www.cadfem.de

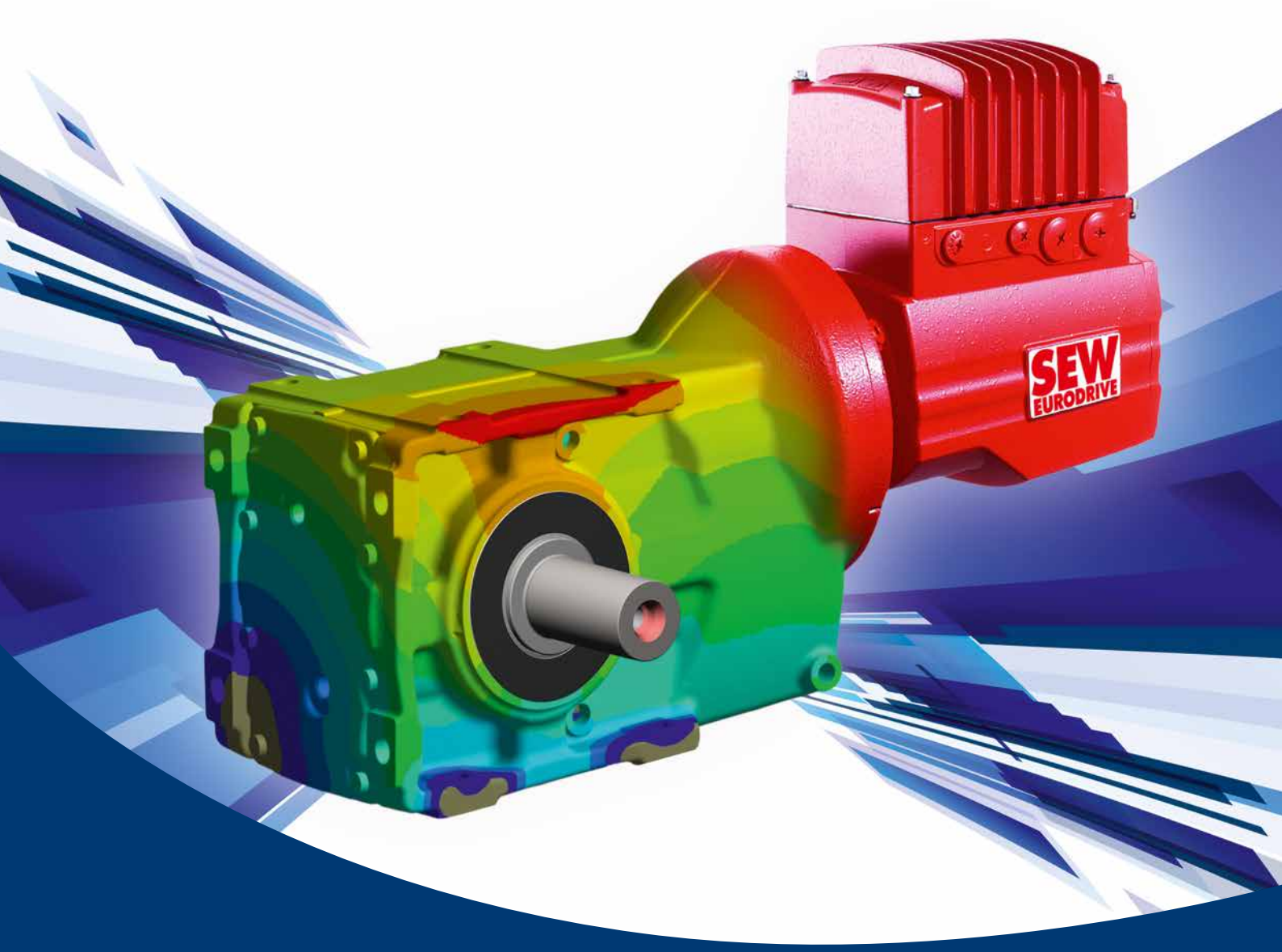
Ausgabe 2 I 2016

CADFEM® JOURNAL

Simulation ist mehr als Software®

Innovation in Bewegung

- Wie SEW-EURODRIVE Gehäuse stabiler und leichter gestaltet
- Wie WITTUR Electric Drives die Sicherheit und Laufruhe erhöht
- Wie Dr.-Ing. Braun das Maschinenverhalten optimiert



Aktuelle Informationen zur Simulation in der Produktentwicklung

esocaet

Upgrade your work, upgrade your life.

Mit den berufsbegleitenden Studienangeboten qualifizieren wir Bachelor- und Master-absolventen genauso wie Diplom-Ingenieure und Doktoranden praxisorientiert weiter.

Applied Computational Mechanics

Studienmöglichkeiten
- Master of Engineering (M.Eng.)
- Weiterbildung in einzelnen Modulen

Modulangebot (Auszug)
- Nonlinear and Contact Analysis
- Materials and Material Models
- Computational Dynamics
- Fatigue and Fracture Mechanics
- Modeling Techniques
- Optimization and Robust Design

Studiengangleiter
Prof. Dr. Jiri Horak

Technische Hochschule Ingolstadt

Computational Fluid Dynamics

Studienmöglichkeiten
- Certificate of Advanced Studies
- Weiterbildung in einzelnen Modulen

Modulangebot
- CFD in Practice
- Fluid Dynamics and Heat Transfer
- Mathematics and Computational Methods

Kursleiter
Marcel Koller

HSR Hochschule für Technik Rapperswil
FHO Fachhochschule Ostschweiz

Simulation in Human Medicine

Studienmöglichkeiten
- Hochschulzertifikat
- Weiterbildung in einzelnen Modulen

Modulangebot
- Anatomy, Physiology, and Pathology
- Medical Simulation Project
- Radiologic Diagnostics and Medical Visualization

Kursleiter
Dr. med. Dr. med. dent. Lars Bonitz

universität Witten/Herdecke

Reservieren Sie sich jetzt Ihren Termin unter:
www.esocaet.com/studienberatung • +49 (0) 8092 7005-124

by CADFEM

Neues CADFEM Angebot: CAE-Strategieberatung

Seit kurzem an Bord, habe ich hier bei CADFEM die interessante Aufgabe übernommen, einen neuen Bereich aufzubauen: die CAE-Strategieberatung. Damit unterstützen wir unsere Kunden in organisatorischen und prozessbezogenen Fragen, wenn es um die Einführung und Optimierung des Einsatzes von Simulationen geht. Durch eine kundenspezifische Einbindung der Simulation in den Produktentstehungsprozess wird die Leistungsfähigkeit des Unternehmens nicht nur hinsichtlich der unmittelbaren Faktoren Zeit, Kosten und Qualität gesteigert, sondern auch im Hinblick auf Innovationen und eine langfristige Wettbewerbsfähigkeit. Die strategische Integration der Simulation in den gesamten Produktentstehungsprozess erweitert das tiefere Verständnis über das Verhalten des Produkts als Gesamtsystem. Dieses wird immer wichtiger, um die Chancen, die sich zum Beispiel durch die zunehmende Digitalisierung ergeben, frühzeitig zu ergreifen. Aber auch die anstehenden Herausforderungen, wie die Komplexitätssteigerung durch erhöhte Vielfalt der angefragten Produkte, lassen sich mit Simulation besser bewältigen.

Ich habe die Simulation im Produktentwicklungsumfeld während meines Berufslebens, zunächst in der Automobilindustrie und danach über 25 Jahre bei Bauknecht/Whirlpool, zuerst technisch und später auch organisatorisch vorangetrieben und dort wertvolle Erfahrungen gesammelt, die ich jetzt weitergeben will. Bereits als Kunde habe ich die hohe Kompetenz und gute Betreuung durch das CADFEM Team geschätzt. Später, als Mitglied der „Technet Alliance“, dem internationalen CAE-Netzwerk von 55 Unternehmen der Simulationsbranche aus über 25 Ländern, lernte ich auch die CADFEM Geschäftsführung näher kennen und erlebte, wie internationales ‚Netzwerken‘ zwischen Softwareentwicklern und Partnerfirmen, Hochschulen und Industrieanwendern fruchten kann.

Auch wenn CADFEM von den Simulationslösungen von ANSYS überzeugt ist, so dürfen Sie von uns trotzdem eine Beratungsleistung erwarten, die Ihre Bedürfnisse in den Vordergrund stellt. Beim strategischen Einsatz von Simulation geht es schließlich nicht um die Frage, welche Software denn idealerweise eingesetzt werden soll, sondern

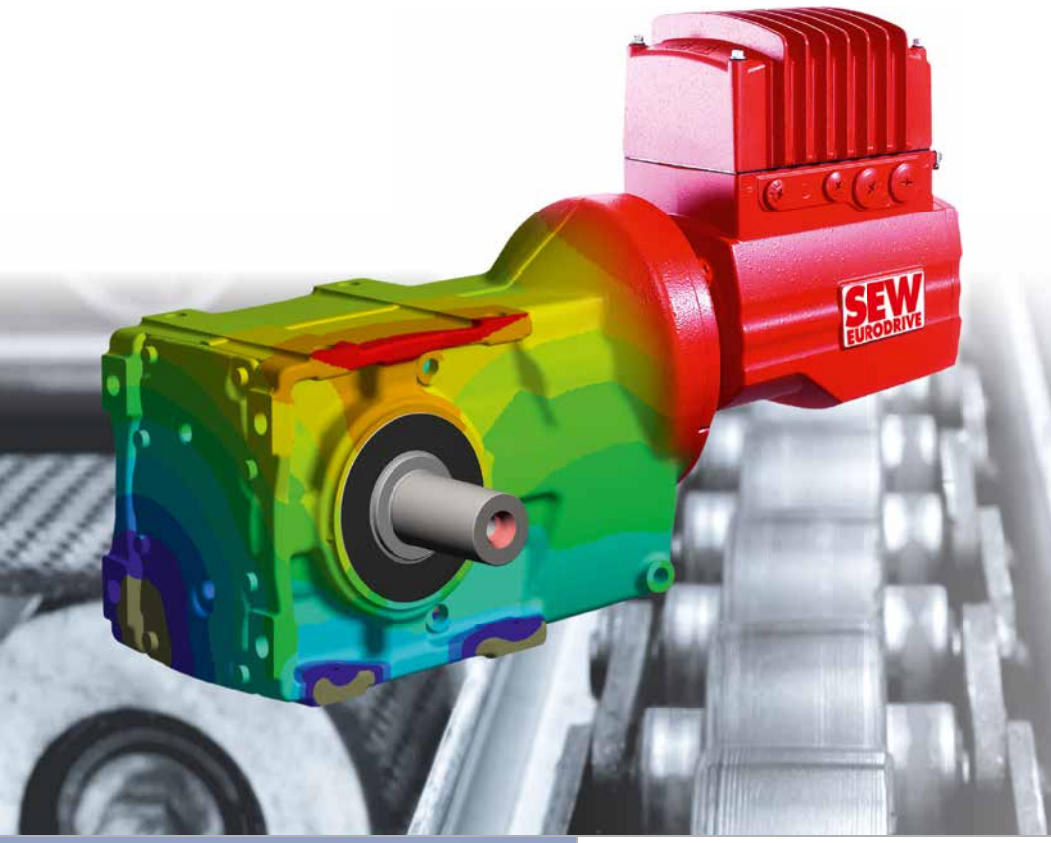
um die Frage, welchen Nutzen eine ganzheitliche Berücksichtigung der Simulation im Produktentwicklungsprozess mit sich bringt.

Für ein Industrieunternehmen ist es oftmals eine besondere Herausforderung, nicht nur die für die jeweiligen Anforderungen geeignete CAE-Lösung zu finden, sondern auch die internen Prozesse diesbezüglich passend zu organisieren und zu implementieren. Hier bieten wir durch unsere Beratung umfassende Unterstützung und veranstalten beispielsweise Workshops, gerne unter Einbeziehung aller beteiligten Abteilungen und Standorte, um gemeinsam eine Lösung zu erarbeiten. Als Ergebnis der Beratungsleistung erhalten Sie eine Spezifikation der vorgeschlagenen Maßnahmen (Organisation, Methoden und Lösungen).

„Simulationseinsatz wird zu einem nachhaltigen Wettbewerbsvorteil.“

Damit stärkt die CAE-Strategieberatung als zusätzliche Dienstleistung unsere Philosophie, die im Slogan „Simulation ist mehr als Software – Produkte, Service und Wissen aus einer Hand“ zum Ausdruck kommt. Falls Sie dieses neue Beratungsangebot interessiert oder Sie Fragen dazu haben, lade ich Sie ein, mich auf dem Stand auf der „CADFEM ANSYS Simulation Conference“ vom 5. bis 7. Oktober in Nürnberg zu besuchen oder mich direkt zu kontaktieren.

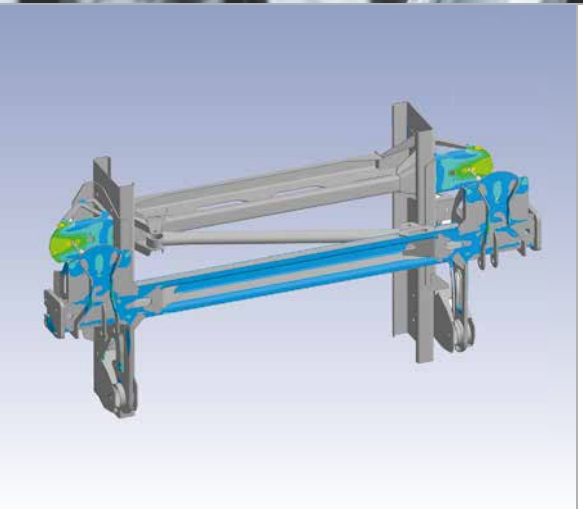
Dipl.-Ing. Thomas Stark
Bereichsleiter CAE-Strategieberatung
bei CADFEM
Tel. + 49 (0) 7 11-99 07 45-19
tstark@cadfem.de



Antriebstechnik: Innovation in Bewegung

Innerhalb des Themenschwerpunkts „Antriebstechnik" wird unter anderem beschrieben, wie SEW-EURODRIVE mit Unterstützung von Simulationen ihre Antriebskomponenten, zum Beispiel Getriebegehäuse, beanspruchungsgerecht auslegt. Ziel ist es, höchste Drehmomente und ein möglichst leichtes, aber dennoch hoch steifes Getriebe zu erhalten – und das bei kurzer Entwicklungszeit. Außerdem wird der Kostenaspekt kontinuierlich berücksichtigt.

Ab Seite 18



Mehr Sicherheit und Komfort

AL-KO Fahrzeugtechnik gilt als ausgewiesener Chassis-Profi für Reisemobile, Caravans und leichte Nutzfahrzeuge. Bei der Neuentwicklung einer Torsionslenker-Achse setzte das Unternehmen auf das Zusammenspiel von Simulation und Prüfstand. Mit Simulationen wurde die Achskonstruktion so optimiert, dass die Lebensdauer und Haltbarkeit bei gleichem Material- und Kosteneinsatz um das Fünffache verbessert sowie die Anzahl der notwendigen Prototypen signifikant reduziert wurde.

Ab Seite 38

CADFEM

06 34. CADFEM ANSYS Simulation Conference: Simulation erleben

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

12 CADFEM Netzwerk: Neues Unternehmen mit erfahrenen Fachleuten – CFD-Experten von ISimQ unterstützen CADFEM

13 CADFEM Netzwerk: Zwei Unternehmen, die gut zusammenpassen – INNEO und CADFEM kooperieren

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

TITELTHEMA ANTRIEBSTECHNIK

18 Innovation in Bewegung

20 Getriebesimulation in der Antriebstechnik
SEW bringt Bewegung in alle Branchen

24 Elektromagnetische und strukturmechanische Auslegung von Aufzugsmaschinen
Hoch hinaus – Laufruhe inklusive

26 SolarCar aus Bochum
Simulation erhöht Gesamteffizienz des Elektromotors

28 Optimierung des Betriebsverhaltens von elektrischen Maschinen
„Wir sind vom FEM-Einsatz absolut überzeugt."

ANSYS IN DER PRAXIS

32 Statistische und stochastische Methoden zur Auslegung eines Turboladers
Energieeffizienz im Automobilbau

35 Erhöhung des Wirkungsgrads mit Multiphysik-Simulation
Produktsimulation optimiert Pumpen

38 Simulation erhöht Qualität und Lebensdauer
Mehr Sicherheit und Komfort

Produktsimulation optimiert Pumpen

Der Einsatz von skalenauflösenden, hybriden Turbulenzmodellen ermöglicht zuverlässige Strömungssimulationen über den gesamten Betriebsbereich. Ein Anwendungsbeispiel sind die Pumpen der Firma MUNSCH Chemie-Pumpen, die seit Jahren gekoppelt, das heißt unter Berücksichtigung des Wechselspiels von Hydraulik und Strukturmechanik, optimiert werden.

Ab Seite 35

CADFEM PORTFOLIO

40 Für anspruchsvolle Physik und effiziente Arbeitsprozesse
ANSYS als Integrationsplattform

42 Werkzeuge für spezielle Anwendungsfälle
Komplementäre CAE-Software zu ANSYS

43 CADFEM ANSYS Extensions
Engineering-Werkzeuge von CADFEM für ANSYS

44 Komplettes Angebot: Simulation as a Service
eCADFEM bietet Software, Hardware und Engineering on Demand

45 Für jede Anforderung das richtige Angebot
Hardware und IT-Lösungen

46 Anwendungsszenarien für industrielle Partikelsimulationen
ROCKY optimiert den Materialfluss

WISSEN

48 Seminare bei CADFEM
Know-how auf neuestem Stand und aus erster Hand

50 esocaet Studies bietet mehr als ein Masterstudium
Weiterbildung: Simulation Based Engineering Sciences

51 Präsenzseminare und e-Learning
esocaet Training: Technologie- und Managementthemen

RUBRIKEN

03 Editorial
Neues CADFEM Angebot: CAE-Strategieberatung

30 CADFEM Empfehlung: Ein persönlicher Blick auf die Elektromobilität mit zwei Rädern
Begeisterung und grünes Gewissen

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.com/Hubis; SEW
Composing G&K Design

Produktion:
Bechtle Druck & Service, Esslingen
Auflage 50.000 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.

34. CADFEM ANSYS Simulation Conference

Simulation erleben

Wer sich mit Computer Aided Engineering, insbesondere der ANSYS Produktfamilie, beschäftigt, trifft auf der Fachkonferenz zur Numerischen Simulation in der Produktentwicklung in Nürnberg auf ein reichhaltiges Informations- und Weiterbildungsangebot – und auf viele Gleichgesinnte.

Vom 5. bis 7. Oktober 2016 richtet CADFEM im Kongresszentrum NCC Ost der NürnbergMesse die 34. CADFEM ANSYS Simulation Conference aus. Die Veranstaltung zählt mit regelmäßig 800 und mehr Teilnehmern zu den größten jährlichen Konferenzen im Bereich der Simulation in der Produktentwicklung weltweit. Auf der Basis von annähernd 200 Fachbeiträgen und Kompaktseminaren, die in bis zu 18 parallelen Sitzungen präsentiert werden, können sich Simulationsingenieure entsprechend der eigenen Interessen und Ziele ihr individuelles Weiterbildungspaket zusammenstellen.

Aber auch wer selbst nicht, noch nicht oder nur sporadisch simuliert, findet in Nürnberg ein breit gefächertes Angebot, um sich ein umfassendes Bild von den Möglichkeiten und den Voraussetzungen für eine professionelle Nutzung von Simulationstechnologie in Entwicklung und Konstruktion zu machen.

Integriert in die Hauptveranstaltung – und damit frei zugänglich für alle Teilnehmer – finden mit der caMe-Konferenz (Medizin & Biomechanik), dem Forum Digitale Städte (3D-Stadtmodelle), dem CADFEM Forum (Thema 2016: Simulation & Additive Fertigung) und dem DEM Forum (Partikelsimulation) vier weitere Fachevents statt.

Über das formale Informationsangebot hinaus bietet die Konferenz auch sehr viele Gelegenheiten, sich mit Gleichgesinnten aus anderen Unternehmen auszutauschen. Für Neuigkeiten, Tipps und Tricks rund um die numerische Simulation und ANSYS stehen zudem die Vertreter der über 30 Firmen in der integrierten Fachausstellung und natürlich die zahlreich anwesenden Mitarbeiter von CADFEM zur Verfügung.

Wie immer erwartet alle Beteiligten eine entspannte und motivierende Konferenzatmosphäre, unter anderem mit einer großen Abendveranstaltung im Germanischen Nationalmuseum im Zentrum von Nürnberg.

www.simulation-conference.com

Konferenzprogramm im Überblick

Mittwoch, 5. Oktober 2016

Plenarsitzung
mit Übersichtsvorträgen von QUALKOMM, Maschinenfabrik Reinhausen, Universität der Bundeswehr, ANSYS, Hewlett Packard Enterprise & Intel
Plenarsitzung zur ANSYS Simulation Platform

Update-Sessions zur ANSYS Technologie
in den Bereichen Strukturmechanik, Strömungsmechanik, Elektromagnetik, Gesamtsysteme

Überblick-Sessions
zu verschiedenen Anwendungsbereichen, u.a. Internet of Things (IoT), Elektrische Maschinen, Topologieoptimierung & Additive Fertigung, Zuverlässige Elektronik, Partikelsimulation

CAE-Fachausstellung mit über 30 Firmen

Donnerstag, 6. Oktober 2016

Über 100 Anwenderbeiträge
aus verschiedenen Anwendungsgebieten, u.a. von AREVA, BMW, Conti Temic Microelectronic, Endress+Hauser Flowtec, Hauni Maschinenbau, ITER Organization, Robert Bosch, Schaeffler Technologies, SEW-EURODRIVE, Siemens Healthcare und Volkswagen

6. caMe-Konferenz zur Simulation in Medizin & Biomechanik

5. Forum Digitale Städte: Simulationen für die Zukunftsstadt

Plenarsitzung: Der vollständige virtuelle Blick auf die Produkte von morgen
moderiert von der Fernsehjournalistin Brigitte Büscher

CAE-Fachausstellung mit über 30 Firmen

Große Abendveranstaltung im Germanischen Nationalmuseum

Freitag, 7. Oktober 2016

14 verschiedene halbtägige Kompaktseminare
aus verschiedenen Anwendungsgebieten, u.a. zu FKM, VDI 2230, Sensoren & Signalen, Topologieoptimierung, Systemsimulation, Numerische Stabilität, Turbomaschinen
Alle Kompaktseminare finden vor- und nachmittags statt, so dass zwei Seminare an einem Tag wahrgenommen werden können. Auf Wunsch wird ein Teilnahmezertifikat ausgestellt.

15. CADFEM Forum Simulation & Additive Fertigung
mit Impulsvorträgen u.a. von Liebherr-Aerospace, Karl Leibinger Medizintechnik, Airbus, DLR, Schunk, Stratasys

5. Forum Digitale Städte: Simulationen für die Zukunftsstadt (Fortsetzung)

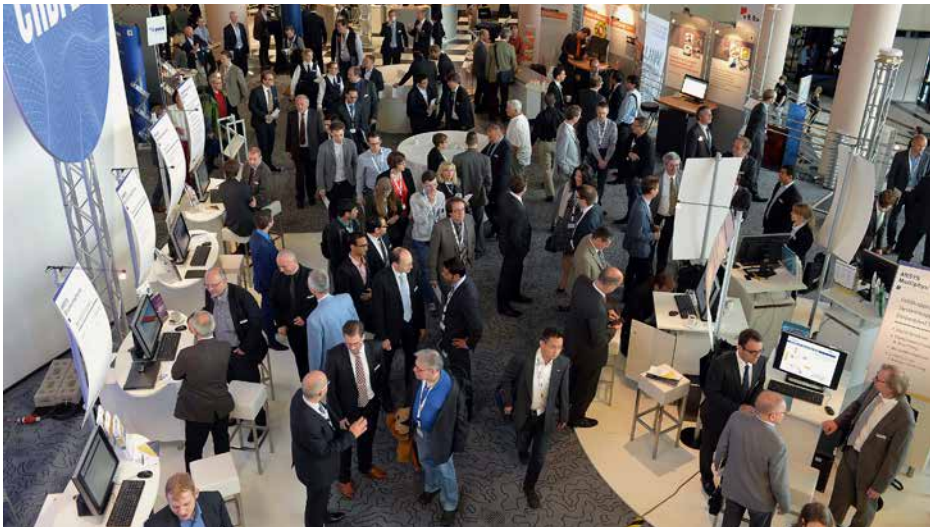
DEM Forum zur Partikelsimulation

CAE-Fachausstellung mit über 30 Firmen

www.simulation-conference.com

Fachausstellung: CADFEM Partner Area

An der begleitenden CAE-Fachausstellung beteiligen sich über 20 Unternehmen und Organisationen. Unter anderem stellen sich dort die CADFEM Partner itb, ihf und iSimQ vor.



Die Ingenieurgesellschaft für technische Berechnungen (itb) aus Dortmund bietet ein branchenübergreifendes Dienstleistungsspektrum von der Simulation und Berechnung bis hin zur Auslegung und Bewertung von Bauteilen einschließlich deren Verbindungsmittel, wie Schrauben und Schweißnähte, an. Wesentlicher Schwerpunkt des Unternehmens ist die Durchführung strukturmechanischer Berechnungen sowie die anschließende Bewertung der Festigkeit, einschließlich der Betriebsfestigkeit, überwiegend für den Maschinen- und Anlagenbau sowie für die Branchen Bahntechnik und Automotive.

www.itb-fem.de

Als Partner der Automobil-, Zuliefer-, Konsumgüter- und chemischen Industrie sowie des Anlagen- und Maschinenbaus bietet das **Ingenieurbüro Huß & Feickert** GbR (ihf) mit Sitz bei Frankfurt und Geschäftsstellen bei Hamburg und Düsseldorf seit über 20 Jahren Ingenieurdienstleistungen im Bereich der numerischen Simulation und der Softwareentwicklung (ACT) an. Im Auftrag unserer Kunden führen wir dabei anspruchsvolle Projekte im Bereich der Strukturmechanik, der Dynamik, der Betriebsfestigkeit, der Crash- und der Strömungssimulation durch.

www.ihf-ffm.de

ISimQ ist Spezialist für CFD-Simulationen. Die Gründer von ISimQ sind die drei CFD-Experten Paul Galpin, Thorsten Hansen und Georg Scheuerer, die alle vom CADFEM Partner ANSYS kommen. Mit dem neuen Dienstleistungsangebot wollen sie kundenspezifische und hochwertige Simulationslösungen im Bereich Strömungsmechanik umsetzen. Das Angebot umfasst den vollständigen Software-Lebenszyklus von der Beratung beim Erwerb von Software, der Ausführung von Projekten, der Entwicklung von Best-Practice-Prozeduren bis hin zur Entwicklung von Modellen und Algorithmen.

www.isimq.com

Abendveranstaltung: Zeitreise mitten in Nürnberg

Zur traditionellen CADFEM Abendveranstaltung laden wir die Teilnehmer am Ende des 2. Konferenztages, dem 6. Oktober 2016, ins Germanische Nationalmuseum (GNM) ein, das als das größte kulturhistorische Museum im deutschen Sprachraum gilt. Das GNM befindet sich zentral in Nürnberg unweit des Hauptbahnhofs und des historischen Stadtkerns (und damit auch in der Nähe der vorgeschlagenen Konferenzhotels). Einige Bereiche des GNM werden für unsere Veranstaltung geöffnet und in etwa 30-minütigen Führungen erläutert. Neben interessanten Reisen in vergangene Zeiten bietet die Abendveranstaltung in den Foyerbereichen des GNM natürlich wieder zahlreiche Gelegenheiten zum Gedankenaustausch sowie leckere kulinarische Spezialitäten und Live-Musik.

www.gnm.de

Premium Sponsoren: Accelerating Discovery at every scale

Scientists, engineers, and data analysts need ever-higher performance for their technical computing applications to speed time to results, handle today's unprecedented growth in data volumes, and improve the accuracy and precision of their modeling and simulation applications. Hewlett Packard Enterprise and Intel have long collaborated on High Performance Computing and during 2015 we expanded our teaming in an Alliance to advance innovation, including purpose-built solutions and HPC Centres of Excellence optimized with ISV partners such as ANSYS to help enterprises gain faster insights and maximize value from increasing amounts of data and technical advancements.

