www.cadfem.de

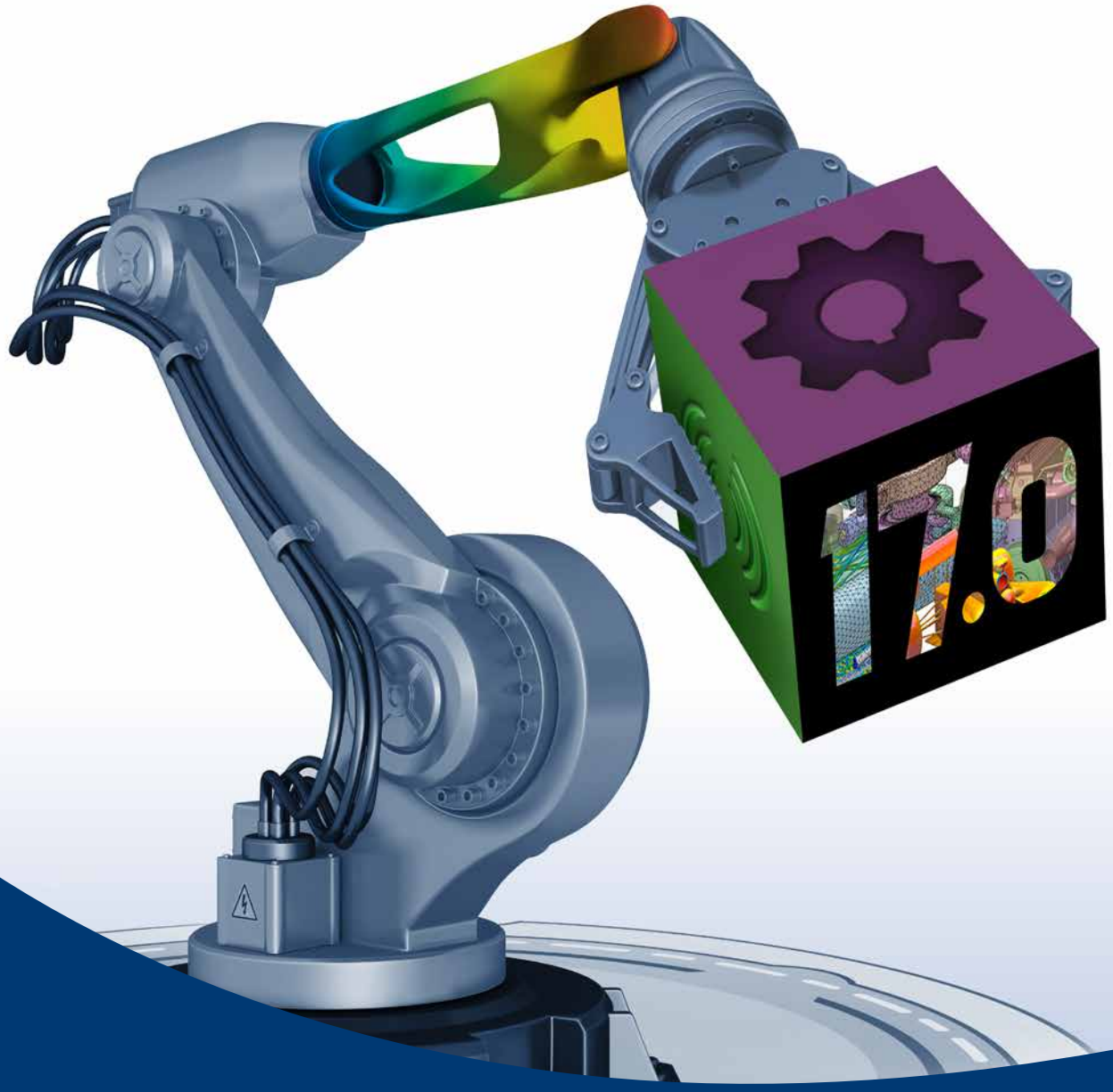
Ausgabe 1 I 2016

CADFEM® JOURNAL

Simulation ist mehr als Software®

Mit ANSYS alles im Griff

- Topologieoptimierung und additive Fertigung
- Thermomechanische Zuverlässigkeit von Leiterplatten
- Systemsimulation mit Modelica und FMI



Aktuelle Informationen zur Simulation in der Produktentwicklung

34. CADFEM ANSYS SIMULATION CONFERENCE

Die Fachkonferenz zur Numerischen Simulation in der Produktentwicklung

5.–7. Oktober 2016, Nürnberg

Vom 5.–7. Oktober 2016 dreht sich in Nürnberg alles um den aktuellen Stand der Simulationstechnologie und die ANSYS Programmfamilie. Wir laden Sie herzlich ein, als Vortragender, Teilnehmer oder Aussteller mit dabei zu sein.

www.simulation-conference.com

Bis **18. APRIL 2016** Frühbuchervorteile sichern & Vortrag einreichen!

Besuchen Sie auch unsere Veranstaltungen in Österreich und in der Schweiz / Linz, 21. / 22. April 2016, www.usersmeeting.at / Winterthur, 16. Juni 2016, www.usersmeeting.ch

CADFEM® ANSYS®

Innovative Technologie, produktive Zusammenarbeit

Das Jahr 2016 startet frisch und kraftvoll. ANSYS, Inc. hat die größte und leistungsfähigste Produktgeneration seit seiner Gründung vor über 40 Jahren auf den Markt gebracht. CADFEM, seit über 30 Jahren enger ANSYS Partner, positioniert sich im Simulationsgeschäft breiter und stärker als je zuvor. Die Früchte der Produktinnovationen der neuen Version ANSYS 17 sind vielfältig und für Sie, unsere Kunden, unmittelbar nutzbar.

Schon die im vergangenen Jahr erschienene Version ANSYS 16 mit einer Vielzahl von technologischen Neuerungen hatte es in sich. Unter anderem wurde ANSYS durch die Verknüpfung von Hardware- und Software-Lösungen fit für Industrie 4.0 Anwendungen. Die jetzt erschienene Version ANSYS 17 eröffnet weitere neue Möglichkeiten. Mit der einfachen Formel „10x“ fasst ANSYS, Inc. das überzeugende Ergebnis der intensiven Entwicklungsarbeit zusammen. Denn das unangefochtene Highlight der Version 17 ist die Verbesserung der Effizienz und Schnelligkeit, sowohl bei der Bearbeitung der Modelle als auch bei der Berechnung und Ergebnisdarstellung. Damit werden auch sehr große und komplexe Modelle realitätsnah beschreibbar und liefern dem Ingenieur unmittelbar aussagekräftige Ergebnisse.

Neben der Weiterentwicklung der ANSYS Simulationsplattform investieren wir in gut geschultes Personal für technischen Support und Vertrieb. Mit unserem weltweit etablierten „ANSYS Elite Partner Programm“ investieren wir darüber hinaus in unsere Partner – ein integraler Bestandteil unseres Geschäftsmodells. Wir möchten sicherstellen, dass unsere Technologie von fachkundigen und industrieaffinen Experten betreut wird, um innovative und qualitätsbewusste Produktentwicklung in den jeweiligen Industrien voranzutreiben. Unser Zertifizierungsprogramm unterstützt unsere Partner, sodass ein effektiver Einsatz unserer Simulationstechnologien abgesichert wird.

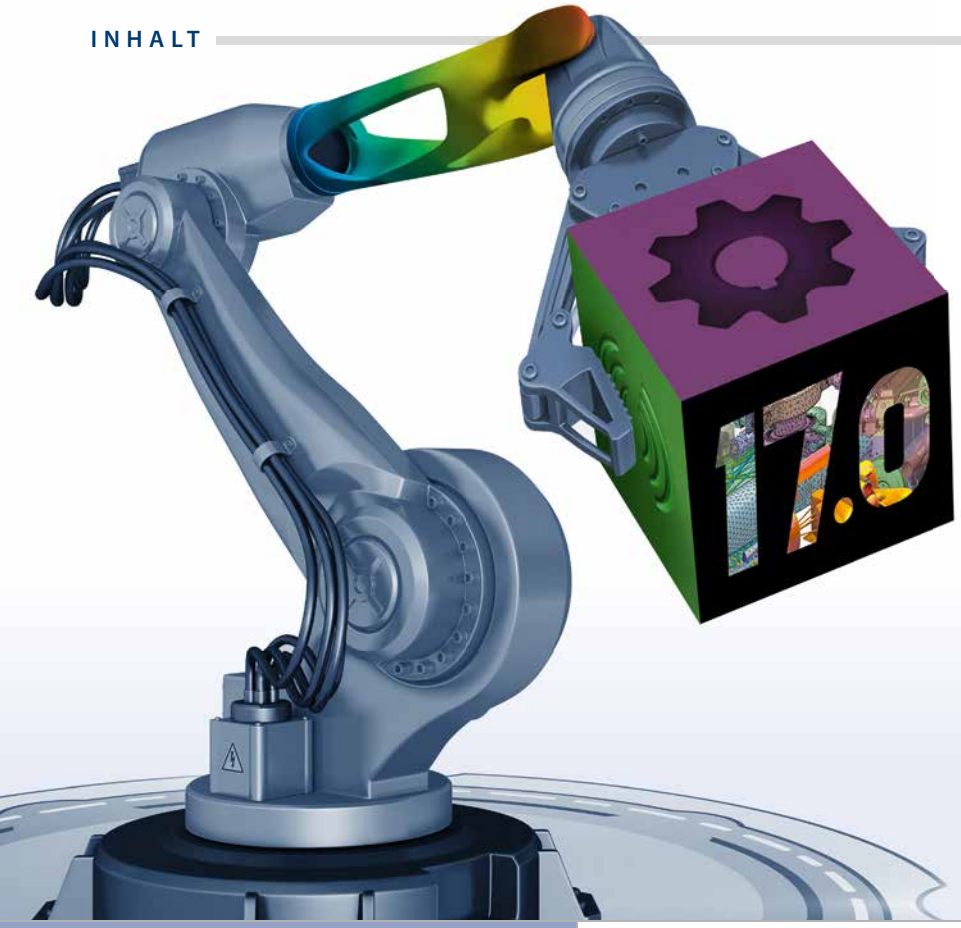
Dr.-Ing. Albrecht Gill
ANSYS Director EMEA Channel

Die Aktivitäten von CADFEM gehen jedoch weit darüber hinaus. Wir sind in der begünstigten Lage, dass mit CADFEM, unserem stärksten Partner im Netzwerk, eine langjährige und vertrauensvolle Erfolgspartnerschaft besteht. Bei Umfragen zur Kundenzufriedenheit schneidet CADFEM weltweit am besten ab und ist nicht nur deshalb ein Vorbild im gesamten ANSYS Umfeld.

> „ANSYS und CADFEM verbindet eine langjährige und vertrauensvolle Erfolgspartnerschaft.“
>
> Dr.-Ing. Albrecht Gill
> ANSYS Director EMEA Channel

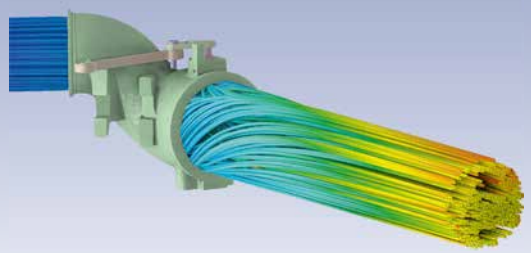
Nun positioniert sich CADFEM mit einem noch größeren Angebot und entwickelt sich im Rahmen unseres neuen GoTo Market Modells vom Kompetenzzentrum Strukturmechanik zum umfassenden ANSYS Multiphysics Partner. CADFEM hat dazu in neue Mitarbeiter und zusätzlichen Know-how-Aufbau investiert und so weitere Kompetenzen dazugewonnen, unter anderem in den Bereichen Strömungssimulation, Optimierung, Systemmodellierung und elektronische Anwendungen.

Sowohl Kunden im Mittelstand als auch Großunternehmen profitieren vom umfassenden Dienstleitungsangebot, das CADFEM als Systemhaus und Ingenieurdienstleister aus einer Hand anbietet. CADFEM erweitert sein bisher schon starkes Profil und unterstreicht damit seinen Leitsatz „Simulation ist mehr als Software“.



Greifbare Vorteile: Das bringt ANSYS 17

Mit „10x“ fasst ANSYS, Inc. die Weiterentwicklungen der Ende Januar veröffentlichten Version 17 zusammen. 10x steht für einen massiven Ausbau von Leistung, Produktivität und Werkzeugen für detaillierte Analysen. Eine der herausragenden Neuerungen in ANSYS 17 ist die Topologieoptimierung. Sie ermöglicht Gewichtseinsparungen bei gleichzeitiger Steigerung der Lebensdauer.
Ab Seite 16



ANSYS AIM überzeugt in der Praxis

Eigentlich suchten die Produktentwickler von Klubert+Schmidt eine in ihr CAD-System integrierte Simulationssoftware zur Strömungsanalyse. Aber nachdem CADFEM ihnen die neuartige Multiphysik-Simulationssoftware ANSYS AIM präsentierte, kam alles ganz anders.
Ab Seite 36

CADFEM

06 CADFEM im Porträt:
Produkte, Service und Wissen für Ihren Simulationserfolg

08 CADFEM International – Spezialist für mathematische und numerische Modelle
inuTech: Innovative Numerische Technologien

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

TITELTHEMA: NEU IN ANSYS 17

16 Greifbare Vorteile: Das bringt ANSYS 17

18 Mehrkörpersimulation jetzt auch mit Elastizität
ANSYS bringt Flexibilität

20 Grundlagen und Einsatzbereiche der Topologieoptimierung
ANSYS mit integrierter Topologieoptimierung

22 Anwendungsbeispiele zeigen vielfältigen Nutzen
Topologieoptimierung für additive Fertigung

24 Simulation von spröden und porösen Werkstoffen
Neue geomechanische Materialmodelle

26 Thermomechanische Zuverlässigkeitsanalysen
ECAD-Trace-Mapping für Leiterplatten und Packages

28 Maxwell: mehr Funktionen – weniger Rechenzeit
Vereint im „ANSYS Electronics Desktop“

30 Von der Komponente zum System
ANSYS meets Modelica & FMI

33 ANSYS AIM – umfassend, intuitiv, automatisiert
Produktsimulation für jeden Ingenieur

34 ANSYS Mechanical: weniger Module – mehr Funktionalität
Neue Ordnung im Portfolio

Mehrphasen-CFD-Analyse zur Schadstoffreduzierung

Die FES GmbH Fahrzeug-Entwicklung Sachsen positioniert sich als erfolgreicher Dienstleister im Automobilbereichen und setzt dafür verstärkt Simulationssoftware ein. Der CFD-Einsatz reicht von stationären Analysen zur Auslegung und Optimierung von Abgasanlagen bis hin zu instationären Mehrphasen-Analysen zur Befüllung von Tanksystemen.

Ab Seite 38

ANSYS IN DER PRAXIS

36 Klubert+Schmidt: Mit Multiphysik-Simulation mehr Wissen über eigene Produkte
ANSYS AIM überzeugt in der Praxis

38 FES: Befüllung von SCR-Tanksystemen unter Extrembedingungen
Mehrphasen-CFD-Analyse zur Schadstoffreduzierung

40 Suter Racing: Simulation und Versuch gemeinsam erfolgreich
Berechnung eines Getriebes mit Gehäuse und Verzahnung

CADFEM PORTFOLIO

44 **Von guten Ideen zu erfolgreichen Innovationen**
Unser ANSYS Angebot
Komplementäre CAE-Software

46 CADFEM ANSYS Extensions
Engineering-Werkzeuge von CADFEM für ANSYS

48 **Hardware und IT-Lösungen**

WISSEN

49 Experten aus Wissenschaft und Industrie
Unabhängige CAE-Beratung

50 Berufsbegleitend zum Experten für Strömungssimulation
Zertifikatsstudium CAS Computational Fluid Dynamics

51 Medizinische Grundlagen vereint mit Best-Practice-Wissen aus der Simulation
Zertifikatsstudium Simulation in Human Medicine

RUBRIKEN

03 Editorial
ANSYS und CADFEM

02 34. CADFEM ANSYS Simulation Conference vom 5. bis 7. Oktober 2016 in Nürnberg

42 CADFEM Empfehlung: Ein Besuch im Tessin
Die Sonnenstube der Schweiz

CADFEM JOURNAL

IMPRESSUM

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

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

Anzeigen:
Alexander Kunz, akunz@cadfem.de

Layout:
G&K Design, Rechtmehring

Titelbild:
shutterstock/Tatiana Shepeleva; CADFEM
Composing G&K Design

Produktion:
Bechtle Druck & Service, Esslingen
Auflage 30.000 Exemplare

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

Handelsregister-Nummer:
HRB München Nr. 75979

Geltungsbereich: weltweit

Copyright:
© 2016 CADFEM GmbH. Alle Rechte vorbehalten.

Gedruckt in Deutschland.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen und Handelsnamen in dieser Zeitschrift berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Namen ohne Weiteres von jedermann benutzt werden dürfen. Vielmehr handelt es sich häufig um geschützte, eingetragene Warenzeichen.

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung ohne Einwilligung des Herausgebers strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Irrtümer und Änderungen vorbehalten.

CADFEM®

Simulation ist mehr als Software®

Produkte, Service und Wissen für Ihren Simulationserfolg

Simulation macht heute sehr viel möglich. Weil Software allein aber noch keinen Simulationserfolg garantiert, bietet CADFEM alles, worauf es ankommt, aus einer Hand: Software und IT-Lösungen. Beratung, Support, Engineering. Know-how-Transfer.

Die CADFEM GmbH wurde im Jahr 1985 gegründet und zählt zu den Pionieren der Anwendung Numerischer Simulation in der Produktentwicklung. Die praktische Nutzung der Technologie in Wirtschaft und Wissenschaft wurde seitdem kontinuierlich begleitet und vorangetrieben. Das CADFEM Spektrum aus Produkten, Serviceleistungen und Wissensangeboten ergibt maßgeschneiderte Simulationslösungen für Kunden aus Industrie, Forschung und Lehre.

Heute ist CADFEM weltweit aktiv und mit 11 Standorten und 220 Mitarbeitern in Deutschland, Österreich und der Schweiz einer der größten europäischen Anbieter für Simulationslösungen. Seit Firmengründung arbeiten wir eng mit ANSYS zusammen, dem weltweit größten, unabhängigen Anbieter von Simulationssoftware. CADFEM ist mit 130 ANSYS Spezialisten einer von insgesamt fünf ANSYS Elite Channel Partnern, der einzige in Europa.

InfoAnsprechpartner bei CADFEM

Deutschland | CADFEM GmbH

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

Seminare
Jan Anders Aronsson
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-15
aaronsson@cadfem.de

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

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

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

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

Schweiz | CADFEM (Suisse) AG

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

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

Simulation im Auftrag
Urs Bänninger
Tel. +41 (0) 52-3 68 01-29
urs.baenninger@cadfem.ch

Österreich | CADFEM (Austria) GmbH

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

Seminare
Johannes Raitmair
Tel. +43 (0) 5 12-31 90 56-20
johannes.raitmair@cadfem.at

Simulation im Auftrag
Dr.-Ing. Dr. Zoltan Kocsis
Tel. +43 (0) 1-5 87 70 73-17
zoltan.kocsis@cadfem.at

Produkte
Software und IT-Lösungen

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

CADFEM ANSYS Extensions
Mit den CADFEM ANSYS Extensions kann das Spektrum von ANSYS punktuell um Anwendungen für spezielle Ingenieuraufgaben erweitert werden.

Komplementäre Software
Spezialanforderungen decken wir ab mit zu ANSYS komplementären Produkten wie LS-DYNA, AnyBody, ROCKY DEM, optiSLang, ESAComp und Diffpack. Kombiniert mit diesen Lösungen lässt sich der Nutzen von ANSYS punktuell erhöhen.

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

Hardware und IT-Lösungen
Für die schnelle Berechnung detaillierter Modelle planen, implementieren und betreuen wir IT-Lösungen von der Stand-alone-Workstation über Cluster-Lösungen bis hin zu Rechenzentren mit komplettem IT-Management.

CADFEM Cloud
Die CADFEM Engineering Simulation Cloud ermöglicht einen sicheren, flexiblen und sofort verfügbaren Zugriff auf leistungsstarke CAE-Rechenressourcen. Für HPC und andere rechenintensive Anwendungen – CADFEM Service inklusive.

Service
Beratung, Support, Engineering

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

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

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

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

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

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

Wissen
Know-how-Transfer

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

CADFEM Open House
Wählen Sie eines von zwölf Simulationsbeispielen und berechnen Sie es mit ANSYS. Jedem der bis zu sechs Teilnehmer steht dabei ein persönlicher CADFEM Experte als Tutor zur Seite.

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

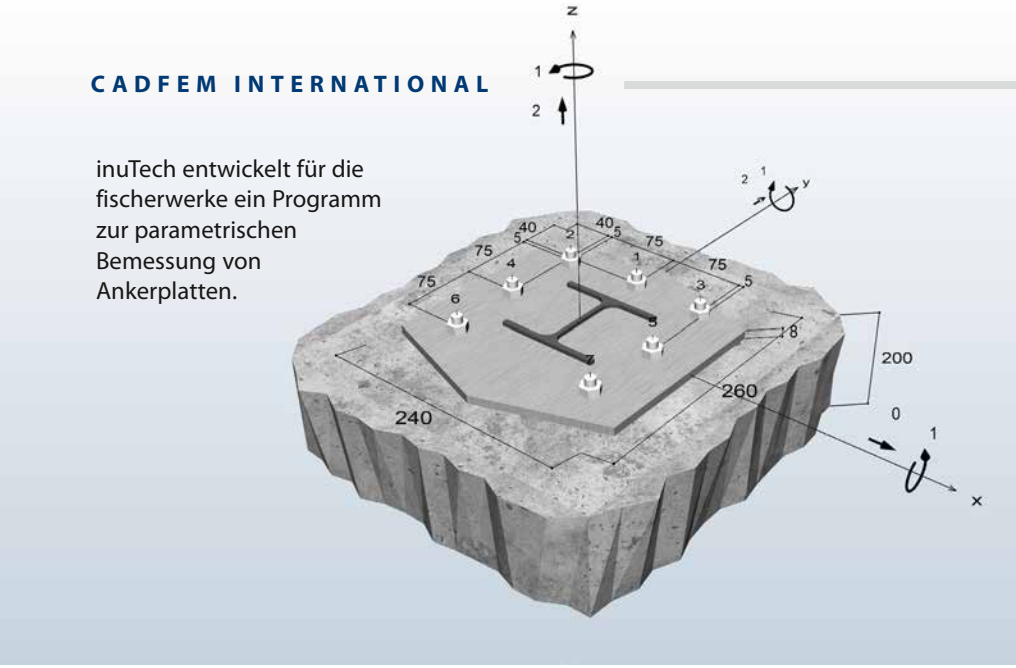
CADFEM esocaet
esocaet bietet softwareunabhängige CAE-Weiterbildung: vom Seminar bis zum akkreditierten, berufsbegleitenden Masterstudium. CADFEM esocaet ist die ideale Basis für CAE-Karriereziele.

CADFEM ANSYS Simulation Conference
Wir organisieren große Fachkonferenzen zur Numerischen Simulation in der Produktentwicklung. Seit über 30 Jahren vermitteln sie neuestes CAE-Wissen und sind mittlerweile regelmäßige Treffpunkte von mehr als 1.200 CAE-Anwendern in Deutschland, Österreich und der Schweiz.

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

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

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



inuTech entwickelt für die fischerwerke ein Programm zur parametrischen Bemessung von Ankerplatten.

Spezialisten für mathematische und numerische Modellierung

inuTech – Innovative numerische Technologien

Die inuTech GmbH mit Sitz in Nürnberg sowie einer Geschäftsstelle in Mannheim wurde im Jahr 2000 gegründet und hat sich sehr erfolgreich entwickelt. Das Unternehmen bietet Software-, Entwicklungs- und Beratungsdienstleistung im mathematischen und technischen Bereich an und verfügt über profunde Erfahrungen auf dem Gebiet der FEM-Technologie.

Das Team von inuTech besteht aus über 20 hoch qualifizierten und innovationsfreudigen Mitarbeitern. Diese verfügen jeweils über jahrelange Erfahrungen in Forschung und Entwicklung auf den Gebieten mathematischer und numerischer Modellierung mit Differentialgleichungen, im Bereich der Optimierung und optimalen Steuerung, sowie profundes Know-how im Bereich der technischen Softwareentwicklung. Das Potenzial umfasst:

Differentialgleichungen
- Entwicklung und Vermarktung der Diffpack Produktlinie
- Mathematische Modellierung und numerische Lösung von Differentialgleichungen
- Entwicklung von kundenspezifischer FEM, FDM und FV-basierter Simulationssoftware

Mathematische Optimierung
- Entwicklung und Vermarktung der NLP++ Produktlinie
- Große Auswahl verschiedener mathematischer Optimierungsalgorithmen
- Mathematische Modellierung und numerische Lösung von Optimierungsproblemen
- Entwicklung anwendungsbezogener Optimierungssoftware

Softwareentwicklung
- Umfangreiche Programmiererfahrung (C++, C#, .NET, Java, JavaScript, FORTRAN, etc.)
- Maßgeschneiderte Softwareentwicklung nach Kundenwunsch
- Integration der entwickelten Software in die Arbeitsumgebung des Kunden

inuTech arbeitet eng mit wissenschaftlichen Instituten zusammen, zum Beispiel mit der Universität in Luxemburg, der Universität Bayreuth, der University of Nottingham und der Virginia Tech University. Bekannte Unternehmen wie Airbus, fischerwerke, Lockheed Martin, Siemens, Voith Hydro und Robert Bosch sind Kunden von inuTech.

Das Unternehmen entwickelt und vermarktet auch die Produktlinien Diffpack und NLP++, die zur numerischen Modellierung, Simulation und Optimierung eingesetzt werden. Mit Diffpack können spezielle numerische Lösungen beispielsweise für Anwender von ANSYS entwickelt werden, wobei sich diese Lösungen komplett in die ANSYS Plattform einbinden lassen. In einem derzeitigen Förderprojekt zur Simulation von Hochwasser, das die CADFEM GmbH gemeinsam mit dem Institut für Wasserbau und Technische Hydrodynamik der Technischen Universität Dresden und inuTech bearbeitet, wird ein schneller Löser zur Simulation einer Hochwasserwelle entwickelt. Damit sollen Einsatzkräfte erste Informationen zur Einschätzung der Lage im Stadtgebiet von Dresden erhalten. Anschließend werden dann mit ANSYS Fluent detaillierte Untersuchungen durchgeführt.

Weitere Informationen:
www.inutech.de
www.diffpack.com

CADFEM International

In unregelmäßiger Folge stellen wir im CADFEM Journal die Partner von CADFEM International vor, mit denen wir eng zusammenarbeiten und an denen wir teilweise auch finanziell beteiligt sind. Partner von CADFEM International sind Firmen, die wie die CADFEM GmbH als ANSYS Channel Partner in anderen Ländern agieren, Dienstleistungsunternehmen auf verwandten Gebieten – zum Beispiel in der angewandten numerischen Mathematik oder der Geoinformation – Start-ups und Experten aus Wissenschaft und Industrie, die uns bei der Beratung unserer Kunden unterstützen.

Dr.-Ing. Günter Müller
CADFEM International GmbH

www.cadfem-international.com

Die CADFEM Fachkonferenzen **zur Numerischen Simulation**

Einmal im Jahr lädt CADFEM Kunden und Interessierte zur großen Fachkonferenz ein. In Deutschland, Österreich und der Schweiz, in Großbritannien und Irland, in Polen (MESco), Tschechien und der Slovakei (SVS FEM) und in Russland.

Den gemeinsamen Nenner bilden eine stets motivierende, ungezwungene Konferenzatmosphäre – und natürlich der Inhalt: Neben einem umfassenden Weiterbildungsangebot zum effizienten Einsatz von Simulationstechnologien in Forschung und Entwicklung profitieren die Teilnehmer überall vom unkomplizierten Erfahrungsaustausch mit Gleichgesinnten aus anderen Unternehmen und dem persönlichen Gespräch mit CADFEM Mitarbeitern, die sie oft „nur" von der Hotline oder aus einem Seminar kennen. Ein Konzept, das ankommt: Sämtliche Fachkonferenzen zählen mit Abstand zu den größten CAE-Veranstaltungen ihres Landes.

Deutschland
34. CADFEM ANSYS Simulation Conference
5. bis 7. Oktober 2016 in Nürnberg, NCC Ost
Die „Mutter" aller CADFEM Fachkonferenzen ist die CADFEM ANSYS Simulation Conference (CASCON). Sie ist mit regelmäßig 800 und mehr Teilnehmern die vermutlich größte jährliche CAE-Fachveranstaltung weltweit. In diesem Jahr findet sie zum ersten Mal unter diesem Namen statt, denn bisher firmierte sie unter „ANSYS Conference & CADFEM Users' Meeting" oder bei den vielen Stammgästen auch gerne schlicht als „Users' Meeting".

