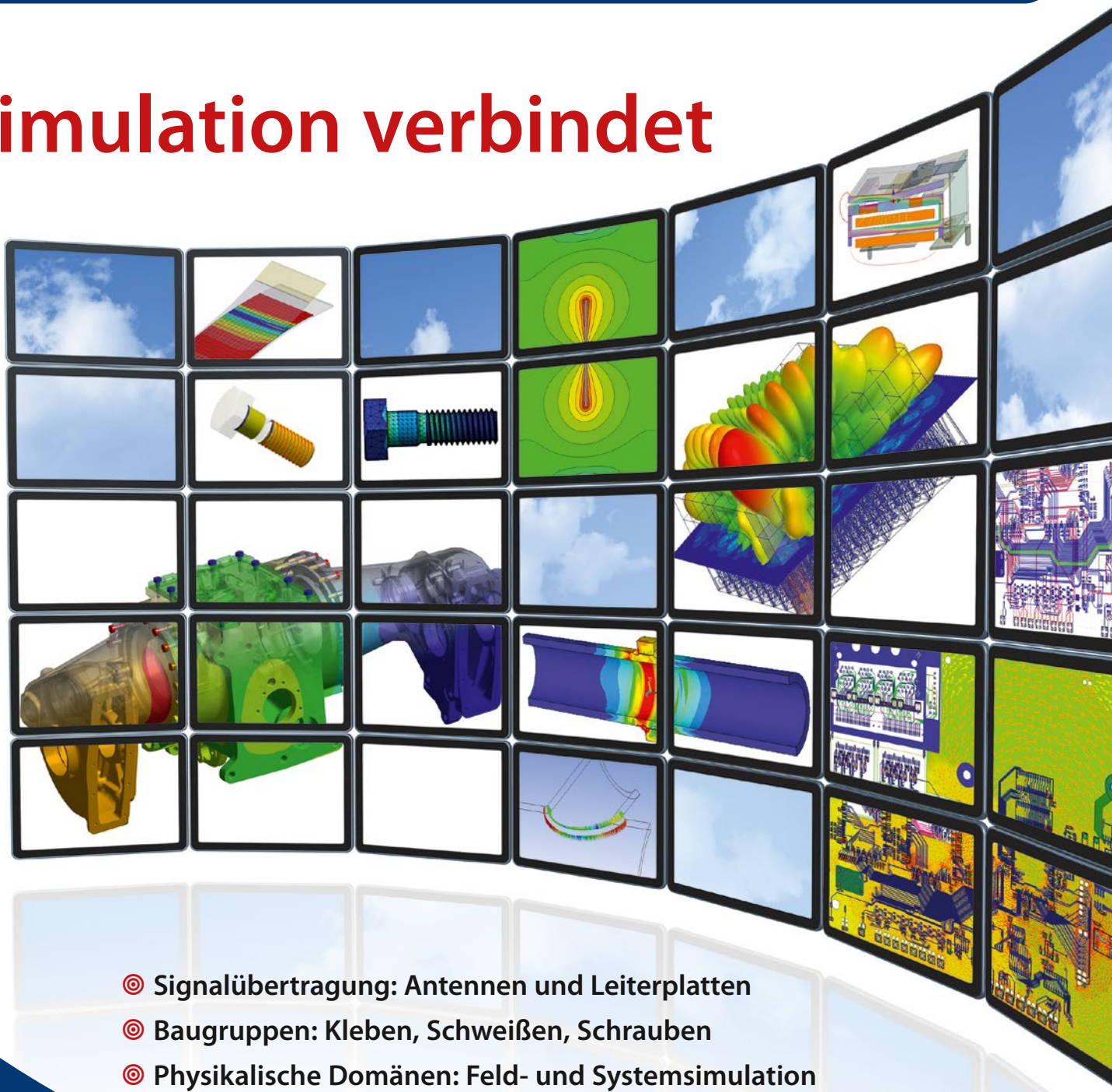
www.cadfem.de

Ausgabe 2 I 2014

CADFEM® JOURNAL

Simulation ist mehr als Software®

Simulation verbindet



- Signalübertragung: Antennen und Leiterplatten
- Baugruppen: Kleben, Schweißen, Schrauben
- Physikalische Domänen: Feld- und Systemsimulation

Aktuelle Informationen zur Simulation in der Produktentwicklung

CADFEM®

ANSYS®
Competence Center FEM

Simulation ist mehr als Software®

Produkte, Service und Wissen für Ihre CAE-Simulation

CADFEM GmbH
Marktplatz 2
85567 Grafing b. München
www.cadfem.de

Weitere Geschäftsstellen:
Berlin, Chemnitz, Dortmund,
Frankfurt, Hannover und Stuttgart

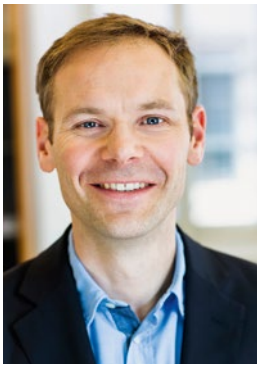
Österreich: CADFEM (Austria) GmbH
www.cadfem.at
Schweiz: CADFEM (Suisse) AG
www.cadfem.ch

International:
CADFEM International GmbH
www.cadfem-international.com

www.cadfem.net

CADFEM: ANSYS Vertriebspartner seit 1982

Über 2.300 Kunden aus den unterschiedlichsten Branchen setzen auf Simulationslösungen von CADFEM. Damit dürfen wir uns zu einem der größten Anbieter von CAE-Software und -Dienstleistungen in Europa zählen. Seit der Firmengründung in den frühen Achtzigern ist der Softwareverkauf eine tragende Säule unseres Geschäftsmodells – mit ANSYS, das in Europa maßgeblich von CADFEM etabliert wurde, als Hauptprodukt. Bis heute verbindet uns eine enge Partnerschaft mit dem Programmhersteller ANSYS, Inc.



Christoph Müller
Geschäftsführer CADFEM GmbH

Am Anfang dachte man tatsächlich, dass der Markt bereits mit einer Handvoll Softwarelizenzen gesättigt sei. Ein Markt für CAE-Simulation existierte nicht, die Methoden waren nur einem kleinen Expertenkreis bekannt. Was diese mit der Software erreichten, sprach sich aber schnell herum. Und schon nach wenigen Jahren entstand die komfortable Situation, sich vor Anfragen kaum „retten" zu können. 30 Jahre später sehen die Gegebenheiten im Softwareverkauf anders aus. CAE-Software ist ein fester Bestandteil der Produktentwicklung geworden, das Angebot ist breit. Denn die großen spezialisierten CAE-Softwarehersteller konkurrieren heute nicht mehr nur untereinander, sondern auch die CAD-Anbieter haben die Zeichen der Zeit längst erkannt und bieten integrierte CAE-Zusatzapplikationen an. Neben der Marktdurchdringung hat sich die Leistungsfähigkeit der CAE-Programme immer weiter erhöht. Eine knifflige Situation – auch für einen Kunden, der vor der komplexen Aufgabe steht, die für ihn optimale CAE-Lösung zu finden.

> "We don't sell software – we license technology."
>
> John Swanson, ANSYS Founder

An dieser Stelle sprechen wir bewusst von einer „CAE-Lösung" und nicht von einer „CAE-Software". John Swanson, Gründer des Unternehmens ANSYS und über Jahrzehnte eng mit CADFEM verbunden, hat in seiner typischen Art mit wenigen Worten auf den Punkt gebracht, was uneingeschränkt auch für CADFEM gilt – heute mehr denn je: „We don't sell software – we license technology."

Was steckt dahinter? Wer CAE-Simulation erfolgreich einsetzen will, braucht mehr als eine Software. Mit der Software verschafft man sich einen Zugang zu einer faszinierenden Technologie für nachweislich mehr Innovation und Qualität bei geringeren Kosten in der Produktentwicklung. Zu einer Simulationslösung zählen aber auch technologiebezogene Dienstleistungen, die es erst ermöglichen, die Simulation optimal einzusetzen. Wir verstehen uns als Systemhaus, Ingenieurdienstleister und Informationsanbieter, der Kunden dabei unterstützt, diese Technologie einzuführen und bestmöglich zu nutzen – durch erfahrene CADFEM Ingenieure, umfassende Schulungsangebote, Know-how-Transfer oder erprobte Einstiegskonzepte und vieles mehr.

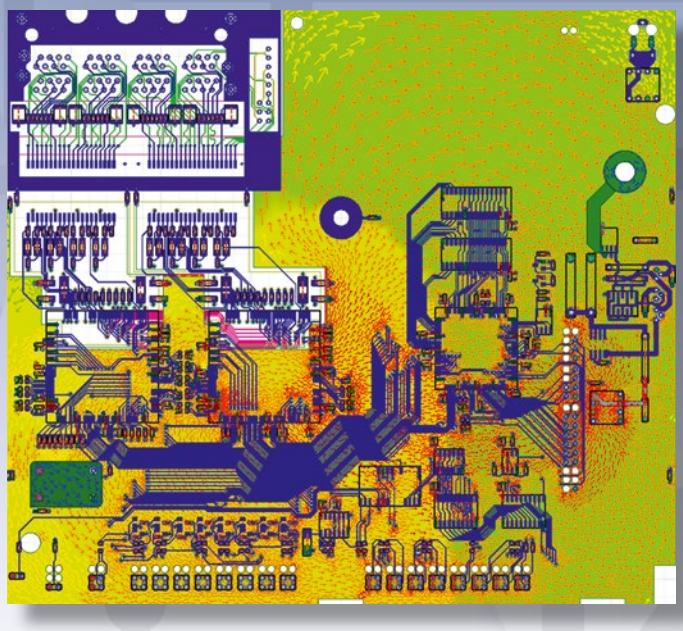
Sie erhalten bei CADFEM Simulationstechnologie in Form eines Gesamtpakets, das auf Ihre Anforderungen abgestimmt ist. Was John Swanson schon vor vielen Jahrzehnten formulierte, fassen wir bei CADFEM heute in die Worte „Simulation ist mehr als Software – Produkte, Service und Wissen aus einer Hand".

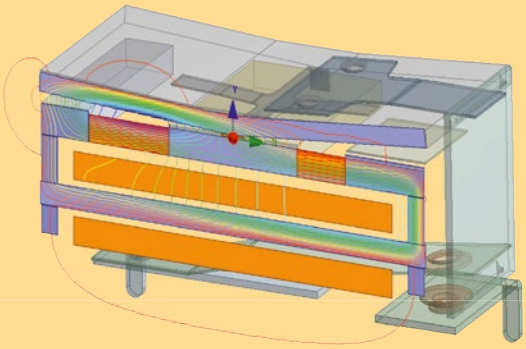
Schauen Sie sich im Heft um. Sie werden viele Beispiele finden, die den Mehrwert der Simulation aufzeigen und die immer wieder aufs Neue das erstaunliche Potential der CAE-Simulation demonstrieren. Simulation macht vieles möglich. Gemeinsam holen wir das Beste heraus.

Dipl.-Ing. (FH), M. Sc. Christoph Müller
Geschäftsführer CADFEM GmbH

Ziel: Integrität

Bei der Entwicklung von Leiterplatten und Antennen stehen die Ingenieure vor vielen Herausforderungen. Power- und Signalintegrität sowie elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) sind hier nur einige Aspekte, die mit Simulationsunterstützung besser in den Griff zu bekommen sind.
Ab Seite 20





Das große Ganze

Mechatronische Systeme mit mehreren physikalischen Domänen können in ANSYS Workbench mit Hilfe gekoppelter Feld- und Systemsimulationen erfolgreich analysiert und optimiert werden.
Ab Seite 28

CADFEM

04 CADFEM im Portrait: CADFEM – Mehr als Software

06 ANSYS bei CADFEM: Von guten Ideen zu erfolgreichen Innovationen
Unser ANSYS Angebot
Komplementäre CAE-Software
Hardware und IT-Lösungen

09 CADFEM News: Nachrichten von CADFEM und aus der Welt der Simulation

16 CADFEM Netzwerk: AdCo – Ein weiterer Knoten im CADFEM Netzwerk
Neueste Erkenntnisse und Methoden

Titelthemen

18 Elektromagnetik – Simulation von Antennen
Die perfekte Welle

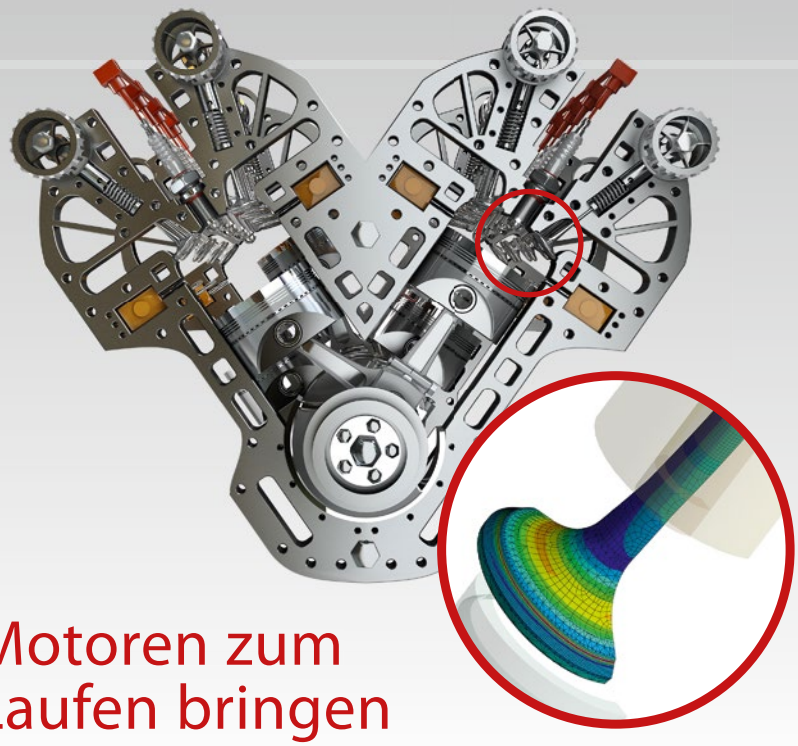
20 Elektromagnetik – HF-Simulation der Leiterplatte zur Layout-Optimierung
Ziel: Integrität

22 Fügetechnik – Kleben:
Numerische Simulation in der Verbindungstechnik Teil 1
Der Stoff, der alles zusammenhält

24 Fügetechnik – Schweißen:
Numerische Simulation in der Verbindungstechnik Teil 2
Auf ewig zusammen

26 Fügetechnik – Schrauben:
Numerische Simulation in der Verbindungstechnik Teil 3
Gut verschraubt

28 Systemsimulation: Optimierte Produktentwicklung durch gekoppelte Feld- und Systemsimulation
Das große Ganze



Motoren zum Laufen bringen

TRW entwickelt und fertigt seit über hundert Jahren Motorventile, simuliert wird seit über zwanzig Jahren mit ANSYS.
Ab Seite 31

ANSYS in der Praxis

31 TRW EC: 3D-Modelle für eine exakte Ventil-Simulation
Wir bringen Motoren zum Laufen

34 Allianz: Simulationen erleichtern die Schadensanalyse
Aus Schaden wird Wissen

36 SBN: Simulation ermöglicht „Prophezeiung" des Schweißverzugs
... der Berg kommt zum Propheten

38 Topologieoptimierung mit ANSYS Mechanical
Formvollendet

Wissen

42 European School of Computer Aided Engineering
esocaet: 10 Jahre Master in Applied Computational Mechanics

44 Dozenten aus Hochschule und Industrie
590 Jahre Simulationserfahrung

46 Zusammenarbeit der Steinbeis Technology Group mit CADFEM
Simulation im Studium Test Engineering

48 Qualität erhöhen – Haftungsrisiken reduzieren
Seminare zu den Themen Qualität, Risiko und Recht

Rubriken

01 Editorial
CADFEM: ANSYS Vertriebspartner seit 1982

40 CADFEM Empfehlung: CADFEM unterstützt jugendliche Artisten
Ganz großer Zirkus: Movimento

47 **ANSYS Conference & 33. CADFEM Users' Meeting 2015 in Bremen**

IMPRESSUM

Herausgeber:
CADFEM GmbH
Marktplatz 2
85567 Grafing b. München
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-0
Fax +49 (0) 80 92-70 05-77
info@cadfem.de
www.cadfem.de

Redaktion/Koordination:
Gerhard Friederici, gfriederici@cadfem.de
Alexander Kunz, akunz@cadfem.de

Anzeigen:
Alexander Kunz, akunz@cadfem.de

Layout:
G&K Design, Rechtmehring

Titelbild:
Shutterstock.com/Daboost; CADFEM
Composing G & K Design

Produktion:
Bechtle Druck & Service, Esslingen
Auflage 35.000 Exemplare

Geschäftsführer:
Christoph Müller, M.Sc., Dr.-Ing. Jürgen Vogt,
Erke Wang

Handelsregister-Nummer:
HRB München Nr. 75979

Ust.-Ident.-Nummer:
DE 131171831

Steuernummer:
114/123/00051

Betriebshaftpflichtversicherung:
Zurich Gruppe Deutschland
Poppelsdorfer Allee 25 – 33
53115 Bonn

Geltungsbereich: weltweit

Copyright:
© 2014 CADFEM GmbH. Alle Rechte vorbehalten.

Gedruckt in Deutschland.

Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsschutzes ist ohne Zustimmung der CADFEM GmbH unzulässig. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung und Verarbeitung auf elektronischen Systemen.

Warenzeichen/eingetragene Warenzeichen:
ANSYS, ANSYS Professional NLT, ANSYS Professional NLS, ANSYS Structural, ANSYS Mechanical, ANSYS Mechanical/EMAG, ANSYS Explicit STR, ANSYS Multiphysics, ANSYS Icepak, ANSYS CFD, ANSYS Workbench, ANSYS CFX, ANSYS ICEM CFD, ANSYS Autodyn, ANSYS Fluent, ANSYS Maxwell, ANSYS HFSS, Ansoft Designer, SIwave, ANSYS Q3D Extractor, ANSYS Simplorer, ANSYS RMxprt, ANSYS PExprt, ANSYS nCode DesignLife, ANSYS Rigid Dynamics, ANSYS SpaceClaim, ANSYS Composite PrepPost, ANSYS HPC und alle Produkt- oder Dienstleistungsnamen von ANSYS, Inc. sind registrierte Warenzeichen oder Warenzeichen von ANSYS, Inc. und Ansoft Corp. LS-DYNA, LS-OPT und LS-PrepPost sind registrierte Warenzeichen der Livermore Software Technology Corp.
Sämtliche in diesem Heft genannte Produktnamen sind Warenzeichen oder registrierte Warenzeichen ihrer jeweiligen Eigentümer. Aus dem Fehlen der Markierung kann nicht geschlossen werden, dass eine Bezeichnung ein freier Warenname ist.

Irrtümer und Änderungen vorbehalten.

CADFEM®

Simulation ist mehr als Software®

Produkte, Service und Wissen rund um die CAE-Simulation

CADFEM – Mehr als Software

CAE-Simulation in der Produktentwicklung eröffnet ungeahnte Möglichkeiten: Sie reduziert Kosten und Entwicklungszeiten und ist der Schlüssel zu wegweisenden Innovationen. Weiterhin erhöht Simulation die Qualität neuer Produkte spürbar.

Die CADFEM GmbH wurde im Jahr 1985 gegründet und zählt zu den Pionieren der numerischen Simulation auf Basis der Finite-Elemente-Methode (FEM). CADFEM ist weltweit aktiv und mit 12 Standorten und mehr als 185 Mitarbeitern in Deutschland, Österreich und der Schweiz einer der größten europäischen Anbieter für Computer-Aided Engineering (CAE). Seit Firmengründung sind wir ANSYS Vertriebspartner und das ANSYS Competence Center FEM in Zentraleuropa.

Weil Software allein noch keinen Simulationserfolg garantiert, ist CADFEM Systemhaus, Ingenieurdienstleister, Ausbildungs- und Informationsanbieter in einem. Produkte, Service und Wissen verbinden wir zu maßgeschneiderten Lösungen. Aus einer Hand erhalten Kunden alles, was über den Simulationserfolg entscheidet: Software und IT-Lösungen. Beratung, Support, Engineering. Know-how-Transfer.

InfoAnsprechpartner bei CADFEM

Deutschland | CADFEM GmbH

Software
Dr.-Ing. Volker Bäumer
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-51
vbaeumer@cadfem.de

Seminare
Thomas Nelson
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-47
tnelson@cadfem.de

Software-Anpassung
Thomas Schneider
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-24
tschneider@cadfem.de

IT-Lösungen
Manfred Bayerl
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-39
mbayerl@cadfem.de

Simulation im Auftrag
Dr.-Ing. Matthias Hörmann
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-41
mhoermann@cadfem.de

Hochschulen und Forschung
Tobias Menke
Tel. +49 (0) 511-39 06 03-20
tmenke@cadfem.de

Schweiz | CADFEM (Suisse) AG

Software
Markus Dutly
Tel. +41 (0) 52-3 68 01-02
markus.dutly@cadfem.ch

Seminare
Dr.-Ing. Jörg Helfenstein
Tel. +41 (0) 52-3 68 01-07
joerg.helfenstein@cadfem.ch

Simulation im Auftrag
Dr.-Ing. Davide Valtorta
Tel. +41 (0) 52-3 68 01-01
davide.valtorta@cadfem.ch

Österreich | CADFEM (Austria) GmbH

Software
Matthias Alberts
Tel. +43 (0) 1-5 87 70 73-14
matthias.alberts@cadfem.at

Seminare
Christoph Schlegel
Tel. +43 (0) 1-5 87 70 73-12
christoph.schlegel@cadfem.at

Simulation im Auftrag
Christoph Schlegel
Tel. +43 (0) 1-5 87 70 73-12
christoph.schlegel@cadfem.at

ANSYS Vertriebspartner seit 1985

Competence Center FEM

Produkte
Software und IT-Lösungen

ANSYS
ANSYS Simulationssoftware bietet technologisch führende Lösungen für nahezu jede CAE-Anwendung. CADFEM vertreibt das komplette ANSYS Programm und ist das ANSYS Competence Center FEM in Zentraleuropa.

LS-DYNA
LS-DYNA von LSTC ist eine spezialisierte Software für die transiente Simulation mechanischer, hochgradig nichtlinearer Phänomene wie Crash- und Umformprozesse und seit 1989 im CADFEM Portfolio.

Komplementäre Software
Auch Spezialanforderungen decken wir ab: mit zu ANSYS komplementären Produkten wie optiSLang, AnyBody und Diffpack. Durch Kombination mit diesen Zusatzprodukten lässt sich der Nutzen von ANSYS punktuell erhöhen.

eCADFEM – Software on Demand
Mit eCADFEM nutzen Sie CAE-Programme sehr flexibel. Sie greifen nur dann auf Ihr Kontingent zu, wenn Sie die Software gerade brauchen. Eine Lösung, die schon mehr als 1.300 Kunden überzeugt hat.

Hardware und IT-Lösungen
Für die schnelle Berechnung detaillierter Modelle planen, implementieren und betreuen wir IT-Lösungen von der Standalone-Workstation bis hin zum Cloud-basierten High Performance Computing mit komplettem IT-Management.

Service
Beratung, Support, Engineering

Ihr Einstieg in die Simulation
Simulation einzuführen ist mit CADFEM ganz einfach. In vier Schritten führen wir Sie sicher zur maßgeschneiderten Lösung für Ihre Anforderungen. Dabei begleiten und unterstützen wir Sie, bis Sie Ihr erstes Projekt erfolgreich gemeistert haben.

Anwender-Support
Für Ihren Erfolg nutzen wir das Know-how von mehr als 120 CADFEM Ingenieuren. Im Tagesgeschäft helfen wir Ihnen bei Fragen zur Softwarebedienung oder beim Prüfen und Bewerten Ihrer FEM-Modelle und Workflows. So sparen Sie Zeit und können Ihre Ergebnisse absichern.

Simulation im Auftrag
Wir beraten, führen Konzeptanalysen, entwicklungsbegleitende Simulationen und Nachweise durch. Neben den Engineering-Ergebnissen erhalten Sie auch fertige Berechnungsmodelle und dokumentierte Lösungswege.

Software-Anpassung
Mit CADFEM Lösungen lassen sich unternehmensweite Standardworkflows etablieren, sodass selbst Nicht-FEM-Experten Routineaufgaben meistern. Zudem entwickeln wir individuelle Funktionserweiterungen und vertikale Applikationen.

IT-Management
Wir unterstützen Sie bei der Konzeption und Realisation eines CAE-optimierten Rechenzentrums – von der Planung über den Aufbau bis zur Sicherung des laufenden Betriebs. So können Sie sich jederzeit auf Verfügbarkeit und Performance Ihrer Systeme verlassen.

CAE-Stellenmarkt
Im CAE-Stellenmarkt veröffentlichen wir Stellenausschreibungen unserer Kundenunternehmen. Gesucht werden vor allem Fach- und Führungskräfte für Computer-Aided Engineering in Deutschland, Österreich und der Schweiz.

Wissen
Know-how-Transfer

Seminare
Aktuelles Know-how erleichtert die optimale Softwarenutzung. Mit CADFEM Seminaren zu zahlreichen Themen der CAE-Simulation bleiben CAE-Anwender auf dem neuesten Stand.

Info-Veranstaltungen
Mit Tagesveranstaltungen und Webinaren zu speziellen CAE-Themen informieren wir Interessierte und Kunden kostenlos über Softwarehandhabung, Lösungswege und neue Möglichkeiten.

CADFEM esocaet
esocaet bietet softwareunabhängige CAE-Weiterbildung: vom Seminar bis zum akkreditierten, berufsbegleitenden Masterstudium. CADFEM esocaet ist die ideale Basis für CAE-Karriereziele.

CADFEM Users' Meeting
Gemeinsam mit ANSYS organisieren wir die größte jährliche Fachkonferenz zur numerischen Simulation: ANSYS Conference & CADFEM Users' Meeting. Seit über 30 Jahren Treffpunkt von heute mehr als 800 CAE-Anwendern.

TechNet Alliance
CADFEM ist Gründungsmitglied und treibende Kraft der TechNet Alliance. Das internationale Netzwerk zählt mehr als 55 Unternehmen aus über 25 Ländern und bietet Zugang zum Know-how von über 1.000 CAE-Experten weltweit.

CADFEM Academic
Mit der Initiative CADFEM Academic haben wir eine zentrale Anlaufstelle für Dozenten, Doktoranden und Studierende sowie für Forschungsbeteiligte und wissenschaftliche Mitarbeiter etabliert.

CADFEM Fachmedien
Aktuelles CAE-Wissen publiziert CADFEM in verschiedenen Medien: im CADFEM Journal mit mehr als 35.000 Lesern, in CAE-Fachbüchern, in Video-Tutorials auf YouTube und auf CADFEM Wiki, dem CAE-Nachschlagewerk im Internet.

Von guten Ideen zu erfolgreichen Innovationen

ANSYS ist eine technologisch führende Software zur numerischen Simulation in der Produktentwicklung. Die Funktionalität umspannt sämtliche Arbeitsschritte der CAE-Simulation, kombiniert mit einer leistungsfähigen Simulationstechnologie für Strukturmechanik, Temperaturfelder, Strömungsmechanik, Elektromagnetik sowie Multiphysik und Systemsimulation.

ANSYS Anwender sind in vielen Industriezweigen tätig, unter anderem in folgenden Bereichen: Maschinen- und Anlagenbau, Energietechnik, Automobil-, Schiff- und Schienenfahrzeugbau, Luft- und Raumfahrt, Bauwesen, Konsumgüter, Elektronik sowie Medizintechnik. Auch in der Hochschulausbildung und an Forschungseinrichtungen wird ANSYS intensiv genutzt.

ANSYS Workbench als zentrale Simulationsumgebung von ANSYS vereinfacht die Eingabe von Berechnungsaufgaben. Über Customization-Tools lässt sich ANSYS Workbench automatisieren und steuern. Die Simulationsumgebung überzeugt vor allem durch enorme Effizienz, eine einheitliche Bedienoberfläche, umfassende Vernetzungstechnologie, die direkte Anbindung an alle gängigen CAD-Systeme und ein breites Spektrum physikalischer Disziplinen.

Strukturmechanik

ANSYS Produkte für die Strukturmechanik wie ANSYS Mechanical bieten wegweisende Möglichkeiten der Simulation, die das gesamte Spektrum von Statik und Dynamik bis zur Akustik abdecken. Dafür stehen implizite und explizite Solver zur Verfügung sowohl für SMP- als auch für MPP-Systeme. So können auch große Baugruppen sehr einfach und effizient gehandhabt werden, was zu eine hoher Übereinstimmung mit den realen Produkten führt.

Strömungsmechanik

Mit ANSYS CFX und ANSYS FLUENT stehen innerhalb von ANSYS Workbench technisch führende Technologien für die Strömungssimulation (Computational Fluid Dynamics, CFD) zur Verfügung, die das gesamte Anwendungsspektrum abdecken.

Temperaturfelder

Die ANSYS Produkte ANSYS Mechanical und ANSYS Icepak für Temperaturfelder erlauben Temperaturanalysen über mehrere Skalen – vom Mikrochip über die Leiterplatte bis zum gesamten Gerät. Im Bereich thermischer Aufgabenstellungen werden ANSYS Produkte eingesetzt, um das Temperaturverhalten von Bauteilen und Baugruppen unter Berücksichtigung von Wärmeleitung, Konvektion und Strahlung zu beschreiben.

Elektromagnetik

ANSYS Maxwell, ANSYS HFSS, ANSYS SIWave, ANSYS Simplorer und ANSYS Designer ermöglichen elektromechanische Analysen zur Charakterisierung elektrischer Antriebe, Sensoren und Wandler, Hochfrequenzanalysen zur Beschreibung von Wellenausbreitungen für Antennen und Elektronikbaugruppen sowie Schaltungsberechnungen zur Analyse von Leitungen und Signalen.

Multiphysik und Systeme

Der Einsatz von ANSYS Multiphysics, ANSYS Simplorer, ANSYS Mechanical sowie Kombinationen der ANSYS Produkte erlauben die Analyse komplexer multiphysikalischer Systeme mittels Kopplung unterschiedlicher physikalischer Disziplinen auf Feld- und Systemebene. Zahlreiche Fragestellungen lassen sich durch die Beschreibung einzelner physikalischer Effekte nicht genau genug beantworten. Hier bietet ein domänenübergreifendes Simulationsmodell die Möglichkeit, das reale Verhalten exakt abzubilden. Um komplexe Produkte zuverlässig zu untersuchen, hält das Multiphysik-Portfolio von ANSYS bewährte Verfahren und Lösungen bereit, die sich zu starken Werkzeugen kombinieren lassen.

Weitere Fakten

ANSYS Software, die passende Ausbildung, die Unterstützung der täglichen Simulationsarbeit durch Support und Projektbegleitung mit Know-how-Transfer, aber auch komplementäre Programme bis hin zur individuellen Anpassung von Standardsoftware sowie Hardwarelösungen inklusive IT-Management – das ist das Komplettangebot des CADFEM Teams mit über 120 Simulationsexperten.