This Alliance is built upon the HPE Apollo high-density server family to deliver the highest levels of performance and efficiency with efficient rack-scale compute, storage, networking, power, and cooling for your most demanding HPC, massive data analytics and object storage workloads.

HPE Apollo combines a modular design with innovative power distribution and air-and-liquid-cooling techniques to provide up to four times more performance per square foot than standard rack servers. With HPE Apollo high density servers using Intel® Xeon® processors, the data-driven organization accelerates your time to design, insight and value.

Intel® architecture is designed to address the heavy demands of technical computing at every scale, so users can continue to push the boundaries of discovery. And starting with the Intel® Xeon® processor E5-2600 v4, we recommend a new era of Intel® Scalable System Framework (Intel® SSF) configurations which provide the balanced computing solutions to help solve the next phase of industry and research challenges. Using an optimal combinations of Intel® Xeon® processor E5-2600 v4 product family, Intel® Xeon Phi™ processors, Intel® Omni-Path Fabric, Intel® Enterprise Edition for Lustre* software, Intel® SSD Data Center Family, or Intel® software tools for HPC enables systems to achieve exceptional performance and to efficiently and reliably scale to increasingly larger system sizes.

Together, we'll propel your business further. To succeed today, it takes more than technology. It takes partnership. That's why our focus is building the right kind of partnership – the one that works best for you – where collaborative people, empowering technology and transformative ideas, come together and carry you forward faster.

Faster
Speed advancements with a converged infrastructure, purpose-built for scale.

Better
Optimize your high performance computing footprint with the world's most efficient systems.

Smarter
Deploy and manage easily, adapt quickly to change & improve quality of service.

www.hpe.com/us/en/servers/density-optimized

www.intel.com/hpc

Auf einen Blick: 34. CADFEM ANSYS Simulation Conference

Fachkonferenz zur Numerischen Simulation in der Produktentwicklung

Termin
Mittwoch, 5. Oktober 2016
Donnerstag, 6. Oktober 2016
Freitag, 7. Oktober 2016

Teilnahmegebühren
1 Tag: 450 Euro
2 Tage: 670 Euro
3 Tage: 890 Euro

Ort: **NürnbergMesse NCC Ost**

Preise jeweils zzgl. gesetzl. Mehrwertsteuer; Sonderkonditionen für Angehörige von Hochschulen und Forschungseinrichtungen.
Anmeldung, Informationen zur Hotelbuchung, aktuelles Konferenzprogramm und viele weitere Informationen: **www.simulation-conference.com**

Kontakt: **conference@cadfem.de**

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 mit 11 Standorten und 220 Mitarbeitern in Deutschland, Österreich und der Schweiz einer der größten europäischen Anbieter für Simulationslösungen. Mit den Beteiligungen von CADFEM International ist CADFEM weltweit mit 350 Mitarbeitern aktiv. 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 einer der fünf ANSYS Elite Channel Partner.

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 – Simulation as a Service
eCADFEM ist Software, Hardware oder Engineering „on Demand“: Sowohl sporadische als auch intensive Nutzer – deren eigene Kapazitäten vorübergehend nicht ausreichen – erhalten über eCADFEM einen schnellen, flexiblen und preisgünstigen Zugriff auf unser Angebot. CADFEM Support inklusive.

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.

Service
Beratung, Support, Engineering

CAE-Strategieberatung
Mit der CADFEM CAE-Strategieberatung unterstützen wir Unternehmen, die Chancen von Simulation zu prüfen, um das Instrument gegebenenfalls erfolgreich implementieren oder optimieren zu können – von der Ist-Analyse über die Planung bis zum praktischen Einsatz.

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 15 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.

Neues Unternehmen mit erfahrenen Fachleuten

CFD-Experten von ISimQ unterstützen CADFEM

Im Mai 2016 wurde das Unternehmen ISimQ als Spezialist für CFD-Simulationen gegründet. ISimQ mit Niederlassungen in Warngau (Oberbayern) und Kitchener (Ontario, Kanada) wird CADFEM in allen Fragen zur Strömungsmechanik beraten und an Projekten mitarbeiten.

Die CFD-Experten von ISimQ: Georg Scheuerer, Paul Galpin und Thorsten Hansen.

Die Kombination aus dem strukturmechanischen Know-how von CADFEM und der CFD-Expertise von ISimQ bildet die vielversprechende Basis für umfassende Simulationslösungen. „Mit ISimQ können wir auf wertvolles Wissen zurückgreifen und haben fortan verlässliche und erfahrene Partner an unserer Seite“, erklärt CADFEM Geschäftsführer Jürgen Vogt, denn die neuen Partner sind alte Bekannte: Gegründet wurde ISimQ von den drei CFD-Experten Paul Galpin, Thorsten Hansen und Georg Scheuerer, die zuvor beim CADFEM Partner ANSYS beschäftigt waren.

Das neue Dienstleistungsangebot umfasst kundenspezifische und hochwertige Simulationslösungen im Bereich der Strömungsmechanik. „ISimQ steht für ‚Innovative Simulation with Quality‘ und unser Firmenname ist Programm“, erläutert Geschäftsführer Georg Scheuerer. „Wir bauen auf eine langjährige und vertrauensvolle Zusammenarbeit auf, die das Fundament für die neue Partnerschaft bildet“, ergänzt Jürgen Vogt.

Das ISimQ-Trio ergänzt sich in nahezu idealer Weise. Paul Galpin ist einer der Gründer der kanadischen Advanced Scientific Computing Ltd und und einer der Hauptentwickler der Software TASCflow und ANSYS CFX. Als weltweit anerkannter Experte auf dem Gebiet der numerischen Methoden hat er sich auf Strömungsmaschinen und Aeroelastizität spezialisiert. Thorsten Hansen war viele Jahre als Teamleiter im Kundensupport bei ANSYS Germany tätig und bringt umfassende Erfahrungen in der Einführung und Anwendung von CFD-Methoden bei den verschiedensten Unternehmen mit. Sein Spezialgebiet sind Strömungsmaschinen. Der Dritte im Bunde, Georg Scheuerer, hat ANSYS Germany (damals Advanced Scientific Computing GmbH) mit gegründet und über 25 Jahre erfolgreich auf- und ausgebaut. Sein technischer Hintergrund ist die Modellierung von Turbulenz, Wärmeübergang und Mehrphasenströmungen. Außerdem unterhält ISimQ ein großes Netzwerk an akademischen und industriellen Partnern, die das Portfolio im Bereich von Simulationen und experimentellen Untersuchungen ergänzen.

Das Angebot umfasst den vollständigen Software-Lebenszyklus vom Erwerb bis zur Weiterentwicklung und beinhaltet folgende Dienstleistungen:

- Unterstützung bei der Auswahl und Bewertung von Simulationssoftware
- Ausführung von Simulationsprojekten
- Entwicklung von Best Practices
- Automatisierung von Simulationsprozessen und Arbeitsabläufen (Customisation)
- Ausbildung, Schulungen und Seminare
- Unterstützung (Support) bei der Anwendung von Simulationssoftware
- Kundenspezifische Tests und Freigaben von neuen Software-Releases
- Forschung, Entwicklung, Implementierung und Validierung von neuen Modellen und Algorithmen

„Mit uns wird eine Investition in Simulationstechnologie noch lohnender, da wir die Ergebnisse zuverlässig und mit sehr hoher Genauigkeit produzieren, Projektzeiten verkürzen und die Qualität der simulierten Produkte insgesamt erhöhen können“, so benennt Georg Scheuerer die Vorteile einer Zusammenarbeit.

Weitere Informationen: www.isimq.com

Bei INNEO arbeiten rund 270 Mitarbeiter in zwölf Niederlassungen. Um eine erfolgreiche Partnerschaft kümmern sich (v.l.n.r.) Ralf Prinz (INNEO CTO), Jürgen Vogt (CADFEM Geschäftsführer), Nathalie Mattwich (CADFEM Vertrieb), Gerhard Rieger (INNEO Vertriebsleiter) und Helmut Haas (INNEO Geschäftsführer).

Zwei Unternehmen, die gut zusammenpassen

INNEO und CADFEM kooperieren

CADFEM hat mit der INNEO Solutions GmbH, Ellwangen, einen Kooperationsvertrag geschlossen, der auf eine intensive Zusammenarbeit im Bereich der konstruktionsbegleitenden Berechnung auf Basis der ANSYS Software ausgerichtet ist.

Zunächst wird INNEO sich auf den Vertrieb der ANSYS Lösung für die Topologieoptimierung konzentrieren und diese dem eigenen Kundenkreis präsentieren. Dabei werden sie durch die technischen Simulationsressourcen von CADFEM unterstützt.

Aufgrund ihrer ähnlichen Firmenphilosophien passen INNEO und CADFEM gut zusammen, denn die beiden etablierten mittelständischen Unternehmen sind seit über 30 Jahren erfolgreich am Markt vertreten und zeichnen sich sowohl durch Kundennähe als auch durch eine hohe Kundenzufriedenheit aus.

Bei INNEO arbeiten rund 270 Mitarbeiter in zwölf Niederlassungen innerhalb Deutschlands, der Schweiz und Großbritannien und betreuen mehr als 3.800 Kunden aus den unterschiedlichsten Branchen. INNEO bietet leistungsstarke Tools für intelligente Produktentwicklung, ganzheitliches Projektmanagement und hochverfügbare Informationstechnologien auf der Basis von renommierten Software-Suiten wie Creo und Creo Elements/Direct von PTC oder Microsoft SharePoint an. INNEO ist PTC Platinum Partner, HP Preferred Gold Partner, NetApp Platinum Partner sowie Microsoft Gold Partner.

Kundenbetreuung im Simulationsbereich ausbauen

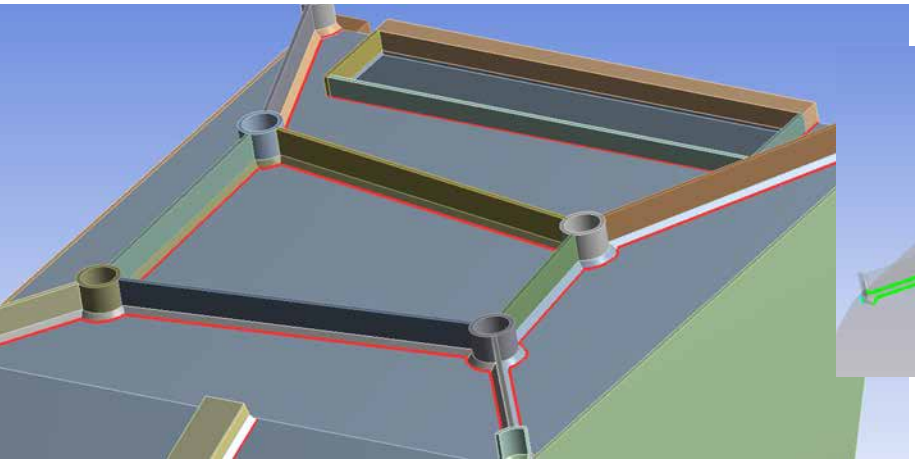
„Schon bisher haben wir unsere Kunden sehr gut betreut und kennen diese durch unsere lokale Präsenz und das umfassende Know-how im Bereich der CAD-Konstruktionsprozesse sehr genau“, betont Helmut Haas, Geschäftsführer von INNEO. „Wir freuen uns, mit Unterstützung von CADFEM die Betreuung unserer Kunden im Simulationsbereich ausbauen zu können. Mit neuen Technologien können wir unser Produktportfolio abrunden und unsere Tätigkeit auf neue Geschäftsfelder ausdehnen. Hier seien die Topologieoptimierung im Zusammenhang mit der additiven Fertigung sowie die Parameteroptimierung beim Einsatz von Creo gemeinsam mit ANSYS als Beispiele genannt.“

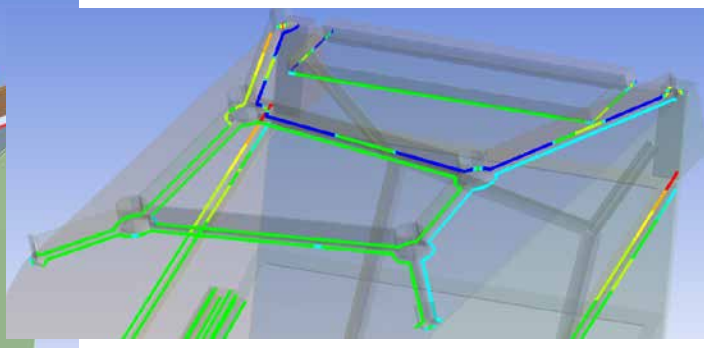
Dazu ergänzt CADFEM Geschäftsführer Jürgen Vogt: „Durch die Partnerschaft mit INNEO kann CADFEM als Komplettanbieter von Simulationslösungen seine Vertriebsaktivitäten weiter ausdehnen. Unsere am Markt bekannte Expertise als breit aufgestellter Simulationsspezialist, der nicht nur über leistungsfähige Produkte verfügt, sondern auch den dazugehörigen Service liefert und umfassendes Wissen vermittelt, wird jetzt auch für Kunden von INNEO leichter nutzbar. Wir beraten sie, wenn sie die Simulation nicht nur als operatives, sondern als strategisches Werkzeug nutzen wollen.“

Im Zeitalter von Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge spielt über die bekannten Anwendungsgebiete der Simulation hinaus der Digitale Zwilling, der mit Hilfe von Simulationswerkzeugen entwickelt wird, zukünftig eine bedeutende Rolle. Hier sind INNEO und CADFEM mit ihrer Partnerschaft bestens aufgestellt und können mit Softwaresystemen wie ThingWorx Analytics von PTC in Kombination mit dem kompletten ANSYS-Portfolio kundenrelevante Konzepte zum Digitalen Zwilling Realität werden lassen.

Weitere Informationen: www.inneo.com

„FKM inside ANSYS“ jetzt für **geschweißte Volumenstrukturen**





Festigkeitsbewertungen für geschweißte Volumenstrukturen jetzt mit „FKM inside ANSYS“.

Die Software „FKM inside ANSYS“ von CADFEM deckt verschiedene Festigkeitsnachweise nach FKM ab. Mit der neuen Version für ANSYS 17.2 kommt ein weiterer dazu: Festigkeitsbewertungen für geschweißte Volumenstrukturen. Innerhalb der CADFEM ANSYS Extension „FKM inside ANSYS“ erlaubt das Modul WB/FKM-Weld die Bewertung von Spannungsergebnissen bei zyklischen Belastungen basierend auf der FKM-Richtlinie „Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile“. Dies erfolgt über einen statischen Festigkeitsnachweis und einen zyklischen Betriebs- beziehungsweise Dauerfestigkeitsnachweis der Schweißnähte. Basierend auf einem angepassten Nennspannungskonzept galt dies bisher ausschließlich für den Nachweis auf Schalenstrukturen .

Die vollständige Integration von „FKM inside ANSYS“ in ANSYS Workbench erlaubt eine einfache und schnelle Definition der Nachweisparameter. Der Nachweis erfolgt entlang der gesamten Naht an allen Knoten, so dass kritische Stellen schnell ermittelt werden. Die Ergebnisvisualisierung deckt neben den Ergebnissen des statischen und Betriebsfestigkeitsnachweises auch die Darstellung der Extrapolationspfade und -punkte zu Kontrollzwecken ab. Ergänzt wird die Nachweisführung durch einen umfangreichen Bericht, der automatisiert generiert wird. „FKM inside ANSYS“ enthält zudem eine Materialdatenbank, die alle in der FKM-Richtlinie definierten Grundwerkstoffe für den Nachweis beinhaltet.

Mit der jetzt verfügbaren neuen Version für ANSYS 17.2 wird auch die Festigkeitsbewertung geschweißter Volumenstrukturen abgedeckt. Sie basiert auf örtlichen Spannungen. Als Auswertungsverfahren wird dabei die Oberflächenextrapolation nach den IIW-Empfehlungen genutzt, die die oft vereinfachte Darstellung der Volumenmodelle mit überhöhten Spannungen am Schweißnahtübergang berücksichtigt. Für die Zukunft sind Erweiterungen auf andere Konzepte geplant.

Weitere Informationen:
www.cadfem.de/extensions

Ingenieurbüro Dr. Haslinger: **Kompetenz in Strömungsfragen**

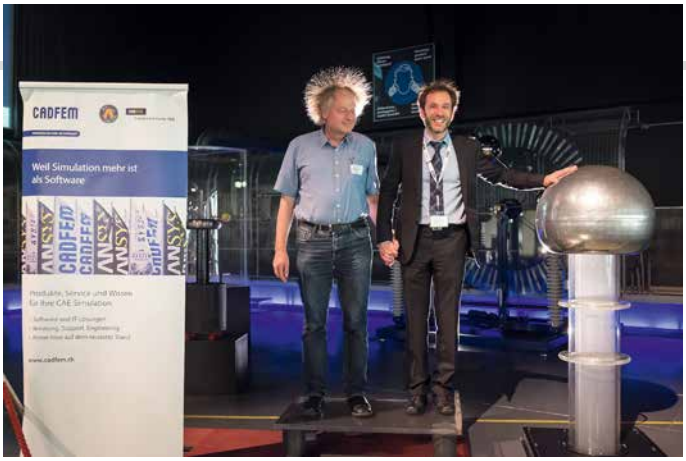
Das Ingenieurbüro Dr. Haslinger agiert als kompetenter und unabhängiger Partner in allen strömungstechnischen Fragestellungen und bietet seinen Kunden dafür maßgeschneiderte Beratung, Konzepte und Lösungen. Gerade für Neulinge auf dem Gebiet der numerischen Strömungssimulation (CFD – Computational Fluid Dynamics) interessant ist auch die Möglichkeit, sich bei der Planung, Ausführung und insbesondere der Ergebnisanalyse eigener (oder auch externer) Simulationsprojekte unterstützen zu lassen. So werden unnötige Simulationen vermieden und es entsteht Vertrauen in die erzielten Ergebnisse.

Das Angebot reicht von der Beratung zur Gestaltung des strömungstechnischen Konzepts einer Produktneuentwicklung über die lösungsorientierte Analyse strömungsbedingter Fehlfunktionen bestehender Produkte (wie Lärm, Überhitzung oder Erosion) bis hin zur Begleitung der Einführung numerischer Strömungssimulation im Unternehmen.

Dr. Haslinger verfügt über umfangreiche CFD-Erfahrungen aus den unterschiedlichsten Bereichen.

Nach langjähriger Tätigkeit als Leiter des Consultingbereichs bei ANSYS Deutschland und als Strömungsexperte bei CADFEM hat Wolfgang Haslinger das Ingenieurbüro Dr. Haslinger gegründet. Aus der Planung und fachlichen Begleitung mehrerer Hundert CFD-Simulationsprojekte verfügt er über umfangreiche Erfahrungen aus den unterschiedlichsten Anwendungs- und Industriebereichen und freut sich darauf, seine Kunden mit diesem Wissen zu unterstützen.

Weitere Informationen:
www.ib-haslinger.de



Der Van-de-Graaf-Generator ließ den Teilnehmern die Haare zu Berge stehen.

Teilnehmerrekord bei **Schweizer Fachkonferenz**

Im Juni 2016 fand im Swiss Science Center Technorama in Winterthur die 21. Schweizer Fachkonferenz zur Numerischen Simulation statt. In diesem Jahr durften die Organisatoren von CADFEM und ANSYS einen neuen Teilnehmerrekord feiern: Zum ersten Mal waren über 200 Simulanten mit dabei. Den Teilnehmern standen rund 25 Anwendervorträge und ein Workshop zur Auswahl. Darin konnten sie sich über die neusten Trends und Möglichkeiten in den Bereichen Strukturmechanik, Strömungssimulation, Biomechanik, Composites und Elektromagnetismus informieren.

Während den Pausen wurde die Gelegenheit genutzt, das eigene FE-Netzwerk zu pflegen sowie die umfangreiche Fachausstellung zu besuchen. Nach Abschluss des offiziellen Teils folgte ein geselliges Abendprogramm mit Bier, Bratwurst und einem kurzweiligen Unterhaltungsprogramm. Im Mittelpunkt stand dabei das wohl berühmteste Exponat des Technoramas, nämlich der Van-de-Graaf-Generator, der den Teilnehmern buchstäblich die Haare zu Berge stehen ließ. Die nächste Schweizer Fachkonferenz zur Numerischen Simulation findet im Juni 2017 statt.

Weitere Informationen:
www.usersmeeting.ch

Sonderdruck verfügbar: **Round Table zur Simulation**

Testen Sie noch – oder simulieren Sie schon? Das war der provokante Titel des Round Table, den CADFEM Austria gemeinsam mit dem Industriemagazin im April 2016 organisiert hat. Anlässlich einer Fachkonferenz in Linz diskutierten Experten aus Österreichs Top-Unternehmen die Konsequenzen aus den aktuellen Entwicklungen.

Den Einstieg ins Geschehen lieferten als Keynote-Speaker Friedrich Bleicher von der Technischen Universität Wien und Peter Martin von KTM Technologies. Ein sechsseitiger Sonderdruck als Zusammenfassung der Diskussion des Round Table kann per E-Mail an **marketing@cadfem.de** angefordert werden.

CADFEM Academic: **Neue Campus Praxisseminare**

Das erste Campus Praxisseminar Strukturmechanik fand im ersten Halbjahr 2016 in Hannover statt.

Professoren, wissenschaftliche Mitarbeiter und Studierende haben seit neustem die Möglichkeit, die Campus Praxisseminare zu besuchen, die sich vor allem durch besondere Konditionen und Fokussierung auf Forschung und Lehre auszeichnen.

Diese Veranstaltungen werden an verschiedenen Hochschulen und Universitäten jeweils einmal jährlich angeboten. Das erste Campus Praxisseminar fand im ersten Halbjahr 2016 in Hannover statt. Das Seminar gab den Teilnehmern innerhalb von vier Tagen eine umfassende Einführung in ANSYS Workbench und zeigte Anwendungsmöglichkeiten mit ANSYS Mechanical auf. Anhand eigenständig durchgeführter Übungen konnten Themen wie Vernetzung, Modellbildung und die Ergebnisauswertung nicht nur theoretisch erlernt, sondern auch praktisch angewandt und vertieft werden.

Wenn Sie zusätzliche Details interessieren oder das Campus Praxiseminar gerne bei sich an der Hochschule durchführen würden, wenden Sie sich bitte an das CADFEM Academic Team: academic@cadfem.de

Weitere Informationen:
www.cadfem-academic.com

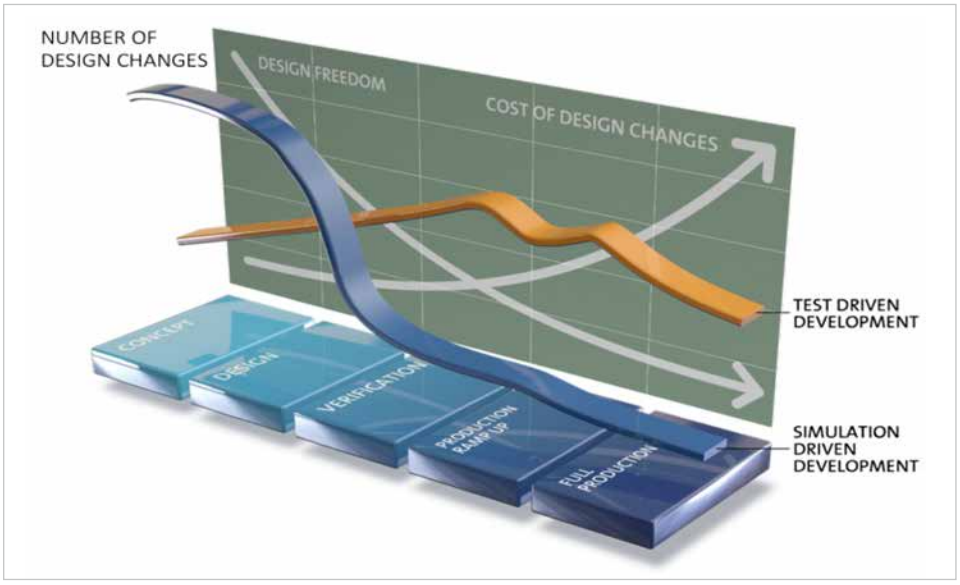
CADFEM auf der **AMB** und **WindEnergy**

Im September stellen wir ANSYS Simulationslösungen und unsere komplementären Produkte, Service- und Wissensangebote auf den internationalen Fachmessen AMB in Stuttgart und WindEnergy in Hamburg vor. Wir freuen uns auf Ihren Besuch!

AMB
13. bis 17. September 2016
Messe Stuttgart
Halle 4 - Stand 4A30
www.cadfem.de/amb

WindEnergy
27. bis 30. September 2016
Messe Hamburg
Halle B2.E6 - Stand B2.EG.208
www.cadfem.de/windenergy

TechNet Alliance Spring Meeting 2016 – **Simulation Driven Development at Grundfos**



The aim was "... to enter a world in which all new product design will be introduced with extensive usage of simulations to design, optimize and verify its performance".