Bis zum 18. April 2016 können noch Vortragsangebote eingereicht und Frühbucherkonditionen genutzt werden. Das Konferenzprogramm wird Anfang Juni 2016 veröffentlicht.
www.simulation-conference.com

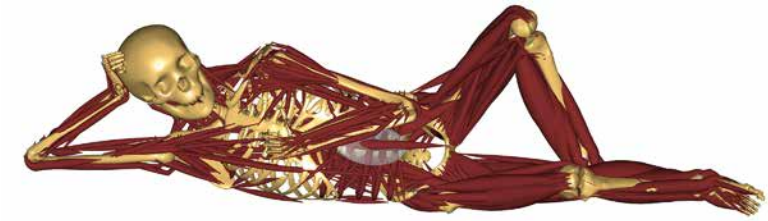
Österreich
ANSYS Conference & 11. CADFEM Austria Users' Meeting
21. bis 22. April 2016 in Linz, voestalpine Stahlwelt
Erstmals nicht in Wien, sondern in der voestalpine Stahlwelt Linz treffen sich Anwender und Neugierige aus Österreich. Am ersten Konferenztag erwarten die Teilnehmer Vorträge unter anderem von ELIN Motoren, ENRAG, ZIZALA Lichtsysteme, JKU Linz, voestalpine VAE, KTM Motorrad und am Abend ein gemütlicher Ausklang im Panorama-Café. Am zweiten Tag kann jeder selbst aktiv simulieren – es stehen dafür drei Seminare zur Auswahl: FKM-Nachweisführung, Bewertung von Schraubenverbindungen und Multiphysik-Simulation mit ANSYS AIM.
www.usersmeeting.at

Schweiz
ANSYS Conference & 21. CADFEM Suisse Users' Meeting
16. Juni 2016 in Winterthur, Technorama
Auch die Fachkonferenz in der Schweiz zieht von ihrem langjährigen Veranstaltungsort auf dem Zürichberg in eine neue Location – aus Kapazitätsgründen. 2016 lädt CADFEM ins Swiss Science Center Technorama nach Winterthur ein. Das dortige einzigartige Experimentierfeld bietet den perfekten Rahmen für eine hochkarätige Veranstaltung für Entwickler und Konstrukteure, die in der Simulation mehr als ein Experiment sehen – nämlich eine effiziente Technologie, um künftige Produkte detailliert zu verstehen und sie dadurch innovativer, zuverlässiger und kostengünstiger zu entwickeln. Bis Mitte März können noch Vorträge eingereicht werden.
www.usersmeeting.ch

Großbritannien & Irland
CADFEM UK and Ireland ANSYS Simulation Conference
October 2016 (exact date and location to be announced)
www.cadfemukandireland.com

Polen
SYMULACJA
13. bis 15. April 2016 in Serock bei Warschau
www.mesco.com.pl/symulacja2016

Tschechien & Slowakei
24. SVSFEM ANSYS User Group Meeting
1. bis 3. Juni 2016 in Dolní Morava (CZ)
www.svsfem.cz



The workshop will be free of charge and is aimed at beginners and interested people.

Workshop: **Muscoskeletal Simulation** with Anybody

Prof. Dr. Sebastian Dendorfer, Laboratory for Biomechanics, organizes a workshop about the "Musculoskeletal Simulation with the AnyBody Modeling System" from September 19 to 21 at the Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg. The course will include a review and discussion on important theoretical background but emphasis will be on practical skills to perform musculoskeletal simulation with AnyBody. The workshop will be free of charge and is aimed at beginners and interested people from academics and industry. It will give a hand-on introduction to modeling with AnyBody. More advanced users are also welcome and specialized sessions will be arranged.

More Information:
www.rcbe.de

CADFEM ANSYS Extensions für ANSYS 17 verfügbar

Die CADFEM ANSYS Extensions (siehe auch Seite 46 und 47) sind von CADFEM und Partnern entwickelte Engineering-Werkzeuge für ANSYS. Integriert in ANSYS Workbench erweitern sie den Funktionsumfang von ANSYS punktuell um spezifische Anwendungen, zum Beispiel Schraubenbewertung, FKM-Nachweis sowie Kompression und Visualisierung. Jetzt stehen die meisten Extensions auch für ANSYS 17 zur Verfügung, und zwar:

- **FKM inside ANSYS**
  Festigkeitsnachweise nach FKM mit Materialdatenbank
- **Bolt Assessment inside ANSYS**
  Automatisierte Schraubenbewertung nach VDI 2230
- **MoldSim inside ANSYS**
  Direkte Verknüpfung von Spritzgießsimulation mit ANSYS Workbench
- **Model Reduction inside ANSYS**
  Systembetrachtung von 3D-FEM-Modellen
- **C.A.V.E. inside ANSYS**
  Kompression und Visualisierung von Simulationsdateien
- **optiSLang inside ANSYS**
  Mehr Designverständnis durch Variantenuntersuchungen und Sensitivitätsanalysen (steht in Kürze für ANSYS 17 zur Verfügung)

Weitere Informationen:
www.cadfem.de/extensions

CADFEM Open House **Wir rechnen mit Ihnen 1:1**

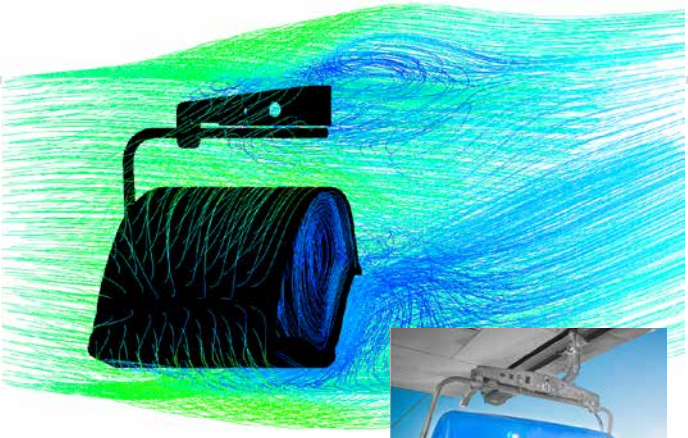
Sie haben noch nie simuliert – oder nur gelegentlich? Sie simulieren schon, aber nicht mit ANSYS? Oder Sie nutzen ANSYS bereits, möchten jetzt aber damit in einer neuen physikalischen Disziplin arbeiten? Wir zeigen Ihnen, wie es geht – und zwar 1:1. Denn im kleinen Kreis von maximal sechs Teilnehmern steht jedem ein eigener CADFEM Experte als persönlicher Tutor zur Seite. Verstehen Sie Design-Maßnahmen und Einflussgrößen anhand typischer Aufgabenstellungen bei der Entwicklung eines Produkts. Suchen Sie sich entsprechend Ihrer Anforderungen das für Sie beste Beispiel aus den 15 gebotenen Möglichkeiten heraus. Wir zeigen Ihnen daran die Fähigkeiten der Simulation mit ANSYS, eine systematische Vorgehensweise, variable Einflüsse und veränderliche Größen auf dem Weg zum optimierten Produkt.

15 Simulationsbeispiele kostenfrei an mehr als 50 Terminen.

Die Palette der Beispiele reicht von Schraubenberechnungen über Maschinenschwingungen und die Energieeffizienz eines Elektromotors bis zur Untersuchung des physikalischen Verhaltens von Hochstrom-Steckverbindern. Zu den neuen Simulationsbeispielen gehören Mehrphasenströmung, Fluid-Struktur-Interaktion, Topologieoptimierung, Implantatberechnung und Partikelsimulation.

Für einen ersten Überblick sind die CADFEM Open House Veranstaltungen perfekt. Wenn Sie jedoch tiefer in spezifische Simulationsthemen einsteigen wollen, nutzen Sie unser umfassendes Seminarangebot zu ANSYS und CAE.

Weitere Informationen:
www.cadfem.de/openhouse



Streamline-Plot bei Anströmung der Wetterschutzhaube von vorne.

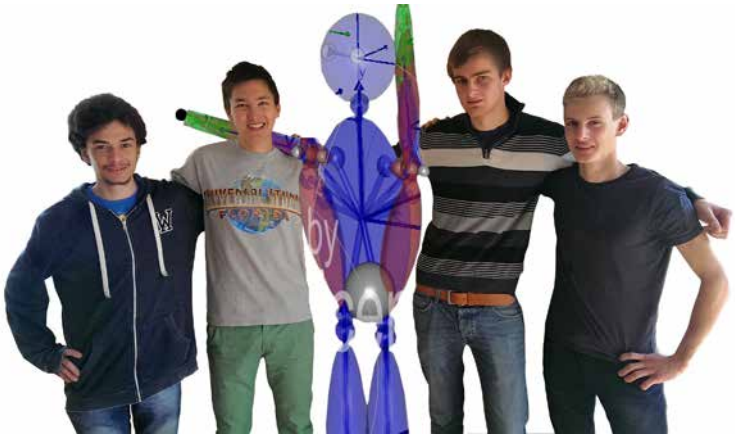
Doppelmayr vertieft Erfahrungen mit **Strömungssimulationen**

Bei der Entwicklung von Seilbahnen stehen vor allem die Sicherheit und der Komfort für die Fahrgäste im Vordergrund. Steigende Anforderungen an die Förderleistung und Verfügbarkeit der Anlagen spielen ebenfalls eine entscheidende Rolle. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, setzt die Doppelmayr Seilbahnen GmbH seit Jahren auf strukturmechanische Simulationen mit ANSYS. Neu evaluierte der Seilbahnhersteller den Einsatz von Strömungssimulationen. Dabei wurde, im Rahmen einer Masterarbeit das aerodynamische Verhalten eines Seilbahnsessels mit Wetterschutzhaube mit ANSYS Fluent berechnet.

Die Simulationsergebnisse wurden mit realen Versuchen im Windkanal abgeglichen. Nach der Berechnung verschiedener Varianten konnte der Autor der Masterarbeit, René Passler von Doppelmayr, ein positives Fazit ziehen: „Zusammenfassend kann man sagen, dass die ermittelten Kraftbeiwerte aus den Simulationen sehr gut mit den vorliegenden Ergebnissen aus dem Windkanalversuch korrespondieren. Mit dem entwickelten Vergleichs- beziehungsweise Analysewerkzeug können die Auswirkungen von Anpassungen an Seilbahnsesseln im Vorfeld abgeschätzt werden."

Weitere Informationen:
www.cadfem.ch

Grafinger Abiturienten bei den Vorrundensiegern



Ein Teil der Grafinger Abiturienten beschäftigte sich mit den Gelenk- und Muskelkräften beim Klimmzug.

Um den P-Seminar-Preis 2014/2016, den das bayerische Kultusministerium ausgeschrieben hat, bewarben sich Abiturienten aus einer Vielzahl von P-Seminaren. Grafinger Abiturienten starteten mit einer „Mehrkörpersimulation am Beispiel von Gelenk- und Muskelkräften mit Anybody", für die CADFEM die Partnerschaft übernahm, in den Wettbewerb.

Nun gehören die Abiturienten aus Grafing zu den 24 besten Vorrundensiegern des P-Seminar-Preises 2014/16, mit dem besonders gelungene Projekte ausgezeichnet werden. Den Grafingern ist somit ein Preisgeld von 200 Euro bereits sicher, aber vielleicht sind sie ja auch dabei, wenn am 11. April die vier besten Teams auf Landesebene gekürt werden.

Weitere Informationen:
Rosi Jahn, CADFEM GmbH
rjahn@cadfem.de

3. NAFEMS DACH Regionalkonferenz:

unabhängig – übergreifend – neutral

NAFEMS

Die internationale und unabhängige Interessensvertretung der Anwender numerischer Simulationsmethoden

Berechnung und Simulation: Anwendungen – Entwicklungen – Trends

25. - 27. April 2016, Bamberg

- Plenarvorträge u. a. von: Adam Opel, Audi, Daimler, DLR, John Deere, Stadler Rail, Universität Erlangen-Nürnberg, ...
- +90 Fachvorträge aus Industrie, Forschung und Lehre
- Spezialforum: Additive Fertigung / 3D-Druck
- Workshops und Diskussionsrunden
- Umfangreiche Hard- und Softwareausstellung
- Schulungen
- Für NAFEMS-Mitglieder (frei*) und Nichtmitglieder

Jetzt Mitglied werden: www.nafems.org/join

Jetzt anmelden: www.nafems.org/dach2016

* unter Verwendung von vier NAFEMS seminar credits.

TechNet Alliance – **A Global CAE-Network**

The Spring Meeting 2016 of TechNet Alliance will take place in Copenhagen, Denmark.

Aiming for a longstanding relationship, the TechNet Alliance was founded by ANSYS Channel Partners in 1998 and has grown into a worldwide network of CAE companies. In addition to members offering solutions for the CAE market (Principal Members) the network also includes companies supporting business activities (Business Support Members). CAE Experts from customers (Corporate Members), as well as worldwide acknowledged professors and retired CAE managers (Honorary Members).

TechNet Alliance meets twice a year to share experience and knowledge, to jointly engage in new business, to visit technical sites, and last but not least enjoy a dinner in a selected restaurant.

Our Fall Meeting 2015 was held in Cascais close to Lisbon, Portugal and attracted 55 attendees from 21 countries in Europe, Asia, America and Africa. Focus of the presentation topics was the role of simulation in the realm of IoT (Internet of Things) and Additive Manufacturing.

A keynote speech on High Performance Computing in Simulation and its Application in Human Heart Modeling was given by Professor Michael W. Gee from the Technical University of Munich. We are very pleased that Professor Gee accepted to become an Honorary Member of TechNet Alliance. His area of expertise focuses on the development of efficient methods for numerical simulation of complex mechanical and physical phenomena. In this context his primary focus is on methods for computational structural and fluid mechanics, frictional contact, algebraic multigrid, multiphysics coupled problems, and recently in inverse, control and uncertain problems. In terms of applications he focuses on interdisciplinary projects in biomechanics and mechanobiology, medical device development and aerospace applications.

The Spring Meeting 2016 of TechNet Alliance will take place in Copenhagen, Denmark on April 8 to 9. The topic of this meeting will focus on Simulation Driven Product Development. Members as well as interested representatives from industry and science are welcome to attend and give a presentation.

More Information:
www.technet-alliance.com
info@technet-alliance.com

Beratung zum strategischen Simulationseinsatz

Dipl.-Ing. Thomas Stark wird ab April 2016 als Mitarbeiter von CADFEM einen neuen Bereich aufbauen, der sich auf die CAE-Beratung von Unternehmen konzentriert. Schwerpunkte werden die Einführung sowie die Optimierung des Simulationseinsatzes im Produktentwicklungsprozess sein. Dazu gehören auch die Balance zwischen Simulation und Test, Outsourcing-Strategien sowie die Koordination international verteilter Simulationsteams und deren Wissensmanagement. Grundlage des Beratungskonzeptes bilden Methoden zur Erfassung und Verbesserung des Beitrags der Simulation zum Entwicklungsergebnis.

Dipl.-Ing. Thomas Stark

Thomas Stark studierte Luft- und Raumfahrttechnik in Stuttgart und war zunächst als Berechnungsingenieur in einem süddeutschen Automobilentwicklungszentrum beschäftigt. Anschließend wechselte er zu einem international führenden Hausgerätekonzern und war dort in mehreren Funktionen im CAD- und Berechnungsumfeld tätig, zuletzt als weltweit verantwortlicher CAE-Manager für die Produktgruppe Waschen und Trocknen.

Weitere Informationen:
Dr.-Ing. Jürgen Vogt, CADFEM GmbH
jvogt@cadfem.de

Peter Tiefenthaler *29.10.1962 † 11.01.2016

CADFEM Mitarbeiter der ersten Stunde

Am 11. Januar 2016 ist unser Kollege Peter Tiefenthaler nach langer Krankheit gestorben. Es ist uns ein besonderes Anliegen, Peter Tiefenthaler zu würdigen, nicht nur weil er einer der ersten Mitarbeiter von CADFEM war, sondern auch und vor allem, weil er ein herausragender Mitarbeiter mit hoher fachlicher Kompetenz, Freundlichkeit und menschlicher Wärme war. Ein positiv denkender Mensch mit viel Humor und bayerischer Gelassenheit.

Mit Peter Tiefenthaler verbindet CADFEM eine lange gemeinsame Zeit, es war die Hälfte seines Lebens. Schon während seines Maschinenbaustudiums hat Peter Tiefenthaler als Praktikant bei CADFEM gearbeitet und eine sehr gute Diplomarbeit über ein anspruchsvolles Thema geschrieben. CADFEM wollte sich einen so talentierten Ingenieur nicht entgehen lassen und hat ihm eine Anstellung als Berechnungsingenieur angeboten. Peter Tiefenthaler hat dieses Angebot angenommen – eine mutige Entscheidung, denn CADFEM wurde erst zwei Jahre zuvor gegründet und hatte nur drei Mitarbeiter.

Peter Tiefenthaler hat im Laufe der Zeit verschiedene Aufgaben übernommen. Das war für ihn kein Problem, da er sich schnell in neue Themen einarbeiten konnte. In der Administration hat er eine neue Software zur Beschleunigung der Prozesse eingeführt und betreut, im Vertrieb die Kunden hervorragend, vertrauensvoll und ehrlich beraten, im Support hilfreiche Tipps gegeben und in Seminarvorträgen Sachverhalte klar und überzeugend dargestellt.

Mit seinem Wissen und seiner kommunikative Stärke ist es ihm immer gelungen, unsere Kunden für Simulation zu begeistern und zum Erfolg zu führen. Das Wachstum von ANSYS HPC bei CADFEM ist zum großen Teil ihm zu verdanken. Unsere Kunden haben ihn hochgeschätzt.

Bei CADFEM hat er mit seiner Freundlichkeit und Kollegialität für ein angenehmes Betriebsklima gesorgt. Seine Hilfsbereitschaft hat dazu beigetragen, dass jeder Mitarbeiter sich schnell bei uns wohlgefühlt hat. Markus Dutly, unser Kollege von der CADFEM (Suisse) AG schrieb nach Erhalt der traurigen Nachricht: „Peter war der erste CADFEM Kontakt, den ich hatte – und vielleicht auch ein wenig wegen ihm und dem ersten Weißbier, das ich mit ihm trank, bin ich bei CADFEM gelandet."

Peter Tiefenthaler war ein geselliger Mensch. Gern denken wir an die legendären Geburtstagsfeiern am 29. Oktober, die oft in die Zeit unserer jährlichen Kundenkonferenz fielen. Seine humorvollen Beiträge sorgten für allerbeste Stimmung bei den Feierlichkeiten im Hotelzimmer, die sich oft bis in die frühen Morgenstunden hinzogen. Die frühen Mitarbeiter von CADFEM erinnern sich noch gut an die Hochzeitsfeier in Tuntenhausen oder die Einladung in sein neu erbautes Haus im Heimatort mit Blick auf den Wendelstein.

Er war auch ein leidenschaftlicher Sportler und wird uns als Erfinder der ‚Radl-Matrix' in Erinnerung bleiben. Mit Hingabe hat er Mountainbike-Touren in den bayrischen Bergen organisiert und uns – fit wie er war – lächelnd über viele Höhenmeter zur zünftigen Brotzeit geführt.

Auf den Erhalt der bayerischen Tradition, in der er stark verwurzelt war, hat er immer großen Wert gelegt. Auf Wunsch trat er weltweit in Lederhosen auf und hat damit der Firma zu einem gewissen Alleinstellungsmerkmal verholfen. Peter Tiefenthaler hatte das Zeug für einen Geschäftsführer. Da er aber auch im Privaten viel beschäftigt war, zum Beispiel „seinen Wald bewirtschaftete", hat er keine Managerposition angestrebt. Er hat wohl immer schon gewusst, was wirklich wichtig ist im Leben und ließ sich durch nichts abbringen. Bei ihm trifft Frank Sinatras „I did it my way" sicher mehr zu als bei den meisten.

Im Namen aller Mitarbeiter der CADFEM GmbH
Günter Müller, geschäftsführender Gesellschafter, CADFEM International GmbH
Christoph Müller, geschäftsführender Gesellschafter, CADFEM GmbH
Jürgen Vogt, Geschäftsführer, CADFEM GmbH
Erke Wang, Geschäftsführer, CADFEM GmbH

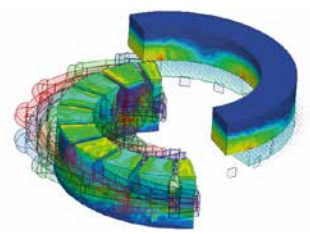
Veranstaltungen mit CADFEM

26. AUC-Workshop

Auf dem 26. Workshop des ANSYS USER Club e.V. (AUC e.V.) stehen die beiden Schwerpunktthemen „Simulationsqualität und Sensitivität“ sowie „Simulation von Kunststoffbauteilen“ im Mittelpunkt. Außerdem ist ein Besuch bei Lufthansa Technik geplant. Neuigkeiten von CADFEM und ANSYS sowie der Austausch mit anderen Anwendern und den Mitarbeitern von CADFEM und ANSYS tragen zum Gelingen der Veranstaltung bei.
www.auc-ev.de

12. bis 13. Mai 2016
in Hamburg

CADFEM EM-Symposium 2016



Das CADFEM EM-Symposium ist eine etablierte Fachveranstaltung rund um die elektromechanische Simulation. In diesem Jahr werden auch im Hinblick auf ANSYS 17.0 aktuelle Erfahrungen aus der Leistungselektronik, des Systems Engineerings und der elektrischen Antriebstechnik vorgestellt und diskutiert. Die ganztägige Veranstaltung richtet sich an Simulationsanwender und Interessierte, die Teilnahme ist nach vorheriger Anmeldung kostenfrei.
www.cadfem.de/symposium

13. April 2016
in Würzburg

8. mav Innovationsforum

Innovative Werkzeugmaschinen, Werkzeugkonzepte und Automatisierungslösungen: 40 Marktführer präsentieren hier ihre neuesten Entwicklungen und Produkte der Zukunft. An einem Tag erfahren Sie in konzentrierter Form alles, was die Metallbearbeitung voranbringt. CADFEM beteiligt sich mit dem Vortrag „Optimierung von Werkzeugmaschinen durch die Integration der Systemsimulation in den Entwicklungsprozess“ und einem Informationsstand.
www.mav-online.de/innovationsforum

14. April 2016
in Böblingen

HANNOVER MESSE

Auf der HANNOVER MESSE, der größten Investitionsgütermesse der Welt, finden Besucher alle Themen der industriellen Wertschöpfungskette vollständig an einem Ort: von der Einzelkomponente bis hin zur intelligenten Fabrik sowie Trends wie Energieeffizienz, Leichtbau und Additive Manufacturing. CADFEM präsentiert ANSYS und weitere Produkte, Services und Wissensangebote zu CAE im Bereich Digital Factory in **Halle 7 an Stand C31.**
www.cadfem.de/hannovermesse

25. bis 29. April 2016
in Hannover

Deutschsprachige NAFEMS Regionalkonferenz

In diesem Jahr findet die dritte regionale Konferenz von NAFEMS statt, der neutralen Interessenvertretung der Anwender numerischer Simulationsmethoden. Die Teilnahme ist offen für NAFEMS Mitglieder und Nichtmitglieder, wobei Mitglieder im Rahmen ihrer Mitgliedschaft gegen vier „NAFEMS seminar credits“ kostenlos teilnehmen. CADFEM beteiligt sich als Platin Sponsor mit mehreren Vorträgen und einem Informationsstand.
www.nafems.de

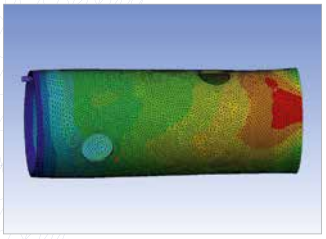
27. bis 29. April 2016
in Bamberg

Bild: shutterstock.com/Steve Mann

Kunststoffe+SIMULATION

26. bis 27. April 2016
in München

Die Fachtagung Kunststoffe+SIMULATION befasst sich mit der Simulation von Verarbeitungsprozessen und der Auslegung von Kunststoffbauteilen. Im Fokus steht die Verbesserung von Prozessen und Messmethoden, immer mit dem Ziel, die komplexen Eigenschaften von Kunststoffen in einem optimalen Bauteil umzusetzen. Gemeinsam mit der Conti Temic microelectronic GmbH beteiligt sich CADFEM mit einem Vortrag am Tagungsprogramm.
www.hanser-tagungen.de/simulation



Automotive Simulation World Congress

7. bis 8. Juni 2016
in München

Car, truck and off-highway vehicle makers and suppliers worldwide are accelerating innovation with the help of simulation to make vehicles smarter, autonomous, safer, cleaner and efficient. They gather annually at the Automotive Simulation World Congress (ASWC) to share latest advances, examples and best practices in the use of simulation for automotive innovation. Co-located event 2016: ANSYS Electronics Simulation Expo (AESE).
www.ansys.com/aswc

Rapid.Tech

14. bis 16. Juni 2016
in Erfurt

Die Rapid.Tech ist eine Fachmesse für Rapid-Technologien, die den Prozess vom Prototypen bis zur direkten Fertigung des Endprodukts darstellt. Im Mittelpunkt steht die additive Fertigung, die durch den Erfahrungsaustausch mit Konstrukteuren erfolgreich genutzt und verbessert werden. CADFEM ist vor Ort und zeigt am Stand des CAE-Forums den Mehrwert, den die Topologieoptimierung auf dem Wege der Simulation mit ANSYS liefert.
www.rapidtech.de

dynardo
dynamic software & engineering

23. – 24. Juni 2016 | cc neue weimarhalle

13. Weimarer Optimierungs- und Stochastiktage 2016

Konferenz für CAE-basierte parametrische Optimierung, stochastische Analyse und Robust Design Optimierung (RDO)

Infos & Anmeldung >> www.dynardo.de

CADFEM
Hauptsponsor

Greifbare Vorteile: Das bringt ANSYS 17

Mit „10x" fasst ANSYS, Inc. die Weiterentwicklungen der Ende Januar veröffentlichten Version 17 zusammen. 10x steht für einen massiven Ausbau von Leistung, Produktivität und Werkzeugen für detaillierte Analysen.

Eine der herausragenden Neuerungen in ANSYS 17 ist die **Topologieoptimierung.** Sie ermöglicht Gewichtseinsparungen bei gleichzeitiger Steigerung der Lebensdauer. In Verbindung mit **additiven Fertigungsverfahren** ebnet sie darüber hinaus den Weg, um den Entwicklungsprozess mit manuellen rechnerischen Nachweisen von Produkteigenschaften in einen simulationsgesteuerten Designprozess zu überführen.

Die Analyse der **Ermüdung von Elektronikkomponenten** aufgrund **thermomechanischer Spannungen** ist eine andere bemerkenswerte Weiterentwicklung, die ANSYS ab sofort zur Verfügung stellt.

Neu ist auch die ANSYS Composite Cure Simulation. Mit ihr wird der Aushärteprozess von Epoxid-Materialien und seine Auswirkungen auf Bauteileigenschaften wie etwa Verzug, Versagen, Verbrennen oder ungenügende Aushärtung untersucht. Ebenso lassen sich alternative Fertigungsprozesse bewerten.

Neben neuen Anwendungen wurden mit Version 17 auch bestehende Funktionalitäten erweitert. Dazu gehören **geomechanische Materialmodelle zur Beschreibung von spröden und porösen Werkstoffen,** also Erdreich, geklüfteter Fels, Beton, Sand oder Lehm. Auch Schäden in Composite-Materialien, die durch Ablegefehler oder Zerspanung entstehen, können realitätsgetreuer dargestellt werden.

ANSYS 17 verbessert nochmals deutlich die **gekoppelte Berechnung von Starrkörper- und FEM-Modellen.** Dadurch sind Ingenieure in der Lage, insbesondere das **dynamische Verhalten** von Baugruppen in kinematischen Ketten zu untersuchen. Je nach Fragestellung lassen sich die für die Spannungsbetrachtung relevanten Bauteile dann als **starr oder flexibel** definieren.

Die Verbesserungen betreffen auch die Simulation von **elektromagnetischen Feldern,** bei denen die Time Domain Decomposition (das simultane Berechnen mehrerer Zeitschritte) bisherige Limitationen in der Modellgröße aufhebt und zu einer deutlich höheren Rechengeschwindigkeit führt. Konsequent ist darüber hinaus die Integration der elektromagnetischen Produkte in eine gemeinsame Umgebung – den **ANSYS Electronics Desktop.**

Verbessert wurde auch die Integration offener Standards wie **Modelica oder FMI (Functional Mock-up Interface)** und damit die Möglichkeit zur engen Zusammenarbeit mit Zulieferern und Kunden. ANSYS 17 deckt damit von der Feldsimulation einer Komponente bis zur Beschreibung des Systemverhaltens die gesamte Bandbreite ingenieurtechnischer Fragen ab.

Für erhebliche Zeiteinsparungen sorgen in ANSYS 17 neue Vernetzungsoptionen, automatisierte Selektionen und Hilfestellungen bei der Strukturierung von Modellen. Hinzu kommen die Verarbeitung großer Modelle durch einen modularen Aufbau inklusive deformierter Geometrien

ANSYS 17 im Überblick

Alle Features der ANSYS 17 Programmpakete können Sie dem ANSYS 17 Capabilities Chart entnehmen. Dieses liegt für Sie auf der CADFEM Homepage zum Download bereit. Dort finden Sie auch eine ANSYS 17 Zusammenfassung in deutscher Sprache sowie Hinweise zu Installation und Lizenzierung.

www.cadfem.de/ansys-17

Bild: shutterstock.com/Tatiana Shepeleva; CADFEM

und die Handhabung der umfangreichen Datenmengen aus 3D-Scans.

Ein Blick auf das jüngste Mitglied der ANSYS Programmfamilie **ANSYS AIM** zeigt eine Erweiterung um zusätzliche Arbeitssschritte – Geometriemodellierung und Designstudien – und um weitergehende physikalische Modelle.

