www.cadfem.de

Ausgabe 01 | 2012

CADFEM® JOURNAL

infoplaner

Präzision durch Simulation

Fertigungsprozesse
in der FEM-Simulation

- Metallbearbeitung
- Spritzgussbauteile
- Umformkomponenten
- Galvanoformen
- Induktionshärten

HELLER

Aktuelle Informationen zur Simulation in der Produktentwicklung

Engineered for Success:

ANSYS & CADFEM, Power

Bild: Jan-Stefan Knick

James E. Cashman, CEO of ANSYS, Inc.

Any quality system has to operate on multiple fronts. Overall excellence is measured by meeting performance targets, quality targets and it must be sustainable. A team can accomplish things that one person could not. A system cannot function without strong, reliable components.

Shared Vision

That philosophy lies at the heart of the long-standing relationship of ANSYS and CADFEM. From the very beginning, over 25 years ago, ANSYS and CADFEM shared a common vision of elevating the stature and capabilities of engineering simulation and endeavor to make simulation a possibility for engineers in many industries. It is an intense focus for us. I am personally grateful for the role CADFEM has played in partnering with ANSYS in continually trying to make Simulation-Driven Product Development a reality.

Ties that Bind ANSYS and CADFEM

During this timeframe, ANSYS has extended its technical leadership and market leadership, and CADFEM has kept pace in so many ways. Very rare, indeed, is the relationship that can grow and actually strengthen over such a prolonged timeframe, and both ANSYS and CADFEM are stronger for our collaboration. It is a shared vision that unites us, and a shared set of values that sustain us.

Sustained growth and technical innovation are demonstrable and hopefully so are the attributes at the heart of this. I would like to take the opportunity to share these strengths while also reinforcing our commitment to these values

Commitment to Customers

First and foremost is a shared commitment to customers. ANSYS was the first simulation company to achieve international certifications for quality and customer orientation. This has provided a base of over 40,000 global companies with a strong retention and customer loyalty. Customer support and services are a key role in this, and CADFEM is rarely equaled in the quality of their support and how it combines with ANSYS. We have even collaborated on joint consulting projects with key European customers.

Commitment to Innovation

Secondly, our companies share a commitment to innovation. The fact is that we have only scratched the ultimate potential of simulation, only recently unlocked by advances in computer hardware, networking and graphics. Witness the continued advances in computing power, coupled with high-performance computing and „clouds“, both private and public. As ANSYS continued to acquire best-in-class technologies and invested around 15 % of every Dollar or Euro into new capabilities, CADFEM was also investing in innovative technologies and applications, including composite materials and robust design. They were one of the first companies to use the reduced-order modeling as used by ANSYS Simplorer, and developed a capability for hybrid electric vehicles (HEV) and battery simulation.

Commitment to Quality

Of course, the greatest capabilities are virtually useless if they do not have a strong commitment to quality. How could one trust the results if they were not known to be quality, and if the results cannot be trusted, why spend the effort? ANSYS was the first NQA, ISO 9000 and ISO9000:2001 certified product in our space. This was supported by CADFEM's commitment to quality, as for instance evidenced by its own ISO 9001:2008 certification. CADFEM has always led the way in quickly embracing our new technology, gaining deep expertise, and then effectively supporting the user community. In every facet, they supported the ANSYS quality efforts.

# of Simulation Squared

Open and Collaborative

The ability and the willingness to actively partner represents a true uniqueness, and not only with each other. Innovative relationships with major customers, the German ANSYS User Club, the ESOCAET education initiative and even the Technet Alliance are a testament to this commitment. These are not passing fads, but a demonstrated strength highlighted by longevity.

Grow, Evolve or Extinction

A commitment to growth, in capability, scope and scale is necessary for long-term sustainability. Obviously, both companies have grown technology and business levels, but we have also grown our reach by investing in support offices and infrastructure throughout Germany, Austria, Switzerland, Eastern Europe and beyond.

It is evidenced by witnessing the German ANSYS Conference & CADFEM Users' Meeting, such as the one that I had the pleasure to attend in Stuttgart last autumn. The quality of the event, the sheer immensity of it and the depth of the technical content gives a great opportunity for interaction and sharing throughout the simulation community.

Sustainable for the Long Term

A quality system, like the ANSYS and CADFEM partnership, must also be sustainable. Many customers have been with us for decades and rely on the ability of our software and services to help meet their product innovation goals. This requires trust, not only in the present capabilities, but a comfort that we can grow and innovate into the future. Both companies have demonstrated a very rare ability to take a strong legacy built by the founders, and not only maintain this, but also extend it.

Again, CADFEM has distinguished itself. I witnessed this, personally, as Dr. Günter Müller „retired" (I am not sure he ever really will fully retire), and handed the reins of CADFEM to a new generation of leaders, who are doing remarkably well in maintaining the „heart" of CADFEM. It is not very common for success by a team when replacing a founding visionary, but the current CADFEM organization continues to grow and prosper.

What Does the Future Hold

So what should one expect for the future? While things in life are seldom guaranteed, we can look at the long-standing relationship of ANSYS and CADFEM, the 40 years and 25 years, respectively that they bring. Combine this with the current collaborative relationship between the companies, their customers and expanded eco-system. Witness the investment for the future that is being made, even now. The only thing I can currently envision is a continued commitment to customers, a fanatical drive for furthering simulation technology, and uncompromising pursuit of quality. While we are not perfect, nothing ever is, we never cease in our pursuit of continuing excellence.

This has led to the world's largest simulation community, a well-earned reputation in Germany and beyond, and a partnership that has lasted the test of time and achieved what neither could have done alone. The future should be very exciting to see unfold. My thanks to CADFEM, ANSYS Germany, our customers, and the user community for making it a reality every day.

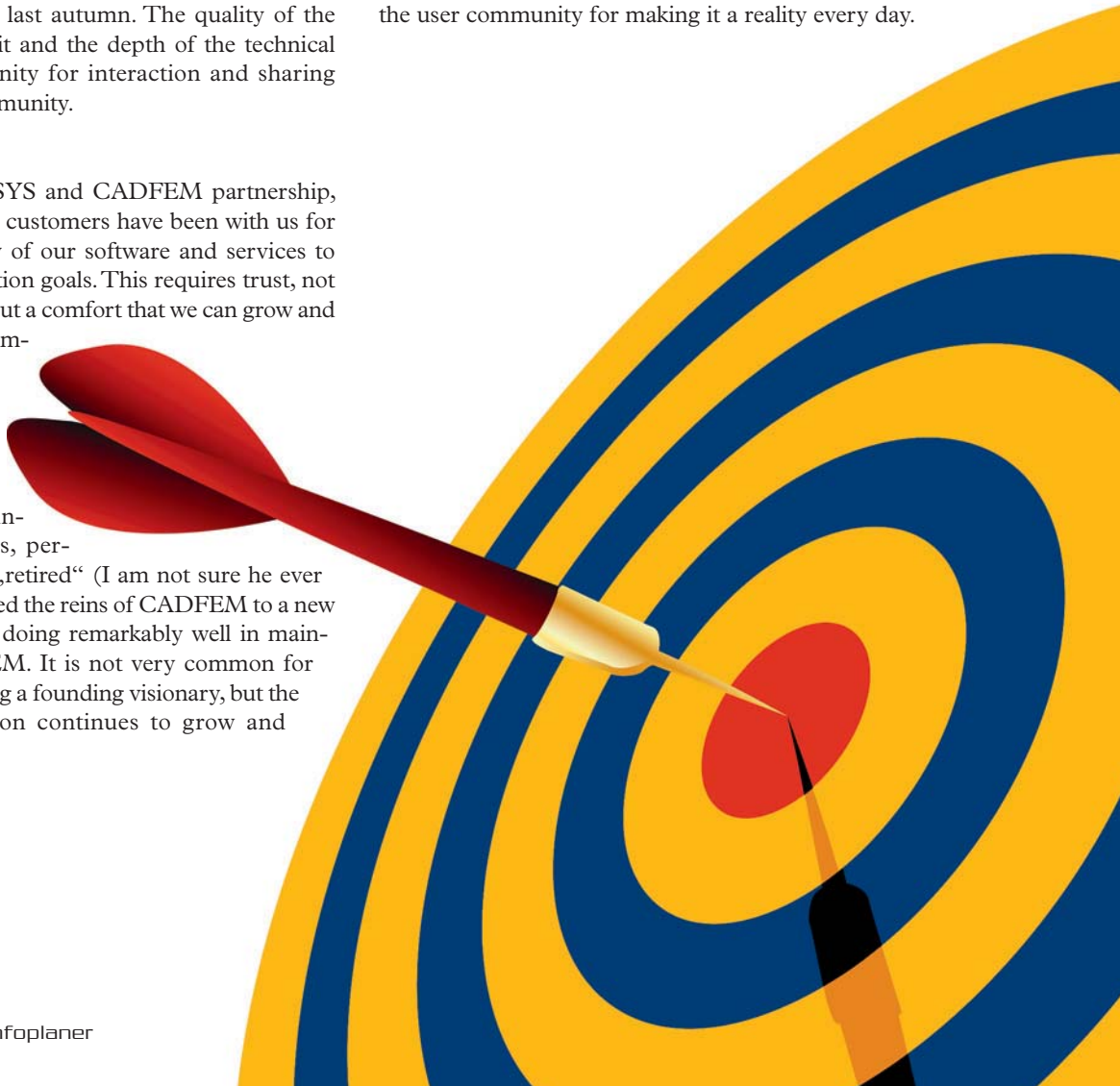


Bild: Emir Simsek/shutterstock.com

THE ART OF ENGINEERING

ANSYS Conference & 30.

Die Fachkonferenz zur numerischen Simulation

In Kassel, der Stadt der weltweit wichtigsten Ausstellung für zeitgenössische Kunst „documenta“, sind in diesem Jahr auch die Liebhaber von „The Art of Engineering“ ganz in ihrem (Finiten) Element: Denn in den Räumen des Kongress Palais Kassel ist auf der ANSYS Conference & dem 30. CADFEM Users' Meeting vom 24. – 26. Oktober 2012 die größte Sammlung zeitgemäßer Simulationen der technischen Realität zu sehen.

Simulationen sind zu einem unverzichtbaren Werkzeug der modernen Ingenieurkunst geworden. Wie vielfältig das Wirken der Berechnungsingenieure aus Industrie, Forschung und Lehre ist, spiegelt sich in den mehr als 200 erwarteten Anwendervorträgen wider: Sie beschreiben verschiedenste Facetten der Strömungsmechanik, der Strukturmechanik, der Elektromagnetik und der Multiphysik einschließlich detaillierter Modelle von kompletten Systemen.

Darüber hinaus erwarten die Teilnehmer in Technologie-Updates erste Impressionen kommender Programmversionen, Module und Strömungen der Simulation. In zahlreichen Kompaktseminaren können sie selbst neue Simulationstechniken erlernen und in der großen Fachausstellung Exponate und Installationen ergänzender Produkte für die professionelle Anwendung der Simulation entdecken.

So vielfältig das Programm rund um die simulationsgesteuerte Produktentwicklung ist, so kurz und prägnant sind die Werkzeuge, mit denen es gestaltet wird: Die ANSYS Programmfamilie mit dem Herzstück ANSYS Workbench und einige ausgewählte komplementäre Lösungen, abgerundet durch die umfassenden Service-Leistungen Ihrer ANSYS Partner CADFEM und ANSYS Germany.

Wir freuen uns auf Ihre Teilnahme!

Weitere Informationen zur Veranstaltung, Vortragseinreichung, Beteiligung an der Fachausstellung und Anmeldung:
www.usersmeeting.com

CADFEM Users' Meeting

24. – 26. Oktober 2012 | Kongress Palais Kassel

Vorläufige Programmstruktur

Mittwoch, 24. Oktober 2012
- Eröffnungsplenum
- ANSYS Software-Neuheiten
- ANSYS Workflow & IT
- Schwerpunktthemen

Donnerstag, 25. Oktober 2012
- Anwendervorträge
- caMe-Konferenz: Computer Aided Medical Engineering
- 10. CADFEM Forum
- Abschlussplenum

Freitag, 26. Oktober 2012
- über 20 Kompaktseminare

Das Programm ist ab Ende Juli 2012 auf **www.usersmeeting.com** verfügbar.

ANSYS CADFEM

Bild: tommi/istockphoto.com

www.usersmeeting.com

Präzision durch Simulation

Der Schwerpunkt „Produktion“ gibt einen Überblick, wie das Zusammenspiel der FEM-Simulation mit verschiedenen Herstellprozessen in der praktischen Anwendung aussieht und welche Vorteile sich daraus für die Produktentwicklung und die Fertigung ergeben. Seite 14 – 29

Konstruktionsbegleitende Simulation mit ANSYS bei ABB

Hochspannend bis ins Detail

Auch bei der Entwicklung von Hochspannungsprodukten wie den gasisolierten Schaltanlagen setzt ABB auf CADFEM und ANSYS. Dieser Beitrag beschreibt die Vorgehensweise beim konstruktionsbegleitenden, CAD-nahen Einsatz von ANSYS und den Wert, den die Anwender in der Betreuung durch CADFEM sehen.
Seite 38

CADFEM

02 ANSYS Conference & 30. CADFEM Users´ Meeting 2012 in Kassel
06 CADFEM im Portrait: **Wir sind Simulanten!**
08 CADFEM News – **Nachrichten von CADFEM & aus der Welt der Simulation**
12 CADFEM International: **Das Dach für vielfältige Aktivitäten**

THEMENSCHWERPUNKT : PRODUKTION

14 **Präzision durch Simulation** – Einleitung
16 VispaB: Prozessstabilität von Werkzeugmaschinen
Damit es weniger rattert
20 Der Einfluss des Umformvorgangs auf die Bauteileigenschaften
Umform-vollendet
22 Thermische Prozesse in der Produktion
Auf die Wärme kommt es an
24 Oberflächenhärtung durch Induktion
Wie entsteht die harte Schale?
26 Auslegung von kurzfaserverstärkten Spritzgussbauteilen
Kreuz & quer im Griff
28 Schadensanalyse einer Galvanoform
Gefährliche Abkühlung

ANSYS bei CADFEM

32 ANSYS: **Innovationstreiber**
34 **Neue Zusatzlösungen für ANSYS**
34 **ANSYS Software im Überblick**

Sonderteil CADFEM CAE-Weiterbildung

European School of CAE Technology

Seite 45

36 Tolle Helfer: **Die CADFEM ihf Toolbox**

37 **Komplementäre Software**

38 Konstruktionsbegleitende Berechnung mit ANSYS bei ABB: **Hochspannend bis ins Detail**

41 Strukturmechanik und Regelungstechnik: **Zwei Welten wachsen zusammen**

42 Traglastberechnung mit ANSYS bei Doppelmayr: **In sicherer Höhe**

Sonderteil

45 **CADFEM CAE-Weiterbildung bei esocaet**

Grundlagen & Technologie

53 **Introduction into Model Order Reduction**

Rubriken

01 **Editorial** von James E. Cashman, CEO von ANSYS, Inc.

30 **Empfehlungen**
Warum hören wir nicht auf uns selbst?

56 Fachbücher und Software online bestellen im CADFEM Shop
www.cadfem.de/shop

Inserentenverzeichnis

U3 Hewlett Packard
44 Nafems

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
E-Mail info@cadfem.de
www.cadfem.de

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

Anzeigen:
Alexander Kunz, akunz@cadfem.de

Layout:
G&K Design, Rechtmehring

Titelbild:
Gebr. Heller Maschinenfabrik GmbH

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:
© 2012 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 und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Warenzeichen/eingetragene Warenzeichen: ANSYS, ANSYS DesignSpace, 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, Slwave, 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.

Wir sind Simulanten!

Mit mehr als 25 Jahren Praxiserfahrung und dem Know-how von über 100 Berechnungsingenieuren ist das mittelständische Familienunternehmen CADFEM der starke Partner von Industrie, Forschung und Lehre für die numerische Simulation in der Produktentwicklung in Zentraleuropa.

Simulation

In einer modernen Produktentwicklung ist die numerische Simulation eine Schlüsseltechnologie, um Bauteile, Baugruppen und Systeme anhand von virtuellen Produktdatenmodellen zu analysieren und zu optimieren (Computer-aided Engineering, CAE). Eingesetzt in einer sehr frühen Phase des Produktentstehungsprozesses bietet CAE praxiserprobte Methoden, um Zeit und Kosten bei Entwicklung und Fertigung zu reduzieren. Darüber hinaus ist die Steigerung von Kreativität, Innovation und Zuverlässigkeit ein wesentliches Ziel der strategischen Nutzung von CAE.

Simulation von A bis Z

CADFEM stellt seinen Kunden weltweit führende Simulationssoftware sowie Hardware bis hin zum IT-Management zur Verfügung. Die Kunden profitieren von einem individuellen Komplettpaket. Neben einer ausführlichen Beratung zur Anschaffung und Einführung oder zum Ausbau von CAE bietet CADFEM die passende Ausbildung und unterstützt die tägliche Simulationsarbeit. Auch im Rahmen von gemeinsamen Pilotprojekten und Auftragsberechnungen mit Know-how Transfer werden Kunden langfristig bedarfsgerecht begleitet. Von A wie ANSYS bis Z wie Zusatznutzen.

Simulation nach Maß

Als offizielles ANSYS Competence Center FEM in Zentraleuropa setzt CADFEM von Anfang an auf das breite Portfolio von ANSYS, Inc., dem größten unabhängigen Hersteller von CAE-Software. Für die Anwender von ANSYS bedeutet das, dass sie aufgrund der einzigartigen Expertise von CADFEM aus der vorhanden Technologie möglichst hohen Nutzen ziehen können. CADFEM bildet aber auch eine Brücke zur Softwareentwicklung bei ANSYS Inc. und leistet in enger Zusammenarbeit mit den Kunden eigene Beiträge zur Weiterentwicklung der Software.

Ein weiterer Schwerpunkt von CADFEM liegt in der Entwicklung individueller Simulationsprozesse durch Anpassung von Standardsoftware an den Wunsch des Kunden. Die reibungslose Integration der Simulation in ihre Produktentwicklung steht dabei im Vordergrund.

Simulation weltweit

Mit Partnerunternehmen in Deutschland, Osteuropa, Russland, Indien, China und den USA und als treibende Kraft hinter der TechNet Alliance, einem international aktiven Verbund unabhängiger Simulationsspezialisten ist CADFEM ein zentraler Teil des größten Netzwerkes zur numerischen Simulation weltweit.

Extras für Sie

Das Spektrum an Services von CADFEM rund um die numerische Simulation geht weit über den Softwarevertrieb hinaus.

Erste Informationen aus erster Hand

CADFEM Informationstage & Info-Webinare
Hier lernen Sie die Möglichkeiten der Simulation kennen – und CADFEM gleich mit! Kompakt an einem Tag erhalten Interessierte einen themenspezifischen Überblick über die technischen Möglichkeiten, die Vorgehensweise und die Einsatzgebiete von ANSYS oder einem anderen Programm. Die Teilnahme ist kostenfrei, die Informationen sind technisch ausgerichtet und auf den Bedarf der Zielgruppe zugeschnitten. Ein fester Bestandteil der Agenda ist die Diskussion individueller Fragen.
www.cadfem.de/infotage
www.cadfem.de/webinare

Den passenden Rechner gleich dazu

CADFEM Hardware inklusive Installation
Sie möchten aus Ihrer Berechnungssoftware durch die richtige Hardware-

plattform das Optimum herausholen? Auch hier sollten Sie mit CADFEM sprechen. CADFEM ist Partner der bekannten Hardwarefirmen wie HP, Fujitsu oder Dell, und kann die Anwender herstellerneutral beraten. Kunden profitieren von unseren Erfahrungen bei Benchmarks. Auch die Preise der Rechner sind attraktiv, betriebsbereite Konfiguration & Installation der bestellten Programme inklusive.
www.cadfem.de/hardware

Simulationssoftware nach Bedarf

eCADFEM: Software „on Demand"
eCADFEM ist ein Service, der bedarfsgerecht und mit genauer Abrechnung – daher besonders wirtschaftlich – die Nutzung vieler CADFEM Simulationsprogramme ermöglicht. Alternativ zum Lizenzkauf bietet eCADFEM über Internet unmittelbaren Zugriff auf ANSYS und weitere Simulationslösungen. Insbesondere wenn Programme nicht regelmäßig genutzt werden oder vorhandene Lizenzen temporär erweitert werden müssen, gewährleistet eCADFEM ein Höchstmaß an Flexibilität und Kostenkontrolle.
www.eCADFEM.com

Simulieren studieren

CADFEM Training, Weiterbildung, Studium
Das CADFEM Schulungsangebot erstreckt sich für ANSYS und alle anderen Produkte von Einführungs- bis hin zu Vertiefungsveranstaltungen für Experten. Referenten sind Mitarbeiter von CADFEM und externe Fachleute, die alle eine langjährige Erfahrung mit dem geschulten Programm und Anwendungsgebiet mitbringen. Seminare werden bei CADFEM oder beim Kunden durchgeführt. Unter der Marke esocaet (European School of Computer Aided Engineering Technology) bietet CADFEM ein hochkarätiges Weiterbildungsangebot bis hin zum Masterstudium (vgl. S. 45ff.).
www.cadfem.de/seminare
www.esocaet.com

Der direkte Draht

CADFEM Anwendersupport
Ob Einsteiger oder Experte – bei Simulationsprojekten können sich immer Fragen ergeben, durch die es ins Stocken kommt. Eine schnelle Antwort ist hier viel wert und deshalb ist der CADFEM Anwendersupport von Montag bis Freitag ganztags zuverlässig und reaktionsschnell erreichbar: Per Telefon, Telefax, E-Mail, Internet, WebEx oder beim Kunden vor Ort.
www.cadfem.de/support

Individuelle Programmanpassung

CADFEM Customization
ANSYS und andere Softwareprogramme können durch kundenindividuelle Lösungen erweitert oder zusammengeführt werden. Auch diese programmiertechnischen Anpassungen bietet CADFEM an. Bei den meisten Projekten geht es um ANSYS Workbench. Deshalb wurde ein „Workbench Customization Team" gebildet, das u. a. den pythonbasierten Application Customization Toolkit (ACT) entwickelt hat. Aber auch die Anpassung anderer Produkte wird von den CADFEM Entwicklern abgedeckt.
www.cadfem.de/customization

Simulation als Dienstleistung

CADFEM Berechnung im Auftrag
Über kompetent durchgeführte Simulationen im Kundenauftrag mit ANSYS und anderen Programmen hinaus sind Bewertung, Nachweisführung und Diskussion der Ergebnisse wesentliche Teile unserer Dienstleistung. Dies ermöglicht auch den Know-How Transfer z. B. durch individuelle Projektschulungen und Lösungen, die auf spezifische Aufgabenstellungen zugeschnitten sind.
www.cadfem.de/consulting

Austausch unter Anwendern

ANSYS Conference & CADFEM Users' Meeting
Ohne Unterbrechung lädt CADFEM seit 30 Jahren im Herbst zur Anwenderkonferenz, die heute unter dem Namen „ANSYS Conference & CADFEM Users´ Meeting" die wahrscheinlich größte jährliche Veranstaltung ihrer Art weltweit ist. Mit dem Co-Veranstalter ANSYS Germany organisiert CADFEM für Anwender und Interessierte regelmäßig ein umfassendes Programm aus Beiträgen zur Technologie, Anwendervorträgen, Kompaktseminaren, einer großen Fachausstellung und einem attraktiven Rahmenprogramm.
www.usersmeeting.com

InfoAnsprechpartner bei CADFEM

Deutschland | CADFEM GmbH

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

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

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

Customization
Stefan Gotthold,
Tel. +49 (0)30-475 96 66-24
sgotthold@cadfem.de

Berechnung im Auftrag
Dr.-Ing. Marold Moosrainer
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-45
mmoosrainer@cadfem.de

Hochschulen
Dr.-Ing. Cord Steinbeck-Behrens,
Tel. +49 (0) 511-39 06 03-17
csb@cadfem.de

Schweiz | CADFEM (Suisse) AG

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

Seminare
Fabian Brändler
Tel. +41 (0) 32-6 75 80-72
fabian.bruendler@cadfem.ch

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

Österreich | CADFEM (Austria) GmbH

Software
Alexander Dopf
Tel. +43 (0)1-5 87 70 73-14
alexander.dopf@cadfem.at

Seminare
Dr.-Ing. Bernhard Hößl
Tel. +43 (0)1-5 87 70 73-11
bernhard.hoessl@cadfem.at

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

High Performance Computing von ANSYS entscheidend für den **F1-Erfolg von Red Bull Racing**

Design-Verbesserungen mit Hilfe von ANSYS haben dazu beigetragen, dass Red Bull Racing bei den Formel-1-Meisterschaften 2010 und 2011 sowohl die Fahrerwertung als auch die Konstrukteurswertung gewonnen hat. Unter Verwendung der High Performance Computing (HPC)-Lösungen von ANSYS, die auch für umfangreiche und detaillierte Simulationen rasch hochgenaue Ergebnisse liefern, konnte das Red Bull Racing-Team das Rennwagen-Design in einer virtuellen Testumgebung auf den Multicore-Rechenclustern des Teams kontinuierlich und zeitsparend optimieren. Die hierbei gewonnenen Einsichten verschafften dem Team einen entscheidenden Geschwindigkeitsvorteil auf der Rennstrecke.

Während die strömungsdynamische Simulation inzwischen weit verbreitet ist, um die Luftumströmung an F1-Fahrzeugen vorherzusagen und zu optimieren, erfordern die zeitlichen Beschränkungen, denen alle Teams ausgesetzt sind, rasche, zuverlässige und effiziente Simulationen mit hoher Genauigkeit. Als langjähriger Anwender der High Performance Computing-Lösungen von ANSYS profitiert Red Bull Racing dabei von den neuesten technischen Entwicklungen. Zur Lösung rechenintensiver Probleme werden Hochgeschwindigkeitsprozessoren und zugehörige Technologien eingesetzt. Da ANSYS mit jeder neuen Version wesentliche HPC-Verbesserungen realisiert, ist das Red Bull Racing-Team nicht nur in der Lage, eine größere Anzahl kleinerer Teilmodelle innerhalb des gleichen Zeitraums zu lösen, sondern auch Modelle für das komplette Fahrzeug mit vielen hundert Millionen Zellen innerhalb dieser Zeit schneller zu verarbeiten.

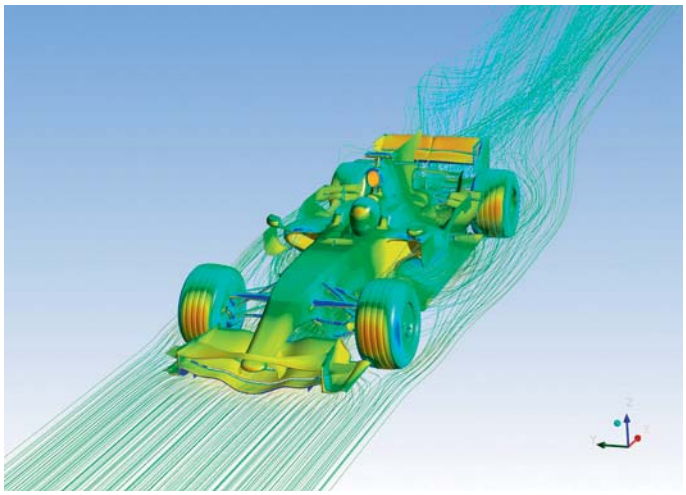


Bild: ANSYS, Inc.; Red Bull Racing

„Die HPC-Technologie von ANSYS sorgt dafür, dass wir Änderungen schnell und wirtschaftlich testen und umsetzen können“, sagte Nathan Sykes, CFD Team Leader bei Red Bull Racing. „Dadurch können wir zwischen den Qualifikationsrennen am Freitag und Samstag Simulationsergebnisse für verschiedene Varianten betrachten und unserem Aerodynamik-Team die wichtigen und zuverlässigen Daten liefern, die es für die maßgeblichen technischen Entscheidungen für das Rennen am Sonntag benötigt.“

www.ansys.com

Anwenderkonferenzen von CADFEM & ANSYS

Neben der großen ANSYS Conference & dem 30. CADFEM Users’ Meeting vom 24. – 26. Oktober 2012 in Kassel (vgl. Seite 2) wird es in diesem Jahr wieder einige regionale „Users’ Meetings“ geben. Hier ein Überblick:

ANSYS & CADFEM Conference Russia
11. – 12. April 2012, St. Petersburg, Russland
www.cadfem-cis.ru

Symulacja 2012
19. – 20. April 2012, Wroclaw, Polen
www.mesco.com.pl

Bild: Jan-Stefan Knick

ANSYS Conference & CADFEM (Austria) Users’ Meeting
26. – 27. April 2012, Wien, Österreich
www.usersmeeting.at

ANSYS Conference & 17. Schweizer CADFEM Users’ Meeting
21. – 22. Juni 2012, Zürich, Schweiz
www.usersmeeting.ch

ANSYS & SVSFEM Conference for the Czech Republic and Slovakia
18. – 19. Oktober 2012, Prérov, Tschechien
www.svsfem.cz

CADFEM auf Tour: Treffen Sie uns auf Messen & Kongressen

Die ganze Welt der Technologie an einem Ort
23. – 27. April 2012 in Hannover
CADFEM Stand in Halle 7, Stand D40 (Digital Factory)
www.hannovermesse.de

Alles zur Bauteiloptimierung durch Simulation
23. – 24. April 2012 in München
CADFEM Stand in der begleitenden Ausstellung
www.hanser-tagungen.de/simulation

Leistungselektronik/Intelligente Antriebstechnik/ Erneuerbare Energien/ Energiemanagement
8. – 10. Mai 2012 in Nürnberg
CADFEM Stand in Halle 12, Stand 12-516 (ANSYS)
www.pcim.de

5. Internationale Fachmesse für Automation und Mechatronik
22. – 25. Mai 2012 in München
CADFEM Stand in Halle B1, Stand 321B (Bayern Innovativ)
www.automatica-munich.com

Technische Aspekte beim Design und Einsatz von Steckverbindern
19. – 20. Juni 2012 in Würzburg
CADFEM Stand in der begleitenden Ausstellung
www.steckverbinderkongress.de

Nähere Informationen zu den Veranstaltungen & Terminvereinbarung
marketing@cadfem.de

„Computersimulationen haben sich neben Theorie und Experiment zur 'Dritten Säule der Wissenschaft' entwickelt,"

formulierte Bundesforschungsministerin Prof. Dr. Annette Schavan am 24. Februar 2012 anlässlich der Inbetriebnahme von „Hermit", des schnellsten Supercomputers Deutschlands am Hochleistungsrechenzentrum (HLRZ) der Universität Stuttgart.