The Spring Meeting 2016 in Copenhagen, Denmark, the 33rd Meeting, attracted 55 attendees from 21 countries. Following is a summary of the keynote speech from Christian Brix Jacobsen, Grundfos Holding A/S, Denmark about "Simulation Driven Development at Grundfos – The Journey Towards Fully Virtual Product Development".

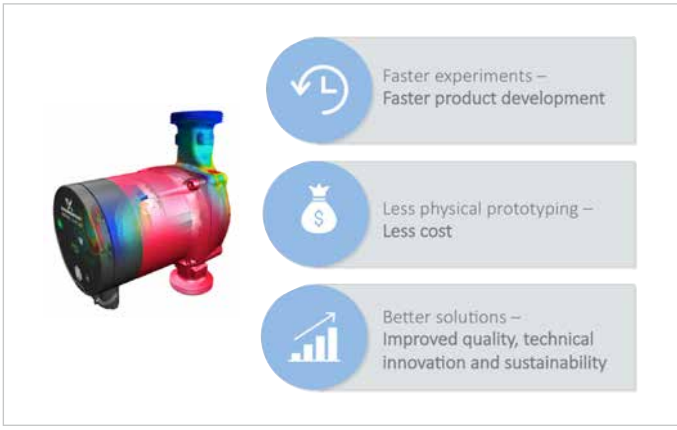
Grundfos, the world's largest manufacturer of pumps and pump systems, was founded in 1945 by Poul Due Jensen. Today, more than 16 million pump units are produced annually. The turnover of DKK 25 billion in 2015 was achieved by 18,000 employees worldwide.

Grundfos started Computer Aided Engineering as early as 1972 on a Mainframe Computer followed by a Prime Computer in 1975 and 2003 by a cluster for parallel computing. In 1980 the first CAD program was installed, the first Finite Element Analysis was performed in 1986 followed by Computational Fluid Analyses in 1992.

In 2015, Grundfos established the Simulation Driven Development Strategy by defining a pilot project. The aim was "...to enter a world in which all new product design will be introduced with extensive usage of simulations to design, optimize and verify its performance". The mission was to develop products better (improved quality), cheaper (less physical prototyping), and faster (faster experiments) by Virtual Prototyping.

The pilot project demonstrated that Virtual Prototyping can reduce costs and time considerably. Following are the Virtual Prototyping Guidelines at Grundfos:

- We will integrate simulation tools and parametric CAD models to enable automation, optimization and rapid visualization of the consequences of design changes.
- We will include multi-physics modeling and input from manufacturing simulations in virtual prototypes.
- We will introduce verification and validation procedures to ensure quality and confidence in simulations in order to enable simulation-based decision-making and minimize physical prototyping in product development.



- We will use upfront simulations, enabling us to identify and solve problems in the early development phases.
- We will democratize simulations, enabling engineers to drive product development using simulations.
- Recruitment of staff will be aligned with the simulation competence needs

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

TechNet Alliance

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-Experts, both from industry and science. Since 2000 TechNet Alliance meets twice a year on a weekend to share experience and knowledge.

Aus „optiSLang for ANSYS“ wird **ANSYS optiSLang**

ANSYS optiSLang ist jetzt ein ANSYS Produkt. CADFEM und Dynardo sind stolz darauf, dass ANSYS, Inc. die Lösung „optiSLang for ANSYS“ nun über einen Distributionsvertrag mit Dynardo in das eigene Produktportfolio aufgenommen hat und als ANSYS optiSLang weltweit anbietet. ANSYS optiSLang ist der vollwertige Nachfolger von „optiSLang for ANSYS“, wobei der Funktionsumfang voll und ganz erhalten bleibt. Eine wichtige Neuerung ist, dass ANSYS und optiSLang jetzt denselben Lizenzmanager nutzen.

ANSYS optiSLang unterstützt die virtuelle Produktentwicklung durch systematische Variantenstudien und die Ermittlung wichtiger Einflussgrößen. So können schon in der frühen Phase der Produktauslegung die Produktanforderungen gezielt ermittelt und beeinflusst werden. Somit lässt sich eine kundenspezifische Produktweiterentwicklung oder -änderung kosteneffizient und zeitnah realisieren. Ansprechpartner für alle Fragen rund um optiSLang und ANSYS bleiben die Spezialisten von CADFEM (www.cadfem.de/optislang) in enger Kooperation mit Dynardo.

Weitere Informationen:
Nico Nagl, CADFEM GmbH
nnagl@cadfem.de

Politiker besuchen **CADFEM**

Auf Initiative von Thomas Huber (links), Mitglied des Bayerischen Landtags, hatte CADFEM in Grafing Besuch von Stefan Müller (2. v. l.), Mitglied des Bundestags und Parlamentarischer Staatssekretär im Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie von Dr. Andreas Lenz, Mitglied des Bundestags (2. v. r.). CADFEM Firmengründer und Gesellschafter Dr. Günter Müller (rechts) informierte die Politiker über die Aktivitäten auf dem Gebiet Digitale Städte und über das Weiterbildungsangebot von CADFEM esocaet.

Erreichen Sie ein neues Leistungsniveau und ungeahnte Skalierbarkeit mit Fujitsu High Performance Computing-Lösungen.

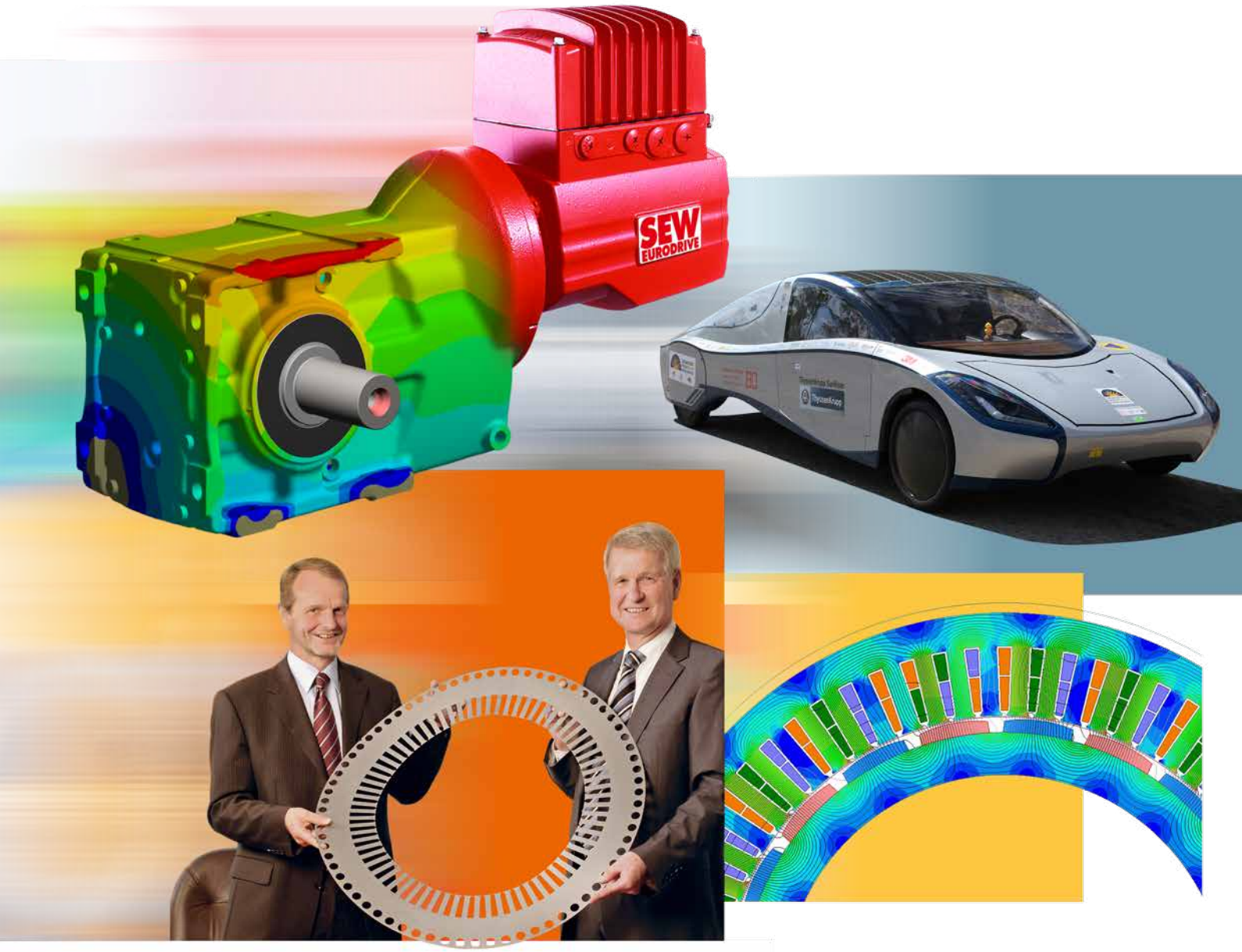
- Lösungen für KMU: sofort einsatzbereit und effizient
- Innovative Plattformen für hochgradig skalierbare Rechenleistung
- Software-Lösungen zur Vereinfachung des täglichen HPC-Workflow-Managements

Besuchen Sie uns auf der 34. CADFEM ANSYS Simulation Conference, 5. – 7. Oktober 2016 in Nürnberg.
» www.fujitsu.com/de/hpc

Intel, das Intel Logo, Xeon, und Xeon Inside sind Marken der Intel Corporation in den USA und anderen Ländern.

shaping tomorrow with you

FUJITSU



Innovation in Bewegung

Elektrische Antriebe sind heute in allen Lebensbereichen zu finden und speziell in industriellen Anwendungen oftmals unter extremen Einsatzbedingungen, zum Beispiel in Förderanlagen, Pumpen oder Werkzeugmaschinen. Zur Absicherung der Leistungsfähigkeit müssen sowohl die einzelnen Komponenten als auch das Gesamtsystem optimiert werden, wobei das gezielte Zusammenspiel der Einzelteile entscheidend für die Gesamtleistung ist.

Bisher erfolgte die Auslegung in vielen Fällen mit umfangreichem Erfahrungswissen und entsprechender Konstruktionssoftware. Immer öfter wird jedoch der Nutzen von Software zur Numerischen Simulation erkannt, sei es in der Strukturmechanik, Elektromagnetik, Strömungsmechanik oder auch bei Temperatur- und Akustikberechnungen. So lässt sich beispielsweise der Elektromotor eines Antriebs sowie die dazugehörige Kraftumsetzung über die Zahnräder und Wellen eines Getriebes simulieren, wobei auch die Regelung in die Systemsimulation des Gesamtsystems einbezogen werden kann.

Damit lässt sich schon in einer frühen Produktentwicklungsphase die Ressourceneffizienz bezüglich des Energie- und Materialverbrauchs während der Herstellung und des Einsatzes eines Produktes verbessern, indem unter anderem geeignete Produktionsverfahren sowie der Wirkungsgrad und die Langlebigkeit des Produktes erhöht werden. Durch den Simulationseinsatz werden Schwachstellen frühzeitig erkannt und behoben. Die Simulationsergebnisse dienen dazu, Versuche gezielter durchführen zu können, sodass die Anzahl der real erforderlichen Prototypen reduziert werden kann. Trotzdem können dem Kunden noch effizientere Maschinen und Anlagen geliefert werden. Denn durch jeden Versuch, speziell wenn er sehr gezielt durchgeführt wird, lassen sich die Simulationsergebnisse immer wieder validieren und verifizieren.

Der sich ergänzende Einsatz von Versuch und Simulation ermöglicht es, den Wirkungsgrad immer wieder ein Stück höher zu schrauben, und dies bei hoher Qualität, langen Standzeiten und hoher Lebensdauer. Aber auch weitere Kriterien wie Verkaufspreis, Bauraum, Temperaturentwicklung und Lärmpegel sind oft zusätzlich im Fokus. Diese vielfältigen Engineering-Aufgaben lassen sich nur dann effizient bewältigen, wenn alle Beteiligten von Anfang an mit eingebunden werden, damit jeder seinen Beitrag zum Gesamterfolg leisten kann.

Innerhalb dieses Themenschwerpunkts „Antriebstechnik“ wird beschrieben, wie SEW-EURODRIVE mit Unterstützung von Simulationen ihre Antriebskomponenten, zum Beispiel Getriebegehäuse, beanspruchungsgerecht auslegt. Ziel ist es, höchste Drehmomente und ein möglichst leichtes, aber dennoch hoch steifes Getriebe zu erhalten, und das bei kurzer Entwicklungszeit. Außerdem wird der Kostenaspekt kontinuierlich berücksichtigt. Bei SEW-EURODRIVE ist die Simulation ein unabdingbarer Bestandteil der Entwicklung und erfährt auf allen Ebenen des Unternehmens eine hohe Akzeptanz und große Wertschätzung.

Gesamtsystem optimieren

Der Antriebshersteller WITTUR Electric Drives GmbH sorgt für Komfort beim Aufzugfahren, indem die Passagiere von Kraft- und Drehmomentänderungen möglichst wenig spüren. Die simulationsgesteuerte Optimierung des Magnetkreises führt zu einer geringen Drehmomentwelligkeit (Ripple) und damit zu hoher Laufruhe. Die elektromagnetische Simulation wurde bei Wittur innerhalb kurzer Zeit zu einem wichtigen Werkzeug bei der Motorauslegung und wird seit letztem Jahr auch durch strukturmechanische Berechnungen ergänzt.

Um die Betrachtung des Gesamtsystems einer Radnabenmaschine ging es den Studenten der Hochschule Bochum bei ihrem Solarzellen-Fahrzeug. Neben der Entscheidung zwischen Kupfer und Aluminium als Spulenmaterial halfen die elektromagnetischen Simulationen die Anfälligkeit für Stromverdrängungseffekte zu minimieren. Im realen Einsatz konnte dann eine erhöhte Effizienz bei gleichzeitig besserer Überlastfähigkeit nachgewiesen werden.

Auch die Dr.-Ing. Ernst Braun GmbH kann bei ihrer Entwicklung von elektrischen Maschinen auf den Einsatz von FEM-Simulationen nicht mehr verzichten. Denn langjährige und umfassende Erfahrung allein sind oft nicht mehr ausreichend, wenn es um die Berechnung elektromagnetische Felder geht, speziell bei komplexen Bauweisen für permanentmagneterregte Maschinen. Aber auch die Kopplung von elektromagnetischen Berechnungen mit mechanischen Simulationen wird immer weiter ausgebaut, um ein optimal angepasstes Betriebsverhalten zu erreichen.

Mehr über den Einstieg in die Simulation von elektromagnetischen Maschinen in unserem Webinar **www.cadfem.de/em-webinar** (weitere Informationen dazu auf Seite 27) oder im Seminar „Simulation elektrischer Maschinen“ **www.cadfem.de/wissen/seminare**.

Inhalt Titelthema: Antriebstechnik

Getriebesimulation in der Antriebstechnik
SEW bringt Bewegung in alle Branchen ..... Seite 20

Elektromagnetische und strukturmechanische Auslegung von Aufzugsmaschinen
Hoch hinaus – Laufruhe inklusive ..... Seite 24

SolarCar aus Bochum
Simulation erhöht Gesamteffizienz des Elektromotors ..... Seite 26

Optimierung des Betriebsverhaltens von elektrischen Maschinen
„Wir sind vom FEM-Einsatz absolut überzeugt“ ..... Seite 28

Getriebesimulation in der Antriebstechnik

SEW bringt Bewegung in alle Branchen

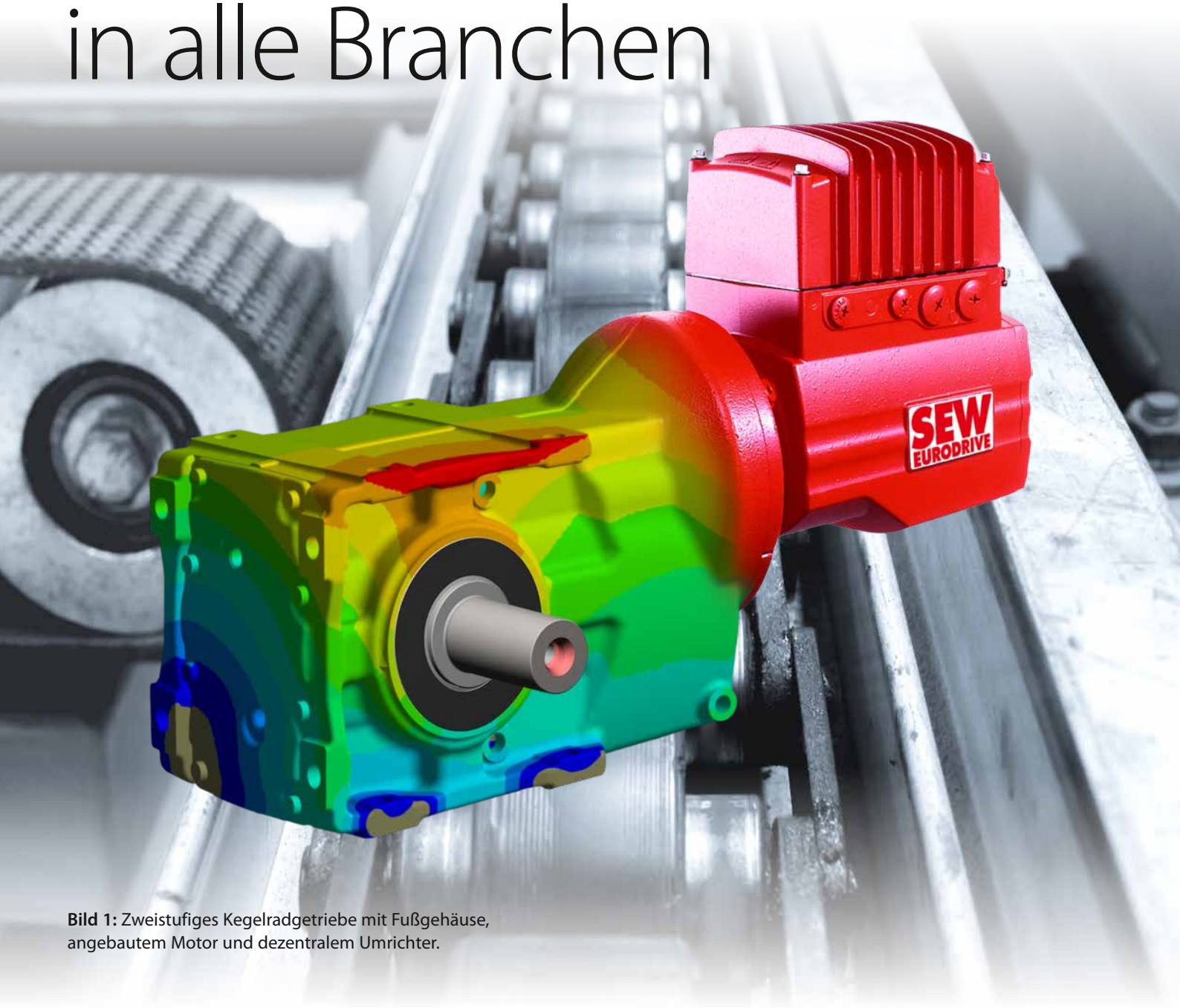


Bild 1: Zweistufiges Kegelradgetriebe mit Fußgehäuse, angebautem Motor und dezentralem Umrichter.

Bei SEW-EURODRIVE, einem der weltweit führenden Herstellern von Antriebstechnik, stehen die Vielfalt, Qualität, Zuverlässigkeit und Innovationskraft im Vordergrund der Unternehmensstrategie. Um die hochgesetzten Ziele zu erreichen, verwenden die Ingenieure in der Produktentwicklung schon seit über 30 Jahren die von CADFEM angebotene Simulationssoftware ANSYS und entsprechende Dienstleistungen.

Ziel des Simulationseinsatzes ist es, frühzeitig in der Produktentwicklung umfassende Informationen über das Verhalten von Bauteilen und Baugruppen zu erhalten, damit die gewünschte Funktionalität der geplanten Produkte abgesichert werden kann. Mit virtuellen Prototypen lernen die Entwickler das zukünftige Produkt kennen und können dessen Qualität und Lebensdauer mithilfe der Numerischen Simulation optimieren. Deshalb hat die Simulation bei SEW-EURODRIVE in den letzten 30 Jahren einen hohen Stellenwert erlangt und gehört als wertvolles Standardwerkzeug zur Produktentwicklung dazu.

Die Vorteile und der Nutzen des Simulationseinsatzes lassen sich beispielhaft anhand der strukturmechanischen Analysen bei der Neuentwicklung der zweistufigen Kegelradgetriebe K39/49 aufzeigen. Dabei wurden sowohl Steifigkeits- und Festigkeitsuntersuchungen (Bild 1) als auch Modalanalysen zur Bauteiloptimierung durchgeführt. Ziel war es, in kompakter Bauweise eine leistungsstarke Antriebstechnik in der Drehmomentklasse bis 500 Nm zu realisieren, kombiniert mit einem hohen Wirkungsgrad in beide Drehrichtungen und bei jeder Antriebsdrehzahl. Selbstverständlich waren lange wartungsfreie Standzeiten eine weitere Zielsetzung, um eine hohe Wirtschaftlichkeit zu erreichen.

Berechnung der Steifigkeit des Getriebes

Bei der Berechnung der Steifigkeit wird die Nachgiebigkeit und Verformung der im Kraftfluss liegenden Getriebekomponenten untersucht. „Wir wollen damit kritische Lastfälle identifizieren und deren Einflüsse unter Berücksichtigung der Drehrichtung des Antriebs und seiner Einbausituation analysieren“, berichtet Dr.-Ing. Sascha Haller, Berechnungsingenieur in der Getriebeentwicklung. „Durch die Verformung des Getriebes verlagern sich auch Wellen, was wiederum den Zahneingriff verändern kann. Auf Grundlage der Berechnungen nehmen die Verzahnungsexperten die Korrekturen an den Zahnrädern vor, sodass die erforderliche Tragfähigkeit erreicht wird.“

SEW-EURODRIVE setzt bei der Entwicklung der Getriebemotoren seit über 50 Jahren auf ein Baukastensystem mit zentraler Fertigung und dezentraler Montage. Dieses bringt viele Vorteile wie die Wiederverwendung von Komponenten, eine mannigfaltige Kombinierbarkeit und außerdem hohe Flexibilität. Zusätzlich werden Getriebe mit Flansch- oder mit Fußgehäuse und mit unterschiedlichen Befestigungsmöglichkeiten angeboten, die in beliebigen Raumlagen eingesetzt werden können. „Durch die Vielzahl von Möglichkeiten muss deren Verwendung aber auch rechnerisch abgesichert und dabei die kritischen Kombinationen erkannt werden“, erklärt Dr. Haller.

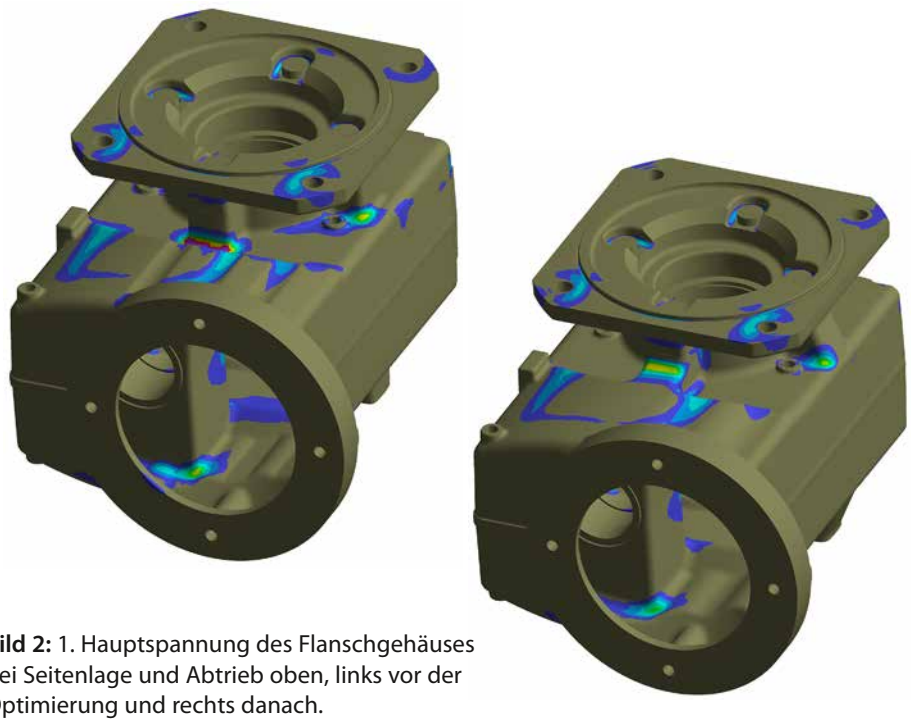


Bild 2: 1. Hauptspannung des Flanschgehäuses bei Seitenlage und Abtrieb oben, links vor der Optimierung und rechts danach.

Im Rahmen der Festigkeitsuntersuchungen wird nicht nur die grundlegende Frage beantwortet: Hält das Bauteil, oder nicht? Spannungsüberhöhungen deuten auf Schwachstellen hin, die durch konstruktive Anpassungen in frühen Phasen der Produktentwicklung optimiert werden können. Weiterhin lassen sich Grenzlasten nicht erst beim Test der Prototypen ermitteln, sondern die Simulationen liefern schon wichtige Anhaltswerte. „Wir können mit unseren Simulationsergebnissen bereits in frühen Phasen direkt auf die Konstruktion einwirken, um so ein beanspruchungsgerechtes Design der Getriebekomponenten zu erreichen“, betont Dr. Haller.“

Frühzeitige Optimierung

Durch die frühzeitige Bauteiloptimierung werden konstruktiv notwendige Änderungen in späteren Entwicklungsphasen, die nur mit hohem Kosten- und Zeitaufwand realisierbar sind, vermieden (Bild 2). Mit der Behebung von Schwachstellen lassen sich nicht nur die für den Betrieb geforderten Lasten bestätigen und damit die funktionalen Anforderungen erfüllen, sondern auch die Qualität steigern.

Simulation bei SEW-EURODRIVE

Dr. rer. nat. Heinrich Bolz von SEW-EURODRIVE war Mitte der 1980er Jahre einer der ersten CADFEM Kunden. Heute leitet Dr. Bolz bei SEW-EURODRIVE den Bereich Berechnung und Simulation der Getriebeentwicklung. Zum gewachsenen Stellenwert erklärt er: „Die Simulation ist bei SEW-EURODRIVE heute ein unabdingbarer Bestandteil der fortschrittlichen und qualitätsorientierten Entwicklung. Durch ihren Einsatz können einerseits Produkteigenschaften früh abgeschätzt und optimiert werden. Andererseits wird es möglich, Versuche zielgerichteter auszuwählen und die Anzahl der Versuche entsprechend zu reduzieren. Im gesamten Produktlebenszyklus wird die Simulation mit hoher Akzeptanz eingesetzt und erfährt eine große Wertschätzung durch das Management.“

Bilder: SEW; shutterstock.com/Ekkaluck Sangkla

„Durch die Simulation konnten wir aus der Vielzahl der in Realität auftretenden Lastfälle die kritischen erkennen und diese im Versuch gezielt untersuchen."