Wir sind für Sie da!

Deutschland
CADFEM GmbH
Dr.-Ing. Volker Bäumer
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-51
vbaeumer@cadfem.de

Schweiz
CADFEM (Suisse) AG
Markus Dutly
Tel. +41 (0) 52-3 68 01-02
markus.dutly@cadfem.ch

Österreich
CADFEM (Austria) GmbH
Matthias Alberts
Tel. +43 (0) 1-5 87 70 73-14
matthias.alberts@cadfem.at

Komplementäre CAE-Software zu ANSYS

Keine andere CAE-Software bietet ein so großes Anwendungsspektrum wie ANSYS. Durch Kombination mit Zusatzprodukten lassen sich die Einsatzbereiche darüber hinaus gezielt erweitern. Hier stellen wir unsere ANSYS ergänzenden Softwareprodukte vor und skizzieren typische Anwendungen. Darüber hinaus bieten wir individuelle Software-Anpassungen und die Entwicklung unternehmensspezifischer Bausteine.

CADFEM ANSYS Extensions: CADFEM ANSYS Extensions sind Zusatzlösungen für ANSYS, die ergänzende Werkzeuge und erweiterte Funktionen für ANSYS bereitstellen.
www.cadfem.de/extensions

CADFEM ihf Toolbox (CiT)

- CiT-WB/FKM für den richtlinienkonformen Festigkeitsnachweis nach FKM
- CiT-WB/FKM für den richtlinienkonformen Festigkeitsnachweis geschweißter Schalenstrukturen nach FKM
- CiT-MoldSim zur Verknüpfung von Spritzgießsimulation mit ANSYS Workbench
- CiT-SBSOUND für die Körperschallbewertung schwingender Strukturen
- CiT-MOR for ANSYS für die Modellordnungsreduktion zur Einbindung von 3D-FEM-Modellen in die Systemsimulation
- CiT-MaterialDB die CADFEM Materialdatenbank
- CiT-Multibody-CMS der Assistent zur MKS-Simulation mittels CMS (Component Mode Synthesis)
- CiT-VirtualWeldShop zur Abbildung von Schweißvorgängen unter Berücksichtigung der Gefügeumwandlung

CADFEM C.A.V.E.

C.A.V.E. steht für „Collaboration and Visualization Engine". Auf Basis der führenden VCollab-Daten-Kompressionstechnologie wurde C.A.V.E. von CADFEM für die Nutzung in ANSYS Workbench entwickelt.

CADFEM FTI Forming Module for ANSYS

Mit dem CADFEM FTI Forming Module for ANSYS wird es möglich, bei der Steifigkeits- und Festigkeitsberechnung von Blechbauteilen die Umformhistorie zu berücksichtigen.

WB/Bolt Assessment under VDI 2230

Der Schraubenmodul „WB/Bolt Assessment under VDI 2230" beschleunigt die Erstellung des Festigkeitsnachweises von Schrauben nach VDI 2230 innerhalb von ANSYS Workbench.

optiSLang: optiSLang for ANSYS ermöglicht die systematische Variation aller relevanten Einflussgrößen. Physikalische Zusammenhänge werden verständlich. Die mit optiSLang erzielte Sensitivität verbessert Optimierungen, Zuverlässigkeit und Design für Six Sigma sowie den Abgleich von Simulation und Test.
www.cadfem.de/optislang

Anybody: AnyBody analysiert die Mechanik des menschlichen Bewegungsapparats unter Berücksichtigung der Muskulatur. So können etwa Aussagen über Muskel- oder Gelenkkräfte getroffen werden. In Kombination mit ANSYS wird AnyBody zum Beispiel in der Auslegung von Implantaten und Prothesen eingesetzt.
www.cadfem.de/anybody

Diffpack: Diffpack bietet eine objektorientierte Entwicklungsumgebung zur Lösung partieller Differentialgleichungen, etwa zur Abbildung chemischer und optischer Eigenschaften. Diffpack lässt sich mit den mechanischen, strömungsmechanischen, thermischen und elektromagnetischen Analysen von ANSYS koppeln.
www.cadfem.de/diffpack

Hardware und IT-Lösungen

Für die schnelle Berechnung detaillierter Modelle planen, implementieren und betreuen wir IT-Lösungen von der Stand-alone-Workstation bis hin zum Cloud-basierten High Performance Computing mit komplettem IT-Management.

eCADFEM

eCADFEM steht für eine maximal flexible Lizenznutzung. Das CADFEM Angebot an „Software as a Service" ermöglicht einen bedarfsgerechten, zeitlich begrenzten Zugriff auf die Kernprodukte des CADFEM Softwareportfolios. So können Sie eigene Lizenzen gezielt ergänzen, Kapazitätsengpässe abfedern, sporadischen Simulationsbedarf wirtschaftlich abdecken oder auch den Einstieg in die Simulation kostengünstig und flexibel gestalten.

HPC für CAE

High Performance Computing (HPC) ermöglicht es, komplexe Systeme mit Hilfe der numerischen Simulation in hoher Detaillierung und kürzester Zeit zu untersuchen. Durch die parallele Nutzung von Prozessoren werden mit HPC selbst außergewöhnlich große Modelle berechenbar, ohne Abstriche bei den Details und damit bei der Ergebnisqualität zu machen. Die Ergebnisse liegen früher vor und die Berechnung von Varianten fördert ein systematisches Produktverständnis.

Cloud

Die Kombination von zentral bereitgestellter Rechenleistung für die Lösung anspruchsvoller Simulationsaufgaben und von 3D-Grafikleistung für das Pre- und Postprocessing ermöglicht es, die gesamte erforderliche CAE-Infrastruktur zu zentralisieren. Dies bietet dem Anwender mehrere Vorteile: erstens einen flexiblen Zugriff von verschiedenen Standorten innerhalb des Unternehmens, zweitens eine hohe Rechen- und Grafikleistung, die bei Bedarf flexibel erweitert werden kann, und drittens eine hohe Verfügbarkeit. Für die IT-Abteilung sind der direkte Zugriff, die einfache Administration, eine hohe Datensicherheit und einfache Erweiterbarkeit wichtige Argumente.

CAE-optimierte IT-Systeme

CADFEM liefert sofort einsatzbereit IT-Systeme, die für die speziellen Anforderungen der Simulationstechnologie optimal ausgelegt sind. Auspacken, Einschalten, Rechnen – so einfach ist der Start mit CAE-optimierten Hardwarekomponenten und Komplettlösungen von CADFEM. Denn sie sind bereits nach Ihren Vorgaben installiert, vorkonfiguriert und getestet. So können Sie sich von Anfang an auf Ihre Berechnungsaufgaben konzentrieren.

IT-Management

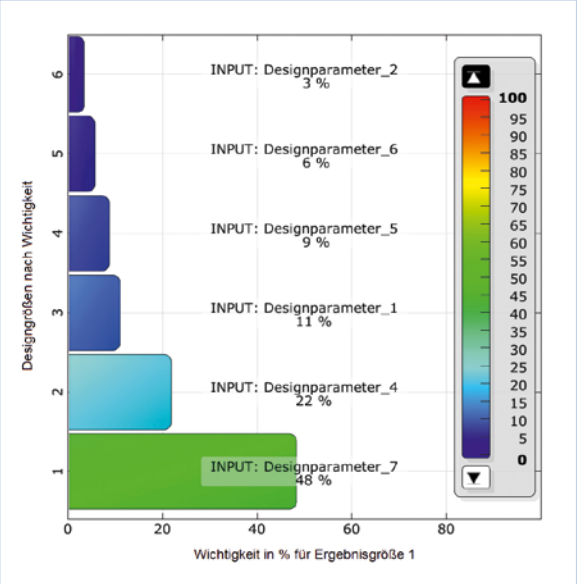
Wir unterstützen Sie bei der Planung, Umsetzung und Betreuung einer maßgeschneiderten IT-Infrastruktur für CAE-Rechenzentren – von der Komponentenkonfiguration bis zur Sicherung des laufenden Betriebs. Auf Basis eines Servicevertrags gewährleisten wir die Verfügbarkeit und Performance Ihrer Hardware.

CADFEM Engineering Simulation Cloud

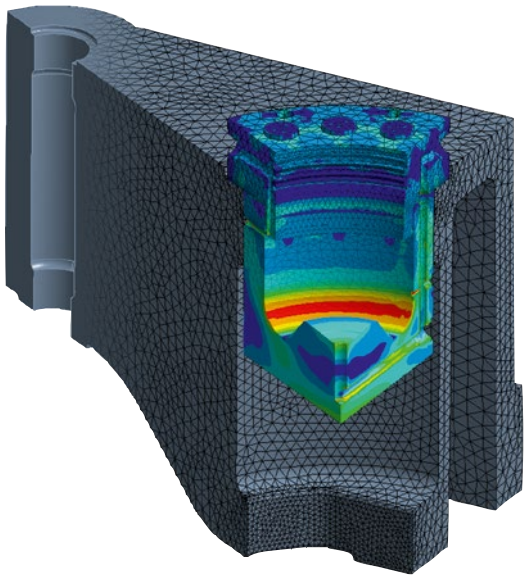
Sie nutzen bereits ANSYS Mechanical, CFD oder LS-DYNA? Ihr IT- System stößt aber an seine Grenzen oder Sie benötigen für einen bestimmten Zeitraum mehr IT-Ressourcen? Dann haben wir für Sie die richtige Lösung: CADFEM Engineering Simulation Cloud. Flexible Gestaltung, schnelle Bereitstellung, höchste Sicherheitsstandards und variable Kapazitäten ermöglichen es Ihnen, mit geringem Aufwand eine leistungsfähige IT-Infrastruktur für Ihre High-Performance-Anwendungen zu nutzen. Das Cloud-System wird von CADFEM zusammen mit Spirit/21 betrieben. Sie können Ihre eigenen Lizenzen mitbringen, über einen gesicherten Fernzugriff in der Cloud rechnen und auswerten. Es müssen keine Auswerte-Files transferiert werden, die virtuelle Umgebung erlaubt hierbei ein flüssiges interaktives Arbeiten. Damit Sie mit Sicherheit Ihr Arbeitsziel erreichen, kann einer unserer erfahrenen Ingenieure Sie durch einen gemeinsamen Datenzugriff bei komplexen Simulationsaufgaben über kollaborative Datennutzung zum Ergebnis führen und bei der Bewertung unterstützen.

InfoAnsprechpartner
Gerhard Zelder
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-897
gzelder@cadfem.de

Robust Design Optimization (RDO): **Simultanes Rechnen mit ANSYS HPC Parametric Pack**



Mit einer Sensitivitätsanalyse können die wichtigen Designgrößen für die einzelnen Ergebnisgrößen ermittelt werden.



Symmetriemodell der Pressentraverse mit Netz und Spannungen.

Durch die Integration in ANSYS Workbench lassen sich mit optiSLang for ANSYS systematische Designvariationen durchführen. Dabei wird der Analyseablauf für die einzelnen Designs im Zusammenspiel mit dem ANSYS Remote Solve Manager gesteuert. Eine hohe Effizienz ergibt sich einerseits durch die parallelisierte Berechnung jeder einzelnen Analyse und andererseits durch die simultane Berechnung mehrerer Designs, sodass eine erhebliche Beschleunigung erzielt wird.

Aufgrund der zunehmenden Bedeutung solcher systematischen Designvariationen bietet ANSYS eine Lizenzoption, die eine Vervielfältigung der verfügbaren Lizenzen ermöglicht. Dies wird durch die sogenannten ANSYS HPC Parametric Packs erreicht, bei denen nicht mehr für jede Analyse eine eigene Lizenz für ANSYS Mechanical oder ANSYS CFD notwendig ist. Stattdessen wird mit einer einzigen Solver-Lizenz in Kombination mit ANSYS HPC Parametric Pack die simultane Berechnung von 4, 8, 16, 32 oder bis zu 64 Designs möglich und beschleunigt so Sensitivitätsstudien, Optimierungen und Robust Design Analysen. Das damit erreichte bessere Produktverständnis hilft Ingenieuren, eine höhere Produktqualität bei kürzeren Entwicklungszeiten zu realisieren, und Controllern, die Wirtschaftlichkeit von CAE-Hardware und -Software zu steigern.

Ein Anwendungsbeispiel soll hier kurz erläutert werden: Bei der Entwicklung einer hydraulischen Presse ist eine Traverse so zu gestalten, dass eine hohe Präzision, eine geforderte Lebensdauer und ein möglichst geringer Energieverbrauch sichergestellt werden. Als Konsequenz müssen die Deformation, die Variation der Schraubenkräfte und das Gewicht minimiert werden, ohne die zulässigen Spannungen zu überschreiten. Mit der Simulation können die Zusammenhänge zwischen Designgrößen und Ergebnisgrößen erkannt werden.

Um mit möglichst wenigen Analysen die relevanten Zusammenhänge zu erfassen, werden die Analysen als Teil eines statistischen Versuchsplans (Design of Experiments, DoE) durchgeführt. Für die Bewertung von Trends und die Abwägung von Designkriterien können die berechneten Designs anhand der Ergebnisgrößen gefiltert werden, um ein geeignetes Design zu erhalten.

Weitere Informationen:
Nico Nagl
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-53
nnagl@cadfem.de

Fujitsu RDO-Cluster

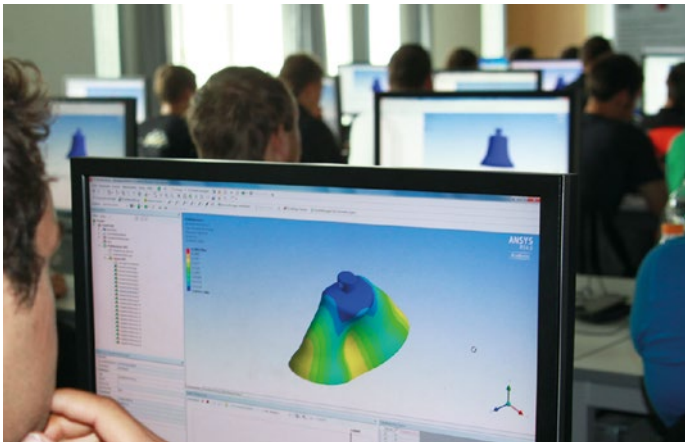
Bei dem hier aufgezeigten Anwendungsbeispiel kam eine von Fujitsu speziell für Robust Design Optimization (RDO) konfigurierte Cluster-Lösung zum Einsatz, die auf Rechenknoten mit hoher Parallelisierbarkeit basiert und von einem schnellen, lokalen Speicher unterstützt wird. Das RDO-Cluster eliminiert typische Engpässe traditioneller Hardware: Daten aus simultanen Berechnungen werden über eine breitbandige Infiniband-Verbindung an einen Hauptknoten übermittelt, an dem der Benutzer den Berechnungsfortschritt beobachten kann. Fujitsu-RDO-Hardwaresysteme sind bereits für DoE- und Optimierungs-Anwendungen vordefiniert und können bei Bedarf an individuelle Anforderungen angepasst werden.

Dieses Konzept wurde auf den **Weimarer Optimierungs- und Stochastik-Tagen** (6. bis 7. November 2014) vorgestellt. Details dazu können unter **www.dynardo.de/wost** heruntergeladen werden.

www.fujitsu.com/de/hpc
use.hpc@ts.fujitsu.com

FUJITSU

ANSYS für Studenten von **CADFEM Academic**



ANSYS und CADFEM fördern die Anwendung der ANSYS Software durch Studenten.

Erfahrungen mit der Simulationssoftware ANSYS sind für Studenten ein Beitrag zu einer praxisorientierten FEM-Ausbildung – und nach dem Studium manchmal auch ein Beitrag zu einer erfolgreichen Bewerbung. ANSYS und CADFEM fördern die Anwendung der ANSYS Software durch Studenten tatkräftig mit Lizenzen und Ausbildungsangeboten. Die meisten Hochschulen und Universitäten bieten ihren Studierenden den Zugang zur ANSYS Nutzung über einen Arbeitsplatz in entsprechend ausgerüsteten Labor- und Rechnerräumen. Wie ANSYS flexibel und auch für die Nutzung auf privaten Rechnern der Studierenden zur Verfügung gestellt werden kann, zeigt das Beispiel der Hochschule Ulm.

Im Fachbereich Mechatronik und Medizintechnik der Hochschule Ulm wird ANSYS Workbench für die verpflichtenden FEM-Lehrveranstaltungen (lineare und nichtlineare FEM) der Vertiefungsrichtungen Biomechanik, Mechatronische Systeme und Geräte, sowie im Masterstudiengang Medizintechnik eingesetzt. Um sowohl für die Vorlesungen als auch die Projektarbeiten den Studierenden eine einheitliche, jederzeit zugängliche und sehr leistungsfähige Arbeitsumgebung zur Verfügung zu stellen, wird ANSYS im Rechenzentrum der Hochschule Ulm auf einem virtualisierten Microsoft Windows Server 2012 R2 mit 64 GB Hauptspeicher und 16 CPUs in Form einer „RemoteApp“ bereitgestellt. Dabei können die Hardware-Ressourcen bei Bedarf jederzeit problemlos angepasst werden.

Eine „RemoteApp“ stellt nur die freigegebene Anwendung – hier also ANSYS – über das Remote-Desktop-Protocol (RDP) auf dem Client als Grafik dar. Die Modellierung, der Berechnungsvorgang sowie die Datenspeicherung erfolgt auf dem Server. Die Nutzung kann von jedem PC des Campus, aber auch über eine VPN-Verbindung (Virtual Private Network) vom privaten Rechner eines Studenten aus erfolgen. Dazu sind nur ein durchschnittlicher PC oder Laptop sowie eine Internet-Anbindung (mind. 3 Mbit) notwendig. Das Pilotprojekt läuft seit zwölf Monaten sehr stabil und erfreut sich hoher Akzeptanz und Nutzung durch die Studierenden.

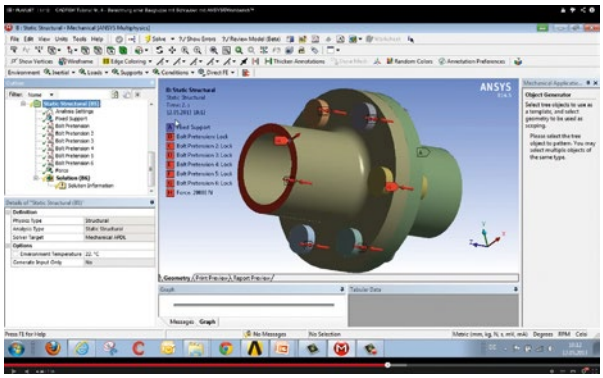
Auch die simultane Nutzung von bis zu 25 Lizenzen im Rahmen der FEM-Vorlesungen verläuft ohne nennenswerte Leistungseinschränkungen. Die „RemoteApp“-Technologie wird daher an der Hochschule Ulm auch zukünftig für ANSYS zur Anwendung kommen und wurde bereits auf andere Softwareprodukte ausgeweitet. Die Bereitstellung des Servers erfolgt durch das Rechenzentrum der Hochschule Ulm, die Administration des Windows-Servers und der ANSYS Anwendung durch den Betriebsleiter des Instituts für Konstruktion und CA-Techniken.

Einige andere Hochschul- und Universitätsstandorte stellen ihren Studierenden über VPN-Zugang zum Lizenz-Server des Standortes und/oder über die Lizenzausleihe (Borrow Funktion) ANSYS für eine flexible und individuelle Nutzung zur Verfügung. Mit neuen campusbezogenen ANSYS Produkten kann eine Kombination sowohl aus Lizenzen für die Forschung als auch zusätzlichen Lizenzen für die Lehre genutzt werden. Dadurch wird die Beschaffung von Lizenzen in ausreichender Menge erleichtert, sodass sich die ANSYS Zugänge zur individuellen Nutzung im Rahmen der Lehre sehr großzügig an Studierende weitergeben lassen.

Bei der Frage, wie Sie ANSYS den Studierenden bereitstellen können, oder falls Sie Information zu den campusenbezogenen Produkten haben möchten, sprechen Sie uns gerne an.

Weitere Informationen:
Tobias Menke
Tel. +49 (0) 511-39 06 03-20
tmenke@cadfem.de
www.cadfem-academic.com

ANSYS Tutorials im **CADFEM YouTube Kanal**



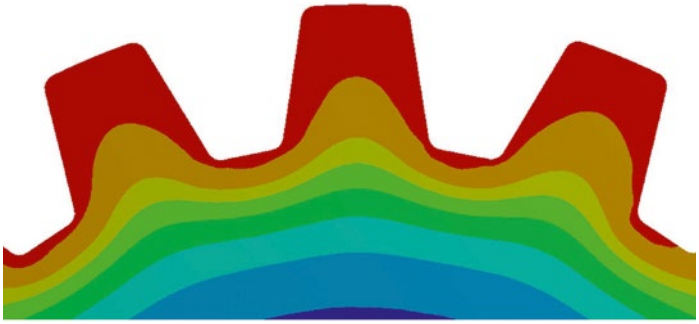
Seit einem Jahr werden im CADFEM Kanal auf You Tube regelmäßig deutschsprachige Kurztutorials zu diversen ANSYS Anwendungen veröffentlicht. Mittlerweile sind dort über 20 Videos verfügbar. ANSYS Interessierte finden im CADFEM Kanal ein breitgefächertes Tutorialangebot zu aktuellen Anwendungen.

Die Themenvielfalt reicht von Schraubenberechnungen über Thermal Management bis hin zur Simulation von elektrischen Maschinen. Dabei werden in wenigen Minuten Möglichkeiten und Vorgehensweisen verständlich und zielorientiert vermittelt. Insgesamt wurden unsere Videos schon über 50.000 Mal aufgerufen. Wir freuen uns sehr über den Zuspruch und die Popularität der Tutorials. Wenn Sie unseren Kanal noch nicht kennen, schauen Sie doch auch mal rein!

Weitere Informationen:
www.youtube.com/cadfem

CADFEM Webinar:

Induktive Erwärmung und Gefügeumwandlung



Ermittlung der Temperaturverteilung durch Simulation.

Die induktive Erwärmung hat durch die saubere, reproduzierbare Prozessführung, die hohe übertragbare Leistungsdichte und die gute Kontrollierbarkeit der Wärmezone einen festen Platz in der Wärmebehandlung, wenn es um gehärtete Bauteile geht. Dabei ist die optimale Bestimmung der Induktor-Form, der zugehörigen Stromstärke und -frequenz für das gewünschte Temperaturprofil und die daraus resultierende Gefügeumwandlung eine anspruchsvolle Aufgabe.

Durch eine Finite-Elemente-Simulation mit ANSYS Multiphysics, lassen sich das Hochfrequenzfeld, die induzierten Wirbelströme und lokalen Heizleistungen sowie die daraus resultierenden Temperaturfelder bereits am virtuellen Prototyp ermitteln. Für die starke Abhängigkeit der magnetischen und thermischen Materialeigenschaften von der Temperatur, bei gleichzeitig sehr unterschiedlichen Zeitskalen für die Magnetfeld- und die Temperaturfeldsimulation, bietet ANSYS eine genaue und wirtschaftliche Simulation dank selektiver Feldkopplung. Das so ermittelte Temperaturprofil ist die Grundlage für eine anschließende Gefügesimulation, sodass der gesamte Arbeitsprozess – vom Strom bis zum Gefüge – durch die virtuelle Wärmebehandlung rechnerintern prognostiziert und vorab optimiert werden kann.

In diesem Webinar erhalten Sie anhand der typischen Arbeitsschritte einen Einblick in die Simulation und Optimierung der induktiven Erwärmung und Gefügeumwandlung mit ANSYS. Außerdem wird gezeigt, wie man darauf aufbauend eine rechnerische Gefügeumwandlung des zu härtenden Bauteils durchführt. Dabei kommt ANSYS Multiphysics zum Einsatz.

Weitere Informationen:
www.cadfem.de/haerten

dynardo®
dynamic software & engineering

Software

optiSLang® for ANSYS®

Software für CAE-basierte Robust Design Optimierung (RDO) in der virtuellen Produktentwicklung

- Minimaler Aufwand bei der Konfiguration einer RDO-Analyse
- Sensitivitätsanalyse zur automatischen Identifikation der wichtigsten Parameter
- Multidisziplinäre Optimierung und Mehrzieloptimierung
- Robustheitsbewertung
- Anwendung auch bei nicht-linearem Systemverhalten und bei vielen Optimierungsparametern
- Minimierung von Solver-Aufrufen
- Effiziente Ergebnisauswertung

INSIDE

Produktpaket bestehend aus:
- optiSLang v4 inside ANSYS Workbench
- optiSLang v4 mit ANSYS Workbench node
- optiPlug (interfacing zwischen ANSYS und optiSLang v4)

Dynardo GmbH | Steubenstraße 25 | 9423 Weimar | Tel.: +49 (0) 3643 9008-30 | Fax: +49 (0) 3643 900839 | kontakt@dynardo.de | www.dynardo.de

Erster Preis in der Industrieforschung
für Dissertation von Dr. Jörg Neumeyer

Dr. Thomas Gräbener, Kurator der Stiftung Industrieforschung, überreicht Dr. Jörg Neumeyer die Urkunde für den 1. Preis der Stiftung Industrieforschung (Bild: Roland Rossner).

Die Stiftung Industrieforschung zeichnet hervorragende wissenschaftliche Arbeiten aus, die zugleich nützliche Ergebnisse für mittelständische Unternehmen erbringen. In diesem Jahr haben drei Forscher aus den Technikwissenschaften die Preise für wissenschaftliche Arbeiten der Stiftung Industrieforschung erhalten. Dr. Jörg Neumeyer, Dr. Verena Kräusel und Stefan Sommer ist eine besondere Symbiose gelungen: Eine wissenschaftlich innovative Abschlussarbeit zu erstellen, die nicht nur höchsten methodischen Kriterien genügt, sondern gleichzeitig einen unmittelbaren Nutzen für die industrielle Anwendung in mittelständischen Unternehmen hat. Vergeben wurden die Preise im Rahmen des Petersberger Industriedialogs in Königswinter vor 250 Wissenschaftlern und Unternehmern aus Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz.

Erster Preisträger ist Dr. Jörg Neumeyer, Mitarbeiter der CADFEM Geschäftsstelle in Hannover, der die Auszeichnung für seine Dissertation „Induktive Unterstützung von Hybrid-Schweißverfahren zum prozesssicheren und leistungsstarken Fügen dickwandiger Bauteile“ an der Fakultät für Elektrotechnik und Informatik der Leibniz Universität Hannover erhielt. In seiner Arbeit über das Schweißen von Blechen kombiniert Dr. Neumeyer Laserstrahlen mit dem Metallschutzgasschweißen und führt einen Induktor ein, der die Abkühlung der Schweißnaht so beeinflusst, dass diese möglichst wenig versprödet. Die Stiftung Industrieforschung lobt seine Arbeit, die „von einem überdurchschnittlichen wissenschaftlichen Charakter geprägt ist, wobei der Bezug zur Anwendung von dem Verfasser durchgehend gehalten wird. Herrn Neumeyer gelingt es sehr gut, die technische Herausforderung zu konkretisieren und daraus die bislang ungelösten Grundprobleme zu definieren.“

Die Preise der Stiftung Industrieforschung für wissenschaftliche Arbeiten sind mit insgesamt 15.000 Euro dotiert. Über ihre Vergabe entscheidet eine sechsköpfige Preisjury, die aus Unternehmern und Wissenschaftlern besteht. Entscheidendes Kriterium für die Preisvergabe ist die Kombination von wissenschaftlich hohem Niveau und Übertragbarkeit der Ergebnisse in die unternehmerische Praxis produzierender Unternehmen.

Weitere Informationen:
Dr.-Ing. Jörg Neumeyer
Tel. +49 (0) 511-39 06 03-31
jneumeyer@cadfem.de

CADFEM Austria: **Kooperation mit Kunststoff-Cluster**

Bild: Mathisa/shutterstock.com

Kunststoffe sind heutzutage aus der Produktion und Entwicklung nicht mehr wegzudenken. Allein im Jahr 2013 wurden weltweit 300 Millionen Tonnen Kunststoff verarbeitet. Vorangetrieben wird die Innovation in der Kunststoffindustrie durch Simulation. CADFEM Austria baut daher eine Kooperation mit dem Kunststoff-Cluster auf. Gestartet wird mit zwei Webinaren im November und Dezember zum Thema Simulation in der Kunststofftechnik.

Der Kunststoff-Cluster fördert, initiiert und koordiniert die Zusammenarbeit von Unternehmen in der österreichischen Kunststoff-Industrie. Das Thema Simulation sieht der Kunststoff-Cluster als wichtigen Innovationsfaktor, um den weltweiten Erfolg der österreichischen Kunststoffindustrie weiter auszubauen.

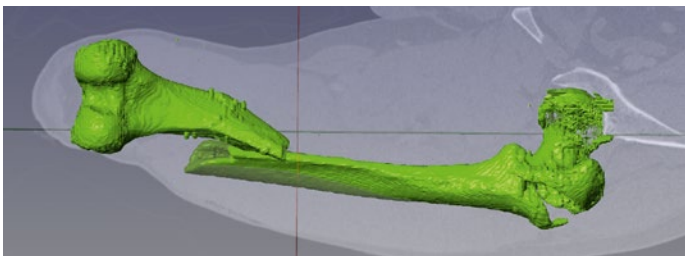
Kostenlose Info-Webinare:
Simulation von Werkzeugmaschinen & Werkzeugen in der Kunststofftechnik
25. November 2014, 10 bis 11 Uhr
Composite simulieren mit ANSYS Composite PrepPost
02. Dezember 2014, 10 bis 11 Uhr
www.cadfem.at/kunststofftechnik
www.kunststoff-cluster.at

Ein **„sozialer Tag“** bei CADFEM

Jannis wurde schnell zu einem fleißigen und tatkräftigen Mitarbeiter von CADFEM.

Ursprünglich malte sich Frau Friebe, die Mutter von Jannis Friebe, vermutlich nicht allzu große Chancen aus, für ihren Sohn anlässlich des bundesweiten „sozialen Tages“ einen Platz bei der CADFEM GmbH in Grafing zu ergattern. Allerdings kostet Fragen nichts und „unverhofft kommt oft“. So auch in diesem Fall. Der bundesweite Aktionstag basiert auf folgender Idee: „Einen Tag lang tauschen Schüler ihr Klassenzimmer gegen einen Arbeitsplatz und jobben für den guten Zweck. Den Erlös spenden sie für Hilfsprojekte auf dem Balkan. [...] Ob Wände streichen im väterlichen Büro, Rasen mähen beim Nachbarn oder den Kurier spielen für die Anwaltskanzlei um die Ecke: Ihren Job können die Schüler selbst wählen.“

Nach einigen Überlegungen, um die nicht alltägliche Anfrage zur Zufriedenheit aller zu beantworten, wurde Jannis die Möglichkeit eröffnet, seine Fähigkeiten im Biomedical-Bereich bei CADFEM einzubringen. Dabei wurde die menschliche Besonderheit an Jannis – das Asperger-Syndrom – nicht als Hindernis, sondern vielmehr als Chance betrachtet. Die ruhige und besonnene Art von Jannis, sein Interesse an Computern und Programmierung gepaart mit der schnellen Auffassungsgabe bei der Interaktion mit grafischen Bedienoberfläche der Software machten Jannis schnell zu einem fleißigen und tatkräftigen CADFEM Mitarbeiter. Zu seinen Aufgaben zählte unter anderem die Datenaufbereitung der CT-Scans von Knochen. Die Knochen werden aus Tomografiebildern schichtweise nachgezeichnet und zu einem 3D-Modell aufgebaut. Dieser Arbeitsschritt, auch Segmentierung genannt, ist unumgänglich, wenn im Anschluss eine FEM-Simulation, z. B. im Bereich Prothetik, erfolgt.