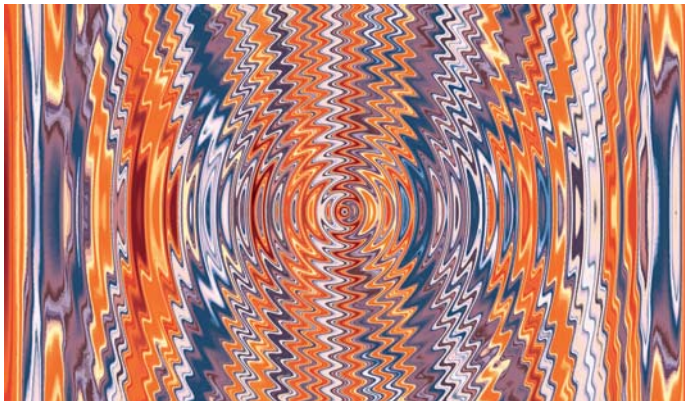


Bild: elsyl/shutterstock.com

Conference InnoWave 2012: **Innovations in Wave Modelling**

InnoWave 2012: Innovations in Wave Modelling
September 3rd to 7th, 2012 in Nottingham

Linear wave dynamics arise in a whole range of problems such as the vibrational response of mechanical and biological structures, acoustics, radio waves, optics and quantum mechanics. The tasks at hand may vary considerably between disciplines - they all have one big challenge in common: numerically modelling the wave response for complex structures or enclosures is difficult, especially if typical wave lengths are orders of magnitude smaller than the size of the system.

The techniques employed are conceptually very similar giving rise to potential gains in efficiency through interdisciplinary exchange of knowledge.

This conference aims at bringing together experts from different fields and from academia and industry to compare modern solution strategies and to discuss interesting wave phenomena. The emphasis is firmly placed on the applicability and scalability of the techniques in real world and industrial settings. The conference aims to attract contributions from participants with a background in

- structural vibrations and machine dynamics
- high frequency acoustics
- electromagnetic wave engineering
- numerical analysis for wave equations
- small wave length asymptotics
- wave chaos and random matrix theory
- mesoscopic physics, nano-science

http://inutech.de/midea/events

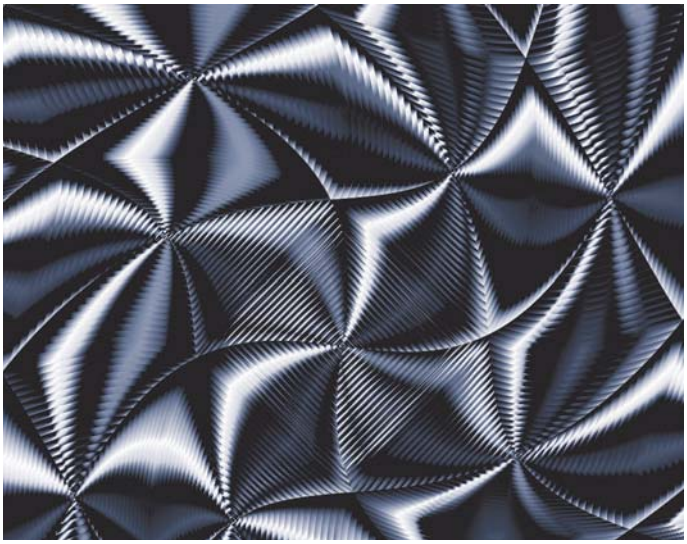


Bild: Laschon Robert Paul/shutterstock.com

Netzwerk **Formgedächtnislegierungen**

Das Netzwerk „Effiziente Wertschöpfung bei Herstellung und Anwendung von Formgedächtnislegierungen“ (EffHA-FGL) ist eine Plattform für Unternehmen aus allen Industriezweigen, die sich mit Formgedächtnislegierungen (kurz: FGL) beschäftigen oder an deren Anwendung interessiert sind. Ziel des Netzwerkes ist es, die Vorteile von Formgedächtnislegierungen als „Multifunktionswerkstoff“ durch neue Verfahren, Dienstleistungen und innovative Produkte an neuen Märkten zu etablieren. Im Vordergrund steht dabei die effiziente Verbindung bisher getrennter Prozessschritte bei der Herstellung, Verarbeitung und Adaption von FGL-Bauteilen.

CADFEM ist als der Partner für das Thema Simulation in diesem Netzwerk mit weiteren Kompetenzträgern der Formgedächtnistechnologie verbunden: Memry GmbH, G. Rau GmbH, ComMaSIM UG, FG Innovation UG, ETO MAGNETIC GmbH, MeKo Laserstrahl-Materialbearbeitung, DIGALOG Industrie-Mikroelektronik GmbH, FFZ Feinmechanisches Fertigungszentrum Glashütte GmbH, Otto Egelhof GmbH, A&E Applikation und Entwicklung Produktionstechnik GmbH, Alfmeier Präzision AG und Volkswagen AG

Das Netzwerkmanagement wird vom Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU) gebildet, welches ebenfalls viel Erfahrung mit FGL in die Netzwerkarbeit einbringt.

FGL-Workshop

Am 26. Juni 2012 findet in Dresden ein FGL-Workshop statt, bei welchem ein Überblick über alle Bereiche – von der Materialherstellung, über die Simulation bis hin zur Anwendung von Formgedächtnislegierungen – gegeben wird.

Kontakt

Netzwerkmanagement: Linda Weisheit, Fraunhofer IWU,
Linda.Weisheit@iwu.fraunhofer.de
Ansprechpartner bei CADFEM: Dr.-Ing. Cord Steinbeck-Behrens,
csb@cadfem.de

Weitere Informationen
www.fgl-netzwerk.de

FGL Netzwerk

Mehr Lesestoff von CADFEM:
Aktuelles rund um die Simulation

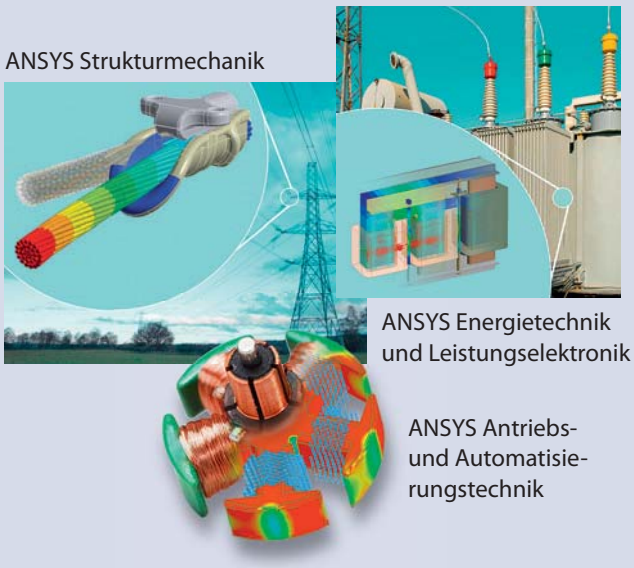
Neues CADFEM Firmenportrait
Anfang des Jahres wurde die CADFEM Firmenbroschüre komplett überarbeitet. Jetzt ist das neue Firmenportrait fertig. Wenn Sie also genau wissen wollen, mit wem Sie es bei CADFEM eigentlich zu tun haben, dann senden wir Ihnen gerne Ihr persönliches Exemplar im Hochglanzformat zu.

caMe – Computer Aided Medical Engineering
Die Zeitschrift came, die von CADFEM herausgegeben und maßgeblich mitgestaltet wird, erfreut sich bei Simulationsinteressierten aus Medizin, Medizintechnik und Biomechanik wachsender Beliebtheit. Fordern Sie ein Probeexemplar & Infos zum Abonnement an.

Produktentwicklung mit (FE-)Methode
In einer 5-teiligen Serie in der Zeitschrift „Konstruktion“ (Springer-VDI Verlag) haben CADFEM Mitarbeiter den praktischen Einsatz und Nutzen der FEM in der Produktentwicklung beschrieben. Adressiert wurden die Themen Festigkeit, Verbindungselemente, Schwingungen, Material und Fertigung. Daraus ist ein 24-seitiger Sonderdruck entstanden, den wir Ihnen auf Wunsch gerne zukommen lassen.

Diese Publikationen können Sie formlos per E-Mail anfordern, natürlich kostenlos und unverbindlich.
marketing@cadfem.de

Simulation erleben, kompakt und kompetent: **CADFEM Infotage**



ANSYS Strukturmechanik
Der erste Schritt zum professionellen Einsatz der FEM: Nach den wichtigsten theoretischen Grundlagen lernen Sie den Workflow einer FEM-Simulation kennen. Im Hauptteil erfahren Sie anhand von vielen Praxisbeispielen die Möglichkeiten, wie Ihnen die FEM-Simulation im Bereich der Strukturmechanik neue Impulse und Möglichkeiten für Ihre Produktentwicklung liefert.
Agenda, Termine, Anmeldeformular:
www.cadfem.de/strukturmechanik

ANSYS Antriebs- und Automatisierungstechnik
Wie bekommen Elektromotoren, mechatronische Systeme und ihre Komponenten noch mehr „Drive"? Lernen Sie auf diesem Infotag, wie Sie mit modernster Simulationstechnologie von CADFEM und ANSYS mehr herausholen können. Holen Sie sich Tipps & Tricks in den Bereichen elektrische Antriebstechnik, elektromechanische Systeme und Automatisierungstechnik.
Agenda, Termine, Anmeldeformular:
www.cadfem.de/antriebe

ANSYS Energietechnik und Leistungselektronik
Vom elektronischen Bauteil zum System: Dieser Infotag richtet sich an Entwickler aus der Energie- und Hochspannungstechnik und aus der Leistungselektronik, die über Simulationen elektrische Verluste von Generatoren, Transformatoren und anderen Energiewandlern minimieren wollen. Der zweite Schwerpunkt zielt auf die Optimierung von Steckern, Kontakten, Schienen und Kabeln.
Agenda, Termine, Anmeldeformular:
www.cadfem.de/energie

Weitere Informationstage zu aktuellen Themen:
www.cadfem.de/infotage
Info-Webinare zu aktuellen Themen:
www.cadfem.de/webinare

Bild: Marhedxy/istockpoto.com; CADFEM

Bild: europhotos/shutterstock.com

Neue **CADFEM Geschäftstelle** in Frankfurt

Mit der Niederlassung in Liederbach bei Frankfurt hat die CADFEM GmbH Anfang Februar ihre 7. Geschäftsstelle in Deutschland eröffnet: Die CADFEM Geschäftsstelle Frankfurt wird in Kooperation mit dem Ingenieurbüro Huß & Feickert (ihf) betrieben, mit dem CADFEM schon seit vielen Jahren eng zusammenarbeitet. Die Geschäftsstelle, die sich in den Räumlichkeiten von ihf befindet, wird von Kristin Schuhegger geleitet. Adresse und Kontaktinfos finden Sie auf der Rückseite dieses Heftes und unter www.cadfem.de/frankfurt

Mit CADFEM zur **ISC International Supercomputing Conference**

Mit einem Workshop zum Thema High Performance Computing (HPC) mit ANSYS im Bereich der Strukturmechanik beteiligt sich CADFEM aktiv am Programm des wohl wichtigsten HPC-Events überhaupt, der ISC Internationalen Supercomputing Conference. Diese findet vom 17. – 21. Juni 2012 in Hamburg statt.

Der ganztägige CADFEM Workshop zum Thema ANSYS HPC ist als sogenannter integrierter „Satellite-Event" für den 19. Juni 2012 geplant. Workshop-Teilnehmer haben Zugang zur ISC-Ausstellung und zum ISC-Abend-Event an diesem Tag. Zudem besteht die Möglichkeit, einen weiteren Tag auf der ISC zu günstigen Konditionen zu buchen.
www.cadfem.de/isc

ISC INTERNATIONAL SUPERCOMPUTING CONFERENCE

Immer up-to-date: **CADFEM Newsletter**

Sie wollen nicht bis zum nächsten CADFEM Journal Infoplaner auf Neuigkeiten zur numerischen Simulation aus dem Hause CADFEM warten? Dann abonnieren Sie einfach den CADFEM Newsletter, der Sie alle zwei Monate mit aktuellen Informationen versorgt.
Anmeldung: www.cadfem.de/newsletter
Besuchen Sie uns auch auf Facebook & Twitter

CADFEM International:

Das Dach für vielfältige Aktivitäten

Unter der in Aadorf (Schweiz) ansässigen CADFEM International AG (seit 1998) und der CADFEM International GmbH (seit 2010) mit Sitz in Grafing sind Beteiligungen an kleinen und mittelgroßen Firmen zusammengefasst.

Einerseits sind dies Firmen, die das klassische CADFEM Geschäft international betreiben oder auch komplementäre Lösungen zur CAE-Technologie anbieten. Andererseits gehören dazu mittlerweile aber auch Beteiligungen an jungen Unternehmen, die sich auf andere Tätigkeiten konzentrieren, zum Beispiel auf Internet-Dienstleistungen.
Während seiner mehr als 25-jährigen Firmengeschichte mit kontinuierlichem Wachstum hat CADFEM immer die Unternehmensphilosophie verfolgt „Small is beautiful". Denn im Gegensatz zu großen Firmen können kleine und mittelgroße Firmen meist flexibler agieren. Außerdem übernehmen deren Mitarbeiter viel Verantwortung und ihre Identifizierung mit dem „eigenen" Unternehmen ist sehr hoch. Dadurch, dass die Partnerfirmen der CADFEM International eng zusammenarbeiten, können sie Synergien nutzen und ihr Portfolio und ihren Wirkungskreis erweitern. Risikominderung, Haftungsbeschränkung, Perspektiven für Mitarbeiter, aber auch steuerliche Vorteile sind weitere positive Aspekte.

In den letzten beiden Ausgaben des Infoplaners haben wir einen Überblick über CADFEM International mit den einzelnen Beteiligungen gegeben und die Firmen virtualcitySYSTEMS GmbH und Software Diagnostics GmbH vorgestellt. Hier folgt nun die roomeon GmbH.

roomeon
realtime interior design

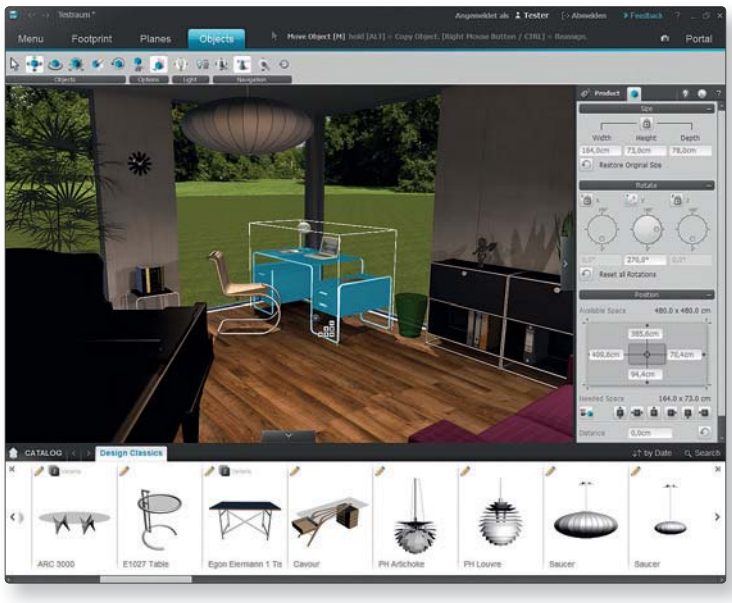
Die roomeon GmbH mit Sitz in Potsdam-Babelsberg entwickelt die erste, einfach zu bedienende 3D-Software der Welt, die sich an Inneneinrichter, Architekten und alle Menschen wendet, die einen Raum gestalten möchten. Seit dem Projektstart im August 2009 ist das Team inzwischen auf neun Mitarbeiter angewachsen. Neben Anwendungsentwicklern und Spezialisten für das Umsetzen der Server-Software sind auch die Bereiche Design und GUI-Entwicklung, algorithmische Geometrie, 3D-Modelling, Online-Redaktion, Support, Marketing sowie Verwaltung und natürlich das Management vertreten. Viele Mitarbeiter haben sich mittlerweile zu regelrechten „Allroundtalenten" entwickelt, sodass sich das kleine Team oftmals übergreifend austauschen kann.

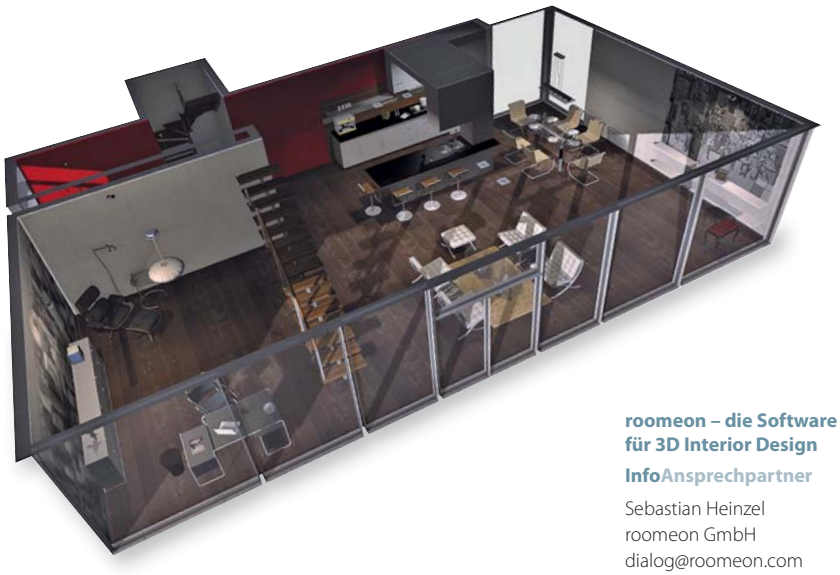
Bilder: roomeon, Phecsone/shutterstock.com

Bilder: roomeon, Shortkut/shutterstock.com

Räume sind dreidimensional, folglich präsentiert sich auch roomeon dreidimensional. Allerdings ist 3D-Software meist komplex: Die Bedienung gestaltet sich oft schwierig, die Einarbeitung ist langwierig. Deshalb hat sich roomeon auf ein modernes und weltweit erfolgreiches Konzept fokussiert: Keep it simple.

Durch die fotorealistische Echtzeitgrafik wird bereits während der Planungsphase ein hochwertiger und realistischer Eindruck des Raumes vermittelt. Roomeon macht die Gestaltung von Räumen so einfach, dass per Drag & Drop neue Möbel, Wandoberflächen oder Vorhänge ausprobiert und in ihrer Komposition aufeinander abgestimmt werden. Die integrierten Lichtfunktionen schaffen authentische Raumatmosphäre.





roomeon – die Software für 3D Interior Design

InfoAnsprechpartner

Sebastian Heinzel
roomeon GmbH
dialog@roomeon.com
www.roomeon.com

Professional richtet sich vor allem an Designer und Architekten, die damit schnell und flexibel hochwertige Visualisierungen erstellen können. Doch damit nicht genug: Der Nutzer findet auf roomeon auch eine Community, in der er sich von anderen Raumdesignentwürfen inspirieren lassen oder sich zu seinen eigenen Ideen mit anderen austauschen kann. Nicht zuletzt sorgt hier auch das Feedback der Mitglieder für eine schnelle Adaption von Funktionen und konstante Weiterentwicklung der 3D-Software.

Zusammengefasst: Mit roomeon kann jeder Räume gestalten, Stimmungen entwerfen, die richtigen Möbel finden und sich ein klares, virtuelles Bild machen: Von seinem eigenen Zuhause oder von neuen Kreationen für seine Kunden.

Dabei ist die Auswahl an Einrichtungsgegenständen und Materialien immer auf dem neuesten Stand, denn der roomeon-Katalog bezieht seine Daten stets live aus dem Netz. Neben dem Produkt als 3D-Objekt finden sich auch Spezifikationen, Produktbeschreibung, Bemaßung und eine entsprechende Verlinkung zum Online-Shop des Händlers. Auf Wunsch ist der Verkäufer nur einen Klick weit entfernt.

Für Hersteller und Händler bietet roomeon die ideale Präsentationsfläche – ein unbegrenzter virtueller Ausstellungsraum für Marken und Produkte. Damit ist auch die Nutzung als eigene Planungslösung in Form einer sogenannten White-Label-Version möglich.

Roomeon steht dem Nutzer in drei Varianten zur Verfügung – Gast, Community und Professional. Die ersten beiden sind kostenfrei, die kostenpflichtige Variante

Präzision durch Simulation

Die Möglichkeiten, die die numerische Simulation dem Produktentwickler heute bietet, gehen weit über die eindimensionale Auslegung von Komponenten oder Baugruppen hinaus. ‚Multiphysik', d.h. die Kopplung unterschiedlicher physikalischer Disziplinen und ihrer Wechselwirkungen untereinander, ist heute bereits fest etabliert. Neu und mit einem signifikanten Effekt auf die Präzision der Simulation – und damit der Produkte – ist der Austausch von relevanten Informationen mit dem Fertigungsbereich. Die folgenden Seiten geben einen Überblick, wie dieses Zusammenspiel der numerischen Simulation mit verschiedenen Herstellprozessen in der praktischen Anwendung aussieht und welche Vorteile sich daraus für die Produktentwicklung ergeben.

Inhalt Produktion

VispaB: Prozessstabilität von Werkzeugmaschinen
Damit es weniger rattert ..... Seite 16

Der Einfluss des Umformvorgangs auf die Bauteileigenschaften
Umform-vollendet ..... Seite 20

Thermische Prozesse in der Produktion
Auf die Wärme kommt es an ..... Seite 22

Oberflächenhärtung durch Induktion
Wie entsteht die harte Schale? ..... Seite 24

Auslegung von kurzfaserverstärkten Spritzgussbauteilen
Kreuz & quer im Griff ..... Seite 26

Schadensanalyse einer Galvanoform
Gefährliche Abkühlung ..... Seite 28

Qualität, Zuverlässigkeit, Flexibilität und ein geringer Verbrauch von Material und Energie sind in einem immer dynamischeren Wettbewerb eine Grundvoraussetzung, um mit innovativen Produkten erfolgreich zu sein.

Damit diese Anforderungen erfüllt werden können, ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit der am Entwicklungsprozess beteiligten Abteilungen – Konstruktion, Simulation, Versuch und Fertigung – und eine möglichst barrierefreie Zusammenführung ihrer Werkzeuge von wachsender Bedeutung. So verdeutlicht beispielsweise das Forschungsprojekt VispaB, bei dem es um die Abhängigkeiten zwischen Zerspanprozess und Stabilität einer Werkzeugmaschine geht, die erweiterte Rolle der Simulation.

Bei VispaB ist es gelungen, die Produktivität und Zuverlässigkeit einer Werkzeugmaschine zu erhöhen, indem die Vibrationen („Rattern“) beim Zerspanprozess nachhaltig reduziert wurden. VispaB zeigt anschaulich, wie mit Hilfe von FEM-Simulationen, die auch Parameter aus anderen Fachbereichen einbeziehen, frühzeitig Schwachstellen erkennbar werden. Mehr dazu finden Sie auf Seite 16ff.

Anwendungen aus unterschiedlichen Prozessen

Weitere Simulationsbeispiele beschäftigen sich mit der Steuerung des Wärmeeintrags beziehungsweise der Wärmeabfuhr zur Verbesserung der Prozessqualität (Seite 22f.). Eine praktische Anwendung dazu liegt im Bereich der Galvanoformen, bei denen insbesondere eine rasche Abkühlung erhebliche Lastspitzen hervorruft und teilweise zum Versagen der Bauteile führt (Seite 28f.).

In einem anderen Anwendungsbeispiel wird das Induktionshärten untersucht, bei dem eine Oberflächenhärtung durch hochfrequenten Wechselstrom realisiert wird (Seite 24f.). Für Entwickler von Blechbauteilen wird von Interesse sein, dass jetzt Verfestigungswerte und Dickenverteilungen aus der Umformhistorie unmittelbar in die FEM-Simulation einbezogen werden können (Seite 20f.). Ein weiterer Bericht beschreibt die Prozesskette für Bauteile aus faserverstärkten Kunststoffen vom Spritzguss zur strukturmechanischen Simulation. Dort ermöglicht die Materialsynthese parametrische Studien zur Untersuchung der Einflüsse bei Veränderungen in den einzelnen Materialphasen, von der Matrix über die Fasern bis hin zu zusätzlichen Partikeln (Seite 26f.).

In den Beiträgen wird deutlich, welches Nutzenpotenzial durch Simulationen im Produktionsprozess erschlossen werden kann. Die Herausforderung ist, unterschiedliche physikalische Disziplinen gemeinsam zu betrachten und die Abhängigkeiten untereinander zu analysieren. Hier bieten die Systemsimulation und die Verwendung von Modellreduktionen auf Basis von 3D-Feldsimulationen noch viele weitere Möglichkeiten, um das Verhalten von Produkten in ihrem Gesamtkontext besser zu verstehen und zu optimieren.

CADFEM war an fast allen vorgestellten Projekten und Verfahren beteiligt. Sprechen Sie uns an, wenn Sie mehr darüber wissen wollen oder wenn Sie selbst nach Lösungen für vergleichbare Aufgabenstellungen suchen.

Bilder: almagami, Nuno Andre, Anelina/shutterstock.com

VispaB: Prozessstabilität von Werkzeugmaschinen

Damit es weniger rattert

In den letzten Jahrzehnten hat sich die Finite-Element-Methode (FEM) neben anderen Simulationsverfahren einen festen Platz im Entwicklungsprozess von Werkzeugmaschinen erobert. Durch verschiedene Optimierungsstrategien wurden mit ihrer Hilfe die statischen und dynamischen Eigenschaften der Maschinenstruktur verbessert und die Produktivität und Zuverlässigkeit der Maschinen deutlich gesteigert. Das letztliche Qualitätsmerkmal einer Werkzeugmaschine – die Produktivität, ausgedrückt in der Prozessstabilität – verschloss sich bisher aber der simulativen Bewertung.

Reagiert eine Werkzeugmaschine auf die wirkenden Zerspankräfte mit übermäßigen Schwingungen, spricht man von Rattern. Folgen dieses Effekts sind eine unzureichende Oberflächengüte und Maßhaltigkeit des bearbeiteten Werkstückes. Zudem wird die Standzeit des Werkzeuges eingeschränkt. Im Extremfall kann dies sogar zum Bruch der Werkzeugschneide oder des Werkzeuges führen. Um dies zu verhindern, müssen in der Praxis die Schnittdaten (Schnitttiefe, Drehzahl und Vorschub) reduziert werden, was zu einer sinkenden Produktivität führt (Bild 1).