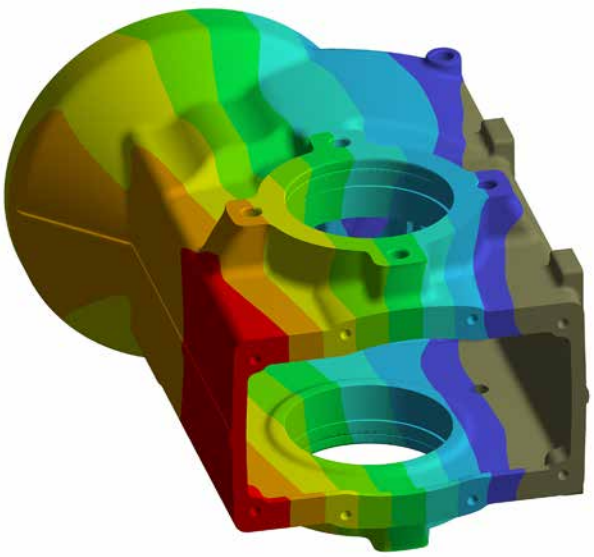


Bild 3: Schwingungsform der 1. Eigenfrequenz als Ergebnis der Modalanalyse des Flanschgehäuses.

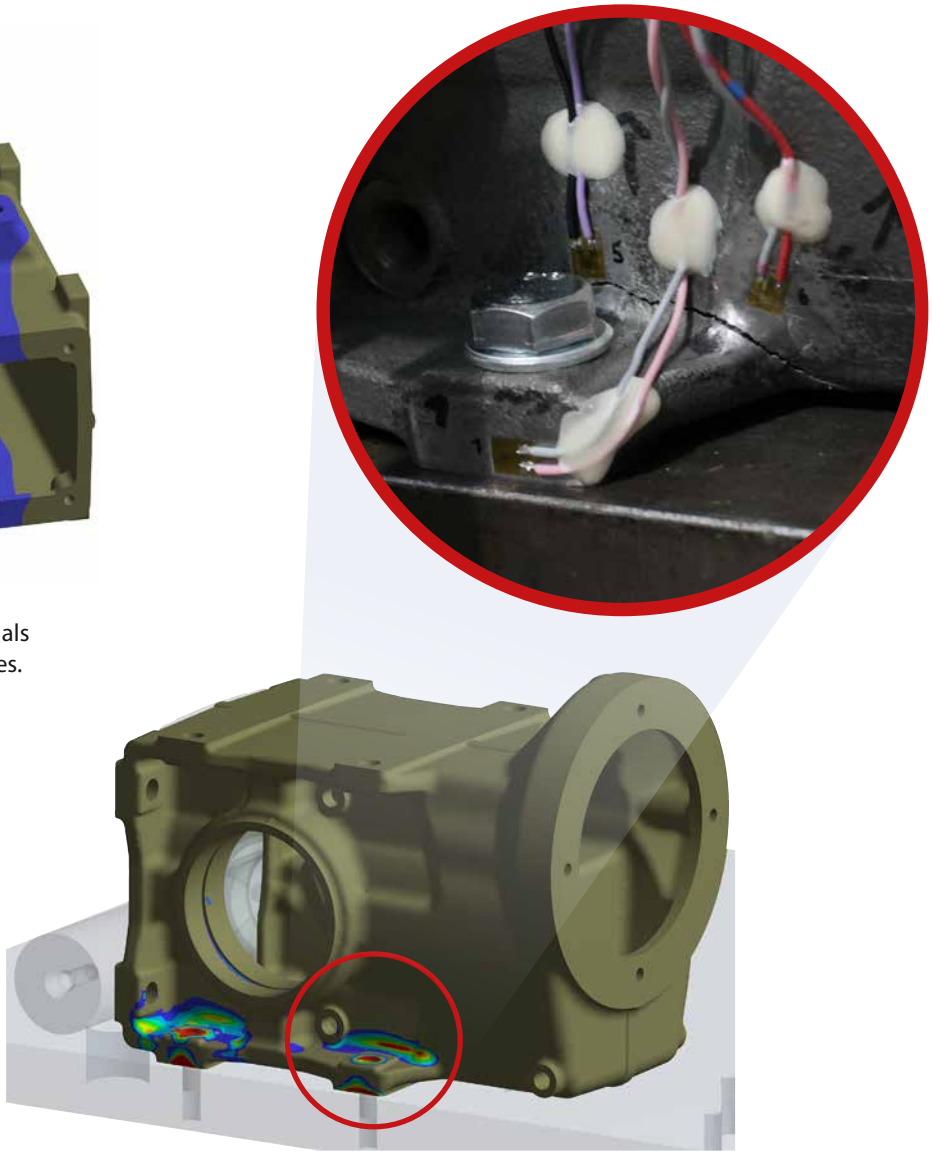


Bild 4: Oben Riss nach statischem Bruchversuch am Fußgehäuse, unten plastische Vergleichsdehnung zur Vorhersage des Anrisses in der Simulation.

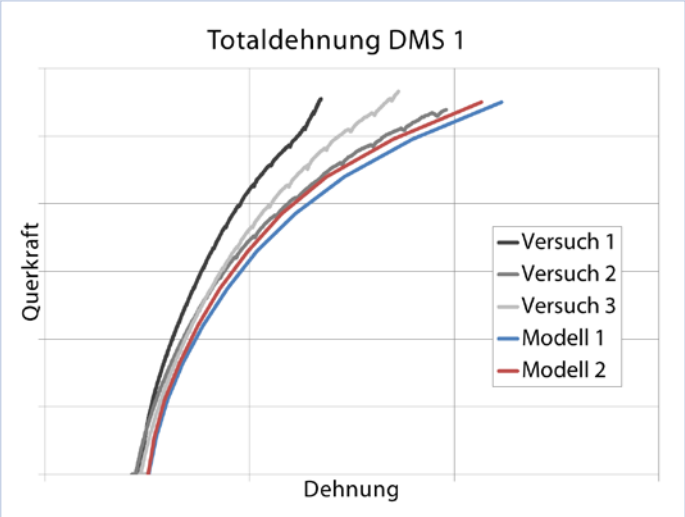
Eine weitere strukturmechanische Analyseart ist die Modalanalyse, mit der das Schwingungsverhalten anhand von Eigenfrequenzen und Eigenformen beschrieben wird. Damit lassen sich Aussagen zur Geräuschentwicklung und zu möglichen Anregungen machen, die nicht erwünscht sind. „Die Geräuschentwicklung ist für uns ein wichtiges Thema, dessen Stellenwert sich in den letzten Jahren erheblich erhöht hat und zukünftig auch noch weiter an Einfluss gewinnen wird", erläutert Dr. Haller. Als Beispiele nennt er die Minimierung der Geräuschbelastung der Arbeiter in den Werkshallen, aber auch die Anforderungen an Antriebe für Theaterbühnen, die flüsterleise sein sollten.

Modalanalyse sichert Fertigungsqualität

Ein anderes Anwendungsbeispiel für die Modalanalyse sind Fertigungsschwierigkeiten bei der Fräsbearbeitung von Erstmustern der Graugussgehäuse. Da die Oberflächenqualität nach dem Fräsen nicht zufriedenstellend war, hätte die Schnittgeschwindigkeit stark verringert werden müssen. Um dies zu vermeiden sollte mithilfe der Simulation den Ursachen auf den Grund gegangen werden. Mit der Modalanalyse wurde festgestellt, dass die 1. Eigenfrequenz im Bereich der Eingriffsfrequenz des Fräsers lag, sodass ein resonantes Schwingen der Bearbeitungsfläche entstand (Bild 3). Abhilfe schaffte die Verwendung eines zusätzlichen Spannpunktes zur Fixierung des Gehäuses bei der Fräsbearbeitung. Damit war eine Reduzierung der Schnittgeschwindigkeit nicht mehr notwendig. Folglich konnte in der zuvor kalkulierten Bearbeitungszeit, die aus wirtschaftlichen Gründen nicht überschritten werden sollte, die gewünschte hohe Oberflächenqualität erzielt werden. „Dieser Anwendungsfall ist ein Beispiel dafür, wie wir mit einer relativ einfachen Simulation einen Lösungsansatz gefunden haben, der mit anderen Untersuchungsmethoden nicht so schnell erkennbar gewesen wäre", ist Dr. Haller überzeugt.

Der Verifizierungs- und Validierungsprozess

Trotzdem ist immer wieder zu überprüfen, ob die Ergebnisse aus den Simulationen dem realen Verhalten der Produkte entsprechen. „Um die Prognosefähigkeit von Simulationsmodellen sicherzustellen, sind die Modelle laufend zu verifizieren und



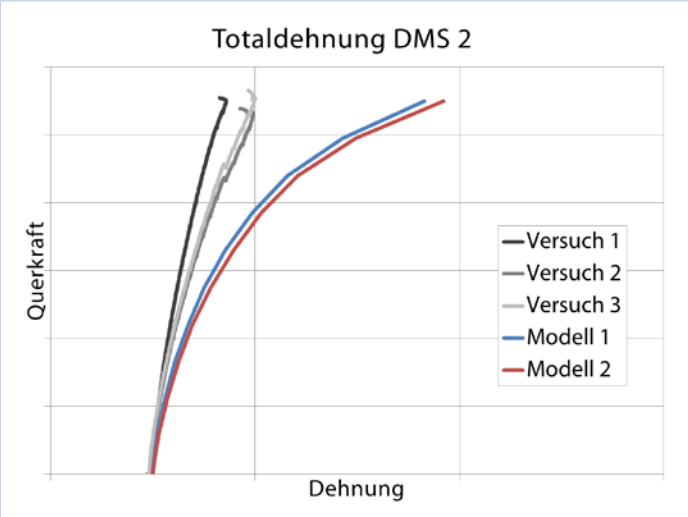


Bild 5: Links gute Übereinstimmung, rechts Abweichung der Dehnungen aus Versuch und Simulation.

mittels geeigneter Versuche zu validieren. Hierzu gibt es in der Simulation einen SEW-spezifischen Verifizierungs- und Validierungsprozess, der durchlaufen werden muss“, erläutert Dr. Haller. Im Falle der Kegelradgetriebe K39/49 wurden zur Validierung statische Bruchversuche des Fußgehäuses mit mehreren Getrieben in unterschiedlichen Raumlagen unter Querkraftbelastung durchgeführt. Der Abgleich von Simulations- und Versuchsergebnissen erfolgte anhand von Weg- und Dehnungsmessungen.

„Dazu haben wir zunächst Simulationen durchgeführt, um die kritischen Stellen zu erkennen, an denen wir im Versuch die Messungen vornehmen sollten“, berichtet Dr. Haller. „So konnten wir mit Dehnmessstreifen genau untersuchen, wo ein Riss beginnt und wie der Rissfortschritt verläuft.“ Zusätzlich wurde der Einfluss verschiedener Simulationsparameter auf das Ergebnis betrachtet. Die dazu durchgeführten Parameterstudien betrafen unter anderem die Materialeigenschaften, die aufgrund verschiedener Materialproben aus den Getriebegehäusen gewonnen wurden, sowie die Reibwerte, die Schraubenvorspannungen und die Systemgrenzen im Allgemeinen. Mittels der in ANSYS integrierten Programmiersprache APDL konnte dann eine automatisierte Auswertung der Wege, Dehnungen, Kontakt- und Schraubenkräfte erfolgen.

Anrissort wurde richtig vorhergesagt

Durch die Wegmessung konnten Verschiebungen abgeglichen und dadurch auf das Verformungsverhalten zurückgeschlossen werden. Erkenntnisse waren unter anderem, dass der Aufbau beziehungsweise die Anschlusssteifigkeit eine Rolle spielen kann. Je nach Einstellungsparametern konnte eine sehr gute Übereinstimmung erreicht werden.

Die Querkraftbelastung wurde in diesen statischen Bruchversuchen gesteigert, bis ein Riss aufgetreten ist. Der Anrissort konnte bereits in den Voruntersuchungen richtig vorhergesagt werden (Bild 4), das Simulationsergebnis ist jedoch etwas konservativer, das heißt, die tatsächlich erreichte Maximallast liegt etwas höher als berechnet. Der Abgleich der Dehnungen zeigte unterschiedliche Ergebnisse (Bild 5). An einigen Messpunkten wurden die Versuchswerte gut getroffen, an anderen ergab die Simulation abweichende Ergebnisse, sodass hier noch Untersuchungsspielraum bleibt.

Bei der Entwicklung der Kegelradgetriebe K39/49 war es durch den Einsatz der Simulation möglich, eine kurze Entwicklungszeit, höchste Drehmomente und für Grauguss ein möglichst leichtes, aber dennoch hoch steifes Getriebe zu realisieren, das mittlerweile seit einem Jahr sehr erfolgreich auf dem Markt ist. Aus der Vielzahl der in Realität auftretenden Lastfälle konnten durch die Simulation die kritischen erkannt und diese gezielt im Versuch untersucht werden. Die dabei angewandten Vorgehensweisen und Simulationsmethoden wurden im Rahmen eines internen Verifizierungs- und Validierungsprozesses bestätigt und weiterentwickelt.

Fakten zu SEW-EURODRIVE

SEW-EURODRIVE erwirtschaftete im Geschäftsjahr 2015/2016 mit weltweit rund 16.000 Mitarbeitern einen Umsatz von etwa 2,7 Milliarden Euro. 15 Fertigungswerke und 77 Montagewerke in 50 Ländern liefern Motoren, Getriebe, Frequenzumrichter, Steuerungen und komplette Antriebslösungen sowie die dazugehörigen Dienstleistungen. In dem vor 85 Jahren gegründeten Unternehmen arbeiten heute mehr als 630 Spezialisten in der zentralen Entwicklung in Bruchsal.

InfoUnternehmen
SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG
www.sew-eurodrive.de

InfoAnsprechpartner | SEW
Dr.-Ing. Sascha Haller
sascha.haller@sew-eurodrive.de
Dr. rer. nat. Heinrich Bolz
heinrich.bolz@sew-eurodrive.de

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Ezzeddine Ammar
Tel. +49 (0) 711-99 07 45-12
eammar@cadfem.de

Elektromagnetische und strukturmechanische Auslegung von Aufzugsmaschinen

Hoch hinaus – Laufruhe inklusive

Höchster Komfort beim Aufzugfahren wird erreicht, wenn der Benutzer von der Beschleunigung beziehungsweise von Kraft- und Drehmomentänderungen kaum etwas spürt. Deshalb legt die WITTUR Electric Drives GmbH höchsten Wert auf Laufruhe und eine möglichst geringe Drehmomentwelligkeit ihrer Aufzugsmaschinen. FEM-Simulationen zur Berechnung des Magnetkreises und zur Festigkeitsanalyse dienen dazu, diese hochgesteckten Ziele zu erreichen.

Kamen in früheren Zeiten für Aufzugantriebe oftmals Elektromotoren mit entsprechenden Getrieben zum Einsatz, so werden heute hauptsächlich Direktantriebe bevorzugt. Dies erlaubt eine sehr kompakte Bauweise. Die WITTUR Electric Drives GmbH in Dresden entwickelt und fertigt schon seit über 20 Jahren innovative Antriebslösungen für verschiedenste Einsatzgebiete.

Um die Innovationsfähigkeit weiter zu erhöhen, wurde im Jahr 2013 nach einer FEM-Software (Finite-Elemente-Methode) gesucht, mit der die elektromagnetische Maschinenauslegung optimiert werden konnte. Nachdem mehrere Simulationspakete unter die Lupe genommen worden waren, fiel die Entscheidung für die von CADFEM angebotene Software ANSYS Maxwell.

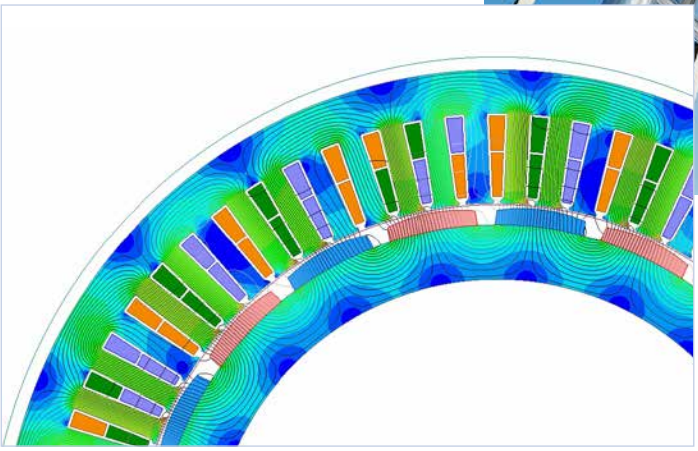


Bild 1: Numerische Simulation eines Magnetkreises.

Umfangreiche Funktionalität und kompetente Betreuung

Als Kriterien nennt Dipl.-Ing. Fanny Fischer, die mit der Auswahl und dem Test der Software betraut wurde, zwei Hauptaspekte: Einerseits die Unterstützung von mehreren physikalischen Domänen durch die ANSYS Software, da im zweiten Schritt die Einführung von strukturmechanischen Berechnungen geplant war. Andererseits die kompetente technische Betreuung durch CADFEM schon während der Testphase, sowohl durch die intensive Schulung als auch aufgrund des hervorragenden Supports, der alle auftretenden Fragen schnell und umfassend beantwortete.

Zielsetzung beim FEM-Einsatz war von Anfang an mehr Einblick in das elektromagnetische Verhalten der Maschinen zu bekommen (Bild 1). „Bei den Vorbetrachtungen lassen sich viele Aspekte analytisch berechnen“, erläutert Fanny Fischer. „Wenn es dann jedoch ins Detail geht, greife ich auf die Numerische Simulation mit Maxwell zurück, sodass ich heute rund 50 Prozent meiner Arbeitszeit mit FEM-Simulationen beschäftigt bin.“ Ihr Aufgabengebiet umfasst die elektromagnetischen Berechnungen für sämtliche Motoren, die neu entwickelt oder modifiziert werden, wobei sie vielfältige Ansätze zur Optimierung berücksichtigt.

Bei der Auslegung des Magnetkreises wird die Geometrie der Blechschnitte so geformt, dass im Betrieb hohe Laufruhe und geringe Drehmomentwelligkeit (Ripple) gewährleistet sind. „Auf Basis der Simulationsergebnisse haben sich Blechschnittgeometrien ergeben, die vorab nicht zu erwarten waren“, berichtet Fanny Fischer. „Indem ich scharfe Kanten mit Hilfe von Verrundungen modifizierte, konnte ich die Flussführung gezielt beeinflussen. Die sich daraus ergebende Sättigung des Eisens im Zahnkopf ließ sich mit der

Bilder: Wittur; shutterstock.com/uirii

FEM-Simulation für die Betriebspunkte sehr gut analysieren und optimieren, sodass damit die Drehmomentwelligkeit minimiert wurde."

Untersuchung des Überlastverhaltens

Mit der Untersuchung des Überlastverhaltens lässt sich die Entmagnetisierung der aus Seltenen Erden gefertigten Permanentmagneten überprüfen. Weil die Kosten für die Magnete relativ hoch sind, wird hier eine Minimierung des Materialeinsatzes angestrebt. Folglich sollen möglichst dünne Permanentmagnete verwendet werden. Jedoch darf bei Überlast das elektromagnetische Gegenfeld nicht zu groß werden, da es sonst die Permanentmagnete entmagnetisieren würde.

Besonders im ersten Jahr nach der Schulung hat Fanny Fischer den Support von CADFEM oft genutzt, wenn sie nicht mehr weiter wusste oder unsicher war, ob sie den richtigen Weg eingeschlagen hat. „Die Berechnungsspezialisten von CADFEM haben mir immer weiter geholfen und neue oder einfachere Wege aufgezeigt", betont sie. Auf jeden Fall hat sich der Simulationsaufwand durchaus gelohnt, denn die angestrebten Optimierungen konnten nicht nur virtuell nachgewiesen werden. Intensive Untersuchungen der Motorprototypen im Prüffeld bestätigen die Werte aus den Simulationen, beispielsweise zur Drehmomentwelligkeit. Das bestärkte alle Beteiligten darin, die Numerische Simulation mit ANSYS Maxwell als festen Bestandteil der magnetischen Motorauslegung weiter auszubauen.

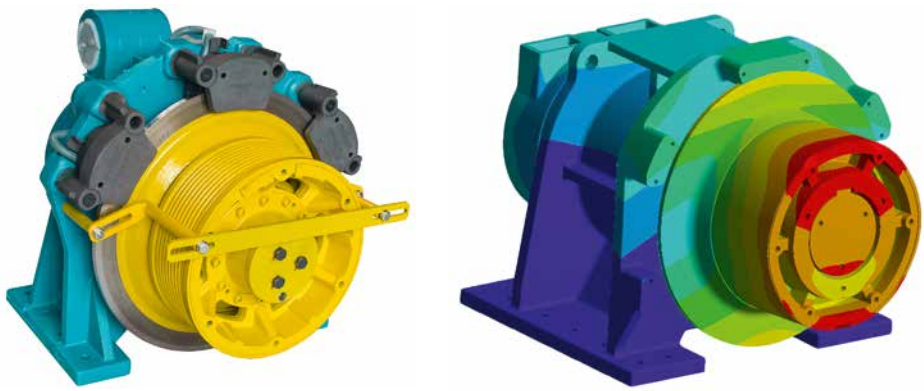


Bild 2: Eine Aufzugsmaschine in der Realität und als strukturmechanische Simulation.

Einstieg in die strukturmechanische Berechnung

Aufgrund der positiven Erfahrungen bei der elektromagnetischen Simulation wurde auch der Weg der strukturmechanischen Berechnung mit ANSYS beschritten, unter anderem um die Festigkeit und Steifigkeit von Motorgehäusen zu untersuchen (Bild 2). Bei der Übertragung des Motordrehmoments auf die Kabine spielen Verformungen und Strukturspannungen eine besonders wichtige Rolle, denn trotz hoher Lasten sind die Komponenten des Gehäuses eng verbaut, sodass kleine Verformungen große Auswirkung haben können. Berühren sich stehende und bewegte Teile, werden Schwingungen in das Gesamtsystem induziert, die vorher durch die elektromagnetische Auslegung der Drehmomentwelligkeit weitgehend reduziert wurden.

Für die Entwicklung einer neuen Antriebsreihe war der Einsatz der strukturmechanischen Simulation besonders wichtig. Denn bei der Auslegung der geplanten Aufzugsmaschinen mit bis zu 1,4 Metern Durchmesser und damit deutlich größer als die bisherigen, konnte nur bedingt auf die vorhandenen Entwicklungserfahrungen zurückgegriffen werden. Das 2015 begonnene Entwicklungsprojekt wurde durch CADFEM mit Beratungs- und Berechnungsdienstleistungen unterstützt. Zunächst erfolgte eine Grundlagenschulung von fünf Wittur-Mitarbeitern in der nahe gelegenen Chemnitzer Geschäftsstelle von CADFEM. Danach begann der Aufbau von Simulationsmodellen, wobei ein CADFEM Mitarbeiter in regelmäßigen Abständen bei Wittur vor Ort die Arbeit mit ANSYS unterstützend betreute, Verbesserungsvorschläge machte und Tipps für das weitere Vorgehen gab. Die vollständig vorbereiteten Simulationsmodelle wurden dann bei CADFEM berechnet, denn dort war eine höhere Rechenleistung verfügbar.

Mit den Simulationen konnte das am besten geeignete Lagerungskonzept gefunden werden: eine Variante mit innen liegender Treibscheibe, da somit die Wellendurchbiegung und Gehäusebelastungen relativ gering waren. Diese Variante wurde dann komplett auskonstruiert und wird zurzeit von CADFEM im Detail berechnet. Anschließend werden die Berechnungsdaten und die dafür erarbeiteten Workflows vollständig an Wittur übergeben. Für die Strukturmechanik wird von Wittur auch gerne das CADFEM Angebot „Simulation im Auftrag" wahrgenommen, um temporäre Belastungsspitzen abzudecken, beispielsweise durch großen Auftragseingang.

WITTUR

InfoUnternehmen
WITTUR Electric Drives GmbH
www.wittur-edrives.de

InfoAnsprechpartner | Wittur
Fanny Fischer
fanny.fischer@wittur.com

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Maren Stange
Tel. +49 (0) 30-47 59 666-24
mstange@cadfem.de

Bild 1: thyssenkrupp SunRiser auf der Fahrt bei Coober Pedy in Australien.

SolarCar aus Bochum

Simulation erhöht Gesamteffizienz des Elektromotors

Seit mehr als 15 Jahren entwickelt und baut die Hochschule Bochum SolarCars, also Fahrzeuge, die mit Solarzellen direkt auf der Karosserie montiert, energieautark unterwegs sind. Platzierungen unter den ersten drei bei internationalen Wettbewerben und eine Weltumrundung mit Guinnessbuch-Eintrag beweisen das Niveau der Ingenieurentwicklungen zur Elektromobilität aus Bochum. Das Projekt wird von zahlreichen Sponsoren und Forschungskooperationspartnern aus der Industrie unterstützt.

Die CADFEM GmbH konnte mit der Simulationsumgebung ANSYS im Zusammenhang mit der Konstruktion der Radnabenmaschinen für das 2015er SolarCar die Motorenentwicklung weiter voranbringen. Bisher wurde eine Software eingesetzt, die die Spulenverluste nur mit dem Realteil berechnet hat. Für den Spezialfall der Bandwicklung aus Aluminium erwies sich diese Spulendarstellung jedoch als ungenau. Durch Probleme bei der Überlastfähigkeit der Radnabenmaschinen kam es zu Überlegungen, als Spulenmaterial Kupfer zu verwenden. Denn das Spulengewicht hatte sich in der Gesamteffizienz des Fahrzeugs als zweitrangig hinter den Spulenverlusten herausgestellt. Da Kupferband als direkter Ersatz durch die zusätzlichen Isolationsschichten nicht praktikabel war, wurde eine andere Spulengeometrie gewählt, die einfacher mit einer entsprechenden Beschichtung zu isolieren ist. Im Rahmen einer Masterarbeit erfolgte die Überprüfung, welche Vor- und Nachteile sich aus unterschiedlichen Spulengeometrien in Zusammenhang mit verschiedenen Spulenmaterialien und Polschuhgeometrien ergeben. Mit ANSYS konnten die Spulengeometrien genau, das heißt komplex elektromagnetisch, abgebildet und damit auch Stromverdrängungseffekte sichtbar gemacht werden.