Das Ergebnis der Segmentierung eines Femur-Knochens.

Jannis berichtet: „Mein Tutor Alexander (Volf) erklärte mir alle Arbeitsschritte – und wenn ich Fragen hatte, konnte ich mich immer an ihn wenden. Ich habe zuvor noch nie mit Simulationen zu tun gehabt, kann mir aber vorstellen, später in diesem Bereich zu arbeiten.“ Bei dem Aktionstag im Jahr 2013 hat Jannis auf diese Weise mitgeholfen, eine Spendensumme von etwa 1,5 Mio. Euro zu erarbeiten. Auch in diesem Jahr durfte Jannis sein Talent erneut bei CADFEM einbringen. Seine Mutter ist begeistert, dass ihm die Türen bei CADFEM offenstehen. Sie ist sich sicher, dass dieser eine Tag in Grafing die Entwicklung von Jannis stark fördere, ihm eine ordentliche Portion Selbstvertrauen gebe und besser sei als jede Therapie.

Weitere Informationen:
www.schueler-helfen-leben.de

Neue Seminarräume bei CADFEM

Die neuen Seminarräume in Grafing bei München liegen in direkter Nachbarschaft der CADFEM Zentrale.

Aufgrund des großen Mitarbeiterzuwachses sind wir in der CADFEM Zentrale in Grafing bei München an unsere räumlichen Kapazitätsgrenzen gestoßen. Deshalb haben wir die Seminarräume mit insgesamt 20 Einzelarbeitsplätzen in ein attraktives Gebäude in direkter Nachbarschaft ausgelagert. Hier begrüßt Sie ab sofort in gewohnter Weise das CADFEM Seminarteam.

Nach dem Umzug der CADFEM Geschäftsstelle in Dortmund können wir Sie dort ab sofort in unseren neuen Räumlichkeiten an der Hafenpromenade willkommen heißen. Der Dortmunder Seminarraum ist mit 16 Einzelarbeitsplätzen ausgestattet. Selbstverständlich sind sämtliche Seminarräume von CADFEM auf dem neuesten Stand der Technik, beispielsweise durch die Einbindung der Arbeitsplätze in die CADFEM Seminar-Cloud.

Weitere Informationen:
www.cadfem.de/seminare

29th TechNet Alliance Meeting

The spring meeting 2014 took place in St. Julians, Malta.

Since 1998 TechNet Alliance invites its members twice a year to network meetings. Members share experiences, thoughts and plans with „like-minded" friends, contact new and interesting partners and give presentations.
The spring meeting 2014 took place in St. Julians, Malta, at the hotel "The Westin Dragonara Resort" on April 11th and 12th. 56 members attended the meeting.

After a welcome address from Günter Müller, Board Member of Technology Network Alliance AG and Josephine Farrugia from Malta Enterprises presentations from representatives of ANSYS, Inc., existing and potential new members were given.

Software News

- **Introduction and Critical Success Sectors,** Albrecht Gill, ANSYS Germany GmbH
- **European Channel Partners Update,** Shane Moeykens, ANSYS, Inc., USA
- **Engineering for Sustainment in Aerospace and Defense: Reducing Maintenance Costs and Improving Operational Availability,** Albrecht Gill, ANSYS Germany GmbH
- **CADFEM ANSYS Extensions,** Erke Wang, CADFEM GmbH, Germany
- **Connecting Injection Molding Simulation with ANSYS Workbench,** Harald Ruhland, Ricone GmbH, Germany
- **RBF Morph Software,** Marco E. Biancolini, University of Rome Tor Vergata, Italy
- **Providing an Experimental Basis in Support of Finite Element Analysis,** Hubert Lobo, DatapointLabs, USA

Corporate Member Presentations

- **Repair and Structural Bonding of Primary Structures made from CFRP,** Christian Hühne, DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Germany
- **Simulation of a High Pressure Compressor with Coupled Structural Computation,** Stefan Kuntzagk, Lufthansa Technik AG, Germany

Honorary Member Presentations

- **Sustainable Hydrogen,** Michael Gasik, Aalto University, Finland
- **Volcanic Ash: Friend or Foe,** Michael Gasik, Aalto University, Finland
- **FEA/CAE based Research at the Department of Mechanical Engineering,** Pierlugi Mollicone, Faculty of Engineering, University of Malta

Potential New Primary Members

- **Company Overview,** Ioana Tircomnicu-Unga, INAS SA, Romania
- **A Summary of CADFEM Americas' Business Strategy and Market Opportunities,** Massood Omrani, CADFEM Americas, Inc., USA

Networking, Excursion, Dinner

Besides the many interesting presentations there was still room for networking, a short sightseeing walk through downtown Mdina and two evening dinners at Malta restaurants.
Most exciting and informative was an excursion to Lufthansa Technik Malta, one of Lufthansa´s base maintenance sites for aircrafts.

If you are interested to become a member of TechNet Alliance please contact:

Christine Bundlechner
cbundlechner@cadfem.de
www.technet-alliance.com

ANSYS Electronics Simulation Conference (AESC)

Am 10. und 11. Februar 2015 findet in München die „ANSYS Electronics Simulation Conference (AESC)“ statt. Eingeladen sind sowohl Anwender von ANSYS Simulationsprodukte als auch Interessenten. Dazu gehören Lösungen wie ANSYS HFSS, ANSYS Simplorer, Esterel SCADE Suite, ANSYS SIwave, ANSYS Q3S, ANSYS Icepak und verwandte Apache Design Produkte.

Die Konferenz umfasst die Themenschwerpunkte Hochfrequenztechnik (RF und Antennen), Signalintegrität (inkl. Chip-Power-Integrität) und Leistungselektronik. Sie bietet eine sehr gute Möglichkeit, sich über die neuesten Simulationstrends im Elektronikbereich zu informieren und im Expertenkreis schnell und einfach zum Gedankenaustausch zusammenzufinden.

Vorträge für die Konferenz können bis zum 28. November 2014 eingereicht werden.

Weitere Informationen:
Barbara Frömmel, ANSYS Germany
barbara.froemmel@ansys.com
www.aesc-germany.com

ANSYS integriert **Modelica** in seine Simulationslösungen

ANSYS hat mit Modelon eine Zusammenarbeit vereinbart, um Modelica – eine Beschreibungssprache für die Verhaltensmodellierung von physikalischen Systemen, die als offener Standard breit akzeptiert wird – in die Simulationslösungen von ANSYS zu integrieren. Die Kombination der ANSYS Plattformen zur Systemsimulation und zur Entwicklung von Embedded Software mit der Modelica-Sprache und Modelica-basierten Bibliotheken zur Beschreibung des Systemverhaltens erlaubt es dem Nutzer, das Produktdesign noch besser vom kleinsten Detail bis zum kompletten System zu untersuchen.
Zusätzlich erhalten ANSYS Kunden Zugriff auf die FMI-Technologie (Functional Mock-up Interface) von Modelon. Das FMI wird von Industrieunternehmen verwendet, um Simulationsmodelle mit ihren Lieferanten auszutauschen und in virtuelle Systemprototypen zu integrieren, die getestet werden können, bevor physische Prototypen zur Verfügung stehen.

Weitere Informationen:
www.ansys.com

Nachruf: **Prof. Dr.-Ing. Wolf-Udo Zammert**

Nur wenige Tage nach seinem 65. Geburtstag ist Prof. Dr.-Ing. Wolf-Udo Zammert Ende August 2014 während seines Urlaubs in Fladungen (Rhön, Nordbayern) friedlich verstorben. Wolf-Udo Zammert war CADFEM seit zwei Jahrzehnten immer sehr verbunden, ein wichtiger Referent und Gestalter zahlreicher Seminare, außerdem aktives Mitglied im ANSYS User Club (AUC e.V.) und Ehrenmitglied der TechNet Alliance. Als wichtiger Ratgeber bei allen Fragestellungen zur Betriebsfestigkeit war er auch nach Eintritt in den Ruhestand immer mit CADFEM für Seminare, Firmenschulungen und Users´ Meetings unterwegs.

Nach seinem Maschinenbau-Studium an der RWTH Aachen Anfang der 1970er-Jahre begann er dort seine berufliche Karriere als wissenschaftlicher Assistent am Institut für Maschinenelemente und Konstruktion. Seine Promotion zum Dr.-Ing. an der Fakultät für Maschinenbau der RWTH Aachen erlangte er 1978 mit der Arbeit: „Ermittlung des Lebensdauerverhaltens von lötlosen Rohrverschraubungen bei mechanischen und hydraulischen Beanspruchungen“. Anschließend arbeitete er drei Jahre bei der Kolbenschmidt AG, Neckarsulm, als Teamleiter Werkstoffmechanik und stellvertretender Abteilungsleiter der Produktentwicklung.

Seit 1982 war er als Professor an der Fachhochschule für Technik Esslingen (FHTE; heute: Hochschule Esslingen) im Bereich Maschinenbau und Energieerzeugung tätig und lehrte unter anderem das Fach „Maschinenelemente und Konstruktion, CAD, FEA“. Zusätzlich übernahm er von 1995 bis 1998 am Jyväskylä Institute of Technology in Finnland eine Gastprofessur.

Prof. Zammert hat seit 1984 über 30 wissenschaftliche Publikationen veröffentlicht, darunter zwei Bücher, zudem auf nationalen und internationalen Veranstaltungen mehr als 20 Vorträge gehalten sowie über 25 verschiedene Seminare, unter anderem für CADFEM, durchgeführt. In seinem offiziellen Ruhestand (seit Dezember 2007) übernahm er weiterhin Consulting-Tätigkeiten in den Bereichen Lebensdauerberechnung, FEA für konstruktionsbegleitende Berechnungen und Anwendung von statistischen Methoden in technischen Versuchen.

Wolf-Udo Zammert erlebten wir als großartige Persönlichkeit und als einen wunderbaren Menschen, mit dem wir immer sehr gerne zusammengearbeitet haben. Er hinterlässt bei uns eine Lücke und wir werden nicht nur die Zusammenarbeit mit ihm sehr vermissen. Deshalb trauern wir mit seiner Familie.

CADFEM GmbH
ANSYS Germany GmbH
TechNet Alliance
AUC e.V.

AdCo: Ein weiterer Knoten im CADFEM Netzwerk

Neueste Erkenntnisse und Methoden

Die AdCo Engineering[GW] GmbH hat kürzlich eine Zusammenarbeit mit ANSYS, Inc. vereinbart. Zusammengebracht wurden die beiden kompetenten Partner durch die CADFEM GmbH, die diese Kooperation auch intensiv begleiten wird.

Gegründet wurde die Advanced Computational Engineering[GW] GmbH, um den Transfer von neuesten Erkenntnissen und Methoden aus der Wissenschaft in die industrielle Anwendung zu beschleunigen oder gar erst zu ermöglichen. Nunmehr wird diese Kompetenz auch in eine Kooperation mit ANSYS eingebracht. Methoden für die Simulation von Kontaktproblemen, die einen großen Anwenderkreis in Deutschland und in der Welt haben, werden der erste gemeinsame Entwicklungsschwerpunkt sein.

Problemlösung bei der Kontaktmechanik

Kontakte treten in einer Vielzahl von technischen Systemen bzw. Maschinenteilen auf, z. B. bei Zahnrädern, Lagern, Wellen, Dichtungen oder auch Fahrzeugreifen. De facto sind erstaunlich wenige nichtlineare Problemstellungen vorhanden, in denen Kontaktmechanik nicht in irgendeiner Form eine Rolle spielt und die Problemlösung erschwert. Denn die numerische Simulation von Kontaktproblemen stellt besonders hohe Anforderungen an die zu verwendenden Simulationsansätze. AdCo wird die Weiterentwicklung der bereits in ANSYS vorhandenen Löser für Fragestellungen der Kontaktmechanik durch Verwendung neuartiger Methoden basierend auf dualen Lagrange-Ansätzen mit Blick auf eine erhöhte Genauigkeit, Robustheit und Effizienz unterstützen.

Die Kooperation zwischen ANSYS und AdCo ist als langfristige Zusammenarbeit angelegt, die sich zunächst mit Kontaktproblemen beschäftigt. In den kommenden Jahren werden im Rahmen dieser Partnerschaft weitere Entwicklungen in verschiedensten Anwendungsbereichen, in denen AdCo eine besondere Expertise vorzuweisen hat, vorangetrieben.

Spin-off der Technischen Universität München

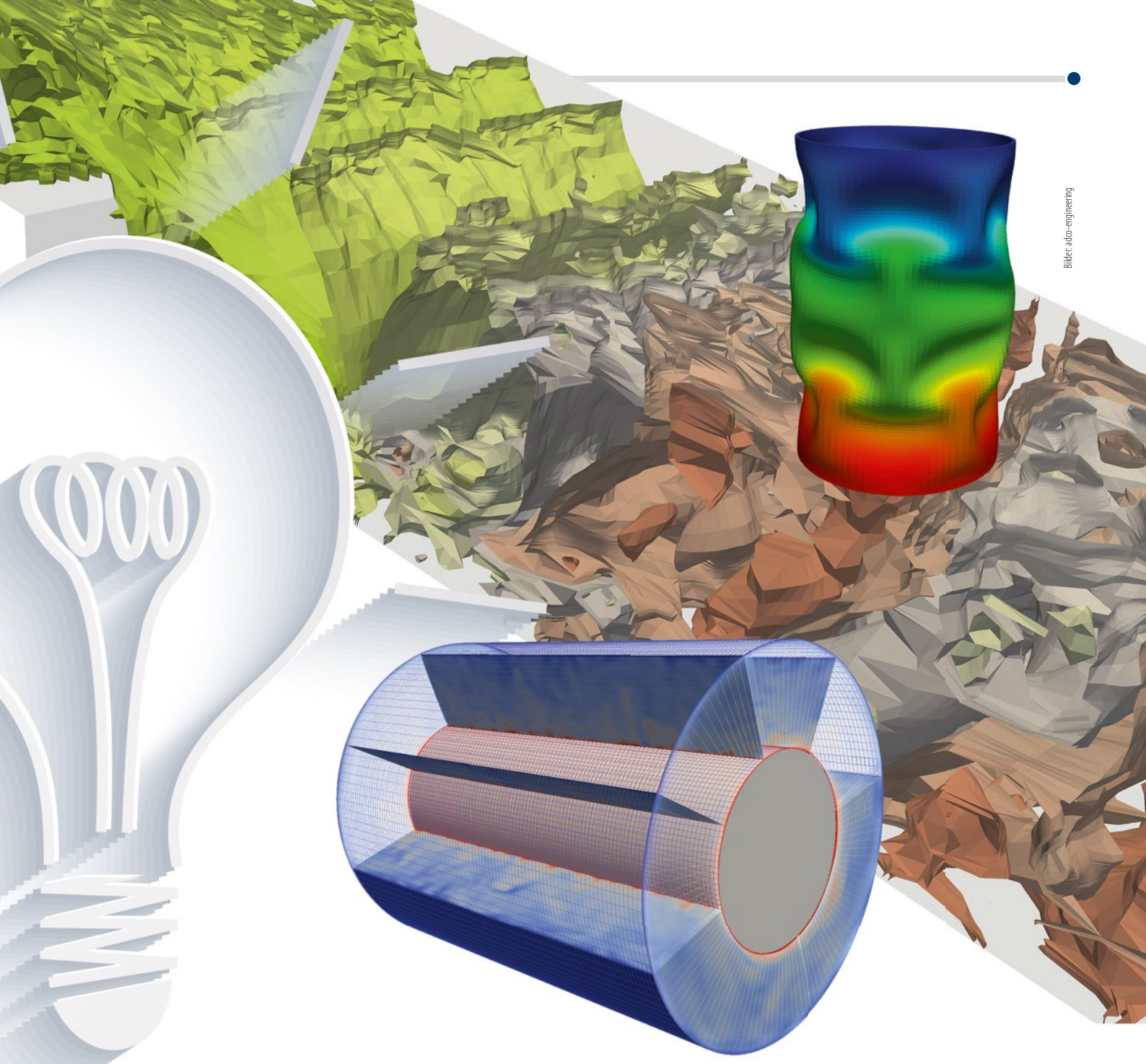
Die AdCo Engineering[GW] GmbH wurde im Jahr 2011 als Spin-off des Lehrstuhls für Numerische Mechanik der Technischen Universität München, einem der weltweit führenden wissenschaftlichen Institute im Bereich der numerischen Mechanik und des Computer-Aided Engineering (CAE), gegründet. Der Lehrstuhl für Numerische Mechanik, geleitet von Prof. Dr.-Ing. Wolfgang A. Wall, ist eines der wenigen wissenschaftlichen Institute weltweit, die originär und international führend computerbasierte Methoden für nahezu das gesamte Spektrum der Ingenieursanwendungen entwickeln und anwenden – von der Festkörper- über die Fluidmechanik sowie gekoppelte Mehrfeld- und Mehrskalenprobleme bis hin zum biomedizinischen Bereich.

Mit Hilfe von AdCo wird nunmehr der Transfer neuartigster und fortgeschrittenster Simulationsmethoden in die industrielle Anwendung unterstützt – ungeachtet dessen, ob es sich beim Kunden um ein kleines bzw. mittelständisches Unternehmen (KMU) oder einen internationalen Konzern handelt. Entscheidend dabei ist, dass durch die einzigartige Expertise des Unternehmens bei der Vielzahl an Neuerungen im wissenschaftlichen Bereich die „Spreu vom Weizen" getrennt werden kann; somit werden nur die wirklich vielversprechenden Ansätze verfolgt, deren Tauglichkeit für die jeweilige Problemstellung sich bereits erwiesen hat oder konkret absehbar ist.

„Der Transfer neuartigster und fortgeschrittenster Simulationsmethoden in die industrielle Anwendung wird von AdCo unterstützt."

Auf dieser Basis bietet AdCo computerbasierte Dienstleistungen in einem breiten Spektrum von Anwendungsgebieten an, beispielsweise für Festkörper- und Strukturdynamik, Strömungsmechanik (u. a. Ein- und Mehrphasenströmungen, laminare und turbulente Strömungen, reaktive und nichtreaktive Strömungen), Thermomechanik, Kontaktmechanik, Fluid-Struktur-Interaktion, Thermo-Fluid-Struktur-Interaktion, Biomechanik und Elektrochemie.

Bild: Mr. Aesthetics/shutterstock.com



Bilder: adco-engineering

Lösungen jenseits von Standardansätzen

Wie die vorstehende Auswahl zeigt, stellt die Simulation sogenannter Multiphysics-Fragestellungen einen Schwerpunkt des Portfolios dar. Falls eine Simulation derartiger Szenarien mit Standardlösungen nicht möglich ist – eine Situation, die bei Multiphysics-Problemen sehr häufig auftritt – entwickelt AdCo für seine Kunden effiziente Lösungen jenseits von Standardansätzen. Insgesamt unterstützt das Unternehmen seine Kunden in verschiedenster Form: von der kompletten Projektdurchführung über individuelle Software-Entwicklung, Beratung, spezielle Forschung und Entwicklung bis hin zur Schulung.

Mit vielen Partnern sowohl aus dem universitären Bereich als auch aus dem Anwendungsbereich, wie im Fall der hier dargestellten speziellen Zusammenarbeit mit der CADFEM GmbH und ANSYS, Inc., verfügt die AdCo Engineering[GW] GmbH über hervorragende Kontakte sowie ein internationales Expertennetzwerk im CAE-Bereich. Ein Teil der vom Unternehmen mitentwickelten und angewendeten Methoden wurde u. a. in einem Hauptvortrag auf dem kürzlich gemeinsam von ANSYS und CADFEM in Nürnberg abgehaltenen diesjährigen Users' Meeting der interessierten Öffentlichkeit vorgestellt. Darüber hinaus wird beispielsweise der AdCo-Geschäftsführer Dr.-Ing. Volker Gravemeier ab dem Jahr 2015 die Lehre im Masterstudiengang „Applied Computational Mechanics", der von CADFEM esocaet organisiert wird, durch einen Kurs zu „Advanced Computational Fluid Dynamics" unterstützen.

InfoUnternehmen
www.adco-engineering-gw.com

AdCo GW ENGINEERING

InfoAnsprechpartner | AdCo
Dr.-Ing. Volker Gravemeier
Tel. +49 (0) 89-54 84-22 60
gravemeier@adco-engineering-gw.com

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Christine Bundlechner
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-97
cbundlechner@cadfem.de

Simulation von Antennen

Die perfekte Welle

Seit über hundert Jahren dienen Antennen zur Abstrahlung und zum Empfang elektromagnetischer Wellen, oft für die drahtlose Kommunikation, die heute in vielen Bereichen zum Standard geworden ist. Früher waren Antennen auf allen Dächern präsent und sichtbar. Heute sind sie oft klein und unscheinbar geworden und kaum noch zu sehen, aber umso präsenter. Die Anforderungen, die mit dem Trend zu immer kleineren Antennen einhergehen, kann der Antennenentwickler mit ANSYS HFSS zur numerischen 3D-Simulation hochfrequenter elektromagnetischer Felder meistern.

Heute sind Antennen in den verschiedensten Anwendungsbereichen allgegenwärtig: Vom Radio über WLAN-Systeme und RFID sowie die Car-to-Car-Kommunikation und Radaranlagen bis zu medizintechnischen Geräten wie den Kernspintomographen. Als passive Strukturen strahlen Antennen die durch Zuleitungen kommenden Signale in den Raum ab oder nehmen umgekehrt Signale in Form von Strahlung auf und speisen sie in Leitungen ein. Die abgestrahlten Signale sind elektromagnetische Wellen. Aber auch durch die Leitungen breiten sich die Signale als leitungsgebundene elektromagnetische Wellen aus, das heißt als sinusförmige Spannungs- und Stromsignale. Eine Antenne wandelt also leitungsgebundene in sich frei ausbreitende Wellen um und umgekehrt.

Die erste und einfachste Antenne ist die Hertz'sche Dipol-Antenne, ein Metallstab, der in zwei Hälften geteilt ist und in der Mitte mit einem Signal bespeist wird. Eine solche Dipolantenne kann als Kombination der Induktivität des Metallstabs und der Kapazität zwischen den Stab-Enden angesehen werden, funktioniert also als Schwingkreis. Wird dieser Schwingkreis in Resonanz betrieben, fließen auch bei kleinen Eingangssignalen große Ströme. Diese wiederum erzeugen große elektromagnetische Felder, die sich im freien Raum mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten.

Die Resonanz kann auch als stehende Welle auf dem Dipol angesehen werden, wobei der Dipol eine halbe Wellenlänge lang ist. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass die geometrische Dimension der Antenne auf die gewünschte(n) Resonanzfrequenz(en) abzustimmen ist. Anders ausgedrückt muss ein gut angepasster Übergang einer Eingangsimpedanz (50 Ω) auf den Wellenwiderstand des freien Raums (377 Ω) realisiert werden. Natürlich wurde die Dipol-Antenne in den letzten hundert Jahren je nach Anwendung in die verschiedensten Richtungen weiterentwickelt:

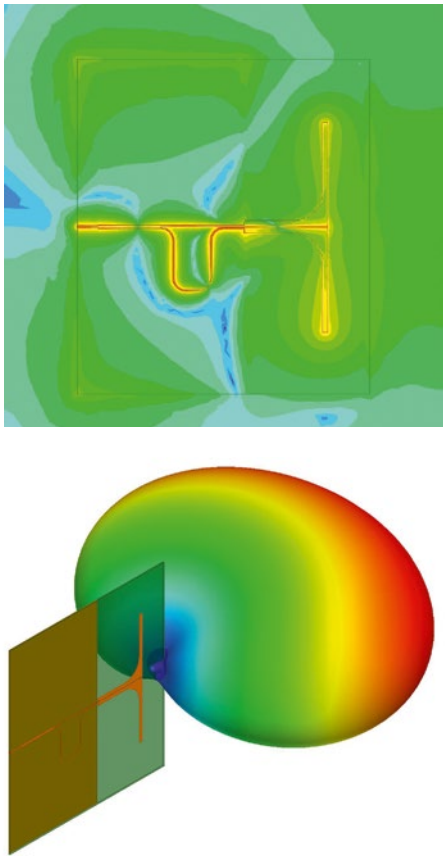
1. Antennen werden mehr und mehr integriert und miniaturisiert. Beispielsweise werden sie auf Leiterplatten gedruckt oder in Gehäuse von Geräten integriert. Die Miniaturisierung führt dazu, dass die Dimensionen einer Antenne wesentlich kleiner als eine halbe Wellenlänge sein müssen. Außerdem sind bei der Integration ungewollte Wechselwirkungen mit der restlichen Elektronik zu vermeiden.
2. Je nach Anwendung müssen Antennen an ein breites Frequenzband oder an ein oder mehrere schmalere Frequenzbänder angepasst werden. Die Anpassung auf mehrere Frequenzbänder ist auch im Zusammenhang mit der Integration mehrerer Wireless-Funktionalitäten (drahtlose Kommunikation) in sogenannten Mobile Devices (tragbare Geräte) wichtig.

Bild: JK/shutterstock.com

3. Außerdem sind die Anforderungen an die Richtcharakteristik einer Antenne entsprechend der jeweiligen Anwendung sehr unterschiedlich. Für Mobile Devices sollte die Abstrahlung gleichmäßig in alle Richtungen erfolgen, wogegen ein Mobilfunk-Sendemast möglichst nur einen Sektor, den aber gleichmäßig abdecken sollte. In der Satellitenkommunikation ist die Richtcharakteristik besonders scharf, da die Signale über sehr weite Distanzen gesendet werden müssen.

Um diesen vielfältigen Anforderungen gerecht zu werden, wurden sehr verschiedene Antennenformen entwickelt: Patch-Antennen, Schlitz-Antennen, Apertur-Strahler, Antennen-Arrays, Vivaldi-Antennen und viele andere.

Im Unterschied zur Dipol-Antenne sind diese Antennen analytisch nur noch sehr schwierig oder gar nicht mehr zu verstehen. Außerdem werden die Anforderungen immer umfassender. Diese Herausforderung lässt sich mit der Simulationssoftware ANSYS HFSS meistern, die speziell für die 3D-Simulation hochfrequenter elektromagnetischer Felder entwickelt wurde. ANSYS HFSS ermöglicht durch parametrische Variantenstudien eine robuste Auslegung des Designs auf Basis einer auto-adaptiven Vernetzungstechnologie. Damit können bei komplexen Antennen Ergebnisse in hoher Qualität erzielt werden. Zusätzlich können auch die Wechselwirkungen sich möglicherweise widersprechender Zielgrößen wie Bauraum, Frequenzband und Abstrahlcharakteristik untersucht werden.



Quelle: CADFEM

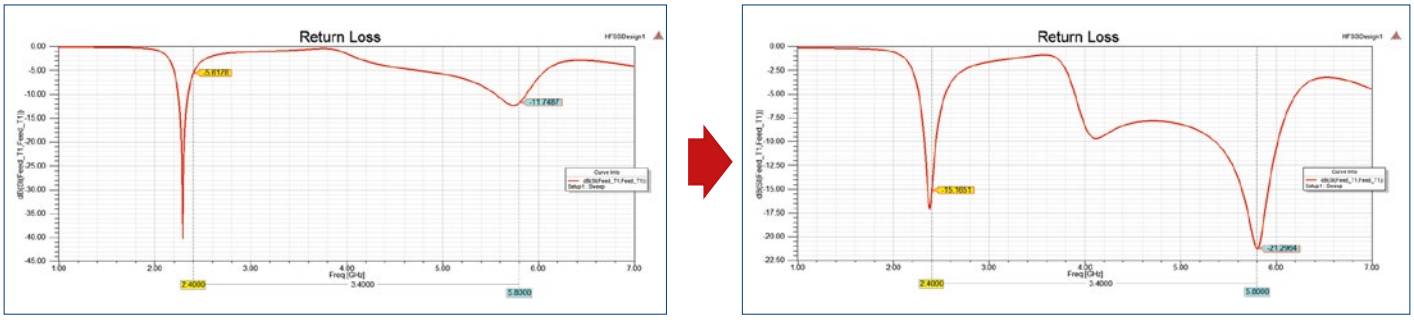
Bild 1: Feldbild (oben) und Abstrahlcharakteristik einer gedruckten Dipol-Antenne mit Speisenetzwerk (unten).

Einsatz von leistungsstarken Gleichungslösern

In den meisten Fällen ist es jedoch mit der Auslegung der Antenne noch lange nicht getan, denn beispielsweise hängt die Funktion einer Antenne sehr stark von ihrer Positionierung ab. Wenn etwa eine gut angepasste Antenne in die Rückleuchte eines Autos integriert wird, können Reflexionen an der Karosserie den Wirkungsgrad einschränken. ANSYS HFSS arbeitet mit leistungsstarken Gleichungslösern, beispielsweise mit dem sogenannten „Domain Decomposition“ oder einem Finite-Elemente-Rand-Integral-Hybridlöser. Damit können auch sehr komplexe Aufgaben gelöst werden, zum Beispiel die Platzierung eines GPS-Empfängers in einem Fahrzeug.

Zusätzlich ist zu beachten, dass ein Antennensystem nicht nur aus der Antenne besteht, sondern auch aus einem Speisungsnetzwerk – das je nach Anwendung Koppler, Filter und Zirkulatoren enthält – sowie aus Transmittern und Empfängern, die ebenfalls bei der Auslegung zu berücksichtigen sind. Zunächst können die Bausteine eines Speisungsnetzwerks einzeln in ANSYS HFSS simuliert und ausgelegt werden. Speziell bei auf Leiterplatten integrierten Antennen besteht teilweise eine große Wechselwirkung zwischen den einzelnen Komponenten, sodass das Antennensystem zur Feinabstimmung der Antenne mit dem Speisenetzwerk noch einmal in Feldsimulationen des Gesamtsystems optimiert werden muss. Die in den ANSYS Electronics Desktop integrierte Funktionalität erlaubt es, das gesamte Antennensystem auf der Grundlage eines Baukastenprinzips auf sehr effiziente Weise zu entwickeln und dieses sowohl im Zeit- als auch im Frequenzbereich auf alle Anforderungen hin zu untersuchen.