Last but not least: Um das Lizenzmanagement zu vereinfachen, bietet ANSYS 17 mit **Mechanical Pro, Mechanical Premium und Mechanical Enterprise** eine interessante Alternative für alle, die mehr Funktionalität bei einfacherer Produktstruktur nutzen möchten.

Update-Seminar: ANSYS Mechanical 17

Dieses eintägige Seminar macht Sie fit für ANSYS 17. Mit dem Schwerpunkt auf strukturmechanischen Anwendungen erfahren Sie anhand praxisrelevanter Beispiele, wie Sie die wesentlichen Neuerungen von ANSYS 17 für Ihre Aufgaben optimal einsetzen.

www.cadfem.de/update17-seminar

Inhalt Titelthema: Neu in ANSYS 17

Mehrkörpersimulation jetzt auch mit Elastizität
ANSYS bringt Flexibilität ..... Seite 18

Grundlagen und Einsatzbereiche der Topologieoptimierung
ANSYS mit integrierter Topologieoptimierung ..... Seite 20

Anwendungsbeispiele zeigen vielfältigen Nutzen
Topologieoptimierung für additive Fertigung ..... Seite 22

Simulation von spröden und porösen Werkstoffen
Neue geomechanische Materialmodelle ..... Seite 24

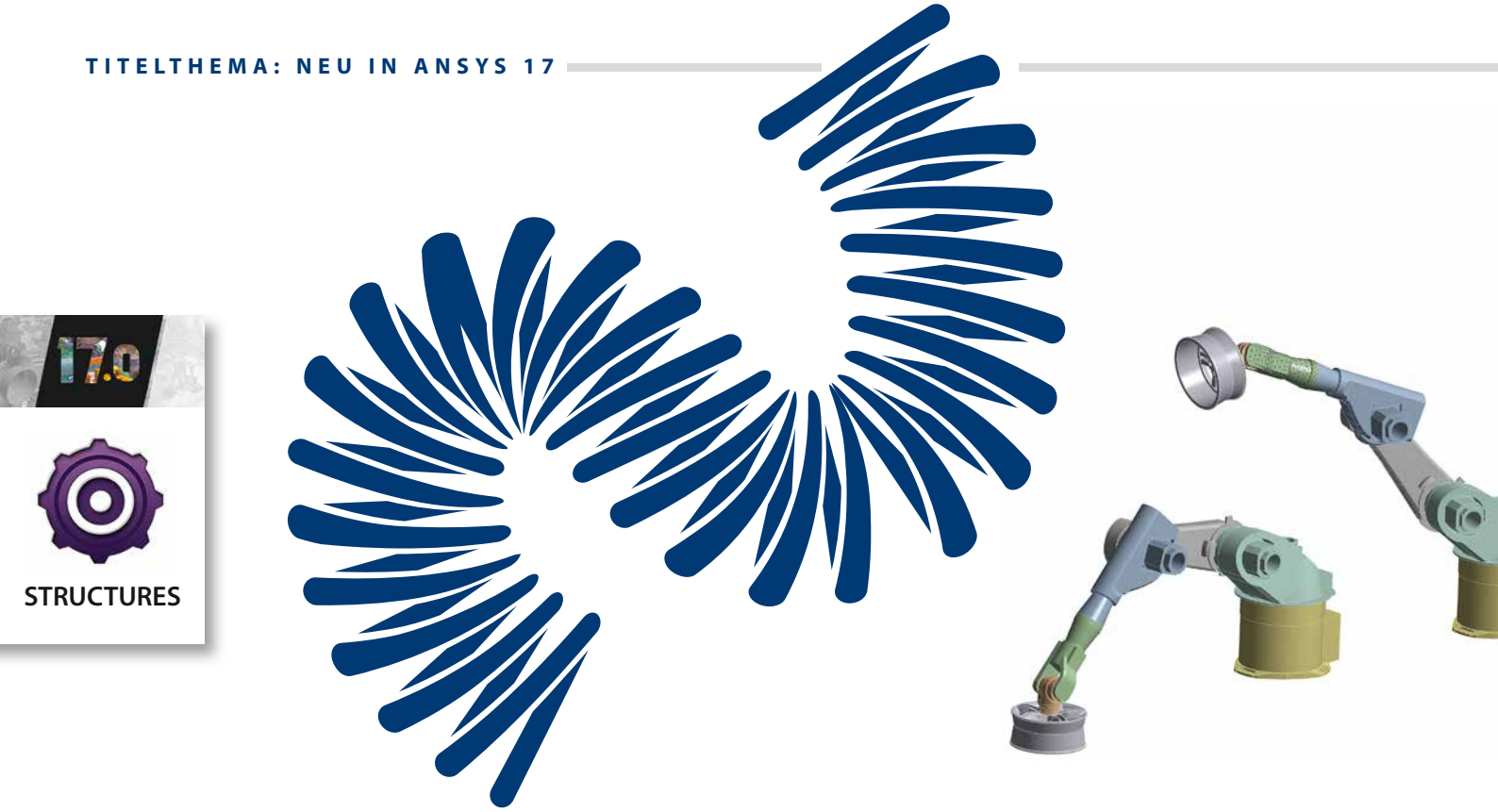
Thermomechanische Zuverlässigkeitsanalysen
ECAD-Trace-Mapping für Leiterplatten und Packages ..... Seite 26

Maxwell: mehr Funktionen – weniger Rechenzeit
Vereint im „ANSYS Electronics Desktop“ ..... Seite 28

Von der Komponente zum System
ANSYS meets Modelica & FMI ..... Seite 30

ANSYS AIM – umfassend, intuitiv, automatisiert
Produktsimulation für jeden Ingenieur ..... Seite 33

ANSYS Mechanical: weniger Module – mehr Funktionalität
Neue Ordnung im Portfolio ..... Seite 34



Mehrkörpersimulation jetzt auch mit Elastizität

ANSYS bringt Flexibilität

Die Analyse der Mehrkörperdynamik (Mehrkörpersimulation – MKS) mit ANSYS kann mittlerweile auf eine langjährige Historie zurückblicken. Erstmals in der Workbench Version 11.0 eingeführt hat sich diese Analyseart als mächtiges Werkzeug für Konstrukteure und Entwickler erwiesen. Der folgende Artikel befasst sich mit den herkömmlichen Anwendungsgebieten dieser Simulationsart sowie den Möglichkeiten, die sich aus neuen Features von ANSYS 17 ergeben.

Die Mehrkörperdynamik, ebenfalls bekannt unter dem Namen Starrkörperdynamik, beruht auf dem Prinzip, alle Bauteile vereinfacht als Starrkörper abzubilden. Der Körper wird also durch eine Punktmasse mit entsprechenden Trägheitsmomenten repräsentiert. Diese Punktmasse besitzt im dreidimensionalen Raum sechs Freiheitsgrade, drei translatorische und drei rotatorische. Das Zusammenspiel der Körper untereinander wird durch Gelenke beschrieben. Hierbei werden die sogenannten generalisierten Koordinaten eingeführt. Ein Gelenk realisiert also nichts anderes als die Beschreibung der Relativbewegung zweier Körper in einem lokalen Koordinatensystem durch die generalisierten Koordinaten.

Damit werden automatisch Zwangsbedingungen geschaffen, die in der klassischen FEM-Formulierung mit viel Aufwand verbunden sind. Als Beispiel soll hier ein einfaches Fadenpendel dienen. Während die Bewegung der Punktmasse auf der Kreisbahn normalerweise durch Sinus- und Kosinusterme realisiert würde, wird im Gegensatz dazu in der Mehrkörpersimulation nur ein lokales Koordinatensystem am Ursprung des Pendels benötigt sowie eine generalisierte Koordinate Rotation im selbigen.

Fragen zur Kinematik und Kinetik

Die Dynamik lässt sich in zwei unterschiedliche Teilgebiete gliedern, mit denen somit auch unterschiedliche Fragestellungen beantwortet werden können. Den einen Teil bildet die Kinematik, die sich mit der Berechnung von Bewegungsabläufen, sprich Wege und Rotationen sowie deren ersten und zweiten Ableitungen, beschäftigt. Dabei finden äußere Kräfte und Momente keine Berücksichtigung. Das heißt, Bewegungen des Gesamtsystems entstehen allein durch das Aufprägen von Wegen, Geschwindigkeiten oder Beschleunigungen an einzelnen Stellen. Hiermit lassen sich also Untersuchungen von Bewegungsradien und allgemeinen Bewegungsabläufen durchführen. Der zweite Teil umfasst die Kinetik, die äußere Kräfte und Momente in der Berechnung berücksichtigt. Damit kann also untersucht werden, wie sich das Gesamtsystem aufgrund von eingebrachten Kräften und Momenten bewegt.

Diese Klasse von Aufgabenstellungen lässt sich am Beispiel eines Roboterarms (Bild 1), der zur Bewegung und Positionierung von Bauteilen dient, verdeutlichen. Zum einen sind ideale Gelenkbewegungen

Bild: shutterstock.com/Dmitriy Sapolovich

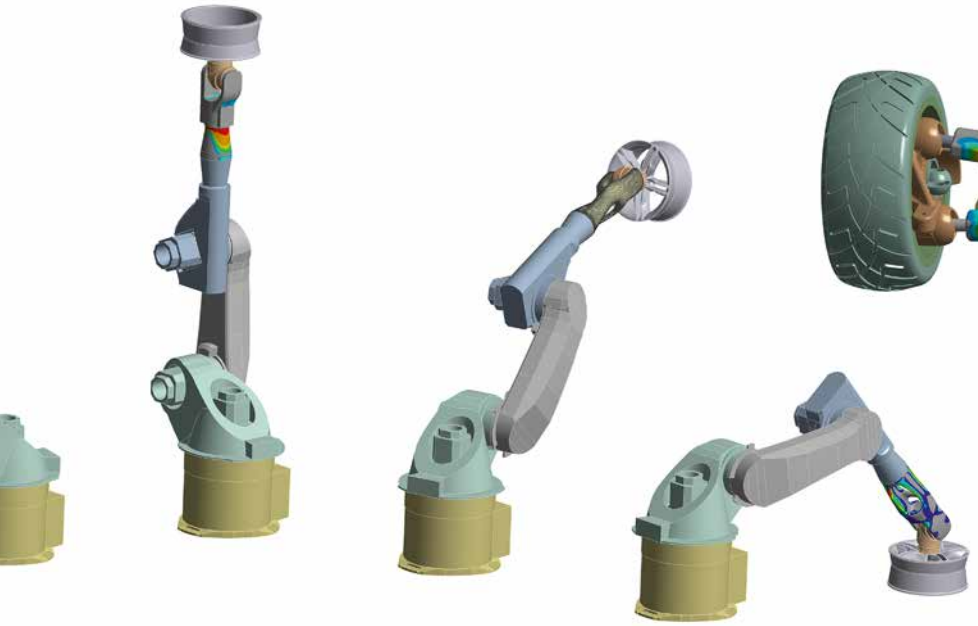


Bild 1: Mehrkörpersimulation am Beispiel eines Roboterarms, in den beiden rechten Darstellungen wurde zusätzlich eine Topologieoptimierung durchgeführt.

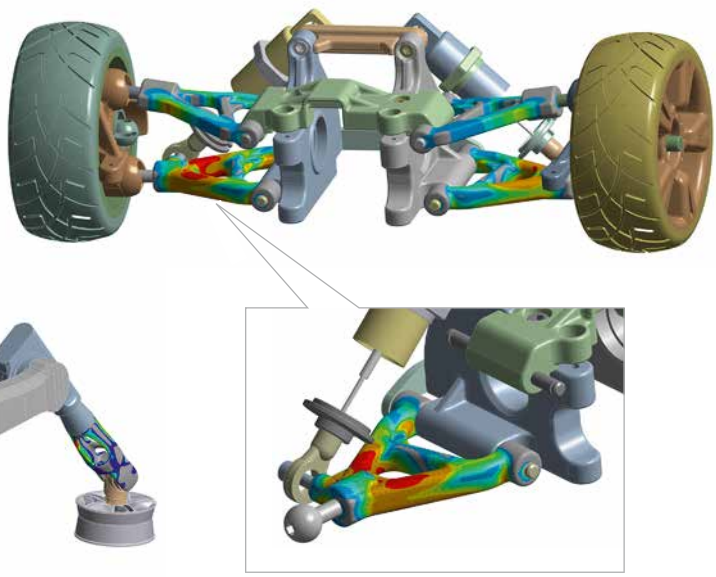


Bild 2: Bei der Radaufhängung wurden starre und flexible Bauteile in die Mehrkörpersimulation einbezogen.

über die Zeit definierbar, um so den gewünschten Bewegungsablauf zu simulieren. Dabei können Bewegungsradien untersucht, Schwachstellen – zum Beispiel Kollisionen oder ungünstige Kraft- und Momentenverläufe – identifiziert und behoben werden. Zum anderen ist die Bewegung durch Kräfte und Momente steuerbar.

Systemsimulation ohne großen Aufwand

Um eine hohe Positioniergenauigkeit zu erzielen, kommt es aber vor allem darauf an, die Lastkurven so zu gestalten, dass die Bewegung so schnell wie möglich erfolgt, die Beschleunigungen aber möglichst gering gehalten werden. Hierbei kann sich der Berechner die nahtlose Integration der Mehrkörpersimulation in die ANSYS Workbench zu Nutze machen. Denn ohne großen Aufwand lässt sich diese mit einer Systemsimulation in ANSYS Simplorer verknüpfen. Hier können weitere Komponenten berücksichtigt werden, um ein realistischeres Verhalten des Systems zu simulieren. So ist beispielsweise ein Motormodell implementierbar, mit dem die Momente in die Gelenke eingebracht werden. Weiterhin lassen sich zur Untersuchung der genauen Abstimmung zwischen Mechanik und Elektronik auch Steuerungs- und Regelungselemente integrieren. Auf Grund der extrem kurzen Rechenzeiten beider Analysearten ist dies zurzeit die einzig sinnvolle Möglichkeit, eine Systemsimulation mit integrierter nichtlinear-dynamischer Simulation durchzuführen. Weiterhin können schnell Änderungen durch Parametervariation untersucht werden

Es liegt also klar auf der Hand, dass diese Analyseart aufgrund ihrer Schnelligkeit und Einfachheit die erste Wahl des Berechners ist, wenn es darum geht, nichtlinear-transiente Aufgabenstellungen zu untersuchen. Nun sagt ein altes Sprichwort: „Wo Licht ist, da ist auch Schatten“ und die Schattenseite dieser Analyseart ist, wie der Name Starrkörpersimulation schon sagt, das Fehlen jeglicher Flexibilität. Allerdings bringt ANSYS 17 durch die Unterstützung von flexiblen Körpern mittels der CMS-Methode hier Licht ins Dunkel. CMS steht für „Component Mode Synthesis“ und stellt ein sehr genaues und schnelles Reduktionsverfahren für dynamische Anwendungen dar. Was heißt das nun für den Anwender und welche Vorteile bringt ihm das?

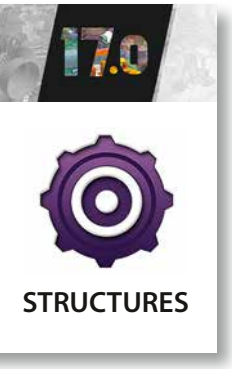
Die Realitätstreue wird verbessert

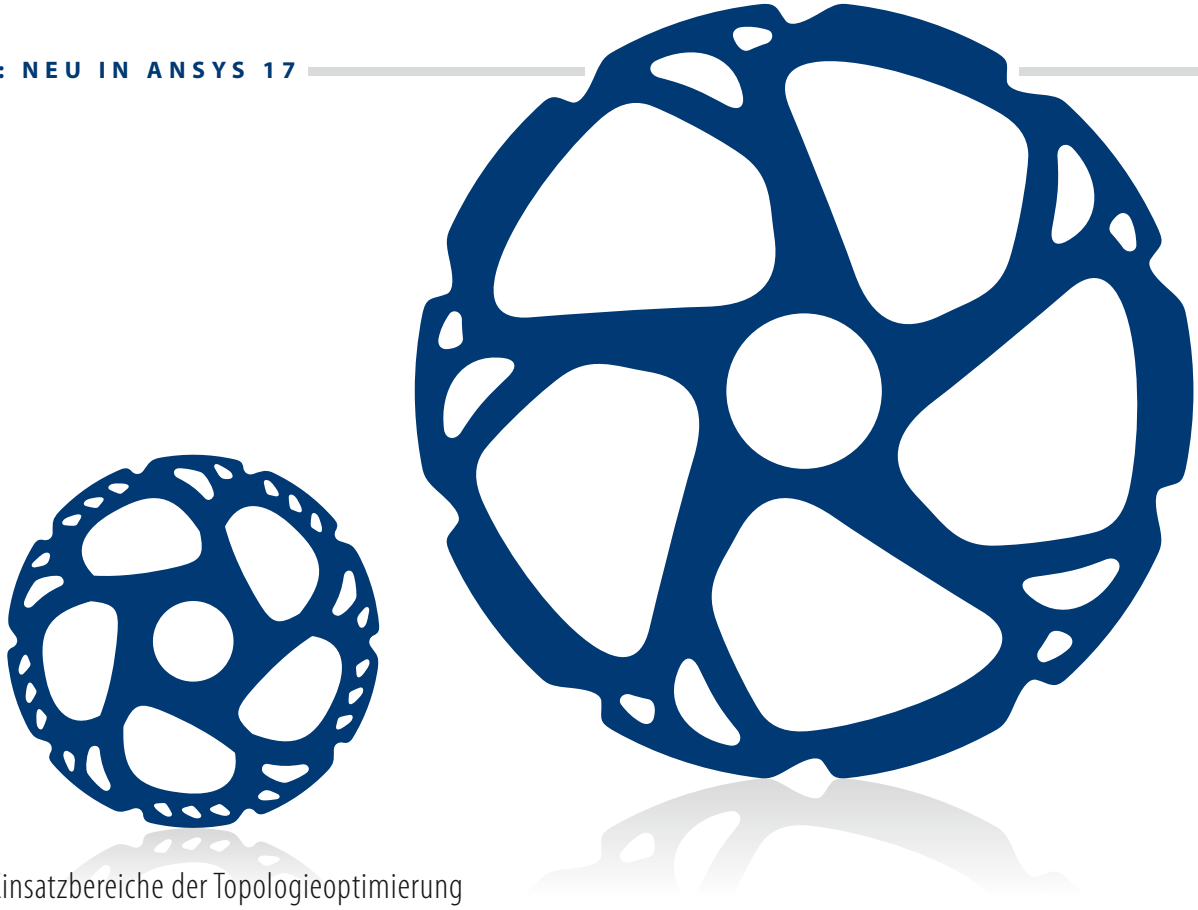
Vordergründig ergeben sich zwei einfache Vorteile. Erstens kann durch die Flexibilität einzelner Bauteile das dynamische Verhalten des Gesamtsystems mitunter stark beeinflusst werden. Diese Einflüsse können nun also berücksichtigt werden, was die Realitätstreue dieser Analyseart, bezogen auf das dynamische Verhalten, erheblich verbessert. Zweitens werden die nachgiebigen Bauteile mittels herkömmlicher FE-Methode diskretisiert, was bedeutet, dass sich neben den Verschiebungen auch Dehnungen und Spannungen im Bauteil berechnen lassen (Bild 2). Der Benutzer hat also nun die Möglichkeit, Festigkeitsuntersuchungen in einer transienten Analyse durchzuführen, wobei die Rechenzeiten immer noch in einem akzeptablen Rahmen liegen.

Darauf aufbauend ergibt sich allerdings eine Vielzahl von weiteren interessanten Möglichkeiten, zum Beispiel die Verwendung der berechneten Spannungen in der Lebensdaueranalyse mit ANSYS nCode DesignLife. Hierbei wird einfach die Ergebnisdatei aus der Mehrkörpersimulation an nCode übergeben, wo dann die reale Zeitreihe verwendet wird, um Schädigungen zu berechnen und die daraus resultierende Lebensdauer der Bauteile. Dies ist eine große Neuerung, war doch die Berechnung von realen Spannungsverläufen aus transienten Vorgängen bislang ein sehr aufwendiges und auch zeitraubendes Unterfangen. Weiterhin können die Belastungszustände im Bauteil dazu verwendet werden, um mit der ebenfalls neu in Version 17 erscheinenden Topologieoptimierung Bauteilformen automatisch so zu gestalten, dass sie ideal für die vorgegebene Beanspruchung ausgelegt sind (Bild 1).

Zu guter Letzt muss hier noch erwähnt werden, dass bei der Umsetzung dieser Funktionalität besonders auf ein einfaches Handling geachtet wurde. Über eine einfache Menüführung sowie einige ausgefeilte Automatismen kann der Benutzer in kürzester Zeit flexible Bauteile in dieser Analyseart verwenden, ohne hierbei auf seitenlange APDL-Skripte zurückgreifen zu müssen.

InfoAutor
Oliver Siegemund
Tel: +49 (0) 371-33 42 62-15
osiegemund@cadfem.de





Grundlagen und Einsatzbereiche der Topologieoptimierung

ANSYS mit integrierter Topologieoptimierung

Mit der Topologieoptimierung ist es möglich, Designvorschläge in einem definierten geometrischen Raum rechnerisch zu generieren. Dabei sind die Ziele der Topologieoptimierung innerhalb der Produktentwicklung von Branche zu Branche unterschiedlich.

Im Bauwesen soll beispielsweise Material beim Bau von Brücken oder Gebäuden eingespart werden. Bei der Automobilentwicklung steht häufig die Verbesserung der dynamischen Eigenschaften im Fokus. In der Luft- und Raumfahrttechnik geht es meist darum, den notwendigen Treibstoff zu reduzieren. Um die Realisierung all dieser Zielsetzungen zu unterstützen, hat ANSYS in der Version 17 leistungsfähige Funktionen zur Topologieoptimierung integriert.

Die Topologieoptimierung hat eine über hundertjährige Entstehungsgeschichte. Schon im Jahr 1904 versuchte Anthony George Maldon Michell (1870 bis 1959), Fachwerkstrukturen mit optimaler Steifigkeit bei vorgegebenem Gewicht zu ermitteln. 1989 wurde mit der SIMP-Methode (Solid Isotropic Material with Penalization) der Start für den Einsatz der Topologieoptimierung mit der Finite-Elemente-Methode (FEM) markiert.

Vom Bauraum zum nutzbaren Geometriemodell

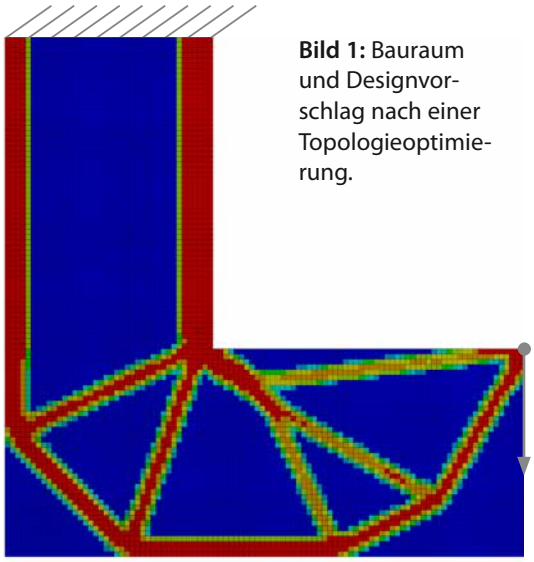
Mathematisch gesehen wird bei strukturmechanischen Anwendungen das Ziel verfolgt, bei einer vorgegebenen Materialmenge, iterativ die Nachgiebigkeit des Modells zu minimieren, effektiv also die Steifigkeit zu maximieren. Um dies zu erreichen sind freie, veränderbare Parameter notwendig.

In der Topologieoptimierung stellt jedes Element an sich einen solchen freien Parameter dar (Bild 1). Dieser Parameter, die Pseudodichte, beschreibt, ob ein Element im Designraum notwendig ist (Pseudodichte 1) oder vernachlässigt werden kann (Pseudodichte 0).

Das allein ist jedoch noch nicht ausreichend, denn es muss eine Vielzahl weiterer Aspekte berücksichtigt werden. Ohne Restriktionen oder Filtermethoden entstehen zum Beispiel teilweise Strukturen, die schachbrettartige Muster aufweisen und damit zu künstlich hohen, aber unrealistischen Steifigkeiten führen. Zusätzlich hängt dann die Lösung auch stark von der Feinheit des Ausgangsnetzes ab. Daher werden Elemente höherer Ordnung sowie Filtermethoden für die Sensitivitäten oder Dichtewerte verwendet. Um löchrige Strukturen zu vermeiden, werden weitere Bedingungen in die mathematische Lösung eingefügt, sodass beispielsweise eine Mindestgröße von angehäuftem Material (minimum member size) erforderlich ist.

Bei den Optimierungslösern wird zwischen zwei Methoden unterschieden: Den mathematischen Verfahren der nichtlinea-

Bild: shutterstock.com/Dn Br



Quelle: CADFEM

Bild 1: Bauraum und Designvorschlag nach einer Topologieoptimierung.

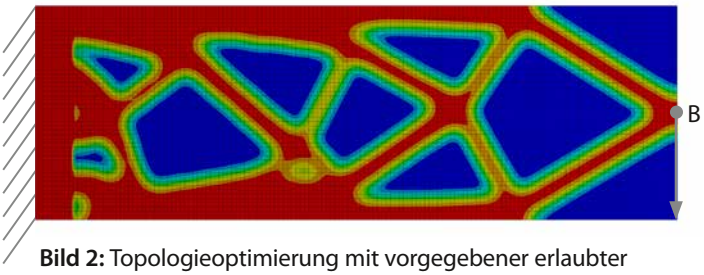
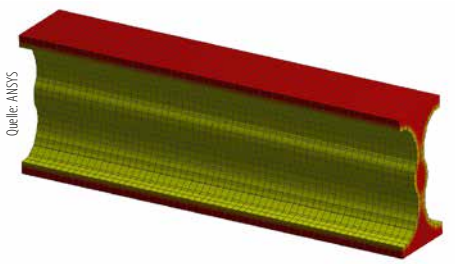


Bild 2: Topologieoptimierung mit vorgegebener erlaubter Reaktionskraft in Punkt B.



Quelle: ANSYS

Bild 3: Zugbelasteter Balken nach einer Topologieoptimierung mit der Restriktion, einen extrudierbaren Körper zu erhalten.

ren restringierten Optimierung (z.B. SLP, MMA, oder SCPIP) und den heuristischen Methoden (optimal criteria methods), wobei letztere allerdings nur für spezielle Aufgabenstellungen verwendet werden können. Sind in einer Aufgabenstellung mehrere Lastfälle zu berücksichtigen, so wird das mathematisch umgesetzt, indem mehrere Nachgiebigkeiten gleichzeitig minimiert werden.

Die Topologieoptimierung ist auch für Schalenelemente anwendbar. Dabei kann es sich um reine 3D-Schalen handeln, aber auch um die Verwendung in 2D-Zuständen, wie ebener Spannungszustand, ebener Dehnungszustand oder axialsymmetrische Zustände. Ebenso lassen sich verschiebungsabhängige Zwangsbedingungen einführen (wie Verschiebung von Knoten oder Reaktionskräften, siehe Bild 2). Dabei müssen die Gradienten vom Solver (direkte/adjungierte Methode) berechnet werden.

Weitere optionale Zwangsbedingungen

Neben dem Wunsch nach einer möglichst steifen Struktur soll diese auch global oder lokal vorgegebene Spannungen möglichst nicht überschreiten. Das ist extrem wichtig, um Strukturen zu erzeugen, die bereits nach dem ersten Optimierungslauf den Festigkeitsanforderungen entsprechen. Spannung und Steifigkeit stehen hier oft im Konflikt miteinander. Durch die Umsetzung entsprechender Restriktionen, beispielsweise Limitierung der globalen Spannung auf einen definierten Wert, können auch Strukturen gefunden werden, die beide Anforderungen zufriedenstellen.

In vielen Fällen sind zusätzlich Fertigungsrestriktionen zu berücksichtigen. Denn ein toller Designentwurf ist wenig wert, wenn er sich fertigungstechnisch nicht umsetzen lässt. Beispiele dafür sind Hinterschnitte beim Fräsen, Auszugsrichtungen beim Spritzguss, die bedacht werden müssen, oder die Notwendigkeit einer extrudierbaren Geometrie (Bild 3). Außerdem ist auf die schon erwähnte Mindestgröße bei Materialanhäufung zu achten, damit nicht zu dünne Streben entstehen.

Für die Lösung von nichtlinearen Aufgabenstellungen müssen weitere Funktionen zur Topologieoptimierung implementiert werden, um zum Beispiel nichtlineare Kontakte oder große Verformungen zu berücksichtigen. Letztere treten unter anderem bei Crash-Berechnungen auf. Im Bereich der Dynamik sollen häufig die Eigenfrequenzen maximiert werden, wobei hierbei auf den Wechsel der Eigenformen (Modeswitch) zu achten ist. Auch für die Topologieoptimierung bei Beulanalysen müssen spezielle Restriktionen umgesetzt werden, damit am optimierten Bauteil erst bei sehr hohen Belastungen Beulen oder Knicke entstehen.

Vielfältige Einsatzgebiete

Der Einsatz der Topologieoptimierung ist aber nicht nur auf die Strukturmechanik beschränkt, denn die Methoden der Topologieoptimierung finden viele Analogien in anderen Physikdomänen. So kann das Verfahren nach entsprechenden Anpassungen auch bei der Berechnung von Temperaturfeldern, im Bereich der Thermoelastik, bei elektromagnetischen Anwendungen, für Strömungssimulationen, in der Akustik, der Wellenausbreitung oder auch anderen physikalischen Gebieten verwendet werden. Ebenso lassen sich Multiphysik-Aufgaben damit lösen, indem mehrere Physikdomänen gleichzeitig abgedeckt werden.