Neben den Werkzeugmaschinen selbst werden auch die entsprechenden Zerspanprozesse schon seit längerer Zeit untersucht und simuliert. Jedoch wird bei der Zerspansimulation die Nachgiebigkeit der Maschine oft nicht berücksichtigt und

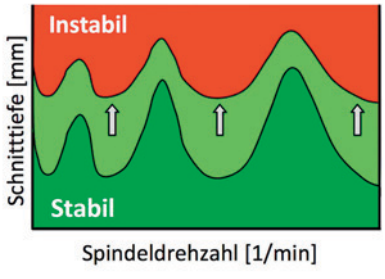


Bild 1: Instabilitäten können die Produktivität der Maschine stark beeinträchtigen.

folglich lassen sich die Abhängigkeiten zwischen Zerspanprozess und Stabilität der Werkzeugmaschine nicht abbilden. Liegen gemessene oder berechnete Nachgiebigkeitsfrequenzgänge vor, kann die Dynamik einzelner Koordinatenrichtungen in Form von gefitteten Mehrmassenschwingern in der reinen Zerspansimulation berücksichtigt werden. Die FEM-integrierte Stabilitätssimulation in ANSYS ermöglicht darüber hinaus, die Berücksichtigung von Kreuznachgiebigkeiten (zwischen zwei Koordinatenrichtungen) und die Visualisierung der Betriebsschwingungsform. Dies erleichtert dem Entwickler bereits die Schwachstellenanalyse der Struktur deutlich.

Ein Konsortium aus Werkzeugmaschinenherstellern, Werkzeugherstellern, Forschungseinrichtungen und Software-

häusern entwickelte im Rahmen eines dreijährigen Forschungsvorhabens eine Lösung, um die Lücke zwischen der Simulation der Maschinendynamik und der Simulation des Zerspanprozesses zu schließen. Ziel des Forschungsvorhabens VispaB (www.VispaB.de, Virtualisierung der spanenden Bearbeitung in der Maschinenentwicklung und der Prozessoptimierung – gefördert durch das BMBF, betreut durch den Projektträger PTKA Karlsruhe) war es, eine durchgängige Simulationskette zu entwickeln, die es erlaubt, die Prozessstabilität spanender Bearbeitungsprozesse zukünftig als verlässliches Bewertungskriterium im Rahmen der gesamten Entwicklungsprozesskette von Produktionsanlagen zu nutzen.

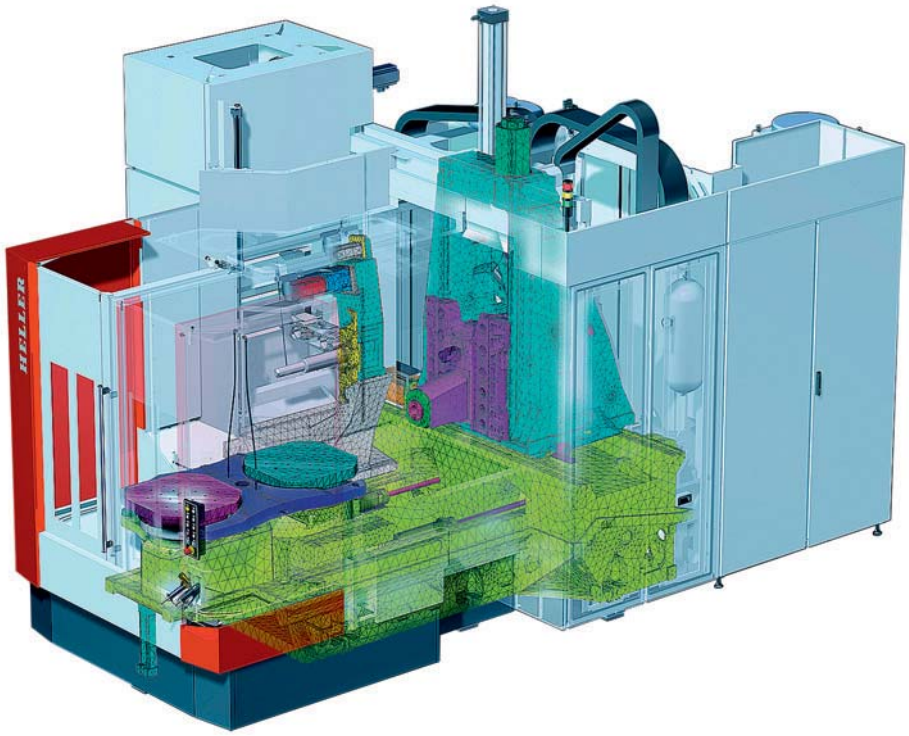
Hierzu wurden basierend auf Referenzprozessen für die Fertigungsverfahren „Drehen“ und „Fräsen“ Prozessmodelle entwickelt, die in Kombination mit Maschinenmodellen von der Entwurfsphase bis hin zur Fertigungsplanung eine Abschätzung der Leistungsfähigkeit der Produktionsanlage erlauben. Somit können neue Bewertungskriterien in den Entwicklungsprozess einbezogen werden, die erstmals eine frühzeitige und weitgehende Bewertung des Maschinen- bzw. des Fertigungskonzeptes zulassen. Mit der nun vorliegenden durchgängigen Simulationsumgebung können Maschinen gezielt auf geplante Prozesse hin optimiert werden (Bild 2). Die bisherige indirekte Bewertung durch Nachgiebigkeitsfrequenzgänge kann

Bilder: VispaB. Gebr. Heller Maschinenfabrik; Hywit Dimanyadi/shutterstock.com

so noch deutlich verbessert werden und quantitative Angaben zur Produktivität einer Maschine lassen sich bereits in der Entwurfsphase verifizieren.

FEM-integrierte Stabilitäts-simulation mit ANSYS

Im Rahmen des Verbundprojektes VispaB erstellte CADFEM in enger Kooperation mit der Gebr. HELLER Maschinenfabrik und dem Werkzeugmaschinenlabor (WZL) der RWTH Aachen die in ANSYS integrierte Software-Lösung SK-Tool. Damit können durch den Anwender sowohl in ANSYS Workbench als auch in ANSYS Mechanical APDL alle notwendigen Prozessdefinitionen erfolgen. Für die anschließende Auswertung der Berechnungsergebnisse wurden geeignete Stabilitätskriterien implementiert. Zur Berechnung einer FEM-basierten Stabilitätskarte müssen vom Anwender folgende Parameter definiert werden:



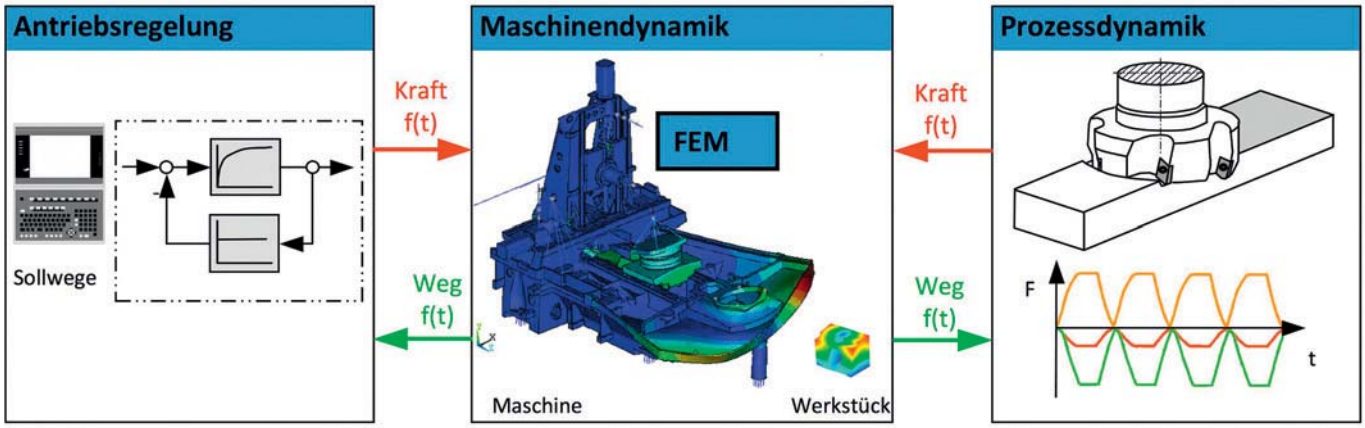


Bild 2: Das neue Simulationskonzept ermöglicht eine Abschätzung der Leistungsfähigkeit der Produktionsanlage von der Entwurfsphase bis hin zur Fertigungsplanung.

- Werkzeuggeometrie (Fräsen oder Drehen); Schneidenteilung (gleich oder ungleich),
- Schnittkraftmodell (aus erweiterbarer Datenbank),
- Stabilitätskriterium,
- Spantiefe, Vorschub und Drehzahl (konstant oder variabel),
- Zeitschritt und Anzahl der Werkzeugumdrehungen.

Für die Bestimmung der aktuellen Schnittkraft können unterschiedliche Zerspankraftmodelle hinterlegt werden. Standardmäßig verfügbar sind im SK-Tool von CADFEM ein lineares und ein exponentielles Modell (Kienzle), für das Schnittkraftkoeffizienten aus Referenzversuchen für die jeweilige Werkzeuggeometrie und die zu bearbeitenden Werkstoffe bekannt

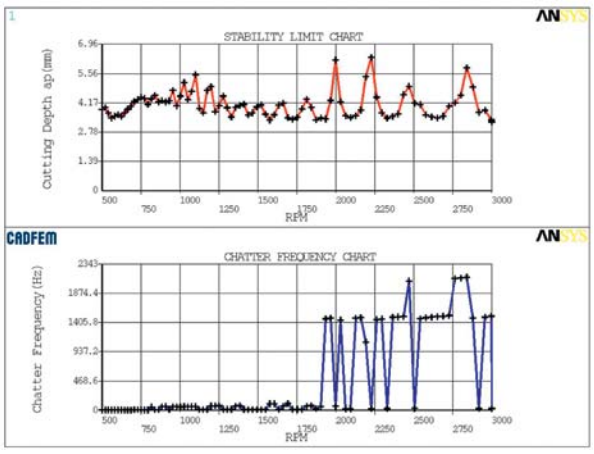


Bild 3: Zur Beurteilung der Prozessstabilität wurde unter anderem die Spandickenmodulation über der Zeit verwendet.

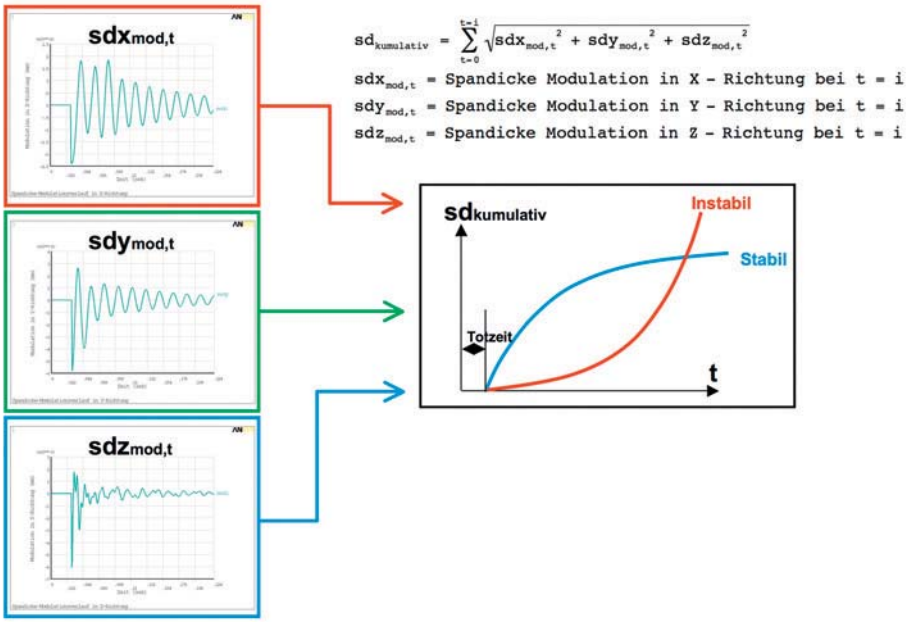
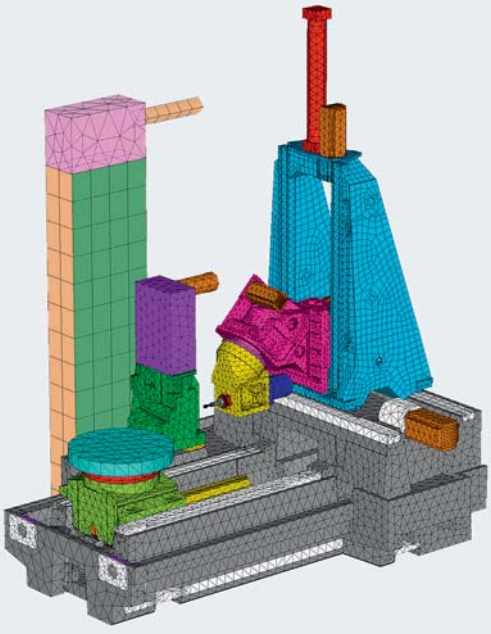


Bild 4: Die Spantiefe und die Ratterfrequenz wurden bei den unterschiedlichen Drehzahlen untersucht.

InfoHeller: Optimierung des Zerspanprozesses

Aus einer Pressemitteilung der Gebr. HELLER Maschinenfabrik vom Oktober 2011:

„Mit den Forschungsergebnissen ist es nun möglich, für konkrete Zerspanprozesse die maximale prozessstabile Spantiefe über die Werkzeug- bzw. Spindeldrehzahl direkt zu berechnen, unter Berücksichtigung der gesamten Prozess- und Maschinendynamik. Dies erfolgt über eine sogenannte Stabilitätskarte. Gegenüber der in der Praxis schwierigen Interpretation von simulierten Nachgiebigkeitsfrequenzgängen bezüglich Zerspanleistung stellt diese Entwicklung einen Quantensprung dar.



Um die Stabilitätskartenberechnung herum hat HELLER eine neue Simulationskette gebildet mit dem Ziel, aus den Simulationsergebnissen direkt die Maschinenkomponenten zu identifizieren, die eventuell für Ratterschwingungen verantwortlich sind. Weil die sich daraus ergebenden konstruktiven Maßnahmen bereits in einer frühen Entwicklungsphase einer Werkzeugmaschine berücksichtigt werden können, stellt dies eine sehr kostengünstige Möglichkeit dar, die technischen Maschineneigenschaften zu optimieren. Ebenso liefern die Simulationsdaten Hinweise für konkrete prozessstabilisierende Maßnahmen."

Bilder: VispaB, Gebr. Heller Maschinenfabrik

sein müssen. Aus der aktuellen Verschiebung zwischen dem Werkzeugmittelpunkt (TCP – Tool Center Point) und dem Werkstück kann dann die für den nächsten Lastschritt wirkende Kraft am Werkzeug ermittelt werden.

Als Kriterium zur Beurteilung der Prozessstabilität wurde im Rahmen des Projektes die Spandickenmodulation über der Zeit als ein geeignetes Maß ermittelt (Bild 3). Aus dem Abstand zwischen Werkzeugmittelpunkt und Werkstück lässt sich zu jedem Zeitpunkt die aktuelle Spantiefe ermitteln. Konvergiert die Spandickenakkumulation gegen einen Grenzwert, liegt ein stabiler Arbeitsprozess vor.

Die berechneten Stabilitätskarten wurden mit in Versuchen ermittelten Werten an einer HELLER H 5000 HPC (Werkzeug Sandvik Coromant) abgeglichen. Um den Berechnungsaufwand für die sehr großen transienten FEM-Modelle zu begrenzen, wurden alle Berechnungen mit CMS-reduzierten (Component Mode Synthesis) Modellen durchgeführt. Für jeden im Diagramm aufgeführten Referenzpunkt müssen mehrere transiente Berechnungen durchgeführt werden (Bild 4).

Die im Rahmen des Forschungskonsortiums VispaB von CADFEM erstellten ANSYS Routinen ermöglichen es den Anwendern, Maschinen bereits in der Konstruktionsphase auf geplante Prozesse hin zu optimieren. In derselben Weise lassen sich vorhandene Simulationsmodelle auch zur Prozessoptimierung bestehender Anlagen nutzen, so dass eine Werkzeugmaschine über ihren gesamten Lebenszyklus optimal eingesetzt werden kann.

InfoAutor | CADFEM

Rainer Rauch

InfoAnsprechpartner | CADFEM

Ezzeddine Ammar, CADFEM GmbH
Tel. +49 (0)711-990745-12
eammar@cadfem.de

InfoVerwendete Software

ANSYS Workbench

InfoForschungsprojekt

VispaB – Virtualisierung der spanenden Bearbeitung in der Maschinenentwicklung und der Prozessoptimierung: gefördert durch das BMBF, betreut durch das PTKA Karlsruhe.
www.VispaB.de

Bundesministerium für Bildung und Forschung

InfoLiteratur

www.vispab.de/de/veroeffentlichungen.html

FTI Forming Module for ANSYS:
Der Einfluss des Umformvorgangs auf die Bauteileigenschaften

Umform-vollendet

Entwickler von Blechbauteilen kennen das: Bei der Datenübergabe zwischen der Fertigungssimulation und der strukturmechanische Bauteilauslegung klafft eine Lücke, die – wenn überhaupt – nur mit zeitintensiver „Handarbeit" überbrückt werden kann. CADFEM hat jetzt eine komfortable Methode fertig gestellt, mit der Verfestigungswerte und Dickenverteilungen aus der Umformhistorie unmittelbar in die FEM-Berechnung mit ANSYS Workbench einbezogen werden können.

Obwohl viele Simulationsanwendungen bereits einen hohen Reifegrad erreicht haben, kann ihr Potenzial noch deutlich gesteigert werden. Der Schlüssel dazu liegt in der Zusammenführung der verschiedenen Simulationstechniken zu einem Gesamtprozess. Insbesondere Daten aus der Fertigungssimulation, die einen großen Einfluss auf die Bauteileigenschaften haben und deshalb unbedingt in der Funktionssimulation berücksichtigt werden müssen, können meist nur mit hohem manuellen Aufwand zwischen den jeweiligen Anwendungen übertragen werden.

Der Bedarf an einer „barrierefreien" Datenübergabe zwischen verschiedenen Systemen stand im Mittelpunkt des Forschungsvorhabens VIPROF (vgl. auch S. 53ff. im Infoplaner 02/2011). Im Rahmen von VIPROF wurde eine Verknüpfung der Prozesse Umformen – Fügen – Lackieren – Crash zu einer durchgängigen Prozesskettensimulation realisiert, die sowohl in der Produktentwicklung als auch in der Fertigungsplanung genutzt werden kann. Bauteileigenschaften wie z.B. Kaltverfestigung und lokale Wanddickenänderung, die das Produktverhalten beeinflussen, werden zwischen einzelnen Prozesssimulationen weitergegeben. Als Referenzobjekt im Rahmen des VIPROF-Projektes diente die für den Seitencrash relevante Baugruppe (Bild 1). Bei VIPROF wurde unter anderem gezeigt, welchen Einfluss die Umformhistorie auf nachfolgende Simulationen ausübt. Dies ist nicht nur im Fahrzeugbau von Bedeutung, sondern überall, wo es um dünnwandige Blechstrukturen geht.

Umformsimulation mit FTI FormingSuite

Im VIPROF-Projekt wurde der Umformvorgang mit dem Programm FTI FormingSuite simuliert. Mit der FTI Forming Suite der Firma Forming Technologies, Inc. (FTI) ist CADFEM aufgrund einer langjährigen Partnerschaft sehr gut vertraut. FTI hat den großen Vorteil, dass das Pro-

Bild: cobalt88/shutterstock.com

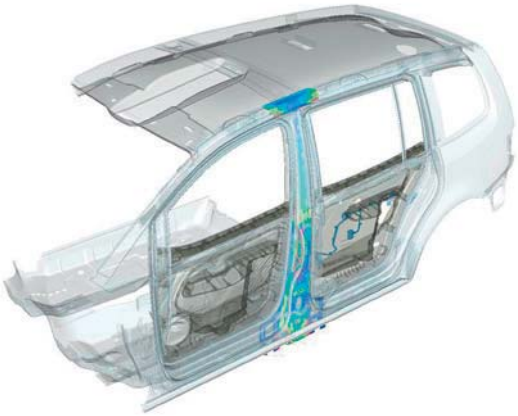


Bild 1: Seitencrash-relevante Baugruppe

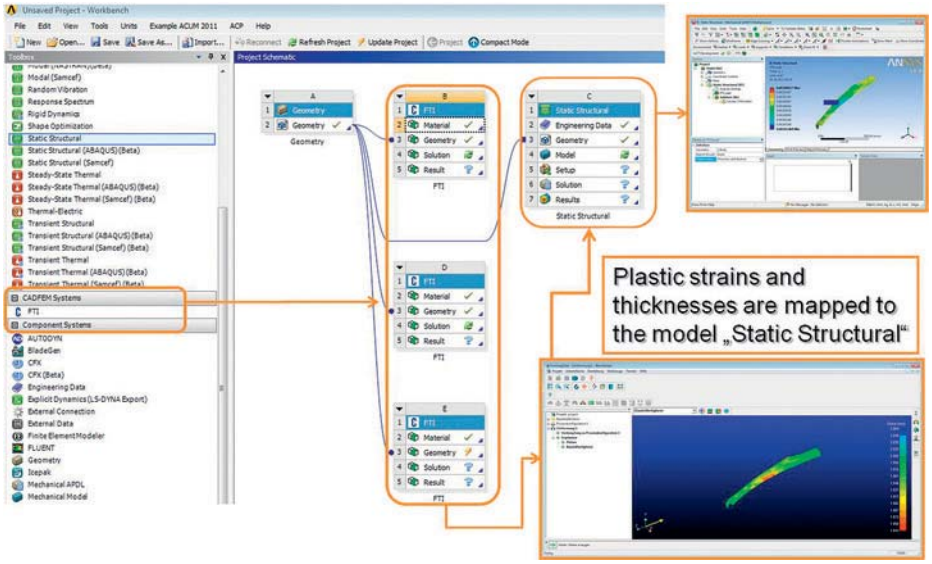


Bild 2: FTI Forming Module for ANSYS

gramm einen inversen Solver für die Umformsimulation nutzt. Im Gegensatz zu inkrementellen Solvern, in denen der spätere Fertigungsprozess selbst eine wichtige Rolle spielt, erfordern inverse Verfahren nur die Materialkennwerte und die Bauteilgeometrie. Diese Daten sind früh verfügbar und können unmittelbar verwendet werden.

Die schnelle Verfügbarkeit der Daten ist natürlich nur dann ein Vorteil, wenn sichergestellt ist, dass sie auch zuverlässig sind. Die Überprüfung erfolgte bereits im Rahmen des VIPROF-Projekts. Hier zeigte sich bei den wesentlichen Ergebnisgrößen „Dickenverteilung“ und „effektive plastische Dehnung“ eine sehr hohe Übereinstimmung der Ergebnisse, die mit dem inversen Solver der FTI FormingSuite, einem inkrementellem Server und parallel durchgeführten Messungen gewonnen wurden.

FTI FormingSuite in ANSYS Workbench

Basierend auf den positiven Ergebnissen hat CADFEM den inversen Solver FTI FormingSuite in die Simulationsumgebung ANSYS Workbench integriert. Ziel war, nicht nur eine Übertragung der Daten aus der Umformsimulation in die Strukturmechanik zu realisieren, sondern die Integration der Umformsimulation in den gesamten Prozess zu ermöglichen. Neben der einfachen Anwendbarkeit der neuen Lösung FTI Forming Module for ANSYS sollten auch die im Entwicklungsprozess auftretenden Produktänderungen schnell und effizient berücksichtigt werden.

Die Projektseite (Bild 2) zeigt die Integration der FTI FormingSuite in ein ANSYS Projekt für eine strukturmechanische Berechnung. Basierend auf einer zu analysierenden Baugruppe können für die relevanten Bauteile die einzelnen Umformsimulationen innerhalb ANSYS Workbench durchgeführt werden. Der Anwender hat vollen Zugriff auf die FTI FormingSuite Oberfläche und deren Funktionalität.

Nach erfolgreicher Umformsimulation werden in der strukturmechanischen Analyse den einzelnen Bauteilen die Umformergebnisse zugewiesen und auf das Netz der Strukturmechanik übertragen. In der anschließenden ANSYS Berechnung werden dann die Verfestigung und die Dickenverteilung berücksichtigt. Diese haben zum Teil einen signifikanten Einfluss auf das Simulationsergebnis. Auftretende Produktänderungen können durch die vollständige Integration der FTI FormingSuite in ANSYS Workbench schnell und effizient betrachtet werden. Eine erneute Definition des Workflows ist nicht erforderlich, da die FTI Forming Module for ANSYS diese Änderungen erkennt und sämtliche Berechnungsergebnisse einschließlich Mapping aktualisiert.

3-Punkt Biegeversuch einer B-Säule

Der positive Einfluss der Umformhistorie auf die Simualtionsergebnisse konnte anhand eines 3-Punkt-Biegeversuches validiert werden [4]. Die B-Säule wird in der Simulation sowie im Versuch am Fuß und am Kopf fest eingespannt. Belastet wird das System durch einen um die y-Achse gelenkig gelagerten Stempel. Eine ebenfalls analysierte Variante mit beweglichen Auflagen ergab keine nennenswerten Unterschiede in den Ergebnissen. Aus diesem Grund wurde die numerisch einfacher zu betrachtende fixierte Lagerung bevorzugt.

Durch die Berücksichtigung der Umformhistorie (Blechausdünnung und plastische Vergleichsdehnung) konnte eine deutliche Verbesserung des simulierten Verlaufes der Kraft-Weg-Kurve erreicht werden. Die Berücksichtigung der Umformhistorie ergab eine Änderung der maximalen Kraft von 15,9 % und eine deutlich bessere Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen.

InfoAutor

Sebastian Pinner, Volkswagen AG;
Tobias Menke, CADFEM GmbH

InfoAnsprechpartner | CADFEM

Tobias Menke, CADFEM GmbH
Tel. +49 (0)511-39 06 03-20
tmenke@cadfem.de

InfoHinweis

VIPROF ist ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördertes Projekt (Förderkennzeichen O2PC1097), das vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut und von CADFEM geleitet wurde.

InfoReferenzen

[1] Awiszus, B.; Bolick, S.; Brylla, U.; Pinner, S.; Schulz, M.: Produktdatenmanagement in der Entwicklung und Produktion von Fahrzeugen. Herbstausgabe ProduktDaten Journal. - 16. 2009, 2, S. 39 – 43, ISBN/ISSN: 1436-0403.

[2] Pinner, S. et al.: Einsatz inverser Solver innerhalb der Prozesskettensimulation im Bereich Karosseriebau. ANSYS Conference & 27. CADFEM Users' Meeting, Leipzig, 2009.

[3] Pinner, S.: Prozesskettensimulation im Karosseriebau. 2. VIPROF Industriearbeitskreis, 22. November, Stuttgart, 2011.

[4] Menke, T. et al.: Verbesserte Bauteilauslegung durch Prozesskettensimulation. Tagungsband des 32. EFB-Kolloquium 2012.

Bilder: Pinner, S.: Prozesskettensimulation im Karosseriebau. 2. VIPROF Industriearbeitskreis, 22. November, Stuttgart, 2011.

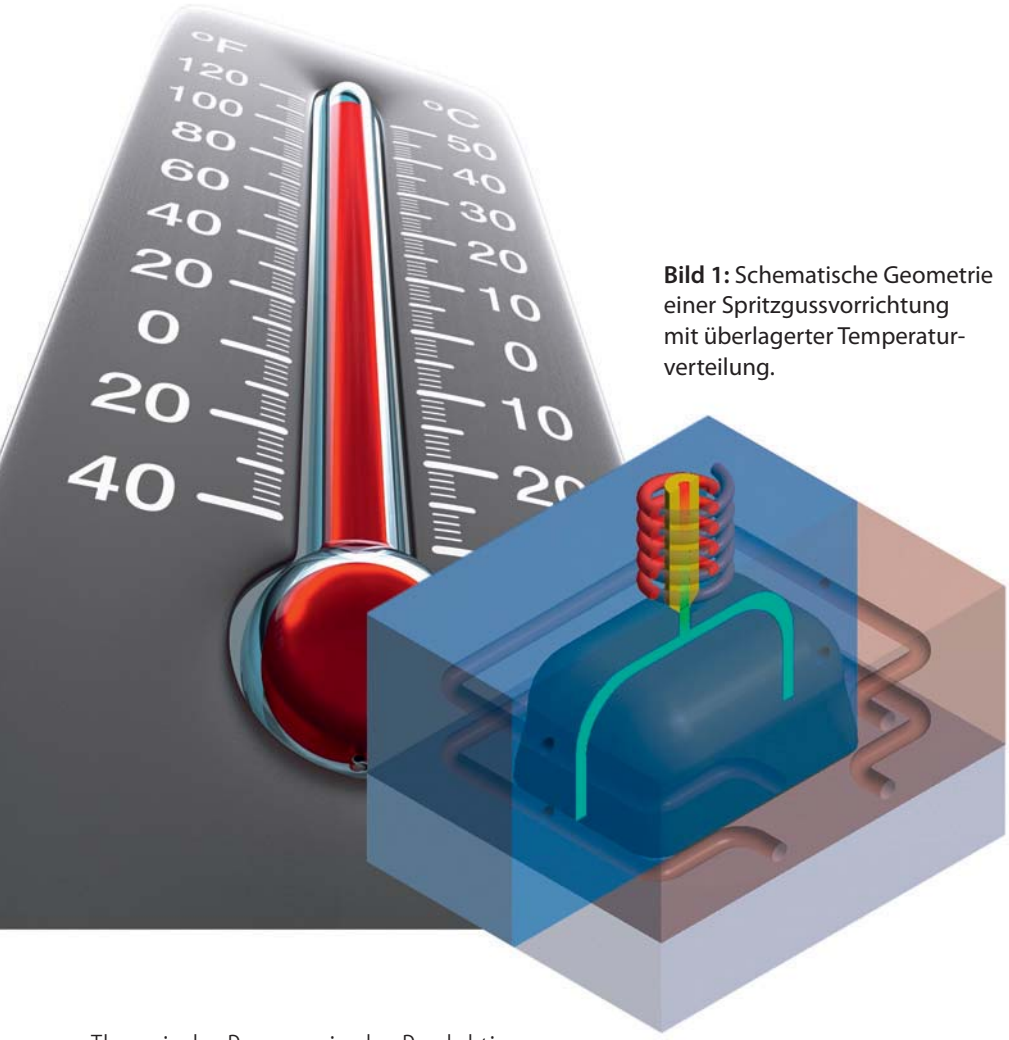


Bild 1: Schematische Geometrie einer Spritzgussvorrichtung mit überlagerter Temperaturverteilung.