Der hier aufgezeigte durchgängig parametrische Workflow – von der Berechnung der einzelnen Komponente bis zur Untersuchung des Gesamtsystems – verdeutlicht, dass sich komplette Antennensysteme als virtuelle Prototypen systematisch analysieren und optimieren lassen. Auf diese Weise können schon in einer sehr frühen Entwicklungsphase wichtige Entscheidungen fundiert getroffen werden – mit einem umfassenden Verständnis des physikalischen Verhaltens des Antennendesigns.



Quelle: CADFEM

Bild 2: Anpassung der Reflexionsdämpfung einer Dualband-Antenne auf zwei gegebene Frequenzbänder bei 2,4 GHz und 5,8 GHz.

InfoAutor
Christian Römelsberger, CADFEM GmbH

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Marc Vidal
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-18
mvidal@cadfem.de

InfoVerwendete Software
ANSYS Electronics Desktop, ANSYS HFSS

InfoVeranstaltung
ANSYS Electronics Simulation Conference (AESC)
www.aesc-germany.com

InfoWebinar
HF-Simulation von Antennen
www.cadfem.de/antennen-webinar

HF-Simulation der Leiterplatte zur Layout-Optimierung

Ziel: Integrität

Leiterplatten sind die einzige praktikable Art, im industriellen Maßstab elektronische Schaltungen aufzubauen. Die vielfältigen Anwendungsgebiete der Schaltungen reichen von der Leistungselektronik über analoge Elektronik bis hin zur Digitaltechnik. Aber genauso vielfältig sind auch die Anforderungen beziehungsweise Herausforderungen bei der Entwicklung geeigneter Leiterplatten, die jedoch mit Hilfe von Simulationslösungen besser und schneller gemeistert werden können.

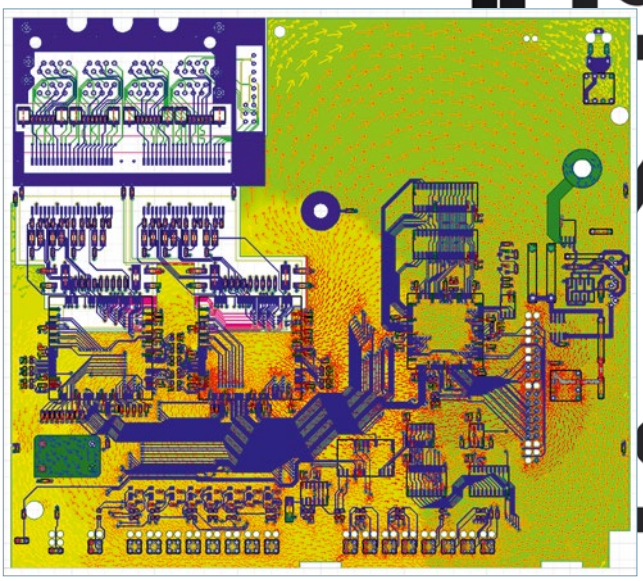


Bild 1: DC Strom- und Spannungsverteilung zur Versorgung eines IC.

Die Herausforderungen lassen sich nach wirtschaftlichen – in sehr vielen Fällen muss die Elektronik preisgünstig sein – und technischen Gesichtspunkten unterteilen. Technisch gesehen muss eine Leiterplatte, auch Platine genannt, zum einen zuverlässig ihre vorgesehene Funktion erfüllen: Die elektronische Schaltung muss funktionieren und dazu gehört in vielen Fällen auch ein gutes Wärmemanagement. Zum anderen muss eine Leiterplatte prozesstechnisch fertigbar sein. In diesem Artikel sollen hauptsächlich die Aspekte der elektronischen Funktionalität betrachtet werden. Diesbezüglich sind drei zentrale Herausforderungen zu meistern: Power-Integrität (PI), Signalintegrität (SI) und elektromagnetische Verträglichkeit/Interferenz (EMV).

Power-Integrität

Zur Stromversorgung von integrierten Schaltungen (IC) und anderen Bauteilen enthalten viele Schaltungen ein Versorgungsnetz (VCC) und ein Massenetz (GND). Da sich fast alle Teile der Schaltung auf die Erde beziehen und die Versorgungsnetze als gute Strompfade ausgelegt sein müssen, werden diesen Netzen meist eigene Lagen in der Leiterplatte zugewiesen, die sie fast komplett ausfüllen. Durch diesen Aufbau sind die Pfade möglichst niederohmig, sodass sich geringe Spannungs- und Leistungsverluste in der Versorgung ergeben. Natürlich haben diese Kupferlagen auch eine hohe thermische Leitfähigkeit und helfen dabei, Bauteile zu entwärmen.

Oft werden VCC und GND wegen der Durchführung von Signalleitungen mit Hilfe von Durchkontaktierungen (Vias: Vertical interconnect access) unterbrochen oder Bereiche der Schaltung getrennt, um die gegenseitige Beeinflussung zu reduzieren. Der Einfluss solcher Verengungen von Strompfaden auf den Spannungsabfall, der von der Spannungsquelle (VRM – Voltage Regulator Module) zum Verbraucher (IC) auf der Leiterplatte auftritt, kann mittels des DC-Lösers in der Simulationssoftware ANSYS SIwave berechnet werden. Dies erlaubt eine elektrische Beurteilung des Power Delivery Systems. Anhand der Stromverteilung lassen sich auf diese Weise Hotspots (hohe Stromdichten) identifizieren und im Nachgang verbessern (Bild 1).

Die flächigen Power- und Masseebenen wirken auch wie Kondensatoren und bei höheren Frequenzen können im System stehende Wellen angeregt werden. Solche Resonanzen entstehen speziell dann, wenn ICs Leistung aus dem Versorgungsnetzwerk getaktet entnehmen. Dies kann dazu führen, dass das IC zu bestimmten Zeitpunkten nicht die benötigte Versorgungsspannung geliefert bekommt und ausfällt. Solche dynamischen Effekte lassen sich mit ANSYS SIwave auf verschiedene Weisen berechnen und bewerten.

In einem ersten Schritt können Resonanzfrequenzen und dazugehörige stehende Wellen zwischen den Power- und Massenetzen bestimmt werden. Diese Information lässt sich noch durch den Frequenzverlauf der Impedanz von Zuleitungspfaden zu bestimmten IC ergänzen. Meistens sind Spezifikationen für diesen Verlauf vorhanden. Die Analysen erlauben sowohl die Bewertung eines Power Delivery Netzwerks als auch die Verbesserung durch Platzierung von Entkopplungskondensatoren. Als Optimierungswerkzeug, das auch wirtschaftliche Gesichtspunkte berücksichtigt, steht zusätzlich der PI Advisor zur Verfügung. Ebenso kann das Verhalten des IC in einer transienten Simulation von Spannungsverläufen berücksichtigt werden.

Signalintegrität

Mit wachsenden Datenraten steigen auch die Frequenzen, die zur Übertragung der Signale benötigt werden. Dies führt dazu,

Bild: Ilebbd/shutterstock.com

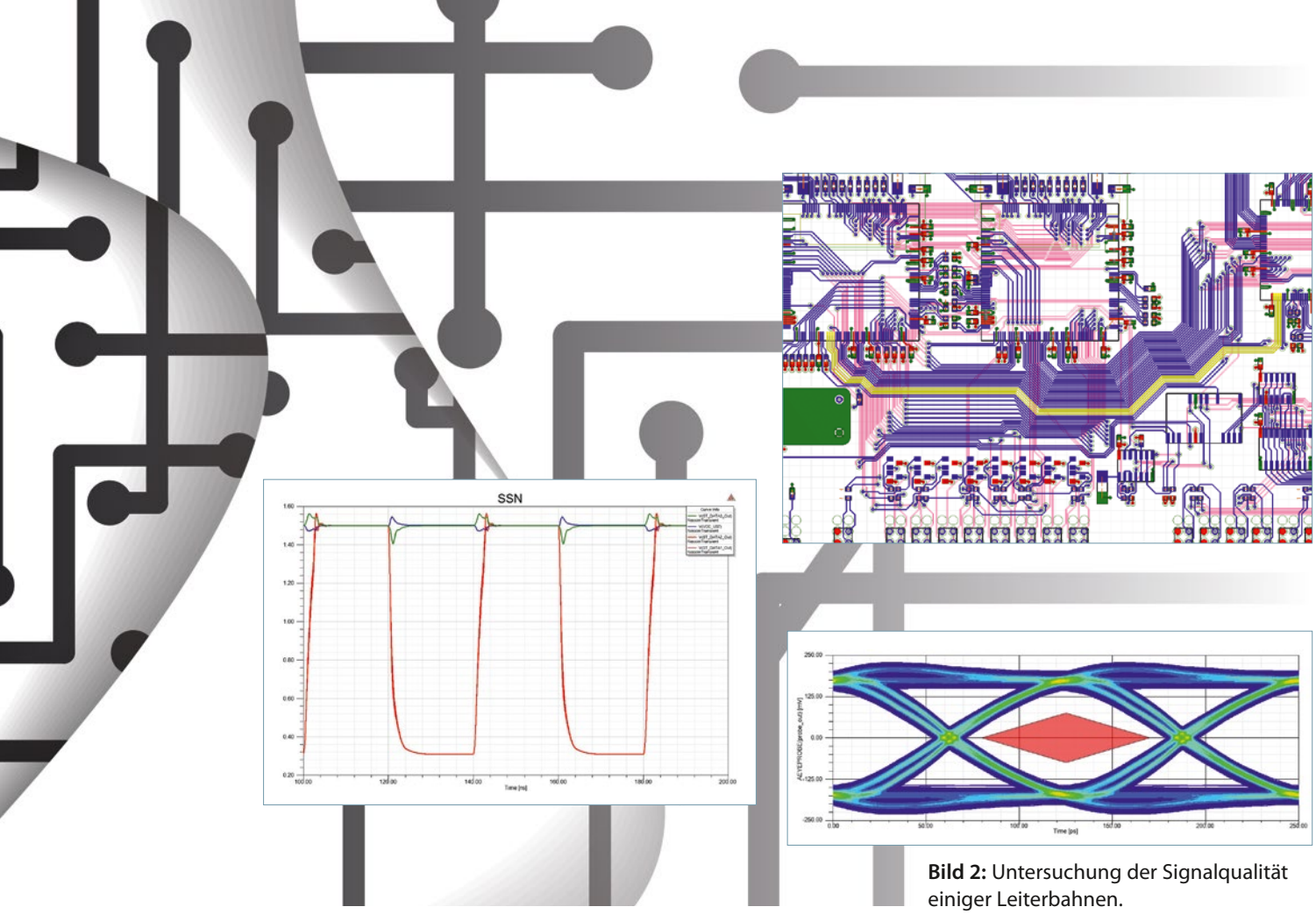


Bild: ANSYS, Inc.

Bild 2: Untersuchung der Signalqualität einiger Leiterbahnen.

dass die Welleneffekte bei der Ausbreitung von Signalen immer dominanter werden und folglich zu berücksichtigen sind. Signale breiten sich in Form von leitungsgebundenen Wellen entlang der Leiterbahnen aus. Hierbei kann es Reflexionen und Streuungen an Störstellen wie Vias oder Kurven/Krümmungen geben. Die Streuung von Wellen kann auch zum Übersprechen auf andere Leiterbahnen führen. ANSYS SIwave bietet sowohl die Möglichkeit, das Übertragungsverhalten von Leiterbahnen im Frequenzbereich durch S-Parameter zu beschreiben, als auch die TDR-Impedanz (Time Domain Reflectometry) zu bestimmen, d.h. die Störstellen anhand von Änderungen der charakteristischen Impedanz entlang der Leiterbahnen zu identifizieren.

In realen Schaltungen äußert sich die Signalintegrität z.B. auch dadurch, dass digitale Signale, die als Spannungssignale von einem IC erzeugt werden, entlang der Leiterbahn nicht so sehr degradieren, dass sie nicht mehr erkannt werden können. Dies kann in Form eines Datenauges dargestellt werden und durch Bit Error Rates quantifiziert werden. In der ANSYS Electromagnetics Suite lassen sich aber auch Simultaneous Switching Noise und andere Größen untersuchen, die die Signalqualität beschreiben.

Elektromagnetische Verträglichkeit – EMV

Ein weiteres wichtiges Thema im Design von Schaltungslayouts ist die elektromagnetische Verträglichkeit, die sicherstellt, dass sich elektronische Geräte nicht gegenseitig auf ungewollte Weise beeinflussen und so die Funktion beeinträchtigen. Dies kann beispielsweise durch Untersuchung der strahlungs- und leitungsgebundenen Emissionen beziehungsweise durch Untersuchung der Störfestigkeit gegenüber Einstrahlung gewährleistet werden.

Der Ursprung solcher Störungen liegt in hochfrequenten Signalen in der Schaltung, die z.B. von Grundfrequenzen und speziell Schaltflanken leistungselektronischer oder digitaler Signale herrühren. Diese Signale breiten sich auf der Leiterplatte entlang von Leiterbahnen oder auch in VCC- und GND-Lagen aus und koppeln sich auf induktive bzw. kapazitive Weise in andere Netze ein.

Wie schon im Zusammenhang mit der Signalintegrität bemerkt wurde, können hochfrequente Störungen auch gestreut werden, was zur Abstrahlung in den Raum führt. Speziell bei Resonanzen in der Leiterplatte wirken die beteiligten Netze als Antenne für die Abstrahlung und auch für die Einstrahlung.

Die ANSYS Electromagnetics Suite bietet einen durchgängigen Workflow für EMV-Berechnungen: eine gute Anbindung an gängige Layoutsysteme, leistungsstarke Feldlöser zur Bestimmung des Übertragungs- und Abstrahlverhaltens von Leiterplatten und Schaltungsaufbauten sowie eine gute Anbindung an Schaltungssimulatoren, um in einer Systemsimulation die Störsignale zu analysieren. Insgesamt gesehen verfügt ANSYS über eine umfassende Simulationslösung für den Leiterplattenentwickler – sowohl im elektromagnetischen Bereich als auch im thermischen und strukturmechanischen Bereich, wo Festigkeit, Zuverlässigkeit und die Bewertung von Fertigungsprozessen von Interesse sind.

InfoAutor
Christian Römelsberger, CADFEM GmbH

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Marc Vidal
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-18
mvidal@cadfem.de

InfoVerwendete Software
ANSYS Electronics Desktop, ANSYS HFSS

InfoVeranstaltung
ANSYS Electronics Simulation Conference (AESC)
www.aesc-germany.com

Teil 1: Numerische Simulation in der Verbindungtechnik – Kleben

Der Stoff, der alles zusammenhält

Das Fügeverfahren Kleben wird in den unterschiedlichsten Branchen angewendet. Aufgrund der hohen Anforderungen an die Auslegung von geklebten Fügestellen bietet die Simulation wertvolle Hinweise für deren Gestaltung und Bewertung und leistet so einen wichtigen Beitrag zur Sicherung einer hohen Produktqualität.

Klebe-, Schweiß- und Schraubverbindungen numerisch simulieren

Verbindende Elemente

Hohe Qualitätsanforderungen an Produkteigenschaften, Produktsicherheit und Kosteneffizienz erfordern die Absicherung von Bauteileigenschaften bereits in frühen Entwicklungsphasen. Die numerische Simulation basierend auf der FEM (Finite-Elemente-Methode) ist ein etabliertes Verfahren, das Entwicklungsingenieuren in verschiedensten Branchen nutzen, z. B. im Fahrzeugbau, in der Luftfahrt oder im Maschinenbau, um das Verhalten ihrer Produkte zu verstehen und zu verbessern. Der weitreichende Einsatz von Verbindungstechniken (auch Fügetechniken genannt) wie **Schweißen, Kleben** oder **Schrauben** erfordert, dass auch diese in der Produktsimulation mit abgebildet und nach dem Stand der Technik bewertet werden. **Die drei folgenden Artikel geben einen Einblick in die jeweiligen technischen Einsatzmöglichkeiten.**

Zentrale Aussagen über Klebeverbindungen – unabhängig davon, ob es sich um verklebte Tragstrukturen im Fahrzeugbau, Implantate in der Medizintechnik, Glaselemente oder Holzlaminatträger im Baubereich, Magnete und Schleifringe in Elektromotoren oder Bauelemente in der Elektronik handelt – betreffen deren Festigkeit, um die übertragbaren Lasten zu quantifizieren. Aber auch der Einfluss der Klebeverbindung auf die Produkteigenschaften der Baugruppe, z. B. den Verzug durch Schrumpfung des Klebstoffs, wird untersucht, um die Produktqualität zu sichern. Zur Simulation von Klebeverbindungen werden zwei Modellierungsansätze genutzt, und zwar Materialmodelle oder Interface-Elemente.

Nutzung von Materialmodellen

Bei Materialmodellen wird die Klebeschicht geometrisch aufgelöst, entsprechend fein vernetzt und mit einem Materialverhalten versehen, das den gewünschten Effekt widerspiegeln kann. Typische Eigenschaften, die in ANSYS berücksichtigt werden:

- **Viskoelastizität,** dabei tritt neben einer instantanen Deformation der Klebeschicht eine zeitlich etwas verzögerte Verformung auf.
- **Kriechen,** hier führen kontinuierlich angreifende Lasten über lange Zeiträume zu einer ansteigenden Deformation, die bis zum Bruch führen kann.
- **Thermische Dehnung,** bei der durch unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten und/oder Temperaturen der an der Klebeverbindung beteiligten Bauteile thermische Spannungen und Verzug entstehen.

Aufgrund der Offenheit von ANSYS konnte CADFEM für Kunden mittels Programmierung entsprechende Erweiterungen realisieren und damit erweiterte Anforderungen erfüllen. So lässt sich auch das Ermüden berücksichtigen. In diesem Fall führen zyklische Lasten, z. B. durch mechanische oder thermische Zyklen, zu einer Schädigung des Materials. Ebenso kann das Aushärten simuliert werden. Ab dem Übergang vom flüssigen in den festen Zustand – dem sogenannten Gelpunkt – werden die Klebeschichtelemente mechanisch aktiv. Sie sind zunächst spannungsfrei, mit fortschreitender Aushärtung können jedoch Eigenspannungen auftreten.

Einsatz von Interface-Elementen

Indem beim Einsatz von Interface-Elementen statt eines Materialmodells die Energie zum Aufreißen einer Klebeverbindung als beschreibende Größe genutzt wird, können nahezu beliebige Klebepaarungen simuliert werden, ohne die Klebeschicht selbst im Detail abzubilden. Die

Bilder: NorGal; Bharat Kumar Swamkar/shutterstock.com

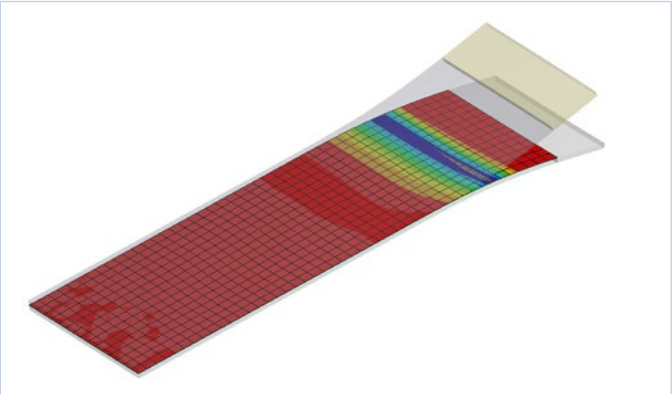


Bild 1: Aufreißende Klebeschicht, die mit Interface-Elementen in ANSYS abgebildet wird.

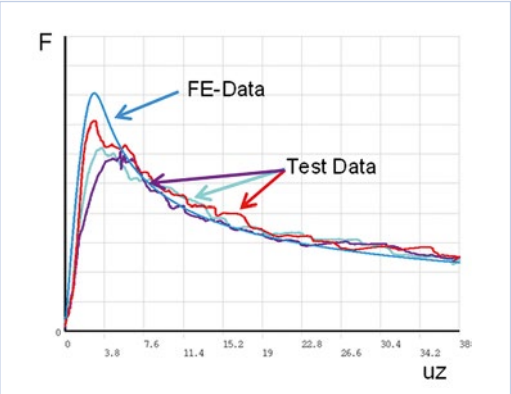
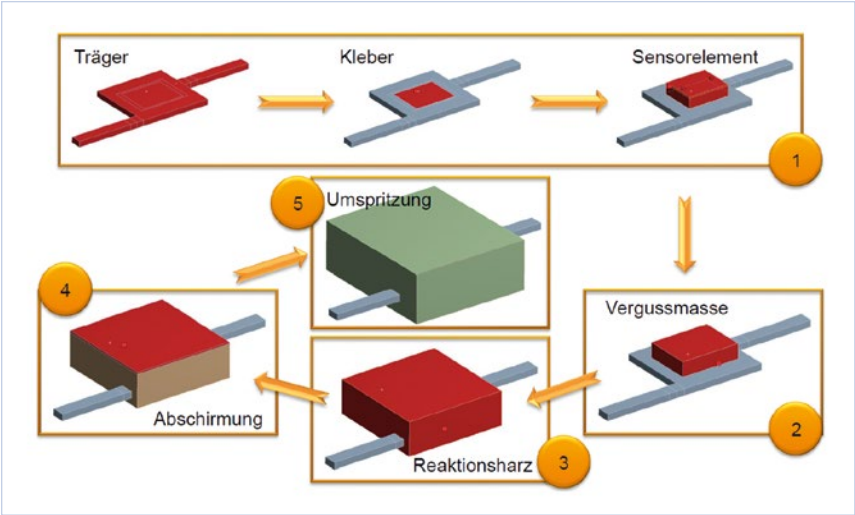


Bild 2: Der Abgleich von realem und simuliertem Klebstoffversuch.



Quelle: Continental AG

Bild 3: Fertigungs- und Simulationsprozess für das Verkleben und Umspritzen von Sensorelementen.

Parameter für diese Rissfortschrittsenergierate lassen sich direkt an den Kontakten hinterlegen, die die Klebeschicht ersetzen und dadurch die Klebeeigenschaft abbilden. Dieser phänomenologische Ansatz kann genutzt werden, um das Strukturverhalten vom ersten Versagen bis zum kompletten Abreißen der Klebung zu simulieren. Zyklische Lasten und ein Schließen der Klebeverbindung sind damit jedoch nicht abbildbar (Bild 1).

Messdaten sind unabdingbar

Für beide Modellierungsansätze sind Messdaten unabdingbar, die die Materialeigenschaften entsprechend den späteren Fertigungs- und Einsatzbedingungen (wie Temperatur und Feuchte) erfassen können. Durch den Abgleich von realem und simuliertem Klebstoffversuch lassen sich die erforderlichen Materialparameter ermitteln, um belastbare Aussagen in der eigentlichen Produktsimulation zu erzielen (Bild 2).

Die parametrische Durchgängigkeit von ANSYS Workbench lässt sich für den Abgleich von Berechnungsergebnissen mit Testergebnissen ideal durch die Software optiSLang zur Sensitivitätsanalyse und Optimierung ergänzen. Das Finden der Materialparameter kann als Optimierungsaufgabe verstanden werden, bei der das Abweichen der Simulationsergebnisse von einer Referenz – das Ergebnis aus dem realen Test – minimiert wird. Dieser Abgleich von Simulationsmodellen mit Versuchsdaten durch Änderung der Modellparameter wird oft als Parameteridentifikation, model update oder reverse engineering bezeichnet und durch die systematische Vorgehensweise mit optiSLang gegenüber einer manuellen Variation deutlich beschleunigt.

Anwendungsfall bei Continental

Die Simulation des Verhaltens von Klebeverbindungen kann Teil eines umfangreicheren Workflows sein. So untersucht beispielsweise Continental den Einfluss des Verklebens und anschließenden Umspritzens eines Sensors auf dessen mechanische Belastung und nutzt dafür einen gemeinsam mit CADFEM erarbeiteten Simulationsprozess (Bild 3).

Dabei wird Verzug und Schrumpfung durch das Abarbeiten der einzelnen Fertigungsschritte und des damit einhergehenden Aufheizens und Abkühlens erfasst, auch unter Berücksichtigung der Faserorientierung der kurzfaserverstärkten Ummantelung sowie der Erstarrungstemperatur des Klebstoffs. Ziel dieser Analysen sind „Vorhersagen über die Performance und Robustheit von Sensorelementen unter Berücksichtigung der Einflüsse des Fertigungsprozesses“, so Jasmin Lohman von der Continental AG.

InfoAutor
Christof Gebhardt, CADFEM GmbH

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Christof Gebhardt
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-65
cgebhardt@cadfem.de

InfoVerwendete Software
ANSYS Workbench, optiSLang for ANSYS

Teil 2: Numerische Simulation in der Verbindungtechnik – Schweißen

Auf ewig zusammen

In diesem Artikel geht es um die Untersuchung von Schweißverbindungen in zweierlei Hinsicht: Erstens soll der Frage nachgegangen werden, ob eine Schweißverbindung unter einem gegebenen Lastszenario hält. Dazu wird in der Regel ein Festigkeitsnachweis nach Berechnungsvorschriften (Regelwerken) durchgeführt, die oft branchenspezifisch (etwa für den Stahlbau, Kranbau oder Schienenfahrzeugbau) gelten. Zweitens soll betrachtet werden, wie sich der Schweißprozess auf die Bauteileigenschaften auswirkt. Dabei werden mit der FEM-Simulation das lokale Einbringen von Temperaturen und die daraus entstehende thermische Dehnung untersucht, um Verzug und Schweißeigenspannungen zu minimieren sowie die Gefügeumwandlung zu kontrollieren.

Für die Bewertung der Festigkeit von Schweißnähten haben sich verschiedene Konzepte etabliert:

Das **Nennspannungskonzept** basiert auf den Schnittlasten, die an einer Schweißnaht auftreten, und setzt diese in Relation zu den jeweiligen Querschnittsflächen und Widerstandsmomenten. Durch die geringen Anforderungen an die Modellierung eignet sich das Verfahren hervorragend für große Baugruppen mit einer Vielzahl von Schweißnähten, hier vor allem zur schnellen Identifizierung kritischer Nähte oder Nahtbereiche. Das Nennspannungskonzept ist die Grundlage für viele Regelwerke und wird u.a. in der FKM- Richtlinie genutzt, um einen statischen und einen zyklischen Nachweis durchzuführen.

Für einen richtlinienkonformen Festigkeitsnachweis geschweißter Strukturen mit Nennspannungen nach FKM steht seit Mai 2014 mit der CADFEM ihf Toolbox 4.0 ein Werkzeug zur Verfügung, das diesen Nachweis direkt innerhalb des Simulationsprogramms ANSYS Workbench ermöglicht. Anhand von Bauteilverbindungen oder Linienkontakten werden die zu bewertenden Schweißverbindungen automatisch identifiziert. Spezielle Filter unterstützen den Anwender in der Handhabung, um auch bei einer großen Anzahl von Schweißnähten die Übersicht zu gewährleisten. Die Eigenschaften der Schweißverbindungen werden individuell oder gruppenweise in komfortablen Eingabemasken definiert, ebenso Materialeigenschaften, Lastkollektive und Lastfallkombinationen. Nach der Berechnung erfolgt die Darstellung des Auslastungsgrads auf dem 3D-Modell als Farbverteilung. Zu Dokumentationszwecken wird ein prüffähiger Bericht erstellt, der alle Eingangs- und Ergebnisgrößen des Nachweises enthält (Bild 1).

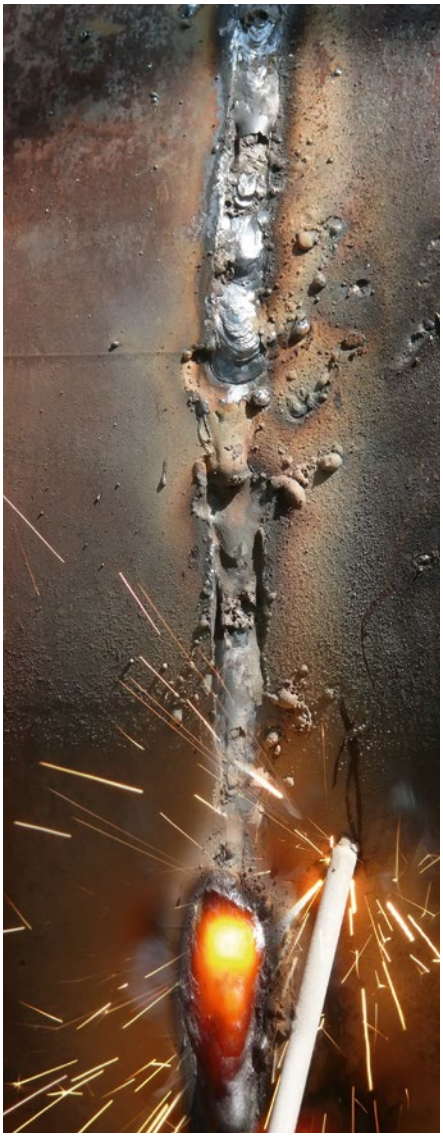
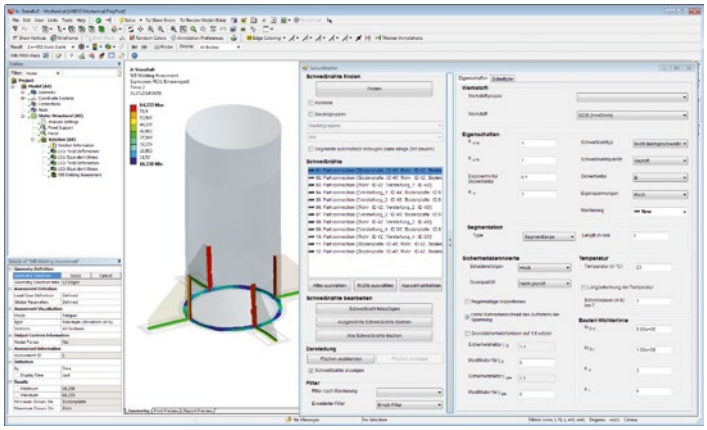


Bild: Olegusk/shutterstock.com

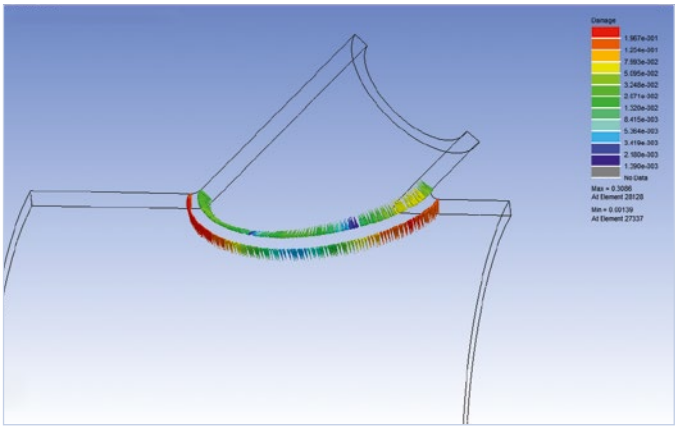
Beim **Strukturspannungskonzept** wird die Spannung lokal in der Bauteilstruktur ermittelt, um damit eine Bewertung vorzunehmen. Es existieren verschiedene Verfahren, um die Strukturspannung von Kerbeffekten in Abhängigkeit von der Nahtmodellierung zu trennen, z.B. durch die Extrapolation von Spannungswerten entlang der Oberfläche zum Nahtübergang, durch eine fiktive Nahtausrundung oder durch die Linearisierung der Spannungen über die Wanddicke am Nahtübergang. Das letztgenannte Verfahren wurde von CADFEM beispielsweise soweit automatisiert, dass im Zusammenspiel von ANSYS Workbench mit der Software HBM nCode DesignLife die FEM-Ergebnisdaten entlang der zu untersuchenden Schweißnaht für die Linearisierung aufbereitet und verarbeitet werden (Bild 2).