Grundsätzlich müssen dazu die Sensitivitäten der Zielfunktionen und die Zwangsbedingungen bekannt sein, da diese bei einem gradientenbasierten Optimierungsverfahren notwendig sind. Diese lassen sich mit Hilfe der direkten oder adjungierten Methode durch Differenziation der diskretisierten FEM-Systeme analytisch oder semi-analytisch berechnen. Mit der Topologieoptimierung wird dem Ingenieur ein mächtiges Werkzeug an die Hand gegeben, um die Suche nach dem besten Design effektiver zu gestalten. Im folgenden Artikel finden Sie einige sehr anschauliche Beispiele zur strukturmechanischen Topologieoptimierung mit ANSYS.

Info Webinar

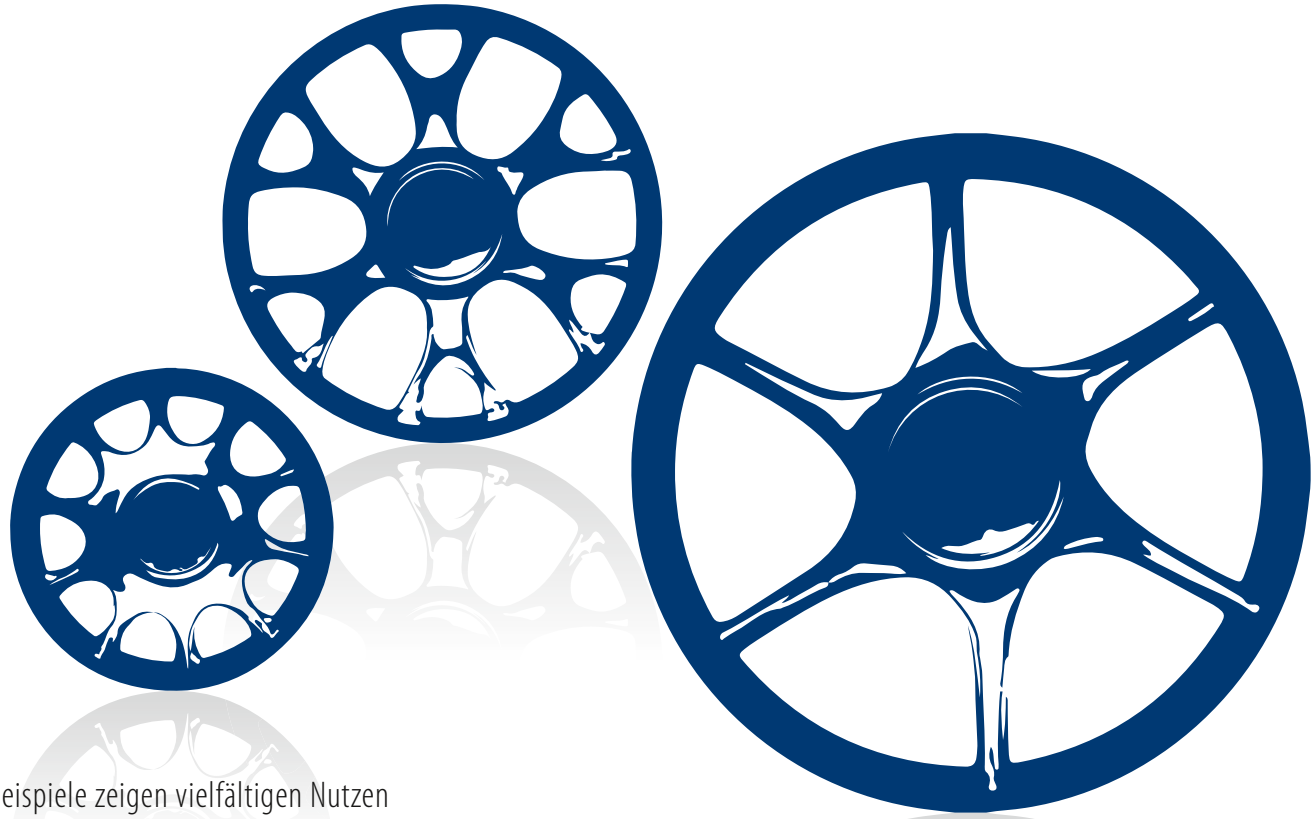
ANSYS Topologieoptimierung

Innerhalb von ANSYS Workbench lässt sich mit wenigen Handgriffen eine Topologieoptimierung definieren, die eine optimale Materialverteilung für eine gegebene mechanische Belastung im Design-Raum findet. Neben der Definition mehrerer Lastfälle und verschiedener Optimierungsziele können auch Fertigungsrestriktionen, zum Beispiel Symmetrie oder minimale Strukturgrößen, berücksichtigt werden. Die so gefundene optimale Form wird anschließend in ANSYS SpaceClaim Direct Modeler überarbeitet und in eine CAD-Geometrie zurückgeführt.

www.cadfem.de/topologie-webinar

InfoAutor
Tobias Haushahn
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-834
thaushahn@cadfem.de

STRUCTURES



Anwendungsbeispiele zeigen vielfältigen Nutzen

Topologieoptimierung für additive Fertigung

Die Designfreiheiten durch die Möglichkeiten additiver Fertigung verändern derzeit Produktentwicklungsprozesse in verschiedenen Industriebereichen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Fertigungsverfahren sind deutlich komplexere Strukturen möglich, was wiederum völlig neues Potential für den Leichtbau ermöglicht.

Bei der Frage nach der Entwicklung von komplexen, verzweigten, teils organisch wirkenden Strukturen liefert eine ganz bestimmte Methode eine Antwort, die beim Streben nach deutlicher Produktverbesserung ein unverzichtbares Werkzeug geworden ist: die Topologieoptimierung. Diese Methode generiert Vorschläge für lastgerechte und gewichtsoptimierte Bauteile und ergänzt damit die additive Fertigung perfekt, sodass das vorhandene Potential für die Produktentwicklung voll ausgeschöpft werden kann. Diese Symbiose aus Topologieoptimierung und additiver Fertigung ermöglicht die Realisierung völlig neuartiger Ideen, die mit deutlich geringerem Zeitaufwand innerhalb eines Entwicklungsprozesses umgesetzt und bewertet werden können.

Wo früher die Topologieoptimierung noch allein zur Konzeptfindung verwendet wurde, kann sie heute schon für einen fertigen Designvorschlag verwendet werden. Die leistungsstarken Werkzeuge in ANSYS SpaceClaim Direct Modeler unterstützen den Konstrukteur, um aus scharfkantigen Ergebnissen einer FEM-Berechnung geglättete Geometrien zur anschließenden Validierungsrechnung zurückzuführen. Die intuitive Bedienung versetzt auch Anwender mit wenig Erfahrung in die Lage, topologieoptimierte und 3D-Druck-gerechte STL- und CAD-Designs zu erzeugen.

Um das zu ermöglichen, erlaubt SpaceClaim beim Übergang vom geglätteten STL-Format in ein CAD-Format zwei grundsätzliche Wege:

- Geglättete facettierte Oberflächen des STL-Modells werden eigenständig innerhalb einer Toleranzgrenze zu Flächen zusammengefasst und im Anschluss in ein CAD-Format konvertiert. Dieser Weg ist sehr schnell und verlangt keinen Eingriff durch den Benutzer.
- Auf den facettierten STL-Oberflächen kann der Anwender mit dem sogenannten „Skin Surface Tool“ Stützpunkte festlegen, aus denen optimal angepasste Freiformflächen erstellt werden. Dieses ebenfalls schnelle und robuste Vorgehen erlaubt dem Anwender mehr Flexibilität.

Die von Kunden und CADFEM bereits durchgeführten Projekte sollten jeden ermutigen, mit diesen neuen Möglichkeiten den Bogen für die Produktentwicklung noch weiter aufzuspannen.

Bild: TH Ingolstadt; G & K Design

Quelle: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft, Institut für Robotik und Mechatronik, Ansprechpartner: Werner Friedl

Bild 1: Ober- und Unterschenkel eines Sprungroboters vor und nach der Topologieoptimierung. Verlauf der Vergleichsspannung des optimierten Ober- und Unterschenkels unter Maximalbelastung.

Schenkel eines Sprungroboters

In Bild 1 wird dieser Prozess anhand des Ober- und Unterschenkels eines Sprungroboters des DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.) in Oberpfaffenhofen dargestellt. Unter Vorgabe von Fertigungsrestriktionen, Lagerung und Belastungsszenarios – die aus einer vorangegangenen Mehrkörpersimulation (MKS) stammen – wird für einen definierten Bauraum die Topologieoptimierung hinsichtlich einer maximalen Steifigkeit bei gleichzeitig geringem Materialaufwand berechnet. Das Ergebnis wird innerhalb

Quelle: TH Ingolstadt

Bild 2: Aus einem Vollzylinder erstellte Autofelge mit Verbindungsstreben.

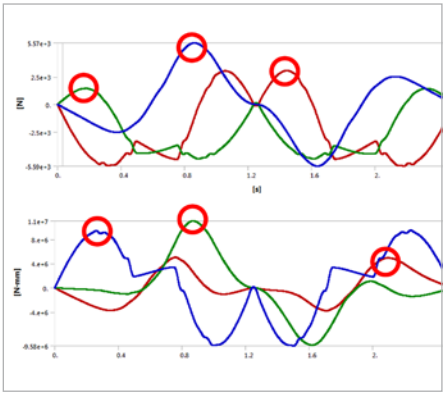
der ANSYS Umgebung in eine geglättete CAD-Geometrie zurückgeführt, die im Anschluss für eine Validierungsberechnung benutzt wird. Die Masse konnte dabei im Vergleich zum ursprünglichen Entwurf um 40 Prozent reduziert werden. Gleichzeitig ließen sich der Maximalwert der Spannung sowie die maximale Verformung konstant halten.

Bauraum für eine Aluminiumfelge

Für die Aluminiumfelgen in Bild 2 wurden aus einem zylinderähnlichen Bauraum und basierend auf der Definition von zwei maßgeblichen Lastfällen Topologieoptimierungen durchgeführt. Dabei konnten unterschiedliche Designs durch Vorgabe verschiedener Werte von „Minimum“ und „Maximum Member Size“ erstellt werden. Drei von insgesamt neun Vorschlägen wurden anschließend geglättet und in eine CAD-Geometrie zurückgeführt. Für die Vernetzung wurde eine flächenunabhängige sich der Krümmung anpassende Methode verwendet. Somit war es möglich, das aus der Topologieoptimierung stammende Bauteil auf seine Festigkeit zu bewerten.

Belastungsszenarien aus Bewegungsabläufen

Im dritten Beispiel (Bild 3) wurde aus einer Mehrkörpersimulation (MKS) das maximale Belastungsszenario für einen bestimmten Bewegungsablauf ermittelt. Reaktionskräfte und -momente wurden an den Gelenken des in der Mitte liegenden Verbindungsstücks zunächst als Einheitslasten aufgebracht. Die sechs sich daraus ergebenden Lastfallszenarien wurden anschließend in einer „min. Multiple Compliance“ Zielfunktion mit der jeweiligen Gewichtung der Maximalwerte aus dem Zeitverlauf verwendet. Unter Berücksichtigung einer einzuhaltenden Maximalspannung bereits in der Topologieoptimierung wurde das Gewicht



Quelle: CADFEM

Bild 3: Der Kraft- und Momentenverlauf des Gelenks eines Roboterarms. Das Design des Roboterarms vor und nach der Topologieoptimierung.

im Vergleich zum ursprünglichen Entwurf um etwa 10 Prozent reduziert. Die Festigkeit während des kompletten Bewegungsablaufs konnte schnell innerhalb der MKS mittels Component Mode Synthesis (CMS) durchgeführt und als weiterhin zulässig erklärt werden.

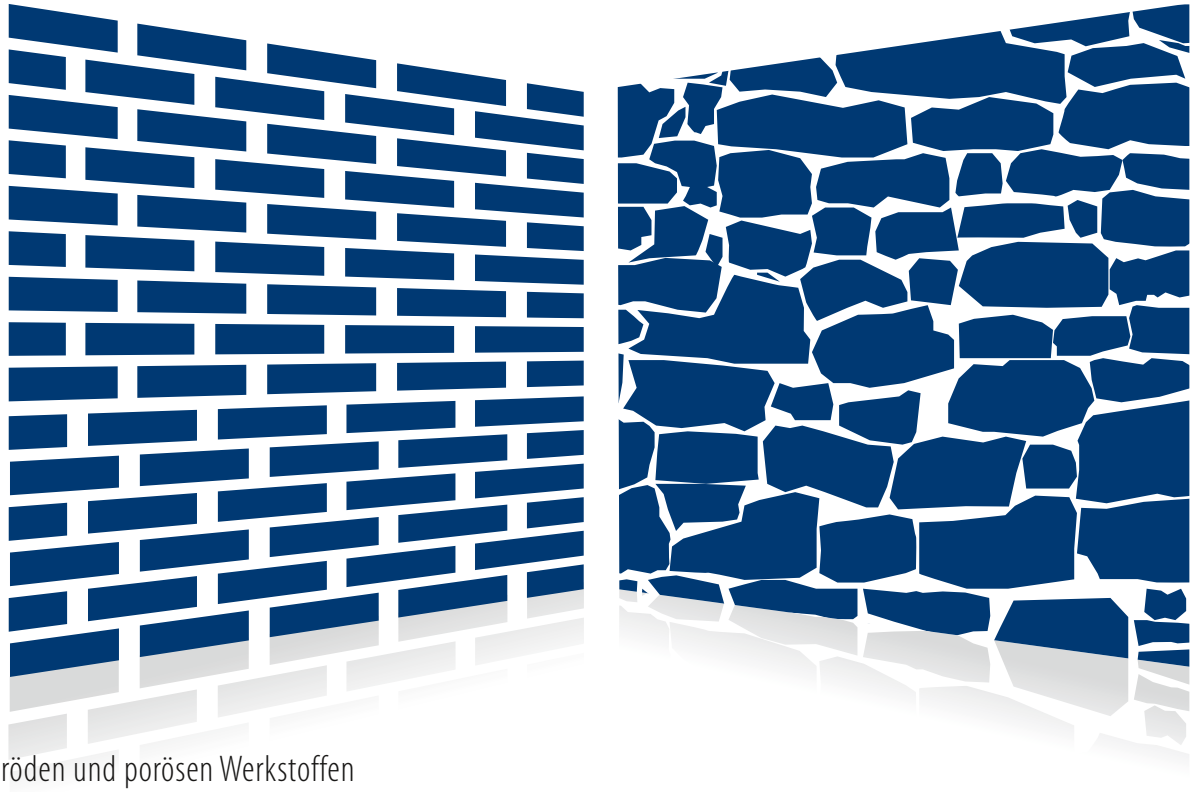
Für den schnellen Einstieg in die Topologieoptimierung mit ANSYS kann ein Tutorial bereitgestellt werden, das von CADFEM in Zusammenarbeit mit der Technischen Hochschule Ingolstadt erarbeitet wurde.

InfoAutor
Markus Kellermeyer, CADFEM GmbH

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Tobias Haushahn
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-834
thaushahn@cadfem.de

InfoWebinar
ANSYS Topologieoptimierung
www.cadfem.de/topologie-webinar

STRUCTURES



Simulation von spröden und porösen Werkstoffen

Neue geomechanische Materialmodelle

Geomechanische Aufgabenstellungen, zum Beispiel die Simulation von Tunnelbauwerken, die Untersuchung der Bohrlochstabilität oder die Interaktion von Bauwerken mit dem Untergrund, erfordern spezielle Materialmodelle. Deshalb wurden in ANSYS 17 neue Materialmodelle integriert, die zur Simulation spröder und poröser Werkstoffe in der Geomechanik und im Bauwesen dienen.

Viele Baustoffe wie Boden, Fels oder Beton sind zwar sehr druckfest, besitzen jedoch eine relativ geringe Zug- oder Schubfestigkeit. Zur Simulation dieser Materialien müssen Materialphänomene – unter anderem nichtlineares Spannungs-Dehnungsverhalten, anisotropes Festigkeitsverhalten, Dilatanz, Rissbildungen und spröde Materialentfestigung – beschrieben werden.

Zur Berücksichtigung dieser Phänomene wurden in der neuen ANSYS Version 17 folgende Materialmodelle neu aufgenommen:

- Mohr-Coulomb,
- Jointed Rock,
- Cam-Clay und
- Drucker-Prager Concrete

Die Materialmodelle sind sowohl in Volumenelementen als auch in Schalen- oder Plattenelementen verfügbar.

Das Mohr-Coulomb Modell ist ein Grundmodell der Geomechanik. Viele körnige, spröde Materialien wie Boden, Sand oder isotropes Gestein versagen, sobald die Schubspannungen zu groß werden. Typischerweise kann das Schubtragvermögen gesteigert werden, wenn die Materialien zusätzlich unter Druckspannungen stehen. Dieses Verhalten lässt sich mit dem Mohr-Coulomb Modell beschreiben. Für die Beschreibung der Materialfestigkeit müssen als Parameter der innere Reibungswinkel und die Kohäsion definiert werden. Zusätzlich kann das Mohr-Coulomb Modell mit einem Zugspannungskriterium durch Eingabe einer Zugfestigkeit kombiniert werden.

Simulation von geklüftetem Fels

Das Jointed Rock Modell eignet sich insbesondere zur Simulation von geklüftetem Fels und ist damit unter anderem für Anwendungen in der Öl- und Gas-Industrie oder geotechnische Aufgabenstellungen wie die Berechnung von Tunnelbauwerken, Talsperren und Untergrundlaboratorien beziehungsweise Endlager geeignet (Bild 1). Geklüfteter Fels besteht in der Regel aus einer isotropen Gesteinsmatrix, die von einer oder mehreren Trennflächenscharen durchzogen ist.

Bilder: shutterstock.com/Vector Kiosk, Talashow

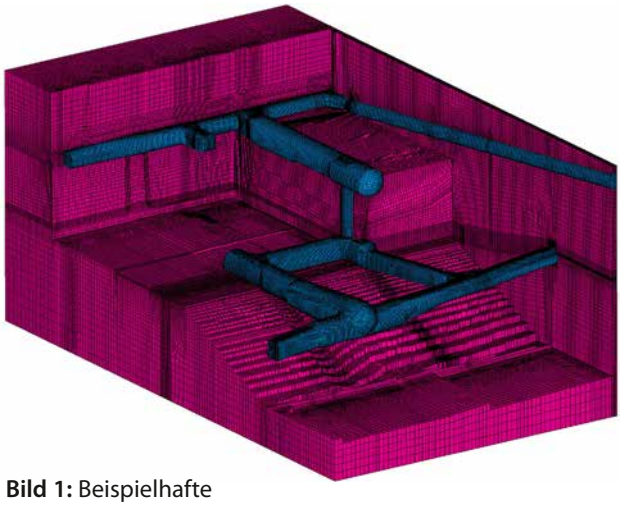


Bild 1: Beispielhafte Berechnung eines Stollensystems.

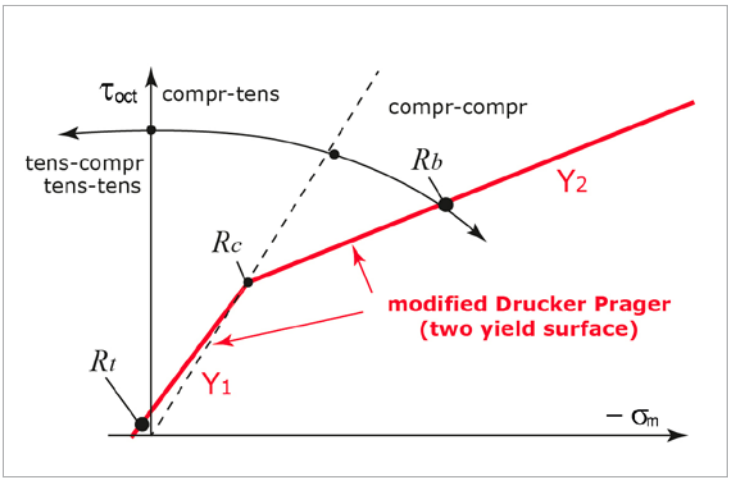


Bild 3: Das Drucker-Prager Concrete Modell mit den zu bestimmenden Parametern.

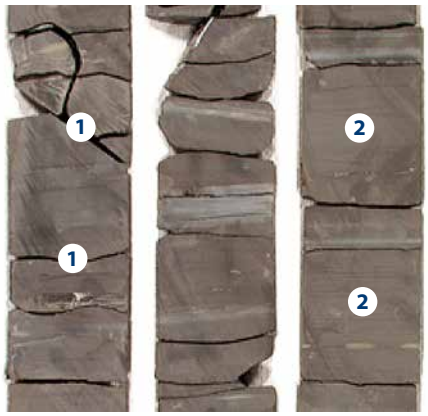


Bild 2: Proben aus geklüftetem Felsgestein (1 = Trennflächenscharen, 2 = isotrope Gesteinsmatrix).

Die Trennflächenscharen wirken oft als Ebenen verminderter Festigkeit, die ein ausgeprägt anisotropes Materialverhalten verursachen (Bild 2). Mit dem Jointed Rock Modell werden die Trennflächenscharen nicht diskret modelliert, sondern mit einem homogenen Kontinuum-Ansatz in ihrer Auswirkung auf das anisotrope Spannungs-Dehnungsverhalten an den Integrationspunkten der Finiten Elemente berücksichtigt.

Das Jointed Rock Modell baut auf dem Mohr-Coulomb Modell auf. Neben der isotropen Gesteinsmatrix können zusätzlich bis zu vier Trennflächenscharen definiert werden. Zur Definition der Festigkeiten lassen sich pro Trennflächenschar der Reibungswinkel, die Kohäsion (Haftscherfestigkeit) und die Zugfestigkeit bestimmen. Die räumliche Ausrichtung einer Trennflächenschar kann einfach mit Hilfe von zwei Winkeln, dem Streichwinkel (alpha) und dem Fallwinkel (beta) festgelegt werden.

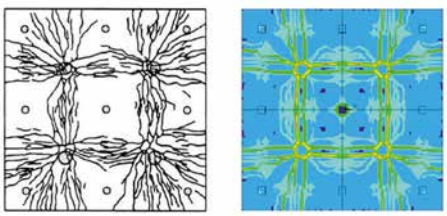


Bild 4: Rissbilder einer Betonplatte anhand eines Versuchs (links) sowie durch die Berechnung mit dem Drucker-Prager Concrete Modell (rechts).

Mit dem Cam Clay Modell lässt sich das spannungsabhängige Verformungsverhalten poröser Böden simulieren. Dabei können Effekte wie Porenkompaktion, Ver- und Entfestigung, Konsolidierung sowie unterschiedliche Be- und Entlastungssteifigkeiten berücksichtigt werden. Typische Anwendungsgebiete für das Cam Clay Modell sind sind die Berechnung von Sand und Tonformationen beispielsweise in der Öl- und Gasindustrie.

Das Drucker-Prager Concrete Modell ist ein modifiziertes Drucker-Prager Modell, mit dem das für spröde Werkstoffe wie Beton, Zement oder Mörtel typische Materialverhalten (große Druckfestigkeit, geringe Zugfestigkeit) beschreibbar ist. Dabei können Phänomene wie Ver- und Entfestigung, Schädigung, Rissbildung, Dilatanz und Temperaturabhängigkeit berücksichtigt werden. Zur Definition der Festigkeit sind bei diesem Modell nur drei, dem Ingenieur sehr gut bekannte, Parameter zu definieren, und zwar (Bild 3):

- R_c – die einaxiale Druckfestigkeit,
- R_b – die biaxiale Druckfestigkeit und
- R_t – die einaxiale Zugfestigkeit.

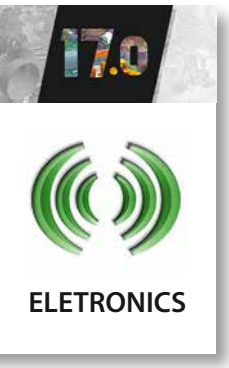
Typische Anwendungsgebiete des elastoplastischen Materialmodells sind nichtlineare mechanische Analysen zur Tragfähigkeit oder zur Untersuchung der Rissursachen von Betonstrukturen (Bild 4). Rissbildungen werden dabei mit einem verschmierten Rissmodell als plastische Dehnungen simuliert. Durch die Kombination des Materialmodells mit Bewehrungselementen (wie REINF-Elemente) können auch Stahl- und Spannbetonstrukturen berechnet werden. Darüber hinaus bietet das Modell zusätzliche Optionen des Spannungs-Dehnungsverhaltens und von Rissmodellen, sodass sich beispielsweise auch faserbewehrter Beton sehr realitätsnah berechnen lässt.

Die Entwicklung der hier vorgestellten Materialmodelle basierte auf einer Vielzahl praktischer Projektanwendungen des CADFEM Partners Dynardo, der über eine langjährige Expertise im Gebiet Materialmodelle für das Bauwesen und die Geomechanik verfügt. Als Unterstützung beim Einstieg in die Anwendung der neuen geomechanischen Toolbox in ANSYS bieten Ihnen CADFEM und Dynardo Seminare und die gemeinsame Durchführung von Pilotprojekten an.

InfoAutor
Dr.-Ing. Roger Schlegel
Tel. +49 (0) 36 43-90 08-38
roger.schlegel@dynardo.de

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Dr.-Ing. Slav Dimitrov
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-40
sdimitrov@cadfem.de

InfoSeminar
Simulationen im Bauwesen und in der Geomechanik
www.dynardo.de/info_bau_geo



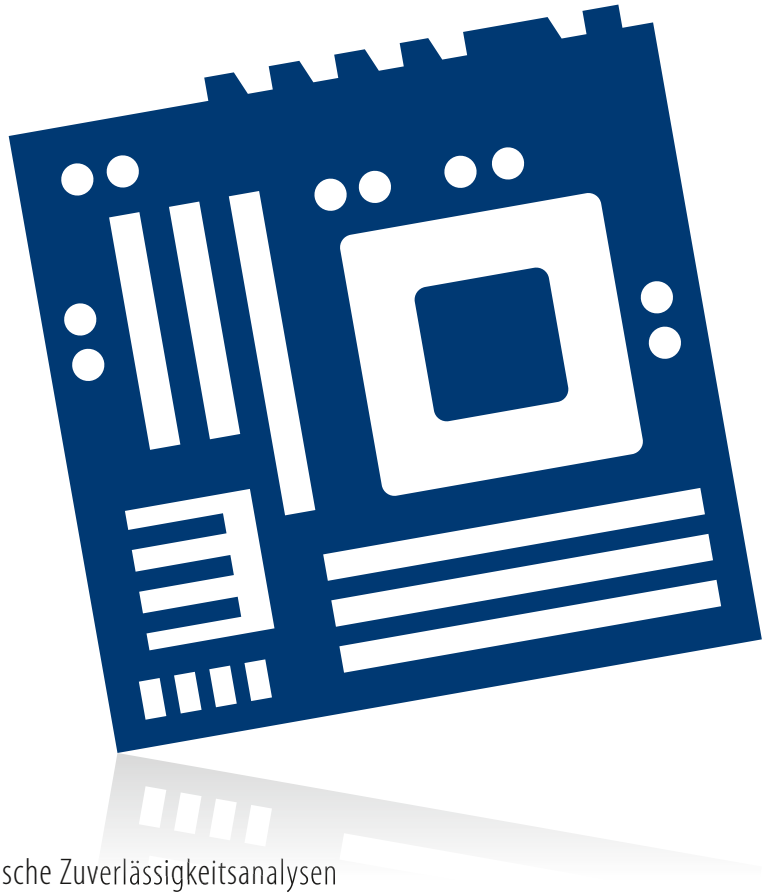


Bild 1: SMD-Bauteile auf einer Leiterplatte.

Thermomechanische Zuverlässigkeitsanalysen

ECAD-Trace-Mapping für Leiterplatten und Packages

Die zuverlässige Funktion der Leiterplatte unter verschiedensten Umwelteinflüssen ist eine wesentliche Herausforderung in der Elektronikentwicklung. Thermomechanische Simulationen können helfen die Zuverlässigkeit bereits im Vorfeld der Fertigung zu bewerten. Mit ANSYS 17 wird speziell in der Modellerstellung ein großer Schritt hin zur effizienten Analyse der gesamten Leiterplatte vollzogen.

Den Ausgangspunkt der Simulation des mechanischen Verhaltens von Bauteilen bildet typischerweise ein 3D-CAD-Modell. Charakteristisch für Elektronikanwendungen ist die flächenhafte Anordnung der Bauteile auf einer Leiterplatte. Über einzelne Kupferbahnen sind diese elektrisch miteinander verbunden (Layout). Bei mehrlagigen Leiterplatten kann dies auch über mehrere Ebenen geschehen, die wiederum über Durchkontaktierungen miteinander verbunden sind. Aus diesem grundsätzlichen Aufbau können schnell geometrisch komplexe 3D-Geometrien mit sehr vielen kleinen Details entstehen.

Eine weitere Herausforderung sind sicherlich auch die geometrischen Skalenunterschiede, die bei der Betrachtung von Elektroniksystemen vorliegen.