Thermische Prozesse in der Produktion

Auf die Wärme kommt es an

Bei vielen Fertigungsverfahren wird Wärme gezielt eingesetzt um Werkstoffeigenschaften zu beeinflussen. Viele Ur- und Umformverfahren, sowie Prozesse des Beschichtens und Werkstoffbehandelns werden erst durch gezielte Temperatureinflüsse technisch nutzbar. Spritzgießen, Extrudieren und Presshärten sind nur einige Beispiele für Fertigungsverfahren, bei denen eine kontrollierte Temperaturbehandlung essentiell ist. Eine optimierte Steuerung des Wärmeeintrags beziehungsweise der Wärmeabfuhr verbessert die Prozessqualität, führt zu höheren Produktausbeuten (First-Pass-Yield) und verringert die Produktionskosten.

- **Wo positioniere ich Wärmequellen und Temperaturfühler?**
- **Wie erreiche ich eine homogene Temperatur bzw. einen bestimmten Temperaturverlauf?**
- **Wie lange dauern Aufwärm- und Abkühlprozesse?**
- **Wie viel Heizleistung ist für den Prozessschritt notwendig?**

Die seit Jahren ständig steigenden Energiepreise haben neue Rahmenbedingungen für die Produktionstechnik mit sich gebracht. Speziell die energieintensiven Branchen benötigen neue Ansätze, um durch eine effiziente Produktion den steigenden Kosten zu begegnen. Bereits im Jahre 2005 hielten 97 % aller befragten Unternehmen das Thema Energieeffizienz für besonders wichtig (Deutsche Energie-Agentur GmbH, 2005).

Eine Möglichkeit zur Optimierung kritischer Produktionsschritte im Hinblick auf Energieeffizienz und Prozessqualität ist die Nutzung der numerischen Simulation von thermischen Vorgängen. Mit Hilfe der Finite-Element-Methode (FEM) lassen sich die Ursachen für Qualitätsschwankungen erkennen und das Potenzial für Energieeinsparungen aufdecken.

Für eine realitätsnahe Beschreibung solcher Prozesse stellt die Simulationssoftware ANSYS Modellierungsmöglichkeiten für verschiedene Arten der Wärmeübertragung zur Verfügung.

Die thermische FE-Modellierung

Auf der Grundlage der FE-Methode lassen sich die Fertigungsprozesse schnell und kostengünstig abstimmen, da die Auswirkungen der relevanten Betriebsparameter an der gesamten 3D-Struktur untersucht werden können. Ein besonderes Merkmal der Modellierung mit ANSYS besteht unter anderem in der Möglichkeit, elektrische Heizsysteme direkt mit Multi-Feld-Elementen (wie SOLID236) zu beschreiben, so dass bei temperaturabhängigen Komponenten die Wechselwirkung effizient simuliert werden kann. Für das Modellieren von Kühl- und Heizwasserkreisläufen (Heat-Pipes) stehen zudem spezielle Rohrströmungselemente (FLUID116) zur Verfügung, die ohne eine detaillierte CFD-Analyse den Wärmetransport erfassen. Darüber hinaus können für einen höheren Anspruch an den De-

Bilder: iDesign/shutterstock.com; CADFEM

tailgrad auch gekoppelte CFD-Strömungssimulationen durchgeführt werden.

Für eine komplette Prozessbeschreibung ist neben den 3D-Modellen der Komponenten auch der Signalfluss von Bedeutung, zum Beispiel die Regelung der Heizleistung zur Temperaturführung. Die dafür erforderliche Simulation im Zeitbereich kann die optimalen Fertigungsparameter für die Produktionslinie bestimmen. Mit Hilfe von ANSYS Simplorer lassen sich technische Systeme als Blockdiagramm, Schaltungen, Zustandsgraphen u.a. bequem beschreiben. Darüber hinaus lassen sich diese unterschiedliche Beschreibungsarten miteinander kombinieren. Erfahrungsgemäß ist die Co-Simulation von Signalfluss und FE-Modell ein rechenintensiver Vorgang, so dass sich zunehmend Verfahren zur Modellordnungsreduktion etablieren. Daten einer vorgelagerten FEM-Analyse können als Grundlage für die Reduktion herangezogen werden.

Diese mathematisch reduzierten Modelle (Zustands-Matrizen, Kennfeldmodelle) beschreiben den eindeutigen Zusammenhang zwischen festgelegten Eingangs- und Ausgangsgrößen, beispielsweise die Eingangsleistungen und Temperaturen an Messpunkten. Mit den reduzierten Modellen wird die Prozesssimulation wesentlich schneller, ohne dass die Genauigkeit signifikant darunter leidet. Außerdem ermöglichen die reduzierten Modelle eine einfachere Optimierung der Prozessparameter.

Eine solche ganzheitliche Systembeschreibung liefert belastbare Ergebniswerte in sehr kurzer Zeit. Dabei können unter anderem Temperaturen an definierten Punkten, die benötigte Heizleistung und resultierende Aufwärm- und Abkühlzeiten untersucht werden, um den Fertigungsprozess im Hinblick auf Qualität, Zykluszeit und Energieeffizienz zu verbessern. Eine genaue Systembeschreibung bildet außerdem die Grundlage für eine systematische Untersuchung von Störgrößen, so dass der Fertigungsprozess auf eine hohe Robustheit ausgelegt werden kann.

Durch die Integration des Signalflusses in seine FEM-Simulation kann der berechnende Konstrukteur das vorhandene Optimierungspotential erkennen, da die tatsächliche Produktgestaltung im Zusammenspiel mit den Prozessbedingungen analysierbar ist. Gleichzeitig erhält der Regelungstechniker mit den FEM-basierten Verhaltensmodellen eine realitätsnahe Beschreibung der Regelstrecke, die als Basis für eine praxistaugliche Reglerdimensionierung dient.

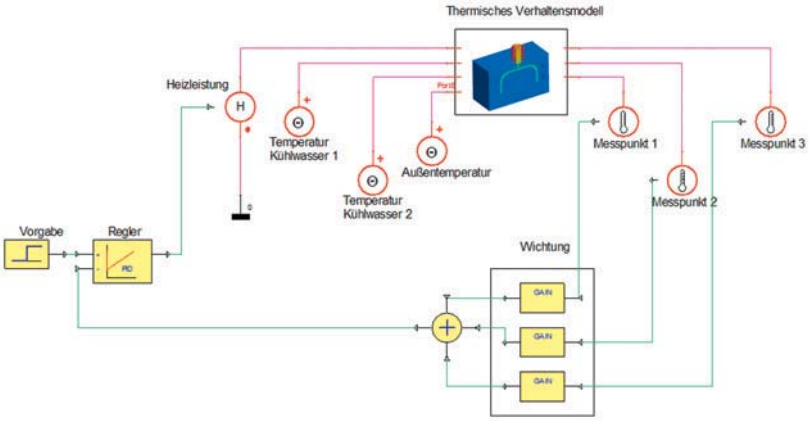


Bild 2: Systemsimulation mit eingebettetem Thermikmodell.

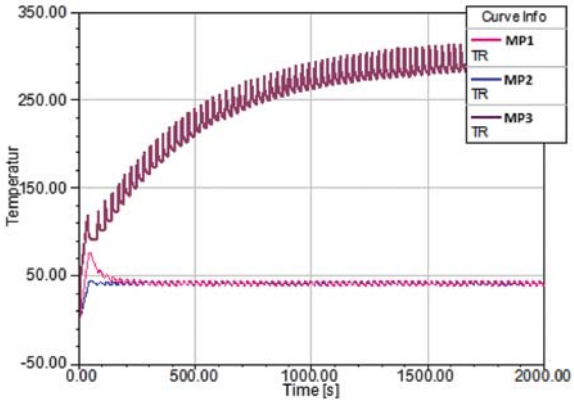


Bild 3: Temperaturverlauf an den drei Messpunkten.

Typischer Simulationsplan am Beispiel Spritzguss

Beispielsweise geht es bei Spritzgießprozessen oft darum, eine definierte Temperatur in der Kavität sicherzustellen. Bei einigen Verfahren (wie Heißkanal-Spritzguss) muss zusätzlich innerhalb des Angusssystems ein bestimmtes Temperaturniveau gehalten werden. Dafür werden verschiedene Heiz- und Kühlsysteme eingesetzt, deren Heizelemente und Kühlkreise zielgenau positioniert werden, um beispielsweise die gewünschten Temperaturen in möglichst kurzer Zeit zu erreichen.

Im Bild 1 sind schematisch die wesentlichen Komponenten einer typischen Spritzgussform sowie eine entsprechende Temperaturverteilung zu erkennen. Der Kunststoff wird durch eine Düse in die zweiteilige Form gespritzt, wobei eine elektrische Heizwendel die Einspritzdüse erwärmt und somit ein frühzeitiges Erstarren des Polymers verhindert. Außerdem wird die Spritzgussform durch zwei Wasserkreisläufe um die Kavität gekühlt.

Als Eingangsparameter des reduzierten Modells werden die elektrische Verlustleistung der Heizwendel und die Eintrittstemperatur des Wassers in den Kühlkreisläufen definiert. Als Ausgänge des Regelkreislaufes werden die Temperaturen an Punkten in der Nähe der Kavität (Messpunkte 1 und 2) und der Einspritzdüse (Messpunkt 3) betrachtet.

Abschließend kann festgestellt werden, dass bei der Auslegung von Produktionsanlagen die FEM-Methode in Kombination mit der Modellordnungsreduktion die Optimierung hinsichtlich auf Prozessqualität, Durchsatz und Energieeffizienz erleichtert. Darüber hinaus können schnell zu berechnende Modelle erzeugt werden, die das thermische Verhalten von Strukturen realitätsnah wiedergeben. Außerdem unterstützen diese Modelle der Regelstrecke die Definition einer geeigneten Temperaturregelung.

InfoAutor | CADFEM

Daniel Bachinsiki Pinhal, CADFEM GmbH

InfoAnsprechpartner | CADFEM

Jens Otto, CADFEM GmbH
Tel. +49 (0)8092-7005-17
jotto@cadfem.de

InfoVerwendeteSoftware

ANSYS, ANSYS Simplorer

Oberflächenhärtung durch Induktion

Wie entsteht die harte Schale?

Für die Härtung von Stahl muss der zu härtende Bereich des Werkstückes über eine Temperatur von ca. 800 °C (Austenitisierungstemperatur) erwärmt und anschließend schnell bis unter etwa 500 °C abgekühlt werden. Der Prozess der Erwärmung kann durch Heizen mit Gas, durch Gleichstrom oder durch hochfrequenten Wechselstrom erfolgen.

Die Wirbelströme, die bei hoher Frequenz auftreten, haben die besondere Eigenschaft, oberflächennah zu fließen und ermöglichen damit eine Aufheizung in der Nähe der Oberfläche. Dieses Phänomen ist also bestens geeignet, eine Oberflächenhärtung im industriellen Maßstab zu realisieren. Wird der hochfrequente Wechselstrom durch die Induktion aus einer Primärspule erreicht, nennt man das Verfahren Induktionshärten.

In der industriellen Anwendung wird das Werkstück häufig unter einer oder mehreren Induktionsspulen hindurchgeführt, um eine gleichmäßige Erwärmung zu gewährleisten. Eine effiziente Art der Härtung wird erreicht, wenn der Erwärmungsprozess und der anschließende Abkühlungsprozess kontinuierlich ablaufen, z.B. wenn das Werkstück aus einem Band oder einem großen rotierenden Objekt besteht. Hier soll nun die Induktionshärtung an einem solchen Beispiel dargestellt werden.

Wirbelstromverteilung im Werkstück

Das Bild 1 zeigt die prinzipielle Anordnung, bestehend aus der Induktorwindung aus Kupfer, die von innen wassergekühlt wird, einem Joch aus magnetischem Material und dem sich geradlinig bewegenden Werkstück. Für die Simulation sind zwei Domänen zu betrachten, die elektromagnetische Domäne, bestehend aus den oben genannten Bauteilen und der Umgebungsluft, sowie die thermische Domäne, die auf das unendliche Band beschränkt werden kann.

In der magnetischen Domäne ist zu beachten, dass zwar der Strom in der Primärspule harmonisch (sinusförmig) fließt, jedoch die Wirbelstromverteilung im Werkstück einen nicht harmonischen Zeitverlauf aufweist, da das Stahlband eine nichtlineare magnetische Materialeigenschaft besitzt. Also muss die magnetische Domäne nichtlinear transient über mehrere Perioden des Stromes bis zum Erreichen des eingeschwungenen Zustandes berechnet werden. Ergebnis der elektromagnetischen Rechnung ist die Wärmegenerationsrate, die der Joule'schen Verlustleitungsdichte entspricht. Im Gegensatz zur elektromagnetischen Domäne, in der die charakteristischen Zeiten (Periodenlänge) im Bereich unter einer Millisekunde liegen, sind die charakteristischen Zeiten in der thermischen Domäne eher im Bereich von Sekunden. Für die Lastübertragung zur thermischen Domäne wird also eine zeitliche Mittelung der Wärmegenerationsrate über eine Periode nötig. Diese gemittelte Wärmegenerationsrate kann dann zur thermischen Domäne als Last übertragen werden. Die Kopplung der beiden Domänen wird als Lastvektorkopplung bezeichnet.

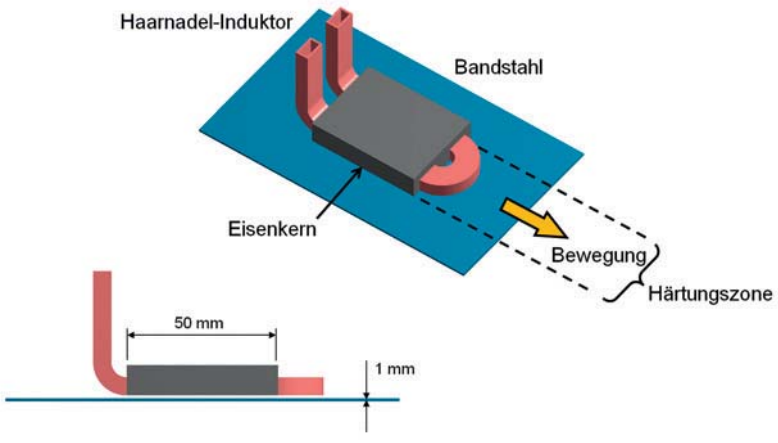


Bild 1: Für die Simulation des Induktionshärtens sind die elektromagnetische und die thermische Domäne zu betrachten.

Bilder: CADFEM; caliber_3D/shutterstock.com

Erwärmung erfolgt nicht homogen

Die Erwärmung des Bandes erfolgt nicht homogen, sondern örtlich und zeitlich variierend durch die importierte Wärmegenerationsrate sowie die Wärmeleitung im Werkstück. Zusätzlich muss die Abkühlung berücksichtigt werden, die in diesem Beispiel durch eine geeignete orts- und temperaturabhängige Konvektion realisiert wird.

Während der Erwärmung ändert das Werkstückband seine elektrischen und magnetischen Materialeigenschaften. Bei sehr hohen Temperaturen verliert es sogar seine ferritischen Eigenschaften. Das heißt, die Temperatur muss aus der thermischen Rechnung auf die magnetische Domäne übertragen werden, um die Materialeigenschaftsänderung lokal aufgelöst zu berücksichtigen. Gleichzeitig bewegt sich das Band während der Erwärmung gegenüber dem Induktor. Nun spielt zwar die Bewegungsgeschwindigkeit des Bandes keine Rolle für die Erzeugung von Wirbelströmen, aber die Wirbelströme sind im Band nicht örtlich konstant. Eine Variante, dies zu simulieren, wäre das Schieben des Bandes durch das Berechnungsgebiet. Dafür würde aber nicht nur ein sehr langes Band in der thermischen und elektromagnetischen Domäne benötigt, sondern der Mechanismus des Gleitens müsste auch noch in die magnetische Domäne integriert werden. Hier wurde eine effektivere Möglichkeit gewählt: Statt das Band zu bewegen, wird die Temperaturverteilung durch das Band bewegt. Dies geschieht durch Interpolieren der Anfangstemperaturen für einen folgenden Zeitschritt beim Neustart der transienten thermischen Analyse vor jedem Zeitschritt.

Wenn nun der thermische Zeitschritt durchgeführt wurde, müssen die Temperaturen an das elektromagnetische Modell zurückgegeben werden, um die Materialeigenschaften temperaturabhängig zu berechnen. Der Veränderung der magnetischen Materialeigenschaften kommt eine besondere Bedeutung zu: elementweise werden die zur jeweiligen Temperatur passenden BH-Kurven per Skript den Elementen mitgeteilt. Um in der nachfolgenden elektrischen Periode den Aufwand für das Einschwingen zu vermeiden, wird auch hier mit dem Neustart gearbeitet. Der komplette Ablauf wird dann wiederholt, bis das gesamte System eingeschwungen ist.

Dünne Schichten sind notwendig

Für das Netz sind die Besonderheiten der Oberflächenselektivität zu berücksichtigen. Bild 2 zeigt eine typische Netzkonfiguration, die mittels sogenannter „Inflation Layer“ realisiert werden kann. Die sich ergebenden Stromdichten über die Materialdicke für kleine und große magnetische Feldstärken verdeutlichen, dass eine Anzahl dünner Schichten notwendig ist, um die Stromdichteverteilung ausreichend genau darzustellen.

Damit der Lösungsablauf einerseits nachvollziehbar und andererseits auch einem möglichst großen Anwenderkreis zugänglich wird, wurden alle erforderlichen Schritte mittels „Kommando-Schnipsel“ in ANSYS Workbench eingebracht. Dabei wird ausgenutzt, dass aus dem elektromagnetischen Analysesystem die Elementeigenschaften und Lasten mit Hilfe sogenannter Physics-Dateien in die transiente thermische Analyse übertragen werden kann. Hier lässt sich dann auch der komplette transiente Ablauf steuern. In Bild 3 wird die sich ergebende Temperaturverteilung dargestellt.

Info

Liste der verwendeten Verfahren und Hilfsmittel:

- nichtlineare transiente elektromagnetische Analyse
- zeitliche Mittelung der Wärmegenerationsrate
- Lastvektorkopplung für Joule'sche Wärme
- orts- und temperaturabhängige Konvektion
- transiente thermische Analyse mit Restart
- Kopie und Interpolation der Anfangstemperatur zur Bewegungssimulation
- BH-Kurve elementweise temperaturabhängig
- Elementschichtung von außen
- Physics-Konzept in der Workbench: Kopplung von Analysis Systems

Dieser Workflow dient uns als Standard für verschiedene Erwärmungsaufgaben mittels Wirbelströmen und ermöglicht, den kompletten Ablauf zu simulieren. Zusätzlich ergeben sich daraus Vorteile bezüglich der Optimierung mit Hilfe von Parameterstudien sowie erweitere Einblicke in den gekoppelten Prozess, um das Verständnis zu vertiefen.

InfoAutor | CADFEM

Martin Hanke, CADFEM GmbH

InfoAnsprechpartner | CADFEM

Martin Hanke, CADFEM GmbH
Tel. +49 (0)30-4759 666-22
mhanke@cadfem.de

InfoVerwendeteSoftware

ANSYS Mechanical/EMAG

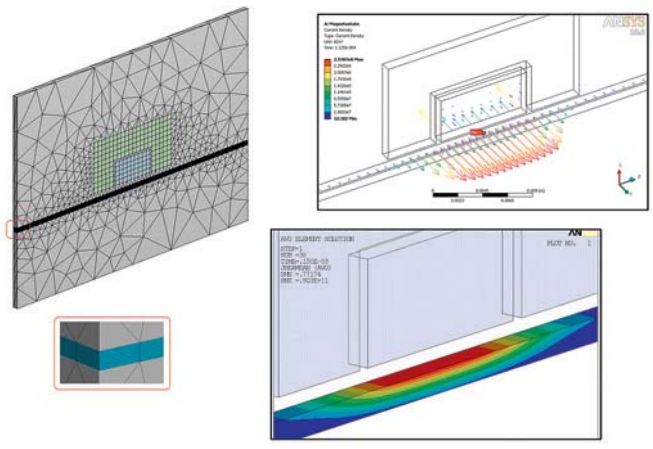


Bild 2: Für das Netz sind die Besonderheiten der Oberflächenselektivität zu berücksichtigen.

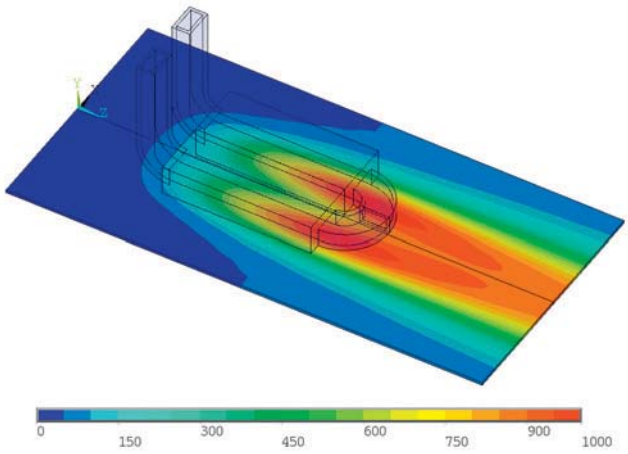


Bild 3: Beim Induktionshärten wird die dargestellte Temperaturverteilung durch Simulation ermittelt.

DIGIMAT : Kombinierte Auslegung von Materialnichtlinearitäten und der Faserorientierung bei Spritzgussbauteilen

Kreuz & quer im Griff

Ihre hervorragenden Festigkeitswerte und Ermüdungseigenschaften machen Bauteile aus faserverstärkten Kunststoffen zu einer echten Alternative zu vielen herkömmlichen Metallteilen. Als Entwicklungswerkzeug dafür hat sich die Software DIGIMAT etabliert. Mit DIGIMAT lassen sich detaillierte Materialmodelle komponieren und mit Versuchsdaten kalibrieren. Darüber hinaus können die Ergebnisse komfortabel mit der Spritzgusssimulation und schließlich mit ANSYS gekoppelt werden.

Im sehr kostengünstigen Spritzgussverfahren erzeugte Bauteile aus kurzfaserverstärkten Thermoplasten geben dem Konstrukteur einen großen Gestaltungsspielraum. Dafür muss er sich allerdings auf die Besonderheiten dieser verstärkten, also heterogen aufgebauten Werkstoffe einstellen. Anstelle einer Beschreibung durch globale Kennwerte müssen bei der Materialmodellierung neue Methoden angewendet werden. Mit diesen gilt es aus Mikrostruktur, Matrix, Fasern und anderen Inklusionen unter Angabe der relevanten Eigenschaften und des jeweiligen Massenanteils ein Werkstoffmodell zu komponieren.

Diverse Einflussfaktoren

Einen wesentlichen Einfluss auf die Mikrostruktur übt die Orientierung der Faserpartikel aus, die sich aus dem Spritzgussprozess ergibt. Die unterschiedliche Ausrichtung der Fasern führt zu einer signifikanten Variation der lokalen Materialsteifigkeiten in Verbindung mit einem stark anisotropen Verhalten. Kritische Bereiche, in denen die Faserorientierungen auf engem Raum stark variieren, zum Beispiel Bindenähte, gehören zu den besonderen Herausforderungen, die über Simulation beherrschbar werden. Vor allem in diesen Bereichen ist auch das nichtlineare Belastungsverhalten des Werkstoffes zu berücksichtigen. Die wesentlich steiferen Glas- oder Kohlefasern verhalten sich hingegen nahezu linear bis zum Bruch. Dadurch ergeben sich erhebliche Unterschiede beim Vergleich der Steifigkeiten quer und längs zur Hauptfaserrichtung (Bild 1). Ferner sind die Temperatur und die Belastungsgeschwindigkeit von Bedeutung.

Hier kommt die Software DIGIMAT ins Spiel: Mit ihr kann das Verhalten von heterogenen Werkstoffen auf der Grundlage ihrer Mikrostruktur beschrieben und vorhergesagt werden. Dazu werden geeignete Materialgesetze synthetisiert, die mit FEM-Programmen zur Analyse komplexer Bauteile gekoppelt werden können und die resultierende Faserlage aus einer vorangegangenen Simulation des Spritzgießprozesses berücksichtigen.

Spritzgussprozess – Werkstoffmodell – FEM

Die Einbettung der Werkstoffmodellierung in eine durchgängige Simulationsumgebung ist entscheidend für einen effizienten Produktentwicklungsprozess. Deshalb bietet DIGIMAT speziell für ANSYS ein eigens konzipiertes Menü, das den Benutzer durch alle notwendigen Schritte führt, ohne dass er ein Werkstoffspezialist

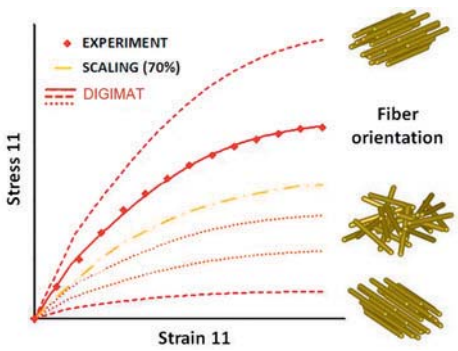


Bild 1: Lastverhalten in Abhängigkeit von der Faserausrichtung

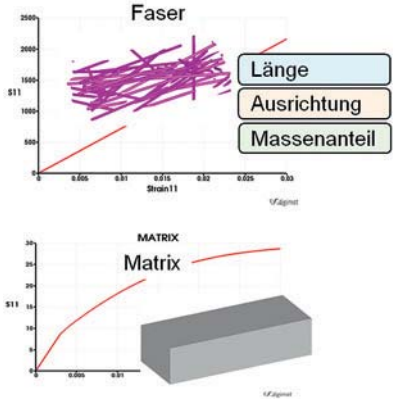
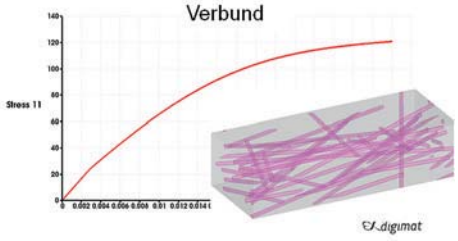
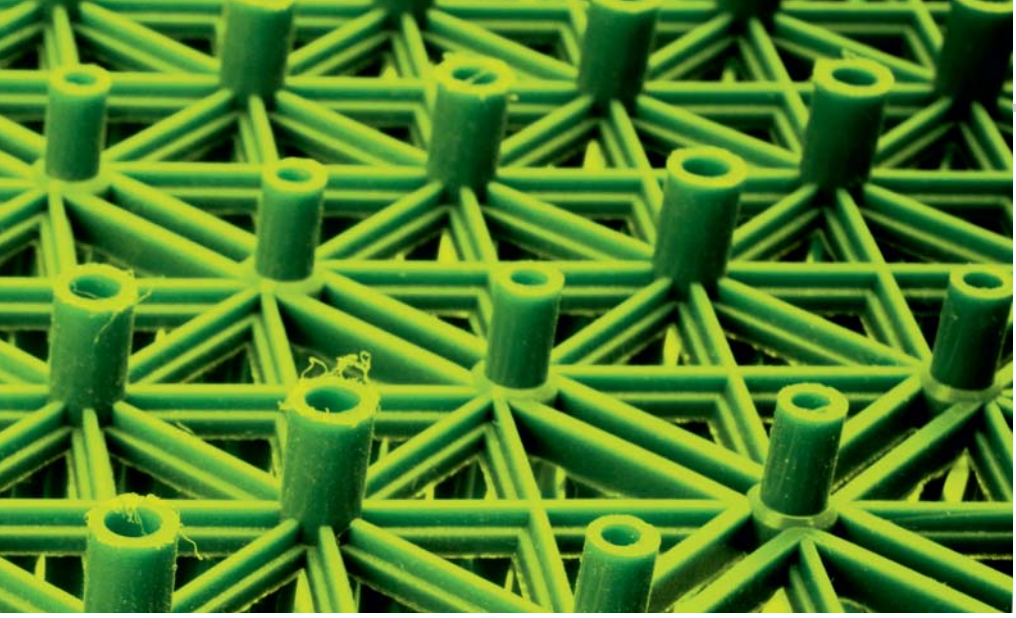


Bild 2: Materialmodellierung



Bilder: e-extream; CADFEM; Piti Tan/shutterstock.com



sein muss. Die Erstellung eines Materialmodells beginnt mit der Eingabe der mechanischen Kennwerte der Komponenten, also des Matrixwerkstoffes und der darin enthaltenen Inklusionen, z.B. Fasern, mit den entsprechenden Materialgesetzen. So kann sich z.B. die Matrix elasto-plastisch, die Fasern aber elastisch-transversalisotrop verhalten. Die Mikrostruktur wird schließlich beschrieben durch Angaben z.B. zur Topologie der Inklusionen, zu deren Ausrichtung, zu einer möglichen Schichtung oder zum Massenanteil.