Das **Kerbspannungskonzept** bildet Schweißnähte ebenfalls geometrisch ab. Dabei werden am Nahtübergang und an der Nahtwurzel Referenzradien erzeugt, mit deren Hilfe sich eine Kerbspannung für die Bewertung ermitteln lässt. Je nach Blechdicke und Berechnungsrichtlinie werden dabei Radien von 0.05, 0.3 oder 1 mm definiert, die in der Konsequenz



Quelle: Ingenieurbüro Huß & Feckert

Bild 1: FKM-Nennspannungsnachweis integriert in ANSYS Workbench.



Quelle: CADFEM GmbH

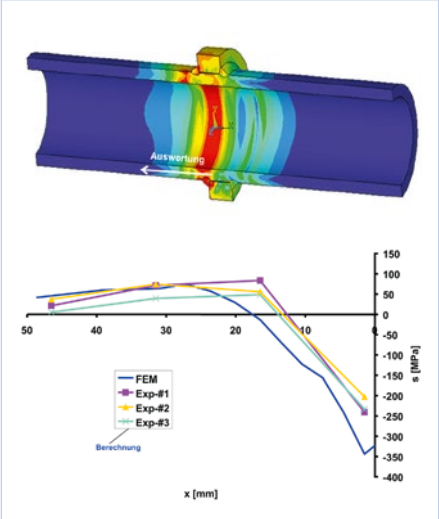
Bild 2: Darstellung der Schadenssumme in nCode DesignLife auf Basis von Strukturspannungen aus ANSYS Workbench.

lokal eine extrem feine Vernetzung (ca. 0.005 – 0.1 mm Elementkantenlänge) erfordern. Um den Modellierungsaufwand zu minimieren und mit einer nachträglichen lokalen Elementverfeinerung das Gesamtmodell nicht ein zweites Mal berechnen zu müssen, kommt in solchen Fällen die Submodelltechnik zum Einsatz. Bei dieser Technik – einer Art „FEM-Lupe" – wird der zu bewertende Teilbereich separat mit höherem Detaillierungsgrad berechnet. ANSYS Workbench überträgt die relevanten Schnittgrößen automatisch vom Globalmodell auf das Submodell und kombiniert so einen hohen Komfort mit hoher Genauigkeit und Performance.

ANSYS Workbench bietet damit die Möglichkeit, nicht nur Spannungen zu berechnen, sondern auch eine adäquate Bewertung vorzunehmen bis hin zum vollständigen Festigkeitsnachweis inklusive prüffähigem Bericht. Diese Durchgängigkeit sichert eine komfortable Anwendung und führt zusätzlich zu einer erheblich höheren Produktivität, da Änderungen der Geometrien und/oder der Lasten eine automatische Aktualisierung der Bewertung nach sich ziehen. Wiederholbare Abläufe gewährleisten reproduzierbare und vergleichbare Ergebnisse und bilden damit die Grundlage für eine sichere Produktentwicklung.

Simulation des Schweißprozesses

Neben der Simulation des Verhaltens von Produkten wird zunehmend auch ihr Fertigungsprozess untersucht – zum einen um Produktionsparameter zu optimieren, zum anderen um die Auswirkungen auf die Produkteigenschaften zu ermitteln und dadurch genauere Aussagen über das spätere Produktverhalten zu ermöglichen. Im



Quelle: BMBF-Verbundprojekt SST

Bild 3: Eigenspannungen aufgrund des Schweißprozesses (oben), der Vergleich der Simulation mit drei Versuchen.

Falle der Schweißprozesssimulation wird das Ziel verfolgt, Schweißeigenspannungen, Verzug und Gefügestruktur zu erfassen und durch optimierte Prozessparameter zu verbessern. Die CADFEM ihf Toolbox für ANSYS Workbench unterstützt Schmelzschweißprozesse wie Lichtbogen-, Laser-, Reibrühr- oder Elektronenstrahlschweißen. Diese Simulationslösung beinhaltet verschiedene Modelle für den Wärmeeintrag, ebenso Methoden zum Schließen der Naht und zur Abbildung des Materialverhaltens.

Die Materialmodellierung per klassischer Gefügekinetik nach Leblond und Denise berechnet die Werkstoffstruktur mittels Ratengleichungen, ermittelt die Konzentrationen der Gefügebestandteile – wie Austenit, Ferrit, Martensit – und leitet daraus die thermischen und mechanischen Werkstoffkennwerte über Mischungsregeln ab. Neben diesem detaillierten Modell kann die STAAZ-Methode (Spitzen-Temperatur, Austenitisierungszeit, Abkühl-Zeit) die Alpha-Gamma-Phasenumwandlung direkt beschreiben und so in einem beschleunigten Verfahren die Werkstoffeigenschaften für den interessierenden Temperaturbereich zur Verfügung stellen.

Die Schweißsimulation liefert Temperaturprofile, Schweißeigenspannungen, plastische Dehnungen und den auftretenden Schweißverzug (Bild 3). Mit diesen Informationen können Konstrukteure und Prozessingenieure das eingesetzte Schweißverfahren, die Schweißleistung und die Schweißreihenfolge systematisch beurteilen und wenn erforderlich frühzeitig variieren. Der Einblick in die inneren Abläufe beim Schweißen und die isolierte Betrachtung einzelner Effekte durch die numerische Modellbildung ermöglichen ein besseres Verständnis der stattfindenden Abläufe sowie die Optimierung der Schweißprozessparameter. Darüber hinaus lässt sich durch die Simulation der Gefügeumwandlung das Aufhärten kontrollieren bzw. die geeignete Wärmebehandlung auswählen.

Ab Seite 36 finden Sie einen weiteren Artikel zu Schweißsimulationen, in dem es um den Schweißverzug beim Auftragsschweißen von Rohrplatten geht.

InfoAutor
Christof Gebhardt, CADFEM GmbH

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Christof Gebhardt
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-65
cgebhardt@cadfem.de

InfoVerwendete Software
ANSYS Workbench, CADFEM ihf Toolbox, HBM nCode DesignLife

InfoWebinar
FKM-Nachweis geschweißter Schalenstrukturen
www.cadfem.de/schweiss-webinar-fkm

Teil 3: Numerische Simulation in der Verbindungtechnik – Schrauben

Gut verschraubt

Schrauben sind ein sehr häufig eingesetztes Verbindungsmittel und werden demzufolge oft simuliert. Aufgrund ihrer großen Bedeutung und der durchaus anspruchsvollen Mechanismen werden in modernen Simulationswerkzeugen spezielle Funktionen zur Abbildung der korrekten Steifigkeit und zur Bewertung zur Verfügung gestellt.

So bietet auch ANSYS Workbench mit der Randbedingung „Schraubenvorspannung" einen automatisierten Berechnungsprozess für das richtige Applizieren der Vorspannung. Darin wird die Schraube in Abhängigkeit von der lokalen Flanschnachgiebigkeit automatisiert so verkürzt, dass man die gewünschte Vorspannkraft erhält. Unter äußeren Kräften oder Massekräften verändern sich die Kräfte in der Schraubverbindung analog zu den im Schraubendiagramm dargestellten Verhältnissen. Dabei werden Vorspannung FV, axiale Betriebskraft FA, Klemmkraft FK, Schraubenzusatzkraft FSA, Flanschzusatzkraft FPA und Schraubenkraft FS_{max} berücksichtigt. Bei relativ hoher Nachgiebigkeit der Schraube im Vergleich zu der des Flanschs ist die Schraubenzusatzkraft FSA gering, d.h. die äußere Last wirkt sich weniger auf die Festigkeit der Schraube aus (Bild 1).

Vorteil der Finite-Elemente-Methode

Der besondere Vorteil der Finite-Elemente-Methode (FEM) ist, dass sich Nachgiebigkeiten auch bei sehr komplexen Flanschgeometrien elegant berechnen lassen (Bild 2). Dadurch sind die für analytische Bewertungen erforderlichen Vereinfachungen (z.B. der Krafteinleitungsfaktor) vermeidbar und die Realitätstreue der Ergebnisse kann verbessert werden. Typische Aufgabenstellungen, in denen die Vorteile von FEM-Analysen für verschraubte Baugruppen genutzt werden, sind:

- die Steifigkeit von verschraubten Strukturen, z.B. Maschinenrahmen,
- die Steifigkeit der verschraubten Flansche selbst, z.B. zur Beurteilung der Dichtigkeit,

- die Festigkeit von Gehäusen, z.B. von Getrieben oder Turbinen,
- das Schwingungsverhalten verschraubter Bauteile, z.B. Versuchsstände.

Die Schraube wird in diesen Analysen in der Regel geometrisch vereinfacht als Balken oder Volumen (bestehend aus einfachen Zylindern) abgebildet. Neuere Modellierungsansätze in ANSYS Version 15 ermöglichen im Bereich des Schraubengewindes eine im Bedarfsfall gesteigerte Abbildungsqualität, die auch ohne geometrisch modellierte Gewindeflanken die Ungleichmäßigkeit der lokalen Lastverteilung abbilden kann.

Festigkeitsnachweis nach VDI 2230

Geht es um den Festigkeitsnachweis von Schraubverbindungen, kommt in den meisten Fällen die VDI-Richtlinie 2230 zum Tragen. Sie sieht einen Berechnungsablauf vor, der die Montagesituation, die Beanspruchung unter statischen und dynamischen Lasten, die Flächenpressung sowie das Abscheren der Gewindegänge berücksichtigt. Als Nennspannungskonzept sind für den Nachweis keine Auswertungen der Spannungen aus der FEM-Analyse notwendig, denn die aus der Analyse ermittelten Kräfte und Momente sind für die Verarbeitung ausreichend. Um diese für einen richtlinienkonformen Nachweis zu nutzen, war bisher manuelle Arbeit notwendig: Die erforderlichen Größen aus der FEM-Berechnung mussten extrahiert, übertragen und in einem weiteren Arbeitsschritt – manuell, per Tabellenkalkulation oder separater Software – verarbeitet werden. Diese Arbeitsweise ist nicht nur unkomfortabel, sondern auch fehleranfällig. Daher bietet CADFEM mit dem Softwaremodul „WB/Bolt Assessment under VDI 2230" einen

Bilder: Carlos Caetano; GO BANANAS DESIGN STUDIO/shutterstock.com

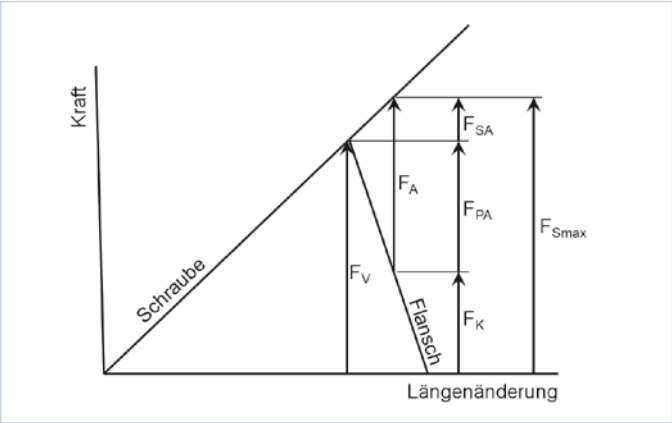


Bild 1: Schraubendiagramm mit Vorspannung FV und den verschiedenen Kräften.

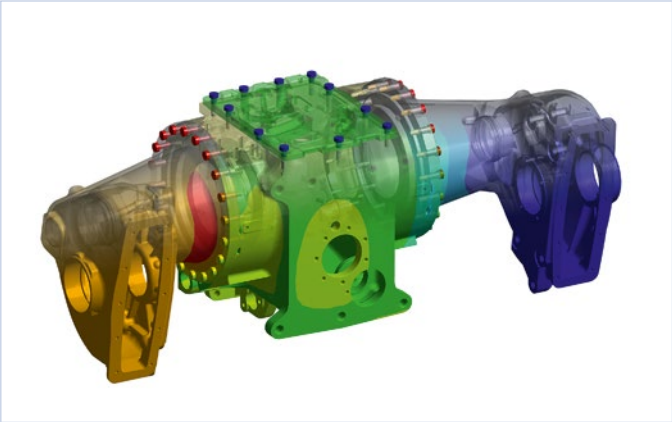


Bild 2: Komplexe Flanschgeometrie eines verschraubten Traktorgetriebes mit im CAD-System modellierten Schrauben.

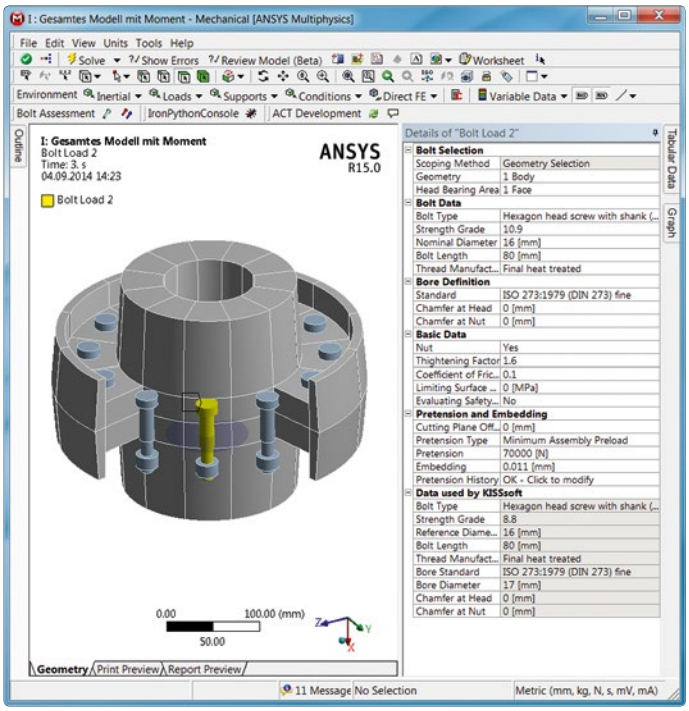


Bild 3: Ein automatisierter Ablauf führt die Berechnungen durch und zeigt anschließend die Ergebnisse.

in ANSYS Workbench integrierten Nachweis konform der VDI-Richtlinie 2230 an. Das Modul stellt einen in die CAE-Umgebung integrierten Workflow zum Nachweis von Schraubverbindungen zur Verfügung. Der Anwender wird in der Workbench durch sinnvolle Voreinstellungen unterstützt, z. B. für die Schraubenfestigkeitsklassen, den Anziehfaktor oder die vorliegenden Oberflächenrauigkeiten (Bild 3). In einem automatisierten Ablauf wird im Hintergrund mit Hilfe eines KISSsoft-Solvers die Sicherheit gegen Fließen, Bruch, Flächenpressung und Gleiten berechnet und am 3D-Modell dargestellt.

Neben dem verminderten Aufwand für den Anwender sprechen die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse und die prüffähige Dokumentation für den in Workbench integrierten Nachweis. Erste Nachweise mit Hilfe des Schraubenmoduls haben gezeigt, dass ein Zeitvorteil von Faktor 5 gegenüber einer manuellen Bewertung zu erwarten ist. Das heißt der Nutzer wird von langwierigen, repetitiven Aufgaben entlastet und kann sich auf die Entwicklung optimaler, zuverlässiger Strukturen konzentrieren.

CADFEM Schrauben App für Smartphones

Zur Vorauslegung einer Schraubverbindung liefert CADFEM für gewerbliche Nutzer bis Februar 2015 eine kostenfreie App für Android-Smartphones, die Konstrukteure dabei unterstützt, den geeigneten Gewindedurchmesser zu wählen. Über Schieberegler werden zehn Einflussgrößen (z. B. Kräfte, Werkstoffklasse, Trennfugen, Anziehfaktor) vorgegeben und von der App anhand des berechneten erforderlichen Spannungsquerschnitts ein Gewindedurchmesser vorgeschlagen. Auf dieser Basis kann ein Entwurf im CAD-System modelliert, in ANSYS berechnet und anschließend der Festigkeitsnachweis mit „WB/Bolt Assessment under VDI 2230" durchgeführt.

www.cadfem.de/schraubenapp

Webinar

Webinar zum Festigkeitsnachweis nach VDI 2230

Zur Vorstellung des Festigkeitsnachweises von Schrauben nach VDI 2230 innerhalb von ANSYS Workbench bietet CADFEM Webinare an, die die Arbeitsweise mit „WB/Bolt Assessment under VDI 2230" erläutern.

www.cadfem.de/vdi2230-webinar

InfoAutor
Christof Gebhardt, CADFEM GmbH

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Christof Gebhardt
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-65
cgebhardt@cadfem.de

InfoVerwendete Software
ANSYS Workbench, WB/Bolt Assessment, CADFEM Schrauben App

Optimierte Produktentwicklung durch gekoppelte Feld- und Systemsimulation

Das große Ganze

Relais in Gebäudebeleuchtungsanlagen werden in der Regel erst dann bemerkt, wenn sie ausfallen – man sitzt im Dunklen. Um das zu verhindern, muss gewährleistet werden, dass sie auch nach enorm vielen Schaltzyklen und trotz fertigungsbedingter Parameterstreuungen möglichst energiesparend den Strom an- und abschalten.

Da es sich um mechatronische Systeme mit elektromagnetischen und mechanischen Komponenten handelt, sind die Wechselwirkungen aller Teile und der zulässige Streubereich der Fertigungstoleranzen nicht mehr mit einem Blick zu erfassen. Zur Konstruktion eines stromsparenden Dauerläufers ist es unerlässlich, nicht nur die Einzelteile zu untersuchen, sondern auch das Gesamtverhalten zu erfassen und mittels geeigneter Methoden den Einfluss von Parameterstreuungen zu untersuchen.

Reduzierter Leistungseintrag

Der Strom durch die Spule des Relais erzeugt eine magnetische Kraft, die auf den Anker wirkt. Dieser klappt in Abhängigkeit von der Stromrichtung in die geöffnete oder geschlossene Position (Bild 1). Das Feld der Permanentmagnete im Eisenkreis hält den Anker auch bei ausgeschaltetem Strom in der geschlossenen Position. Ein kurzer entgegengesetzter Spannungspuls hebt den Anker an, die Vorspannung zwischen Kontakt- und Ankerüberhubfeder sowie der montagebedingte Kippwinkel der Ankerfeder sorgen dafür, dass der Anker umklappt und der elektrische Kontakt geöffnet wird.

Die Auslegung der Vorspannungen und der Einbau eines Trennblechs erzwingen ein monostabiles Verhalten – der Kontakt schließt hier nur ab einer bestimmten Spulenspannung – bei gleichzeitiger Absenkung des Leistungseintrags gegenüber monostabilen Relais ohne Elektromagnete. Bei diesen schließt der Kontakt auf Grund des geringeren Felds erst bei höheren Spannungen.

Was verursacht Verschleiß?

Beim Öffnen des elektrischen Kontakts entsteht ein Lichtbogen, der zum Verschleiß der Kontaktflächen beiträgt und diese im ungünstigsten Fall verschweißen lässt. Durch das mechanische Prellen der Kontaktfeder wird dieser Lichtbogen für jeden Schaltvorgang mehrfach gezündet. Ziel der Auslegung ist es, neben dem Leistungseintrag das Prellen zu reduzieren. Hier stellt sich also die Frage, bei welcher minimalen Spannung in Kombination mit Vorspannung und Kippwinkel das gewünschte Verhalten erzielt werden kann.

Bild: Vladimir Breytberg/shutterstock.com

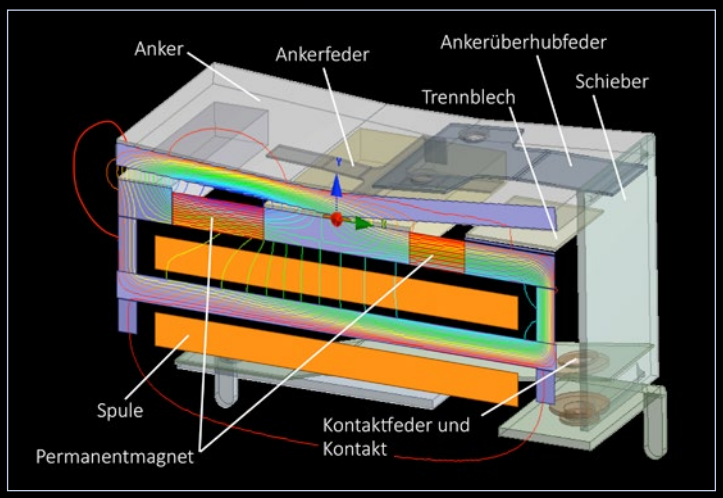


Bild 1: Mechanischer und elektromagnetischer Aufbau eines Relais.

„Zur Reduktion der Simulationszeit werden die Feldlösungen hier in Form von reduzierten Modellen berücksichtigt, die das Verhalten der einzelnen Komponenten abbilden."

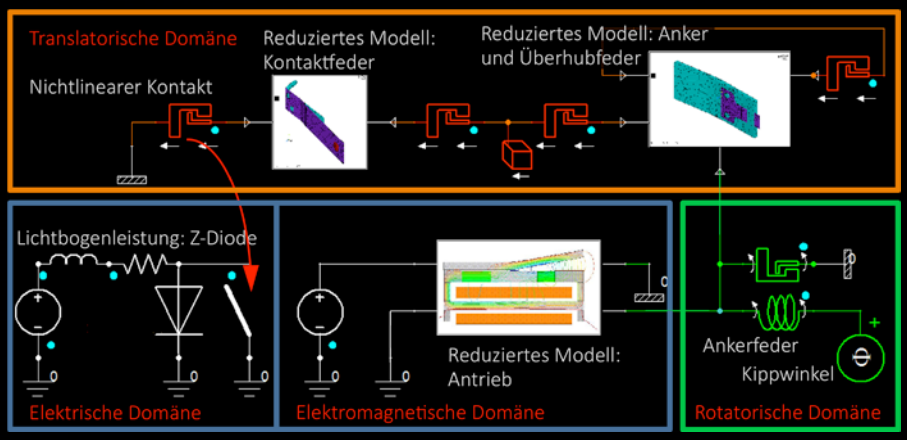


Bild 2: Bei der Systemsimulation werden die verschiedenen physikalischen Domänen miteinander verknüpft.

Die Systemsimulation wird in ANSYS Simplorer realisiert. Dabei erfolgt die Verknüpfung der Feldsimulationen mit elektrischen Schaltungen, magnetischen, mechanischen, thermischen oder hydraulischen Elementen sowie Blockdiagrammen, Zustandsgraphen und VHDL-Elementen (Bild 2). Zur Reduktion der Simulationszeit werden die Feldlösungen hier in Form von reduzierten Modellen berücksichtigt; diese bilden das Verhalten der einzelnen Komponenten ab und werden deswegen auch als Verhaltensmodelle bezeichnet.

Mehrere physikalische Domänen „dressieren"

Für den mechanischen Teil wird ein lineares Zustandsraummodell basierend auf einer modalen Reduktion erstellt. Die Definition der physikalischen Ein- und Ausgänge des Systems (Kräfte bzw. Verschiebungen an ausgewählten Stellen) erfolgt in der Modalanalyse bequem per Named Selections oder durch Remote Points; die resultierenden Zustandsraummatrizen werden mit einem vorgefertigten Makro (per SPMWRITE) extrahiert. Das generierte Zustandsraummodell antwortet also auf eine Kraft bzw. ein Drehmoment am Eingang mit einer Verschiebung bzw. einem Winkel am Ausgang. Mittels Simplorer-Blöcken mit angepassten Kontaktsteifigkeiten in den mechanischen Anschlägen ist das nichtlineare Verhalten sich öffnender bzw. schließender Kontakte darstellbar. Die elektromagnetische Domäne wird zweidimensional in Maxwell abgebildet und als Kennfeldmodell (ECE – Equivalent Circuit Extraction) in Simplorer implementiert. Dieses Kennfeld enthält den verketteten Fluss und das Drehmoment in Abhängigkeit von Strom und Ankerwinkel. Eine Ersatzschaltung mit einer Z-Diode bildet die im Lichtbogen umgesetzte Leistung ab, gesteuert über das Schließen der Kontaktfeder.

Seminar: Methoden der Feldkopplung und Systemsimulation

Mechatronische Systeme mit mehreren gekoppelten physikalischen Domänen können in ANSYS Workbench mit Hilfe entsprechender Methoden erfolgreich analysiert werden. Dieses Seminar vermittelt anwendungsbezogene Lösungen unter Nutzung der Kopplungs-und Interpolationsmöglichkeiten verteilter Feldgrößen zwischen Analysesystemen. Ferner werden numerische Ansätze zur Erzeugung von Verhaltensmodellen (ECE, SPMWRITE) aufgezeigt und deren Verwendung in der Systemsimulation trainiert.

Der Schwerpunkt dieses Seminars liegt auf der Elektromagnetik- und Systemsimulation, wobei neben ANSYS Mechanical auch ANSYS Maxwell und ANSYS Simplorer verwendet werden.

Termin: 18. bis 19. Dezember 2014
Ort: Leinfelden-Echterdingen
www.cadfem.de/seminar-feldkopplung

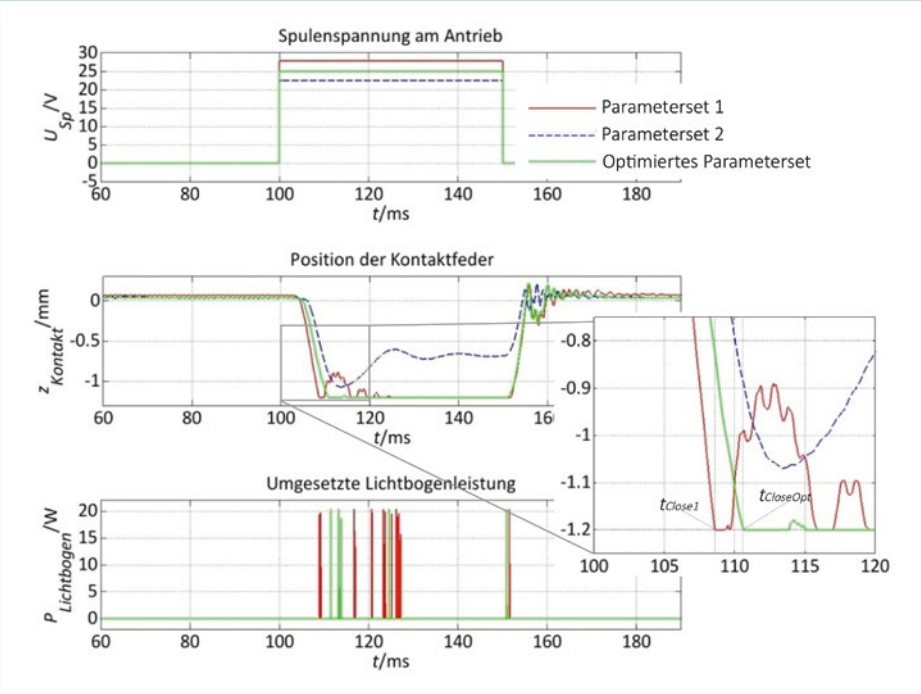


Bild 3: Schaltverhalten des Relais und Zündung des Lichtbogens für drei verschiedene Parameterkonfigurationen. Das Prellen des Kontakts (Mitte) führt zum Zünden von Lichtbögen (unten).

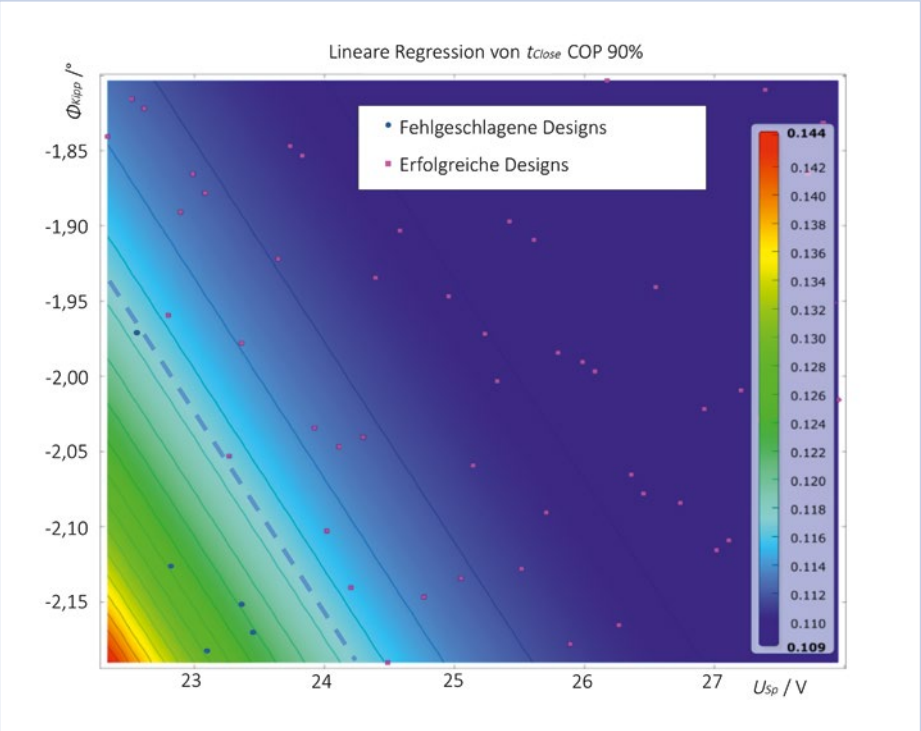


Bild 4: Abhängigkeit des Schließzeitpunkts von Spulenspannung und Kippwinkel.