Abbildung des Layouts im FEM-Modell

Einerseits muss die Mikrostruktur der Bauelemente im Mikrometerbereich berücksichtigt werden und andererseits die horizontalen Abmessungen der Leiterplatte von einigen Zentimetern (Bild 1). Das heißt ein Unterschied charakteristischer Abmessungen um vier bis fünf Größenordnungen ist keine Seltenheit. Mit der üblichen Vorgehensweise – dem Import eines 3D-CAD-Modells mit allen notwendigen Details und einer adäquaten Vernetzung – stößt der Leiterplattenentwickler sehr schnell an die Grenzen des Machbaren.

Einen neuen Lösungsansatz für diese Herausforderung bietet nun ANSYS 17 mit dem ECAD-Trace-Mapping. Ausgangspunkt für das Finite-Elemente-Modell ist jetzt lediglich die einhüllende 3D-Geometrie einer Leiterplatte oder eines Mikroelektronik-Packages mit den grundsätzlichen Außenabmessungen pro Lage. Die Detailinformationen der Verbindungslayouts (Metallisierung, Traces) werden nun direkt aus bekannten ECAD-Aus-

Bild: shutterstock.com/Ognjen Tubic

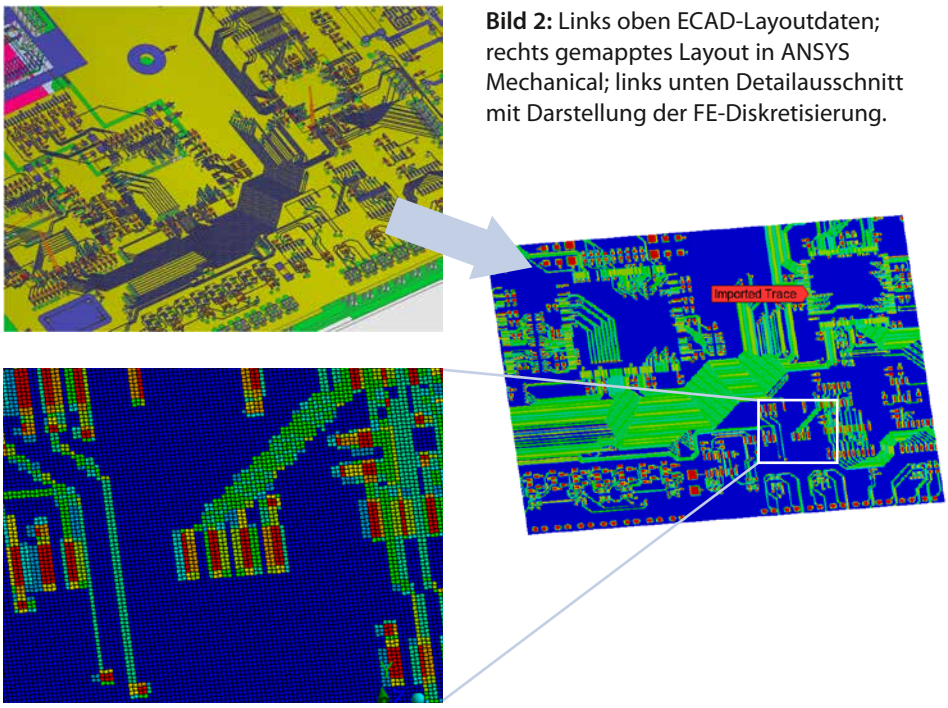


Bild 2: Links oben ECAD-Layoutdaten; rechts gemapptes Layout in ANSYS Mechanical; links unten Detailausschnitt mit Darstellung der FE-Diskretisierung.

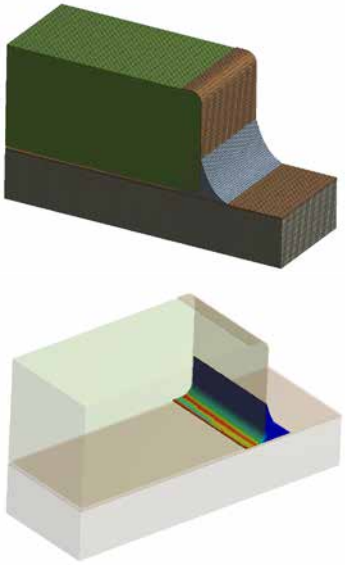


Bild 3: FEM-Modell eines gelöteten SMD-Kondensators (oben) sowie die plastischen Dehnungen in der Lötverbindung (unten).

tauschformaten wie Cadence BRD oder ODB++ TGZ gelesen und in Form eines Material-Mappings auf das generische Modell der einhüllenden Geometrie pro Lage übertragen (Bild 2). Die Steifigkeitsinformationen des Lagenaufbaus von Leiterplatten können damit „per Knopfdruck" in das mechanische Modell übernommen werden. Ein detaillierter Übertrag des CAD-Aufbaus mit allen Lagendetails ist damit hinfällig. Die Zeitersparnis für den Anwender liegt bei einigen Stunden oder in Extremfällen auch Tagen.

Die thermomechanische Analyse von bestückten Leiterplatten ist sicherlich einer der bekanntesten Lastfälle zur Bestimmung des Ausfallverhaltens von Bauteilen. In Umweltsimulationen werden hierzu die bestückten Leiterplatten Temperaturzyklen in Bereichen von -40 °C bis 120 °C ausgesetzt. Je nach Spezifikation sind einige hundert Zyklen gefordert, ohne dass ein Versagen der elektronischen Komponenten auftritt. Eine wesentliche Schadensquelle liegt typischerweise im Aufbau der Bauelemente, bei dem verschiedenste Materialien verwendet werden. Die vorliegenden Temperaturen und die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten der verschiedenen Materialen führen zu entsprechenden mechanischen Beanspruchungen. Diese sind im Extremfall so hoch, dass ein spontanes Versagen auftritt, oder aber unter zyklischer Beanspruchung mit Rissinitiierung und -fortschritt zu rechnen ist.

Vor allem Lötverbindungen können bei dieser Belastungsart schnell versagen und sind daher oft Gegenstand der Untersuchung. Innerhalb ANSYS Mechanical werden hierzu die Lötverbindungen als Detailmodell (Bild 3, oben) aufgebaut und – mit entsprechenden thermischen Zyklen belastet – eine strukturmechanische Analyse durchgeführt. Eine Herausforderung für den Berechnungsingenieur ist dabei eine einigermaßen korrekte Abbildung der vorliegenden Materialeigenschaften. Bei Lotmaterialien oder auch den vielen Kunststoffen, die im Einsatz sind, reicht die linear-elastische Beschreibung bei weitem nicht mehr aus. Hierfür stehen in ANSYS Mechanical entsprechende viskoplastische Materialgesetze wie das nach Anand oder aber eine ganze Reihe von Kriechgesetzen zur Verfügung. Als Bewertungsgröße zur Bestimmung der ertragbaren Lastzyklen werden vielfach die auftretenden bleibenden Dehnungen (Bild 3, unten) oder aber auch volumengemittelte Verzerrungsenergiedichten im kritischen Querschnitt der Lötverbindung verwendet. Mit einer entsprechenden Lebensdauerlinie können auf diese Weise die zu erwartenden ertragbaren Zyklenzahlen bis zum Ausfall ermittelt werden.

Zuverlässigkeit der Ergebnisse

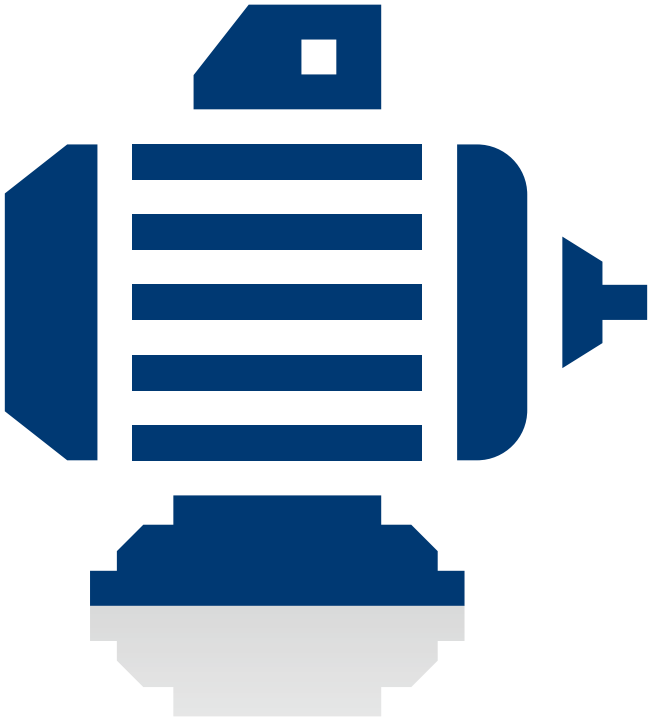
Wie eben ausgeführt liegt gerade in der Beschreibung der Materialeigenschaften eine große Herausforderung. Oft sind nur Literaturkennwerte verfügbar und das Wissen über die realen Materialparameter wird vielfach von den Materiallieferanten als exklusives Know-how angesehen. Diese Eigenschaften sind jedoch für das Simulationsergebnis maßgeblich verantwortlich.

Eine Lösung hierzu kann eine automatisierte Zuverlässigkeitsuntersuchung mit Hilfe von optiSLang inside ANSYS sein. Mit Hilfe der Parametrisierbarkeit jeglicher Eingabedaten können Parameterstudien softwareunterstützt leicht durchgeführt werden. Es handelt sich hierbei um Verfahren, wie sie beispielsweise in der Versuchstechnik als statistische Versuchsplanung beziehungsweise Design of Experiments (DoE) bekannt sind. Die Stärke von optiSLang inside ANSYS liegt vor allem in der Unterstützung des Anwenders, sowohl bei der Definition des Setups – also der Wahl der zu analysierenden Stützpunkte im Parameterraum – als auch vor allem in der Bewertung der Ergebnisse.

Automatische Filterungen führen den Anwender schnell zu den wirklich sensitiven Parametern und grafische Darstellungen zeigen die Entwicklung der Lebensdauerergebnisse in Abhängigkeit der variablen Eingabegrößen. Mit diesen Erkenntnissen lässt sich nicht nur die „Richtigkeit" der Analyse, sondern vor allem auch die Zuverlässigkeit des Designs unter sich ändernden Eingangsparametern bewerten.

InfoAutor
Thomas Iberer
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-50
tiberer@cadfem.de

InfoWebinar
Thermomechanische Zuverlässigkeitsuntersuchungen von Leiterplatten
www.cadfem.de/zuverlaessig-pcb-webinar



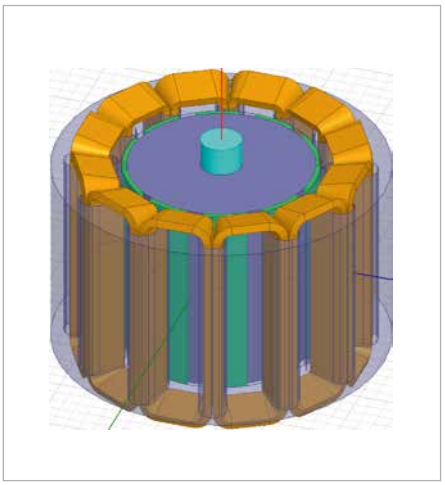


Bild 1: Geometrie des Vollmodells einer BLDC-Maschine mit konzentrierten Wicklungen (Quelle: ANSYS).

Maxwell: mehr Funktionen – weniger Rechenzeit

Vereint im „ANSYS Electronics Desktop“

Die Version 17 von ANSYS Maxwell bietet vielfältige Neuerungen und erweitert den Funktionsumfang erheblich. Damit stellt diese Version eines der wichtigsten Updates der letzten Jahre dar. Schon die ersten Schritte künden große Änderungen an.

Beim Start des Programms fällt auf, dass Maxwell nun im „ANSYS Electronics Desktop“ integriert ist. Diese neue Oberfläche vereint die Tools zur Hochfrequenz-, Niederfrequenz- und Schaltungssimulation unter einem Dach. Innerhalb eines Projektes können Designs verschiedener Tools angelegt werden. Für die Anwender von Maxwell ist vor allem die Möglichkeit, in einem Projekt das Maxwell-Design zusammen mit der zugehörigen Schaltung in einem External Circuit- oder Simplorer-Design abzulegen, sehr bequem. Lizenztechnisch werden sich Anwender von ANSYS Maxwell über eine inkludierte RMxprt-Lizenz, ohne Mehrkosten, freuen können.

Die Benutzeroberfläche des „ANSYS Electronics Desktop“ lässt sich leicht anwenderspezifisch konfigurieren. Die Anwender, die keine Hochfrequenzsimulationen durchführen, können unter „General Options“ das Template „EM“ einstellen. Mit dieser Einstellung sind lediglich die Tools Quick Extractor, Maxwell, RMxprt, External Circuit Editor und Simplorer sichtbar.

Eine vielversprechende Neuerung ist die HPC-Methode „Time-Domain-Decomposition“ für transiente Analysen. Damit werden mehrere Zeitschritte gleichzeitig berechnet. Da die Lösung eines Zeitschritts mathematisch auf der Lösung des vorherigen aufbaut, ist für dieses Verfahren ein iterativer Prozess notwendig. Durch ein neu entwickeltes Verfahren lassen sich die Rechenzeiten sowohl für 2D- als auch für 3D-Modelle deutlich reduzieren. Ein eindrucksvolles Beispiel ist die Simulation einer 3D-BLDC-Maschine (Brushless-DC, bürstenloser Gleichstrommotor, siehe Bild 1).

Mehrere Zeitschritte gleichzeitig berechnen

Für die Berechnung des Vollmodells mit 880.000 Elementen wurden ursprünglich, unter Verwendung von 8 Kernen für paralleles Rechnen, etwa 270 Stunden benötigt. Da für die „Time-Domain-Decomposition“ auch Kerne nutzbar sind, die nicht zwingend auf den gleichen Speicher zugreifen, reduziert sich nun, durch die Nutzung von 64 Kernen, die Rechenzeit auf 16 Stunden.

Ein weiterer interessanter Aspekt zur Rechenzeitreduzierung ist die neue Option „Fast reach steady state“ im „Solution Setup“ für transiente Designs. Sie eignet sich für Berechnungen, bei denen das magnetische Feld hauptsächlich von spannungsgetriebenen „Windings“ bestimmt wird. Damit wird ein schnelleres Einschwingen der transienten Lösung erreicht, wenn sich der Anwender lediglich für das stationäre

Bild: shutterstock.com/Motorama

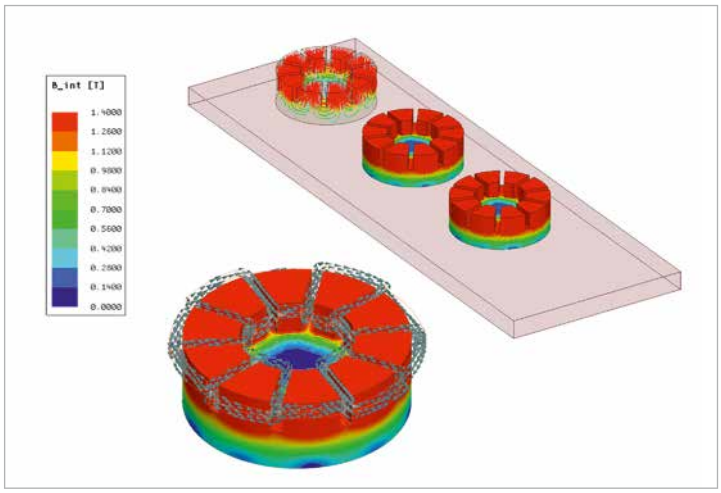


Bild 2: Nach der Simulation des Magnetisierungsprozesses wird die erhaltene Magnetisierung auf ein anderes Modell durch Interpolation übertragen und vervielfältigt.

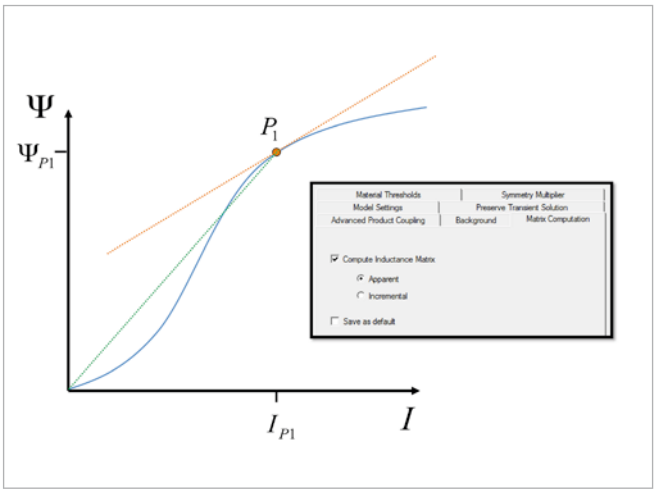


Bild 3: Verdeutlichung der Begriffe effektive (grün) und inkrementelle (orange) Induktivität anhand der Steigung von Geraden auf der Fluss-Strom-Ebene.

Verhalten interessiert. Eine ähnliche Funktion war bereits mit der Komponente „AC-Model“ im „external circuit editor“ verfügbar, jedoch ist die neue Methode robuster, da die Ströme nicht sprungförmig verändert werden. Ferner ist die neue Option „Fast reach steady state“ nicht auf Modelle mit externer Schaltung beschränkt.

Auch bei den Funktionalitäten können sich Maxwell-Anwender auf interessante neue Möglichkeiten freuen. Die Definition von „Windings“ und deren Kopplung mit dem Schaltungseditor ist jetzt zusätzlich für harmonische Berechnungen (Eddy Current Solver) möglich. Außerdem kann der harmonische Löser durch einen iterativen Prozess nun bei 3D-Modellen nichtlineare Materialeigenschaften approximieren.

Permanentmagnete jetzt genauer beschreibbar

In der neuen Version 17 von Maxwell lässt sich die Magnetisierung von Permanentmagneten aus einer Voruntersuchung mit abweichender Geometrie und Vernetzung importieren (Bild 2). Die durch Simulationen berechnete Magnetisierungsverteilung kann mehrmals verwendet werden. Das Importieren definiert für jedes Ziel-Finite-Element eine lokale, lineare Demagnetisierungskurve. Betrag und Richtung der Koerzitivfeldstärke werden interpoliert. Somit sind Permanentmagnete genauer als bisher beschreibbar.

Ähnlich wie schon zuvor bei magnetostatischen Berechnungen kann der Anwender nun bei einer transienten Simulation selbst einstellen, ob die Berechnungsprozedur für die Induktivitäten der „Windings“ effektive oder inkrementelle Größen liefern soll. Erstere gehen durch den Ursprung in der Fluss-Strom-Ebene, letztere repräsentieren die Ableitung an dem aktuellen Arbeitspunkt (Bild 3).

Eine weitere wichtige Neuerung ist die Definition mehrerer Bandobjekte beziehungsweise Bewegungsbereiche bei 2D-Simulationen, wie es zum Beispiel die Simulation magnetischer Getriebe erfordert. Bisher war die Anzahl der Bandobjekte im 2D-Modell auf zwei beschränkt. Bei der Neuerung muss lediglich beachtet werden, dass die verschiedenen Bewegungsdomänen sich nicht überlappen.

Geschrägte Radialflussmaschinen

Für die Simulation geschrägter Radialflussmaschinen ist die neu implementierte multi-slice-Option ein wichtiges Werkzeug. Dabei wird die Schrägung „treppenartig“ durch mehrere 2D-Querschnitte approximiert. Die verschiedenen Querschnitte sind während der Simulationszeit miteinander gekoppelt, so dass auch die Rückwirkung der Schrägung berücksichtigt werden kann. Dadurch ist diese Approximationsstrategie auch bei spannungs- beziehungsweise schaltungsgespeisten Maschinen verwendbar. Der Anwender bestimmt vor der Simulation die Anzahl der Querschnitte, die berücksichtigt werden sollen.

Intern wird für jeden Querschnitt ein Maxwell-Modell generiert und mit den anderen gekoppelt. Diese Herangehensweise erlaubt aussagekräftige Ergebnisse, solange innerhalb eines Querschnitts das magnetische Feld als praktisch in der Ebene liegend angesehen werden kann, das heißt, solange der axiale Fluss gegenüber dem radialen vernachlässigbar ist. Somit lassen sich viele Untersuchungen bezüglich des Einflusses von Schrägung in einen Bruchteil der Zeit realisieren.

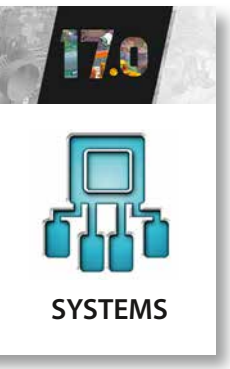
Im Bereich der Verhaltensmodellbildung für die Systemsimulation wurde die Generierung einer Lookup-Tabelle (ECE-Modell – Equivalent Circuit Extctraction) aus der transienten Simulation nun auf Transformatoren und Linearmotoren beziehungsweise -aktoren erweitert. Ein Update des ACIS-Geometriekerns auf den neuesten Stand und neue Vernetzungsoperationen runden die neue Version ab. Bei der großen Anzahl an neuen Werkzeugen wird jeder Anwender sicherlich seine Favoriten finden und dort gezielt Erfahrung sammeln wollen.

CADFEM EM-Symposium 2016

Am 13. April 2016 findet im „Vogel Congress Center“ in Würzburg das CADFEM EM-Symposium zum Thema „Systemsimulation und elektrische Antriebe“ statt (siehe auch Seite 14).

www.cadfem.de/symposium

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Daniel Bachinski Pinhal
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-940
dbp@cadfem.de



Von der Komponente zum System

ANSYS meets Modelica & FMI

In der Entwicklung von komplexen Produkten wird ANSYS als CAE-Werkzeug zur Untersuchung und Optimierung von elektromechanischen Komponenten eingesetzt. ANSYS liefert dazu alle notwendigen Simulationsmethoden für Simulationen im Bereich der Strukturmechanik, der Strömungsmechanik, Temperaturfeldern oder elektromagnetischen Feldern. Mit der neuen ANSYS Version 17 wird nun auch die offene, standardisierte Beschreibungssprache Modelica sowie der Modellaustausch über das Functional Mock-up Interface FMI 2.0 unterstützt (Bild 1).

Bilder: G & K Design, ANSYS

Mit dieser Schnittstelle können nun die dynamischen Eigenschaften einer Steuerung, zum Beispiel einer Maschinensteuerung, bei der CAE-Simulation berücksichtigt werden. In der Strukturmechanik ist das beispielsweise die Interaktion einer Baugruppe durch Kontakt mit Reibung und Verschleiß, realistischen Lastszenarien wie Rotordynamik oder Kurzzeitdynamik sowie anspruchsvolles Materialverhalten unter anderem bei Kunststoffen oder Geomaterial. In der Strömungsmechanik sind leistungsfähige Modelle für Mehrphasenströmungen, Turbulenz und chemische Reaktionen verfügbar. Bei der Temperaturfeldanalyse werden detaillierte Kontaktmodelle erstellt und anspruchsvolle Untersuchungen des Materialverhaltens beispielsweise beim Phasenübergang durchgeführt. Die Simulation von elektromagnetischen Feldern berücksichtigt komplexes Materialverhalten, zum Beispiel durch Nichtlinearitäten, Anisotropie sowie Temperaturabhängigkeit, und bildet nieder- und hochfrequente Effekte wie Wellenausbreitung und -reflektion ab. Diese detaillierten Modelle und das zugehörige Wissen um die Eigenschaften einzelner Komponenten können bei der Betrachtung der Interaktion auf Systemebene weiterverwendet werden (Bild 2).

Um das dynamische Zusammenspiel von Komponenten zu untersuchen, bietet sich die Cosimulation von Systemsimulator und Feldsimulation per Finite-Elemente-Methode (FEM) oder Strömungsanalyse (CFD – Computational Fluid Dynamics) an, wenn die Abbildung komplexer Zusammenhänge wie Nichtlinearitäten oder Hysterese zwingend ist. Der Systemsimulator ANSYS Simplorer ermöglicht (out-of-the-box) die Cosimulation von Feldsimulationen unter anderem mit ANSYS Maxwell, ANSYS Fluent und der ANSYS Mechanical Mehrkörpersimulation.

Alternativ können aus den Komponentensimulationen mit ANSYS auch sogenannte Verhaltensmodelle extrahiert werden, die nur das wesentliche Verhalten widerspiegeln, ohne jeweils eine vollständige Berechnung durchführen zu müssen. Der Vorteil ist, dass solche Modelle um Größenordnungen schneller berechnet werden und so die Vorteile von konzentrierten Elementen mit der Aussagekraft der 3D-Simulation vereinen. Diese reduzierten Modelle (ROM – Reduced Order Models) ermöglichen es Entwicklungsingenieuren, den Einsatz von stark abstrahierten, schwer zu parametrisierenden konzentrierten Elementen zu reduzieren und so die Qualität der physikalischen Modellierung stark zu verbessern. Dadurch wird die Abstimmung des Systemverhaltens, die Anpassung des Reglers oder von Embedded Software unter Berücksichtigung der physikalischen Eigenschaften aus der Feldsimulation einfacher.

ANSYS Simplorer, der Systemsimulator im ANSYS Produktportfolio, zeichnet sich durch eine automatisierte Ableitung solcher Verhaltensmodelle und die Integration auf Systemebene aus. Die verwendeten Techniken sind:

- die modale Reduktion für mechanische Komponenten (Zustandsraum-Modell, SPM – State SPace Matrix),
- die Charakterisierung mittels der Sprungantwort per LTI (Linear Time Invariant) für strömungsmechanische Komponenten,
- die Equivalent Circuit Extraction (ECE) für elektromagnetische Komponenten,
- die mathematische Projektion der Differentialgleichung in einen Unterraum, um thermische, thermomechanische, piezoelektrische oder akustische Komponenten zu kondensieren,
- die Ableitung von RLC-Netzwerken (Ohmscher Widerstand, Induktivität, Kapazität) zur Abbildung des Verhaltens von Kabelbäumen.

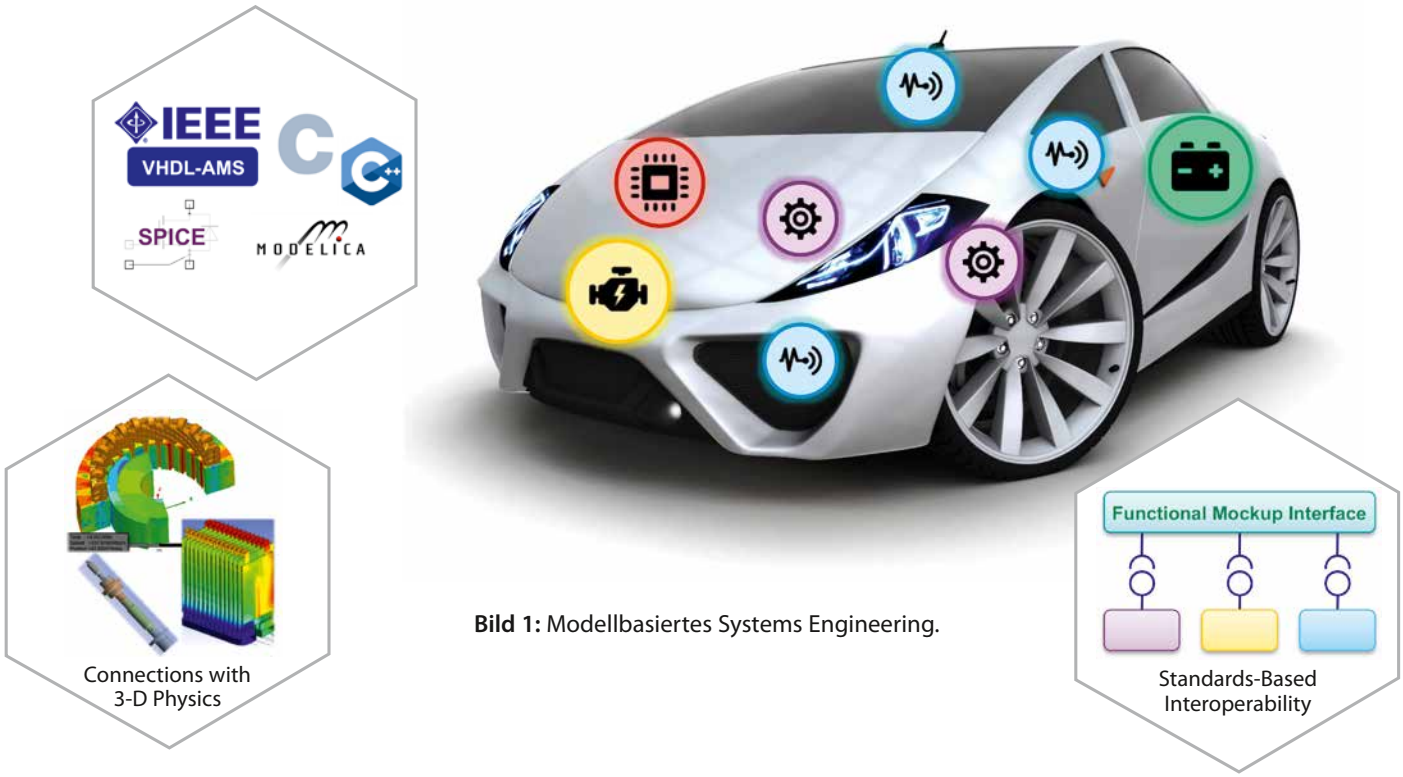


Bild 1: Modellbasiertes Systems Engineering.