Die effektiven Eigenschaften des Gesamtmaterials werden dann durch Homogenisierung der einzelnen Materialphasen des heterogen aufgebauten Verbundwerkstoffs generiert (Bild 2). Der Vorteil der dabei genutzten analytischen Grundlösung ist, dass die direkte Kopplung an ANSYS zur Simulation nichtlinearer Effekte am Bauteil zu vertretbaren Rechenzeiten möglich ist.

Die Modellannahmen des synthetisch erzeugten Materialmodells – Ellipsoid als Grundkörper, keine Faserwelligkeit, konstante Dichte – erfordern eine Abgleich mit dem realen Materialverhalten. Diese als „Reverse Engineering“ bezeichnete Kalibrierung basiert auf einfachen Experimenten, meist Zugversuchen, Drucktests und Biegeproben. Ausgewählte Materialparameter des synthetischen Modells werden so verändert, dass in der Simulation die Versuchsergebnisse möglichst genau widergegeben werden. Die zur Anpassung des Materialgesetzes erforderlichen Messdaten werden in eigenen oder externen Prüflaboren ermittelt. DIGIMAT stellt dafür mit dem Modul MX eine eigene Plattform zur Verfügung, die nicht nur eine Datenbank enthält, sondern auch die Pflege eigener Daten ermöglicht und die Kommunikation mit den in der Datenbank vertretenen namhaften Herstellern erleichtert.

Abschließend müssen noch die Orientierungen aus dem Spritzgussmodell auf das Modell für die strukturmechanische Simulation übertragen werden. Dieser „Mapping“ genannte Prozess ist notwendig, weil die Modelle in der Regel unterschiedlich diskretisiert sind. Die Übergabe dieser Technologie an ANSYS erfolgt nach dem Prinzip der Arbeitsteilung: In der Schnittstelle zu DIGIMAT fragt ANSYS die Materialeigenschaften auf Elementebene an, extern in DIGIMAT wird dann das Verhalten unter Berücksichtigung der Orientierungen berechnet und an ANSYS übertragen.

Der Homogenisierungsansatz ermöglicht auch die Auswertung der Ergebnisse bis auf Phasenebene. Spannungen und Dehnungen, aber auch Versagensindikatoren können für die Matrix und die Inklusionen getrennt ausgegeben werden. Sehr detaillierte Analysen des Materialverhaltens, möglicher Lastpfade und Versagensmuster sind durch Ausmodellieren des Materialaufbaus, d.h. der Form und Verteilung der Mikrostrukturbestandteile, mit Hilfe der FEM ausschnittsweise möglich: Ein repräsentatives Volumenelement kann mit DIGIMAT aufgebaut werden, um es dann an ANSYS zu übergeben, wo es vernetzt, mit Randbedingungen und Lasten versehen und schließlich analysiert wird (Bild 3).

Zusammenfassung

Mit dieser Methodik schließt sich die Prozesskette zwischen Spritzguss und strukturmechanischer Simulation. Überdies ermöglicht die Materialsynthese parametrische Studien der Einflüsse bei Veränderungen in den einzelnen Materialphasen, von der Matrix, über die Fasern bis hin zu zusätzlichen Partikeln. Die Methodik ist nicht nur dem Werkstoffspezialisten zugänglich, sondern stellt in der eingängigen praktischen Umsetzung vor allem auch für den Konstrukteur ein wichtiges und unverzichtbares Werkzeug für die Auslegung spritzgegossener Bauteile dar (Bild 4).

Der integrative Ansatz findet in der kunststoffverarbeitenden Industrie großes Interesse. Nicht nur große Materialhersteller, auch Automobilzulieferer, Haushaltsgeräte- oder Elektronikhersteller richten ihre Aufmerksamkeit zunehmend auf das Thema „integrative Simulation“.

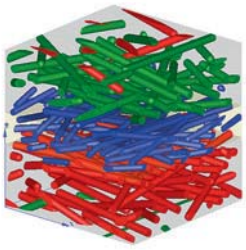


Bild 3: Repräsentatives Volumenelement

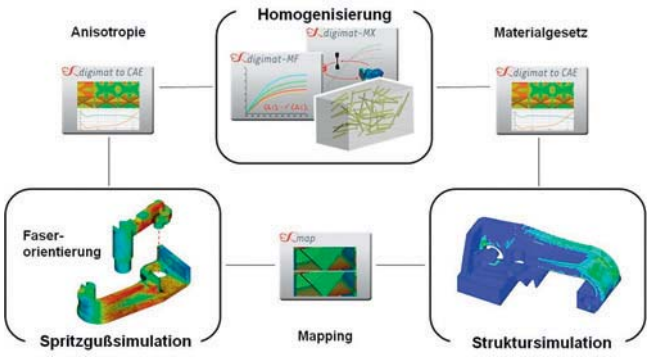


Bild 4: Prinzip der integrativen Simulation mit DIGIMAT

InfoAutor | CADFEM

Martin Kracht, CADFEM GmbH

InfoAnsprechpartner | CADFEM

Martin Kracht, CADFEM GmbH
Tel. +49 (0)511-39 06 03-13
mkracht@cadfem.de

InfoHinweis

digimat

DIGIMAT ist ein Produkt der Firma
e-xstream engineering
www.e-xstream.com

InfoSoftware

DIGIMAT; ANSYS Workbench

InfoWebinare

Übersicht über die integrative Simulation von Kunststoffen mit DIGIMAT und ANSYS
Die Teilnehmer dieses Webinars erhalten einen Einblick in die Möglichkeiten der Software DIGIMAT insbesondere für die integrative Simulation von Kunststoffbauteilen.
www.cadfem.de/webinare

InfoBilder

e-exstream; CADFEM

Schadensanalyse einer Galvanoform

Gefährliche Abkühlung

Durch galvanische Abscheidung hergestellte Werkzeuge, so genannte Galvanoformen, erlauben die direkte Erzeugung dreidimensionaler Formen, die zur Herstellung von komplexen Bauteilen oder dicken Beschichtungen (Slush-Häute) dienen. Die über Galvanoformen hergestellten Werkzeuge und Teile müssen äußerst anspruchsvolle Aufgaben erfüllen.

Galvanogeformte Nickelschalen als Abformwerkzeuge werden unter anderem für das Pulverrotationssinterverfahren von Instrumententafelhäuten eingesetzt. Dabei wird ausgenutzt, dass sich die feinen Mikrostrukturen von Leder galvanisch perfekt abformen lassen. Die Herstellungsschritte einer solchen mikrostrukturierten Kunststoff-Oberflächenhaut sehen im Groben folgendermaßen aus: Die Galvanoform wird mit Öl, Luft oder Sand auf max. 270 °C erwärmt, anschließend mit Weich-PVC beschichtet und schließlich mittels Wasser abgekühlt. Das Resultat ist die Slush-Haut, die anschließend von der Galvanoform abgezogen und auf das tragende Gerüst der Instrumententafel aufgespannt wird.

In den Werkzeugen kommt es während des Prozesses zu Temperaturschwankungen von ca. 200 °C. Die Form wird dadurch – zusätzlich zu den prozessbedingten mechanischen und korrosiven Beanspruchungen – Wärmespannungen ausgesetzt. Folglich kommt es oft zu frühzeitigen Rißbildungen in der Form, die ein erhebliches wirtschaftliches Risiko für dieses wichtige Urformverfahren für die Automobilindustrie darstellen.

Ziel des Forschungsprojekts Galvanoformen 21 „Nanomaterialien für anwendungsoptimierte Galvanoformen“ ist die Erforschung neuer Materialien für Galvanowerkzeuge mit erhöhter Lebensdauer oder mit angepasstem Wärmeausdehnungskoeffizient. Ein Schwerpunkt liegt dabei in der Schadensanalyse der Galvanoformen. Ziel der Simulation war es, eine Prognose zu möglichen Schadensorten treffen zu können, wobei eine wesentliche Belastung durch die inhomogene Temperaturverteilung in der Form entsteht. Daher war die Ermittlung des Temperaturverlaufes in der Form ein wesentlicher Bestandteil der Simulation. Ein weiterer Simulationsschwerpunkt war die Modellierung der Farbtrennnut.

InfoGalvanoformen 21

Die CADFEM GmbH war Partner in dem durch die Bayerische Forschungsstiftung geförderten Projekt Galvanoformen 21: Nanomaterialien für anwendungsoptimierte Galvanoformen (Förderkennzeichen AZ-811-08).
Die weiteren Projektpartner sind EADS Deutschland GmbH, Fichtner + Schicht GmbH, Intier Automotive Eybl Interiors GmbH, EUROCOPTER Group, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg mit dem Lehrstuhl für Werkstoffwissenschaften und die Universität des Saarlandes.

Temperaturverteilung mit VPS/DRY

Während des Projektes wurde mit der Software VPS/DRY der Aufheizvorgang einer Galvanoform durch Simulation ermittelt. Für die Galvanoform wurden Werkstoffkennwerte von Nickel vorge-

Bilder: Eugenia Bolyukh/shutterstock.com, CADFEM GmbH

geben und die Dickenverteilung vereinfachend mit zwei unterschiedlichen Werten definiert. Die Aufheizsimulation erfolgt mit einer Starttemperatur von 20 °C und einer Umgebungstemperatur von 200 °C. Ein Ergebnis des Temperaturverlaufs über die Zeit ist in Bild 1 dargestellt. Dabei lässt sich erkennen, dass die Temperaturen zum ausgewählten Zeitpunkt an den freien Rändern am größten sind und dort, wo die Bauteilflächen von der eigenen Geometrie abgeschirmt werden, die Temperaturen noch deutlich niedriger sind.

Der ermittelte Temperaturverlauf diente für die anschließende mechanische Analyse als Temperaturlast, wobei lokale Span-

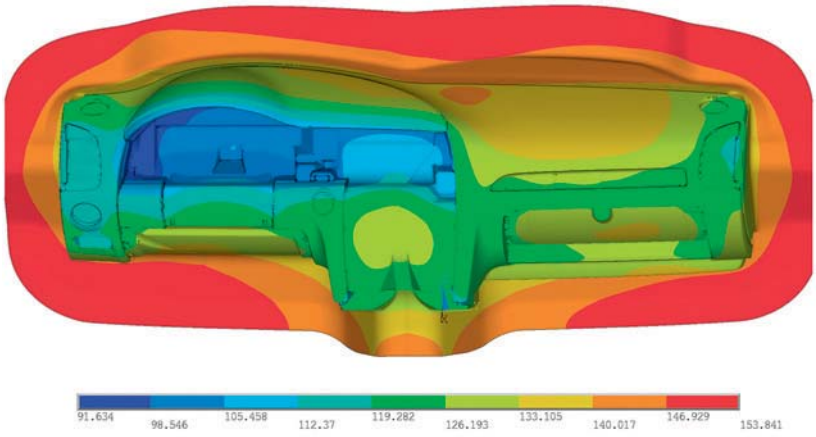


Bild 1: Ermittlung der Temperaturverteilung mit VPS/DRY.

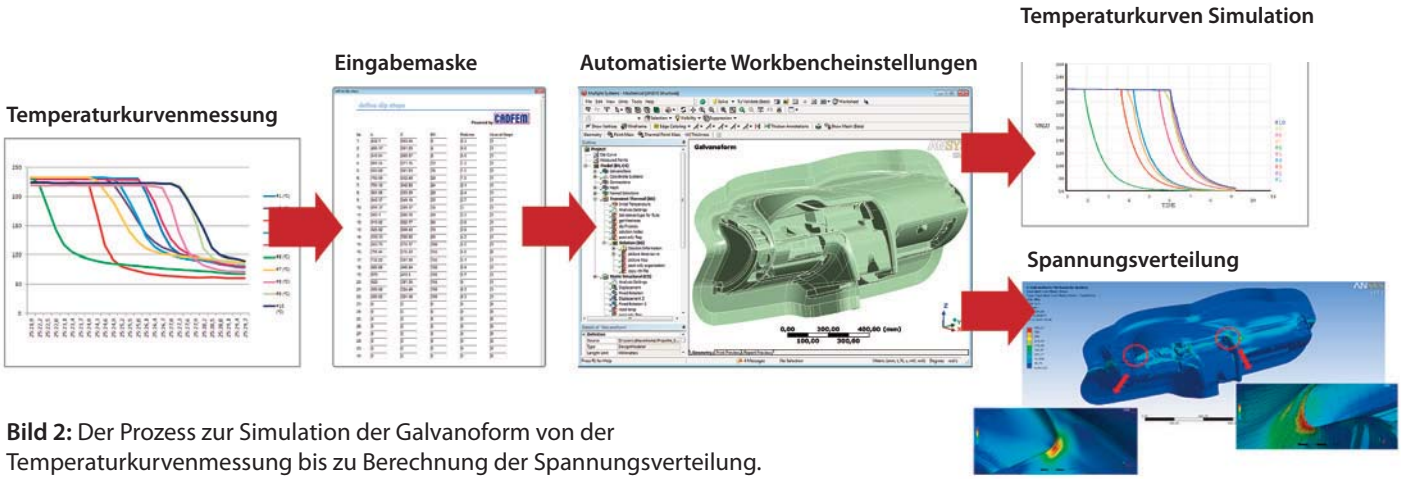


Bild 2: Der Prozess zur Simulation der Galvanoform von der Temperaturkurvenmessung bis zu Berechnung der Spannungsverteilung.

nungsspitzen im Bereich der Nut entstehen. Im Anschluss an die Simulation des Aufheizvorgangs wurden zur Verifikation und zur genaueren Prozessbeschreibung an verschiedenen Orten der Galvanoschale die Dehnungen unter Produktionsbedingungen während des Slushvorgangs gemessen. Die Ergebnisse der Messung und weitere Prinzipstudien mit der Simulation ließen darauf schließen, dass beim Abkühlvorgang größere Belastungen auftreten als während des Aufheizens der Form.

Simulation des Abkühlvorgangs

Zur Verifikation und zur Definition der Randbedingungen wurde auf Temperaturmessungen zurückgegriffen. Dazu wurde eine Galvanoform mit mehreren Messfühlern bestückt, um die Temperaturkurven bei einem Slushvorgang unter Produktionsbedingungen zu ermitteln. Von großem Interesse waren die Temperaturgradienten beim Abkühlvorgang. Anhand eines Videos über den Eintauchvorgang der Galvanoform konnte der räumliche Verlauf der Eintauchkurve ermittelt werden. Mit Hilfe der Messkurven wurden die zeitlichen Abstände bestimmt, wann welcher Messpunkt abkühlt, dass heißt ins Becken eintaucht, um den zeitlichen Verlauf der Eintauchkurve zu kalibrieren. Zur Vereinfachung der Eingabe der Eintauchkurve in ANSYS Workbench diente ein Script, mit dem die Kurve über eine Eingabemaske erfasst wurde. Alle weiteren Simulationseinstellungen werden dann automatisch vorgenommen. Zur Kontrolle wurden die Temperaturverläufe an den Stellen der Messpunkte ausgegeben. Bei dem Simulationsmodell handelt es sich um ein Flächenmodel mit einer gleichmäßig angenommen Wandstärke von 3 mm. Neben den Bereichen der Nutausläufe wurden weitere kritische Stellen gefunden, an denen es auch in der Realität zu Rissen kommt.

Durch den individuellen Fertigungsprozess solch einer Galvanoform unterliegt die Dickenverteilung Schwankungen. In den Nutbereichen variiert die Dickenverteilung besonders stark. Die besondere Herausforderung lag hier in der Kopplung einer Freiformfläche mit einem Solid-Modell in Bereichen stark gekrümmter Flächen. Desweiteren wurden Untersuchungen angestellt, die großflächige Dickenverteilung mit Methoden aus der VPS/DRY-Simulation näherungsweise vorherzusagen und auf das Schalenmodell zu übertragen.

Insgesamt wurde das Projekt von CADFEM im Bereich der Prozesssimulation und Lebensdauerprognose begleitet (Bild 2). Dabei konnte gezeigt werden, dass insbesondere der rasche Abkühlvorgang zu erheblichen Lastspitzen vor allem in den Nutbereichen führt, in denen auch später das Versagen der Bauteile zu verzeichnen ist. Durch die Arbeit im Projekt Galvanoformen 21 konnte CADFEM mehrere Herangehensweisen an diese Aufgabenstellung erarbeiten, die nun auch auf andere Anwendungsbereiche übertragen werden können.

InfoAutor | CADFEM

Dirk Haverkamp, CADFEM GmbH

InfoKontakt | CADFEM

Dr.-Ing. Cord Steinbeck-Behrens, CADFEM GmbH
Tel. +49 (0) 511-390603-17
csb@cadfem.de

InfoSoftware

ANSYS Multiphysics, VPS/DRY

Entwurf einer Handlungsstrategie gegen die globale Erderwärmung

Warum hören wir nicht auf uns selbst?

Eine Handlungsstrategie, die sich der globalen Herausforderung unserer Zeit annimmt und das ehrgeizige Ziel verfolgt, die globale Klimaerwärmung zu begrenzen, hat einiges zu leisten. Im Rahmen des interdisziplinären Lehrprojekts „Leonardo“ an der RWTH Aachen hat sich Demian Taschenmacher, Student des Bauingenieurwesens, mit diesem Problem befasst. In seiner Studienarbeit „Warum hören wir nicht auf uns selbst – Entwurf einer Handlungsstrategie gegen die globale Erderwärmung“ zeigt er, dass dabei drei entscheidende Probleme gelöst werden müssen.

Eine Handlungsstrategie muss Wege finden,

... uns für die Konsequenzen unseres Handelns zu sensibilisieren, die wir selber nicht mehr erleben werden,
... dass wir auch in vermeintlich kleinen und unbedeutsamen Handlungen den positiven Effekt für das große Ganze erkennen und
... die unabhängig von Region, Wohlstand und Lebensweise jedem dieselben Rechte und Pflichten zubilligen und abverlangen.

Nur wenn es gelingt, dafür zu sorgen, dass alle aus freien Stücken das Gleiche wollen, kann es gelingen, einen weltumspannenden Prozess zu initialisieren, der das vielleicht Unmögliche schafft: Den Teufelskreis der globalen Erwärmung zu durchbrechen und die klimatischen Veränderungen auf ein Maß zu begrenzen, so dass zukünftige Generationen hier eine annehmbare Lebensgrundlage finden.

CADFEM hat diese Studienarbeit von Herrn Taschenmacher aus dem Leonardo-Modul „Klimawandel, Stadt und Gesellschaft“ auf dem Users' Meeting 2011 in Stuttgart mit dem CADFEM Sonderpreis für Studierende ausgezeichnet.

Die vollständige Arbeit kann auf der CADFEM Homepage heruntergeladen werden:
www.cadfem.de/infoplaner
Projekt-Homepage:
www.leonardo.rwth-aachen.de

Bilder: Jan Martin Will, EDHAR/shutterstock.com

Innovationstreiber

ANSYS ist die führende Software für die numerische Simulation im Produktentwicklungsprozess weltweit. Die Kombination der Werkzeuge der ANSYS Programmfamilie mit dem Rundum-Service von CADFEM schafft beste Voraussetzungen, dass aus guten Ideen schneller erfolgreiche Innovationen werden.

Mit CADFEM verbindet ANSYS eine jahrzehntelange Partnerschaft. Gemeinsam sind beide Unternehmen gewachsen. Während ANSYS sich zum weltweit größten unabhängigen Hersteller von Software für die numerische Simulation entwickelt hat, ist CADFEM heute in Zentraleuropa das Kompetenzzentrum für die FEM-Simulation im Allgemeinen und für ANSYS im Besonderen.

Workbench

ANSYS Workbench ist die zentrale Simulationsumgebung von ANSYS, die die verschiedenen Werkzeuge von ANSYS, aber auch Fremdprodukte, unter einer einheitlichen Arbeitsumgebung integriert. ANSYS Workbench unterstützt den Anwender, seine Arbeitsprozesse auf der Basis eines einheitlichen Produktdatenmodells reproduzierbar abzubilden.

Workflow

Von der CAD-Anbindung über die Modellerstellung, physikalische Berechnung, Auswertung, Parametermanagement, Optimierung und intelligentes Datenmanagement werden sämtliche Schritte im Simulationsprozess mit ANSYS Workbench definiert und grafisch anschaulich verknüpft.

Die Datenverwaltung und das Schnittstellenmanagement zwischen den Programmen erfolgen automatisiert im Hintergrund und geben dem Anwender dadurch mehr Zeit für seine eigentlichen Aufgaben. Einmal definierte Simulationsprozesse beliebiger Komplexität können jederzeit wiederholt und mit minimalem Aufwand variiert werden.

Workspace

ANSYS deckt mit weltweit führender Simulationstechnologie ein breites Spektrum der Bereiche Strömungsmechanik, Strukturmechanik, Akustik, Elektromagnetik sowie Systeme & Multiphysik ab. Eine bedarfsorientierte Skalierbarkeit der Lizensierung, die Integrationsfähigkeit eines offenen Systems in vorhandene Infrastrukturen und komplementäre Technologien wie Simulationsdatenmanagement und High Performance Computing runden das Leistungsspektrum von ANSYS ab.

CADFEM – Ihr Partner für ANSYS

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 von **CADFEM**.

Wir sind für Sie da!

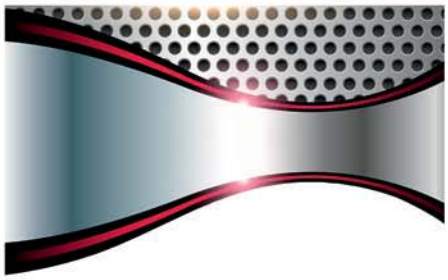
Deutschland
CADFEM GmbH
Dr.-Ing. Volker Bäumer
Tel. +49 (0)8092-7005-51
vbaeumer@cadfem.de

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

Österreich
CADFEM (Austria) GmbH
Alexander Dopf
Tel. +43 (0)1-5 87 70 73-14
alexander.dopf@cadfem.at

Neue Zusatzlösungen für ANSYS

Blechbauteile
Umformwerte inklusive



FTI Forming Module for ANSYS ist eine von CADFEM entwickelte Integration von Funktionen der FTI FormingSuite in ANSYS Workbench. Damit ist die Umformsimulation von FTI unmittelbar in ANSYS realisierbar. Über einen automatisierten Mapping-Prozess werden Dickenverteilungen und Verfestigungswerte als wichtige Eingangsparameter für eine Festigkeitsberechnung der Bauteile in ANSYS zur Verfügung gestellt. Bisher waren diese, wenn überhaupt, so frühzeitig nur mit großem manuellen Aufwand verfügbar.

Ansprechpartner
Tobias Menke, CADFEM GmbH
Tel. +49 (0)511-39 06 03-20
tmenke@cadfem.de

Bitte beachten Sie auch den Artikel auf Seite 20 in diesem Heft.

Herstellungstoleranzen beherrschen
Der einkalkulierte Zufall

Mit optiSLang inside ANSYS Workbench kommt die Robust Design Optimierung (RDO) in stark automatisierter Form in ANSYS. Was steckt dahinter? Mit RDO können Produktentwickler den Spielraum potenzieller Streuungen von Materialkennwerten und Umweltbedingungen in der Fertigung so gestalten, dass Toleranzen nicht zum Versagen einzelner Produkte führen. Genutzt wird dabei die führende RDO-Technologie des CADFEM Partners Dynardo.

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

Datenkomprimierung
So klein kann groß sein!

CADFEM C.A.V.E. (Collaboration And Visualization Engine) wurde von CADFEM auf Basis der führenden VCollab-Daten-Kompressionstechnologie für die Nutzung in ANSYS Workbench entwickelt.

Mit C.A.V.E. können riesige ANSYS Ergebnisdateien bequem auf 1 % und weniger ihrer Originalgröße verkleinert werden, ohne dass die Genauigkeit darunter leidet. Dies ermöglicht nicht nur einen schnellen und komfortablen Datenaustausch, sondern unterstützt auch eine platzsparende Archivierung und die professionelle 3D-Ergebnispräsentation.

Ansprechpartner
Stefan Gotthold, CADFEM GmbH
Tel. +49 (0)30-475 96 66-24
sgotthold@cadfem.de

www.cadfem.de/cave

FKM-Richtlinie Automatisierte Festigkeitsnachweise

AutoFENA 3D, das praxiserprobte und verifizierte Programm des CADFEM Partners Ingenieurbüro Huß & Feickert (ihf) für den automatisierten FKM-Nachweis, ist jetzt als CADFEM ihf Toolbox-Lösung WB/FKM vollständig in ANSYS Workbench integriert. Die FKM-Richtlinie „Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile“, 5. erweiterte Ausgabe 2003, ist eine anerkannte Richtlinie, welche den aktuellen Stand der Technik wiedergibt. Die Richtlinie enthält den statischen Festigkeits- und den Ermüdungsfestigkeitsnachweis. Innerhalb von ANSYS Workbench kann nun der Nachweis mit „örtlichen“ Spannungen sehr komfortabel vorgenommen werden. Neben der Bewertung einzelner Flächen und ganzer Bauteile können u. a. auch Mehrfachbewertungen vorgenommen werden, ohne dass die Simulation neu aufgesetzt werden muss.

Ansprechpartner
Stefan Gotthold, CADFEM GmbH
Tel. +49 (0)30-475 96 66-24
sgotthold@cadfem.de

CADFEM ihf Toolbox vgl. Seite 36

Bilder: Mike Flippo, Meeli's Endla, cobal88/shutterstock.com; TommL/istockphoto.com

Die ANSYS Programmfamilie

ANSYS Strömungsmechanik

Strömung
ANSYS CFD ist nahtlos in ANSYS Workbench integriert, bietet jedoch nach wie vor auch die wichtigsten Werkzeuge (ANSYS CFX, ANSYS Fluent, etc.) als Einzellösungen. ANSYS CFD bietet einen enormen Funktionsumfang für anspruchsvolle Strömungssimulationen.

- **ANSYS CFD**

ANSYS Strukturmechanik

Konstruktionsbegleitende, CAD-nahe Berechnung
ANSYS bietet speziell auf die Anforderungen von Anwendern aus der CAD-Konstruktion zugeschnittene Simulationswerkzeuge. Die wesentlichen Unterschiede zu den Tools, die von CAD-Anbietern selbst offeriert werden, sind die ingenieurgerechte Definition, z. B. von Randbedingungen, Kontakten und Schraubverbindungen. Darüber hinaus bieten die konstruktionsnahen ANSYS Lösungen dem Kunden Investitionssicherheit, denn der Übergang zum erweiterten ANSYS Simulationsspektrum ist nahtlos. Ein weiteres Argument vieler Anwender ist zudem der gesicherte und professionelle Support durch CADFEM.

- **ANSYS DesignSpace**
- **ANSYS Professional NLS**

Strukturmechanik linear/nichtlinear, statisch/dynamisch, implizit/explizit
ANSYS deckt die ganze Bandbreite der anspruchsvollen strukturmechanischen FEM-Simulation ab, um so zum Beispiel die Möglichkeiten neuer Werkstoffe auszureizen oder Bauteileigenschaften, auch bei dynamischer oder nichtlinearer Belastung im Detail zu analysieren. Darüber hinaus können Effekte aus der Akustik, der Thermodynamik sowie thermisch-elektrische Wechselwirkungen in die Simulation einbezogen werden.