Das initiale Design (Parameterset 1 aus Bild 3) liefert ein monostabiles Schaltverhalten des Relais – der Kontakt schließt für eine positive Spulenspannung, ansonsten ist er offen. Allerdings ist ein deutliches Prellen und damit verbunden das Auftreten von Schaltbögen sichtbar. Im Parameterset 2 wurde zur Reduktion der Leistung im Antrieb die Spulenspannung U_{Sp} gesenkt. Der Kippwinkel der Ankerfeder Φ_{Kipp} ist ein Fertigungsparameter und die auftretenden Toleranzen können dazu führen, dass sich die Kontaktfeder zwar noch bewegt, jedoch der Kontakt wie in diesem Fall nicht mehr schließt (siehe mittleres Diagramm, blaue Kurve). Zur Gewährleistung eines sicheren Betriebs ist eine systematische Variation von Konstruktions- und Betriebsparametern sowie Fertigungstoleranzen unabdingbar. Die Kenngrößen Spulenspannung, Federvorspannung und Kippwinkel können parametrisiert werden, um sie dann mit der Software optiSLang einer Sensitivitätsanalyse zu unterziehen. Diese zeigt deutlich die Abhängigkeit des Schließzeitpunkts t_{Close} des Relais von der Spulenspannung U_{Sp} und dem Kippwinkel der Ankerfeder Φ_{Kipp}. Die gestrichelte Linie in Bild 4 markiert die Grenze zwischen erfolgreichen und fehlgeschlagenen Designs in optiSLang – wenn das Relais nicht schließt, kann der Wert t_{Close} nicht ermittelt werden und das Design gilt als fehlgeschlagen.

Reduzierter Lichtbogen durch Optimierung

Anhand der Sensitivitätsanalyse lässt sich also eine eindeutige Fertigungsvorschrift dafür ableiten, wie groß die Toleranz des Kippwinkels für eine bestimmte Spulenspannung sein darf. Eine Optimierung in optiSLang bezüglich minimaler Lichtbogenleistung und Leistung im Antrieb führt zu dem in Bild 3 dargestellten optimierten Parametersatz, bei dem das Relais kaum noch prellt. Dabei kann die im Lichtbogen umgesetzte Leistung gegenüber dem Originaldesign um mehr als 60 % reduziert werden. Außerdem sinkt die Antriebsleistung gegenüber dem Originaldesign um 20 %.

Durch die Systemsimulation basierend auf Verhaltensmodellen, die aus FE-Analysen extrahiert wurden, wird das Relais zu einem stromsparenden Dauerläufer. Die Systemsimulation eröffnet die Möglichkeit, beim Zusammenspiel elektromagnetischer, mechanischer, thermischer und hydraulischer Komponenten das komplette Optimierungspotenzial auszuschöpfen. Ein optimales Verhalten mechatronischer Systeme wird nicht nur durch die Verbesserung einzelner Komponenten erzielt, sondern vor allem durch die Abstimmung der Parameter aufeinander.

InfoAutor
Hanna Baumgartl und Martin Hanke, CADFEM GmbH

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Hanna Baumgartl
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-120
hbaumgartl@cadfem.de

InfoVerwendete Software
ANSYS Workbench, ANSYS Simplorer, Maxwell, optiSLang

3D-Modelle für eine exakte Ventil-Simulation

Wir bringen Motoren zum Laufen

Wenn es darum geht, Verbrennungsmotoren möglichst effizient zum Laufen zu bringen, dann ist TRW Engine Components (EC) weltweit eine der ersten Adressen, die angesteuert wird. Dort werden seit mehr als hundert Jahren Motorventile und Ventiltriebkomponenten entwickelt und gefertigt. Seit über zwanzig Jahren nutzt TRW EC dazu auch die Simulationslösungen von ANSYS und das Know-how von CADFEM.

Beispielsweise entwickelte und produzierte TRW EC die ersten natriumgekühlten Motorventile. Diese wurden unter anderem von Charles Lindbergh für das legendäre Flugzeug „Spirit of St. Louis“ genutzt, mit dem er 1927 als Erster im Nonstop-Alleinflug den Atlantik überquerte. Heute ist diese Technologie in fast jedem Turbomotor zu finden.

TRW EC positioniert sich als Full-Service-Anbieter, der die Bereiche Design, Berechnung, Simulation, Prüfung und Untersuchungen abdeckt. Dabei setzt das Unternehmen auf effektive und sorgfältig ausgearbeitete Prozesse, fortschrittlichste Technologien, langjährige Erfahrungen und hochqualifizierte Mitarbeiter sowie eine kontinuierliche Prozessverbesserung. „Qualität ist der wichtigste Aspekt unseres Unternehmens, wobei unsere Produkte die Erwartungen des Kunden

Bild: Lik Studio/shutterstock.com

übertreffen sollen", formuliert Antonius Wolking, Leiter der Produktkonstruktion und Simulation bei TRW EC. „Deshalb erfolgt eine stetige Optimierung der Produktentwicklung unter anderem auf Basis bewährter Berechnungsmethoden wie der FE-Analyse und eine Designvalidierung mit erprobten Prüfständen und Verfahren."

Seinen Hauptsitz hat TRW EC in Barsinghausen bei Hannover und beschäftigt weltweit etwa 5.000 Mitarbeiter an 15 Standorten, wobei jährlich mehr als eine Milliarde Komponenten hergestellt werden. Dazu erläutert Antonius Wolking: „Die heutigen modernen Motoren mit erhöhten Verbrennungsdrücken und -temperaturen, aber auch der Einsatz alternativer Kraftstoffe erfordern besonders sorgfältig ausgelegte Motorenteile – speziell wenn es um den Ventiltrieb geht. Hier haben wir durch unsere Marktführerschaft sehr umfassende Marktkenntnisse und können deshalb für die einzelnen Kunden optimierte Lösungen entwickeln und fertigen."

Die Ventile werden für den jeweiligen Motor des Kunden speziell ausgelegt, wobei extreme Temperaturen und Kräfte zu berücksichtigen sind, denn bei voller Belastung ist der Ventilstahl rotglühend mit Temperaturen von über 800 Grad. Die Ventilstähle müssen trotzdem hochbelastbar sein, da sie Verbrennungsdrücke von mehr als 200 bar sowie starken Beschleunigungen und Aufschlagkräften ausgesetzt sind. „Diese Prozesse analysieren wir mit Hilfe von Simulationsmodellen, sodass wir Temperaturverläufe und die auftretenden Kräfte sowie ihr Zusammenwirken berechnen können", berichtet Antonius Wolking. „Dabei gehen wir grundsätzlich von einer rotationssymmetrischen Belastung des Ventils aus und führen die Berechnung zunächst mit einem entsprechenden 2D-Modell durch, um die relevanten Aussagen möglichst schnell zu erhalten."

Messergebnisse als Stützpunkte für die Simulation

Außerdem kommen von TRW EC gefertigte Messventile beim Kunden zum Einsatz, beispielsweise um Temperaturen im Motor zu messen, während der Motor zwei Stunden unter Volllast läuft. Die erreichte Ventiltemperatur lässt sich dann über den Härteabfall ermitteln, weil dies im Prinzip wie ein Anlassvorgang betrachtet werden kann. Da viele Effekte im laufenden Betrieb auf Grund der extremen Bedingungen aber nicht gemessen beziehungsweise untersucht werden können, lässt sich nur eine begrenzte Anzahl von Daten generieren. Folglich setzt TRW EC verstärkt auf Simulationsanwendungen, um mit Hilfe von virtuellen Prototypen die Produktoptimierung voranzutreiben. Dabei dienen die Messergebnisse als Stützpunkte für die Temperatursimulation und zur Validierung der Berechnungen. Hierzu erläutert Antonius Wolking: „In diesem Umfeld müssen wir oftmals Rückwärtsannahmen treffen und anschließend verifizieren. Diese Aufgaben haben wir teilweise mit Hilfe von Forschungsprojekten an Hochschulen realisiert." Hier hat TRW EC intern über Jahrzehnte weitreichende Erfahrungen gesammelt sowie entsprechende Prozesse entwickelt und kalibriert. Dazu gehört auch ein sehr spezifisches Know-how bezüglich der Temperaturübergänge bei den Ventilsitzen und -führungen.

Der Ablauf eines Projekts startet mit der Anfrage eines Kunden, dem dann ein entsprechendes Ventildesign angeboten wird. Da in den meisten Fällen der Preis die entscheidende Rolle spielt, ist die Werkstoffauswahl ein wichtiges Kriterium. Die Vorauslegung der Ventile erfolgt über eine rotationssymmetrische Berechnung mit parametrischen Eingabemöglichkeiten und über die Auswahl der Werkstoffe aus der Datenbank. Dadurch lassen sich in relativ kurzer Zeit die gewünschten Lebensdauerberechnungen mit verschiedenen Lastfällen durchführen.

Automatisierte Berechnungen

Durch die relativ seltenen Temperaturwechsel (Motor ein/aus, im Motorleben 10.000 bis 100.000 Mal) liegt diesbezüglich eine klassische Low-Cycle-Belastung vor. Im Gegensatz dazu ist der Verbrennungsvorgang zu betrachten (Motor mit 6.000 Umdrehungen/Minute, 50 Mal pro Sekunde), bei dem die Bauteile problemlos 200 Millionen Belastungen überstehen sollten. „Wir haben vor rund 15 Jahren selbst ein Programm zur Lebensdauerberechnung entwickelt, das wir im Wesentlichen auch heute noch nutzen", berichtet Antonius Wolking. „Damit erkennen wir, wo die kritischen Stellen am Bauteil sind, und können diese dann über das geometrische Design der Ventile beziehungsweise über die Wahl der Werkstoffe eliminieren. Der von uns festgelegte Workflow erfordert lediglich die Eingabe der Geometriedaten, die Auswahl der Werkstoffe und die Definition der motorischen Bedingungen. Dazu müssen wir keine CAD-Daten abwarten. Die automatisierte Berechnung mit ANSYS erfolgt vollständig auf der Basis von APDL-Scripten, sodass wir

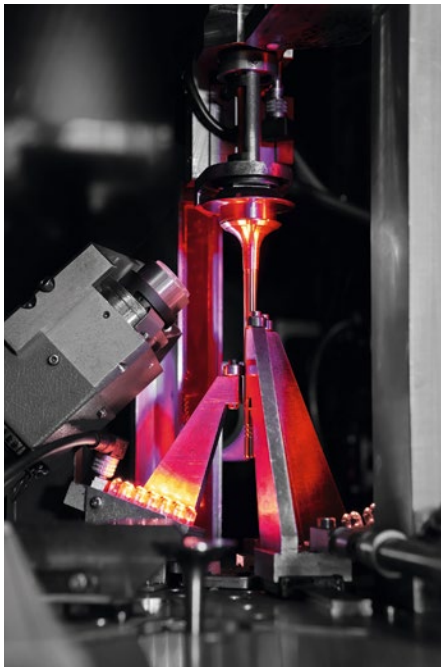


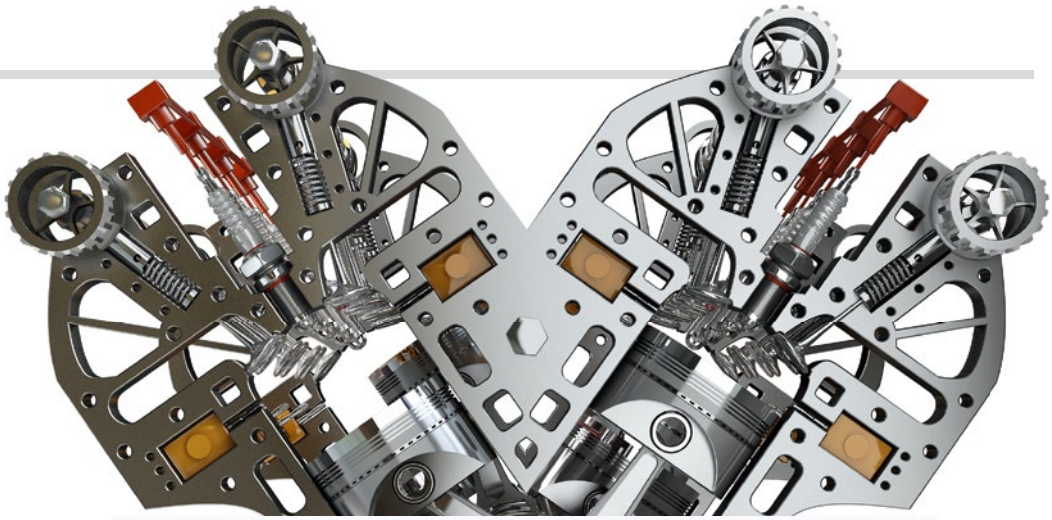
Bild 1: Die ausgereiften Prüfstände werden durch bewährte Berechnungsmethoden ergänzt.

Geometriedaten und Werkstoffe einfach variieren können, um anschließend schnell eine erneute Berechnung durchzuführen."

Grundsätzlich werden etwa drei Viertel der Wärme über den Sitzring abgeleitet und ein Viertel wird von der Führung aufgenommen. Wenn das nicht mehr ausreicht, kommen hohle Ventilschäfte mit interner Natrium-Kühlung (50 bis 60 % Füllung) zum Einsatz. Da Natrium eine sehr gute Wärmeleitung aufweist, wurde dieses Verfahren schon früh für extreme Belastungen in der Luftfahrt und im Motorsport genutzt. Das Natrium wird im Hohlschaftventil bei etwa 97 Grad flüssig und leitet die Wärme entsprechend dem Shaker-Effekt gut ab. Dadurch lässt sich die maximale Ventiltemperatur um bis zu 150 Grad absenken, wobei die Hälfte der Wärme nun über die Führung und die andere Hälfte über den Sitzring abgeleitet wird.

Im Allgemeinen werden Auslassventile als Bimetall-Ventile konstruiert, mit austenitischem Kopfteil für hohe Temperaturen sowie einem Schaft aus martensitischem Stahl, der gehärtet werden kann. Zusätzlich sind tribologische Betrachtungen sehr wichtig, denn das Ventil muss gut in der Führung laufen, wobei der Ventilschaft entweder mit Chrom beschichtet oder mit Stickstoff nitriert wird.

„Was wir bei der Simulation in früheren Jahren auf Grund der fehlenden wirtschaftlich realisierbaren Möglichkeiten nicht berücksichtigen konnten, waren 3D-Effekte, beispielsweise die unterschied-



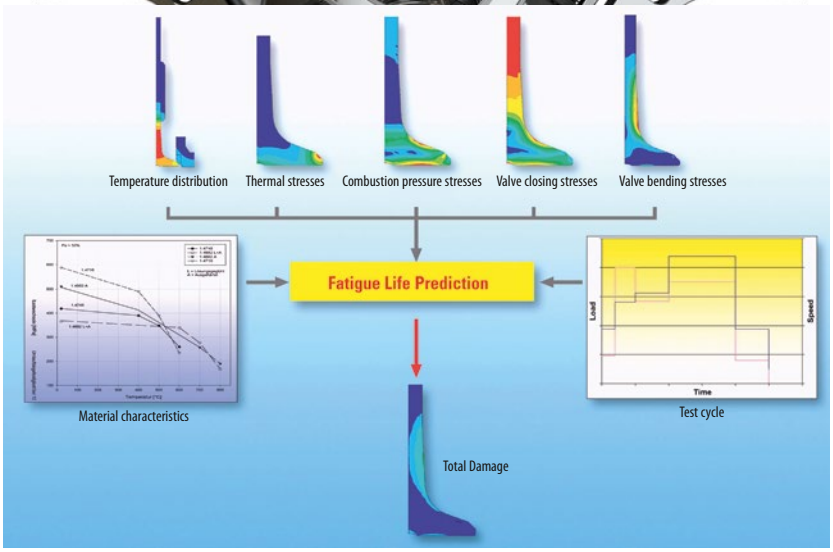


Bild 2: In die Lebensdauerberechnungen fließen vielfältige Parameter aus Herstellung und Nutzung ein.

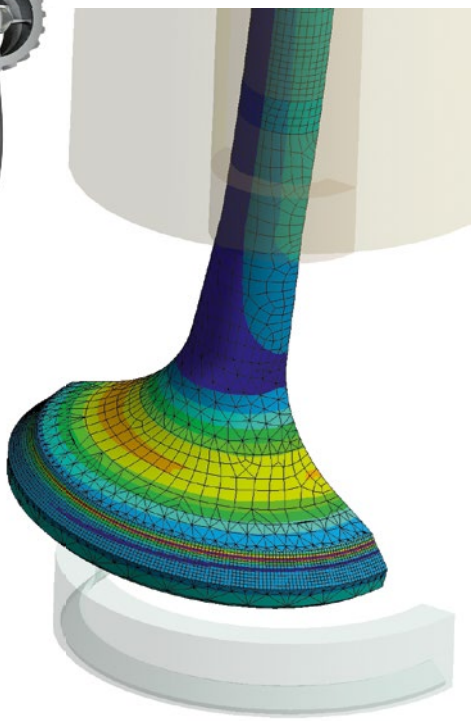


Bild 3: Mit dem 3D-Modell lassen sich die Spannungen am Ventilkopf sehr detailliert berechnen.

lichen Verformungen durch eine ungleichmäßige Temperaturverteilung und die Verbiegung der Ventile durch Verformungen des Zylinderkopfs“, erklärt Fernando Arias Sánchez, Berechnungsingenieur bei TRW EC, „denn diese lassen sich mit einem rotationssymmetrischen Modell nur unzureichend berechnen.“

Komplexe Anforderungen müssen erfüllt werden

Deshalb sind die Berechnungsspezialisten von TRW EC bei den Simulationen schrittweise zu einem dreidimensionalen Vollmodell übergegangen, um mehr Effekte zu untersuchen beziehungsweise die bisher untersuchten Effekte genauer zu betrachten. Beispiele dafür sind Querkräfte, Montagefehler oder thermische Verformungen. Mit dem 3D-Simulationsmodell lässt sich nun auch berechnen, wie die Ovalität des Sitzrings den Kontakt zum Ventil beeinflusst. Die Simulation verdeutlicht, was passiert, wenn die Ventile unter Verbrennungsdruck belastet und verformt werden, und wie zusätzlich auftretende Kräfte wirken, die bei der Erwärmung entstehen. Dabei mussten sie feststellen, dass die 3D-Berechnungen sie mit insgesamt sehr viel anspruchsvolleren Anforderungen konfrontierten als zuvor angenommen.

Ein Ziel ist zum Beispiel, das dynamische Verhalten beim Ventilschließen zu simulieren und dann mit Versuchen zu verifizieren. Kommt es beispielsweise zu einem einseitigen Kontakt, entsteht dadurch eine Spannungswelle, die sich am Schaft entlang fortpflanzt, teilweise über den Konusbereich bis zum Schaftende gelangt und dort reflektiert wird, was mit der Simulation genau analysierbar ist.

„Diesbezüglich wird die enge Zusammenarbeit mit den Motorenherstellern sowie der Austausch der jeweils gesammelten Erfahrungen durch die simulationstechnische Unterstützung von CADFEM ergänzt“, betont Antonius Wolking. „Bei der Umsetzung der 3D-Modelle hat CADFEM immer wieder Hilfestellung geleistet, wenn wir an unsere Grenzen gestoßen sind. Wir haben dann den Telefon-Support genutzt, aber auch mehrmals einen kompletten Support-Tag mit CADFEM Mitarbeitern verbracht, um neue Vorgehensweisen zu erarbeiten oder bestehende zu optimieren, unter anderem bei der Nutzung von HPC Lizenzen. Ebenso wurde bei der Verwendung von Kontaktelementen und beim Aufbau des dynamischen Modells auf das umfangreiche Know-how von CADFEM zurückgegriffen.“

Darüber hinaus können Schäden, die im Versuch auftreten, mit 3D-Berechnungen besser untersucht, interpretiert und leichter nachvollzogen werden, denn die Ventil-Spezialisten von TRW EC sind jetzt mit exakten 3D-Simulationen viel näher an der Realität. Folglich werden auch die steigenden Anforderungen besser erfüllt. Je nach Fragestellung können die TRW Ingenieure also den Detailgrad der Simulation an ihre Aufgabenstellung anpassen, um sowohl die erforderliche Genauigkeit zu garantieren als auch die maximale Geschwindigkeit für eine kundenorientierte Produktentwicklung zu erreichen.

InfoUnternehmen
TRW Engine Components (EC)
www.trw.de
www.trw.de/other_businesses/engine_components

InfoAnsprechpartner | TRW
Antonius Wolking
antonius.wolking@trw.com

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Tassilo Huppertz
Tel. +49 (0) 511-39 06 03-10
thuppertz@cadfem.de

Bild: Iaroslav Neliubov/shutterstock.com

Simulationen erleichtern die Schadensanalyse

Aus Schaden wird Wissen

Das Allianz-Zentrum für Technik (AZT) unterstützt als unabhängige Institution Kunden bei der technischen Ursachenforschung und Prävention von Schäden sowie der Bewertung prototypischer Risiken. Dadurch können Betreiber und Hersteller vorhandene Risiken und potenzielle Schäden besser beherrschen.

Das Allianz-Zentrum für Technik (AZT) befasst sich seit über 80 Jahren mit technischen Risiken und ihren Folgen. Dazu erklärt Dr. Johannes Stoiber, Co-Leiter des AZT: „Damals wie heute geht es darum, Schäden zu verstehen, um damit die Schadenregulierung zu unterstützen, aber auch darum, Präventionsmaßnahmen und risikoreduzierende Maßnahmen abzuleiten, zu entwickeln und mit Hilfe der gewonnenen Erkenntnisse Technik generell sicherer und versicherbar zu machen."

Dabei ist die interdisziplinäre Kompetenz des Instituts seine besondere Stärke. Stefan Thumm, zweiter Co-Leiter des AZT, ergänzt: „Für das AZT arbeiten Naturwissenschaftler, Ingenieure und Techniker verschiedener Fachgebiete eng zusammen. Komplexe Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge fordern komplexe Lösungsstrategien – und die finden wir schneller in übergreifenden Expertenteams. Dank unserer vielseitigen Labormöglichkeiten können wir zahlreiche Untersuchungen selbst durchführen. Außerdem arbeiten wir mit externen Experten zusammen, wie etwa den Spezialisten für die numerische Simulation von CADFEM. Durch den Einsatz der Finite-Elemente-Methode wird unser ‚Werkzeugkasten' für die Schadenanalyse ideal ergänzt." Das Know-how von CADFEM wird unter

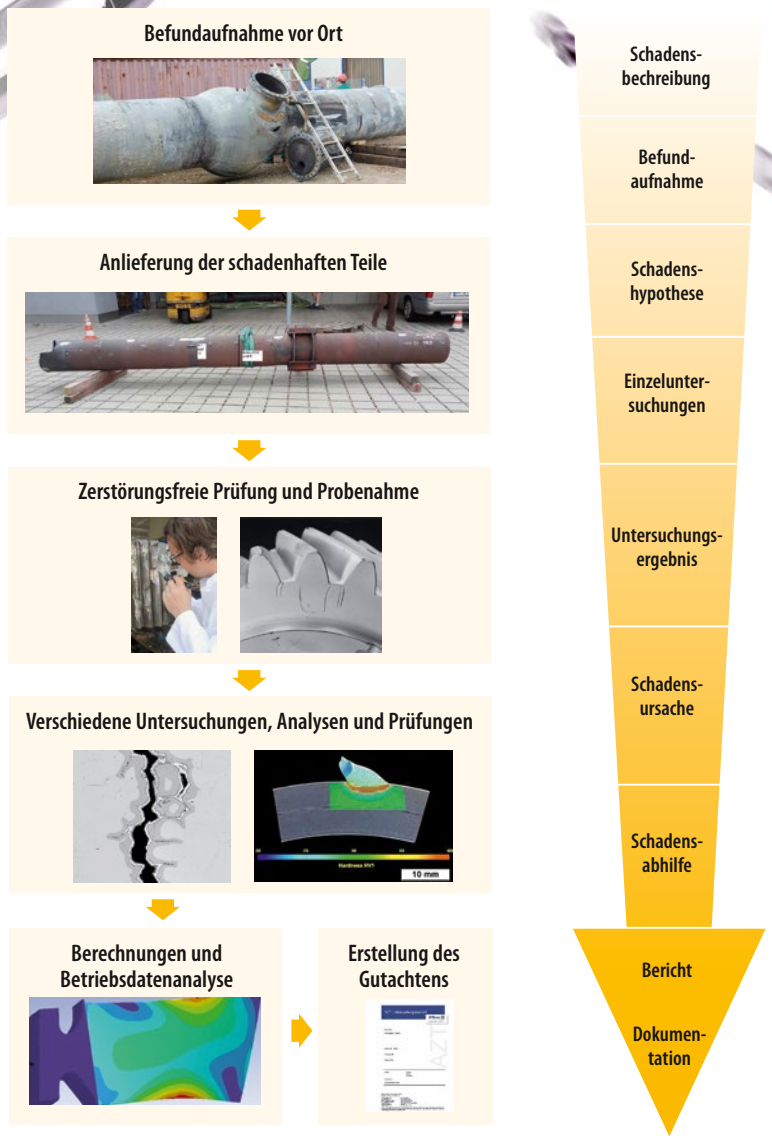


Bild 1: Typischer Ablauf einer AZT-Schadenanalyse (nach VDI 3822).

Bild: lightspring/shutterstock.com

anderem für anspruchsvolle Berechnungen von stationären und instationären Temperatur- und Spannungsverteilungen, zur Simulation kritischer Rissgrößen und Rissausbreitungen sowie zur Analyse von Verformungen genutzt.

Genauer Blick auf die Details

Um zu verstehen, weshalb ein Schaden entstanden ist, müssen die Gutachter des AZT einen sehr genauen Blick für Details haben. Das gilt auch für Risikoingenieure, die vor Abschluss eines Versicherungsvertrags mögliche Gefahren realistisch einschätzen und bewerten müssen. Die Einsatzgebiete sind in den verschiedensten Branchen zu finden, etwa bei Dampf- und Gasturbinen, Wind- und Solarkraftwerken, Gas- und Dieselmotoren, Generatoren und Transformatoren, Schaltanlagen, Pressen, Kränen, hydraulischen Systemen sowie anderen Maschinenkomponenten.

Dabei geht es auch immer darum, aus bisherigen Schäden zu lernen – sozusagen „aus Schaden klug zu werden". Ein Schaden ist oft das Resultat von mehreren Einflussfaktoren, deshalb leisten die Experten bei ihren Einsätzen wahre Detektivarbeit. Zur Eingrenzung der Ursachen werden je nach Fall verschiedenste Analyseverfahren wie zum Beispiel Fraktografie, Metallografie, Festigkeitsuntersuchungen, experimentelle Ansätze und meistens rechnerische Verfahren – wie numerische Simulationen, mit denen CADFEM beauftragt wird – eingesetzt.

Entscheidend für die Bewertung eines Schadens ist grundsätzlich die Verfügbarkeit und Genauigkeit der Eingangsdaten. Je nach Datenlage sind dabei sehr genaue Analysen oder lediglich grobe Überschlagsrechnungen möglich. Teilweise reichen aber auch schon einfache Simulationsmodelle, um schnell Ergebnisse zu erhalten, die auch Nichttechniker verstehen, damit sie notwendige Entscheidungen treffen können. In solchen Fällen werden lediglich Größenordnungen abgeschätzt sowie generelle Einflussfaktoren bestimmt, die zum Schaden führten. Dabei erfolgt immer eine Verknüpfung der Berechnungsergebnisse mit den Schadensbildern und den vorhandenen Messdaten.

Zusätzlich zur Schadensanalyse liefern die FE-Berechnungen Informationen, aus denen sich Empfehlungen für einen sicheren Anlagenbetrieb ableiten lassen. Die Variation von Parametern und Randbedingungen (Sensitivitätsanalyse) führt zu einem tiefer gehenden Verständnis von Maschinen und Anlagen und ermöglicht die Eliminierung eventuell bestehender Schwachstellen.

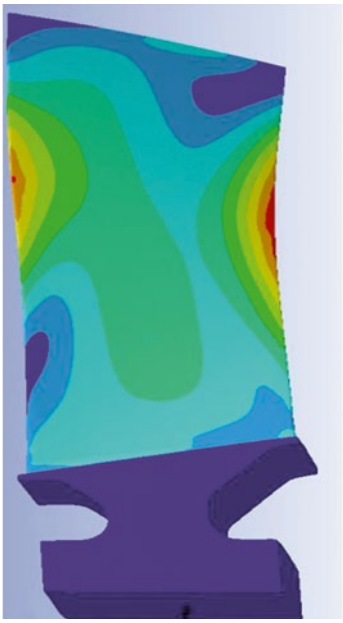


Bild 2: Die FE-Modalanalyse der Verdichterschaufel diente zum Abgleich mit dem Bruchbild.

Modalanalyse dient zur Klärung

Am Beispiel eines realen Schadens an einer Gasturbine soll hier das grundsätzliche Vorgehen beschrieben werden: Nachdem beim Verdichter der Gasturbine Brüche an Schaufeln in der Blattmitte mit Folgeschäden auftraten, begutachteten die AZT-Experten die schadhaften Schaufeln, recherchierten vor Ort die Betriebsdaten und analysierten diese anschließend. Die Modalanalyse anhand von FE-Berechnungen diente dabei zur Klärung, ob sich die Bruchorte mit dem Auftreten bestimmter Eigenfrequenzen deckten. Zwar ergab die Analyse, dass durch den 3. und 6. Mode hohe Spannungen in den Bereichen der Brüche auftreten konnten, jedoch war in diesem Bereich keine Anregung durch den Turbinenbetrieb nachvollziehbar.

Die Untersuchungen im AZT-Labor führten letztendlich zu dem Resultat, dass hochzyklische Schwingungen die Ursache für den Bruchschaden waren. Die Risse in den Schaufeln entstanden durch Korrosionsbildung an Stellen ohne Schutzschicht. Dies geschah, weil in der Turbine Ersatzschaufeln verbaut worden waren, die zwar die gleichen geometrischen Abmessungen hatten wie die Originalschaufeln, aber im Gegensatz zu diesen unbeschichtet waren und andere Materialkennwerte aufwiesen. Messungen ergaben, dass die Dämpfung bei den Originalschaufeln etwa doppelt so hoch war wie bei den Ersatzschaufeln, bei denen folglich doppelt so hohe Spannungen auftraten. In Kombination mit den durch die Korrosion verursachten lokalen Kerben entstanden Risse, die sich ausbreiteten und schließlich zum Schaden und Stillstand der Turbine führten.

Erfolgreiche Zusammenarbeit bei komplexen Fällen

„Durch die gute Zusammenarbeit mit CADFEM, die schon seit 2008 besteht und kontinuierlich weiterentwickelt wurde, konnten wir auch bei diesem Projekt innerhalb relativ kurzer Zeit zu einem konkreten Ergebnis bei der Schadensanalyse kommen und weitere Schäden bei Schwesterturbinen vermeiden", erklärt Stefan Thumm. Die Schadensingenieure des AZT verfügen über das Anwendungs-Know-how und recherchieren die Betriebsbedingungen, die CADFEM dann in Simulationsmodelle mit den entsprechenden Randbedingungen umsetzt, sodass die erforderlichen FE-Berechnungen durchgeführt werden können. Diese tragen grundsätzlich dazu bei, dass eine optimale Entscheidungsgrundlage sowohl für die Schadensregulierung als auch für die Durchführung von Reparaturen beziehungsweise für einen Weiterbetrieb geschaffen wird.