Die Systemsimulation mit ANSYS ermöglicht modellbasiertes Systems Engineering mit integrierten physikalischen 3D-Komponenten, bis hin zur Code-Generierung von Embedded Software (Bild 3).

Durch diese einzigartige Verbindung von großer Tiefe in der Abbildung physikalischer Effekte, der breiten Abdeckung aller

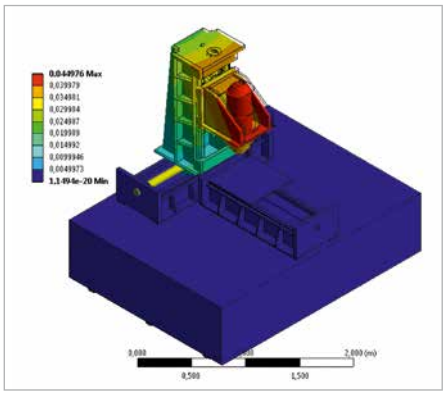


Bild 2: Optimierung des Schwingungsverhaltens einer Werkzeugmaschine unter Berücksichtigung von Bauteilelastizitäten, Kugelgewindetrieb, Motor und Kaskadenregler.

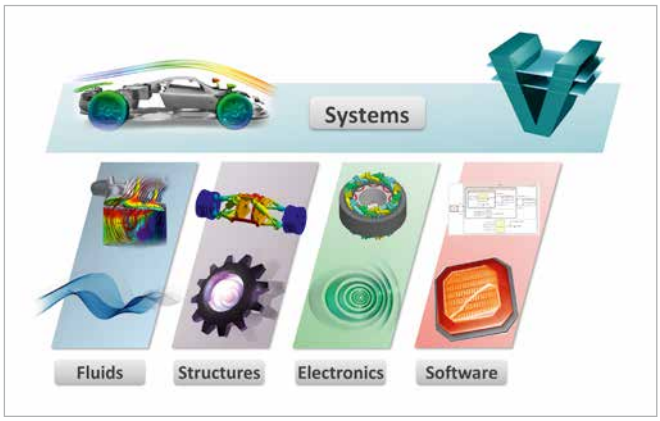


Bild 3: Simulationen mit physikalischer Tiefe und Breite von der Komponente bis zum System.

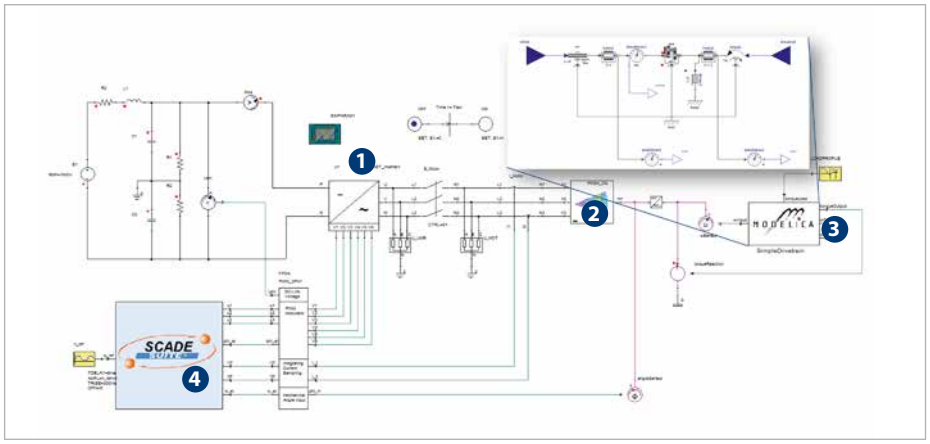


Bild 4: Systemsimulation eines Hybridantriebs mit Simplorer-Bibliothekselementen für die elektrische Schaltung (1), einem Verhaltensmodell aus der FEM-Simulation für den E-Motor (2), importierten Modelica-Modellen für das Getriebe (3) sowie importierter Embedded Software für die Regelung als FMU (4).

physikalischen Domänen und der durchgängigen Arbeitsweise – sowohl bei der Cosimulation als auch bei der Nutzung von Verhaltensmodellen – können komplexe Produkte in ihrem Verhalten gut prognostiziert und im Zusammenspiel aller Komponenten als System optimiert werden.

Neuheiten der Version 17 von ANSYS

Um die Anforderungen für eine solche Systembetrachtung zu verbessern, zielt die neue Version 17 von ANSYS Simplorer auf eine erweiterte Unterstützung offener Standards und eine höhere Produktivität ab. Auf einige wichtige Neuerungen soll hier näher eingegangen werden.

Unterstützung von Modelica: Modelica ist eine offene, standardisierte Beschreibungssprache für physikalische Modelle. Damit kann das physikalische Verhalten von physischen Komponenten eines Produkts (zum Beispiel Bremse, Hydraulikeinheit, pneumatisches Fahrwerk) in Form von Gleichungen beschrieben werden, ohne symbolische oder numerische Lösungsverfahren definieren zu müssen. Auf diese Weise lassen sich parametrische Modelle von Komponenten oder Sub-Systemen selbst erzeugen und können auch Projektpartnern zur Verfügung gestellt werden. Ebenso sind Modelle aus freien und kommerziellen Modelica-Bibliotheken in die eigene Systemsimulation integrierbar. Die neue Version 17 ist ein erster Schritt zur Unterstützung von Modelica in ANSYS Simplorer. Der Fokus der Entwicklung liegt zunächst in der Nutzung von Modelica-Modellen, zum Beispiel aus der Modelica Standard Library (MSL), der kommerziellen Modelon-Bibliothek oder von Modelica-Compilern wie OpenModelica. Darüber hinaus ist mit der Version 17 auch ein textbasiertes Erzeugen und Modifizieren von Modelica-Code möglich.

Modellaustausch über das Functional Mock-up Interface FMI 2.0: Das FMI 2.0 ist ein Standard zum Austausch oder zur Cosimulation dynamischer Modelle verschiedener Softwarewerkzeuge. Das dafür erzeugte Modell – die sogenannte Functional Mock-up Unit (FMU) – ist dazu in der Lage, die dynamischen Eigenschaften der repräsentierten Einheit abzubilden, ohne detaillierte Informationen über den inneren Aufbau und die Wirkmechanismen offenzulegen (intellectual property protection). Auf diese Weise lässt sich beispielsweise die Regelung per Embedded Software als FMU in eine physikalische Systemsimulation in ANSYS Simplorer integrieren (Bild 4).

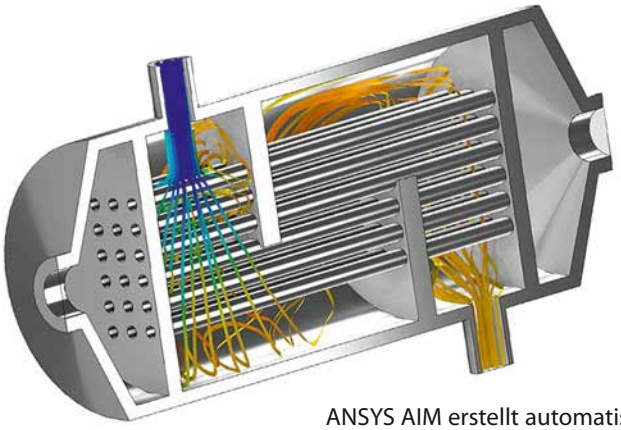
Erweiterung der VHDL-AMS-Bibliotheken: Die Beschreibungssprache VHDL-AMS, das Pendant zu Modelica für analoge und digitale Schaltungen, wird von ANSYS Simplorer seit Jahren genutzt, um standardisierte oder individuelle Bibliotheksobjekte zur Verfügung zu stellen. Mit Version 17 wurden die Bibliotheken für die Energietechnik um weitere Modelle für Transformatoren, Signalgeneratoren, Umrichter, Netznachbildung, Leitungen und Transformatoren ergänzt.

Integration in den Electronics Desktop: ANSYS Simplorer wird mit Version 17 ebenso wie ANSYS Maxwell für die niederfrequente und ANSYS HFSS für die hochfrequente Magnetfeldsimulation sowie ANSYS Q3D und ANSYS RMxprt in eine gemeinsame Anwendung – den ANSYS Electronics Desktop – integriert. Dies ermöglicht einen einheitlichen Arbeitsprozess und eine einfachere Handhabung bei der Kopplung von Feld- und Systemsimulationen.

InfoAutorin
Dr.-Ing. Hanna Sophie Baumgartl
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-120
hbaumgartl@cadfem.de

InfoSeminare
Maschinendynamik und Regelung des Systemverhaltens
www.cadfem.de/12167
Systemsimulation mit ANSYS Simplorer
www.cadfem.de/12174

MULTIPHYSICS



ANSYS AIM erstellt automatisch Interfaces für den Wärmeübergang.

ANSYS AIM – umfassend, intuitiv, automatisiert

Produktsimulation für jeden Ingenieur

Mit der Version 17 setzt sich die dynamische Entwicklung von ANSYS AIM fort, das als Werkzeug für Entwicklungsingenieure konzipiert ist, die ein ganzheitliches Produktverständnis erzielen wollen. Grundlage dafür ist ein intuitiver Arbeitsprozess, der für alle physikalischen Domänen gleich ist.

So können auch sporadische Anwender nach ersten Schritten in einer Disziplin, wie der Mechanik, eine weitere Disziplin, beispielsweise die Strömungsmechanik, einfach und intuitiv nutzen. Auf diese Weise lassen sich die verschiedenen physikalischen Eigenschaften eines Produktes – mit oder ohne Wechselwirkungen – frühzeitig bewerten und durch konstruktive Maßnahmen anforderungsgerecht optimieren.

Die bisher realisierten Einsatzfelder von ANSYS AIM in der Mechanik sind statische Analysen mit nichtlinearen Kontakten und nichtlinearer Geometrie zur Berechnung von Verformungen und Spannungen bis hin zur Lebensdauer, sowie die Ermittlung von Eigenfrequenzen per Modalanalyse. In der Strömungssimulation können laminare und turbulente, kompressible und inkompressible Einphasenströmungen abgebildet werden, die im Geschwindigkeitsbereich von Unter- bis Überschall rangieren können. Darüber hinaus sind stationäre Berechnungen von Temperaturfeldern mit Wärmeleitung, Strahlungsrandbedingungen und Konvektion sowie elektrischen Feldern (Gleichstrom) möglich.

Einheitlicher, integrierter Arbeitsprozesse

Der einheitliche, integrierte Arbeitsprozess ermöglicht auch ohne Expertenwissen die Kopplung von physikalischen Disziplinen einerseits durch Elemente, die gleichzeitig verschiedene physikalische Größen verarbeiten können (wie Stromfluss und Wärme) und andererseits durch Lastübertrag von verschiedenen physikalischen Solvern (zum Beispiel Fluid-Struktur-Interaktion). Durch diese Bandbreite können Entwicklungsingenieure eine Vielzahl gekoppelter physikalischer Effekte untersuchen, unter anderem thermisch-mechanische Spannungen, elektrisch-thermische Analysen, elektrisch-mechanische Kopplungen oder den Wärmeübergang zwischen Fluiden und Festkörpern.

Die Version 17 enthält eine erste Implementierung magnetostatischer Berechnungsmöglichkeiten und deren Kopplung zu thermischen Analysen, wodurch beispielsweise die Simulation der Strömung und Verformung in Ventilen sowie den magnetischen und thermischen Eigenschaften des Aktuators möglich werden. Bei ANSYS AIM 17 steht die Produktivität des Anwenders im Mittelpunkt. Ein Beispiel dafür ist die native Integration der Geometriebearbeitung in AIM, sodass Geometrieänderungen schneller durchführbar sind. Ferner ermöglicht die Integration von Designstudien in AIM einen einfachen Arbeitsprozess und schnellen Vergleich von Varianten. Ein neues materialbasiertes Rendering führt zu realitätsnahen 3D-Darstellungen. Außerdem sorgt die automatische Erzeugung von Interfaces in CFD-Analysen mit Wärmeübergang für einen deutlich verkürzten Modellaufbau. Weitere Verbesserungen stehen mit neuen Randbedingungen, im Customizing und der Lösungssteuerung zur Verfügung.

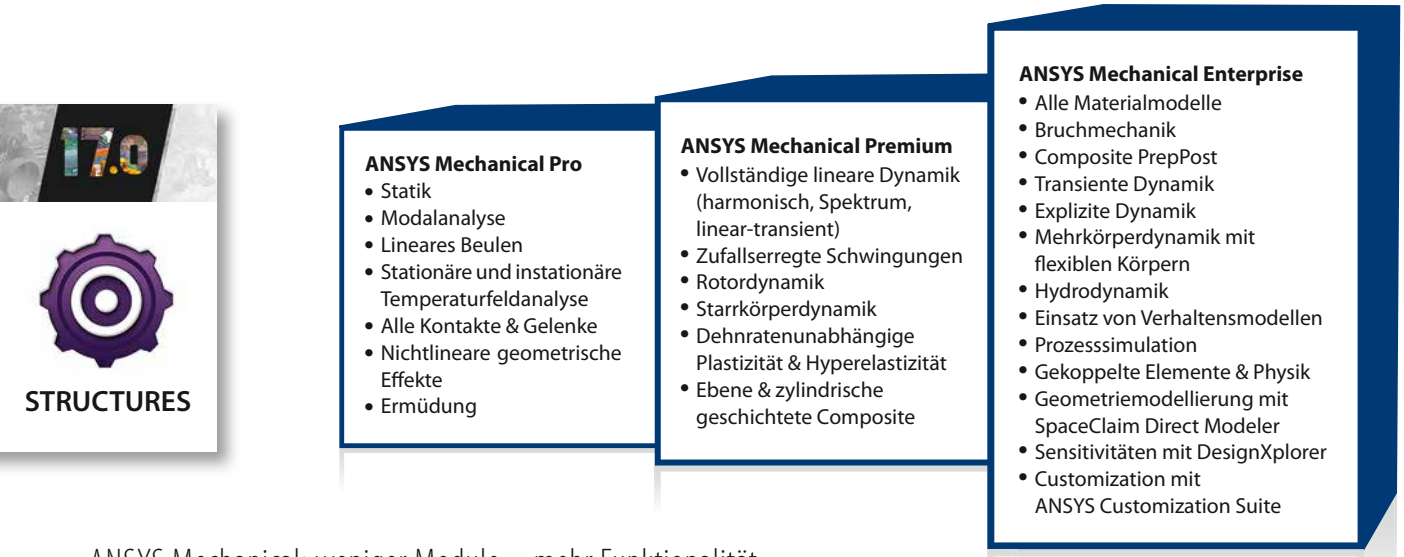
ANSYS AIM im Fokus

Im Mittelpunkt der Herbst-Ausgabe 2015 des CADFEM Journals stand ANSYS AIM, die neue Simulationslösung von ANSYS. Bestellen Sie die Ausgabe des CADFEM Journal mit dem Themenschwerpunkt ANSYS AIM (kostenlos, unverbindlich): marketing@cadfem.de
Weitere Informationen unter:
www.cadfem.de/cadfem-journal

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Dr.-Ing. Wolfgang Haslinger
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-121
whaslinger@cadfem.de

InfoWebinar
ANSYS AIM – Produktsimulation für jeden Ingenieur
www.cadfem.de/aim-webinar

Bild: ANSYS



ANSYS Mechanical: weniger Module – mehr Funktionalität

Neue Ordnung im Portfolio

Die langjährige Entwicklung von ANSYS, Inc. und die strategischen Akquisitionen im Bereich der Strukturmechanik haben zu einer großen Bandbreite und Funktionstiefe geführt. Das Mechanik-Produktportfolio wurde in den bisherigen ANSYS Versionen sehr fein aufgeteilt, sodass neben dem Kernprodukt ANSYS Mechanical weitere Abstufungen zum Beispiel als ANSYS Structural, ANSYS Professional NLS oder ANSYS Professional NLT angeboten wurden.

Mit optionalen Produkten für die Mehrkörpersimulation (ANSYS Rigid Body Dynamics), die explizite Dynamik (ANSYS Explicit STR, ANSYS Autodyn), die Composite-Modellierung (ANSYS Composite PrepPost) und die Hydrodynamik (ANSYS Aqwa) konnte der Funktionsumfang sehr feingranular an die Anforderungen angepasst werden, was gleichzeitig zu einer sehr hohen Anzahl von Modulen und einer Vielzahl zu organisierenden Lizenzen geführt hat. Insbesondere in Unternehmen mit wechselndem Aufgabenspektrum oder einer größeren Zahl von Anwendern war die Bereitstellung passender Lizenzen oft eine anspruchsvolle organisatorische Aufgabe, die nun einfacher zu bewerkstelligen ist.

Um die Lizenzstruktur zu vereinfachen und den Aufwand für das Lizenzmanagement zu reduzieren, kann die Lizenzstruktur in der Strukturmechanik umgestaltet werden. Dafür stehen die drei folgenden neuen Produkte zur Verfügung:

- **ANSYS Mechanical Pro** für die konstruktionsbegleitende Berechnung von Spannungen, Temperaturen, Schwingungen und Ermüdung,
- **ANSYS Mechanical Premium** für ein besseres Ingenieurverständnis durch erweiterte Nichtlinearitäten und die vollständige lineare Dynamik (inklusive Mechanical Pro),
- **ANSYS Mechanical Enterprise** mit der umfassenden Tiefe in Mechanik und Temperaturfeld mit elektrisch-thermisch- mechanisch-magnetischen Wechselwirkungen und zusätzlichen produktiven Werkzeugen (inklusive Mechanical Premium).

Von der Einstiegs- über die Midrange- bis zur High-End-Lösung werden mit dieser Umgestaltung alle Stufen aufgewertet. Einerseits erfolgt dies durch funktionelle Erweiterungen, andererseits durch die Integration bisher separater Produkte (wie ANSYS Fatigue oder ANSYS Rigid Body Dynamics) in die Kernprodukte. So beinhaltet beispielsweise ANSYS Mechanical Enterprise unter anderem die Funktionalität von ANSYS Composite PrepPost, ANSYS Explicit STR oder ANSYS Aqwa. Neben den erweiterten Berechnungsmöglichkeiten sind in ANSYS Mechanical Enterprise darüber hinaus produktivitätssteigernde Werkzeuge enthalten, und zwar:

- **ANSYS SpaceClaim Direct Modeler** für die schnelle Geometrieaufbereitung durch direkte Modellierung,
- **ANSYS DesignXplorer** für das Identifizieren von relevanten Einflussgrößen, das Erfassen von Zusammenhängen und die Lösungsfindung bei konkurrierenden Zielen,
- **ANSYS Customization Suite (ACS)** mit dem Application Customization Toolkit für die individuelle Anpassung von Funktionen und das Automatisieren von Simulationsprozessen.

Für ANSYS Mechanical Enterprise besteht wie bei der bisherigen Lizenz ANSYS Mechanical die Möglichkeit, das Pre/Postprocessing und die Gleichungslösung als unabhängige Lizenzen zu nutzen. Welche Vorteile sich für Ihr Unternehmen durch diese verschlankte Lizenzstruktur ergeben, erfahren Sie am besten in einem individuellen Gespräch. Wenden Sie sich dazu bitte an Ihren persönlichen Ansprechpartner im Vertrieb oder an vertrieb@cadfem.de.

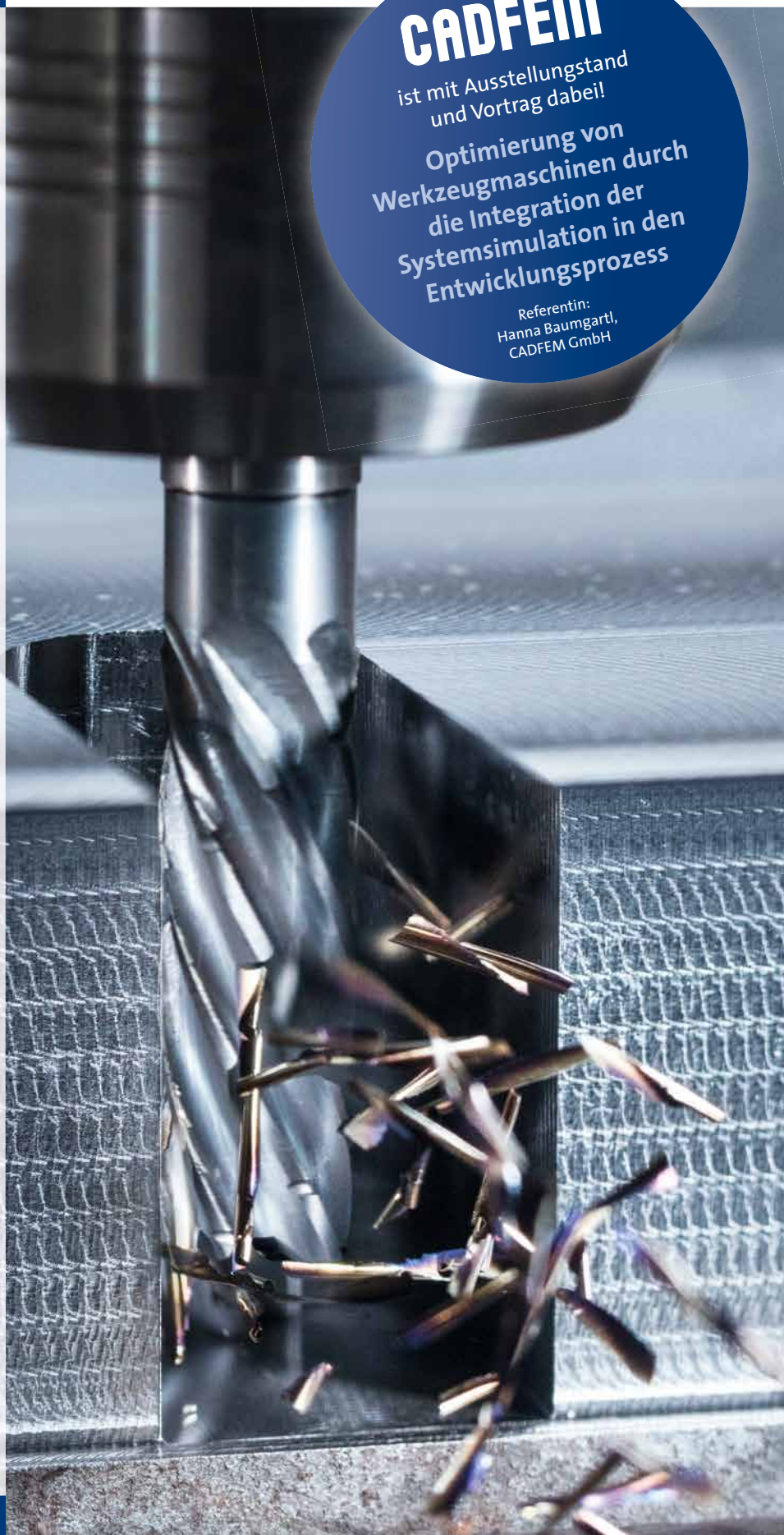
InfoAutor
Christof Gebhardt
cgebhardt@cadfem.de

mav
Innovation in der spanenden Fertigung

Innovations-Forum 2016

14. April 2016

Besuchen Sie das 8. mav Innovationsforum



CADFEM®
ist mit Ausstellungstand und Vortrag dabei!

Optimierung von Werkzeugmaschinen durch die Integration der Systemsimulation in den Entwicklungsprozess

Referentin:
Hanna Baumgartl,
CADFEM GmbH

Anmeldung auf:
www.mav-online.de

oder per E-Mail an:
innovationsforum@konradin.de

mav
Innovation in der spanenden Fertigung

Mit Multiphysik-Simulation mehr Wissen über eigene Produkte

ANSYS AIM überzeugt in der Praxis

Bild 1: Abgasregelklappe für Nutzfahrzeuge.

Eigentlich suchten die Produktentwickler von Klubert+Schmidt eine in ihr CAD-System integrierte Simulationssoftware zur Strömungsanalyse. Aber nachdem CADFEM ihnen die neuartige Multiphysik-Simulationssoftware ANSYS AIM präsentierte, kam alles ganz anders.

Die Firma Klubert+Schmidt GmbH mit rund 300 Mitarbeitern versteht sich als kompetenter Entwicklungspartner und zuverlässiger Serienlieferant von Abgasklappen und heißseitigen Abgasrückführungsventilen, inbesondere für schwere und mittlere Motoren im Nutzfahrzeugbereich und für Industriemotoren. Schon seit einigen Jahren wurden von den CAD-Anwendern konstruktionsbegleitende strukturmechanische Berechnungen an Bauteilen und Baugruppen mit den CAD-integrierten Modulen durchgeführt. Jedoch kamen in letzter Zeit immer mehr Nachfragen sowohl von interner als auch von externer Seite, zusätzlich die strömungsmechanischen Aspekte mit Simulationen (CFD – Computational Fluid Dynamics) zu analysieren.

In der Vergangenheit wurde versucht, diesen Anforderungen durch externe Dienstleister gerecht zu werden. Aber hierbei erkannten die Verantwortlichen sehr schnell die Grenzen, einerseits bezüglich des finanziellen Budgets, andererseits bei der Vermittlung der Aufgabenstellung sowie der Interpretation der gelieferten Berechnungsergebnisse. „Als Konsequenz starteten wir eine CFD-Marktrecherche, holten Angebote ein, nahmen an Webinaren teil und führten mit Anbietern WebEx-Konferenzen durch“, berichtet Richard Krellner, Konstruktionsleiter bei Klubert+Schmidt.

In diesem Zusammenhang wurde auch zu CADFEM – dem ANSYS Elite Channel Partner – Kontakt aufgenommen. In den gemeinsamen Gesprächen lenkte CADFEM die Aufmerksamkeit auf die neue Multiphysik-Software ANSYS AIM, mit der Strömungsanalysen kombiniert mit strukturmechanischen und thermischen Untersuchungen in einem Softwaresystem durchgeführt werden können. „Wir waren jedoch sehr skeptisch“, betont Richard Krellner, „denn einerseits schreckten wir vor der mächtigen Funktionalität von ANSYS zurück und bezweifelten, ob dieses umfassende System für ein mittelständisches Unternehmen wie Klubert+ Schmidt nicht überdimensioniert sei. Andererseits suchten wir eigentlich eine integrierte Lösung, mit der wir unsere nativen CAD-Daten bearbeiten könnten.“

Vom CAD- zum Simulationsmodell

Bei der Präsentation von ANSYS AIM durch CADFEM waren die Konstrukteure von Klubert+Schmidt sehr positiv beeindruckt von SpaceClaim, dem in AIM integrierten Modellierer. Die für die Berechnung notwendigen Veränderungen der CAD-Modelle von Klubert+Schmidt ließen sich mit SpaceClaim sehr leicht durchführen. Da die Aufbereitung des Simulationsmodells oftmals eine Vielzahl von Änderungen erfordert, ist die Rückführung einer optimierten Geometrie entsprechend den Simulationserkenntnissen grundsätzlich auch bei nativen CAD-Modellen häufig problematisch und deshalb kein gravierender Vorteil. „Außerdem überzeugte uns die einfache Bedienung sowie die einheitliche Benutzerführung für alle physikalischen Domänen“, erklärt Richard Krellner. „Mit ausschlaggebend war auch die große Verbreitung der ANSYS Software und natürlich das attraktive Preis-Leistungs-Verhältnis von AIM.“

Im September 2015 erfolgten bei Klubert+Schmidt die Einführung der AIM Software und die Schulung von sechs Konstrukteuren. Dabei gaben die Verantwortlichen einer firmenspezifischen und projektbezogenen Schulung den Vorrang gegenüber einer Standardschulung. Bei einem konkreten Entwicklungsprojekt, das als Basis für die Schulung diente, wurde das Verhalten einer Motorbremse von Klubert+Schmidt analysiert, die schon durch vielfältige Messungen auf dem Prüfstand untersucht wurde. Anhand der großen Messdatenbasis konnten die Simulationsergebnisse aus dem Pilotprojekt sehr gut validiert werden.

