webinare](http://www.cadfem.de/webinare)

### InfoVeranstaltungshinweise

**9. Weimarer Optimierungs- und Stochastiktag 2012**  
29. – 30. November 2012 in Weimar  
[www.dynardo.de/wost](http://www.dynardo.de/wost)

### DFX-Symposium 2012 in Bamberg

4. – 5. Oktober 2012 in Bamberg  
[www.dfx-symposium.de](http://www.dfx-symposium.de)

## Kopplung verschiedener Simulationswerkzeuge

Darüber hinaus erlaubt die vektorielle Toleranzrechnung, insbesondere bei komplexeren Systemen, die Integration von Simulationsergebnissen. Somit können betriebsbedingte Abweichungen, beispielsweise die elastische Deformation eines Bauteils, in der Toleranzanalyse berücksichtigt werden (Bild 2). Aufgrund der Bewegungsabhängigkeit der betriebsbedingten Abweichungen ist meist die Kopplung verschiedener Simulationswerkzeuge notwendig (z. B. Mehrkörpersimulation und FEM), was mit ANSYS Workbench einfach realisierbar ist. Ein zusätzlicher Datenaustausch mit optiSlang erleichtert die statistische Auswertung der auftretenden Abweichungen.

Um die Effizienz weiter zu erhöhen, wurde von CADFEM eine in ANSYS Workbench integrierte optiSlang Version (optiSlang inside ANSYS Workbench) forciert und von Dynardo umgesetzt. Damit werden die Vorteile von ANSYS Workbench – multidisziplinäre, vollständig parametrische, automatisierte CAE-Berechnungsprozesse – direkt mit den Stärken von optiSlang – hoch effiziente, automatische Workflows der Robust