Bild 2: Radnabenantrieb des aktuellen SolarCars der Hochschule Bochum.

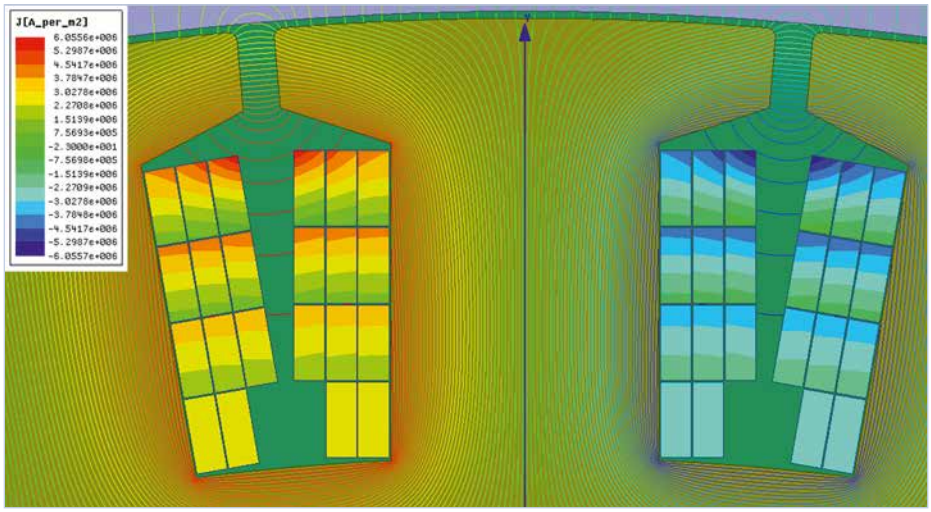


Bild 3: Verteilung der Stromdichte bei Spulen aus rechteckigen Profildrähten.

Die Spulenabmaße ließen sich genau wie die Blechgeometrie problemlos in ANSYS importieren und mit den entsprechenden Materialdaten verknüpfen. Die Simulation des drehenden Rotors und die damit verbunden Einflüsse waren ebenso Teil des Vergleichs wie die Einflüsse der Spulen und einzelner Leiter untereinander. Dabei konnten über die Stromdichtedarstellung die Stromverteilung innerhalb des Leiters sowie auftretende Wirbelströme zum ersten Mal in der Motorentwicklung veranschaulicht werden.

Erstmals Stromverteilung im Leiter sichtbar

Die Befürchtungen, dass sich die horizontale Segmentierung der Spulen aus Aluminiumband negativ auf die Einflüsse durch das Rotorfeld auswirken könnte, bestätigten sich. Diese Einflüsse waren dabei stark von der Abschirmung des Nutraumes abhängig. Insgesamt wurden vier verschiedene Spulengeometrien in Kombination mit drei Statorgeometrien bei jeweils drei verschiedenen Drehzahlen beziehungsweise Drehfeldfrequenzen miteinander verglichen.

Aus diesem Vergleich wurde ein Design mit minimalen Stromwärmeverluste entwickelt. Im Einsatz konnte eine erhöhte Effizienz bei gleichzeitig besserer Überlastfähigkeit nachgewiesen werden. Die Abschirmung des Nutraumes durch den ausgeprägten Polschuh in Kombination mit dem vertikal segmentierten Spulenaufbau der Kupferspule machen den Entwurf weniger anfällig für Stromverdrängungseffekte durch das Rotorfeld. Durch die kleineren Berührungsflächen unter den einzelnen Leitern sinkt auch der Einfluss des Proximity-Effektes auf ein Minimum. Zusätzlich konnte trotz des leicht gesunkenen Füllfaktors durch den Einsatz von Profildraht der Gesamtwiderstand der Spule gesenkt werden, was die Maschineneffizienz auch bei geringen Lasten steigert.

Hochschule Bochum
Bochum University of Applied Sciences
SolarCar Team

InfoUnternehmen
http://www.hochschule-bochum.de/solarcar.html

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

Simulation elektrischer Maschinen

Mit den steigenden Anforderungen an die Entwickler elektrischer Maschinen bezüglich Effizienz, Kosteneinsparung und volumenbezogener Leistung rücken Fragestellungen in den Vordergrund, die eine detaillierte numerische Modellierung erfordern. Dabei gewinnt die Feldberechnung mittels FEM zunehmend an Bedeutung. Im Webinar erhalten Sie einen Einblick zum Stand der Technik der numerischen Simulation elektrischer Antriebe mit ANSYS, unter anderem:

- zur Magnetkreisauslegung
- zur Schaltungssimulation
- zum elektrischen Antrieb als System
- zum Vibrationsverhalten
- und zur Kühlung

Ziel des Webinars ist es, zu vermitteln, in welchen Bereichen Simulation angewendet wird und welcher Nutzen daraus gezogen werden kann.

www.cadfem.de/em-webinar

Optimierung des Betriebsverhaltens von elektrischen Maschinen

„Wir sind vom FEM-Einsatz absolut überzeugt."

Die Dr.-Ing. Ernst Braun GmbH – Entwicklung elektrischer Maschinen, Antriebe und Steuerungen – entwickelt elektrische Maschinen für mittelständische Betriebe und namhafte, weltweit agierende Großunternehmen. Ziel der Auslegungen ist ein optimal angepasstes Betriebsverhalten unter Einbeziehung neuester Entwicklungstrends.

Dr. Walter Braun (links) und sein Bruder Dr. Michael Braun leiten das von ihrem Vater gegründete Unternehmen.

Dabei umfasst das Leistungsspektrum des 1962 von Dr.-Ing. Ernst Braun gegründeten Unternehmens die elektromagnetische und strukturmechanische Berechnung, die Konstruktion und Fertigungsberatung sowie den Prototypenbau und auch die Prüfung der elektrischen Maschinen. Die Redaktion des CADFEM Journals sprach mit Dr.-Ing. Walter Braun – der gemeinsam mit seinem Bruder Dr.-Ing. Michael Braun das Unternehmen leitet – über die elektromagnetische und mechanische Simulation zur Optimierung der Maschinen.

Wie sehen Sie die Entwicklung im Bereich der Elektromotoren?

Dr. Walter Braun: Obwohl die ersten Elektromotoren schon vor über 170 Jahren genutzt wurden, ist bis heute kein Abflachen der Entwicklungskurve erkennbar. Stand früher ein möglichst geringer Materialeinsatz im Mittelpunkt, liegt heute der Fokus auf der Effizienz, also einem hohen Wirkungsgrad. Für unsere elektrische Berechnungsarbeit bedeutet dies eine immerwährende Herausforderung. Einerseits müssen wir die verwendeten Theorien immer weiter verfeinern und in selbst geschriebenen konventionellen Programmen entsprechend umsetzen. Andererseits ist der verstärkte Einsatz von FEM-Simulationen für Feldberechungen aus unserer Entwicklungsarbeit nicht mehr wegzudenken. Insgesamt betreuen wir zusammen mit unseren langjährigen und qualifizierten Mitarbeitern über 500 Hersteller von elektrischen Maschinen und Geräten, in denen elektrische Maschinen verwendet werden.

Wie positioniert sich Ihr Unternehmen als Dienstleister im Markt?

Dr. Walter Braun: Seit über 50 Jahren passen wir die Blechschnitte an die jeweiligen Maschinenanforderungen an. So können wir heute auf den Einsatz von etwa 8000 Blechschnitten für Asynchronmaschinen und 3000 für permanentmagneterregte Maschinen zurückgreifen, die von uns entwickelt wurden. Selbstverständlich werden auch alle anderen Maschinenarten, zum Beispiel Reluktanzmotoren, bei uns dimensioniert. Zusätzliche Sicherheit gibt uns unsere langjährige und umfassende Erfahrung, aufgrund der wir eigentlich immer interpolieren können und nicht extrapolieren müssen, egal ob es um Fragen der Drehzahl oder des Drehmoments geht. Für einen Ingenieurdienstleister eher ungewöhnlich ist unser Labor mit sieben unterschiedlichen Prüfständen, mit denen wir Motoren mit bis zu 50 kW und 30.000 1/min austesten können.

Selbst geschriebene konventionelle Programme und elektromagnetische FEM-Simulationen ergänzen sich bei der Entwicklungsarbeit.

Welche Anforderungen führten Sie zum Einsatz von FEM-Simulationen?

Dr. Walter Braun: Unsere konventionellen Berechnungsprogramme für elektromagnetische Felder sind zwar vielfältig einsetzbar, funktionieren aber bei komplexen Bauweisen nicht. Beispiele dafür sind Kühllöcher oder Abflachungen, der Einsatz vergrabener Magnete oder wenn wir Polausläufe ohne konstante Luftspalte verwenden. Vorhandene Engstellen können weder strukturmechanisch noch elektromagnetisch mit konventionellen Programmen sinnvoll berechnet werden. Deshalb haben wir uns schon 1991 dazu entschlossen, in Simulationsprogramme für Magnetfeldberechnungen zu investieren. Seit über 15 Jahren setzen wir nun ANSYS Maxwell ein, da uns die Leistungsfähigkeit dieses Tools absolut überzeugt hat.

Gleichzeitig hat sich in Verbindung mit der Einführung von 3D-CAD-Systemen der Einsatz von strukturmechanischen FEM-Berechnungen mit ANSYS förmlich angeboten. Nach und nach wurde die Kopplung von elektromagnetischen Berechnungen mit mechanischen Simulationen immer weiter ausgebaut. Wenn es um vergrabene Magnete geht, ist sowohl die mechanische Festigkeit speziell bei hohen Drehzahlen ausschlaggebend als auch die elektromagnetische Optimierung, damit möglichst wenig Magnetfluss verloren geht.

Können Sie den Nutzen der FEM-Simulation an einem konkreten Kundenbeispiel verdeutlichen?

Dr. Walter Braun: Für unseren langjährigen Partner Kienle + Spiess, Anbieter von Stanz- und Druckgießteilen für elektrische Motoren und Generatoren, haben wir eine komplette Reihe von permanentmagneterregten Maschinen für die Baugrößen 56 bis 250 entwickelt. Dabei wurden im Stator die Schnitte berücksichtigt, die wir in der Vergangenheit schon für Asynchronmotoren verwendet haben. Denn für letztere sind sehr häufig Einziehwerkzeuge vorhanden, mit denen die Statoren maschinell bewickelt werden können.

Bei der elektromagnetischen FEM-Simulation der neu entwickelten Maschinen mit der Software Maxwell wurden die Rotoren mit den vergrabenen Magneten so ausgelegt, dass sie ein möglichst niedriges Rastmoment haben. Das war eine besondere Herausforderung, da wir an den Statoren keine Schrägung anbringen wollten. Denn dies ist die Voraussetzung, um die Einziehwerkzeuge weiter zu verwenden. Mit der Maxwell-Simulation waren wir in der Lage, unsere Zielvorgaben zu erreichen, die Rastmomente vorsehen, die kleiner als zwei Prozent des Nennmomentes sind.

Welche Trends sehen Sie bei der Entwicklung der Simulationstechnologie?

Dr. Walter Braun: Rückblickend ist die Steigerung der Leistungsfähigkeit bei den FEM-Berechnungen durch Hardware und Software beeindruckend. Die Ergebnisse liegen heute meist in wenigen Minuten vor, wie wir es früher nur von unseren konventionellen Programmen gewohnt waren. Folglich nutzen wir bei Maxwell immer mehr die 3D- statt der 2D-Berechnung. Kombiniert mit der Kopplung von Elektromagnetik- mit Strukturmechanik-Simulationen erhalten wir genauere Ergebnisse, können aufgrund der feineren Vernetzung mehr Details betrachten und somit gesicherte Aussagen treffen.

Wir haben Simulationen von Anfang an in den frühen Phasen der Entwicklung eingesetzt. Aber heute können wir mehr Varianten in kurzer Zeit berechnen und vielfältige Anforderungen aus der Praxis bei der Simulation berücksichtigen. Deshalb ist der Stellenwert der FEM-Simulation kontinuierlich gewachsen und wird dies auch weiterhin tun.

Dr.-Ing. Braun

InfoUnternehmen
Dr.-Ing. Ernst Braun GmbH
www.braun-inst.de

InfoAnsprechpartner | Dr.-Ing. Ernst Braun
Dr. Walter Braun
braun@braun-inst.de

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Eugen Kistner
Tel. +49 (0) 711-99 07 45-54
ekistner@cadfem.de

Bilder: Dr.-Ing. Braun

Ein persönlicher Blick auf die Elektromobilität mit zwei Rädern

Begeisterung und grünes Gewissen

Als unser jüngster Sohn mit 16 Jahren ein 125 ccm Leichtkraftrad kaufte und das Moped bei der Probefahrt auf einer oberbayrischen Voralpenlandstraße immer kleiner wurde und verschwand, keimte in mir der Wunsch auf, mir den Wind ebenfalls so um die Nase wehen zu lassen. Zunächst siegte jedoch noch die Vernunft und es dauerte zwei Jahre, bis ich in der Fahrschule stand und einen Ausbildungsvertrag unterschrieb. Sechs Abende Theorie („9 Schritte beim Abbiegen“, „Busse und Blinklicht“) waren ein bisschen lästig, im Nachhinein aber eine hilfreiche Wiederauffrischung und die praktische Fahrprüfung genauso aufregend wie die erste für's Auto. Und irgendwann stand dann der Kauf eines Motorrades an.

Nachhaltige Biker-Freuden

Es wurde eine klassische Maschine, die mit zeitloser Optik und warmen V2-Sound Auge und Ohr erfreut. 35 kW (48 PS) und unkomplizierte Handhabung erleichterten mir den Einstieg. Auf verschiedenen Touren im Voralpenland, in Österreich, Südtirol und Slowenien wehte mir der Wind um die Nase und ich genoss (und genieße) die Landschaft, kurvige Landstraßen, den Geruch von Feldern, Wiesen und Wäldern – kurz: ich dachte und denke mir, „das hätte ich schon viel früher machen sollen“.

Etwas Wasser kommt in den Wein, wenn es gilt, Benzin in den Tank zu füllen. Eine endliche Ressource, die ich vergeude, nur um mir den Wind um die Nase wehen zu lassen? Ist das nötig? Wie viel Ressourcenverbrauch kann ich guten Gewissens vertreten? Wie kann ich den (fossilen) Energieverbrauch und den Spaßfaktor Motorradfahren miteinander in Einklang bringen? Wir nutzen Ökostrom und produzieren selbst welchen. Könnte Elektromobilität hier nicht eine Brücke sein? Vielleicht ein gebrauchtes Fahrzeug, das akkutechnisch nicht das maximal Mögliche liefert, sondern das gerade die Fahrt zur Arbeit abdeckt und mir auf diese Weise eine ökologische Portion „Wind um die Nase“ bietet?

So wanderte der Blick von Zeit zu Zeit auf das sehr übersichtliche Angebot an Elektromotorrädern. Theoretische Reichweiten von 40 bis 300 km, 2 bis 20 kWh Akkukapazität und ein Energieverbrauch von etwa 5 bis 10 kWh/100 km (Stadtverkehr/Landstraße) sind typische Kenndaten. Ein 4,5-l-Diesel-PKW liegt mit 45 kWh/100 km deutlich darüber, auch wenn natürlich Nutzwert, Platzangebot und Komfort in einer ganz anderen Kategorie anzusiedeln sind. Und so hing eines Tages ein kleines Elektromotorrad mit 9 kW (12 PS, 125 ccm-Klasse) an der Steckdose in unserer Garage.

Neuer Antrieb, neue Erfahrung

Schon die erste Fahrt vom Verkäufer nach Hause war spannend: 4 Grad plus, reduzierte Akku-Kapazität, 58 km Entfernung, das bedeutete eine Überführung in zwei Etappen mit Zwischenladung. Dann das erste Aufladen und Ausfahren rund ums Zuhause. Diese erste „unbeschwerte“ Fahrt durfte der Initiator der Motorradgeschichte, unser Jüngster, machen. Er fährt nach wie vor seine 125er und als er vom E-Motorrad abstieg, blieb ein deutliches Grinsen ob des ungewohnt hohen Drehmoments (67 Nm) und der guten Beschleunigung in seinem Gesicht.

Ja, das Fahren mit dem Elektromotorrad macht Spaß. Die kontinuierliche Beschleunigung, das früh verfügbare Drehmoment und das geringe Gewicht (126 kg) sorgen

Luftgekühlter Direktantrieb mit Kette.

für viel Freude. Speziell im Stadtverkehr ist diese Kombination unschlagbar. Eines fällt jedoch schnell auf: Viel Fahrspaß kostet viel Energie. Quäle ich den Akku durch beherztes Gasgeben, quält er mich durch eine schnell sinkende Ladestandsanzeige. Er besteht aus 336 Lithium-Ionen-Zellen (14 in Reihe, 24 parallel) mit 26 mm Durchmesser, 70 mm Länge sowie 3,8 V und 2,9 Ah, in Summe 3,7 kWh. Bei kontinuierlichen 9000 Watt „Vollgas“ wäre der Spaß nach rund 20 min vorbei. So lehrt die limitierte Akkukapazität ganz automatisch eine vernünftige Fahrweise und vorausschauendes Fahren. Ein größerer Akku könnte diese Limitation natürlich verschieben, aber auch jede andere Konfiguration ist eine individuelle Balance von Energieverbrauch, Akkukosten, Fahrspaß und Reichweite.

Neben diesen Faktoren sorgt noch ein weiterer Aspekt für Herzklopfen: Der Zugang zu Steckdosen. Die Nutzung vieler öffentlicher Ladestationen erfordert die Freischaltung mit einer RFID-Karte, nur in Ausnahmefällen findet man Zahlungsoptionen per EC/Kreditkarte oder Münzeinwurf. Die erforderlichen Ladekarten werden von den großen Energieversorgern, den lokalen Stromanbietern oder auf Elektromobilität spezialisierten Dienstleistern angeboten und müssen vorab beschafft werden.

Unerwartete Herausforderung

Die zugehörigen Zahlweisen sind so vielfältig wie die Anbieter und die Ladesäuleninfrastruktur: Von kostenfreien Angeboten über Wochen-, Monats- und Jahresflatrates, Arbeitspreisen mit und ohne Pauschalbetrag pro Ladung bis hin zu zeitbasierter Abrechnung auf Minutenbasis oder gar dem kompletten Ausschluss für Kunden fremder Stromversorger gibt es ein unübersichtliches und wenig kundenorientiertes Spektrum.

Aufgrund einer immer vorhandenen Restunsicherheit bezüglich der Steckerkompatibilität, Verfügbarkeit und Freischaltung unbekannter Ladestationen konzentriere ich mich daher auf das Pendeln zwischen meinem Zuhause und dem CADFEM Büro, wo ein sicherer Zugang zu einer normalen 230 V-Steckdose besteht.

Auf diese Weise kann ich die Freude am Motorradfahren mit dem Gefühl „sauber zu fahren“ kombinieren. Das elektrische Fahren hat seinen eigenen Reiz: Ein drehmomentstarker Antrieb, hohe Wendigkeit und niedriger Geräuschpegel, aber auch der „sportliche“ Ehrgeiz, den Energieverbrauch nochmal ein wenig weiter zu senken. Ich freue mich auf die zukünftige Entwicklung in diesem Marktsegment und bin gespannt, welche Fortschritte wir in der Fahrzeugtechnik, aber auch in der Infrastruktur und den zugehörigen Geschäftsmodellen sehen werden.

Christof Gebhardt, CADFEM GmbH,
cgebhardt@cadfem.de

Interessante Links:
www.energicamotor.com
www.ktmfreeride-e.com
www.zeromotorcycles.com
www.lemnet.org

Bild: shutterstock.com/MP_P

Statistische und stochastische Methoden zur Auslegung eines Turboladers

Energieeffizienz im Automobilbau

Simulationen sowohl bei der Strömungsanalyse als auch bei Festigkeitsuntersuchungen bieten heutzutage den enormen Vorteil der Kosten- und Zeitreduktion in der Entwicklungsphase. Einsparungen beim Bau von Prototypen und im Bereich der experimentellen Entwicklung durch Simulationen führen zu außerordentlich effizienten Abläufen im Produktentwicklungsprozess.

Auch im energetischen Bereich ist durch eine simulationsgesteuerte Entwicklung ein immenses Einsparpotential zu erzielen. Turbolader sind seit den 1960iger Jahren der Inbegriff für Leistungssteigerung im Automobilbau. In neuerer Zeit wird der Turbolader über das „Downsizing“ und das „Downspeeding“ zunehmend zur Steigerung der Energieeffizienz in der Motorentechnik genutzt. Als Downsizing wird die Reduzierung des Hubvolumens eines Motors durch Verschiebung des Motorbetriebspunkts zu höheren Mitteldrücken bezeichnet, was zu einer Verbrauchsreduzierung um bis zu 15 Prozent führt. Beim Downspeeding wird der Motorbetriebspunkt in Richtung kleinerer Motordrehzahlen verlagert, sodass der Motor in einem verbrauchsgünstigeren Kennfeldbereich bei ebenfalls höherem Mitteldruckniveau betrieben werden kann. In beiden Fällen ist der Turbolader essentieller Bestandteil, um das für die Verbrennung notwendige Luft-Kraftstoff-Verhältnis bei unterschiedlichen Motorendrehzahlen über eine Verdichtung der zuzuführenden Verbrennungsluft zu verbessern.

Turbolader sind in der heutigen Zeit in der Regel als Abgasturbolader installiert. Der Antrieb erfolgt über die Kopplung des Motorabgassystems mit der Antriebsturbine des Turboladers, die den Verdichter zur Komprimierung der anzusaugenden Verbrennungsluft im Einwellensystem antreibt. Nachteile dieser Bauform ergeben sich durch das sogenannte Turboloch, hervorgerufen durch die nicht zur Verfügung stehende Abgasleistung im unteren Motorendrehzahlbereich.

Immer wieder aufkommende Überlegungen, die das Ziel haben, diese Problematik durch den Einsatz elektrisch getriebener Turbolader (E-Turbolader) auszuräumen, scheiterten an der Ineffektivität der Systeme. Sie ist durch die vorherrschende Bordspannung von 12 Volt gegeben. Aktuell rücken E-Turbolader aber wieder mehr in den Fokus. Auf der Basis von Permanentmagnet erregten E-Motoren in einem separaten Spannungsnetz mit 48 Volt werden innovative Konzepte bereits erfolgreich eingesetzt. Das Bild 1 zeigt exemplarisch einen am Forschungsschwerpunkt „Computersimulation im Maschinenbau“ konstruierten E-Turbolader.

E-Turbolader bereits erfolgreich eingesetzt

In der Auslegung und Optimierung moderner energieeffizienter Motoren ist der Turbolader eines der komplexesten Bauteile im Antriebsstrang. Der besondere Fokus liegt dabei auf den Verdichterlaufrädern, da sie in doppelter Hinsicht hoch belastet sind. Zum einen verlangt die Strömung ein äußerst sorgfältiges Design der Verdichterschaufeln, die aus strömungsmechanischer Sicht extrem verwunden sein sollten. Dem genau entgegengesetzt stehen strukturmechanische Zwangsbedingungen. Die durch die hohen Fliehkräfte stark belasteten Schaufeln sollten zur Lastkompensation möglichst eine radiale Ausrichtung haben, also relativ wenig verwunden sein.

Diese schon auf den ersten Blick offensichtliche Gegenläufigkeit wird durch eine weitere Tatsache noch komplexer. Dem Verdichter wird durch den Koppelungsbetrieb mit einem Verbrennungsmotor ein hochgradig dynamisches Betriebsverhalten abverlangt, das sich in der Schwingungscharakteristik des Verdichterlaufrads manifestiert. Eine Optimierung der Verdichterstufe muss daher nicht nur auf einen Betriebspunkt bezogen werden, sondern auf das gesamte Kennfeld, das als Betriebsbereich im sogenannten OFF-Design be-

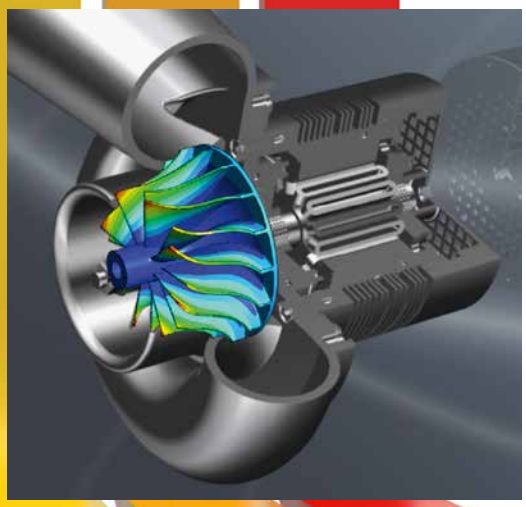


Bild 1: Modell eines modernen E-Turboladers mit getriebelosem High-Speed-Elektroantrieb.

Bild 3: Darstellung der Vergleichsspannungen sowie des Strömungsfeldes durch Stromlinien.

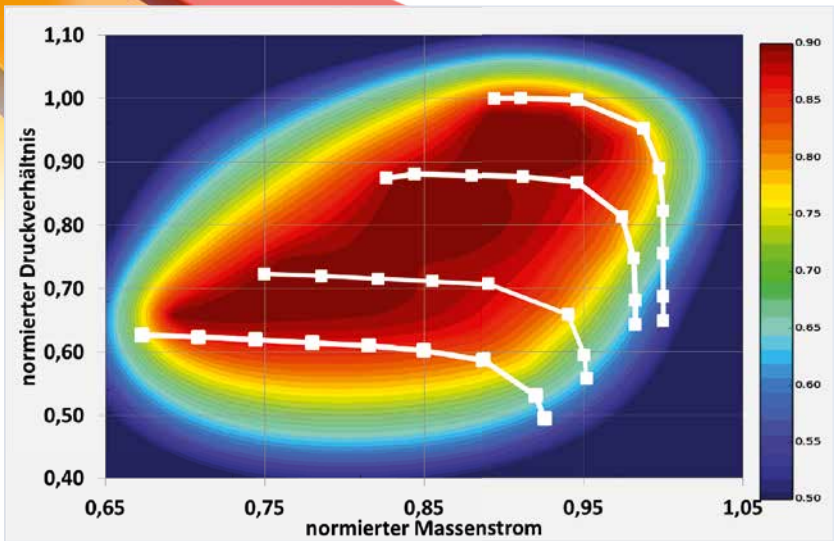


Bild 2: Normiertes Kompressorkennfeld für den Einsatz von Turboladern.

zeichnet wird. Bild 2 zeigt in normierter Darstellung exemplarisch das Kennfeld eines Kompressors, der als Turboantrieb eingesetzt werden kann.