Nach der Schulung konzentrierte sich der Entwicklungs- und Versuchsingenieur Tobias Dörres auf die Arbeit mit ANSYS AIM, um sich hauptsächlich den Strömungssimulationen und Temperaturfeldberechnungen zu widmen, wobei die Temperaturen bei einigen Produkten bis zu 700 Grad Celsius erreichen. Konstruktionsleiter Richard Krellner erläutert: „Wir wollen zunächst mit einem Key-User internes Know-how beim Einsatz von ANSYS AIM aufbauen.“ Dazu ergänzt Tobias Dörres:

Bild: shutterstock.com/Martin Capek

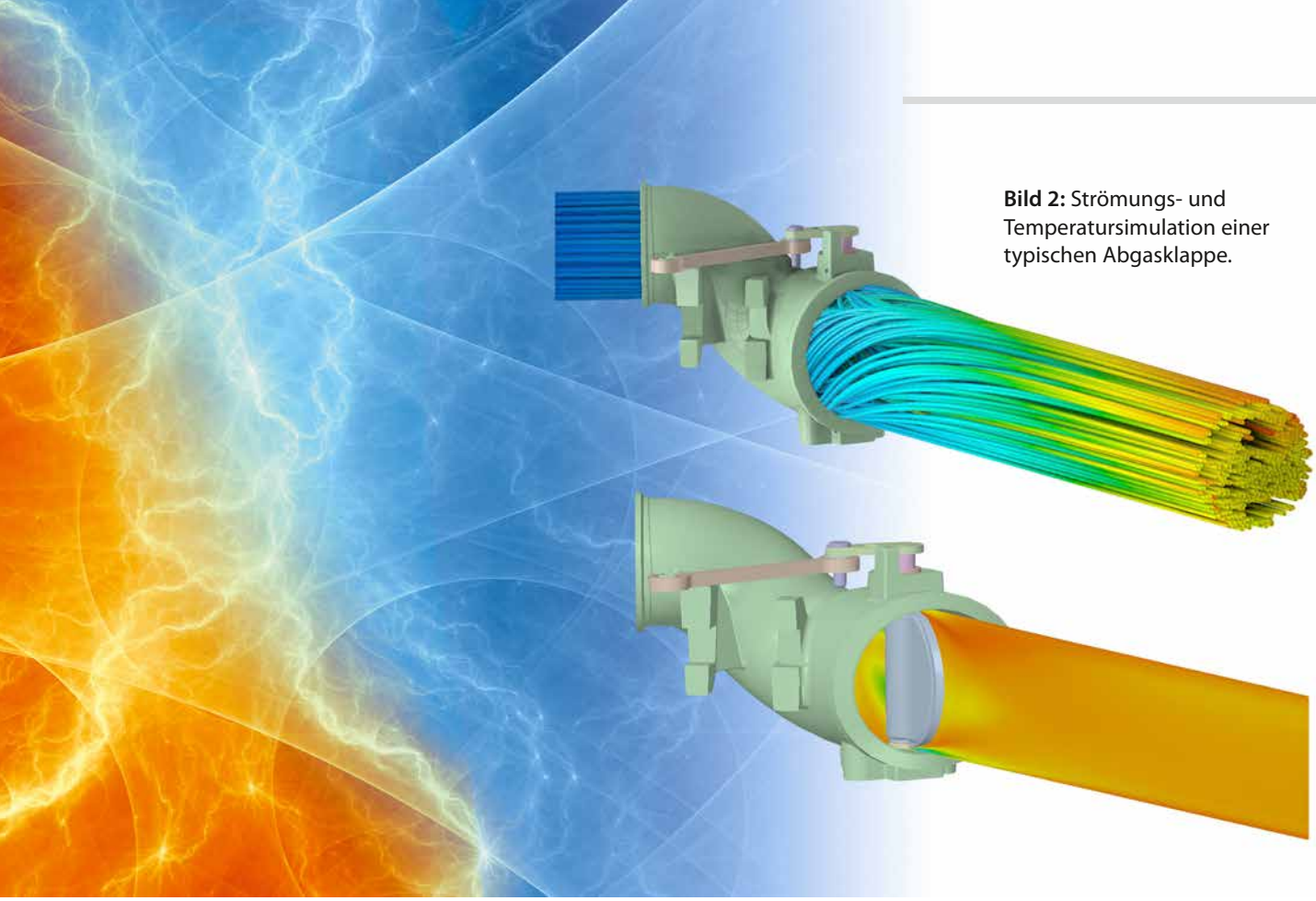


Bild 2: Strömungs- und Temperatursimulation einer typischen Abgasklappe.

„Insgesamt unterstreichen wir mit dem erweiterten Simulationseinsatz unsere technische Kompetenz und das Innovationspotenzial von Klubert+Schmidt."

Richard Krellner, Konstruktionsleiter bei Klubert+Schmidt

„Ich befasse mich zunächst überwiegend mit Strömungsanalysen, einerseits weil diese für mich ein neues Anwendungsfeld sind, andererseits weil die CFD-Ergebnisse als Grundlage für die weiteren Berechnungen dienen."

Mehr Details zum Produktverhalten

Im Rahmen eines neuen Kundenprojektes präsentierten die Entwickler von Klubert+Schmidt bereits vor dem Design-Freeze die neu entwickelte Produktgeneration in technischen Details. Zusätzlich zu ersten Prototypen-Demonstratoren konnten dem Kunden beeindruckende Darstellungen von Simulationen vorgestellt werden, welche die grundsätzliche Funktionsweise der neuen Technologie sehr anschaulich verdeutlichen. „Wir konnten den Kunden schon mit einigen fundamentalen Simulationen zur Funktionsweise der neuen Motorbremsen positiv überraschen", berichtet Richard Krellner. „Insgesamt unterstreichen wir mit dem erweiterten Simulationseinsatz unsere technische Kompetenz und das Innovationspotential von Klubert+Schmidt."

Durch die bereits durchgeführten CFD-Simulationen haben die Entwickler von Klubert+Schmidt schon viele bisher nicht näher bekannte Details über das Verhalten ihrer Produkte ergründen können. Zwar wurden früher oft unterschiedliche Bauteilvarianten am eigenen Strömungsprüfstand untersucht, um das Verhalten zu analysieren, aber für einen Teil der Messergebnisse konnte keine physikalische Erklärung gefunden werden. Mit Simulationen sind solche Analysen einfacher und schneller durchführbar. Da nicht nur einzelne Messpunkte betrachtet werden, lässt sich meist ein unerwartetes Verhalten leichter erklären.

Probleme, die bislang erst im Endstadium der Entwicklung auf Prüfständen erkannt wurden, lassen sich heute mit frühzeitigen Simulationen fast vollständig eliminieren. Nicht nur Funktionsbeeinträchtigungen werden schon in der Konzeptphase erkannt, sondern auch anfängliche Schwachstellen behoben, sodass insgesamt ein robusteres Design entsteht. Zusätzliche Parameterstudien können die Grenzen sehr genau aufzeigen. „Multiphysik-Simulationen mit ANSYS AIM werden bei uns mehr und mehr zum Bestandteil des Standardentwicklungsprozesses und dienen zukünftig als Elemente der Quality Gates, deren Erfüllung Voraussetzung für die jeweilige nächste Projektphase ist", erklärt Richard Krellner. „Viele Testaufbauten für den Versuchsstand und ein Teil der realen Prototypen werden nicht mehr benötigt, da die vorhandenen Fragen durch Simulationen beantwortbar sind. Das erfordert weniger Zeit und Geld. Ein weiterer nicht zu unterschätzender Vorteil liegt darin, dass Ideen, die zuvor nur sehr aufwendig oder gar nicht umgesetzt werden konnten, sich jetzt mit Simulationen einfach analysieren lassen. Mit den neuen Möglichkeiten der Multiphysik-Simulation können wir die gestiegenen Anforderungen an die Produktentwicklung noch besser erfüllen sowie Innovationen wesentlich effektiver realisieren."

Klubert+ Schmidt

InfoUnternehmen
Klubert+Schmidt GmbH
www.klubertundschmidt.de

InfoAnsprechpartner | Klubert+Schmidt
Richard Krellner
richard.krellner@klubertundschmidt.de

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

Befüllung von SCR-Tanksystemen unter Extrembedingungen

Mehrphasen-CFD-Analyse zur Schadstoffreduzierung

Die FES GmbH Fahrzeug-Entwicklung Sachsen positioniert sich als erfolgreicher Dienstleister für Automobilhersteller und Zulieferer mit vielfältigen Entwicklungsprojekten in den Bereichen Gesamtfahrzeug, Fahrwerk sowie Karosserie und setzt dafür auch verstärkt Simulationssoftware ein.

Neben strukturmechanischen FE-Analysen und Multiphysik-Simulationen werden unter anderem numerische Strömungsberechnungen mit ANSYS CFD durchgeführt. Diese reichen von stationären CFD-Analysen im Rahmen der Auslegung und Optimierung von Abgasanlagen bis hin zu instationären Mehrphasen-CFD-Analysen zur Befüllung von Tanksystemen.

Eine aktuelle Themenstellung ist die Befüllung von SCR-Tanksystemen (Selective Catalytic Reduction) von Personenwagen (Pkw) unter Extrembedingungen. Dabei dienen instationäre Strömungsberechnungen mit ANSYS Fluent sowohl zur Unterstützung der Versuche als auch als Basis für die Optimierung.

Die SCR-Technologie wird zur Abgasnachbehandlung von Fahrzeugen mit Dieselmotoren eingesetzt, um Anforderungen aktueller und zukünftiger Abgasnormen für Kraftfahrzeuge hinsichtlich des Ausstoßes von Stickoxiden (NO_X) zu erfüllen. Dabei wird AdBlue, eine Harnstoff-Wasser-Lösung, in den Abgasstrang zugeführt und zu Ammoniak und CO_2 umgesetzt. Das Ammoniak reagiert im SCR-Katalysator bei hoher Temperatur mit den Stickoxiden im Abgas zu Stickstoff und Wasser, wodurch der Schadstoffausstoß, insbesondere der Stickoxide, reduziert wird.

Steigender AdBlue-Verbrauch

Mit dem in Zukunft zu erwartenden ansteigenden AdBlue-Verbrauch ist trotz zunehmendem SCR-Tankinhalt bei Personenwagen davon auszugehen, dass es erforderlich wird, zwischen den Service-Intervallen AdBlue nachzutanken. Im Gegensatz dazu werden SCR-Tanks von Lastwagen (Lkw) bereits mit Hilfe spezieller Zapfpistolen befüllt. Dabei beträgt der Volumenstrom durch die Lkw-Zapfpistole bis zu 40 l/min. Die Betankung der SCR-Tanks mittels Lkw-Zapfpistole ist bereits für eine Auswahl von Personenwagen freigegeben. Daher ist dieses Szenario unter extremen Bedingungen zu analysieren und bei erkannten Problemen sind entsprechende Abhilfemaßnahmen abzuleiten.

Diese Untersuchungen lassen sich sowohl mit Versuchen als auch mit Mehrphasen-CFD-Analysen durchführen und erfordern einen gewissen Aufwand für den Gewinn an Erkenntnis. Die Simulation kann den Versuch sinnvoll ergänzen, um das Verständnis für die Wirkmechanismen zu erzielen und sowohl Kosten als auch Zeitaufwand für die Auslegung und Optimierung von Tanksystemen zu verringern. Im Vergleich zum Versuch bietet die CFD-Simulation trotz neuer Rapid-Prototyping-Verfahren wie 3D-Printing den Vorteil, relativ schnell und einfach Modifizierungen und Optimierungen vorzunehmen.

Instationäre und mehrphasige Strömung

Für die CFD-Analyse mit ANSYS Fluent wurde das SCR-Tanksystem eines Personenwagens (Bild 1) als Polyedernetz aus etwa 150.000 Schalenelementen und 700.000 Volumenelementen (Bild 2) modelliert. Grundlage der Strömungsberechnung ist eine instationäre und mehrphasige Strömung. Dabei wird in ANSYS Fluent das Volume-of-Fluid-Modell (VOF) mit zwei Phasen nach Euler verwendet. AdBlue ist hierbei als primäre Phase und Luft als sekundäre Phase definiert. Das VOF-Modell erfordert darüber hinaus die Verwendung des druckbasierenden Solvers.

Als Randbedingungen wird neben der allgemeinen Wanddefinition das Inlet mit

Bild: shutterstock.com/nexus 7

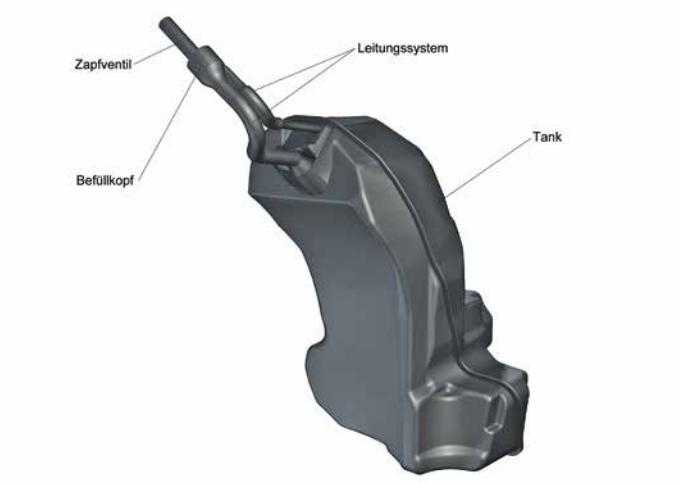


Bild 1: Aufbau eines SCR-Tanksystems (einschließlich Ausschnitt der Zapfpistole).

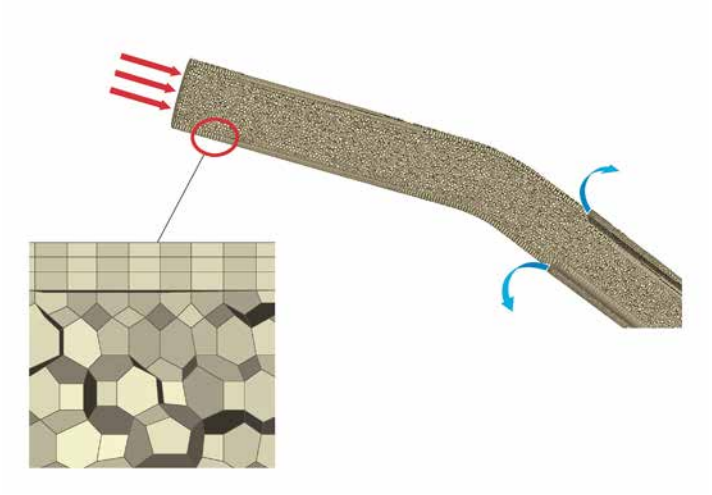


Bild 2: Ausschnitt aus CFD-Modell mit Inlet (rot) und Outlet (blau).

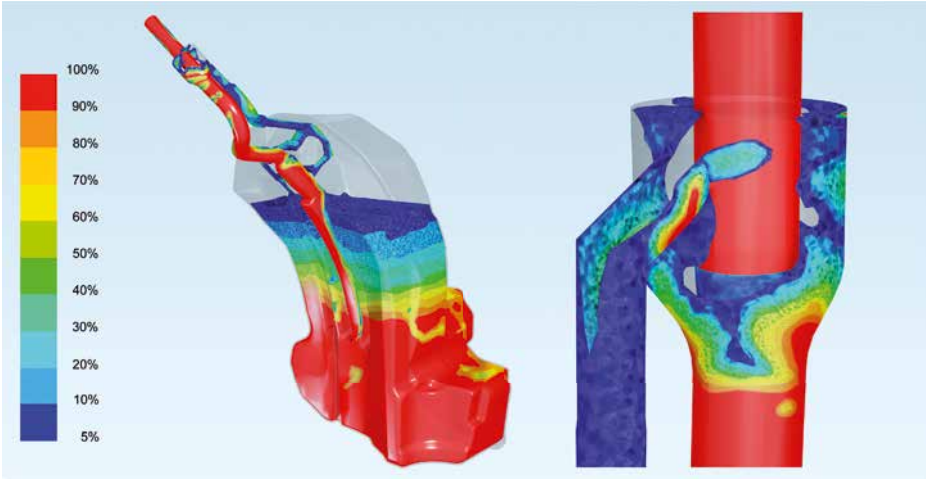


Bild 3: Tankbefüllung – Gesamtansicht des SCR-Tanksystems mit Zapfventil und des Befüllkopfs im Detail (Darstellung des Volumenanteils von AdBlue größer 5 Prozent).

einem AdBlue-Massenstrom von 0,7267 kg/s, was einem Volumenstrom von 40 l/min entspricht, und das Outlet mit Umgebungsdruck definiert.

Für die Simulationen werden eine feste Zeitschrittweite von 10^{-3} Sekunden sowie eine maximale Anzahl von fünf Iterationen pro Zeitschritt vorgegeben. Diese grobe Zeitschrittweite ist erforderlich, um die Berechnungsdauer in einem akzeptablen Rahmen zu halten. Sie liefert hinreichend genaue Ergebnisse, mit denen sich Trends für das bestehende System sowie für Anpassungen in Hinblick auf Optimierungen aufzeigen lassen. Die Berechnung erfolgt implizit, da aufgrund der gewählten Zeitschrittweite und der groben Vernetzung keine Konvergenz mit dem expliziten Solver erzielt werden kann. Für eine höhere Ergebnisgenauigkeit sind explizite Berechnungen mit variabler Zeitschrittweite und einer feineren Vernetzung notwendig.

Die CFD-Berechnung des typischen Anwendungsszenarios umfasst den vollständigen Befüllvorgang des leeren Tanks sowie das Leerlaufen der Zapfpistole nach dem Abschaltzeitpunkt. Mit der gewählten Zeitschrittweite beträgt die Berechnungsdauer rund 40 Stunden unter Verwendung von 32 CPUs. Um die Rechenzeit zu reduzieren, lässt sich die Berechnung mit einem vorgefüllten Tank und unter Vorgabe eines Vordruckes im Tanksystem durchführen. Hierbei ist zu beachten, dass der Tank nur zu einem bestimmten Maße vorgefüllt werden darf, um sicherzustellen, dass sich der Druck im Inneren aufbauen kann, was Einfluss auf das Befüllverhalten des gesamten SCR-Tanksystems hat und somit nicht vernachlässigt werden kann.

Übereinstimmung von Simulation und Versuch

Die Simulation zeigt in guter Übereinstimmung mit den Versuchen, dass es beim hier untersuchten Konstruktionsstand im Extremfall des großen Volumenstroms von 40 l/min zu einem Herausspritzen von AdBlue während der Befüllung kommt (Bild 3). Neben dem Volumenstrom hat auch die Stellung der Zapfpistole bei der Betankung einen nicht vernachlässigbaren Einfluss auf das Strömungsverhalten im Tanksystem. Dies ließ sich durch weitere Versuche und Simulationen nachweisen. Auf Grundlage der Ergebnisse wurden Abhilfemaßnahmen sowie weitergehende Optimierungen des SCR-Tanksystems festgelegt, um den AdBlue-Austritt bei großen Volumenströmen zu verringern oder komplett zu verhindern.

Die mehrphasigen CFD-Analysen mit ANSYS Fluent haben sich als geeignete Ergänzung zur Erprobung erwiesen, speziell in Hinblick auf die Bewertung des Strömungsverhaltens bei der Befüllung von Tanksystemen. Sowohl bei der Produktentwicklung als auch bei der Optimierung ist der CFD-Einsatz unverzichtbar, um Entwicklungskosten und -zeiten weiter zu reduzieren. Dieser Aspekt wird aufgrund der immer strenger werdenden Abgasnormen in Zukunft auch bei SCR-Tanksystemen stark an Bedeutung gewinnen.

InfoAutoren
Kay Hofmann, Sandy Meyer
FES GmbH Fahrzeug-Entwicklung Sachsen
www.fes-aes.de

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Dr.-Ing. Wolfgang Haslinger
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-121
whaslinger@cadfem.de

Bisherige Veröffentlichung: „Multiphase CFD-Analysis for Filling of an Automotive SCR Tank System under Extreme Conditions with ANSYS Fluent as an Alternative to Tests for Trend Analysis and Optimization", Präsentation von Sandy Meyer, 13th HZDR & ANSYS Germany Multiphase Flow Conference and Short Course, Dresden (Deutschland), Nov. 2015.

Bild 1: Moto3-Rennmotorrad von Suter Racing.

Simulation und Versuch gemeinsam erfolgreich

Berechnung eines Getriebes mit Gehäuse und Verzahnung

Bei der Entwicklung neuer Getriebe wurden bisher meist entweder nur Simulationen des Antriebsstrangs oder des Gehäuses durchgeführt. Die Untersuchung des Zusammenspiels beider Komponenten konnte aus Zeitgründen kaum erfolgen. Eine Kopplung beider Fragestellungen ermöglicht einen noch besseren Einblick in das Produktverhalten der beteiligten Komponenten und die Ergebnisse rücken noch näher an die Realität heran.

Deshalb hat CADFEM ein Simulationsverfahren entwickelt, um ein komplettes Getriebe – inklusive Antriebsstrang und Gehäuse – zu berechnen. Gelungen ist dies dank einer engen Kooperation zwischen CADFEM und der KISSsoft AG, wobei die Software-Pakete ANSYS und KISSsys gemeinsam genutzt werden. Mit dem neuen Verfahren lassen sich qualifizierte Aussagen über das Verhalten des gesamten Getriebes machen. Dabei werden auch nichtlineare Effekte berücksichtigt, die durch Vorspannungen, Temperatureffekte, reibungsbehaftete Kontakte und Schraubenvorspannungen entstehen können.

Zusammenspiel von ANSYS und KISSsys

Im ersten Schritt wird dabei die Gehäusesteifigkeit in ANSYS berechnet und mit der Superelementmethode ein reduziertes Modell generiert. Die so erhaltenen Steifigkeitswerte lassen sich in Form einer Steifigkeitsmatrix automatisiert an die Software KISSsys übertragen. Dort werden dann im zweiten Schritt die Lagerversatze mit Berücksichtigung der Zahnräder, Wellen und Lager iterativ berechnet (Bild 2). Die Ermittlung der Lagerversatze erlaubt eine exakte Simulation der Verzahnungen unter Berücksichtigung einer Kontaktanalyse (wie Pressung und Geräusch). Die Lagerreaktionskräfte wiederum dienen im letzten Schritt dazu, die Deformationen und Spannungen in ANSYS zu berechnen (Bild 3).

Simulation und Realität

Bei der Entwicklung eines neuen Simulationsverfahrens ist es unverzichtbar, die Resultate mit den Ergebnissen auf dem realen Prüfstand zu verifizieren. Nur wenn Simulation und Versuch übereinstimmen, ist auch sichergestellt, dass ein neues Simulationsverfahren verlässliche Resultate liefert, und somit in den regulären Entwicklungsprozess integriert werden kann. Das hier vorgestellte Verfahren wurde erstmals beim Getriebe eines Moto3-Motorrads der Suter Racing Technology AG angewendet und experimentell validiert (Bild 1). Die Ergebnisse von Simulation und Versuch stimmten jedoch nicht von Anfang an überein.. Das Entwicklerteam stellte sich die Frage: Sind die Bedingungen auf dem realen Prüfstand identisch mit denjenigen der Simulation? Um das herauszufinden, wurden alle Randbedingungen – sowohl die realen, als auch die simulierten – überprüft.

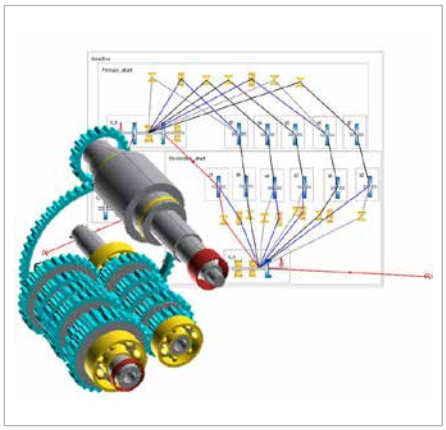


Bild 2: Das KISSsoft-Modell des berechneten Getriebes.

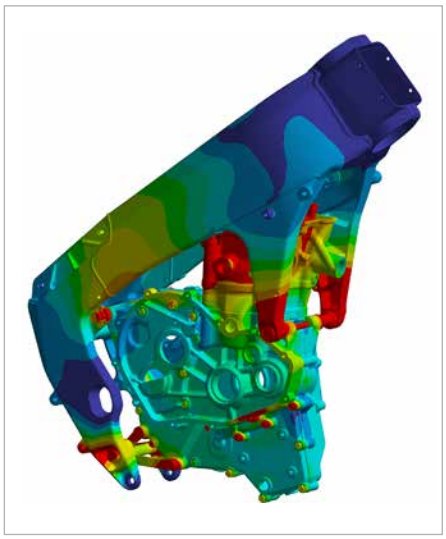


Bild 3: Motor, Getriebe und Rahmen als ANSYS Modell.

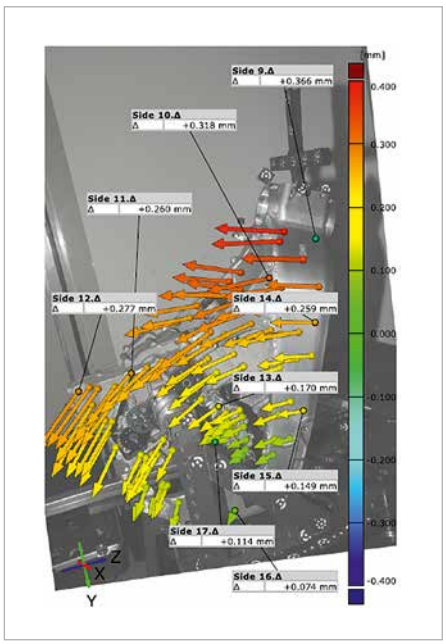


Bild 4: Optische Messung der Verformungen unter Belastung.

Dabei zeigte sich, dass die Mehrzahl der Fehler und Unterschiede auf ungenaue beziehungsweise unzureichende Kommunikation zwischen den Berechnern und den Versuchstechnikern zurückgeführt werden konnte. So wurde zum Beispiel beim Versuch auf dem Prüfstand das Getriebe im zweiten Gang getestet, während im Simulationsmodell stets der erste Gang eingelegt war. Nachdem diese Fehlerquellen erkannt und erfolgreich behoben wurden, war die Übereinstimmung von Messdaten und Simulationsergebnissen jedoch weiterhin unbefriedigend. Deshalb wurde die angewandte Messmethode genauer unter die Lupe genommen. Dabei wurde festgestellt, dass die zunächst verwendeten Messuhren die äusserst kleinen Verschiebungen, die für die Optimierung des Getriebes relevant sind, nicht ausreichend abbilden konnten. Folglich musste eine genauere Messtechnik gefunden werden.

Durchbruch mit optischem Messverfahren

Das optische Messverfahren der Firma GOM International AG brachte den Durchbruch. Mit dieser relativ einfach anwendbaren, aber hochpräzisen Methode gelang es, das Simulationsergebnis auch auf dem Prüfstand schlüssig nachzuvollziehen und zu verifizieren (Bild 4). Das neue Berechnungsverfahren verdeutlichte, dass auch in modernen Getrieben noch ein grosses Optimierungspotential steckt. Zum Beispiel lassen sich damit Bereiche für die Gewichtsreduktion zuverlässig identifizieren. Für Getriebe im Hochleistungsbereich sind Verbesserungen in der Grössenordnung von zehn Prozent durchaus möglich.

Die Erfahrungen aus diesem Projekt zeigen, dass mit Simulation attraktive und erfolgreiche Produkte kosteneffizient entwickelt werden können. Um diesen Erfolg zu erreichen, werden idealerweise die Simulationen durch den Versuch ergänzt und abgeglichen, wobei auch der engen Kommunikation zwischen der Versuchs- und Simulationsabteilung eine entscheidenden Rolle zukommt.

InfoAutor
Daniel Häberli, CADFEM (Suisse) AG

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Giampaolo Franzoso
Tel. +41 (0) 52-3 68 01-01
giampaolo.franzoso@cadfem.ch

InfoWebinar
Höhere Getriebeleistung dank Einbezug von Gehäuse und Verzahnung
www.cadfem.ch/getriebe-webinar

Ein Besuch im Tessin

Die Sonnenstube der Schweiz

Wer keine Ahnung hat, wo das Tessin überhaupt liegt, kennt meist zumindest dem Namen nach den Lago Maggiore und Lugano mit seinem See.

Aussicht auf den Lago Maggiore.

Ehemaliges Fischerdorf Gandria am Luganer See.

Einkaufsgasse im Zentrum von Lugano.

Die Italienurlauber, die vom Bernardino- oder Gotthardtunnel kommend, in Richtung Toskana, Adria oder Riviera unterwegs sind, kennen Chiasso, wo manchmal lange Abfertigungsschlangen den Grenzübertritt verzögern. Dass die Gegend zwischen Tunnel und Grenze Tessin heißt, wissen viele nicht.

Man befindet sich in der Schweiz, so viel ist bekannt, da werden Haltepausen wegen allbekannt hoher Preise auf die allernötigsten Bedürfnisse reduziert. Die Berglandschaft mit den hübschen kleinen Städten und Dörfern sieht zwar wie Heidi-Land aus, aber der Autobahnlärm und die Gewerbegebiete beziehungsweise Einkaufszentren links und rechts der Autobahn laden nicht zum Verweilen ein.

Dafür brachte die Industrialisierung den Tessinern einen sehr hohen Lebensstandard – im Gegensatz zu früher. Vor nicht allzu langer Zeit fanden die Menschen in der kargen Berglandschaft kaum ein Auskommen und ernährten sich oft ausschließlich von den Kastanien aus den umliegenden Wäldern. Viele Kinder wurden nach Mailand zu den „schwarzen Brüdern" geschickt, um dort als Kaminkehrer zu arbeiten. Heute hat sich die Situation umgekehrt. Aus Italien kommen täglich 60.000 Pendler ins Tessin, um hier ihr Brot zu verdienen.

Die Ansichtskarten zeigen das Tessin mit ewig blauem Himmel, Palmen, Zypressen und Blumenmeeren, grüne Seen, in denen

Bilder: istockphoto.com / matsilvan, eurotravel; shutterstock.com / Stefano Ember, Florian Muharemi

Verzascatal mit Brücke aus der Römerzeit.

Foroglio, ein typisches Tessiner Bergdorf im Bavonatal.

sich das Sonnenlicht silbrig spiegelt. All das signalisiert mildes, mediterranes Klima. Die Berghänge sind von lichtem Kastanien- oder Buchenwald bewachsen. Ganz weit oben blitzt graues Felsgestein über dem Grün, und am fernen Horizont leuchten die schneebedeckten Berggipfel der Alpen. So stellt man sich das Paradies vor.

Kein Wunder also, wenn viele hier wohnen möchten. Dieser Wunsch lässt sich relativ leicht verwirklichen, so man das nötige Geld für die Quadratmeterpreise ausgeben kann oder möchte. Überraschenderweise sind das nicht wenige.