- **ANSYS Structural**
- **ANSYS Mechanical**
- **ANSYS Explicit STR**
- **ANSYS LS-DYNA**
- **ANSYS Rigid Dynamics** (Mehrkörpersimulation)

InfoAnsprechpartner

Strömungsmechanik
Dr.-Ing. Volker Bäumer, CADFEM GmbH
Tel. +49 (0)8092-7005-51
vbaeumer@cadfem.de

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

Elektromagnetik, Systeme & Multiphysik
Jens Otto, CADFEM GmbH
Tel. +49 (0)8092-7005-17
jotto@cadfem.de

ANSYS Anwendersupport bei CADFEM
Tel. +49 (0)8092-7005-55
support@cadfem.de

im Überblick

ANSYS Elektromagnetik

Elektromagnetik

Im Bereich elektromagnetischer Feldanalysen bietet ANSYS umfassende Lösungen zur detaillierten Beschreibung von resultierenden Kräften, Momenten, Impedanzen und Verlusten. Die Werkzeuge sind besonders etabliert für Anwendungen im Bereich der elektrischen Antriebstechnik, der Energie- und Signalübertragung (z. B. Transformatoren, Sensoren) und der Prozesssimulation produktionstechnischer Anlagen und Verfahren (z. B. induktives Härten). In Kombination mit ANSYS Mechanical, dem Systemsimulator Simplorer und den Expertenlösungen (RMxprt, PExpert und Q3D) stehen etablierte Produkte bereit, die eine umfassende Modellierung z. B. kompletter Antriebssysteme (Entwärmung, Schwingungsübertragung, Akustik) ermöglichen.

- **ANSYS Maxwell**
- **ANSYS Mechanical + ANSYS Maxwell**
- **ANSYS Mechanical/Emag**
- **ANSYS Simplorer**
- **ANSYS Q3D Extractor**
- **ANSYS RMxprt**
- **ANSYS PExprt**

ANSYS Systeme und Multiphysik

Systemsimulation

Die numerische Beschreibung komplexer Zusammenhänge umfasst neben der genauen Betrachtung einzelner Komponenten auch die Einbindung von Regel- und Steueralgorithmen. So werden variable Lastszenarien (Kennfelder) und interdisziplinäre Wechselwirkungen genau abgebildet. Neben der zunehmenden geometrischen Detailtiefe (CAD Anbindung) der Simulation bietet gerade die Systembetrachtung die Möglichkeit, die Genauigkeit der numerischen Modelle weiter zu erhöhen.

Die Integration von Simplorer in ANSYS Workbench erweitert die Anwendung in der Leistungselektronik und der Regelung elektrischer Antriebe um zusätzliche interdisziplinäre Kopplungen der Struktur-Magnetik-Fluidik-Thermodynamik. Damit ergeben sich unter anderem Anwendungen geregelter mechatronischer Systeme (z. B. Hybridantrieb). Die von CADFEM implementierte Methode der Ordnungsreduktion „MOR for ANSYS“ lieferte präzise und skalierbare FEM-basierte Modelle für die echtzeitnahe Systembetrachtung.

- **ANSYS Maxwell**
- **ANSYS Simplorer**
- **ANSYS Mechanical + MOR for ANSYS + ANSYS Simplorer**

Multiphysik

Der Name ANSYS steht seit Jahren für technologisch führende Werkzeuge für die Berechnung des Verhaltens von Bauteilen und Produkten, wenn Wechselwirkungen unterschiedlicher technischer Disziplinen berücksichtigt werden müssen. Mit diesem einen Programm und unter einer einheitlichen Oberfläche können statische, dynamische, thermische, strömungsmechanische, akustische und elektromagnetische Effekte miteinander kombiniert werden.

- **ANSYS Multiphysics**
- **ANSYS Mechanical + ANSYS CFD**

Thermisches Management

ANSYS verfügt über effiziente Speziallösungen für die Kühlungssimulation von Leiterplatten, elektronischen Komponenten und Geräten. Die Detailanalyse von Bauteilen im Chipgehäuse basierend auf ECAD-Daten, ermöglicht eine optimale thermische Konstruktion und die Ableitung von Kompaktmodellen.

- **ANSYS Icepak**

Die CADFEM ihf Toolbox

Tolle Helfer

Viele CADFEM Kunden haben in den vergangenen Jahren einen besonderen Service in Anspruch genommen: Die ANSYS Customization durch CADFEM. Dahinter verbirgt sich die Anpassung von ANSYS an besondere unternehmens- oder branchenspezifische Anforderungen. Dieser CADFEM Service reicht von der Integration vorhandener Lösungen über die Programmierung eines individuellen Workflows bis hin zur Entwicklung von Zusatzapplikationen. Daraus ist die CADFEM ihf Toolbox entstanden, in der einige Lösungen „made by CADFEM" zusammengefasst sind – und die weiter wachsen wird.

Eine Toolbox für die Workbench – die gibt es nur bei CADFEM. Gemeinsam mit dem Partner Ingenieurbüro Huß & Feickert (ihf) hat CADFEM die CADFEM ihf Toolbox konzipiert, die aktuell aus mehreren hilfreichen Werkzeugen für viele ANSYS Anwender besteht. Dabei handelt es sich zum Teil um im Kundenauftrag entwickelte Zusatzlösungen für ANSYS Workbench, die – mit dem Einverständnis des jeweiligen Kunden – so einem größeren Anwenderkreis zugänglich gemacht werden. Die CADFEM ihf Toolbox wird Schritt für Schritt um neue Werkzeuge erweitert und kann als Gesamtpaket bezogen werden.

Die Funktionalitäten der CADFEM ihf Toolbox werden dem Kunden als Source-Code Musterlösungen geliefert, so dass der Anwender sie flexibel und frei auf die eigenen Bedürfnisse hin zuschneiden kann. Um dem Anwender den Zugang zur enthaltenen Technologie so einfach wie möglich zu machen, werden entsprechende Einführungsseminare angeboten. Eine darüber hinausgehende Beratung zur Anwendung oder Weiterentwicklung kann in Form von Consulting-Projekten erfolgen.

InfoAnsprechpartner

CADFEM ihf Toolbox
& ANSYS Workbench Customization
Stefan Gotthold, CADFEM GmbH
Tel. +49 (0)30-475 96 66-24
sgotthold@cadfem.de

InfoSeminare

Erweiterung der ANSYS Workbench Funktionalität mittels Scripting in APDL
www.cadfem.de/apdl

Entwicklung von Applikationen mittels ACT, Python, JScript und SDK
www.cadfem.de/act

InfoCADFEM ihf Toolbox

- Abbildung von Schweißvorgängen unter Berücksichtigung der Gefügeumwandlung
- CADFEM Material Curve Fitting (NLISO/Chaboche)
- CADFEM IDAC Materialdatenbank
- Körperschallbewertung schwingender Strukturen (SBSound)
- Modellordnungsreduktion zur Einbindung von 3D-FEM-Modellen in die Systemsimulation (MOR4ANSYS)
- Workbench Macro Bibliothek
  - Selektierung in Workbench
  - Schriftgrößenänderung in Mechanical Simulation
  - Automatisches Speichern aller Bilder
- Workbench-Assistent zur flexiblen MKS-Simulation mittels CMS
- Workbench integrierter richtlinienkonformer Festigkeitsnachweis nach FKM (WB/FKM)
- Workbench-Prozess zur Rückführung von verformten FE-Modellen in Parasolid

Bilder: VladisChern, Seregam/shutterstock.com

Komplementäre CAE-Software zu ANSYS

Standalone oder in ANSYS integriert

Explizite Strukturmechanik: **LS-DYNA** mit **LS-OPT** und **LS-PrePost** stehen insbesondere für Simulationsanwendungen in den Bereichen Crash und Metallumformung.

www.cadfem.de/ls-dyna

Optimierung/Robustheit: **optiSLang bzw. optiSLang inside Workbench** ist eine Software für die parametrische Sensitivitätsanalyse, multidisziplinäre Optimierung, Zuverlässigkeits- und Robustheitsbewertung sowie für die Robust Design Optimierung.

www.dynardo.de

Materialdesign: **DIGIMAT** ist als eigenständiges virtuelles Materiallabor einsetzbar, als Materialschnittstelle in strukturmechanischen Rechnungen mit ANSYS und LS-DYNA oder als vollständiges Interface zwischen Spritzgusssimulation und Strukturmechanik. Zu den großen Vorteilen, die DIGIMAT dem Entwickler von Spritzgussbauteilen bietet, gehört die Möglichkeit, bei der Auslegung Materialnichtlinearitäten und Faserorientierungen zu kombinieren.

www.cadfem.de/materialdesign

◎ *Bitte beachten Sie auch den Artikel auf Seite 26 in diesem Heft.*

Biomechanik: Mit **AnyBody** kann die Mechanik des menschlichen Bewegungsapparates unter Berücksichtigung der Muskeln analysiert werden. Damit sind z. B. Aussagen über Muskel- oder Gelenkkräfte, die elastische Energie in Sehnen oder die antagonistische Muskelaktivität möglich. In der Kombination mit ANSYS können so auf Implantate und Prothesen wirkende Kräfte berechnet werden.

www.cadfem.de/anybody

Differentialgleichungen: **Diffpack**, ein Produkt der inuTech GmbH, ist eine objektorientierte Klassenbibliothek für die Lösung von u. a. stochastischen Differentialgleichungen, die Implementierung von gekoppelten Systemen. Integriert in ANSYS erhält der Anwender eine Vielzahl zusätzlicher Berechnungsmöglichkeiten.

www.diffpack.com

Blechumformung: Die **FTI Forming Suite** ist ein modulares Programmpaket zur Bewertung der Umformbarkeit von Blechbauteilen, zur Berechnung von Platinenzuschnitten, Platinenschachtelung, Schachtelung von Folgeverbundprozessen und Optimierung von Materialkosten. FTI FormingSuite Produkte sind standalone und CAD-integriert (u.a. CATIA) verfügbar. Innerhalb der FTI FormingSuite wird im Produkt FAST Incremental der LS-DYNA Solver genutzt. Mit FTI Forming Module for ANSYS ist die FTI Umformtechnologie nun auch in ANSYS Workbench verfügbar, so dass die relevanten Werte aus dem Umformprozess direkt in der Festigkeitsberechnung verwendet werden können.

www.cadfem.de/fti

◎ *Bitte beachten Sie auch den Artikel auf Seite 20 in diesem Heft.*

Konstruktionsbegleitende Simulation mit ANSYS bei ABB

Hochspannend bis ins Detail

Als ein führender Technologiekonzern im Bereich der Energietechnik verfügt ABB unter anderem über ein umfangreiches Portfolio an Hochspannungsprodukten, die den Spannungsbereich zwischen 50 und 800 kV abdecken. Um trotz der hohen Spannungen möglichst kompakte und zuverlässige Schaltanlagen liefern zu können, setzt ABB schon seit rund 50 Jahren auf die GIS-Technologie (gasisolierte Schaltanlagen), die von ihr kontinuierlich weiterentwickelt wurde. Für die Realisierung dieser Entwicklungen nutzt ABB die FEM-Software ANSYS auch im Bereich der konstruktionsbegleitenden Simulation.

Als ein besonderer Vorteil der GIS-Technologie wird von ABB die platzsparende Gestaltung der Anlagen hervorgehoben, so dass sie für Einsatzbereiche in dicht bevölkerten Gebieten prädestiniert sind. Seit den Anfängen in der GIS-Technologie in den 1960er-Jahren hat ABB weltweit über 15.000 GIS-Schaltfelder erfolgreich installiert. Das neueste GIS-Produkt der ABB im Werk Hanau-Großauheim ist die Schaltanlage ENK3 für Bemessungsspannungen bis zu 72 kV. Die innovative ovale Gestaltung des Gehäuses mit Steckverbindungen und horizontal angeordneten Leistungsschaltern ermöglicht eine volumenoptimierte Anordnung der einzelnen Felder und ein einfaches Kuppeln von Gehäusen. Zusätzlich garantiert die standardisierte Gestaltung der Gehäuse aus Aluminiumguss ein Minimum an Material- und Energieaufwand vom Rohmaterial bis zur finalen Installation.

Konstruktionsbegleitende Simulation

Die strukturmechanische Auslegung und Optimierung der Aluminiumgussgehäuse erfolgte konstruktionsbegleitend mit den Simulationslösungen ANSYS Workbench beziehungsweise ANSYS DesignSpace. „Nach der 3D-Modellierung der Gussgehäuse im CAD-System wird die Geometrie direkt an die ANSYS Software übergeben, um sie dort automatisiert zu vernetzen und zu berechnen“, erläutert der Ingenieur Markus Amberg, der bei ABB in Hanau-Großauheim für die konstruktionsbegleitende Simulation zuständig ist. „Dabei wollen wir keine absolute Exaktheit erreichen, sondern nur einen groben Einblick bekommen, ob wir auf dem richtigen Konstruktionsweg sind.“ Aufgrund der von ANSYS gelieferten Berechnungsergebnisse werden die Geometrien dann im CAD-System modifiziert, erneut an die Simulationsanwendung übertragen und

Bilder: ABB AG Hochspannungsprodukte; brem stocker/shutterstock.com

wieder berechnet, bis ein optimales Ergebnis erzielt wird. „Durch dieses Konzept der konstruktionsbegleitenden Berechnung haben wir die Entwicklungszeiten in den letzten zehn Jahren spürbar reduzieren können“, berichtet Markus Amberg.

Die ersten Erfahrungen mit der ANSYS Software sammelten die ABB-Ingenieure in Hanau-Großauheim zur Jahrtausendwende mit der so genannten Classic-Version. Diese war für die Entwickler der Hochspannungsschaltanlagen, die damit konstruktionsbegleitend und folglich nicht tagtäglich arbeiteten, aber zu mächtig. Deshalb wurde für die konstruktionsbegleitende Berechnung zusätzlich ANSYS DesignSpace eingeführt und wenig später auch ANSYS Workbench, die einfach zu erlernen und benutzen sind. Dazu erklärt Markus Amberg: „Im Laufe der Zeit haben wir die Produktentstehungsprozesse so verändert, dass jeder Entwickler beziehungsweise Produktbetreuer die Simulations-Software von ANSYS bedienen und

Bild 1: Gussgehäuse der Hochspannungsschaltanlage ENK3.

Bild 2: Durch die Simulation konnten Spannungsspitzen im Deckel (links: außen, rechts: innen) vermieden werden.

seinen spezifischen Aufgaben entsprechend einen möglichst großen Nutzen daraus ziehen konnte.“ Die betreffenden ABB-Mitarbeiter besuchten die für sie jeweils sinnvollen Grundschulungen beim ANSYS Partner CADFEM, um das notwendige Anwendungs-Know-how zu erlangen, das anschließend Schritt für Schritt gemäß den jeweiligen Anforderungen durch weitere Schulungen ergänzt wurde.

Komplexität wird beherrschbar

Konkret zum ENK-Projekt berichtet Markus Amberg von der Vorgabe, dass die Breite der neuen Schaltanlage ein bestimmtes Maß nicht überschreiten sollte. Da aber die drei Schaltkammern im

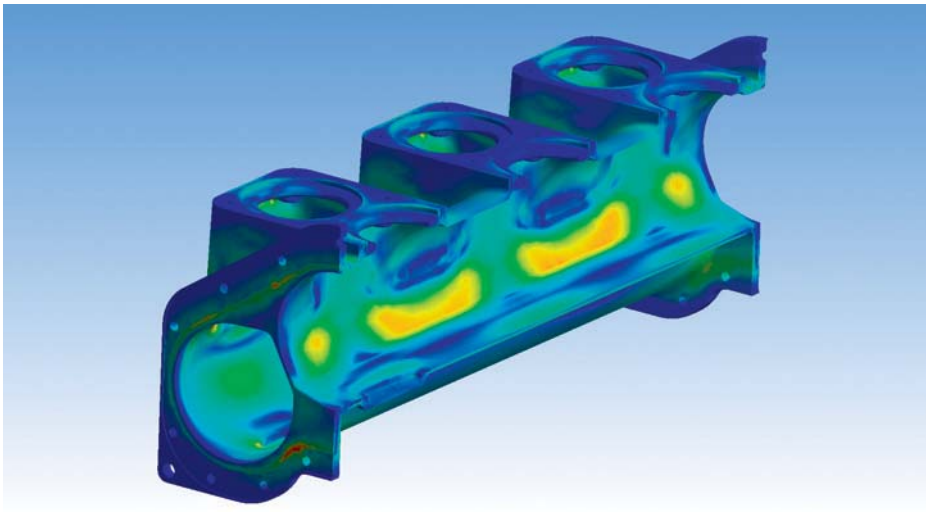


Bild 3: Simulation für das Leistungsschaltergehäuse.

Durchmesser zu groß waren, um sie nebeneinander zu platzieren, musste eine Schaltkammer etwas angehoben werden. Das Ergebnis war letztendlich ein relativ kompliziertes Gussgehäuse mit vielen unterschiedlichen Wölbungen, Durchbrüchen und Radien. „Ohne ANSYS hätten wir uns sehr schwer getan, zu einer vernünftigen Lösung zu kommen“, resümiert der ABB-Ingenieur. „Wir hatten oftmals keinen Anhaltspunkt, welche Modifikationen zu welchen strukturmechanischen Veränderungen führen würde. Durch die konstruktionsbegleitenden Simulationen wurde die Komplexität jedoch besser beherrschbar.“ Rückblickend betrachtet konnten die unterschiedlichen Zielvorgaben bezüglich Materialeinsatz, Gewicht, Bauraum und Kosten mit Hilfe der ANSYS Software unter einen Hut gebracht werden.

Nachdem für den Leistungsschalter-Tank in der Simulation die gewünschten strukturmechanischen Spannungswerte erreicht wurden, folgte als nächster Schritt eine Gewichtsoptimierung. Damit sollten sowohl der Einsatz wertvoller Rohstoffe, als auch die Kosten minimiert werden. Mit einigen Iterationen ließen sich zum Beispiel die Wanddicken zwischen den drei Schaltkammern in einigen Bereichen noch minimieren. Nach Geometrieänderungen erfolgte jeweils die Berechnung mit ANSYS, um zu analysieren, ob die Wanddicken den zu erwartenden Belastungen noch standhielten. Dazu erläutert Markus Amberg: „Auf diese Weise haben wir die Geometrie immer weiter abgespeckt und uns den Grenzen der strukturmechanischen Belastungen schrittweise angenähert.“ Zusätzlich war zu beachten, dass die Gussteile mit möglichst gleichen Wandstärken definiert wurden, damit beim Abkühlen keine unnötigen Spannungen und Belastungen auftreten. Letztendlich konnte nach rund zweiwöchiger Optimierungsarbeit das Gewicht der drei Schaltkammern um mehr als 20 % unter den vorgegebenen Grenzwert gedrückt werden.

Hohe Übereinstimmung mit Versuchsergebnissen

Durch die gesamte Neugestaltung der ENK-Anlage wird nur noch relativ wenig Schwefelhexafluorid SF_6 – bis zu 50 % weniger als bei vergleichbaren Produkten – benötigt. Das Isoliergas dient zur Isolation aller hochspannungsbeaufschlagten Teile und zum sicheren Löschen des Lichtbogens beim Abschalten von Kurzschlussströmen. Die entsprechenden Deckel werden mit Schraubverbindungen angeflanscht, wobei die Verbindungen gasdicht sein müssen. Als Sicherheitseinrichtung wird dabei eine so genannte Berstscheibe verwendet, so dass bei einem Überdruck das Gehäuse nicht platzt. Bei der Berstprüfung wird mit einem Druck von 30 bar gearbeitet, dem fünffachen Konstruktionsdruck. Zum Vergleich von Berstprüfung und ANSYS Berechnung erläutert Markus Amberg abschließend: „In der Berechnung konnte ich gut erkennen, welche Bereiche kritisch sind. Wenn ich dann nach der Berstprüfung feststelle, dass genau in diesen Bereichen die Rissbildung erfolgte, gibt mir das für die weiteren Berechnungen eine beruhigende Sicherheit, dass ich mich auf die ANSYS Ergebnisse verlassen kann. Denn in der Realität bestätigen sich die Berechnungen mit hoher Präzision.“

Rundumbetreuung durch CADFEM

Alle ANSYS Nutzer von ABB in Hanau-Großauheim haben zunächst bei CADFEM eine mehrtägige Basisschulung für DesignSpace erhalten. Dort lernten sie die Grundlagen der Simulations-Software kennen und konnten anschließend die ersten einfachen Berechnungen durchführen. Für rund die Hälfte der 15 ANSYS Anwender, die tiefer in die Materie einstiegen, folgten danach entsprechende strukturmechanische Aufbauschulungen. Zwei ABB-Mitarbeiter, die fast ausschließlich mit ANSYS arbeiten, nehmen auch regelmäßig an Online-Schulungen – so genannten Webinaren – von CADFEM teil, damit sie immer auf dem aktuellsten Stand bleiben. So haben sie sich kürzlich beispielsweise über ANSYS HPC informiert, um die Berechnungen noch effizienter und schneller durchführen zu können. Für diese Anwendungen erhielten die ABB-Ingenieure auch zeitlich begrenzte Freilizenzen, damit sie individuelle Tests durchführen konnten.

Ein besonderes Kompliment macht Markus Amberg dem Support-Team von CADFEM: „Vom Support bei CADFEM sind wir begeistert, denn er gewährleistet uns eine wirklich umfassende und schnelle Unterstützung. Auch bei Problemen, die technisch sehr in die Tiefe gehen, ist es in vielen Fällen so, dass ich bei einem Anruf der Hotline direkt oder in kürzester Zeit, das heißt in 15 bis 20 Minuten, eine Antwort erhalte, die mir weiterhilft. Und diese Erfahrung habe nicht nur ich persönlich gemacht, sondern auf Rückfrage bestätigen auch meine Kollegen, dass der Support von CADFEM sehr vorbildlich ist. An dem können sich viele andere Firmen ein Beispiel nehmen.“

Wenn der angerufene Support-Mitarbeiter von CADFEM nicht sofort weiterhelfen kann, so landet die Anfrage bei dem entsprechenden Kollegen, der sich bei CADFEM auf das jeweilige Anwendungsgebiet spezialisiert hat. Mit ihm gemeinsam wird dann zeitnah ein Weg gefunden, die bestehenden Fragen zu beantworten beziehungsweise die aufgetretenen Probleme zu lösen. „Das wichtige Kriterium für uns ist, dass wir an einer Aufgabe möglichst flüssig weiterarbeiten können und sie nicht längerfristig unterbrechen müssen, weil wir vielleicht tagelang auf eine Antwort warten“, formuliert Markus Amberg.

„Vom Support von CADFEM bin ich begeistert, denn er gewährleistet uns eine wirklich schnelle und umfassende Unterstützung.“

Markus Amberg, Ingenieur bei ABB

InfoAnsprechpartner | CADFEM

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

InfoVerwendete Software

ANSYS Professional NLS, ANSYS DesignSpace

InfoSeminar

Einführung in die konstruktionsbegleitende Berechnung mit ANSYS Workbench
www.cadfem.de/seminare

Bild: ZF/shutterstock.com

Regelungstechnik und FEM-Simulation

Zwei Welten wachsen zusammen

Im Februar 2012 wurde von CADFEM erstmals das zweitägige Seminar „Regelungstechnik und FEM-Simulation" angeboten, das rund ein Dutzend interessierte Teilnehmer nach Grafing zog. Mit diesem Seminar mit Pilotcharakter sind nicht nur die Teilnehmer in eine neue Lernphase getreten, sondern auch die CADFEM Spezialisten wollten mehr über die Anforderungen ihrer Kunden in der Mechatronik-Praxis (Mechanik + Elektronik) erfahren.

Zielsetzung des Pilotseminars war es, Mechanikkonstrukteure und Regelungstechniker einander näher zu bringen. Denn die tägliche Praxis zeigt, dass immer mehr mechatronische Projekte erforderlich sind, um mit neuen, leistungsfähigen Produkten im globalen Wettbewerb bestehen zu können.

Dabei dient die frühzeitig eingesetzte Simulation als Brücke, um die bisher noch zu sehr von einander abgeschotteten Entwicklungsbereiche mit Hilfe der Systemsimulation zusammenzuführen. Ziel ist es, aufeinander abgestimmte Komponenten zu entwickeln, die nicht nur in einzelnen physikalischen Disziplinen (wie Mechanik, Elektrik/Elektronik, Magnetik, Thermik oder Hydraulik) optimiert wurden, sondern deren Interaktion als Gesamtsystem rechnerisch verifiziert wurde.

Strukturmechanische Aufgaben mit Hilfe der Regelungstechnik lösen

Durchgeführt wurde das Seminar von zwei erfahrenen Dozenten, Prof. Dr.-Ing. Claus Brüdigam von der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Regensburg, Fakultät für Elektro- und Informationstechnik, sowie Dr.-Ing. Ulrich Bock, der bei CADFEM GmbH den Schwerpunkt FEM-Simulation in der Elektrotechnik betreut. Zunächst wurden den Teilnehmern die Grundlagen der Regelungstechnik mit Hilfe von praktischen Beispielen kompakt vermittelt. Darauf aufbauend erfolgte eine Einführung in die Abbildung geregelter Systeme, wobei die Modellreduktion auf Basis von 3D-Feldsimulationen erklärt wurde.

Insgesamt verdeutlichte das Seminar das Zusammenwirken von Komponenten in einem komplexen System. Dazu wurden elektrische, magnetische, mechanische, hydraulische und thermische Komponenten inklusive der Regelung simulationstechnisch zusammengeführt und in ihrem Verhalten aufeinander abgestimmt. Anhand einer durchgängigen Arbeitsweise – von der 3D-FEM-Simulation über die Einbettung in ein Systemsimulations-Modell bis zur Ergebnisbewertung – wurden die wichtigsten Methoden aufgezeigt, mit denen sich die Funktion und Effizienz von komplexen Systemen überprüfen und optimieren lässt.

Einbettung in ein Systemsimulations-Modell

Für Raphael Gutser von der SGL Carbon GmbH war das Seminar sehr hilfreich, da er die kombinierte Simulation verschiedener physikalischer Modelle im Rahmen eines globalen Regelmodells detailliert kennenlernte. „Dadurch konnte ich bei SGL Carbon den Ansatz der modelltechnischen Kombination von FEM und Regelungstechnik verdeutlichen und den Nutzen sowie die Anwendbarkeit der Modellordnungsreduktion erläutern", erklärt er. Für ihn ist jetzt von Interesse, mehr über die Regelung von transienten Zusammenhängen zu erfahren.

Harald Kollmeier von Husky Injection Molding Systems berichtet über seine Seminarerfahrungen: „Ich würde nicht behaupten, dass die Struktur unseres Konstruktionsbüros, das eine traditionelle Trennung von Strukturmechanikern und Regelungstechnikern widerspiegelt, sich in naher Zukunft grundsätzlich ändern wird. Es wird allerdings durchaus gesehen, dass die Berücksichtigung eines reduzierten mechanischen Modells bei der Auslegung der Regelung die Qualität dieser Regelung verbessern und die typischen ‚try and error' Sequenzen an der Maschine reduzieren könnte. Dieses soll in nächster Zukunft an einem limitierten Testbeispiel durchgespielt werden, was zwangsweise zu einer besseren Zusammenarbeit führen wird."

InfoKontakt

Jens Otto, CADFEM GmbH
Tel. +49 (0)8092-7005-17
jotto@cadfem.de

InfoVerwendete Software

ANSYS Maxwell, ANSYS Simplorer, ANSYS Mechanical

InfoSeminar

Regelungstechnik und FEM-Simulation
17. – 18. September 2012 in Dortmund
www.esocaet.com/regelung

Traglastberechnung des Seilabhebebockes an einer Tragstütze

In sicherer Höhe

Seit über 100 Jahren steht der Name Doppelmayr, heute weltweit führender Hersteller von Seilbahnen, für Sessel- und Kabinenbahnen über Pendel- und Standseilbahnen bis zu Förderbändern auf Seilen und seilge

Die Unternehmensgruppe Doppelmayr mit ihrem Hauptwerk in Wolfurt im österreichischen Vorarlberg ist mit Produktionsstandorten sowie Vertriebs- und Service-Niederlassungen in über 33 Ländern der Welt vertreten. Insgesamt konnten bis heute mehr als 14.200 Seilbahnsysteme für Kunden in über 86 Staaten realisiert werden.