Die Zusammenhänge verdeutlichen, dass die Antworten auf die genannten Fragestellungen mit klassischen Methoden nicht gegeben werden können, wenn ein allen Anforderungen gerechtes Design entwickelt werden soll. Insbesondere stellt die Aufgabenstellung, ein optimales und energieeffizientes Design beim Zusammenspiel aller motorischen Komponenten zu finden, die Ingenieure vor nahezu unlösbare Probleme.

Die experimentelle Forschung und Entwicklung ist in den letzten zwei Dekaden immer stärker von numerischen Methoden ergänzt beziehungsweise abgelöst worden. Numerische Simulationen werden heute als Schlüsseltechnologie in den unterschiedlichsten technischen Aufgabengebieten genutzt. Sie haben den Entwicklungsprozess zum einen beschleunigt und zum anderen zu enormen Kosteneinsparungen geführt.

Die Prozessabläufe sind jedoch mit einem erheblichen Zeitaufwand verbunden. Da Optimierungen mit gleichzeitiger Veränderung mehrerer Parameter sehr komplexe Korrelationen beinhalten, sind diese Fragestellungen ohne hochentwickelte statistische Werkzeuge nicht mehr handhabbar. Der Forschungsschwerpunkt „Computersimulation im Maschinenbau“ setzt bereits seit vielen Jahren statistische und stochastische Methoden ein, um zu optimalen Maschinengeometrien zu gelangen. Die prinzipielle Vorgehensweise wird nachfolgend kurz erläutert.

Im ersten Schritt wird durch stochastische Sampling-Methoden eine Vielzahl von geometrisch unterschiedlichen Maschinendesigns erzeugt. Für jedes Element dieses Versuchsplans – auch Design of Experiments (DOE) genannt – wird eine rechenintensive CAE-Analyse durchgeführt. Beim Aufbau des DOEs hat sich die Einführung von strömungsabhängigen Input-Parametern in Kombination mit maschinenabhängigen Hauptabmessungen bewährt.

Das Ergebnis der Strömungssimulationen aller in einem DOE erzeugten Designs

Bilder: Fachhochschule Dortmund; shutterstock.com/AlexRoz, Jane0606

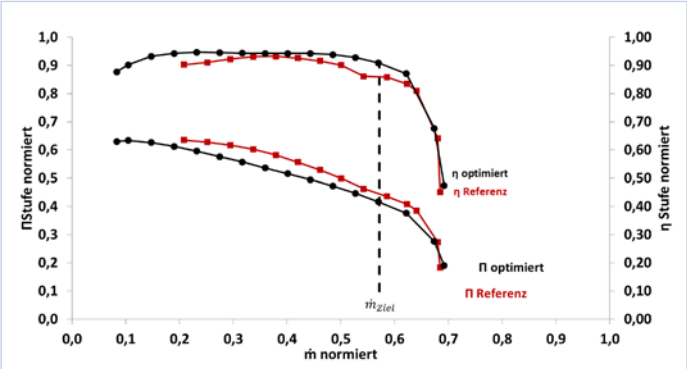


Bild 4: Optimierung des Wirkungsgrades und Erweiterung des Teillastbereichs.

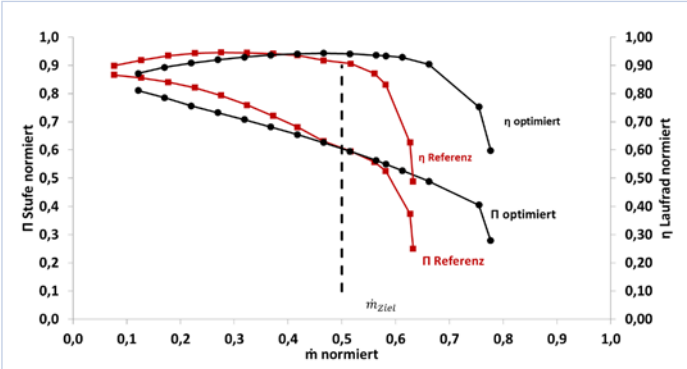


Bild 5: Optimierung des Wirkungsgrades und Erweiterung des Überlastbereichs.

ist eine Vielzahl an Kennlinien. Als Resultat von aufwendigen Entwicklungsarbeiten ist es gelungen, die komplette Kennlinie vollautomatisiert im Rahmen des DOEs zu simulieren. Sowohl die Pumpgrenze als auch die Schluckgrenze wird dabei selbstständig erfasst. Auf Basis der Ergebnisse des DOEs wird ein mathematisches Ersatzmodell gebildet, das sogenannte Metamodell. Dafür werden je nach Anwendungsfall Verfahren wie polynomische Regression, Kriging oder Neuronale Netzwerke verwendet. Das Metamodell bildet dann die Grundlage für das weitere Vorgehen.

Sensitivitätsanalyse erkennt die wichtigen Parameter

Mit Hilfe einer vorgeschalteten Sensitivitätsanalyse werden durch statistische Analysen wichtige und unwichtige Parameter identifiziert. Alle weiteren Berechnungen lassen sich anschließend mit einem reduzierten Parametersatz durchführen, was den numerischen Aufwand drastisch reduziert. Neben der Parameterreduktion bieten Metamodelle einen weiteren Vorteil, denn damit können Optimierungen durchgeführt werden, ohne dass weitere zeitaufwendige CAE-Simulationen notwendig sind. Dies führt zu einer enormen Zeitersparnis im Vergleich zu Optimierungen, die auf direkten Simulationen basieren.

Optimierungsprozesse bei Turboverdichtern sind aufgrund der extremen Umfangsgeschwindigkeiten des Turbolaufrades in hohem Maße festigkeitsgetrieben. Die primären Zielgrößen sind zum einen die strömungsmechanische Effizienz und zum anderen die strukturmechanische Integrität des Laufrades. Dabei greift die Strukturmechanik in den Optimierungsprozess derart ein, dass sie anhand der Grenzen der Bauteilfestigkeit den Variationsspielraum der geometrischen Input-Parameter stark limitiert. Deshalb müssen

„Energieeffizienz lohnt sich: Denn die sauberste und günstigste Energie ist die, die wir gar nicht erst verbrauchen!"

Struktur- und Strömungsmechanik in jedem Schritt der Optimierung untersucht und bewertet werden. Bild 3 zeigt exemplarisch sowohl das Strömungsfeld in Form von Stromlinien im Laufradkanal als auch die strukturmechanische Belastung durch die Kolorierung der Laufradgeometrie. Optimierungsfragestellungen mit mehreren Zielgrößen führen oft zu einer sogenannten Pareto-Front. Im Fall gegenläufiger Zielgrößen ist es nicht möglich, ein eindeutiges Optimum zu finden. Stattdessen existiert eine Fülle von Kompromisslösungen, wobei entweder der Fokus auf einen hohen Wirkungsgrad oder aber auf niedrige Spannungen gelegt werden kann.

Zwei Optimierungsszenarien für den Wirkungsgrad

Wie schon erwähnt, besteht die Möglichkeit, basierend auf dem zuvor erstellten Metamodell, innerhalb kürzester Zeit eine für den jeweiligen Einsatzfall optimierte Geometrie zu entwickeln. Nachfolgend werden exemplarisch zwei Optimierungsszenarien vorgestellt.

Verbesserung des Wirkungsgrades im Betriebspunkt und Erweiterung des Teillastbereichs: Ziel dieses Optimierungsszenarios ist es zum einen, den Wirkungsgrad im Betriebspunkt zu erhöhen und zum anderen, den Teillastbereich des Verdichters – also den Betriebsbereich hin zu kleineren Massenströmen – zu vergrößern. Dabei muss stets die Randbedingung erfüllt werden, dass im Betriebspunkt ($\dot{m}_{norm} = \dot{m}_{Ziel}$) das geforderte Druckverhältnis ($\pi_{norm} = \pi_{Ziel}$) erreicht wird. In Bild 4 ist leicht erkennbar, dass sowohl das Ziel der Wirkungsgraderhöhung als auch die Verbreiterung der Kennlinie in Richtung des Teillastbereichs erfüllt worden sind und dabei der geforderte Betriebspunkt eingehalten werden kann.

Verbesserung des Wirkungsgrades im Betriebspunkt und Erweiterung des Arbeitsbereichs hin zu größeren Massenströmen: Analog zum vorherigen Beispiel soll nun der Arbeitsbereich hin zu größeren Massenströmen erweitert werden. Gleichzeitig soll der Wirkungsgrad unter Einhaltung des Betriebspunkts verbessert werden. Bild 5 zeigt, dass auch diese Vorgaben mit dem Einsatz des Metamodells erfüllt worden sind.

In beiden Fällen ist zusätzlich zur strömungsmechanischen Optimierung durch die Integration der strukturmechanischen Randbedingungen in den Optimierungsprozess sichergestellt, dass das Design die Vorgaben in Hinsicht auf die Strukturmechanik einhält. Somit besteht keine Gefahr eines Maschinenschadens.

Fachhochschule Dortmund
University of Applied Sciences and Arts

InfoHochschule
Fachhochschule Dortmund
FB Maschinenbau
Forschungsschwerpunkt „Computersimulation im Maschinenbau"
www.fh-dortmund.de/cpsim

InfoAutoren
Prof. Dr.-Ing. Marius Geller
geller@fh-dortmund.de
Dipl.-Ing. Norbert Kluck
kluck@fh-dortmund.de

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Steffen Peters
Tel. +49 (0) 711-99 07 45-31
speters@cadfem.de

Erhöhung des Wirkungsgrads mit Mulitphysik-Simulation

Produktsimulation optimiert Pumpen

Bild 1: Das Gehäuse der Pumpe ist aus Kunststoff, der sich wesentlich stärker ausdehnt als Metall.

Höher, schneller, weiter. Für Elektrogeräte heißt die Devise: Sie müssen immer effizienter werden. Das sieht die europäische Richtlinie „Energy Efficient Products" für einzelne Produktkategorien wie Pumpen, Elektromotoren und Haushaltsgeräte vor, die bezüglich des Wirkungsgrads und anderer Leistungsdaten verbindliche Vorgaben enthält. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, nutzen viele Firmen Simulationssoftware, mit der sie die Optimierung ihrer Produkte vorantreiben.

In den Richtlinien heißt es sinngemäß, dass mehr als 80 Prozent aller produktbezogenen Umweltauswirkungen während der Designphase eines Produkts festgelegt werden. Diese Aussage wird durch eine Umfrage der Aberdeen Group unterstützt, in der Engineering-Manager von etwa 600 Firmen gefragt wurden, wie sie den Herausforderungen bezüglich verkürzter Produktentwicklungszyklen, gestiegenen Qualitätsanforderungen und der Nachfrage nach immer „smarteren" Produkten begegnen. Die Antworten ergaben, dass mehr als die Hälfte der wirtschaftlich am erfolgreichsten Firmen Methoden verwenden oder entwickeln, bei denen in einer möglichst frühen Produktphase möglichst viele Informationen über das entstehende Produkt vorliegen.

Durchgängige Virtualisierung, nicht nur Bauteil-Simulation

Eine der besten Technologien, um Produkte in einer frühen Designphase bezüglich ihrer Leistungsdaten zu prüfen und gezielt zu verbessern, ist die „Produktsimulation". Sie steht für die durchgängige Virtualisierung kompletter Produkte, im Gegensatz zur Simulation von einzelnen Komponenten, wie sie heute schon häufig eingesetzt wird. Da in einem Produkt aber so gut wie nie nur eine Physik vorkommt, ist Produktsimulation gleichbedeutend mit Multiphysik-Simulation.

Hier muss aber derzeit noch eine Einschränkung gemacht werden: Eine vollständige Produktsimulation mit dreidimensionalen Feldmethoden ist heute nur für wenige Anwendungen möglich. Deshalb impliziert Produktsimulation auch eine „Multiskalensimulation", das heißt die Kopplung von Systemsimulation (null- oder eindimensional) mit Feldsimulation, wobei Algorithmen zur Model-Order Reduction als Bindeglied dienen. Zum Beispiel muss bei der Entwicklung von energieeffizienten Pumpen das Optimum aus Festigkeit, Schwingungsverhalten, hydraulischem Wirkungsgrad, Antrieb und An-

Bilder: Munsch Chemie-Pumpen

triebssteuerung gefunden werden. Dies lässt sich prinzipiell am besten durch eine gekoppelte Simulation erreichen. Traditionelle sequentielle Simulationsstrategien benötigen wesentlich mehr Iterationen und sind weniger effizient.

Um beim Beispiel der Pumpenindustrie zu bleiben, hier einige Fakten: Der weltweite Umsatz für Pumpen lag im Jahr 2012 bei 42 Milliarden US-Dollar. Daran hatte die europäische Pumpenindustrie mit 27 Prozent einen hohen Anteil. Allein in Deutschland sind mehr als 400 Pumpenhersteller mit etwa 18.000 Mitarbeitern tätig. Insgesamt gibt es sogar mehr Kreiselpumpen als Menschen auf der Erde.

Hohes Optimierungspotential bei Pumpen

Im Jahr 2005 schlugen Wasserpumpen in der Europäischen Union mit einem Stromverbrauch von insgesamt 109 Terawattstunden (TWh) zu Buche, was einem Ausstoß von 50 Megatonnen Kohlendioxid entspricht. Bis 2020 wird dieser Verbrauch auf 136 TWh steigen. Die oben erwähnte EU-Richtlinie soll dafür sorgen, dass der Stromverbrauch in der Nutzungsphase erheblich gesenkt wird. Das Ziel ist eine Verbrauchsreduzierung um fünf Prozent bis zum Jahre 2020. Das entspricht ungefähr dem Jahresstromverbrauch von 83 Millionen Menschen. Pumpenhersteller müssen auf diese Herausforderung reagieren und ihre Pumpen optimieren beziehungsweise neue Produkte entwickeln.

Wie können Pumpen energieeffizienter werden? Traditionelle Auslegungsmethoden sind in mehrfacher Hinsicht „sequentiell“:

- Die Strömung durch Pumpenlaufräder wird als eine Sequenz von eindimensionalen Strömungen bei unterschiedlichen Radien approximiert. Sekundärströmungen und Verluste werden durch Korrelationen berücksichtigt, die sich aus Versuchen mit ähnlichen Pumpen ergaben.
- Hydraulik, Festigkeit beziehungsweise Lebensdauer, thermisches Verhalten und die Wechselwirkung mit dem Antrieb werden zuerst separat (sequentiell, ungekoppelt) optimiert, um dann aus einzelnen Optima ein globales Optimum zu suchen. Dies erfordert mehr Iterationen und Abstimmungsarbeit als eine gekoppelte Auslegung.
- Laufräder (Impeller), Gehäuse, Elektromotoren einschließlich deren Kühlung werden separat optimiert und dann zusammengefügt. Mehrere einzelne Optima ergeben aber nicht zwangsweise ein globales Optimum. Falls das Gesamtprodukt nicht wie gewünscht funktioniert, sind weitere Designiterationen notwendig.

Bild 2: Der Unterschied in der Auflösung zwischen einem statistischen (rechts) und einem skalenauflösenden Modell (unten) wird deutlich.

Moderne Methoden setzen dagegen bereits in einer sehr frühen Stufe nach der Bestimmung der globalen Abmessungen auf eine dreidimensionale Auslegung von Impeller und Gehäuse. Dabei werden alle wichtigen Strömungsphänomene wie Verluste durch geometrische Gegebenheiten sowie durch Reibung und Rezirkulation mit berücksichtigt. Nachdem ein gutes hydraulisches Verhalten erzielt wurde, wird – wiederum in einem sehr frühen Stadium – die Strömungsmechanik mit der Strukturmechanik verbunden, um schnell zu einem globalen Optimum zu gelangen. Denn es ist nicht sinnvoll, die Hydraulik ausführlich zu optimieren und anschließend aus Festigkeits- oder Lebensdauergründen wieder Abstriche machen zu müssen. Falls Kühlung, Wechselspiel mit dem Antrieb und dessen Regelung beziehungsweise andere Effekte wie Schallabstrahlung eine Rolle spielen, können diese auch bereits zu diesem Zeitpunkt in das virtuelle Modell übernommen werden.

Aber nicht nur der gezielte Einsatz von gekoppelten Simulationen macht Pumpen energieeffizienter. Auch die einzelnen Simulationsprogramme, die gekoppelt werden, werden ständig verbessert. Wenn beispielsweise Pumpen weitab von ihrem Auslegungspunkt betrieben werden, können großvolumige Rezirkulationsgebiete auftreten, die den Wirkungsgrad deutlich verschlechtern. Bei solchen Betriebsbedingungen spielt auch die unerwünschte Kavitation mit all ihren negativen Auswirkungen auf Lebensdauer und Leistung eine bedeutende Rolle.

Fortschritt bei moderner Simulationssoftware

Leider ist die Genauigkeit und Vorhersagekraft von CFD-Methoden in solchen Situationen noch eingeschränkt. Das liegt unter anderem an den empirischen Modellen, die zur Berücksichtigung des Einflusses von Turbulenz und Kavitation eingesetzt werden. Hier gab es aber in den letzten Jahren deutliche Fortschritte durch die Entwicklung sogenannter skalenauflösender, hybrider Turbulenzmodelle. Bei diesen Model-

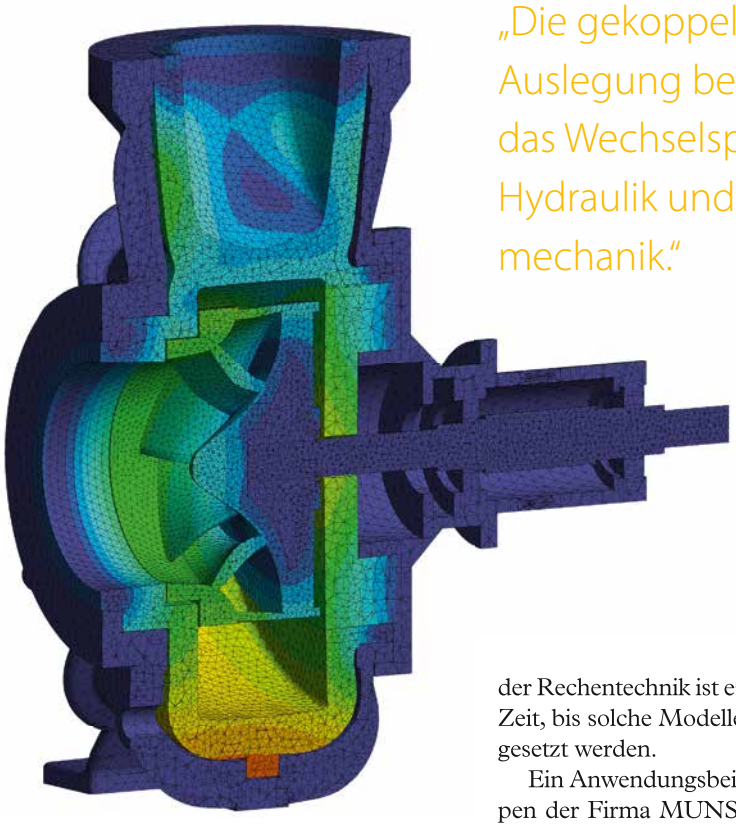


Bild 3: Die maximalen Ausdehnungen des Gehäuses lagen im Bereich von mehreren Millimetern.

len wird weniger modelliert und mehr dreidimensional und instationär „simuliert" – nämlich hauptsächlich in großen Rückströmgebieten, bei denen traditionelle Turbulenzmodelle Schwierigkeiten haben. Bild 2 zeigt den Unterschied in der Auflösung zwischen einem statistischen und einem skalenauflösenden Modell.

Der Einsatz von skalenauflösenden, hybriden Turbulenzmodellen wird künftig zuverlässige Strömungssimulationen über den gesamten Betriebsbereich zulassen. Ein äußerst positiver Nebeneffekt ist, dass auch die Vorhersage von Kavitation verbessert wird. Kavitation wird unter anderem durch lokale Unterdruckspitzen in kleinen Wirbeln ausgelöst, ähnlich dem Unterdruck im Zentrum eines Tornados. Dort sinkt der lokale Druck unter den Dampfdruck und das gepumpte Wasser „verdampft". Im Gegensatz zu traditionellen Turbulenzmodellen, wo dies nicht passiert, werden diese kleinen Wirbel mit ihren Unterdruckspitzen bei skalenauflösenden Modellen aufgelöst, was die Vorhersagekraft der Kavitationsberechnung deutlich fördert. Der Preis für diese Vorteile ist allerdings ein deutlich höherer Rechenaufwand. Bei den Fortschritten in der Rechentechnik ist es nur eine Frage der Zeit, bis solche Modelle routinemäßig eingesetzt werden.

„Die gekoppelte Auslegung berücksichtigt das Wechselspiel von Hydraulik und Strukturmechanik."

Ein Anwendungsbeispiel sind die Pumpen der Firma MUNSCH Chemie-Pumpen, die seit Jahren dreidimensional und gekoppelt optimiert werden (Bild 1). Bei Chemiepumpen ist das Gehäuse aus nichtkorrodierendem Kunststoff, der sich unter mechanischer beziehungsweise thermischer Belastung wesentlich stärker ausdehnt als Metall. In diesem Fall ist die Berücksichtigung des Wechselspiels von Hydraulik und Strukturmechanik, also eine gekoppelte Auslegung, geradezu ein Muss.

Am Rechner ausgelegt, in der Realität bewährt

Unter anderem wurden auch die weltweit größten Chemiepumpen aus Kunststoff durch Produktsimulation so ausgelegt, dass sie perfekt funktionieren. Durch die Betriebswärme dehnen sich Metall- und Kunststoffteile der Pumpe unterschiedlich aus. Bei den großen Abmessungen des in Bild 1 gezeigten Gehäuses lagen die maximalen Ausdehnungen im Bereich von mehreren Millimetern (Bild 3). Dies ist um Größenordnungen höher als bei rein metallischen Pumpen und hat daher auch deutlichere Auswirkungen. Wird die Ausdehnung exakt berechnet, kann sie effizient genutzt werden: So können sich zum Beispiel die Spalten zwischen Gehäuse und Impeller verringern, was dann zu geringeren Verlustströmungen, höheren Wirkungsgraden und ansteigenden Förderhöhen führt. Eine Auslegung ohne den Einfluss der Betriebstemperaturen auf die Strukturen zu berücksichtigen, würde zu ungenauen oder gar falschen Aussagen führen. Überdimensionierung des Antriebs und niedrigere Energieeffizienz könnten die Konsequenz sein.

Beispielsweise werden die so auslegten Pumpen seit dem Jahr 2014 in einer Kupfermine in Sambia eingesetzt und erfüllen die hohen Erwartungen: Der Ausstoß von Schwefeldioxid konnte bei einer Tagesproduktion von 1.000 Tonnen Schwefelsäure um mehr als 95 Prozent reduziert werden. Diese Pumpensonderentwicklung innerhalb von nur acht Monaten war nur durch den gekoppelten Einsatz von Fluid- und Struktursimulation möglich. Bei so kurzen Entwicklungszeiträumen besteht keine Möglichkeit, Experimente an Versuchspumpen auszuführen. Vertrauen in die Güte numerischer Daten ist dann zwingend erforderlich.

Die Regelung in die Optimierung integrieren

Für die Vorteile einer gekoppelten Auslegung von Pumpen lassen sich viele ähnliche Beispiele aufführen, unter anderem die BlueFlux-Pumpenbaureihen von Grundfos (siehe Seite 16). Dabei wurden zusätzlich die Elektromotoren und die Regelung in die ganzheitliche Optimierung einbezogen. So konnte der Energieverbrauch gesenkt und gleichzeitig die Lebensdauer sowie die Zuverlässigkeit der Pumpen erhöht werden.

Dieselben EU-Vorgaben, die hier am Beispiel der Pumpen berücksichtigt wurden, gelten auch für andere elektrische Geräte wie Staubsauger, Waschmaschinen, Geschirrspülmaschinen, Klimaanlagen und Kühlschränke. Der Einsatz von modernen und ganzheitlichen Simulationsmethoden kann auch hier zu Verbesserungen und Energieeinsparungen führen.

InfoAutoren
Dr.-Ing. Georg Scheuerer
ISimQ GmbH
www.isimq.com

Dr.-Ing. Gunther Treutz
MUNSCH Chemie-Pumpen GmbH
www.munsch.de

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Steffen Peters
Tel. +49 (0) 711-99 07 45-31
speters@cadfem.de

Simulation erhöht Qualität und Lebensdauer

Mehr Sicherheit und Komfort

Die global agierende AL-KO Fahrzeugtechnik gilt als ausgewiesener Chassis-Profi für Reisemobile, Caravans und leichte Nutzfahrzeuge. Innovative Leichtbautechnik, hoher Fahrkomfort und umfassende Sicherheit zeichnen die zuverlässigen Fahrwerkskonzepte von AL-KO aus.

FEM-Simulation und Versuchsabteilung sind neben der Konstruktion aktive Bestandteile des Produktentstehungsprozesses bei AL-KO, und zwar von der ersten Produktidee bis hin zur Serie. Die so erreichte Qualität hat führende Aufbauhersteller schon vor Jahren überzeugt, auf die herausragende Technik von AL-KO zu setzen und ihre Fahrzeuge serienmäßig mit deren Fahrwerkskomponenten auszustatten.

Erste Schritte in der FEM-Simulation wurden vor rund zwölf Jahren gegangen, indem auf die im CAD-System integrierten Berechnungsfunktionen zurückgegriffen wurde. „Wir sind dabei bald an die Grenzen gestoßen, da uns die Funktionalität nicht ausreichte, beispielsweise für dünne Bauteile und bei Nichtlinearitäten“, berichtet Dipl.-Ing. Wolfgang Hildensperger, Senior Referent für FEM und Betriebsfestigkeit bei AL-KO. Im Jahr 2009 erfolgte deshalb die Einführung der Simulationssoftware ANSYS Workbench, die über eine direkte Schnittstelle zum CAD-System verfügt, mit dem die etwa 60 Konstrukteure bei AL-KO in der Fahrzeugtechnik arbeiten (Bild 1). Diese können auf die Netzwerklizenzen von ANSYS DesignSpace zugreifen, einer Software für die konstruktionsbegleitende Simulation. „Konstrukteure, die berechnen wollen, erhalten von mir einen mehrstündigen Einführungskurs und auch eine projektbegleitende Schulung“, erläutert Wolfgang Hildensperger. „Außerdem unterstütze ich sie auch bei der Ergebnisbewertung und wenn neue Aufgabenstellungen mit besonderen Herausforderungen zu meistern sind, falls dies erforderlich ist.“

Lebensdauer virtuell und physikalisch analysieren

Als ein Anwendungsbeispiel nennt er das neu entwickelte Konzept einer Torsionslenker-Achse für 13-Zoll-Reifen, die in selbstfahrenden Fahrzeugen unter anderem bei Kofferaufbauten für Verkaufsfahrzeuge oder bei Pritschenfahrzeugen eingesetzt wird (Bild 3). Die dafür notwendige Lebensdaueranalyse, die als Standardprozedur in die Produktentwicklung integriert wurde, besteht aus einer Kombination von virtuellen und physikalischen Entwicklungs- und Testprozessen.