Schon lange vor 1900 ließen sich Italiener, Deutsche, Engländer und auch damals schon Russen prächtige Villen an den Seen erbauen. Man kann die Villa Fogazarro Roi in Oria/Valsolda kurz hinter der italienischen Grenze im Originalzustand besichtigen. Wer Sehnsucht nach der guten alten Zeit hat, sollte die Gelegenheit nicht verpassen, hier einzutauchen. Fast immer ist man der einzige Teilnehmer der Führungen und fühlt sich fast wie ein Gast des Hauses.

Mildes Klima und Zauber der Landschaft

Hermann Hesse, der bis zu seinem Tod in Montagnola wohnte, gehörte schon Anfang des 20. Jahrhunderts zu den Besuchern des Monte Verita über dem Lago Maggiore. Hierher reisten damals die besonders Fortschrittlichen, um bürgerliche Konventionen durch alternative Lebensweise zu durchbrechen. Dank des milden Klimas konnte man sich sogar dem Ackerbau unbekleidet widmen. Auch vegane Ernährung war damals schon modern, was Hesse in einer Erzählung nicht ohne kritischen Unterton darstellt, indem er den Protagonisten als bösartigen Affen enden lässt.

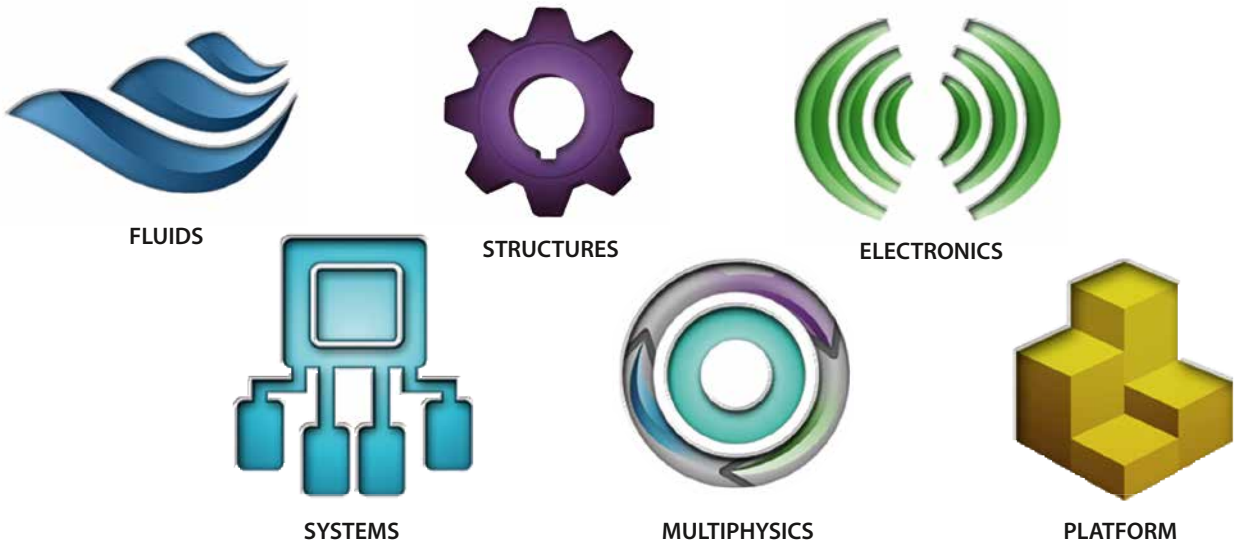
Sehr viel mehr Sympathie brachte Hesse dem freundlichen, unkomplizierten Naturell der einheimischen Bevölkerung entgegen. Das hat sich nicht geändert, freundlich sind die Tessiner auch heute noch. Zwar sind sie mit dem Auto sehr flott unterwegs, aber für einen Fußgänger, der die Straße überqueren will, wird eigentlich immer gebremst. Auch mangelnden Italienischkenntnissen begegnen die Einheimischen mit großer Geduld oder guten Deutschkenntnissen.

Weitab vom Verkehr sind die Hermann Hesse-Leser (oft am breitkrempigen Strohhut zu erkennen) unterwegs, um den von Hesse beschriebenen Zauber der Landschaft, das goldene Licht, die Farben, die Stimmung wiederzufinden. Stundenlang kann man durch Wälder und Wiesen, über Berg und Tal laufen, ohne jemandem zu begegnen. Eine erfreuliche Errungenschaft der Moderne sind da die perfekt ausgeschilderten Wanderwege. Fast jeder Wanderweg mündet in einen anderen, so dass man quasi endlos in alle Richtungen laufen kann. Müde und hungrig geworden, findet man leicht fast in jedem Dorf ein Grotto oder Lokal zum Einkehren. Oft als einziger Gast – denn es gibt nicht viele andere Touristen – sitzt man in der warmen Sonne mit etwas Schinken, Salami, Käse, Tomaten und einem Gläschen Merlot und ist mit sich und der Welt zufrieden.

Wer sich lieber selbst optimiert, kann Mountainbike fahren, im Gebirge klettern, Skifahren, im See schwimmen oder segeln. Oder eine Ausstellung oder sonstige Veranstaltungen besuchen, zum Beispiel im 2015 eröffneten Kulturzentrum LAC in Lugano. Das ganze Areal einschließlich eines alten Klosters ist ein sehenswertes Beispiel allerfeinster Tessiner Architektur.

Am besten werfen Sie selbst einmal einen Blick in die Schweizer Sonnenstube.

Margareta Müller
CADFEM International GmbH



Von guten Ideen zu erfolgreichen Innovationen

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

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

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

Strukturmechanik

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

Strömungsmechanik

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

ANSYS Elite Channel Partner

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

Wir sind für Sie da!

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

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

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

Temperaturfelder

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

Elektromagnetik

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

Multiphysik und Systeme

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

Komplementäre CAE-Software zu **ANSYS**

LS-DYNA: Mit LS-DYNA für die explizite Simulation lässt sich ermitteln, wie sich Strukturen über einen gewissen Zeitraum verhalten, wenn sie zeitabhängigen Lasten unterworfen werden. Mit dem Entwickler von LS-DYNA, der Livermore Software Technology Corp. (LSTC), verbindet CADFEM eine jahrzehntelange Partnerschaft. LS-DYNA wird von CADFEM stand-alone angeboten oder als in ANSYS Workbench integrierte Version. **www.cadfem.de/ls-dyna**

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

ROCKY DEM: ROCKY DEM ermöglicht die Modellerstellung einer nahezu unbegrenzten Auswahl an Partikeln unterschiedlichster Größen, Formen und Adhäsionskräften. Auf dieser Basis können Misch-, Schütt-, Rutsch- oder Fließ-Vorgänge sowie deren Auswirkungen auf ihre Umgebung simuliert, analysiert und optimiert werden. **www.cadfem.de/rocky**

optiSLang: optiSLang ermöglicht die systematische Variation aller relevanten Einflussgrößen. Dadurch werden physikalische Zusammenhänge verständlich und der Weg für optimierte, zuverlässigere Produkte geebnet. Integriert in ANSYS kommt optiSLang mit der CADFEM ANSYS Extension optiSLang inside ANSYS zum Einsatz. **www.cadfem.de/optislang**

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

ESAComp: ESAComp dient der Konzeption und Erstauslegung von Composite-Strukturen basierend auf der klassischen Laminattheorie. Einfache Bauteile werden dabei unter Verwendung von Strukturelementen und einer umfangreichen Materialdatenbank berechnet. Die Ergebnisse können danach für weitere Analysen in ANSYS importiert werden. **www.esacomp.com**

CADFEM ANSYS Extensions

Engineering-Werkzeuge von CADFEM für ANSYS

Die CADFEM ANSYS Extensions sind von CADFEM und Partnern entwickelte Engineering-Werkzeuge für ANSYS. Integriert in ANSYS Workbench erweitern sie den Funktionsumfang von ANSYS punktuell um spezifische Anwendungen.

Mehr Informationen: **www.cadfem.de/extensions**

Verstehen Sie Ihr Design!

Streuungen spielend einbeziehen

optiSLang inside ANSYS ist die CADFEM ANSYS Extension für mehr Designverständnis durch Variantenuntersuchungen und Sensitivitätsanalysen. Die von der Dynardo GmbH (www.dynardo.de) entwickelte Software optiSLang ermöglicht die systematische Variation aller relevanten Einflussgrößen und dadurch ein umfassendes Verständnis für physikalische Zusammenhänge. Die ermittelten Sensitivitäten beschleunigen Optimierungen und unterstützen Zuverlässigkeit, Design für Six Sigma sowie den Abgleich von Simulation und Test.

Zu den typischen Einsatzszenarien zählt neben der Produktverbesserung auch die Ermittlung von Parametern für numerische Modelle wie Material, Reibung oder Dämpfung sowie kostengünstiger Kennfelder für nichtlineare Komponenten.

Kleine Dateien – große Vorteile

Viel kleiner als das Original – und viel schneller

C.A.V.E. inside ANSYS ist die CADFEM ANSYS Extension zur Kompression und Visualisierung von Simulationsdateien, dabei steht C.A.V.E. für „Collaboration and Visualization Engine". Auf Basis der führenden VCollab-Daten-Kompressionstechnologie wurde von CADFEM C.A.V.E. inside ANSYS für die Nutzung in ANSYS Workbench entwickelt. Damit können riesige ANSYS Ergebnisdateien in wenigen Schritten auf 1 % und weniger ihrer Originalgröße verkleinert und so viel leichter und schneller ausgetauscht, präsentiert oder archiviert werden, ohne dass die Genauigkeit darunter leidet.

Schraubenbewertung nach VDI 2230

Der richtige Dreh

Bolt Assessment inside ANSYS ist die CADFEM ANSYS Extension zur automatisierten Schraubenbewertung nach VDI 2230. Sie ermöglicht es, eine große Anzahl Schrauben, auch in komplexen Baugruppen, qualitativ und effizient zu bewerten. Normwerte für die Definition der jeweiligen Schraubenverbindung werden dem Benutzer von der CADFEM ANSYS Extension vorgeschlagen. Die grafische Darstellung von Ergebnissen ermöglicht eine rasche Bestimmung der kritischen Schraubenverbindungen.

Zwei Welten, ein Ziel

Das Bindeglied von Spritzguss und Strukturmechanik

MoldSim inside ANSYS ist die CADFEM ANSYS Extension zur direkten Verknüpfung von Spritzgießsimulation mit ANSYS Workbench. Bei der Entwicklung von Bauteilen aus kurzfaserverstärkten Kunststoffen spielen zwei Arten von Simulationen eine zentrale Rolle: Während in einer Spritzgießsimulation der Herstellungsprozess abgebildet wird, geht es in der Festigkeitsberechnung um die Ermittlung des strukturmechanischen Verhaltens des untersuchten Bauteils.

Die Ergebnisse der beiden Simulationswelten im Interesse optimaler Produktqualität miteinander zu verknüpfen galt lange als äußerst komplex. Hier setzt die von CADFEM entwickelte Lösung MoldSim inside ANSYS an: Sie ermöglicht die direkte Übernahme von wesentlichen Informationen aus der Spritzgießsimulation in die strukturmechanische Berechnung in ANSYS Workbench.

So groß wie nötig

Macht aus Goliath David

Model Reduction inside ANSYS ist die CADFEM ANSYS Extension zur Systembetrachtung von 3D-FEM-Modellen. In modernen Entwicklungsprozessen hat die Abbildung von Bauteilkomponenten als 3D-FEM-Modelle ihren festen Platz. Unter anderem werden diese Modelle auch beim Engineering auf Systemebene verwendet. Dort integrieren Co-Simulationen heterogene Simulationswerkzeuge aus unterschiedlichen Disziplinen zu einer einzigen dynamischen Analyse.

Eine Hürde sind dabei der häufig sehr hohe Detaillierungsgrad der 3D-FEM-Modelle und die daraus resultierenden großen Datenmengen. Diese erschweren die Zusammenfassung in eine gemeinsame Gesamtsimulation erheblich. Model Reduction inside ANSYS (ehemals: MOR for ANSYS = Model Order Reduction) unterstützt den Entwicklungsingenieur dabei, diesen Engpass zu überwinden. Systematisch übersetzen die in Model Reduction inside ANSYS enthaltenen Algorithmen das hochdimensionierte 3D-FEM-Modell in ein größenoptimiertes, seinen Eigenschaften angenähertes Modell. Der Grad der Vereinfachung wird dabei vom Anwender anhand eines zulässigen Näherungsfehlers vorgegeben.

Festigkeitsnachweis nach FKM-Richtlinie

Nachweislich fest

FKM inside ANSYS ist die CADFEM ANSYS Extension für Festigkeitsnachweise nach FKM mit Materialdatenbank. Die FKM-Richtlinie ist ein vom Forschungskuratorium Maschinenbau (FKM) entwickelter Standard für verschiedene Anwendungsfälle im Maschinenbau und anderen Branchen. Mit FKM inside ANSYS kann der örtliche Festigkeitsnachweis von diesem weitverbreiteten Berechnungsalgorithmus innerhalb ANSYS Workbench unterstützt werden. Ergänzend enthält FKM inside ANSYS die WIAM Materialdatenbank zur schnellen Generierung von Materialkarten für ANSYS Workbench.

FKM inside ANSYS enthält vier Module:

- WB/FKM istder vollflächige richtlinienkonforme Festigkeitsnachweis von nicht geschweißten Volumenbauteilen nach FKM.
- WB/FKM-Weld ist der Betriebsfestigkeitsnachweis geschweißter Schalenstrukturen nach FKM.
- WB/WIAM fatigue RIFEST ist der Festigkeitsnachweis an Nachweisstellen für nicht geschweißte und geschweißte Bauteile nach FKM.
- WB/WIAM Engineering Data ist eine Materialdatenbank für metallische Werkstoffe.

FKM inside ANSYS wurde gemeinsam von CADFEM, dem Ingenieurbüro Huß & Feickert (www.ihf-ffm.de) und der IMA Dresden (www.ima-dresden.de) entwickelt.

Hardware und IT-Lösungen

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

eCADFEM

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

HPC für CAE

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

Cloud

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

CAE-optimierte IT-Systeme

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

IT-Management

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

CADFEM Engineering Simulation Cloud

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

InfoAnsprechpartner
Gerhard Zelder
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-87
gzelder@cadfem.de

Bild: shutterstock.com/bahri altay

Experten aus Wissenschaft und Industrie

Unabhängige CAE-Beratung

Falls Sie Simulation in Ihrem Unternehmen einführen wollen oder es bereits getan haben, haben Sie sicher bemerkt, dass es neben der Auswahl der passenden Software viele weitere Fragestellungen gibt.

Unternehmensprozesse und Kommunikationsschnittstellen müssen neu konzipiert oder angepasst werden. Dabei gilt es, die Vorstellungen von Unternehmensleitung, Kunden und Mitarbeitern genauso zu berücksichtigen wie Budgetgrenzen und rechtliche Belange. Für eine individuelle Beratung – zur Neueinführung, Prozessprüfung oder als Zweitmeinung – vermitteln wir Ihnen deshalb Experten, mit denen CADFEM bereits auf eine langjährige vertrauensvolle Zusammenarbeit zurückblicken kann. Gerne stellen wir für Sie den Kontakt zu einem der Experten her.

InfoAnsprechpartner
Anja Höller
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-74
ahoeller@esocaet.com
www.esocaet.com/network/cae-experten

Dr. Kaj Führer ist Leiter Systemhaus Technik Süd beim DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt. Dort werden für die Forschungsinstitute im DLR Prototypen und Versuchsobjekte entwickelt und gefertigt. Zuvor arbeitete er als Unternehmensberater sowie als Leiter Innovationsmanagement bei einem Anlagenhersteller.
Expertise: **Know-how und Methodenkompetenz, um 3D-Druck durch Veränderungen in der Wertschöpfungskette,** Integration moderner Konstruktionsmethoden, passenden Individualisierungslösungen und durch Erweiterung der Bauteilfunktion konkurrenzfähig zu traditionellen Fertigungsverfahren in Anwendung zu bringen. Weitere Schwerpunkte sind PLM, Design-to-Cost und Industrie 4.0.

Dr.-Ing. Volker Gravemeier promovierte an der Universität Stuttgart und arbeitete danach als Postdoctoral Fellow am Center for Turbulence Research, Stanford University/NASA Ames Research Center. Von 2007 bis 2012 leitete er eine Emmy Noether-Forschungsgruppe an der Technischen Universität München. 2011 gründete er gemeinsam mit Prof. Dr.-Ing. Wolfgang A. Wall die AdCo Engineering^{GW} GmbH, deren Geschäftsführer er ist.
Expertise: **Unter anderem Multiphysics- und Multiscale-Probleme (beispielsweise Fluid-Struktur-Interaktion),** Numerische Strömungsmechanik (Computational Fluid Dynamics – CFD), insbesondere turbulente Strömungen, Elektrochemie (zum Beispiel Simulation von Batterien), Finite-Elemente- und Finite-Volumen-Methoden.

Michael Knaak beschäftigt sich seit 25 Jahren mit der Entwicklung von Prototypen und Kleinserien. Ab 2002 arbeitete er in verschiedenen Positionen eines international führenden 3D-Druckunternehmens. Seit 2015 ist er beim Unternehmen Stratasys als Applikationsspezialist für die Bereiche FDM (Fused Deposite Modeling) und Polyjetverfahren in der Region Deutschland, Österreich und Schweiz verantwortlich.
Expertise: Beratung zu den Themen 3D-Datenaufbereitung und **3D-Druck-gerechte Konstruktion speziell von additiv gefertigten Kunststoffteilen (Prototypen, Hilfsmittel, Serienbauteile).** Dabei werden prozessspezifische Gestaltungspotenziale wie etwa die Funktionsintegration besonders berücksichtigt. Aber auch die Auswahl geeigneter Verfahren und Werkstoffe wird unterstützt.

Bereits vorgestellte CAE-Experten

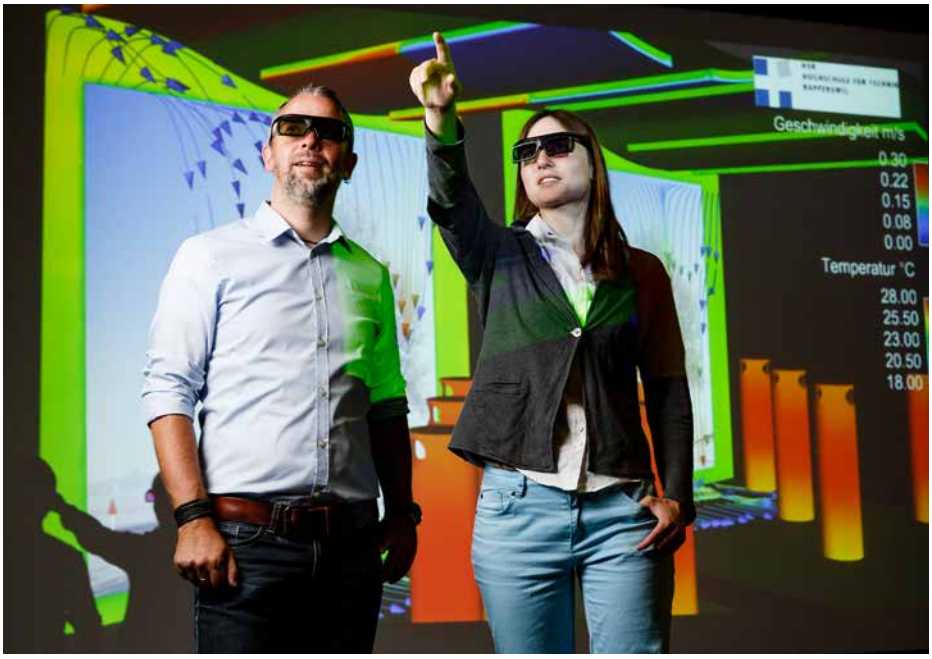
Professor Dr.-Ing. Sandro Wartzack, Lehrstuhlinhaber für Konstruktionstechnik an der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg.
Professor Dr.-Ing. Claus König, Studiendekan an der Fakultät für Bauen an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg.
Dr.-Ing. Klaus Mager ist freiberuflich auf dem Gebiet der Akquisition und Abwicklung von Fördermaßnahmen auf Länder-, Bundes- und EU-Ebene sowie von Stiftungen tätig.
Dr. Peter Pirro ist Finite-Elemente-Spezialist, von 1986 bis 2014 war er bei der John Deere GmbH & Co. KG beschäftigt, zuletzt in Leitungsposition verantwortlich im Bereich Product Verification & Validation.
Dr. Herbert Güttler ist Gründer der MicroConsult GmbH, einem Berechnungsdienstleister, der sich auf die effiziente Simulation großer Modelle mit ANSYS auf HPC-Clustern spezialisiert hat.
Dipl.-Ing. (FH) Stefan Kerpe ist seit 1989 freiberuflicher Entwicklungsingenieur, seit 2010 bietet er unter der Firmierung SIMULEERING FEM-Dienstleistungen und Beratung zum CAE-Prozessmanagement an.

www.esocaet.com/network/cae-experten

Berufsbegleitend zum Experten für Strömungssimulation

Zertifikatsstudium CAS Computational Fluid Dynamics

Strömungssimulationen durchzuführen, gehört für heutige Ingenieure nicht mehr zu den besonders großen Herausforderungen. Die richtigen Schlüsse aus den Resultaten zu ziehen, dann aber oftmals doch. Denn dafür ist aktuelles Know-how aus der Praxis erforderlich, ebenso wie ein Verständnis der physikalischen Modelle und mathematischen Konzepte.



Das neue Certificate of Advanced Studies (CAS) an der HSR Hochschule für Technik Rapperswil vermittelt dieses Wissen. Der sechsmonatige Weiterbildungslehrgang richtet sich an Ingenieure und Naturwissenschaftler, die in ihrer Berufspraxis strömungstechnische Fragestellungen mittels CFD-Simulation bearbeiten oder dies in Zukunft tun wollen. Eine mindestens einjährige Berufserfahrung ist Voraussetzung für die Zulassung, im Regelfall auch ein erster Hochschulabschluss.

Studieninhalte

Das CAS Computational Fluid Dynamics ist in drei Module unterteilt, deren Inhalte für ein ganzheitliches Verständnis ineinander greifen:

- CFD in Practice: Best-Practice-Ansätze für CFD-Simulationen kennen lernen und eigene Praxiserfahrung sammeln (Projektarbeit).
- Fluid Dynamics and Heat Transfer: Physik von Strömungen verstehen, inklusive thermodynamischer Vorgänge und Turbulenzmodellierung.
- Mathematics and Computational Methods: Mathematische Konzepte und numerische Lösungsverfahren für CFD-Simulationen begreifen.

„Der Wissenstransfer steht dabei im Zentrum“, betont Marcel Koller, der Kursleiter des CAS. „In der betreuten Projektarbeit führen die Teilnehmer eine CFD-Analyse für eine konkrete Fragestellung aus ihrem Berufsalltag durch. So profitieren sie und ihr Arbeitgeber bereits ab dem ersten Kurstag.“

Studienablauf

Das CAS Computational Fluid Dynamics umfasst 15 ECTS Punkte. Dies entspricht 18 Unterrichtstagen in Blöcken von 2 bis 3 Tagen (Donnerstag bis Samstag), zusätzlichen 150 Lernstunden für die Vor- und Nachbereitung der Lektionen und Prüfungen und 90 Stunden für für die Bearbeitung der Projektarbeit. Die Module sind auch einzeln buchbar, allerdings ist die Teilnehmerzahl beschränkt. Bewerbungen sind bis zum 15. Juni 2016 möglich.

Geplant ist, dass das CAS mit Modulen des Masterstudiengangs Applied Computational Mechanics (SBES) der Technischen Hochschule Ingolstadt und HAW Landshut zu einem Masterstudium kombiniert werden kann.

HSR Rapperswil

Die HSR Hochschule für Technik Rapperswil ist eine Teilschule der FHO Fachhochschule Ostschweiz und wird von den drei Kantonen St. Gallen, Schwyz und Glarus getragen. Sie bildet in Technik/IT sowie Architektur/Bau/Planung rund 1500 Bachelor- und Masterstudierende aus. In der anwendungsorientierten Forschung und Entwicklung (aF&E) betreibt die HSR regen Technologie- und Wissenstransfer mit der Industrie. Eine optimale Infrastruktur sorgt für eine ausgezeichnete Erreichbarkeit des Campus. Für lernfördernde Erholungspausen sorgt die herrliche Lage direkt am Seeufer des Zürichsees.

InfoHomepage
www.esocaet.com/sbes-cfd

Medizinische Grundlagen vereint mit Best-Practice-Wissen aus der Simulation

Zertifikatsstudium Simulation in Human Medicine

Numerische Simulationen gelangen inzwischen in den unterschiedlichsten Feldern der Medizin und Medizintechnik zur Anwendung, beispielsweise in der Mund-, Kiefer- und plastischen Gesichtschirurgie, Orthopädie und Kardiologie. Interdisziplinäres Arbeiten ist dabei der Schlüssel für Innovationen.

Die interdisziplinäre Idee war auch der Ausgangspunkt für die Entwicklung des neuen internationalen Hochschulzertifikats „Simulation in Human Medicine“ gemeinsam mit dem Zentrum Fort- und Weiterbildung der Universität Witten/Herdecke. Die Weiterbildung wird im Herbst 2016 starten und in einem integrativen Ansatz die Verbindung von medizinischen Grundlagen vereint mit Best-Practice-Wissen aus der Simulation vermitteln. Dieses Konzept richtet sich insbesondere an Ingenieure und andere Berufstätige mit technischer Vorbildung, die im medizinischen oder medizintechnischen Bereich tätig sind, aber auch an Mediziner und Zahnmediziner, die sich der technischen Herausforderung innovativer Diagnostik- und Therapiekonzepte stellen möchten.

Studieninhalte

Im Studium beschäftigen sich die Teilnehmer in drei Modulen mit den Schwerpunkten:

- Anatomy, Physiology and Pathology: Einführung in die menschliche Anatomie, ausgewählte Krankheitsbilder und Simulationsansätze zu deren Lösung
- Radiologic Diagnostics and Medical Visualization: Erfassung und Darstellung von individuellen Patientendaten
- Simulation Project: Durchführung eines Simulationsprojektes im Bereich Medizin oder Medizintechnik

Die Module sind auch einzeln buchbar. Bei Interesse kann das Hochschulzertifikat durch die Angebote weiterer Hochschulen aus dem Netzwerk von CADFEM esocaet ergänzt werden, zum Beispiel mit den Modulen „Finite Element Method“ oder „Fluid Dynamics and Heat Transfer“.

Studienablauf

Das Hochschulzertifikat ist modular konzipiert und umfasst insgesamt 15 ECTS-Punkte. Innerhalb von sechs Monaten finden Vorlesungen in geblockten Präsenzphasen (etwa 15 Tage insgesamt) statt, das zusätzliche Selbststudium (zirka 10 Stunden pro Woche) kann flexibel eingeteilt werden. Jedes Modul schließt mit einer Prüfungsleistung ab. Im Modul „Simulation Project“ wird von den Studierenden eine praktische Arbeit angefertigt, wobei der Wissenstransfer zwischen Hochschule und Unternehmen im besonderen Fokus steht.

Universität Witten/Herdecke

Deutschlands erste private Universität wurde 1983 in Witten gegründet. Im Mittelpunkt steht der Studierende, die Entfaltung seiner individuellen Neigungen und Potenziale. In der Fortführung des Humboldt’schen Bildungsideals versteht sich die Hochschule als unternehmerische Universität im Sinne der Einheit von Forschung, Lehre und praxisnaher Erprobung. Die Gründer wollten 1983 das Medizinstudium vom Kopf auf die Füße stellen: Mehr Praxis und vor allem früher. Ziel war es, Ärzte auszubilden, die den Menschen sehen und nicht nur den Fall. Heute entspricht die neue Ärzte-Approbationsordnung dem Wittener Modell.

InfoHomepage
www.esocaet.com/sbes-medicine

Studienangebote Simulation Based Engineering Sciences (SBES)

Modulstudium, Zertifikats- und Masterprogramme bieten karrierefördernde, berufsbegleitende Weiterbildungsmöglichkeiten im Bereich der Simulation. Dabei kooperiert CADFEM esocaet mit unterschiedlichen Hochschulen, die entsprechende Studienprogramme anbieten und eine besondere Charakteristik aufweisen. Wir senden Ihnen gerne detaillierte Informationen und beraten Sie in einem persönlichen Gespräch.

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Katrin Herzberger
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-124
kherzberger@esocaet.com

InfoVeranstaltungen
www.esocaet.com/info

ADRESSEN CADFEM UND PARTNER

Deutschland

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

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

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

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

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

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

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

Member of
TechNetAlliance

Worldwide Partners
technet-alliance.com

International

CADFEM International
info@cadfem-international.com
www.cadfem-international.com

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

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

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

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

Großbritannien
CADFEM UK CAE Ltd.
Croydon, Surrey
info@cadfemuk.com
www.cadfemuk.com

Irland
CADFEM Ireland Ltd.
Dublin
info@cadfemireland.com
www.cadfemireland.com

Tschechien/Slowakei
SVS FEM s.r.o.
Brno
info@svsfem.cz
www.svsfem.cz

Polen
MESco
Tarnowskie Gory
info@mesco.com.pl
www.mesco.com.pl

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

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

Indien
CADFEM Engineering Services India PVT Ltd.
Hyderabad, Pune, Bangalore, Chennai
info@cadfem.in
www.cadfem.in

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

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

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

Partner Deutschland

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

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

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

CADFEM Medical GmbH
Grafing
info@cadfem-medical.com
www.cadfem-medical.com