„Neben dem grundsätzlichen Nutzen, den wir durch die numerische Simulation bezüglich Kostenreduzierung, Zeitersparnis und umfassender Qualitätssicherung erzielen, ist die FE-Berechnung für uns ein unverzichtbares und wertvolles Instrument für die Schadensanalyse. Sichere Erkenntnisse zur Eingrenzung und Aufklärung von komplexen Schadensursachen können heute teilweise nur noch mit FE-Simulationen gewonnen werden", erläutert Stefan Thumm.

InfoUnternehmen
Allianz-Zentrum für Technik
www.azt.allianz.com

InfoAnsprechpartner | Allianz
Stefan Thumm
stefan.thumm@allianz.com

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Udo Killat
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-23
ukillat@cadfem.de

Simulation ermöglicht „Prophezeiung“ des Schweißverzugs

… der Berg kommt zum Propheten

Manchmal ist es leichter, die sprichwörtlichen Berge zu versetzen als den vermeintlich direkten Weg zu gehen. In diesem Fall geht es darum, mit Hilfe der Simulation dem unweigerlich entstehenden Schweißverzug durch gezielte Vorverformung – das heißt einen „bergförmigen“ Konus – entgegenzuwirken, um die sehr enge Formtoleranz einzuhalten.

Teilweise kann durch Änderungen in der Schweißreihenfolge oder mit Modifikationen der Schweißleistung der Verzug minimiert werden. Wenn das nicht sinnvoll möglich ist, sind andere Gegenmaßnahmen zu treffen. Eine Lösung liegt in der gezielten Vorverformung des Werkstücks. Dabei wird die Verformung, die der Schweißverzug hervorruft, mit umgekehrten Vorzeichen vorab auf das Werkstück aufgebracht, um nach dem Schweißen genau die gewünschte Form zu erhalten. Allerdings müsste man Prophet sein, um den Schweißverzug vorhersagen zu können … oder man simuliert mit dem Know-how von CADFEM.

Schoeller-Bleckmann Nitec (SBN) ist ein führender Hersteller von Hochdruck-Apparaten für die petrochemische Industrie. Die Anlagen werden zur Herstellung von Harnstoff – dem weltweit bedeutendsten Stickstoffdüngemittel (47 % N) genutzt, das massiven Einfluss auf die Ernährung der Weltbevölkerung hat. Harnstoff wird aus Erdgas, Luft und Wasser gewonnen, wobei die größten Anlagen rund 4.000 Tonnen Harnstoff am Tag produzieren.

Beeindruckend große Wärmetauscher

Der exotherm ablaufende Prozess der Harnstoffherstellung gibt Wärme ab, die in großen Wärmetauschern für die Weiterverwendung nutzbar gemacht wird. Die Wärmetauscher sind unter anderem hochkorrosiven Ammoniaksalzen ausgesetzt und müssen Prozessdrücken bis über 100 bar standhalten. Bild 1 zeigt einen dieser Rohrbündel-Wärmetauscher, dessen Boden aus einer „Rohrplatte“ besteht. Aufgrund des hohen Drucks muss die Rohrplatte mit Wandstärken von bis über 400 mm ausgeführt werden. Als Grundmaterial verwendet SBN Druckbehälterstahl. Um dessen Oberfläche vor Korrosion zu schützen, wird eine Schicht korrosionsbeständiger Stahl – wie in Bild 2 zu sehen ist – vollflächig aufgeschweißt („plattiert“). Dabei lassen sich die Schweißprozessparameter nur in sehr geringem Maße sinnvoll verändern und es kommt zu Eigenspannungen die eine zunächst ebene Platte schüsselförmig aufbiegen.

Im nächsten Arbeitsschritt wird die auftragsgeschweißte Oberfläche plan gedreht, um eine glatte und vor allem ebene Oberfläche zu erhalten. Wenn der Schweißverzug größer ist als die Schichtdicke der Schweißlage, würde stellenweise die komplette Schweißlage wieder entfernt und der Korrosionsschutz wäre nicht mehr gege-

Bild: hxdyl/shutterstock.com

ben. Damit wäre das sehr teure Werkstück ruiniert und die meist engen Liefertermine wären nicht haltbar. Neben hohen Material- und Herstellungskosten muss dann auch noch mit Konventionalstrafen für die Lieferverzögerungen gerechnet werden.

Um diesem Problem entgegenzuwirken, gibt SBN dem Rohling der Rohrplatte schon seit Längerem vor dem Schweißen eine leicht konische Form, die annähernd die negative Form des Schweißverzugs haben soll. Bisher hat SBN versucht, dies mit Hilfe ihrer langjährigen Erfahrung abzuschätzen, aber bei variierenden Abmessungen der Rohrplatte und unterschiedlichen Plattierungen ist diese erfahrungsbasierte Prognose oft nicht zuverlässig genug.

Die Lösung liegt in der Simulation

Die Prognose des Schweißverzugs ist mit entscheidend für eine effiziente Herstellung dieser teuren Bauteile. Mit den Softwarelösungen und dem Know-how von CADFEM lässt sich der Schweißvorgang simulieren und damit die Eigenspannungen und die Verformung des Bauteils „prophezeien“ (Bild 3).

Für den Einstieg in dieses Simulationsthema wurde von SBN eine Bachelorarbeit vergeben. Als Arbeitsbasis für den Studenten hat die CADFEM (Austria) GmbH ein vollständig parametrisches Berechnungsmodell in ANSYS Workbench erstellt. In diesem Modell können sowohl alle geometrischen Abmessungen als auch die Schweißprozessparameter einfach variiert werden, um es dann ohne großen Änderungsaufwand neu zu berechnen. Dafür wurde das in der CADFEM ihf Toolbox verfügbare Programmpaket VWS (VirtualWeldShop) verwendet, das verschiedenste Werkzeuge zur Schweißsimulation enthält. Durch diese Vorarbeiten musste der Student sich nicht in die Handhabung von ANSYS und VWS einarbeiten, sondern konnte sich ganz auf die Ermittlung aller Prozess- und Materialparameter sowie auf die Bewertung der Analysen konzentrieren. Sämtliche Eingangsparameter wurden in einer Excel-Tabelle übersichtlich zusammengefasst und auf der ANSYS Projektseite mit dem Berechnungsmodell verknüpft (Bild 4). Bei der Simulation wird das Materialverhalten bei den unterschiedlichen Temperaturen berücksichtigt: wie thermische Dehnung, Gefügeumwandlung und Plastifizierung. Folglich ergab auch der Abgleich mit den Messdaten eine gute Übereinstimmung.

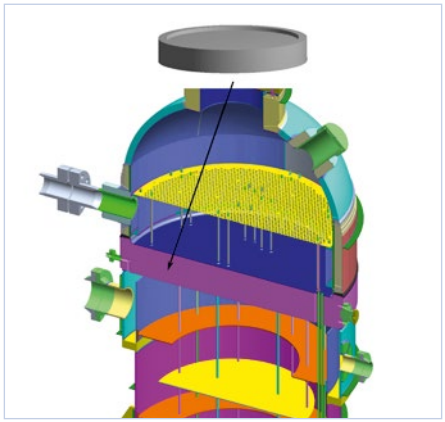


Bild 1: Die Wärmetauscher von SBN müssen hohe Anforderungen erfüllen.

Bild 2: Aufschweißen (Plattieren) einer korrosionsbeständigen Stahlschicht.

Nutzen für den Kunden

Zwar lässt sich der Schweißverzug selbst nicht verhindern, aber wenn die Simulationsmethoden von CADFEM diesen im Voraus richtig „prophezeien“, dann kann der Schmiederohling der Rohrplatte mit genau dem richtigen „Berg“ (Konushöhe) vorgeformt werden, um so den Schweißverzug auszugleichen. Damit wird die Gefahr einer falschen Konushöhe eliminiert, sodass hohe Kosten für Nachbearbeitungen und Verzögerungen beim Liefertermin der Vergangenheit angehören. Zusätzlich haben die Ingenieure von SBN ihr Know-how bezüglich der Auftragsschweißung weiter ausgebaut.

Ab Seite 24 finden Sie einen weiteren Artikel zu Schweißsimulationen, der unter anderem auf das Nennspannungs- und das Strukturspannungskonzept eingeht.

InfoUnternehmen
Schoeller-Bleckmann Nitec GmbH (SBN)
www.christof-group.at/sbn/

InfoAutor
Dipl.-Ing. Christoph Schlegel, CADFEM (Austria) GmbH

InfoAnsprechpartner | SBN
Dipl.-Ing. Robert Bunzl
r.bunzl@christof-group.com
Bachelorarbeit von Florian Stangl,
Fachhochschule Wiener Neustadt

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Dipl.-Ing. Christoph Schlegel
Tel. +43 (0) 1 587 70 73-12
christoph.schlegel@cadfem.at

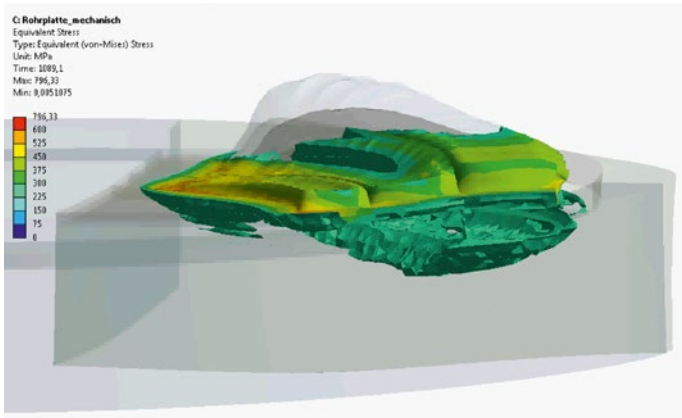


Bild 3: Spannungsverteilung in der Rohrplatte während des Schweißens mit stark überhöht dargestellter Verformung.

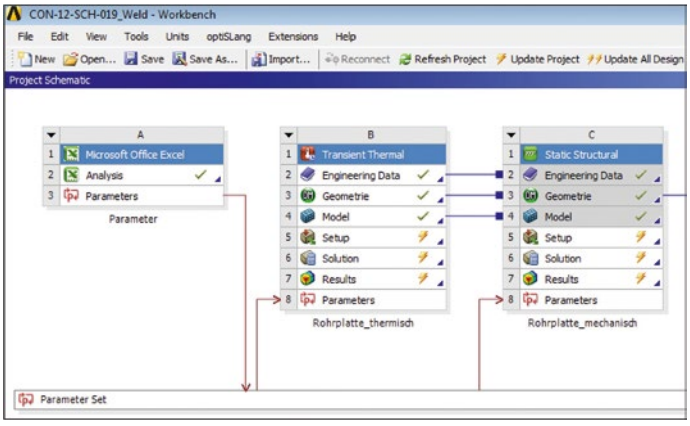


Bild 4: Die Parameterübergabe erfolgt durch Einbindung der Excel-Datei in die ANSYS Umgebung.

Topologieoptimierung mit ANSYS Mechanical

Formvollendet

In den letzten Jahren sind Themen wie Leichtbau und Materialeinsparungen und in diesem Zusammenhang auch belastungsspezifische Produktanpassungen in den Fokus des Entwicklungsprozesses gerückt, um diesen effizienter und umweltbewusster zu gestalten. Mit der Topologieoptimierung können Ingenieure neue Wege bei der Formgebung ihrer Produkte gehen, um die Materialausnutzung optimal an die Steifigkeitsanforderungen anzupassen. Dies führt zu minimiertem Materialeinsatz und einer Gewichtsreduktion des Bauteils.

Die Topologieoptimierung ist eine Disziplin der parameterfreien Optimierung. Anders als bei einer Parameteroptimierung, in der durch eine parametrische Variation unterschiedliche Designs ermöglicht werden, wird bei der Topologieoptimierung für jedes FE-Element eine Designvariable variiert, die eine direkte Auswirkung auf den Elastizitätsmodul und die Dichte jedes Elements hat. Somit führt eine Variation dieser Designvariablen zu einer E-Modul- und Dichteänderung im Element. Elemente mit geringer Dichte werden vom Designraum entfernt, wohingegen Elemente mit höherer Dichte zu einer Versteifung der Struktur führen. Ziel einer Topologieoptimierung ist es, eine Struktur zu erhalten, die für ein vorgegebenes Massenverhältnis maximale Steifigkeit bietet. Wie in der klassischen Optimierung wird hierfür eine Zielfunktion definiert und der Designraum durch Zwangsbedingungen eingeschränkt.

Mit GENESIS Topology for ANSYS Mechanical (GTAM) von Vanderplaats Research & Development steht ein in ANSYS Workbench integriertes Werkzeug zur Topologieoptimierung zur Verfügung, das für strukturmechanische Aufgabenstellungen innerhalb der vertrauten Softwareumgebung eine intuitive Bedienung mit hohem Komfort bietet. Der Anwender wird über eine Toolbar durch die gesamte Topologieoptimierung geführt, wobei die jeweiligen Definitionen im Strukturbaum gespeichert werden. Mit GTAM können sowohl Volumen- als auch Schalenstrukturen optimiert werden.

Vier Schritte zum optimierten Design

Die Topologieoptimierung mit GTAM lässt sich in vier Abschnitte gliedern: das Preprocessing, das Lösen des Optimierungsproblems, das Postprocessing und den Export zur Weiterverwendung der optimierten Struktur. Basis der Topologieoptimierung sind zuvor definierte ANSYS Analysen, die als Lastfälle dienen (Bild 1). Dabei kann der Anwender eine Simulationskette aus statisch mechanischen Analysen mit linearen und nichtlinearen Kontakten, aus Modalanalysen und aus linearen Beulanalysen aufbauen.

Das Preprocessing erfolgt in drei Schritten. Zunächst definiert der Anwender das zu optimierende Volumen als Designraum, in dem der Optimierer die Elementdichten variiert. Außerdem können Fertigungsrandbedingungen wie Auszugsrichtungen einer Gussform, Symmetriebedingungen oder Füllrichtungen festgelegt werden. Im zweiten Schritt wird das Optimierungsziel spezifiziert, das maximiert oder minimiert werden soll. Hier kann der Anwender unterschiedliche Ziele verfolgen, beispielsweise die Dehnungsenergie, Verschiebungen von Elementknoten, Eigenfrequenzen oder die Designraummasse. In GTAM lässt sich auch eine Kombination von Zielen verfolgen, bei der die Wichtigkeit des jeweiligen Ziels über Gewichtungsfaktoren beeinflusst werden kann. Der dritte Schritt dient zur Einschränkung des Variationsraums durch Nebenbedingungen. Dazu werden obere bzw. untere Grenzwerte festgelegt, z. B. das gewünschte Massenverhältnis zwischen der Masse des optimierten Volumens und der Anfangsmasse. Ist die Optimierungsaufgabe vollständig beschrieben, kann die Berechnung durch den GENESIS Solver direkt im Editor von ANSYS Mechanical gestartet werden. Dieser Solver zeichnet sich durch schnelle Konvergenz und robustes Verhalten aus, sodass nach wenigen Design-Iterationen ein Ergebnis vorliegt. Nach Berechnungsende lassen sich die Elementdichten und die dazugehörigen Iso-Oberflächen für die Struktur darstellen. Im letzten Schritt wird die optimierte Struktur exportiert und dient als Grundlage für eine anschließende Nachmodellierung.

Topologieoptimierung eines Werkzeugmaschinenbetts

Bild 2 zeigt eine Werkzeugmaschine mit einem zu optimierenden Maschinenbett (gelb umrandet). Dieses soll bei fünf Verfahrpositionen und jeweils zwei Fräsrichtungen des Frästurms eine maximale Steifigkeit bei minimaler Masse aufweisen, wobei die dritte Eigenfrequenz mindestens 3.200 Hz betragen soll. Die verschiedenen

Bild: Dmitry Naumov/shutterstock.com

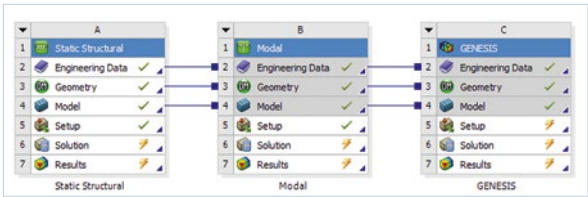


Bild 1: Basis der Optimierung sind zuvor definierte ANSYS Analysen, die als Lastfälle dienen.

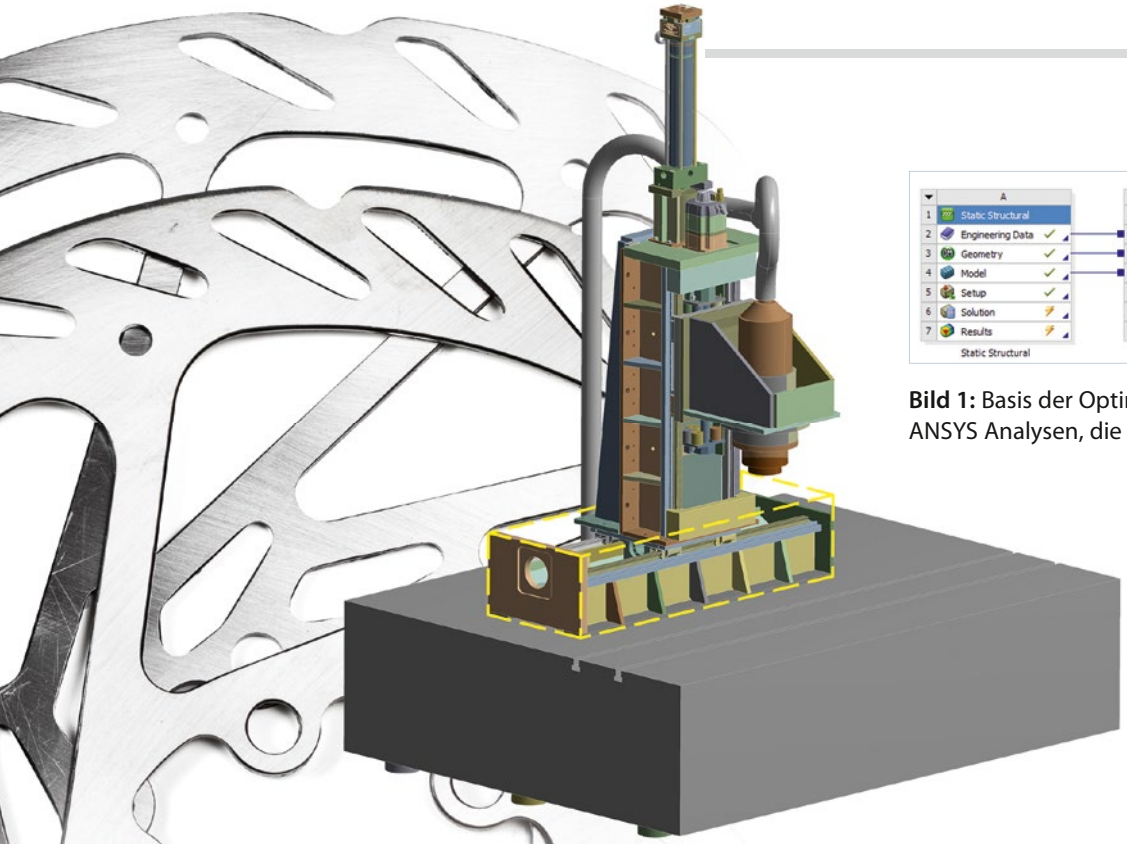


Bild 2: Werkzeugmaschine mit einem zu optimierenden Maschinenbett (gelb: verfügbarer Bauraum).

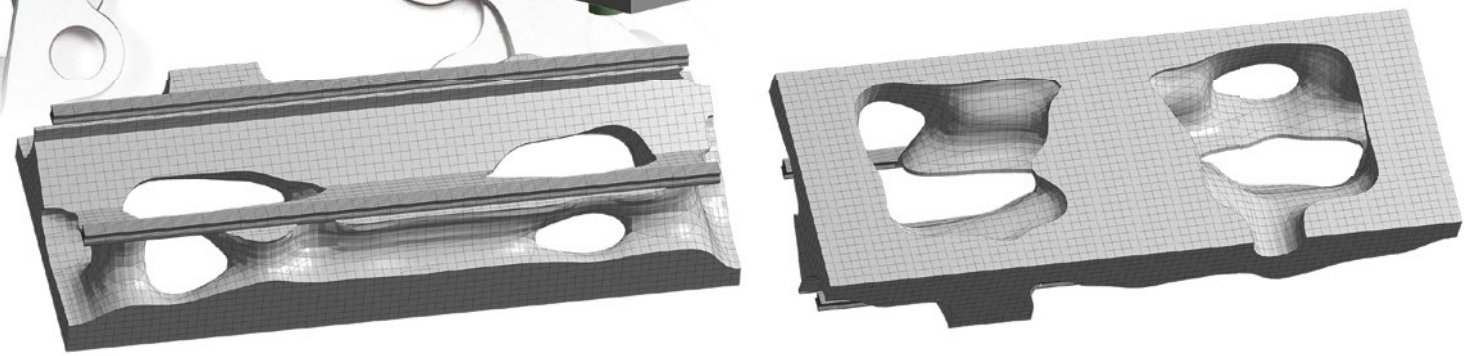


Bild 3: Das optimierte Werkzeugbett wird ins CAD-System exportiert und dort weiterverarbeitet.

Lastfälle wurden durch statisch mechanische Analysen und eine Modalanalyse definiert. Vor Optimierungsbeginn wird der Designraum so modelliert, dass der maximal zulässige Bauraum zur Verfügung steht (gelber Quader). Dieses Volumen wird im ersten Schritt des Postprocessings als Designraum definiert. Die Zielfunktion für das Optimierungsproblem ist eine Minimierung der Dehnungsenergie und des Massenverhältnisses zwischen der Masse des optimierten Volumens und der Anfangsmasse unter der Nebenbedingung einer festgelegten Eigenfrequenz. Nach der Berechnung ergibt sich das in Bild 3 dargestellte, optimierte Werkzeugbett. Eine Rückführung in ein CAD-System oder Aufbereitungswerkzeug kann durch den Export als Volumen- oder Flächenmodell erfolgen.

Durch die Nutzung der Topologieoptimierung im Produktentwicklungsprozess können Bauteile anwendungsspezifisch so ausgelegt werden, dass sie beispielsweise mit minimalem Gewicht eine maximale Steifigkeit bieten. Dies führt zu einem geringeren Materialbedarf und senkt somit die Kosten. Außerdem lassen sich durch die Optimierung der dynamischen Eigenschaften beachtliche Verbesserungen der Energieeffizienz erreichen. Insgesamt gesehen führt die Topologieoptimierung zu neuartigen Designvarianten, die dem Anwender Ideen für wegweisende Produkte liefern.

Anwenderstatement

„Die Franz Kessler GmbH stellt Spindeln für Werkzeugmaschinen und dazugehörige Schwenkeinheiten und Arbeitstische her. Speziell bei diesen Systemen fordern unsere Kunden ein Höchstmaß an Präzision und eine möglichst geringe Positionierzeit. Durch die Integration der Topologieoptimierung GENESIS in ANSYS sowie eine Erweiterung der bekannten Bedienoberfläche lässt sich die neue Software, die beeindruckende Ergebnisse liefert, sehr einfach nutzen. Bei der Optimierung eines Schwenktischs zeigte uns GENESIS einige Möglichkeiten auf, wie dessen Steifigkeit erheblich gesteigert werden konnte, ohne dabei die Masse zu erhöhen."
Thomas Bellmann, Franz Kessler GmbH

InfoAutor
Nico Nagl, CADFEM GmbH

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Nico Nagl
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-53
nnagl@cadfem.de

InfoVerwendete Software
ANSYS Workbench, GENESIS Topology for ANSYS Mechanical (GTAM)

InfoWebinar
Innovative Formgebung
www.cadfem.de/topologie-webinar

CADFEM unterstützt jugendliche Artisten

Ganz großer Zirkus: Movimento

Faszinierende Zirkus-Artistik präsentierte im Juli 2014 die Gruppe Movimento in Ebersberg. Movimento, das sind mehr als 300 Schülerinnen und Schüler des Gymnasiums Grafing, zog in fünf ausverkauften Shows jeweils über 1.000 Zuschauer in ihren Bann. Im großen Zirkuszelt zeigten die jugendlichen Artisten die Vielfalt ihres Könnens am Boden und in der Luft. Egal ob Jonglage, Einrad, Akrobatik, Tanz, Vertikaltuch, Chinesischer Mast oder Trapez: sie boten dem begeisterten Publikum Meisterleistungen.

In der Gruppe Movimento, die unter anderem von der CADFEM GmbH finanziell unterstützt wird, sind Schülerinnen und Schüler aus allen Jahrgangsstufen aktiv, die sich in verschiedenen Wahlkursgruppen im Bereich Bewegungskünste ausprobieren und weiterentwickeln. Unterstützt durch externe Künstler üben die Jugendlichen regelmäßig in den wöchentlichen Wahlkursstunden und von Zeit zu Zeit auch an Wochenenden.

Neben dem regelmäßigen Probenbetrieb kann die Gruppe schon auf viele erfolgreiche Auftritte im In- und Ausland zurückblicken. Zu den Highlights zählen die Teilnahme an den Weltgymnaestraden 2007 in Dornbirn (Österreich) und 2011 in Lausanne (Schweiz) sowie an den Deutschen Turnfesten in Berlin (2005), Frankfurt (2009) und Mannheim (2013).

Bilder: Karl Obermayr

Auftritte bei der Gymmotion-Tournee des Deutschen Turnerbundes in Deutschland und Frankreich und die wiederholte Teilnahme am Sportaculum 2006 und 2008, der großen Schulsportgala in der Münchner Olympiahalle, bestätigen den Erfolg der kreativen Arbeit in den Wahlkursen.

Geleitet, betreut, trainiert und organisiert wird die Gruppe, in die auch behinderte Jugendliche integriert sind, von Stefan Eberherr, Mathematik- und Sportlehrer am Gymnasium Grafing. Seine Schwerpunkte sind die Akrobatik und die Pantomime. Im Rahmen der Wahlkurse versucht er aber, seine Leidenschaft für alle Bereiche der Bewegungskünste an die Schülerinnen und Schüler weiterzugeben. Individuelle Körperbeherrschung, Ästhetik und Ausdrucksmöglichkeiten, aber auch gruppendynamische Aspekte wie Vertrauen und Verantwortung stehen im Mittelpunkt der Ausbildung.

Der hohe pädagogische Wert der Zirkusarbeit wird auch von Fachkreisen anerkannt und bescheinigt. So unterstützt die gemeinsame Tätigkeit die Ausbildung der Persönlichkeit und das soziale Lernen. Darüber hinaus fördert die Zirkusarbeit insbesondere Kooperation und gegenseitiges Vertrauen sowie Kreativität und Phantasie. Letzteres ist beispielsweise bei der Gestaltung neuer Zirkusnummern gefragt. Ohne Ausdauer, Konzentration und Disziplin ist das Erlernen neuer Techniken nicht möglich. Die Kinder und Jugendlichen erfahren ihre eigenen Grenzen und erweitern diese bei immer schwerer und komplizierter werdenden Tricks und Kunststücken ständig. Grob- und Feinmotorik werden ebenso geschult und entscheidend verbessert wie das Gefühl für den eigenen Körper. Nicht zuletzt gewinnen die jungen Artisten dadurch bedeutend an Selbstvertrauen, Selbstwertgefühl und Selbstbewusstsein.

„Da bei Movimento jeder mitmachen darf, gibt es kein Casting und auch kein ungeschriebenes Gesetz, dass man besonders sportlich, schlank und fit sein muss, um mitzumachen“, erklärt Stefan Eberherr. „Folglich können am freien Training, das wir sonntags anbieten, auch Jugendliche mit Behinderung teilnehmen, denn jeder kann eine Disziplin finden, in der er gut ist.“

Weitere Infos unter: www.movimento-gg.de

European School of Computer Aided Engineering Technology

esocaet: 10 Jahre Master in Applied Computational Mechanics

Im Jahr 2003 hatten wir die Idee, einen berufsbegleitenden Studiengang zum Thema Numerische Simulation im Ingenieurwesen aufzubauen. Berufsbegleitende Masterprogramme für Betriebswirtschaft (MBA – Master of Business Administration) wurden schon damals angeboten, aber keine entsprechenden Programme für Technikwissenschaften. Da kam der Aufruf der EU zur Förderung von Pilotprojekten gerade richtig.

Zusammen mit den Hochschulen in Ingolstadt und Landshut sowie Industriepartnern aus verschiedenen europäischen Ländern hat CADFEM das Projekt mit dem Arbeitstitel esocaet – European School of Computer Aided Engineering Technology – eingereicht und den Zuschlag bekommen. Bereits nach einjähriger Projektdauer konnten wir 2005 den ersten Studiengang zum Master of Engineering in Applied Computational Mechanics starten und es ist uns gelungen, seither jährlich einen Kurs durchzuführen. Nun hat im September 2014 der zehnte Jahrgang begonnen.

Besondere Eigenschaften unseres Masterstudiums

Es war nicht immer leicht, für einen gebührenfinanzierten Studiengang genügend Studenten zu finden. Dass es trotzdem gelungen ist, liegt an den besonderen Eigenschaften unseres Studiengangs. Unser Masterstudium setzt einen Bachelor-Abschluss und anschließend eine mindestens einjährige Berufserfahrung voraus. Dabei hat sich gezeigt, dass Studenten, die schon Erfahrungen in der Praxis haben, einen ganz anderen Zugang zum Lernstoff haben.

Das Curriculum enthält Module, die für die Praxis wichtig sind, vernachlässigt aber nicht die Theorie, z. B. zu Betriebsfestigkeit und Robustheitsbewertung – zwei bedeutsame Themen für eine sichere Auslegung von Bauteilen. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal zu anderen Studiengängen ist, dass wir herausragende Lehrbeauftragte verpflichten konnten, sowohl von verschiedenen Hochschulen und Universitäten als auch aus der Industrie (weitere Informationen dazu auf den Seiten 44 und 45). Die Vorlesungen des internationalen Studiums werden in Englisch gehalten. Gruppengrößen von rund 15 Studenten ermöglichen eine intensive Kommunikation zwischen Lehrenden und Lernenden, sodass auch Fragen aus dem Berufsalltag besprochen werden können.

Der Studiengang umfasst etwa 600 Präsenzstunden und erstreckt sich über drei Semester plus ein Semester für die Masterarbeit, die in der Regel ein Thema aus dem eigenen Unternehmen behandelt.

Unser Kurs war Trendsetter

Zum Erfolg der deutschen Industrie hat nicht zuletzt die praxisnahe Ausbildung durch Berufsschulen und im akademischen Bereich durch Fachhochschulen beigetragen. Mit unserem berufsbegleitenden Masterstudiengang sind wir noch einen Schritt weiter gegangen und waren damit Trendsetter.