Nach der Grundauslegung baute das Team ein Funktionsmuster der Achse, mit dem versuchsseitig das Lastkollektiv unter anderem bei Straßen- und Teststreckenfahrten mit großen Schlaglöchern und extremen Kurven gemessen werden konnte. Mit der nCode-Software von HBM wurden Messergebnisse für Lastkollektivzusammenstellungen ausgewertet, sodass Ersatzlastfälle bestimmt werden konnten. Auf dieser Grundlage ließen sich mit einfachen Kraftkonstellationen die kritischen Stellen lokalisieren, um daraus wiederum Prüfstandtests abzuleiten.

„Da die Betriebsfestigkeitsanalyse für uns einen zusätzlichen Aufwand bedeutet, müssen wir sie möglichst effizient gestalten. Deswegen verwenden wir Ersatzlastfälle, um mittels FEM-Analyse virtuelle Prüfstandtests abzuleiten. Diese virtuellen Prüfstandtests werden dann in reale Prüfstandtests umgesetzt und geben Rückmeldung darüber, ob die berechnete Lebensdauer und die Lastwechsel mit den Versuchsergebnissen und den Fahrtests korrelieren“, erläutert Wolfgang Hildensperger den Prozess.

Übereinstimmung von FEM, Prüfstand und Fahrtest

Die Ergebnisse zeigten, dass in der Berechnung, am Prüfstand und im Fahrtest qualitativ dieselben Versagensstellen auftraten. Nach der Korrelation konnten die Ingenieure dann allein mit der FEM-Simulation darüber Aussagen treffen, an welcher Stelle die Spannung und die Belastungen reduziert werden mussten, um die gewünschte Lebensdauer in der Praxis zu erreichen. Da die Herstellung der für die Blechumformung benötigten Werkzeuge äußerst aufwe-ndig ist, sind die Kosten und auch der Zeitaufwand in der Konzeptphase zu hoch, um jede Konstruktionsvariante zu fertigen und real zu testen. Daher ist zu Beginn die Simulation zur Bewertung der Konzepte am sinnvollsten. Erst später im Funktionsmusterbau sind reale Prototypen notwendig.

Mit den Simulationen konnten nicht nur vorhandene Schwachstellen frühzeitig erkannt und eliminiert werden. Zusätzlich wurde die Achskonstruktion so optimiert, dass die Lebensdauer und Haltbarkeit bei

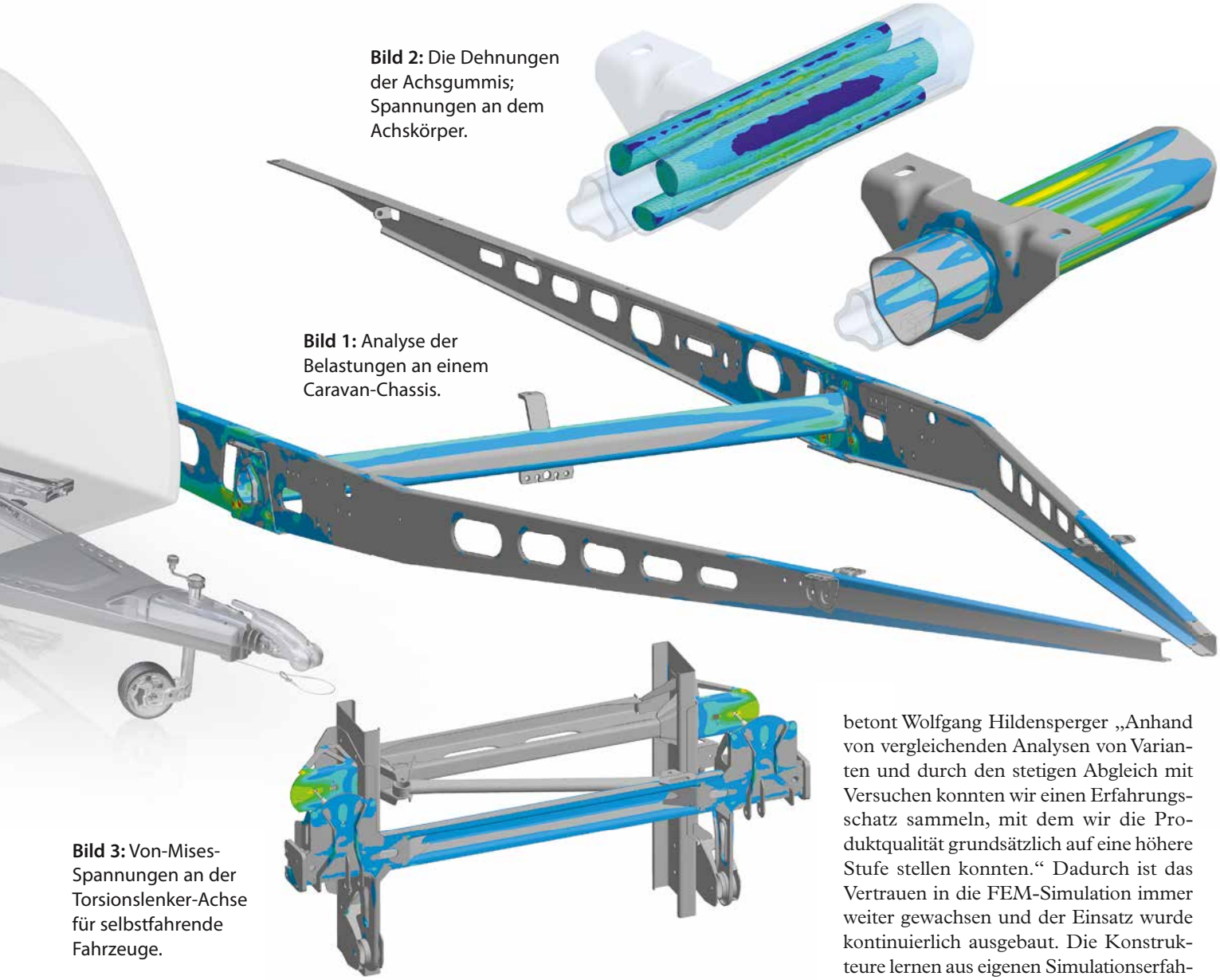


Bild 2: Die Dehnungen der Achsgummis; Spannungen an dem Achskörper.

Bild 1: Analyse der Belastungen an einem Caravan-Chassis.

Bild 3: Von-Mises-Spannungen an der Torsionslenker-Achse für selbstfahrende Fahrzeuge.

gleichem Material- und Kosteneinsatz um das Fünffache verbessert sowie die Anzahl der notwendigen Prototypen signifikant reduziert wurde.

Kundenspezifische Schulung für Gummiberechnungen

Als weiteres interessantes Anwendungsbeispiel nennt Wolfgang Hildensperger die Achse für einen Anhänger, bei dem integrierte Gummirundschnüre zwischen Innen- und Außenrohr sowohl die Radführung als auch Federungs- und Dämpfungsfunktionen übernehmen (Bild 2). Zur Berechnung der Belastungen des Achsaußenrohrs durch den Gummi müssen mit einem entsprechenden Gummi-Materialmodell das unregelmäßige nichtlineare Verhalten sowie nichtlineare Kontakte zwischen den Bauteilen berücksichtigt werden. „Dies lässt sich mit einfachen Berechnungen nicht abbilden, sodass wir CADFEM mit einer kundenspezifischen Schulung zur Einführung der Gummiberechnung beauftragten, um das Federsystem in der Anhängerachse optimieren zu können", berichtet Wolfgang Hildensperger.

Zusätzlich fand eine Schulung zu Parameterstudien statt. Das dort erworbene Wissen diente dazu, herauszufinden, wie das System der Gummifederachse gestaltet werden muss, um Federkennlinien zu erhalten, die hohen Komfort ermöglichen und die weitreichenden Anforderungen von AL-KO an die Radführung erfüllen.

Mehr Wissen über die eigene Konstruktion

„Unsere Motivation bei der FEM-Einführung richtete sich einerseits auf das Aufspüren von Einsparpotential beim Material und Gewicht sowie den Kosten. Andererseits wollten wir unser Wissen über das Verhalten der Produkte ausbauen", betont Wolfgang Hildensperger „Anhand von vergleichenden Analysen von Varianten und durch den stetigen Abgleich mit Versuchen konnten wir einen Erfahrungsschatz sammeln, mit dem wir die Produktqualität grundsätzlich auf eine höhere Stufe stellen konnten." Dadurch ist das Vertrauen in die FEM-Simulation immer weiter gewachsen und der Einsatz wurde kontinuierlich ausgebaut. Die Konstrukteure lernen aus eigenen Simulationserfahrungen sehr viel über ihre Konstruktion und können diese ständig verbessern, sodass Sicherheit und Qualität steigen, dagegen Rückrufaktionen und unnötige Gewährleistungskosten vermieden werden.

Teile des Artikels basieren auf der Veröffentlichung: K. Wilhelm, W. Hildensperger, S. Vervoort und E. Gebhardt, „Zielgerichtete Simulation erhöht die Lebensdauer", konstruktionspraxis 6/2015, S. 34ff.

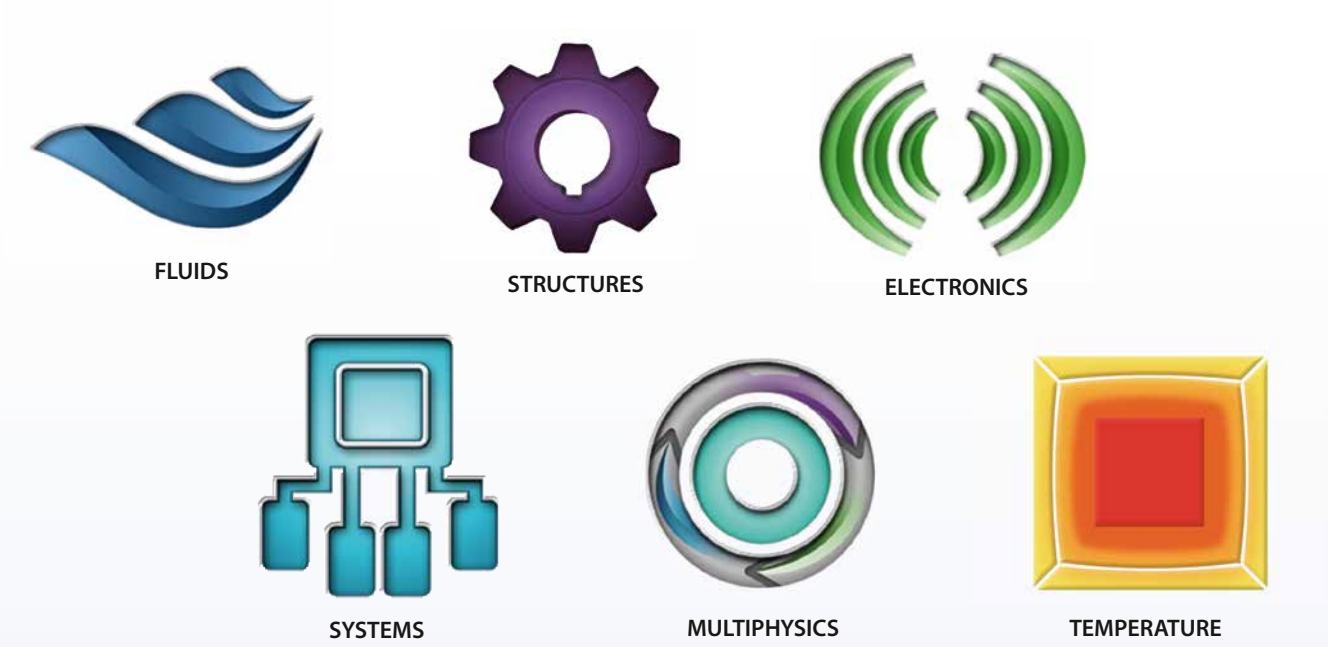
AL-KO
QUALITY FOR LIFE

InfoUnternehmen
AL-KO Fahrzeugtechnik, Alois Kober GmbH
www.al-ko.com/de/fahrzeugtechnik

InfoAnsprechpartner | AL-KO
Wolfgang Hildensperger
wolfgang.hildensperger@al-ko.de

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Thomas Nelson
Tel. +49 (0) 8092-70 05-47
tnelson@cadfem.de

Bilder: AL-KO Fahrzeugtechnik



Für anspruchsvolle Physik und effiziente Arbeitsprozesse

ANSYS als Integrationsplattform

ANSYS steht für eine integrierte, industriebewährte Lösung zur Simulation physikalischer Eigenschaften von Produkten und Prozessen. Die Integration umfasst dabei nicht nur die gesamte Bandbreite der Physik sondern auch den vollständigen Arbeitsprozess von der Geometrie bis zum prüffähigen Ergebnis für die verschiedensten Detailgrade, von der einzelnen Komponente bis zum kompletten System. Diese Plattform für alle Arbeitsschritte und alle Physikdomänen heißt ANSYS Workbench.

Durch die hohe Flexibilität spannt sich der Einsatzbereich von ANSYS Workbench über die gesamte Breite industrieller Anwendungen: Maschinen- und Anlagenbau, Energietechnik, Automobil-, Schiff- und Schienenfahrzeugbau, Luft- und Raumfahrt, Bauwesen, Konsumgüter, Elektronik und Medizintechnik. Neben den Eigenschaften von in der Entwicklung befindlichen Produkten werden zunehmend auch Produktionsprozesse simuliert, um die sich daraus ergebenden Bauteileigenschaften und Fertigungsparameter zu optimieren. Mit der Vernetzung von Produkten im Internet der Dinge (IoT – Internet of things) rückt zukünftig auch das Verhalten im Betrieb stärker in den Vordergrund, z. B. für eine zustandsorientierte Wartung, sodass Simulation mehr und mehr den gesamten Lebenszyklus abdeckt. Diese große Bandbreite an Anwendungen deckt ANSYS durch ein modulares Produktportfolio ab.

Mechanik

Mechanical Pro, Mechanical Premium und Mechanical Enterprise werden von konstruktionsbegleitenden bis zu High-End Berechnungen eingesetzt. Neben der Festigkeit inkl. Ermüdung und Bruchmechanik werden Schwingungen untersucht, Bewegungen optimiert oder Versagensfälle analysiert. Das komplette Lösungsspektrum – wie implizite und explizite Solver, Starrkörpersimulation, Substruktur- und Submodelltechnik und Solvertechnologie für parallele Berechnung auf CPUs und GPUs – gewährleistet kurze Rechenzeiten und eine hohe Ergebnisqualität. Der in Mechanical Enterprise integrierte Systemsimulator Simplorer Entry ermöglicht das Ableiten und Verifizieren von Verhaltensmodellen für Systemingenieure oder auch

den Aufbau und die Parametrisierung einfacher Subsysteme inkl. Regler.

Strömung

Für strömungsmechanische Fragestellungen wird die Technologie von CFX und Fluent in ANSYS CFD eingesetzt, um Volumenströme zu kontrollieren, Druckverluste und Strömungsgeschwindigkeiten zu optimieren oder den Wärmeübergang zu verbessern. Eine hohe Realitätstreue wird erreicht, indem wichtige Effekte wie das Sieden, Kavitation, Tröpfchenbildung, Kondensation, Durch- und Entmischung sowie chemische Reaktionen mit leistungsfähigen, validierten Simulationsmodellen abgebildet werden.

Elektromagnetik

Elektrotechnische Anwendungen wie Energieerzeugung, -übertragung und -wandlung werden mit ANSYS Maxwell und ANSYS Simplorer untersucht. Dabei stehen oft die Steigerung der Leistung, die Minimierung des Bauraums, die Verbesserung des Wirkungsgrades, ein verringerter Materialeinsatz oder die effiziente Charakterisierung elektromechanischer Produkte im Mittelpunkt. Die zunehmende Verbreitung elektronischer Produktkomponenten erfordert die Absicherung der Leistungsintegrität, eine gute Signalintegrität, um hohe Übertragungsgeschwindigkeiten und Störfestigkeit zu gewährleisten, sowie die Optimierung der Kühlung für eine lange Lebensdauer und hohe Energieeffizienz. ANSYS HFSS, ANSYS SIWave, ANSYS Q3D und ANSYS Icepak sind Applikationen, die für die Feldsimulation und Charakterisierung elektronischer Komponenten entwickelt wurden und einen auf die Elektronikentwicklung abgestimmten Arbeitsprozess beinhalten. Neben leitungsgebundenen Effekten sind das Abstrahlen und Einstrahlen elektromagnetischer Felder (EMV – elektromagnetische Verträglichkeit) weitere Anwendungsbeispiele. Die Simulation von Antennen, ihrer Platzierung und Ansteuerung wird durch die wichtiger werdende drahtlose Verbindung von Produkten auch für viele Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus immer bedeutsamer.

Multiphysik und Systeme

Der Trend zu steigendem Wettbewerbsdruck, komplexeren Produkten und stärkerer Vernetzung bedeutet für Entwicklungsingenieure, dass sie mehr Realitätstreue in die Simulation einbringen müssen, um die Grenzen genauer auszuloten. Deshalb wird die früher stark separierte Betrachtung einzelner physikalischer Domänen unabhängig voneinander durch kombinierte oder gekoppelte Analysen ersetzt. Dafür steht mit ANSYS AIM ein intuitiv handhabbares Werkzeug zur Verfügung, das auch von Konstrukteuren nutzbar ist, um struktur- und strömungsmechanische, elektrische, thermische und magnetische Fragestellungen in einer Umgebung auf identische Weise zu beantworten.

Simulationsexperten setzen auf die Offenheit und Flexibilität der ANSYS Multiphysics Bundles, die durch eine Kombination von ANSYS Mechanical, ANSYS Maxwell und ANSYS CFD ausgefeilte Simulationsmodelle und -workflows mit maximaler Funktionstiefe und Eingriffsmöglichkeiten bieten. Um die Eigenschaften von Komponenten, die mit viel Know-how und Engagement simuliert und optimiert wurden, auch für das dynamische Zusammenspiel mit anderen Systemkomponenten abzustimmen, bietet ANSYS Simplorer durch die Integration in ANSYS Workbench einen einfachen Übergang von der Komponenten- auf die Systemebene: Statt auf Systemebene stark abstrahierte, schwer zu parametrisierende und stark idealisierende konzentrierte Elemente in Form von Federn, Massen, Widerständen, Induktivitäten oder Kapazitäten abzubilden, kann die 2D/3D-Feldanalyse von Komponenten in Form einer Cosimulation oder eines automatisch ableitbaren Verhaltensmodells genutzt werden.

Diese Wiederverwendung von Modellen und Wissen aus der Komponentensimulation erhöht also die Aussagekraft der Systembetrachtung und beschleunigt die Systemabstimmung. Offene Standards wie VHDL-AMS, Modelica und FMU/FMI ermöglichen es, auf Modelle aus Standard-Bibliotheken oder Projektpartnern zuzugreifen, wodurch auch zugekaufte Komponenten adäquat abgebildet werden ohne dabei das geistige Eigentum offenzulegen.

Ingenieurgerechte Arbeitsprozesse

In dieser gesamten Bandbreite von Anwendungen – den verschiedenen Physikdomänen und den verschiedenen Detailgraden – profitieren die Nutzer von ANSYS von durchgehenden Arbeitsprozessen und einer einheitlichen Parametrik. Die automatische Variation von Analysen mit ANSYS DesignXplorer oder ANSYS optiSLang ermöglicht es, den ganzen Designraum auszuleuchten, wichtige von unwichtigen Einflussgrößen zu trennen und das Design systematisch optimal zu gestalten.

Die einzelnen Arbeitsschritte der Simulation sind so implementiert, dass der Anwender alle Werkzeuge zur Verfügung hat, die er für einen anspruchsvollen Ingenieuralltag benötigt. Sei es der Import von mechanischen CAD- oder Layout-Systemen, sei es das Ableiten von Materialmodellen aus Messdaten, seien es ingenieurgerechte Modelldefinitionen zum Beispiel für Schrauben in der Mechanik, für Lüfter in einer Thermoanalyse oder für die Schaltung einer mechatronischen Komponente: In allen Arbeitsprozessen stehen Automatismen zur Verfügung, die den Anwender entlasten ohne ihn zu bevormunden. Routineaufgaben können so per Software automatisiert werden, damit der Mensch sich auf die wesentliche Aufgabe konzentrieren kann: Kreativität für eine wettbewerbsfähige Produktentwicklung.

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

Werkzeuge für spezielle Anwendungsfälle

Komplementäre CAE-Software zu ANSYS

Als universelle Simulationslösung bietet ANSYS vielfältige Funktionen für ein breites Anwendungsspektrum. Dieses reicht von den Bereichen der Mechanik und Temperatur über die Strömung und Elektromagnetik bis hin zu Elektronik, Regelung und Embedded Software. Ergänzend dazu erhalten Sie von CADFEM zusätzliche Softwarewerkzeuge für spezielle Anwendungsfälle.

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**

Jetzt als **ANSYS Produkt** verfügbar!

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**

FKM inside ANSYS: Festigkeitsnachweis nach FKM-Richtlinie

Die FKM-Richtlinie ist ein vom Forschungskuratorium Maschinenbau (FKM) entwickelter Standard für Anwendungsfälle im Maschinenbau und anderen Branchen. Mit FKM inside ANSYS wird der örtliche Festigkeitsnachweis von diesem Berechnungsalgorithmus innerhalb ANSYS Workbench unterstützt. Zusätzlich steht die WIAM Materialdatenbank zur Generierung von Materialkarten zur Verfügung.

ANSYS optiSLang: Verstehen Sie Ihr Design!

ANSYS optiSLang (früher: optiSLang inside ANSYS) 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.

Bolt Assessment inside ANSYS: Schraubenbewertung nach VDI 2230

Mit der automatisierten Schraubenbewertung nach VDI 2230 wird auch eine große Anzahl Schrauben, z. B. in komplexen Baugruppen, qualitativ und effizient bewertet. Dabei werden dem Benutzer Normwerte für die Definition der jeweiligen Schraubenverbindung vorgeschlagen. Mit der grafischen Ergebnisdarstellung lassen sich kritische Schraubenverbindungen schnell erkennen.

MoldSim inside ANSYS: Zwei Welten, ein Ziel

Bei Bauteilen aus kurzfaserverstärkten Kunststoffen spielen zwei Simulationsarten eine zentrale Rolle: die Spritzgießsimulation für den Herstellungsprozess und die Festigkeitsberechnung für das strukturmechanische Verhalten. MoldSim inside ANSYS ermöglicht die Übernahme von Informationen aus der Spritzgießsimulation in die strukturmechanische Berechnung mit ANSYS Workbench.

Model Reduction inside ANSYS: So groß wie nötig

Für die Systemsimulation 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 anhand eines zulässigen Näherungsfehlers vorgegeben. Das reduzierte Matrizensystem kann in ANSYS Simplorer oder MATLAB/Simulink eingelesen werden.

C.A.V.E. inside ANSYS: Kleine Dateien – große Vorteile

C.A.V.E. steht für „Collaboration and Visualization Engine“ und dient zur Kompression und Visualisierung von Simulationsdateien. Auf Basis der VCollab-Kompressionstechnologie können riesige ANSYS Ergebnisdateien auf weniger als 1 % ihrer Originalgröße verkleinert und so viel leichter ausgetauscht, präsentiert oder archiviert werden, ohne dass die Genauigkeit leidet.

Komplettes Angebot: Simulation as a Service

eCADFEM bietet Software, Hardware und Engineering on Demand

Vor mehr als zehn Jahren wurde eCADFEM (www.ecadfem.com) von CADFEM im deutschsprachigen Simulationsmarkt als flexibles Softwareangebot eingeführt, ist seitdem bei mehr als 1.000 Kunden erfolgreich etabliert und erfreut sich zunehmender Beliebtheit. Heute umfasst eCADFEM als „Simulation as a Service"-Angebot drei Bereiche: Software on Demand, Hardware on Demand und Engineering on Demand.

Mit dem Angebot „Software on Demand" von eCADFEM wird mehr als eine schlichte Mietsoftware geliefert. Denn vorab sind keine fest vereinbarter Nutzungszeiten erforderlich, ebenso wenig eine fix definierte Anzahl gleichzeitiger Nutzer oder statisch vorgegebene Lizenzinhalte. Stattdessen stehen ANSYS (Strukturmechanik, Strömungsmechanik, Elektromagnetik), optiSLang (Sensitivität, Optimierung, Robustheitsbewertung) und auch ROCKY DEM (Partikelsimulation) an den aktuellen Bedarf anpassbar zur Verfügung. Da nicht mehr für alle Extremsituationen die erforderliche Software vorgehalten werden muss und trotzdem keine Engpässe mehr auftreten können, erhöht dies die Produktivität des Kunden und führt zu einer kostengerechten Bezahlung. Der Anwender ist während der gesamten Programmnutzung online mit dem Lizenzserver von CADFEM verbunden und hat die vollständige Kontrolle über die jeweilige Lizenznutzung. Anders als bei vielen anderen SaaS-Lösungen liegen die proprietären, schutzwürdigen Kundendaten direkt beim Kunden selbst.

Software on Demand

Mit dem Erscheinen von ANSYS 17 wurde das Softwareangebot auf eCADFEM neu aufbereitet. Den Kunden stehen jetzt noch umfangreichere Simulationswerkzeuge in aktuellster Form zur Verfügung, und zwar für Struktur- und Strömungsmechanik, Elektromagnetik und Systemsimulation, Geometrieaufbereitung und Vernetzung sowie ANSYS HPC und Optimierung.
www.ecadfem.com/software

Hardware on Demand

Sie wünschen noch mehr flexibel skalierbaren Service? Für alle Kunden, die zur Simulationssoftware auch die passende Hardwareumgebung möchten – komplett konfiguriert und mit CADFEM Qualität betrieben – steht als „Hardware on Demand" die „CADFEM Engineering Simulation Cloud" zur Verfügung (siehe Seite 45). Diese wurde jetzt um Kapazitäten der hochverfügbaren Amazon Cloud erweitert. CADFEM selbst nutzt sie innerhalb seines Seminarangebots.
www.ecadfem.com/hardware

Engineering on Demand

Im Bereich „Engineering on Demand" steht mit „CADFEM CAE-Token" ein attraktives Angebot bereit. Mit dem Erwerben von einem Kontingent an „CADFEM CAE-Token" können Kunden, die regelmäßig Seminare, Individualtrainings oder Engineering-Dienstleistungen (Simulation im Auftrag) von CADFEM nutzen möchten – aber im Voraus oft nicht wissen, wann sie was genau benötigen – die gewünschten Leistungen innerhalb eines Jahres flexibel abrufen. Dadurch steht wertvolles CAE-Know-how schnell und unkompliziert auf Abruf zur Verfügung, egal ob Schulung oder Simulation im Auftrag. Die Schulungen können sowohl beim Kunden vor Ort als auch in den den CADFEM Geschäftsstellen stattfinden. Optimale Expertenunterstützung und volle Konzentration fernab vom Tagesgeschäft sind dabei garantiert.
www.ecadfem.com/engineering

InfoAnsprechpartner
Nicole Töpfer
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-34
ecadfem@cadfem.de

Für jede Anforderung das richtige Angebot

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.