Seine heutige Größe und den Stellenwert erreichte das Unternehmen insbesondere durch die Entwicklung von kuppelbaren Seilbahnen für den Personentransport. Bei der Errichtung der 8er Gondelbahn „Grasjoch" für die Silvretta Montafon Bergbahnen AG im vergangenen Jahr hat Doppelmayr einen weiteren Meilenstein moderner Seilbahntechnik gesetzt: Die Grasjochbahn ist weltweit die erste kuppelbare Gondelbahn, bei der durch ein innovatives Räumungskonzept sichergestellt wird, dass im Bergefall die Gondeln garantiert in die Stationen zurückgebracht werden können. Eine herkömmliche Bergung der Passagiere mit Abseilen etc. ist nicht mehr notwendig. Damit wird höchster Komfort mit größtmöglicher Sicherheit geboten und ein stressfreies Fahrvergnügen garantiert. Dies gelingt insbesondere durch „Redundanz": Sämtliche funktionsrelevanten Anlagenbestandteile sind doppelt und unabhängig voneinander ausgeführt. Das gilt z.B. für Seilscheiben, Antrieb oder Notantrieb. Zur Auslegung und Absicherung der Systeme setzt Doppelmayr schon seit vielen Jahren erfolgreich ANSYS ein und wird von CADFEM bei der Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter unterstützt.

Strenge Normen

Da Doppelmayr seine Seilbahnsysteme international vermarktet, müssen die unterschiedlichen Berechnungsnormen der einzelnen Staaten erfüllt werden. Ein anschauliches Beispiel dafür ist die Dimensionierung der Abhebeböcke, die an der

Alle Bilder: Doppelmayr

technische Zuverlässigkeit und Innovationskraft. Die Produktpalette reicht von Schleppliften, zogenen Nahverkehrssystemen. Dabei stehen Sicherheit und Komfort an oberster Stelle.

Spitze der Seilbahnstützen während Wartungs- und Reparaturarbeiten das Förderseil an der Rollenbatterie anheben. Der Abhebebock muss also die Last einer voll besetzten Bahn tragen. Bild 1 zeigt einen sogenannten V-Abhebebock, der bei besonders großen Lastszenarien zum Einsatz kommt.

Auslegung des V-Abhebebocks

Die an den nationalen Vorschriften eines neuen Seilbahnsystems orientierte Auslegung eines solchen V-Abhebebocks ist eine der vielen Aufgabenstellungen, die die erfahrenen Ingenieure bei Doppelmayr mit ANSYS bewältigen. Ein V-Abhebebock besteht im Wesentlichen aus einem RHS-Rohr, zwei Stehern aus verschweißten Brennschnittteilen und den Abhebelaschen. Er wird mit Schrauben und einer Gegenplatte an ein Stützenjoch geklemmt. Außerdem befindet sich unter der Platte am Abhebebock ein Bolzen, der drehbar im Joch gelagert ist. Als Werkstoff kommt generell ein kaltzäher Baustahl zum Einsatz.

Eine wichtige Funktion hat zudem die Rollenbatterie, die je nach Anzahl und Tragfähigkeit der Rollen eine maximale Stützenlast von 120 kN haben muss, wobei für die Tragfähigkeit der einzelnen Rollen je nach Winkel bis zu 10,0 kN gefordert wird. Die entsprechende Seilbahnnorm schreibt zudem vor, dass eine Winkelübertreibung von 5° einzukalkulieren ist. Die Kraftwirkung selbst erfolgt über Druck an der Abhebelasche.

Für die Berechnung mit ANSYS ergibt sich daraus eine komplexe und anspruchsvolle Struktur. Um die Rechenzeiten moderat zu halten, werden deshalb bereits beim Preprocessing Vorkehrungen getroffen: Alle Komponenten, die für das Ergebnis irrelevant sind, werden mit geeigneten Solid-Shell-Elementen abgebildet und nur bei den Teilen mit Einfluss auf die Auswertung werden detaillierte Volumenkörper einge-

Bild 1: Hier ein Stützenkopf als V-Bock, der bei großen Belastungen eingesetzt wird.

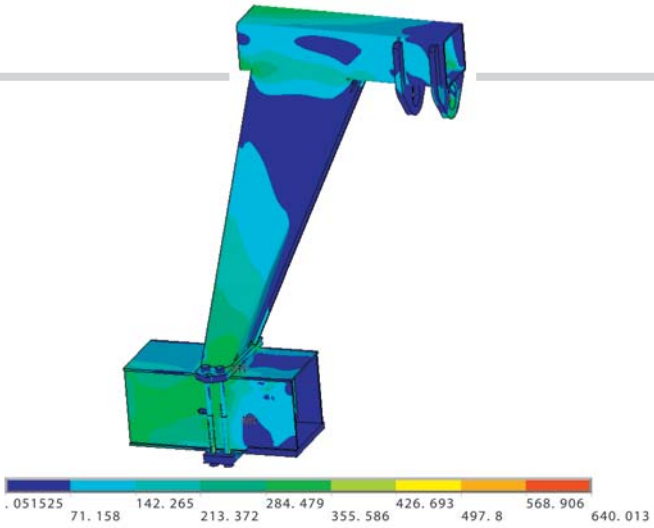


Bild 2: Auswertung der Vergleichsspannung in ANSYS.

setzt. Alle Schraubverbindungen sind im ANSYS Modell vorgespannt und an den Berührungsstellen mit reibungsbehafteten Kontakten versehen. Der gegenüberliegende Teil des Joches wird an der Platte als fest eingespannt definiert. Schließlich wird für die Traglastberechnung das passende Materialmodell mit einer bilinear isotropen Verfestigung ausgewählt.

Damit kann die eigentliche Traglastberechnung der Konstruktion „V-Abhebebock" erfolgen. Das Berechnungsteam von Doppelmayr kann das Modell nun in den maßgeblichen Bereichen flexibel auf sämtliche sicherheitsrelevanten Aspekte untersuchen und frühzeitig Maßnahmen einleiten, falls geforderte Normen noch nicht erreicht sind. Mit einem umfassenden Nachweis, der das Knicken und Kippen unter Berücksichtigung der Vorspanneffekte in Abhängigkeit des Herstellverfahrens erfasst, stellt Doppelmayr sicher, dass alle für den Seilbahnbau vorgegebenen Vorschriften eingehalten werden. Im abschließenden Schritt wird die Gesamtstruktur einer nichtlinearen Strukturanalyse unterzogen, bei der die Norm für große Verformungen ausschlaggebend ist. Ergänzend zu ANSYS wird auch der Nutzungsplan mit variierten Spurweiten und Abhebewinkeln ausgewertet, wofür ein spezielles Stabwerksprogramm eingesetzt wird.

Gerade bei Produkten wie Seilbahnsystemen, bei denen Prototypentests wenn überhaupt, nur sehr eingeschränkt möglich sind, nimmt die Simulation eine Schlüsselrolle ein. Durch den konsequenten und gewissenhaften Einsatz der Simulation gelingt es dem technologisch ohnehin hervorragend aufgestellten Traditionsunternehmen Doppelmayr, die im Seilbahnbau einerseits sehr hohen, andererseits auch länderspezifisch sehr unterschiedlichen Sicherheitsstandards zuverlässig zu erfüllen – eine beruhigende Nachricht für alle Bergfreunde!

InfoAutor

Helmut Kandolf, Doppelmayr Gruppe
www.doppelmayr.com

InfoAnsprechpartner | CADFEM

Alexander Beck, CADFEM (Suisse) AG
Telefon: +41 (0) 52 368 01-31
alexander.beck@cadfem.ch

InfoVerwendete Software

ANSYS

NAFEMS DEUTSCHSPRACHIGE KONFERENZ ´12

Berechnung und Simulation: Anwendungen, Entwicklungen, Trends

8. - 9. Mai 2012, Bamberg

- 98 Präsentationen in 28 Fachsessions
- Parallel: FEM und CFD Trainingskurse
- Große Hard- und Softwareausstellung
- Neutral, übergreifend, unabhängig!
- Keynote-Vorträge:
  Dr.-Ing. R. Sundermeier (Volkswagen AG)
  Prof. Dr.-Ing. P. Wriggers (Univ. Hannover)
- Kostenlos für NAFEMS Mitglieder (vier credits)*

www.nafems.org/dach2012

Weitere Veranstaltungen

NAFEMS MULTIPHYSICS CONFERENCE ´12
16. - 17. Oktober 2012, Frankfurt
www.nafems.org/mp2012

NAFEMS AKUSTIK SEMINAR ´12
6. - 7. November 2012, Wiesbaden
www.nafems.org/aku2012

NAFEMS WORLD CONGRESS ´13
Die Welt der Simulation trifft sich in Europa.
Reichen Sie ein Paper ein! www.nafems.org/nwc13

WERDEN AUCH SIE NAFEMS MITGLIED!

NAFEMS ist die neutrale, internationale und unabhängige Interessenvertretung der Anwender numerischer Simulationsmethoden. Sie bietet Fortbildungen (CFD/FEM-Kurse, e-learning, Konferenzen, Literatur), Informationen, Networking u.v.m. *Mitglieder erhalten „seminar credits" zur kostenlosen Teilnahme an ausgewiesenen Events.

NAFEMS
www.nafems.org

European School of CAE Technology

Weiterbildungsangebote
im Bereich der Simulation

CAE-Seminare
FEM-Grundlagen · Elektromobilität · Medizintechnik
Festigkeitsnachweise · Bauwesen · Mehr als Struktur-
mechanik · Vertrieb, Qualität und Recht
Sommerakademien — S. II / VI

CADFEM Forum
Zusammenarbeit mit Low-Cost CAE-Dienstleistern — S. III

CAE-Studium
Applied Computational Mechanics (M.Eng.) — S. IV / V

Sommerschule für Doktoranden
Elektromagnetische Simulation /
Neu: Simulation in der Medizintechnik — S. VII

CAE-Training
eFEM für Praktiker: FEM online erlernen — S. VIII

esocaet
european school of
computer aided engineering
technology

European School of CAE Technology

Weiterbildungsangebote im Bereich der Simulation

Seit Beginn 2011 hat CADFEM sein Schulungsangebot in zwei Säulen strukturiert. Ergänzend zu den vielfältigen Seminaren, die Sie in der Handhabung unserer Softwareprodukte unterstützen, ist ein zweiter Bereich entstanden: die European School of CAE Technology – kurz esocaet.

2003 begannen wir unsere Aktivitäten mit dem Arbeitstitel esocaet für das EU-geförderte Projekt zur Etablierung des berufsbegleitenden Masterstudiengangs Applied Computational Mechanics. Inzwischen betreuen wir in diesem Geschäftsbereich ein breites Weiterbildungsangebot: vom dreimonatigen Training für FEM-Einsteiger über Spezialseminare bis hin zum zweijährigen berufsbegleitenden Masterstudium. Dabei kooperieren wir mit Dozenten, die CAE-Kenntnisse aus verschiedenen Industrieunternehmen und Hochschulen mitbringen und allgemein anerkannte Spezialisten in ihren Fachgebieten sind.

»Computersimulationen haben sich neben Theorie und Experiment zur „Dritten Säule der Wissenschaft" entwickelt.«

(Annette Schavan, Bundesministerin für Bildung und Forschung, Quelle: Südwestpresse vom 25.02.12)

Darüber hinaus unterstützen wir die bessere Verankerung der Simulation im Bereich der MINT-Ausbildung in Deutschland. In Kooperation mit dem Gymnasium Grafing wurde ein Projektkurs angeboten, der interessierten Schülern Simulationserfahrungen ermöglichte. Die Initiative wird am Gymnasium Herzogenaurach fortgesetzt. Im universitären Bereich runden zwei Sommerschulen für Doktoranden das Engagement ab.

NEU: Berufsbegleitender Studiengang „Electromobility Engineering" (M.Sc.)

Im September 2012 wird erstmalig der berufsbegleitende Masterstudiengang „Electromobility Engineering" von der Universität der Bundeswehr München (UniBw M) angeboten. Unter der akademischen Leitung von Prof. Dr.-Ing. Dieter Gerling bietet er Führungskräften und spezialisierten Entwicklungsingenieuren eine fundierte wissenschaftliche Ausbildung im Innovationsgebiet Elektromobilität. Für den Studiengang konnte die UniBw M renommiertes Lehrpersonal unterschiedlicher Hochschulen gewinnen. Ebenso werden erfahrene Experten aus der Industrie, so zum Beispiel von Siemens, Infineon und CADFEM, in den Lehrkörper eingebunden, um eine praxisorientierte Ausrichtung der Studieninhalte an den aktuellen Fragestellungen und Bedürfnissen im Bereich der Elektromobilität zu gewährleisten. Die Inhalte des Studiengangs umfassen verschiedene Entwicklungsbereiche: von den Energiespeichermedien über elektrische Antriebe und Bordnetze bis hin zur Simulation dieser komplexen Systeme.
Das englischsprachige Masterstudium dauert zwei Jahre und drei Monate und schließt mit dem Titel Master of Science (M.Sc.) ab.
Weitere Informationen erhalten Sie am Weiterbildungsinstitut der Universität der Bundeswehr München casc sowie im Internet unter www.casc.de.

Aktuelle Seminartermine

SEMINAR	TERMINE / ORT	
FKM-Richtlinie Festigkeitsnachweis im Maschinenbau	26.04. in Berlin	
Angewandte Methoden der Betriebsfestigkeit	07.05. in Grafing	
Festigkeitsnachweis von Schweißverbindungen	09.05. in Leinfelden-Echterdingen	13.06. in Wien (A)
Berechnungen von Schraubenverbindungen	11.05. in Grafing	07.09. in Aadorf (CH)
Fluid meets Structure - FSI	14.05. in Hannover	
Verifikation von FE-Ergebnissen	15.05. in Grafing	
Simulationsmethodik für Batteriepacks	17.05. in Hannover	
Numerische Analysen bei Druckgeräten	23.05. in Grafing	19.09. in Leinfelden-Echterdingen
TRIZ-Workshop: Systematische Kreativität	13.06. in Grafing	
Qualitätsmanagement für FEM-Berechnungen	14.06. in Grafing	
Mechanische Grundlagen im FEM-Alltag	26.06. in Grafing	
Technische Akustik & Maschinenakustik	28.06. in Grafing	

Einladung zum 9. CADFEM Forum

Das seit 2007 durchgeführte CADFEM Forum (bisher CAE-Forum) bietet eine informative Plattform für Simulationsverantwortliche und -interessierte aus Wirtschaft und Wissenschaft. Die nächste Veranstaltung wird am 21. Juni 2012 unter der Leitung von Herrn Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartzack an der Friedrich-Alexander-Universität in Erlangen-Nürnberg stattfinden.

„Zusammenarbeit mit Low-Cost CAE-Dienstleistern - Status nach einer Dekade“

Seit etwa einer Dekade bieten CAE-Dienstleister aus Ländern mit niedrigem Lohnniveau ihre Dienstleistungen auf dem mitteleuropäischen Markt an. Neben Anbietern aus dem näheren, vor allem osteuropäischen Ausland haben sich speziell im CAE-Bereich auch Firmen aus weiter entfernten Ländern wie Indien und China gut positioniert. Nach einem anfänglichen Hype kehrte schnell Ernüchterung ein. Denn Firmen hierzulande mussten feststellen, dass in vielen Fällen die vermeintlichen Kostenvorteile mit unvorhergesehenen Nachteilen einher gingen. Inzwischen haben sich vielfältige Formen der Zusammenarbeit mit verschiedensten, kostengünstigen CAE-Dienstleistern etabliert, die in diesem Workshop diskutiert werden sollen. Simulationsexperten aus namhaften Engineering-Firmen stellen in Impulsvorträgen vor, welche Strategien zur Zusammenarbeit sich in den letzten Jahre durchgesetzt haben, welcher Stand heute erreicht werden konnte und welche Chancen, aber auch welche Restriktionen noch immer bestehen.

Rückblick auf das 8. CADFEM Forum

Im Rahmen des 8. CADFEM Forums stand im Oktober 2011 der Aspekt der Reibungsreduzierung im Mittelpunkt der Diskussion. In dem einleitenden Vortrag wies Martin Weschta (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg) darauf hin, dass die Simulation von Reibungsvorgängen häufig ein Problem mit großen Skalenunterschieden ist. Reibungsreduzierende Beschichtungen stellen noch große Herausforderungen bezüglich einer sicheren Lebensdauervorhersage dar. Außerdem erfordern extreme Betriebsbedingungen in Wälzlagern die Berücksichtigung elastischer Deformationen. Dr.-Ing. Dirk Bartel (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg) berichtete über seine Forschungen zur Reibungsreduzierung von mischreibungsbeanspruchten Tribosystemen durch Simulation.

Das CADFEM Forum wird von Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartzack geleitet

Prof. Dr.-Ing. Marius Geller (Fachhochschule Dortmund) ging in seinem Vortrag auf die Möglichkeiten der transienten Gleitlagersimulation ein. Er verdeutlichte, dass es mit der Fluid-Struktur-Interaktion (FSI) möglich ist, Untersuchung an einem virtuellen Modell unter Einbeziehung nahezu aller physikalischen Phänomene bei gleichzeitiger Reduktion des Zeit- und Kostenaufwandes wirtschaftlich durchzuführen.

Dr.-Ing. Vladimir Vesselinov (AMSC Windtec GmbH) machte in seinem Vortrag „Täuschung und Wahrheit im Wälzlager“ darauf aufmerksam, dass mehr als 100 Milliarden Euro Verluste in Deutschland durch Reibung und Verschleiß entstehen, wobei rund 15 Prozent davon vermeidbar wären. Er verwies darauf, dass mit der Finite-Elemente-Methode (FEM) sowie mit der Mehrkörpersimulation (MKS) die Realität wirklichkeitsnah nachgebildet werden könne, um somit das Einsparpotential möglichst umfassend zu erschließen.

Eine ausführliche Version des Berichtes finden Sie auf unserer Website.

Weitere Informationen

www.esocaet.com/CADFEM-forum

Ansprechpartner
Anja Höller, CADFEM GmbH
Tel. +49 (0) 8092/7005-74
E-Mail ahoeller@esocaet.com

CAE-Studium

Berufsbegleitend zum CAE-Master

Berufsbegleitende Weiterbildung hat Konjunktur, folglich präsentieren sich immer wieder neue Anbieter am Markt, um der wachsenden Nachfrage gerecht zu werden. Aber speziell bei der berufsbegleitenden technischen Weiterbildung zählt Erfahrung und Anwendungs-Know-how. Hier hat esocaet seine Stärken. Seit 2005 wird das Masterstudium „Applied Computational Mechanics“, das auf Berufstätige zugeschnitten ist, mit den Hochschulen Landshut und Ingolstadt erfolgreich durchgeführt.

Der Studiengang vermittelt innerhalb von zwei Jahren praxisorientiertes Wissen in allen CAE-Disziplinen, wobei spezielle Managementthemen für Ingenieure das berufsbegleitende Studium abrunden. Dazu erklärt Steven Junor, Masterabsolvent aus den USA: „Das Studium und die parallele Tätigkeit eröffneten mir den Zugang zu Simulationsanwendungen, die zu den modernsten und leistungsfähigsten der CAE-Branche zählen, unter anderem zur Analyse von Faserverbundwerkstoffen, zur Multiphysik-Simulation und zur Robust-Design-Optimierung. Diese umfassenden Anwendungsmöglichkeiten waren für mich einzigartig. (...) Die Dozenten des Masterstudiums verfügen über jahrelange Erfahrungen und waren in der Lage, mich auf allgemeine Fallstricke hinzuweisen, die neuen Studenten häufig Probleme bereiten, beziehungsweise auf Fehler, die sie früher selber gemacht haben.“
Im Gegensatz zu reinen Präsenzstudiengängen profitieren die Studierenden von komprimierten Präsenzblöcken und können dadurch Beruf und Studium sinnvoll miteinander verbinden. Zusätzliche Vorteile verschafft der direkte Kontakt zu Mitstudierenden und Dozenten, die von unterschiedlichen Hochschulen und aus der Industrie kommen. Beispielsweise können eigene Problemstellungen aus dem Berufsalltag in das Studium eingebracht und mit Experten diskutiert werden. „Durch die kleinen Gruppen herrschte im Masterstudium eine sehr gute Arbeitsatmosphäre, in der uns eine ausgewogene Mischung von theoretischen und praktischen Kenntnissen vermittelt wurde“, berichtet Krishna Kusupudi, Masterabsolvent aus Indien, und weiter: „Die moderne Infrastruktur der beteiligten Hochschulen in Landshut und Ingolstadt trug mit zu der guten Arbeitsatmosphäre bei und natürlich auch die umfassende Kompetenz der Dozenten, die teilweise über vielfältige Industrieerfahrungen verfügen.“

Neuerungen bezüglich der Zulassung

Berufspraxis: Die notwendige Länge der zusammenhängenden einschlägigen Berufserfahrung nach dem ersten Hochschulabschluss wurde auf ein Jahr verkürzt.
Englische Sprachkenntnisse: Für das englischsprachige Masterstudium müssen Sie Englisch-Sprachkenntnisse entsprechend dem Sprachniveau B2 des Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmens nachweisen. Alternativ zum TOEFL gelten jetzt auch andere Zertifikate als Nachweis, zum Beispiel erfolgreich absolvierte Sprachkurse oder auch längere Auslandsaufenthalte.
Hochschulabschluss: Notwendig ist ein erfolgreicher Hochschulabschluss im Bereich der Ingenieur- oder Naturwissenschaften an einer Hochschule oder einer Berufsakademie mit der Prüfungsgesamtnote „gut“ oder besser und 210 ECTS-Punkten. Bewerber mit einem Bachelor-Abschluss mit 180 ECTS oder einem anderen Notendurchschnitt können bei entsprechender Eignung ebenfalls zugelassen werden.
Eignungsfeststellungsverfahren: Das Interview an den Hochschulen wird in Zukunft nicht mehr Voraussetzung zur Aufnahme zum Studium sein, kann aber freiwillig absolviert werden.

Weitere Informationen

www.esocaet.com/studium

Ansprechpartner
Anja Vogel, CADFEM GmbH
Tel. +49 (0) 8092/7005-52
E-Mail avogel@esocaet.com

Veranstaltungshinweise

Info-Webinar
Termine unter
www.esocaet.com/webinar-acm

Info-Veranstaltung
20.4.2012 an der HAW Ingolstadt
www.esocaet.com/infotag-acm

Annette Merklein
und Sushant Bobade

brose
Technik für Automobile

Blick über den Tellerrand

Die Projektarbeit gemeinsam mit Studierenden aus den USA und Indien bereitete mich sehr gut auf die Zusammenarbeit mit internationalen Kollegen vor. Gerade in einem weltweit agierenden Unternehmen wie Brose wird täglich deutlich, wie stark sich die Mentalitäten und Arbeitsweisen einzelner Nationalitäten unterscheiden. Durch den freundschaftlichen Umgang der Teilnehmer konnten wertvolle interkulturelle Erfahrungen für den Berufsalltag gewonnen werden.
Während des berufsbegleitenden Studiums wurden die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der Finite-Elemente-Methode vorgestellt, die zum Teil weit über die Anwendungen der eigenen beruflichen Tätigkeit hinausgehen. Dadurch eröffnet sich ein Blick „über den Tellerrand hinaus“, der zu neuen kreativen Lösungsansätzen im eigenen Betrieb führen kann.
Durch die gute zeitliche Planung der Präsenzblöcke ließen sich Beruf und Studium gut miteinander vereinbaren.

Annette Merklein
Dipl-Ing. (BA) Maschinenbau &
M.Eng. Applied Computational Mechanics

Berechnungsingenieurin bei Brose, Hallstadt

Whirlpool
SENSING THE DIFFERENCE

Exactly what I wanted

When I started working as an FE analyst in Whirlpool India, I realized quickly the need for the further education in simulation field to be more confident and competent. I was looking for such a course over a year and finally I found exactly what I wanted with this course.
The master course is a perfect blend of the theoretical and practical part of the study. The lab works and assignments were designed to complement the theory. The professors were best in their subject matter and had diversified experience. They had practical approach to teach the things so it was more interesting to learn from them.
The overall benefit of the study is that it stimulates the thought process and encourages us to learn more on our own. This will help me to succeed in a dynamic field like simulation where continuous learning is the key. I had been using many things in my previous work, but did not know what exactly it meant, now after this course I know what I am doing.

Sushant Bobade
BE Mechanical at University of Mumbai &
M.Eng. Applied Computational Mechanics

CAE Specialist at Whirlpool of India, Pune

CAE-Sommerakademie

Der Sommer lädt zum Reisen ein ...

... deshalb finden Sie nachfolgend einige Vorschläge, wie Sie das Thema Weiterbildung mit ein wenig Flair verbinden können. Sei es die Sommerakademie Composites in Windisch, nicht weit von Zürich entfernt, oder aber die Sommerakademie Messen und Simulieren in Wien – neben dem interessanten Einblicken in das Zusammenspiel von Praxis und Simulation bleibt sicher auch Zeit, Neues zu entdecken.

Sommerakademie Composites

Von der Auslegung über die Analyse bis zur Fertigung ist der Untertitel des fünftägigen Programms an der Fachhochschule Nordwestschweiz, in dem viele Facetten von kohleverstärkten Faserverbundstrukturen betrachtet werden. Da es sich bei Composites um „zusammengesetzte“ Materialien handelt, haben diese auch andere Eigenschaften als ihre einzelnen Komponenten. Um diesem neuen Material gerecht zu werden, müssen Entwicklung und Produktion gewohnte Pfade verlassen und ihre Prozesse neu überdenken.

Dabei ist gegenseitiges Verständnis gefragt, deshalb werden unter anderem folgende Fragen gestellt: Was ist herstellbar? Welche Toleranzen können eingehalten werden? Ist ein spezifisches Gewebe überhaupt ablegbar? Wie wird ein Bauteil konsolidiert? Wie entsteht eine komplexe Baugruppe? Wie werden Schnittstellen und Krafteinleitungen gestaltet? Was ist bei der Simulation von Composite-Strukturen zu beachten?

Die 3. Sommerakademie schlägt wieder die Brücke zwischen Konstruktion, Berechnung und Herstellung. Sie präsentiert den aktuellen Stand der Technik im Bereich der Berechnung von Composite-Strukturen und ermöglicht Diskussionen darüber, wie Fertigung und Entwicklung optimal zusammenarbeiten können. Dabei werden die Teilnehmer selber „Hand anlegen“ und ein eigenes Composite-Bauteil herstellen und prüfen.

Angeboten wird die Sommerakademie als Kooperation der CADFEM (Suisse) AG, dem Institut für Kunststofftechnik der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW IKT), der EVEN - Evolutionary Engineering AG und der Advanced Composites Group Ltd.

Termin

2. - 6. Juli 2012
in Windisch

Weitere Informationen

www.esocaet.com/sommerakademie-composites

Ansprechpartner
Fabian Bründler, CADFEM (Suisse) AG
Tel. +41 (0) 32/675 80-72
E-Mail fabian.bruendler@cadfem.ch

Sommerakademie Betriebsfestigkeit – Messen und Simulieren

Messung und Simulation: Zwei Disziplinen – ein Ziel, nämlich die Prognose der Lebensdauer eines Produktes. In der von CADFEM und HBM (Hottinger Baldwin Messtechnik) gemeinsam ausgerichteten Sommerakademie „Betriebsfestigkeit – Messen und Simulieren“ werden die Teilnehmer das dynamische Wechselspiel von Messung und Simulation an einem realen Bauteil hautnah erleben.

Der zeitliche Aufwand für Messungen ist oft beträchtlich, denn neben der Applikation der Technik muss die notwendige Zeit zur Durchführung berücksichtigt werden. Mitarbeiter von HBM haben auf Querlenker aus der Vorderachse eines VW Golf VI Dehnmessstreifen (DMS) appliziert und damit die Belastungen während eines typischen Fahrzyklus gemessen. Im Seminar wird dann der ausgebaute Querlenker inklusive funktionsfähiger Messtechnik zum Anfassen präsentiert. Anschließend erfahren die Teilnehmer der Sommerakademie, wie sie die gemessenen Daten richtig interpretieren und für die Berechnung der Lebensdauer verarbeiten müssen. Zum Abschluss des Seminars wird darauf eingegangen, wie die Form des Querlenkers verbessert werden könnte.

Termin

23. - 26. Juli 2012
in Wien

Weitere Informationen

www.esocaet.com/sommerakademie-betriebsfestigkeit

Ansprechpartner
Bernhard Hößl, CADFEM (Austria) GmbH
Tel. +43 (0) 1/587 70 73-11
E-Mail bernhard.hoessl@cadfem.at

CAE-Sommerschule

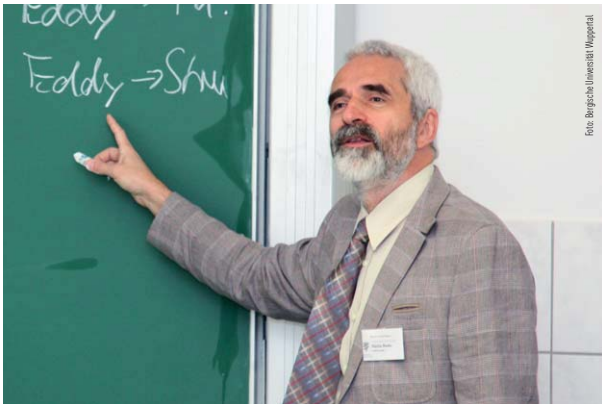
Die folgenden Sommerschulen richten sich an Doktoranden, die sich bereits während ihrer Promotionsphase intensiv mit der Simulation befassen. Neben der Vermittlung mathematischer und physikalischer Aspekte sowie der Softwareanwendung steht die gemeinsame Diskussion aktueller Forschungsthemen und Lösungsansätze der Teilnehmer im Vordergrund.