Heute bieten mehr und mehr Hochschulen berufsbegleitende Masterstudiengänge im Ingenieurwesen an. Das geht so weit, dass Firmen von Hochschulen spezifische Masterstudiengänge entwickeln lassen, unter anderem wurde von der Technischen Hochschule Ingolstadt ein Studiengang zu Elektromobilität für BMW konzipiert. Auch im Ausland – zum Beispiel in Tunesien, Russland oder China – wächst das Interesse, bestehende Ausbildungskonzepte mit praxisnahen Studiengängen zu ergänzen.

Dass esocaet eine Vorreiterrolle bezüglich der Weiterbildung im Bereich der nu-

Ein Rückblick

Bisher hatten wir 245 Bewerbungen, 125 Studenten konnten das Studium beginnen. Die Einschätzung der Teilnehmer ist überwiegend sehr positiv. Sie empfehlen den Kurs weiter, allerdings mit dem Hinweis, dass er ziemlich anstrengend ist und man viel Energie benötigt. Drei unserer Master promovieren, zwei Absolventen haben zusammen erfolgreich ein Ingenieurbüro gegründet, rund ein Viertel der Abgänger haben zwei Jahre nach ihrem Abschluss Aufgaben mit Führungsverantwortung übernommen. Die meisten arbeiten jetzt als Berechnungsspezialisten in der Produktentwicklung.

Im September starteten 15 Studierende mit dem berufsbegleitenden Masterstudium, um sich umfassend mit den Simulationstechnologien zu beschäftigen.

merischen Simulation und praktischen Anwendung der Finite-Elemente-Methode (FEM) einnimmt, bezeugt nicht zuletzt eine Pressemitteilung des Wissenschaftsrates, dem wichtigsten wissenschaftspolitischen Beratungsgremium in Deutschland, die Mitte Juli 2014 veröffentlicht wurde. Darin heißt es unter anderem: „Der Hochtechnologiestandort Deutschland", so der Vorsitzende des Wissenschaftsrates, Professor Manfred Prenzel, „ist darauf angewiesen, gezielt Menschen mit simulationswissenschaftlicher Kompetenz auszubilden und Forschung mit und über Simulation in ihrer ganzen Spannbreite zu fördern." Der Wissenschaftsrat ist der Ansicht, dass simulationsbasierte Technik heute ein selbstverständlicher Bestandteil unseres Alltags ist und sich wissenschaftliche Herausforderungen ohne komplexe rechnergestützte Simulationen nicht bearbeiten lassen. Gleichzeitig haben sich aber nach Meinung des Wissenschaftsrates im Bereich der Simulation die Strukturen in Lehre und Forschung in Deutschland nicht adäquat mitentwickelt. Folglich sieht er den Ausbau eines differenzierten Studienangebots als dringend erforderlich an (Weitere Infos unter: www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/ 4032-14.pdf).

Ideen für die nächste Dekade

Nach zehn Jahren ist es auch Zeit für Anpassungen und notwendige Verbesserungen. Deshalb haben wir uns für die nächsten Jahre einiges vorgenommen. Neben dem bisherigen Masterkurs mit Schwerpunkt Strukturmechanik wollen wir zusammen mit anderen Hochschulen Masterkurse mit den Schwerpunkten Strömungsmechanik und Elektromagnetik entwickeln. Dabei sollen Teile aus den verschiedenen Masterprogrammen nach Bedarf wählbar sein. Studenten, die keinen Masterabschluss anstreben, haben dann die Möglichkeit, für ausgewählte Module ein Hochschulzertifikat zu erwerben.

Unsere Idee für die Zukunft: Ein Netzwerk aus mehreren Hochschulen verschiedener Länder, die Masterprogramme anbieten, und Studenten, die Module an unterschiedlichen Hochschulen belegen können.

Unsere Vision für die Zukunft ist, dass ein Netzwerk aus mehreren Hochschulen verschiedener Länder die Masterprogramme anbietet und Studenten Module an unterschiedlichen Hochschulen belegen können. Lehrbeauftragte sollen die Möglichkeit erhalten, Vorlesungen auch an Partnerhochschulen zu halten. Voraussetzung ist, dass die Modulinhalte ausführlich beschrieben sind und die Hochschulen bereit sind, Credits anzuerkennen, die an anderen Hochschulen erworben wurden. Auf diese Weise hätten wir ein wahrlich internationales Ausbildungskonzept.

Was wir dazu weiterhin brauchen, sind Geduld, ein langer Atem und viel Herzblut.

Dr.-Ing. Günter Müller
Geschäftsführender Gesellschafter
CADFEM International GmbH

InfoHomepage
www.esocaet.com/masterstudium

esocaet: Mehr als nur ein Masterstudiengang

2007 hat CADFEM im Rahmen seiner esocaet Aktivitäten den Zuschlag für ein weiteres EU-Förderprojekt erhalten, und zwar zur Erstellung eines Blended-Learning-Kurses. Dieses Projekt hatte sich zum Ziel gesetzt, die stark wachsende Nachfrage nach umfassendem Know-how im Bereich der Simulationsanwendungen zu bedienen. Der daraus entstandene Geschäftsbereich CADFEM esocaet bietet heute von ein- und mehrtägigen Seminaren über ein dreimonatiges CAE-Training (Präsenz und e-Learning) bis zu Sommerschulen für Doktoranden ein vielfältiges Weiterbildungsspektrum an. Selbst Schüler werden in diversen MINT-Initiativen erfolgreich an die Simulation herangeführt.

Dozenten aus Hochschule und Industrie

590 Jahre Simulationserfahrung

Das von CADFEM esocaet organisierte Masterstudium „Applied Computational Mechanics" der Hochschule Landshut und der Technischen Hochschule Ingolstadt ist ein modernes Weiterbildungsprogramm im Bereich der numerischen Simulation (FEM – Finite-Elemente-Methode), das eine interessante Alternative zum Vollzeitstudium bietet. Über 100 Ingenieure – aus mittelständischen Unternehmen ebenso aus weltweit agierenden Konzernen – haben sich in den vergangenen Jahren bereits für dieses Weiterbildungsprogramm entschieden. Einen großen Anteil an der Einzigartigkeit und dem Erfolg des Programms haben die Dozenten von unterschiedlichen Hochschulen und aus der Industrie, die zusammen über rund 590 Jahre Simulationserfahrung verfügen. Im letzten CADFEM Journal wurden erstmals drei Dozenten vorgestellt, hier folgen drei weitere.

Prof. Dr.-Ing. Michael Vormwald: Betriebsfestigkeit und Bruchmechanik

„Es werden hohe Anforderungen an die Bewertung der erhaltenen Ergebnisse gestellt."

Prof. Vormwald, seit 1999 Professor für Werkstoffmechanik, betreut im Rahmen des Masterstudiums „Applied Computational Mechanics" zusammen mit Prof. Christian Krä das Fach „Fatigue and Fracture" (Betriebsfestigkeit und Bruchmechanik). Neben seiner Forschungs- und Lehrtätigkeit ist er u. a. auch Ko-Autor der 6. Auflage der FKM-Richtlinie „Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile". Bezüglich des berufsbegleitenden Masterstudiums erläutert Prof. Vormwald: „Die numerische Bestimmung der Beanspruchungsparameter der Bruchmechanik stellt hohe Anforderungen an die Erzeugung der Finite-Elemente-Netze und die Bewertung der erhaltenen Ergebnisse. Den Studierenden, die schon praktische Erfahrung mitbringen, muss ich gelegentlich die Hemdsärmeligkeit wieder aberziehen."

Kurzbiografie

- seit Sep. 2003 Professor für Werkstoffmechanik, TU Darmstadt
- 2000 – 2003 Leiter des Fachgebiets Bauteile/Baukonstruktionen/Werkstoffe der Materialforschungs- und -prüfanstalt an der Bauhaus-Universität Weimar
- 1999 – 2003 Professor für Werkstoffmechanik, Bauhaus-Universität Weimar
- 1993 – 1999 Professor für Technische Mechanik und Werkstofftechnik, Fachhochschule Jena
- 1990 – 1993 Versuchsingenieur und Projektleiter, Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH, Ottobrunn
- 1988 Promotion über die Anrisslebensdauervorhersage auf Basis der Bruchmechanik
- 1984 – 1989 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Werkstoffmechanik der heutigen Technischen Universität Darmstadt

Mehr Details über die Dozententätigkeit von Prof. Vormwald finden Sie in einem Interview unter:
www.esocaet.com/vormwald

Prof. Dr.-Ing. Sabine Bschorer: Strömungsanalyse

„Die Spezialgebiete der Masterarbeiten sind sehr interessant."

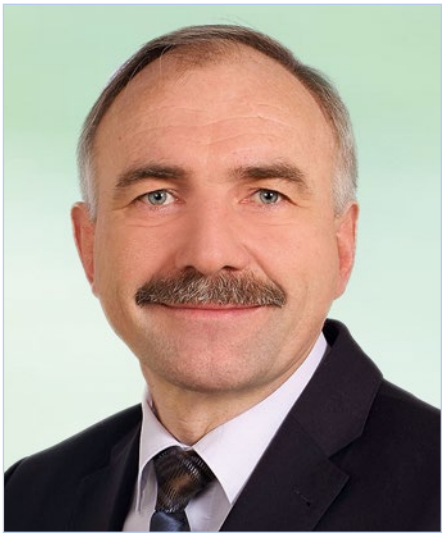
Prof. Bschorer betreut im Masterstudium das Anwendungsfeld der Strömungsanalyse (CFD – Computational Fluid Dynamics) und ist seit 1999 Professorin an der Technischen Hochschule Ingolstadt. Zuvor war sie bei der ASC GmbH (heute ANSYS Germany GmbH) im Bereich der numerischen Simulation und im CFD-Consulting tätig. Sie betont: „Die Spezialgebiete der Masterarbeiten sind wirklich sehr interessant, sodass ich getreu dem Motto 'Lebenslanges Lernen' auch selbst dazulerne. Zusätzlich zur hohen Motivation bei den Studierenden im berufsbegleitenden Masterstudiengang sind mir der gute Zusammenhalt und die gegenseitige Unterstützung in den bisherigen Kursen aufgefallen."

Kurzbiografie

- seit April 1999 Professorin an der Technischen Hochschule Ingolstadt
- 1996 – 1998 Berechnungsingenieurin und Projektleiterin bei der IABG mbH, Ottobrunn
- CFD, Strömungsakustik, Fluid-Struktur-Interaktion (FSI)
- 1995 – 1996 Berechnungsingenieurin bei der ASC GmbH (heute ANSYS Germany GmbH), Otterfing; Numerische Simulation und Consulting im CFD-Bereich
- 1990 – 1994 Wissenschaftliche Tätigkeit und Dissertation an der Friedrich-Alexander- Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Strömungsmechanik, auf dem Gebiet Strömungssimulation nicht newtonscher Fluide
- 1984 – 1990 Maschinenbaustudium (Dipl.-Ing.) an der Technischen Universität München

Mehr Details über die Dozententätigkeit von Prof. Bschorer finden Sie in einem Interview unter:
www.esocaet.com/Bschorer

Prof. Dr.-Ing. Otto Huber: Festkörpermechanik



„Die Studierenden wissen, was sie wollen und brauchen."

Prof. Huber lehrt das Fach „Solid Mechanics", ist Modulbeauftragter „Solid Mechanics and Heat Transfer" und Studiengangleiter der Hochschule für angewandte Wissenschaften (HAW) Landshut. Außerdem hat er die Verantwortung für die Qualität der Lehre und gehört zur Prüfungskommission. Vor seiner Lehrtätigkeit war er bei der ABB Kraftwerke AG in der Entwicklung von Gasturbinen tätig. Er erklärt: „Die Studierenden im berufsbegleitenden Masterstudium wissen, was sie wollen und brauchen. Sie lernen viele aktuelle und interessante Beispiele aus den unterschiedlichsten Unternehmen kennen oder bringen sie selber ein. Außerdem ist die Verbesserung der englischen Sprachkompetenz ein nicht zu vernachlässigender Mehrwert für Studierende und Dozenten."

Kurzbiografie

- seit 2011 Gutachter für Forschungsprogramme des BMBF
- 2011 Cross Border Award für den Leichtbau-Cluster; verliehen von den Wirtschaftskammern Oberösterreich, Südböhmen und der IHK Niederbayern
- 2007 – 2013 Studiendekan der Fakultät Maschinenbau an der HAW Landshut
- seit 2004 Studiengangleiter der HAW Landshut für den Masterstudiengang „Applied Computational Mechanics"
- seit 2002 Leitung des Kompetenzzentrums Leichtbau der Hochschule Landshut (www.kompetenzzentrum-leichtbau.de)
- seit 2002 Technisch-wissenschaftliche Leitung Leichtbau-Cluster (www.leichtbau-cluster.de).
- seit 2001 Professor für Leichtbau an der HAW Landshut (ehemals Stiftungsprofessur der BMW AG)
- 1997 – 2001 Professor für Technische Mechanik, Festigkeitslehre und Ingenieurmathematik an der Fachhochschule Ingolstadt
- 1994 – 1997 Entwicklungsingenieur im Bereich Mechanik und Betriebsfestigkeit von Gasturbinen bei der ABB Kraftwerke AG in Baden/Schweiz, Gruppenleiter im Bereich Mechanical Integrity und Projektleiter Product Support für mehrere Gasturbinenlinien
- 1994 Promotion an der Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Technische Mechanik, Prof. Dr.-Ing. habil. G. Kuhn, im Bereich Randelementmethode/ Bruchmechanik

Mehr Details über die Dozententätigkeit von Prof. Huber finden Sie in einem Interview unter:
www.esocaet.com/Huber

InfoHomepage
www.esocaet.com/masterstudium

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Anja Vogel
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-52
avogel@cadfem.de

Zusammenarbeit der Steinbeis Technology Group mit CADFEM

Simulation im Studium Test Engineering

Die Steinbeis Technology Group vereinbart mit CADFEM in der Aus- und Weiterbildung eine Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Simulation. Diese startet zunächst für den international angebotenen und durchgeführten Studiengang (Double-Degree-Programm) Test Engineering (TestIng).

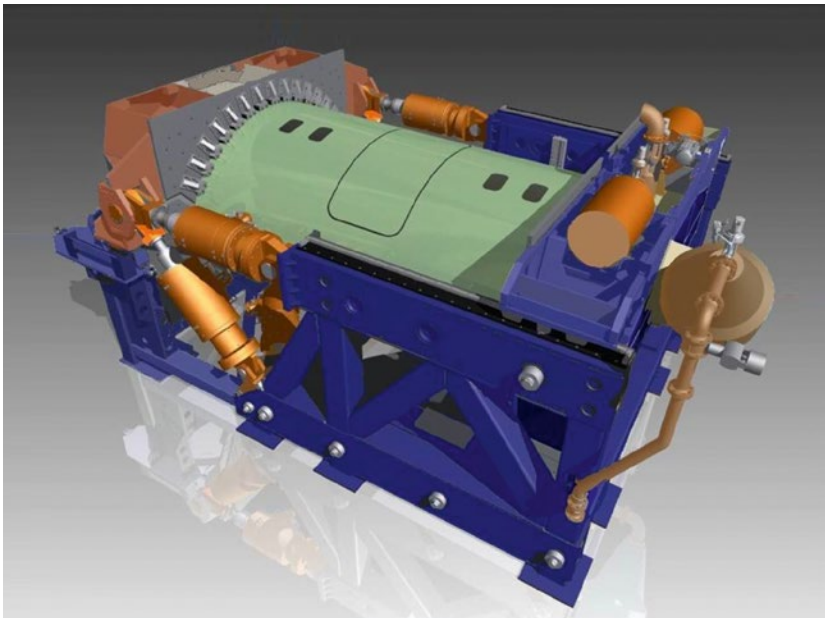


Bild: IMA GmbH

Schalenprüfstand von IMA für einen Flugzeugrumpf.

Die 1998 gegründete Steinbeis-Hochschule Berlin GmbH (SHB) ist eine staatlich anerkannte private Hochschule, die auch das Promotionsrecht besitzt. Nach 15-jährigem Bestehen konnte die SHB 2013 auf mehr als 6.200 immatrikulierte Studenten, 53 Promovenden, 7.500 Absolventen und 1.800 Professoren und Lehrkräfte verweisen. Die Steinbeis Technology Group als eine School der SHB konzentriert sich auf Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen im Bereich der Ingenieur- und Wirtschaftsingenieurwissenschaften. Sie besteht aus einem Verbund von fünf Steinbeis-Transfer-Instituten sowie drei Studien- und Forschungszentren. Das Angebot umfasst Bachelor- und Masterstudiengänge, Promotionsrecht und Technologie-Seminare.

B. Eng. TestIng

Neu konzipiert ist das Double-Degree-Programm „Bachelor of Engineering TestIng“, mit dem die Absolventen neben dem akademischen Grad Bachelor of Engineering an der SHB auch den polnischen Diplom-Abschluss an der kooperierenden Witelon Staatliche Hochschule Legnica erlangen. Der B. Eng. TestIng orientiert sich an den Anforderungen des zunehmend global agierenden Arbeitsmarktes und den aktuellen wissenschaftlichen Entwicklungen auf dem Gebiet Werkstofftechnik und -prüfung, Bauteilprüfung sowie der Simulation. Dem berufsbegleitenden Projekt-Kompetenz-Konzept entsprechend bearbeiten die Studierenden parallel zur akademischen Ausbildung an der Hochschule ein Projekt in einem deutschen oder polnischen Unternehmen.

Der Studiengang startet an der polnischen Hochschule mit einer dreisemestrigen Grundlagenphase zur Vermittlung des ingenieurtechnischen Basiswissens. Hierzu zählen insbesondere die Module Angewandte Mathematik und Angewandte Physik sowie Produktions- und Fertigungstechnik, Produktgestaltung, Konstruktion und Bauteilauslegung, Elektrotechnik und Informatik sowie Simulation. Vom vierten bis sechsten Semester folgt die als berufsbegleitendes Projekt-Kompetenz-Studium konzipierte Wahlpflichtphase an der SHB, in der die Studierenden die nachfolgenden Themen vertiefen: Werkstofftechnik, Werkstoffprüfung, Bauteilfestigkeit, Reibung und Verschleiß, Korrosion, Bruchmechanik, Bauteilprüfung, Leichtbau, Sicherheit und Zuverlässigkeit, Schadensfälle und Simulation.

Hochschulzertifikat für Simulationsmodul

Das Modul Simulation wird in Kooperation mit CADFEM esocaet durchgeführt. Zielsetzung ist, dass die Absolventen die Modellbildung für die Finite-Elemente-Simulation verstehen, ANSYS Simulationssoftware bedienen können, ihre Simulationen überprüfen und die Resultate kritisch hinterfragen. Über das komplette Modul hinweg bearbeiten sie ein Simulationsprojekt aus dem eigenen Unternehmen und setzen das Gelernte an ihrem Arbeitsplatz um. Das Modul Simulation kann auch als Seminar mit Hochschulzertifikat (30 ECTS) absolviert werden.

InfoAnsprechpartner
Steinbeis Technology Group
Prof. Dr.-Ing. Ulrich Günther, Direktor
Tel. +49 (0) 351-862-69 09
ulrich.guenther@technologygroup.de

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Anja Vogel
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-52
avogel@cadfem.de

DIE FACHKONFERENZ ZUR NUMERISCHEN SIMULATION

ANSYS CONFERENCE & 33. CADFEM USERS´ MEETING

2015 möchten wir Sie herzlich nach Bremen zu unserer großen Fachkonferenz einladen. Sie sind als Teilnehmer oder Vortragender willkommen.

Weiterführende Informationen finden Sie ab Mitte November 2014 auf **www.usersmeeting.com**

24.–26. JUNI 2015 BREMEN

Besuchen Sie auch unsere Veranstaltungen in Österreich und in der Schweiz / **Wien** 29. / 30. April 2015, www.usersmeeting.at / **Zürich,** September 2015, www.usersmeeting.ch

ANSYS CONVERGENCE 2015 REGIONAL CONFERENCES CADFEM® ANSYS®

Qualität erhöhen – Haftungsrisiken reduzieren

Während der Produktentwicklung müssen vielfältige Aspekte berücksichtigt werden. Dazu gehören neben der Qualität auch die Fragen der Haftung, beispielsweise beim Versagen des Produkts oder anderen Problemen.

Deshalb sollten folgende Fragen frühzeitig geklärt werden: Wie kann es gelingen, sichere Produkte zu entwickeln? Wie kann das Risiko einer Entwicklung quantitativ ermittelt werden? Welches Restrisiko ist vertretbar? Welche Vorteile bietet das Arbeiten nach strukturierten Arbeitsabläufen eines Qualitätsmanagementsystems? Wann ist ein Berechnungsingenieur für Schäden persönlich haftbar? Welche rechtlichen Möglichkeiten der Absicherung gibt es? Eine Vielzahl von Fragen, mit denen sich auch Berechnungsingenieure auseinandersetzen sollten. Schließlich liefern ihre Simulationsergebnisse oft die Entscheidungsbasis für ausschlaggebende Weichenstellungen innerhalb der Produktentwicklung. Sie tragen in hohem Maße zum Erfolg einer Neuentwicklung bei. Gleichzeitig fällt ihnen die Verantwortung für eine Risikominimierung zu. Schon kleine Verbesserungen der Arbeitsprozesse und beispielsweise der Dokumentation können für Ingenieure und Unternehmen zu einer signifikant höheren Sicherheit führen.

So wie Verkehrsteilnehmer nicht nur ihre Fahrzeuge beherrschen, sondern auch die Verkehrsregeln kennen müssen, sollten Ingenieure neben dem eigentlichen Fachwissen daher auch die gesetzlichen Rahmenbedingungen ihrer Tätigkeit kennen. Deshalb bietet CADFEM esocaet eine Auswahl von Seminaren an, die die Themen Qualität, Risiko und Recht für den Bereich Simulation aus unterschiedlichen Blickwinkeln beleuchten. Diese sollen hier kurz vorgestellt werden:

Die Risiken des Berechnungsingenieurs

Kostspielige Rückrufaktionen ziehen Garantieleistungen und Prozesse nach sich und können das Image einer Firma nachhaltig schädigen. Zudem besteht für die Verantwortlichen die Gefahr der persönlichen Strafbarkeit . Dieses Seminar wendet sich sowohl an angestellte Berechnungsingenieure als auch an Mitarbeiter, die sich mit Verträgen über Berechnungsdienstleistungen befassen. Sie erhalten einen Überblick über die wichtigsten rechtlichen Aspekte ihrer Arbeit sowie über die Möglichkeiten der Risikoabdeckung.

Qualitätsmanagement für FEM-Berechnungen

Als Spezialist ist der Berechnungsingenieur verpflichtet, seine Kunden oder auch Kollegen in anderen Fachabteilungen über mögliche Risiken und Fehlerquellen zu informieren. Zur Vermeidung von Fehlern, die Risiken und Kosten verursachen, ist das Arbeiten nach einem strukturierten Arbeitsablauf erforderlich. Das Seminar führt die Teilnehmer in Aufbau und Gestaltung eines Qualitätsmanagementsystems für interne und externe Berechnungsdienstleistungen ein.

Technisches Risikomanagement

Das Seminar behandelt Themen wie den Umgang mit Unsicherheiten, die Akzeptanz von Risiken, wichtige gesetzliche Vorgaben und anerkannte Methoden zur Risikobeurteilung wie die Fehlerbaumanalyse (FTA) und Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Dabei wird vermittelt, dass die Risikobeurteilung nicht nur als „lästige Pflichtübung“ am Ende der Arbeit angehängt werden sollte, sondern zum Aufdecken und Beseitigen von Unsicherheiten bereits beim Erstellen von Pflichtenheft und Anforderungslisten, also von Beginn an, effizient im Simulationsprozess eingesetzt werden kann. So entsteht eine durchgängige Dokumentation der Arbeit, der Aufwand wird verringert und die Fehleranfälligkeit vermieden.

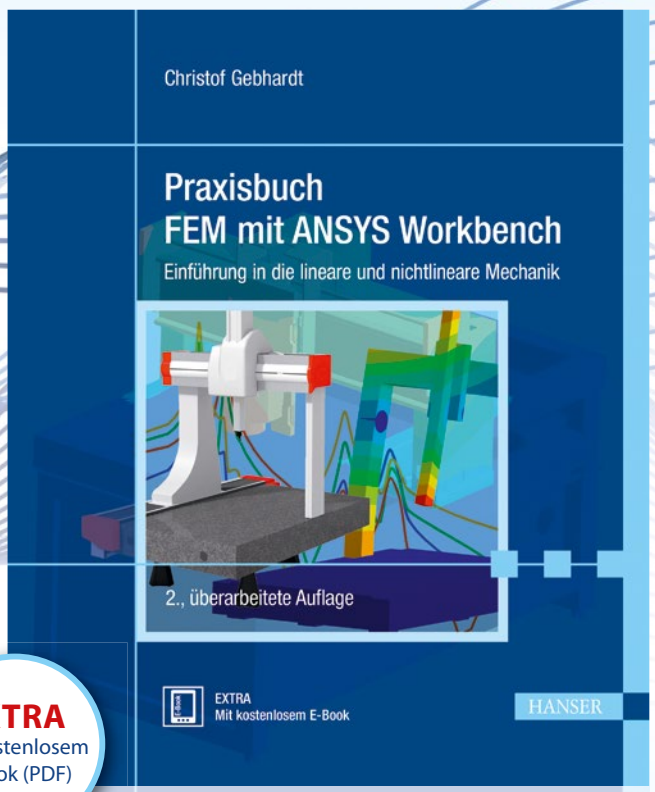
Bild: PointaDesign/shutterstock.com

InfoHomepage
www.esocaet.com/seminare

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Anja Höller
Tel +49 (0) 80 92-70 05-74
ahoeller@cadfem.de

JETZT NEU:

Zweite und überarbeitete Auflage!



EXTRA
Mit kostenlosem E-Book (PDF)

Christof Gebhardt

Praxisbuch FEM mit ANSYS Workbench

Einführung in die lineare und nichtlineare Mechanik

Dieses Buch richtet sich an Ingenieure und technisch Verantwortliche aus der Entwicklung. Auf leicht verständliche Weise werden die Grundlagen der Finite-Elemente-Methode (FEM) vermittelt und die Anwendungsgebiete lineare und nichtlineare Statik sowie lineare und nichtlineare Dynamik erläutert.

In der zweiten Auflage wurden die Arbeitsabläufe an den aktuellen Stand der Software angepasst und folgende Übungsbeispiele ergänzt:

- Ermüdungsfestigkeitsnachweis nach FKM
- Transiente Dynamik auf Basis modaler Superposition
- Linearisierung nichtlinearer Strukturen
- Schallabstrahlung und Akustik
- Reduzierte FEM-Modelle für die Systemsimulation
- Systematische Designvariation mit optiSLang

Praxisbuch FEM mit ANSYS Workbench
Einführung in die lineare und nichtlineare Mechanik
Erschienen im Hanser-Verlag
420 Seiten, Flexibler Einband, Pappband
Print: ISBN 978-3-446-43919-1
E-Book: ISBN 978-3-446-43956-6

Einzelpreis EUR 49,99 (inkl. MwSt.)

Im Buchhandel kaufen oder bei CADFEM per E-Mail shop@cadfem.de bestellen

ADRESSEN CADFEM UND PARTNER

Deutschland

CADFEM GmbH
Zentrale Grafing
Marktplatz 2
85567 Grafing b. München
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-0
info@cadfem.de
www.cadfem.de

Geschäftsstelle Berlin
Breite Straße 2 A
13187 Berlin
Tel. +49 (0) 30-4 75 96 66-0

Geschäftsstelle Chemnitz
Cervantesstraße 89
09127 Chemnitz
Tel. +49 (0) 3 71-33 42 62-0

Geschäftsstelle Dortmund
Hafenpromenade 1
44263 Dortmund
Tel. +49 (0) 2 31-99 32 55-46

Geschäftsstelle Frankfurt
Im Kohlruß 5 – 7
65835 Liederbach am Taunus
Tel. + 49 (0) 61 96-7 67 08-50

Geschäftsstelle Hannover
Pelikanstr. 13
30177 Hannover
Tel. +49 (0) 5 11-39 06 03-0

Geschäftsstelle Stuttgart
Leinfelder Str. 60
70771 Leinfelden-Echterdingen
Tel. +49 (0) 7 11-99 07 45-0

International

Schweiz
CADFEM (Suisse) AG
Zentrale Aadorf
Wittenwilerstrasse 25
8355 Aadorf
Tel. +41 (0) 52-3 68 01-01
info@cadfem.ch
www.cadfem.ch

Geschäftsstelle Mittelland
Privatstrasse 8
4563 Gerlafingen
Tel. +41 (0) 32-6 75 80-70

Bureau Lausanne
Avenue de la Poste 3
1020 Renens
Tel. +41 (0) 21-6 14 80-40

Österreich
CADFEM (Austria) GmbH
Zentrale Wien
Wagenseilgasse 14
1120 Wien
Tel. +43 (0) 1-5 87 70 73
info@cadfem.at
www.cadfem.at

Geschäftsstelle Innsbruck
Grabenweg 68 (Soho 2.0)
6020 Innsbruck
Tel. +43 (0) 512-31 90 56

Irland
CADFEM Ireland Ltd
18 Windsor Place
Lower Pembroke St
Dublin 2
Tel. +353 (0) 1-6 76 37 65
dsweeney@cadfemireland.com
www.cadfemireland.com

Tschechien/Slowakei
SVS FEM s.r.o. (CADFEM CZ)
Skrochova 42
61500 Brno
Tel. +42 (0) 5 43-25 45 54
info@svsfem.cz
www.svsfem.cz

Polen
MESco (CADFEM PL)
ul.Górnicza 20A
42-600 Tarnowskie Gory
Tel. +48 (0) 3 27 68 36-36
info@mesco.com.pl
www.mesco.com.pl

Russland/Ukraine
CADFEM CIS
Moscow, St. Petersburg, Samara,
Yekaterinburg,
Novosibirsk (Russland);
Kiew (Ukraine)
info@cadfem-cis.ru
www.cadfem-cis.ru

Nordafrika
CADFEM AN s.a.r.l.
Sousse (Tunesien)
info@cadfem-an.com
www.cadfem-an.com

Indien
CADFEM Engineering Services India PVT Ltd.
Hyderabad
info@cadfem.in
www.cadfem.in

USA
CADFEM Americas, Inc.
Detroit, MI
massood.omrani@cadfem-americas.com
www.cadfem-americas.com

Ozen Engineering, Inc.
Sunnyvale, CA
info@ozeninc.com
www.ozeninc.com

China
Anshizhongde Consultation (Beijing) Ltd. (Pera-CADFEM)
Beijing
gangqiang.bao@peraglobal.com
www.peraglobal.com

Partner Deutschland

DYNARDO GmbH
Weimar
kontakt@dynardo.de
www.dynardo.de

inuTech GmbH
Nürnberg
info@inutech.de
www.inutech.de

virtualcitySYSTEMS GmbH
Berlin
info@virtualcitysystems.de
www.virtualcitysystems.de

Member of
TechNetAlliance
Worldwide Partners
www.technet-alliance.com