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

Anwendungsszenarien für industrielle Partikelsimulationen

ROCKY optimiert den Materialfluss

Mit der Diskrete-Elemente-Methode (DEM) lassen sich die Partikeldynamik sowie der granulare Materialfluss simulieren. Beispielsweise kann der Massentransport in Förderanlagen untersucht werden, um Geschwindigkeit, Durchsatz und Bruch des Materials zu optimieren. Ebenso lässt sich der Verschleiß der Anlage minimieren, um einen robusten Betrieb sicherzustellen.

Für eine realistische Simulation der auftretenden Phänomene ist eine adäquate Abbildung der Kontaktkräfte, der Adhäsion und der Kohäsion zwischen den Partikeln und den Anlagenkomponenten erforderlich. Ursprünglich entworfen für die Anwendung im Bergbau, ist die DEM heute zu einem wertvollen Werkzeug auch für andere Branchen geworden, unter anderem für die Landwirtschaft, die Pharmaindustrie und die Nahrungsmittelverarbeitung.

Die Software ROCKY DEM bildet die newtonsche Dynamik auf Partikelebene ab und zeichnet sich zum Beispiel durch die Modellierung der Partikel nicht nur mit sphärischen, sondern auch mit realitätsnahen Partikelformen aus. Diese werden entweder über eine Partikelbibliothek oder entsprechende CAD-Daten geladen. Darüber hinaus lässt sich der Partikelbruch nach konfigurierbaren Kriterien prognostizieren und seine Auswirkung auf Materialfluss und Anlage bewerten.

Die Verknüpfung von Partikelsimulation und Strömungsanalyse mit ANSYS Fluent unterstützt die Analyse der Interaktion von Partikeln mit Fluiden sowie den zugehörigen Strömungsgeschwindigkeiten und Drücken. So werden auch flüssige oder gasförmige Trägermedien in der Verfahrenstechnik berücksichtigt. In Kombination mit ANSYS Mechanical erfolgt eine belastungsgerechte Anlagendimensionierung ohne kostentreibenden, überflüssigen Materialeinsatz.

Bergbau und Materialverarbeitung

In diesen Anwendungsbereichen ist eine effiziente und robuste Ausrüstung für die Partikelzerkleinerung und -separierung erforderlich, damit beispielsweise große Erzbrocken ausgefiltert werden (Bild 1). Mit ROCKY lassen sich solche Trennprozesse simulieren, um die Separierung zu optimieren und gleichzeitig den Verschleiß zu minimieren. So können der Durchsatz gesteigert und gleichzeitig die Wartungsintervalle verlängert werden.

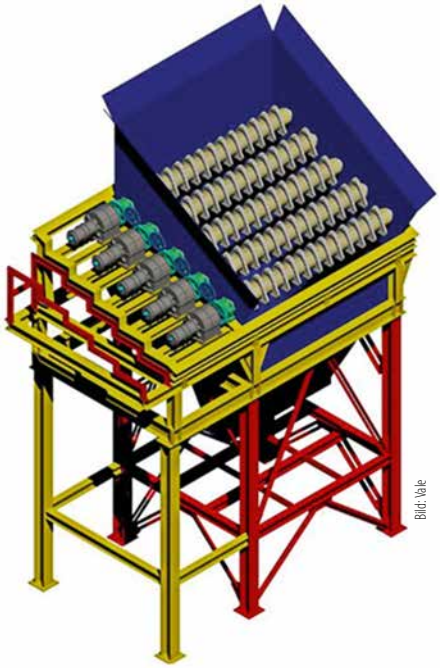


Bild 1: Verbesserte Siebtechnik erhöht in einer Vale-Mine den Durchsatz um 11,4 Prozent.

Ebenso lassen sich mit DEM-Simulationen das Blockieren oder Überlaufen von Transportbändern und -schächten sowie das Entstehen von Staub und Lärm verhindern. Darüber hinaus bietet ROCKY Unterstützung bei der Materialführung und Festlegung von Kurvenradien sowie der Oberflächenbeschaffenheit, mit dem Ziel, die Belastung der Anlagenkomponente und damit auch Verschleiß und Verschmutzung zu reduzieren. Dieses minimiert den Bedarf an zusätzlichen Maßnahmen zur Staubkontrolle.

Pharmaindustrie

Die DEM-Software dient in dieser Branche unter anderem zur Optimierung der Medikamentenproduktion und Reduzierung des Materialverbrauchs. Beispiele dafür sind Mischprozesse und die chemische Behandlung von Partikeln, aber auch die Verminderung von Agglomeration und Materialbruch. Simulationen geben beispielsweise einen Einblick in den Ablauf der Tablettenbeschichtung (Bild 2). Das Abstimmen der Einflussfaktoren – wie die Verweilzeit, das Geschwindigkeitsprofil der Tabletten, die Tablettenform, das Füllvolumen der Anlage und die Drehzahl der Trommel – führt zu erhöhter Produktqualität bezüglich der Homogenität der Beschichtung und senkt gleichzeitig die Prozesskosten. Auch bei Mischprozessen von Partikeln sind hohe Anforderungen zu erfüllen. Die Numerische Simulation verdeutlicht den Einfluss von Prozessparametern auf die Gleichmäßigkeit der Durchmischung von Partikeln in möglichst kurzer Zeit, die auch von der Partikelform, -größe und -dichte sowie der Massenträgheit beeinflusst wird.

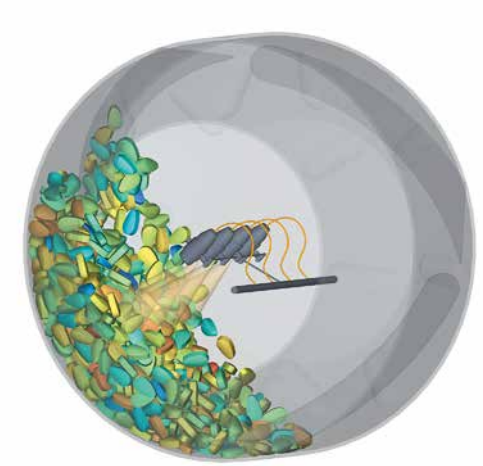


Bild 2: Optimieren der Homogenität von Beschichtungen durch das Mischen von Tabletten.

Nahrungsmittelverarbeitung

Auch hier sind homogene Mischungsverhältnisse eine grundlegende Anforderung. Ebenso sind Mahlen, Agglomeration und Fliehkraftabscheidung bewährte Methoden in der Nahrungsmittelindustrie, die sich durch Partikelsimulation verbessern lassen. Das Verständnis von Kohäsion, Partikelinteraktion und mittlere Verweilzeit in einem Mischer sind wichtige Einflussgrößen, um Suppen, Frühstücks-Cerealien, Snacks oder Fruchtmischungen herzustellen (Bild 3). Simulationen tragen dazu bei, die gewünschte Homogenität zu erreichen und Durchlaufzeit und Produktionskosten zu reduzieren. Außerdem führt die Optimierung der Größenverteilung von Poren in Filtersieben anhand von Partikelsimulationen zu den erforderlichen feinen Pulvern und Granulaten für die Lebensmittelindustrie.

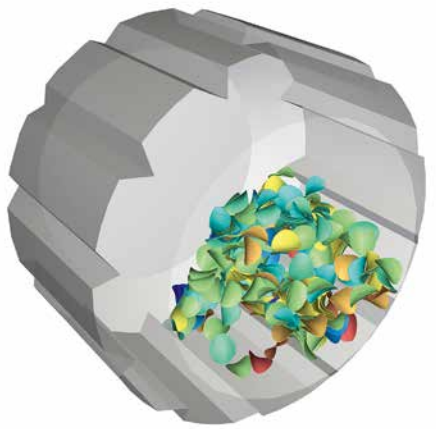


Bild 3: Die Simulation des Würzens von Kartoffelchips führte in einem Anwendungsfall bei PepsiCo zu Kosteneinsparungen von 50 Prozent.

Landwirtschaft

Das Säubern und Sieben von Material spielt eine wichtige Rolle im landwirtschaftlichen Produktionsprozess (Bild 4). Ein Anwendungsbeispiel für Partikelsimulation sind Sensitivitätsstudien, um die verschiedenen Bewegungsarten eines Schwingsiebes zu optimieren. Eine solche Studie basiert auf den möglichen Freiheitsgraden (Anzahl der Translationen und Rotationen) des Schwingsiebes. Ebenso lassen sich die Prozessparameter eines Maiskolbendreschers – wie Trommelgeschwindigkeit und Füllrate – mit Partikelsimulationen analysieren, um das Separieren der Maiskörner über die Trommellänge zu optimieren.

Bild 4: Geschwindigkeitsverteilung von Saatgut in einem Transportschacht.

Return On Investment (ROI)

Für alle Unternehmen, die Schüttgut verarbeiten oder Anlagen dafür liefern, können virtuelle Anlagentests einen wichtigen Beitrag zur Qualitäts- und Produktivitätssteigerung leisten. Statt zeit- und materialintensive Versuche erst während der Inbetriebnahme der Anlage durchzuführen, bietet die virtuelle Inbetriebnahme mit dem Simulationsmodell die Möglichkeit, frühzeitig Aussagen über Materialfluss, Verlust, Durchsatz und Verschleiß zu gewinnen. Die Laborzeiten können reduziert und der Übergang vom Labormaßstab zur Massenproduktion verkürzt werden, insbesondere dann, wenn Einflussgrößen anhand eines statistischen Versuchsplans (DoE – Design of Experiments) bewertet werden sollen. Die Auslegung der Anlage lässt sich sehr genau an die Anforderungen an das jeweilige Produkt anpassen, sodass eine sichere Inbetriebnahme zum vereinbarten Termin mit den geforderten Eigenschaften gewährleistet ist.

ROCKY

InfoAutor
Madhukar Chatiri
mchatiri@cadfem.de

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Lucas Kostetzer
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-948
lkostetzer@cadfem.de

Bilder: Rocky DEM; shutterstock.com/Levent Konuk, junyanjiang, Olya Fat, urfin

Seminare bei CADFEM

Know-how auf neuestem Stand und aus erster Hand

Gehören Sie zu den Jägern und Sammlern des digitalen Zeitalters? Wir auch! Im Internet gibt es schließlich schnelle Antworten auf fast alle Fragen, die man sich vorstellen kann. Geht es allerdings um den nachhaltigen Aufbau von Wissen, beginnen die Schwierigkeiten.

Je mehr Informationsbruchstücke aus unterschiedlichen Quellen zusammengefügt werden müssen, desto unstrukturierter und unübersichtlicher ist der Erkenntnisgewinn. Zudem kostet der Prozess aus Verstehen, Ordnen, Verknüpfen, Fragen, auf Antworten warten viel Zeit, wobei die Angaben meist „ohne Gewähr“ sind.

Die Alternative dazu, eine Seminarteilnahme, kostet ebenfalls Zeit – und Geld. Wo also liegt der konkrete Nutzen eines Seminars, wenn Wissen frei verfügbar ist? Zumal die Software von Version zu Version immer intuitiver in der Bedienung wird und die junge Ingenieurgeneration beim Start in den Beruf oft schon solide Simulationskenntnisse mitbringt.

Der wesentliche Punkt, warum unsere Kunden trotz all dieser durchaus zutreffenden Befunde die CADFEM Seminare besuchen, lässt sich in einem Satz zusammenfassen: Die Lernkurve für Ihren Einstieg in die Simulation oder in ein neues Simulationsthema lässt sich auf keine andere Weise schneller durchlaufen und nachhaltiger gestalten.

Denn die strukturierte Darstellung der wesentlichen Aspekte des neuen Aufgabenfeldes und die bewährten, praktischen Übungsbeispiele mit Musterlösungen als zentraler Baustein einer Seminareinheit sowie vor allem auch die Möglichkeit, Ihre konkreten Fragen zu eigenen Aufgaben direkt mit dem Referenten zu diskutieren, gewährleisten genau dieses. Die lockere Lernatmosphäre in unseren CADFEM Seminarzentren jenseits des eigenen Arbeitsplatzes und der Austausch mit den anderen Teilnehmern tun ihr übriges, um nicht nur bruchstückhafte „Info-Bytes“ zu sammeln, sondern vernetztes und abrufbares Wissen zu sichern. Die persönlichen Kontakte zum Referent und anderen CADFEM Mitarbeitern sind bei später auftretenden Fragen am Arbeitsplatz, bei der praktischen Anwendung des erworbenen Wissens, meist von größerem Nutzen als unverbindliche Resultate aus einer Suchmaschinenabfrage mit 163 mehr oder weniger relevanten Treffern.

Kurz: Der persönliche Kontakt zu Ihnen ist uns wichtig, denn unser Anspruch ist es, Ihnen direkt, persönlich, schnell und unkompliziert – auf Basis langjähriger Simulationserfahrung – den „richtigen Treffer“, den wichtigsten Tipp, die weiterführende Antwort auf Ihre Fragen im Seminar und danach zu bieten.

Welche Seminare empfiehlt CADFEM?

Bei der persönlichen Seminarberatung (Kontakte siehe Infobox) stehen Sie und Ihre konkreten Anforderungen an die Lernziele im Mittelpunkt. Wir versuchen, im Gespräch mit Ihnen vor allem zu ermitteln, welche konkreten Aufgaben Sie morgen lösen möchten, welche Software-Produkte Sie dazu einsetzen können, welchen Kenntnisstand Sie mitbringen, welches Lerntempo Sie sich vornehmen und welchen Schu-

Seminar: Starter-Paket-Strukturmechanik

Um Ihnen als Einsteiger in die strukturmechanische Simulation mit ANSYS Mechanical die Wahl zu erleichtern, haben wir die populärsten Seminare als Paket gebündelt. Mit diesen vier Seminaren werden das Gros der klassischen Einstiegsanforderungen an Simulationen für Strukturmechaniker adressiert, um sofort produktiv an praktischen Aufgaben arbeiten zu können:

- effektive Nutzung von ANSYS Mechanical mit Vernetzungssteuerung, Lastaufbringung, Postprocessing sowie parametrisierten Simulationsmodellen,
- die meistgenutzte und wohl mächtigste Nichtlinearität der Strukturmechanik: Kontakte,
- kaum zu überbietende Geschwindigkeit und Arbeitsweise: CAD-Formate einlesen und Geometrieanpassungen mit SpaceClaim,
- Anforderungen in der Ingenieurpraxis: statische und dynamische Lastszenarien simulieren und auswerten.

www.cadfem.de/mechanical-starter

lungsort (CADFEM Geschäftsstellen oder bei Ihnen vor Ort) Sie bevorzugen.

Selbstverständlich können Sie viele dieser Aspekte auch auf unserer Seminar-Homepage unter **www.cadfem.de/seminare** wiederfinden, wo die physikalische Einordnung der Aufgabe (Strukturmechanik, Elektromagnetik, …) als Startpunkt dient. Neben den beliebten Basisseminaren zu jeder physikalischen Disziplin bieten wir Ihnen auch weiterführende Themen zu spezifischen Anwendungen an, unter anderem die Seminare „Simulation elektrischer Maschinen“, „Thermisches Management in der Elektronik“ oder „Maschinendynamik und Regelung des Systemverhaltens“.

Abgerundet wird unser Programm durch Seminare, deren Ausrichtung weniger aus der Softwarebedienung selbst, sondern vielmehr aus Ingenieur-Normen und -Regelwerken bestimmt wird, die in der Simulation angemessen und korrekt umzusetzen sind. Die konkrete Themenauswahl stammt aus einer einzigen Quelle: von Ihnen, genauer ausgedrückt, von Ihren häufigsten Fragen an uns. Beispiele dafür sind gefragte Titel wie „Abgleich von Simulation und Versuch“, „Nachweiskonzepte für Schweißverbindungen“, „Simulation von Schraubenverbindungen nach VDI 2230“, um nur einige zu nennen.

Sollten Sie „Ihr“ Thema nicht in der Seminarübersicht auf der Homepage finden, rufen Sie uns einfach an oder schreiben Sie uns eine E-Mail. Wir stellen die geeigneten Seminarmodule für Sie zusammen und bereiten auf Wunsch die notwendigen Schulungsinhalte für Ihre spezielle Aufgabe im Rahmen eines Individualtrainings vor. Diese Option wird mit steigendem Interesse gewählt, um Simulations-Know-how zu speziellen Themen wie etwa „Vibrationsverhalten und Schallabstrahlung von elektrischen Antrieben“ oder „Transiente thermomechanische Analyse eines Ventils“ zu erwerben.

Mein CADFEM Seminar im Kundenportal

Zum Schluss können wir noch eine besondere, grundlegende Neuheit präsentieren. Wir haben uns Ihren meist geäußerten Wunsch zu Herzen genommen: „Bitte Seminarunterlagen im PDF-Format statt dicker Papierordner“. Die PDF-Unterlagen Ihres zukünftig besuchten Seminars nebst sämtlichen Musterlösungen der geübten Seminarbeispiele stellen wir Ihnen ab dem vierten Quartal 2016 zum Herunterladen aus unserem Kundenportal strukturiert zur Verfügung. Doch nicht nur der

Im CADFEM Kundenportal wird der Zugriff auf vielfältige Dokumente möglich sein.

zeitlich begrenzte Zugriff für das einmalige Herunterladen ist möglich. Solange Sie Software-Lizenzen bei CADFEM in Wartung haben, stehen die Unterlagen zu Ihren besuchten Seminaren im Kundenportal bereit. Profitieren Sie innerhalb des Seminarjahres auch von Updates und Korrekturen an den Unterlagen und Beispielen.

Sie können auch mobil auf Ihr Seminar zugreifen oder online im Kundenportal die mächtige Volltextsuche nutzen (APDL-Kommandos, Abschätzformeln, Arbeitsabläufe). Ebenso besteht zukünftig die Möglichkeit, Ihr Zertifikat online im Portal herunterzuladen. Als ANSYS Support Coordinator (ASC) erhalten Sie ferner eine Übersicht über Ihre sämtlichen Softwarelizenzen.

Seminarprogramm 2017

Unser neues Seminarprogramm 2017 steht Ihnen ab Anfang November 2016 unter **www.cadfem.de/seminare** zur Verfügung.
Bei Fragen zum CADFEM Schulungsangebot wenden Sie sich gerne an unsere Ansprechpartner:

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

Österreich
Johannes Raitmair
Tel. +43 (0) 512-31 90 56-20
johannes.raitmair@cadfem.at

Schweiz, Liechtenstein
Dr. Jörg Helfenstein
Tel. +41 (0) 52-36 801-07
joerg.helfenstein@cadfem.ch

Bild: shutterstock.com/Arak Rattanawijitakom

esocaet Studies bietet mehr als ein Masterstudium

Weiterbildung: Simulation Based Engineering Sciences

Akademische Weiterbildung für Berufstätige wird immer beliebter. Sie bietet berufsrelevantes Wissen, das weit über Internet-Recherchen oder ein kurzes Seminar hinausreicht. In wenigen Monaten gelingt so der Transfer aktueller Technologien in tägliche Arbeitsprozesse.

Bereits 2005 startete CADFEM esocaet den ersten Masterkurs „Applied Computational Mechanics“, der ab 2016 sukzessive durch weitere (Kurz-) Studiengänge ergänzt wird. In Zusammenarbeit mit ausgewählten Hochschulen und erfahrenen Dozenten aus der Praxis und von unterschiedlichen Universitäten werden individuell kombinierbare Weiterbildungsmodule für den fundierten und erfolgreichen Einsatz der Simulation angeboten.

Studium mit Masterabschluss

Der umfassende Einstieg in die Simulation und ein höherer Studienabschluss – das sind zwei der häufigsten Gründe, aus denen sich Teilnehmer für ein komplettes Masterstudium entscheiden. In der Regel können sie dann den Master in zwei Jahren absolvieren. Drei Semestern mit je 15 Tagen Präsenzveranstaltungen (im Block von zwei bis drei Tagen) in Ingolstadt und Landshut werden ergänzt durch ein individuelles Selbststudium. Daran schließt sich eine Masterarbeit an, in der die meisten Studierenden eine Aufgabenstellung aus ihrem Unternehmen umfassend untersuchen und Lösungskonzepte erarbeiten.

Studienzertifikat / CAS

Ein Studienzertifikat eignet sich für alle Ingenieure und Naturwissenschaftler, die sich in ein zusätzliches Aufgabengebiet einarbeiten wollen oder ein fundiertes Überblickswissen benötigen. In nur sechs Monaten absolvieren die Teilnehmer drei Module, die thematisch aufeinander abgestimmt sind. Das Zertifikat wird von einer Hochschule vergeben und kann mit weiteren Modulen kombiniert oder auf ein späteres Masterstudium angerechnet werden – im Angebot von CADFEM esocaet auch hochschulübergreifendend.

Modulstudium

Die Teilnahme an einem einzelnen Modul bietet die fokussierte und umfassende Wissensvertiefung zu einem Themenschwerpunkt. Geeignet ist diese Weiterbildung für Berufstätige mit einem Hochschulabschluss – egal ob Bachelor, Master, Diplom oder Promotion. Durch die individuelle Studienberatung kann CADFEM esocaet mit jedem Interessenten einen individuellen Ausbildungsplan erstellen.

Inhaltliche Schwerpunkte

Im Angebot sind Strukturmechanik, CFD und Simulation im medizinischen Umfeld. Aktuelle Simulationsthemen stehen in der Modulliste, zum Beispiel Topologieoptimierung, Mechatronik oder Akustik. Darüber hinaus sind weitere Studiengänge in der Konzeption. Interessenten können sich direkt an CADFEM esocaet wenden.

InfoHomepage
www.esocaet.com/studies

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

Präsenzseminare und e-Learning

esocaet Training: Technologie- und Managementthemen

Die Angebote im Bereich esocaet Training unterstützen Ingenieure, ihre Kompetenzen für vielfältige CAE-Aufgaben auszubauen – unabhängig davon, welche Simulationssoftware sie verwenden.

Neu: Betriebsfestigkeit – Messen und Simulieren

Messung und Simulation: zwei Disziplinen, ein Ziel – die Prognose der Lebensdauer eines Produktes. In Neuauflage wird das Seminar im Frühjahr 2017 bei HBM (Hottinger Baldwin Messtechnik) stattfinden. Berechnungsingenieure erfahren im Labor von den Experten Wissenswertes zur Messtechnik. Parallel lernen Versuchsingenieure die Vorteile und typische Einsatzszenarien von Simulationen kennen. Gemeinsam erarbeiten beide Gruppen Möglichkeiten der sinnvollen Verzahnung von Messtechnik und Simulation für den entscheidenden Vorsprung in der Produktentwicklung.

Kurs-Nr. 13 591
Seminartermin: 3.5. bis 5.5.2017

Praxisnahes Training für Simulationseinsteiger

Aus einem realen Bauteil ein berechenbares FE-Modell erstellen und die auftretenden Belastungen richtig erfassen: das können die Teilnehmer nach dem CAE-Training „eFEM für Praktiker". Sie beherrschen alle wichtigen Schritte zur Qualitätssicherung der Ergebnisse und können geeignete Validierungsberechnungen durchführen. Aus dem Verständnis der vermittelten FE-Grundkonzepte können sie CAD-Bauteile für die Simulation aufbereiten, reale Lagerungen und Lasten geeignet modellieren und Ergebnisse sicher darstellen, auswerten und dokumentieren.

Die Kombination aus drei Präsenzseminaren, e-Learning und Online-Sprechstunden ermöglicht eine individuelle Zeitplanung. Die konsequente Begleitung durch einen Tutor sichert den Lernerfolg.

Seminar	Referent/en	Kurs-Nr.
Management in der Produktentwicklung		
Qualitätsmanagement für FE-Berechnungen	Prof. Dr.-Ing. Claus König	10 073
Technisches Risikomanagement	Prof. Hans Rudolf Manz	13 121
Die Risiken des Berechnungsingenieurs	RA Klaus G. Finck	10 075
Materialmodellierung		
Dimensionierung von Composite-Werkstoffen	Prof. Dr.-Ing. Christian Hühne	12 717
Simulation des Werkstoffverhaltens von Elastomeren	Prof. Dr.-Ing. Armin Fritsch	12 716
Systematische Werkstoffauswahl	Prof. Dr. Andreas Niegel	13 138
Simulation besser verstehen		
Grundlagen der Vibro- und Maschinenakustik	Dr.-Ing. Marold Moosrainer	10 080
Numerische Stabilität für FE-Berechnungen	Dr. Wigand Rathmann	11 429
Validierung von FE-Simulationen	Roland Rombach, M. Eng.	11 431
Richtlinien und Nachweise		
Angewandte Methoden der Betriebsfestigkeit	Dr. Peter Pirro	11 430
FKM-Richtlinie – Bruchmechanischer Festigkeitsnachweis	Prof. Dr.-Ing. Britta Pyttel, Dipl.-Ing. Igor Varfolomeey	13 140
FKM-Richtlinie – Festigkeitsnachweis im Maschinenbau	Dipl.-Ing. Tim Kirchhoff	10 068
Nachweiskonzepte für Schweißverbindungen	Dr.-Ing. Jürgen Rudolph, Masch. Ing. FH Beat Schmid	10 078
Numerische Analyse bei Druckgeräten	Dr.-Ing. Sebastian Schindler	12 715
Medical Engineering		
Finite-Elemente-Simulation für Biomechaniker und Mediziner	Dr.-Ing. Ulrich Simon, Alexander Nolte, M. Eng.	10 634

Vorschau 2017

Neue Seminare zu verschiedenen Themen aus Technik, Medical Engineering, Management und Soft Skills werden das bestehende Angebot sinnvoll ergänzen. Dafür sind neue Kooperationen mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie geplant. Alle Neuigkeiten zu Seminarthemen und Terminen sind online unter **www.esocaet.com/NEU2017** zu finden.

InfoHomepage
www.esocaet.com/studies

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

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

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

Member of
TechNetAlliance

Worldwide Partners
technet-alliance.com

International

CADFEM International GmbH
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 Afrique du Nord 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 b. München
info@cadfem-medical.com
www.cadfem-medical.com