Elektromagnetische Berechnungen

Seit September 2009 veranstaltet die Bergische Universität Wuppertal jährlich eine Sommerschule zum Thema „Elektromagnetische Berechnungen“. Der Workshop wird vom Lehrstuhl für Elektrische Maschinen und Antriebe in Kooperation mit der Firma CADFEM ausgerichtet und findet in diesem Jahr vom 3. bis zum 7. September statt. Schwerpunkte werden die Themen Feld- und Systemkopplungen sein.

Die EM-Sommerschule richtet sich an Doktoranden, die im Bereich elektromagnetische Simulation tätig sind. Im Workshop sollen neben den Grundlagen der Berechnung elektromagnetischer Felder mit ihren Potentialformulierungen auch die Anwendung der Programme Maxwell, ANSYS Mechanical und Simplorer für die Lösung von Simulationsaufgaben behandelt werden. Weiterhin wird von jedem Teilnehmer ein zehnminütiger Vortrag zum Thema seiner Dissertation erbeten. Außerdem besteht die Möglichkeit, Probleme zu schildern, diese gemeinsam mit den Experten der Firma CADFEM zu diskutieren und Lösungen vor Ort zu finden.

Über die Teilnahme an der Veranstaltung entscheidet eine Kurzbewerbung, die das Thema und den Arbeitsstand der Dissertation, die Erfahrungen im Bereich elektromagnetische Simulationen sowie die Erwartungen an die Sommerschule schildern soll. Die Bewerbung erfolgt über die Homepage des Lehrstuhls für Elektrische Maschinen und Antriebe der Bergischen Universität Wuppertal und ist vom 1. April bis Ende Juni 2012 möglich.



Dr. Martin Hanke, Dozent der EM-Sommerschule an der Bergischen Universität Wuppertal

Simulation in der Medizintechnik

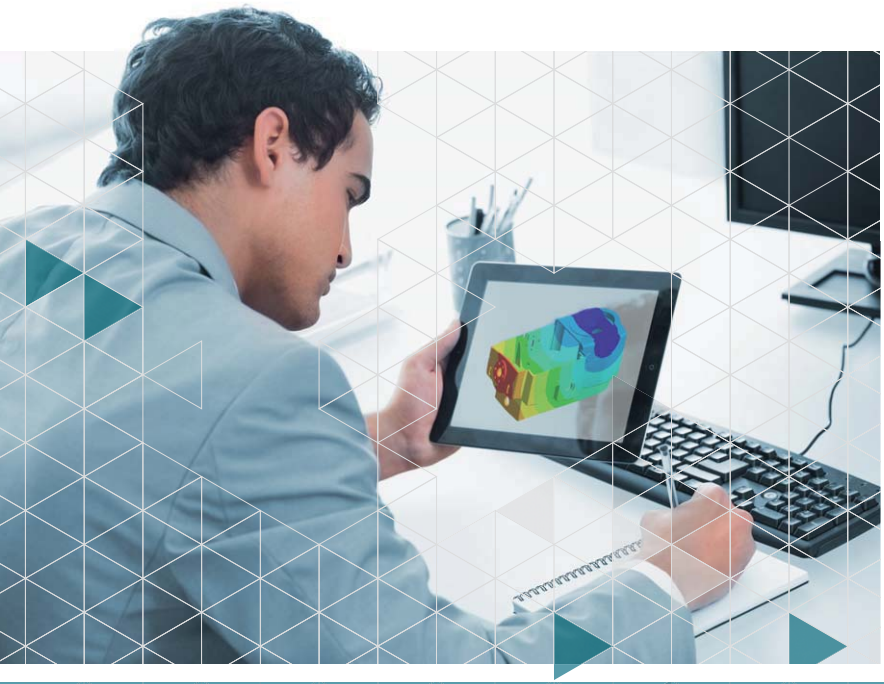
Im Sommer 2012 wollen wir erstmalig eine Sommerschule für Doktoranden im Bereich der Medizintechnik anbieten. Im Workshop sollen verschiedene Themenfelder von theoretischer Seite betrachtet, geeignete Simulationsprogramme vorgestellt und diese an aktuellen Problemen der Medizintechnik demonstriert werden. Die Teilnehmer werden dazu eingeladen, eigene aktuelle Lösungsansätze zu präsentieren und ungelöste Probleme zur Diskussion zu stellen.

Die Sommerschule wird in Kooperation mit dem Zentralinstitut für Medizintechnik der Technischen Universität München (IMETUM) vorbereitet. Am Institut sind derzeit zehn Arbeitsgruppen der Medizintechnik aus der TU München aktiv, die sich u.a. mit bildgebenden Verfahren von Einzelmolekülen bis hin zum Patienten beschäftigt, außerdem mit medizinischen Geräten, mit Zellbiologie und Tumorforschung.

Weitere Informationen

www.esocaet.com/sommerschule

Ansprechpartner
Anja Vogel, CADFEM GmbH
Tel. +49 (0) 8092/7005-52
E-Mail avogel@esocaet.com



FEM online erlernen
Flexibel & praxisorientiert

Berufsbegleitender Einstieg in die Simulation

eFEM für Praktiker

Inhalte

Technische Mechanik für die FEM
Grundlagen und Praxis der FEM-Simulation
QM für die Berechnung
Simulationsprojekt: Spannungsanalyse

Ihre Vorteile

Solide Kenntnisse in nur 3 Monaten
Flexible Zeiteinteilung
Aufgabenstellung aus der Ingenieurspraxis
Kontinuierliche Betreuung durch erfahrene Kursleiter
Inklusive Präsenzseminaren und Online-Sprechstunden

Neue Kursgruppen 2012

Kick-off am 10. Mai in Berlin
Kick-off am 27. September in Grafing

esocaet
european school of
computer aided engineering
technology

CADFEM GmbH
Anja Höller
Marktplatz 2
85576 Grafing b. München
Tel. +49 - (0)80 92 - 7005 – 74
ahoeller@cadfem.de

Weitere Informationen unter
www.esocaet.com/training

Gestaltung: diepiktogramm | Foto: fotolia.de

Bild: Maxx Studio/shutterstock.com

MOR for ANSYS

Introduction into Model Order Reduction

In previous issues of the CADFEM Infoplaner, several papers have been already presented about MOR for ANSYS for practical applications [1-5] (see also [6]). In this issue, model reduction (see Fig 1) will be introduced from a mathematical point of view.

Formal Definition of Model Reduction

Before solving, ANSYS discretizes the computational domain. This includes not only meshing but also creating a system of equations to solve – first for each element, and then for the complete domain. In the case of a transient analysis of a second order system, the resulting ordinary differential equations are as follows:

$$M\ddot{x} + E\dot{x} + Kx = f \quad (1)$$

Eq (1) is shown schematically in the upper part of Fig 2. There are three global matrices, the mass matrix M, the damping matrix E and the stiffness matrix K, additionally the state vector x, that includes all degrees of freedom (one node could have several degrees of freedom, for example in structural mechanics UX, UY, and UZ), and the load. The goal is to reduce the number of degrees of freedom in Eq (1) in the state vector (and hence in the matrices), in order to solve it fast at system level. For a thermal problem, the mass matrix does not exist (M = 0), the damping matrix is the heat capacity matrix, the stiffness matrix is the heat conductivity matrix, and, in this case, the number of nodes is equal to the number of degrees of freedom (a node has just TEMP).

In the last 20 years, this problem has been extensively researched by mathematicians (see Fig 3). Before we consider this, let us introduce in Eq (1) inputs and outputs, as these terms are not present directly at the level of the finite element modeling. Let us start with the load that could be time dependent $f(t)$. The goal would be to split it to a combination of constant vectors b_i and time dependent functions $u(t)$

$$f(t) = \sum_i b_i u(t) = Bu \quad (2)$$

The constant vectors transfer the time dependent function to different degrees of freedom. For example, a time dependent force on a surface could be expressed as a function in time that acts on nodes in the surface and the vector bi distributes this force accordingly. When we need to have several independent time dependent functions at system level, we introduce several input functions, and finally we have an input matrix B and a vector of scalar input function u (see Fig 2, bottom left side).

At system level, we are not interested in the complete state vector x, but rather we need to know just a part of the information from it and this could be defined by means of the output matrix C

$$y = Cx \quad (3)$$

where the vector y collects only information that we really are interested in (see Fig 2, bottom right). The notation of inputs and outputs allows us to rewrite Eq (1) as follows

$$\begin{aligned} M\ddot{x} + E\dot{x} + Kx &= Bu \\ y &= Cx \end{aligned} \quad (4)$$

Now the formal model reduction could be defined as a mathematical problem to reduce the dimension of x while preserving the dynamical relationships between inputs u and outputs y within prescribed accuracy.

Model Reduction as Projection

Formally speaking, all degrees of freedom in the state vector x in Eq (4) are independent and it is impossible just to eliminate some of them based on pure mathematical manipulations. Theoretically, one could reduce degrees of freedom in x by introducing its higher derivatives, that means, by increasing the number of system matrices. However, this does not reduce the computational complexity, it even brings more computational problems. Thereafter, model reduction is always some approximation.

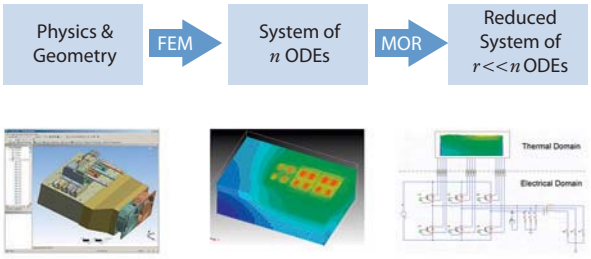


Fig. 1: The idea of model order reduction: automatic way from a finite element thermal model to electro-thermal simulation at the system level

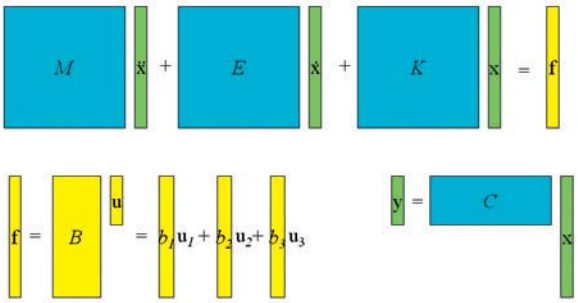


Fig. 2: Top: Ordinary differential equations (Eq 1) obtained after discretization of a second order system in ANSYS. Bottom left: From load to inputs (Eq 2). Bottom right: Defining outputs from the state vector (Eq 3).

In Fig 3 there are different methods for model reduction. All of them share the idea of a projection that is expressed as follows (see also Fig 4, top)

$$x = Vz + \varepsilon \quad (5)$$

Eq (5) states that, provided the error vector is negligible, the state vector x can be formally described by a few degrees of freedom z. Mathematically one speaks about a low dimensional subspace that captures the system dynamics. Provided we neglect the error, the state vectors x during the transient simulation remain in the low dimensional subspace expressed by the matrix V. If so, one can project Eq (4) on that subspace defined by Eq (5) and obtain the reduced model as follows

$$V^T MV\ddot{z} + V^T EV\dot{z} + V^T KVz = V^T Bu$$
$$y = CVz \quad (6)$$

(see Fig 4 bottom). The input function vector u and the output vector y are the same in Eq (6) and in Eq (4) with an exception of the approximation error between y in both equations:

$$|y_r - y| = \delta \quad (7)$$

where y are outputs in the original model and yr are in the reduced one.

Now let us consider Fig 3 where model reduction methods are classified according to Prof. Antoulas [7]. From a theoretical viewpoint, the best are the Singular Values Decomposition (SVD)-based methods (Fig 3 left), as they have global error estimates and produce an optimal reduced model where the approximation error is minimal. It is worth noting, that although model reduction may look like an optimization method to minimize an approximation error (Eq 7), the SVD methods are pure linear algebra algorithms. Mathematicians has proved that a reduced model found along this way gives us the optimal error and the optimization as such is not required during the model reduction. The SVD methods allow us to make model reduction completely automatic. An engineer has to specify permissible approximation tolerance, and then the required dimension of a reduced model is chosen based on the global error estimates. Unfortunately, computational time in this case grows cubically with the dimension of the state vector. Practically, it means that with modern hardware the number of degrees of freedom to reduce is limited to ten thousands. SVD-based methods with better scaling computational properties (Fig 3, right) are still under development and, at the moment, implicit moment matching (Fig 3, in the middle) is the only option that can be employed for industrial applications right now.

The idea of moment matching is to transform the dynamic system (4) into the Laplace domain, and then to find such a low-dimensional system that has the same first derivates in the Taylor expansion around some point as the original model.

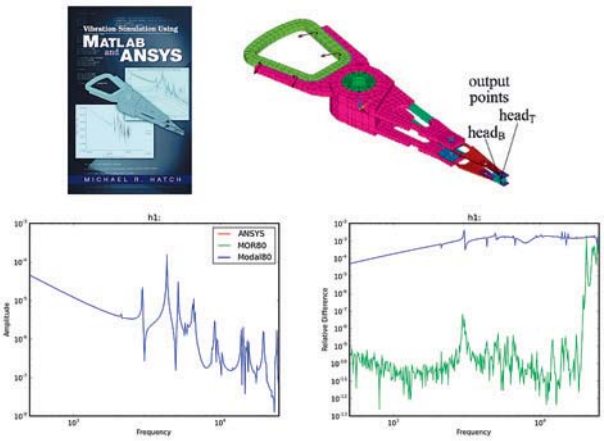


Fig. 5: Comparing mode superposition and the Arnoldi based model reduction. Top: The model. Bottom left: A harmonic response by full scale model, mode superposition and model reduction. The difference is within the line thickness. Bottom right: the relative difference between reduced model and full model

The direct implementation of this idea is numerically very unstable but mathematicians have found that, by means of the generation of a particular Krylov subspace, one finds such a projection subspace that the reduced model definitely matches first moments. The drawback of moment matching is the absence of global error estimates and some engineering Know How is required to determine the dimension of the reduced model.

Engineering Model Reduction

Interestingly enough that mathematicians (see for example [7]) hardly consider model reduction methods already available in ANSYS, such as mode superposition, Guyan reduction, and component mode synthesis (CMS). The reason is that these methods are not based on a strict mathematical theory but rather on engineering intuition. To this end, it is very instructive to compare Antoulas' book [7] with a ty-

Bilder: CADFEM, ECPE, M.R. Hatch, freigegebenes Kundenmodell

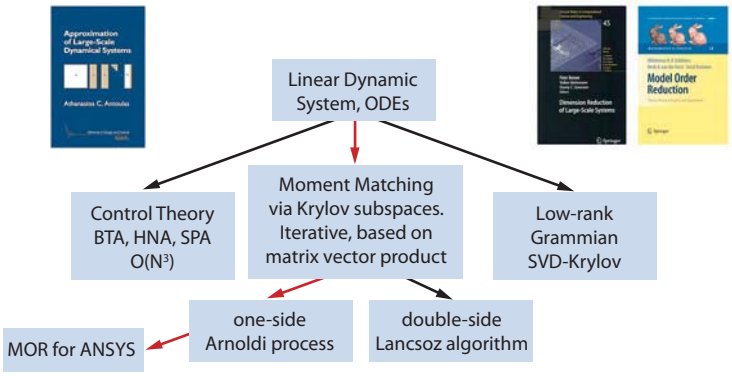


Fig. 3: A hierarchy of model reduction method according to [7].

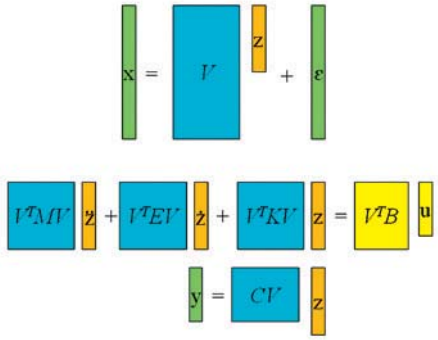


Fig. 4: Top: A definition of a projection subspace (Eq 5). Bottom: A reduced system after projection (Eq 6).

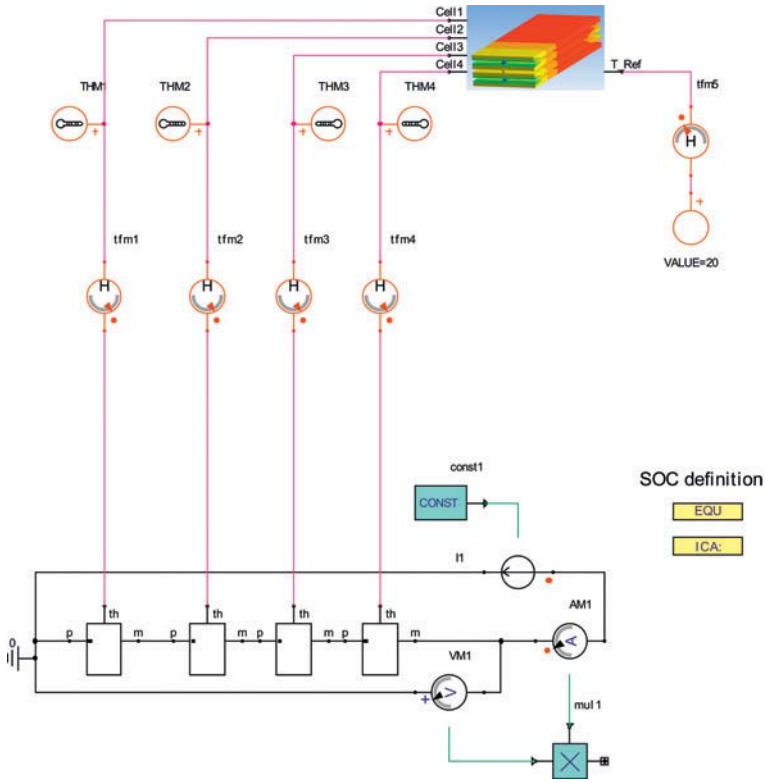


Fig. 6: Electrothermal simulation of the battery pack at system level.

pical book written by a mechanical engineer [8]. While one finds theorem and their proofs in [7], the book [8] looks more like a recipe book. Mathematicians develop model reduction in the general case of any dynamical system but methods from mechanical engineers are applicable to structural mechanics only.

Said that, I would like to state that in structural mechanics the methods developed by mechanical engineers are working pretty good. Let us look at Fig 5 where mode superposition is compared with the Arnoldi-based model reduction. In Fig 5 (bottom, left), the harmonic response of a hard disk drive actuator/suspension system is compared for the original model in ANSYS, the reduced model of the dimension 80 by MOR for ANSYS, and mode superposition reduced model (80 modes have been used). The difference between three models is smaller than a line thickness and to see the difference, the relative error between reduced models and the original model is presented in Fig 5 bottom right. One can clearly see that mathematicians apply model reduction better than mechanical engineers yet, on the other hand the approximation error of a mode superposition model is already good enough from an engineering viewpoint (less that 1%).

Thereafter, the next strategy could be recommended. If you are working with a mechanical model, a good starting point would be the model reduction already available in ANSYS. In this case, everything is available within a single environment and it is necessary just to employ it in practice. The command SPMWRITE (available also under GUI in Mechanical) creates a Simplorer model directly after mode analysis. Alternatively MOR for ANSYS (a part of the CADFEM Toolbox) can be used in case of other ANSYS models (thermal, piezoelectric, etc.). In any case by means of model reduction, one can bring a finite element model into system level analysis (see for example Fig 6 in case of a battery pack [4]).

InfoAuthors

Dr. Tamara Bechthold, Albert-Ludwigs-University, Freiburg i.Br., Department of Microsystems Engineering IMTEK;
Dr. Evgeny Rudnyi, CADFEM GmbH

InfoContact | CADFEM

Dr. Evgeny Rudnyi, CADFEM GmbH
Tel. +49 (0)8092-7005-82
erudnyi@cadfem.de

InfoReferences

[1] Modern Model Order Reduction (MOR) for ANSYS. Infoplaner, 2006, N 2, p. 28.
[2] From ANSYS to System Level Simulation: MOR for ANSYS. Infoplaner, 2008, N 2, p. 22-23.
[3] Efficient Electrothermal Simulation of Power Electronics, Infoplaner, 2009, N 1, p. 36-37.
[4] Electrothermal Simulation of a Battery Pack, Infoplaner, 2011, N 2, p. 22-23.
[5] Der Systemgedanke führt zum Erfolg. Infoplaner, 2011, N 2, p. 23-24.
[6] E. Rudnyi. Von der FEM- zur Systemsimulation. Mechatronik, N 10, p. 34-36, 2008.
[7] A. C. Antoulas, Approximation of Large-Scale Dynamical Systems. SIAM, 2005, ISBN: 0898715296.
[8] Z.-Q. Qu, Model Order Reduction Techniques: with Applications in Finite Element Analysis. Springer, 2004, ISBN: 1852338075

MoreInformation

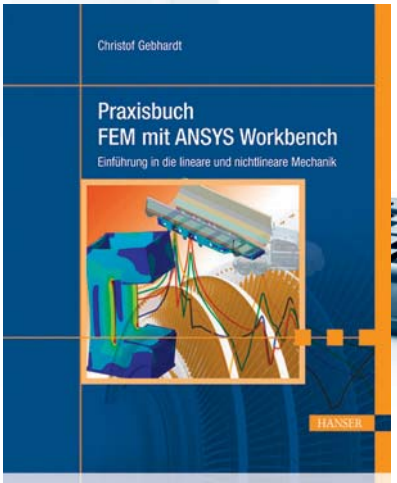
http://ModelReduction.com

Fachbücher und Software online bestellen im CADFEM Shop

www.cadfem.de/shop

Kennen Sie den Online-Shop auf der CADFEM Homepage? Hier können Sie technische Fachbücher, die Proceedings des Users' Meetings sowie einzelne Software-Produkte bestellen.

Bilder: Horiyan, Sergii Korolko/shutterstock.com



Praxisbuch

FEM mit ANSYS Workbench

Einführung in die und nichtlineare Mechanik

Dieses Hanser-Fachbuch von CADFEM Mitarbeiter Christof Gebhardt richtet sich an Ingenieure und technisch Verantwortliche aus der Entwicklung. Auf leicht verständliche Weise werden die Grundlagen der FEM vermittelt und die Anwendungsgebiete lineare und nichtlineare Statik sowie lineare und nichtlineare Dynamik erläutert.
Der Schwerpunkt des Buches liegt auf der praktischen Anwendung von ANSYS Workbench. Dazu gehören die geeignete Vernetzung, die Definition und Kontrolle von Last- und Lagerbedingungen, aber auch die Wahl des passenden Berechnungsansatzes.
Zwanzig umfangreiche Übungen zeigen typische Vorgehensweisen z. B. für die Berechnung von Kerbspannungen und Schraubverbindungen, die Abbildung hyperelastischen und plastischen Materialverhaltens oder die Untersuchung von Schwingungen und instationären Vorgängen. Organisatorische Themen wie Training, Qualitätssicherung und Hardware-Konzepte runden den Inhalt ab.

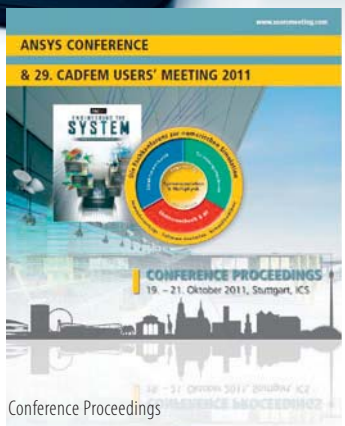
Alle Artikel können natürlich auch per Post, Fax oder E-Mail bei der CADFEM GmbH, Grafing, bestellt werden.

Kontakt | CADFEM Shop

Sabine Gerlmaier, CADFEM GmbH
Tel. +49 (0)8092-7005-15
sgerlmaier@cadfem.de

www.cadfem.de/shop

- LS-DYNA für Hochschulen (Jahresmiete)
- LS-DYNA/ED (Jahresmiete)



Conference Proceedings

ANSYS Conference & 29. CADFEM Users´ Meeting

19. - 21. Oktober 2011 in Stuttgart

Die Unterlagen zu einem Großteil der Beiträge und Kompaktseminare unserer großen Anwenderkonferenz geben einen hervorragenden Überblick über das Spektrum der numerischen Simulation im Allgemeinen und der von ANSYS im Besonderen.

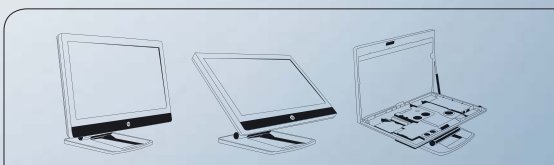
HP empfiehlt Windows® 7 Professional.

All-in-one, Workstation inside

Die neue HP Z1 Workstation.
Power ohne Tower.

Die All-in-One HP Z1 Workstation mit Intel® Xeon® E3-1240 Prozessor der 2. Generation, Original Windows® 7 Professional und brillant auflösendem 68,6 cm (27“) LED-Display repräsentiert das Nonplusultra an Leistung und Design.

Professionelle NVIDIA® Grafik, ISV-zertifiziert und mit der Eleganz eines AiO-Gerätes, definiert die HP Z1 Workstation neue Standards.



Die HP Z1 Workstation lässt sich werkzeuglos aufrüsten – quasi per Knopfdruck[1]

Erleben Sie die HP Z1 Workstation auf hp.com/de/workstations

intel inside Xeon

Everybody On hp

1 Alle Spezifikationen entsprechen den typischen Spezifikationen der Komponentenzulieferer von HP; die tatsächliche Leistung kann im Toleranzbereich variieren.

© Copyright 2012 Hewlett-Packard Development Company, L. P. Änderungen vorbehalten. Intel, das Intel Logo, Intel Inside, das Intel Inside Logo, Xeon und Xeon Inside sind Marken der Intel Corporation in den USA und anderen Ländern. Microsoft und Windows sind eingetragene Warenzeichen der Microsoft Corporation.

ADRESSEN CADFEM® UND PARTNER

Deutschland

CADFEM GmbH
Zentrale Grafing 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

Geschäftsstelle Berlin
Breite Straße 2a
13187 Berlin
Tel. +49 (0) 30-4 75 96 66-0
Fax +49 (0) 30-4 75 96 66-21

Geschäftsstelle Chemnitz
Cervantesstraße 89
09127 Chemnitz
Tel. +49 (0) 371-33 42 62-0
Fax +49 (0) 371-33 42 62-99

Geschäftsstelle Dortmund
Carlo-Schmid-Allee 3
PHOENIX-West Park
44263 Dortmund
Tel. +49 (0) 231-4 77 30-71 46
Fax +49 (0) 231-4 77 30-71 44

Geschäftsstelle Frankfurt
c/o Ingenieurbüro Huß & Feickert
Im Kohlruß 1
365835 Liederbach
Tel. +49 (0) 61 96-670 71-20
Fax +49 (0) 61 96-670 71-28

Geschäftsstelle Hannover
Pelikanstr. 13
30177 Hannover
Tel. +49 (0) 511-39 06 03-0
Fax +49 (0) 511-39 06 03-25

Geschäftsstelle Stuttgart
Leinfelder Str. 60
70771 Leinfelden-Echterdingen
Tel. +49 (0) 711-99 07 45-0
Fax +49 (0) 711-99 07 45-99

International

Schweiz
CADFEM (Suisse) AG
Zentrale Aadorf
Wittenwilerstraße 25
8355 Aadorf
Tel. +41 (0) 52-368-01-01
Fax +41 (0) 52-368-01-09
info@cadfem.ch
www.cadfem.ch

Geschäftsstelle Mittelland
Privatstrasse 8
4563 Gerlafingen
Tel. +41 (0) 32-675-80-70
Fax +41 (0) 32-675-80-74

Bureau Lausanne
Avenue de la Poste 3
1020 Renens
Tel. +41 (0) 21-6 14 80-40
Fax +41 (0) 21-6 14 80-49

Österreich
CADFEM (Austria) GmbH
Wagenseilgasse 14
1120 Wien
Tel. +43 (0)1-5 87 70 73
Fax +43 (0)1-5 87 70 73-19
info@cadfem.at
www.cadfem.at

Tschechien/Slowakei
SVS FEM s.r.o. (CADFEM CZ)
Skrochova 42
61500 Brno
Tel. +42 (0) 543-254 554
Fax +42 (0) 543-254 556
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
Fax +48 (0) 3 27 68 36-35
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

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

CADFEM Technology India PVT Ltd.
Pune
info-cft@cadfem.in
www.cadfem.in

USA
CADFEM US, Inc.
CU-ICAR Partnership Office
Greenville, SC
matthias.alberts@cadfem-us.com
www.cadfem-us.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