



Online-Magazin

Zeitschrift für numerische Simulationsmethoden und angrenzende Gebiete
FEM – CFD – MKS – VR / VIS – PROZESS – SDM

Fachbeiträge in dieser Ausgabe

Multiphysikalische Phänomene:

3D Multiphysik Finite Elemente Modell eines stark nichtlinearen Glasformungsprozesses

Fügungen im Maschinenbau:

Eine Methode zur Bestimmung geeigneter Nabeninnengeometrien für mittels Quer-Fließpressen hergestellte Welle-Nabe-Verbindungen mit Hilfe der FEM

Systems Engineering:

Automatische Generierung von standardisierten Systemmodellen aus 3D-Simulationen im Systems Engineering Kontext

Probabilistische Simulation dynamischer Systeme am Beispiel eines Induktionsmotors

...sowie Neuigkeiten, Veranstaltungskalender, Schulungen, ...

Alle bisherigen Ausgaben kostenlos zum Download unter:

www.nafems.org/magazin

Trainingskurse – Quick-Info

Einführung CFD

21. - 22. April, Wiesbaden

Verification & Validation of Models and Analyses

29. - 30. April, Amsterdam, NL
06. - 07. Mai, Pasching (Linz), A

Simulation von Composites

05.-06. Mai, Wiesbaden

Einführung FEM

01. - 03. Juni, Wiesbaden

Weitere Kurstermine für 2015 finden Sie unter www.nafems.org/events

e-Learning-Kurse

u. a. zu Turbulence Modeling, Fatigue & Fracture, Modelling of Joints and Connections

NWC
NAFEMSWORLD CONGRESS 2015

21-24 JUNE | SAN DIEGO | CALIFORNIA | USA

A WORLD OF ENGINEERING SIMULATION

incorporating **spdm** INTERNATIONAL CONFERENCE
Simulation Process & Data Management

Preliminary Agenda & Invitation
nafems.org/congress

Die Welt der Simulation trifft sich in San Diego!

- **Über 300 Vorträge**
- **15 Kurse + Workshops + Diskussionsrunden**
- **1 x anmelden, zwei Konferenzen besuchen**
- **Forum: 3d Druck / Additive Manufacturing**
- **Umfangreiche Hard- und Softwareausstellung**
- **Gala-Dinner auf der USS Midway**

Keynotes

F. Dirschmid, **BMW Group**, GER: The CFRP Lightweight Structure of the BMW i8

K.-J. Bathe, **Massachusetts Institute of Technology**, USA: Advanced Finite Element Analysis and its Future

P. Coleman, **Airbus Operations**, GBR: Reflections on SPDM for Collaborative, Multidisciplinary and Agile Aircraft Product Development

Z. Penzar, **Continental**, GER: How Small (but fine) Simulations can also Radically Improve Industrial Products

A. Noor, **Old Dominion University**, USA: Potential of Cognitive Computing for Engineering Analysis and Design

J. Jergeus, **Volvo Cars**, SWE: Safety CAE in the Development of the All New Volvo XC90

W. Schmidt, **Stryker Orthopaedics**, USA: The Drive to make Healthcare Better One Patient at a Time - Challenges and Opportunities for Modeling and Simulation

Invited Speaker:

C. Stavrinidis, **European Space Agency, ESTEC**, NED: Space Vehicle Development and Verification

D. Nagy, **BeyondCAE**, USA: Engineering Simulation: The Road Ahead

L. Komzsjik, **Siemens PLM**, USA: Five Decades of Finite Element Analysis

J. Walsh, **intrinsicSIM**, USA: The Changing Role of Simulation

D. Fitzsimmons, **Airbus Operations**, GER: The Airbus A350 XWB: A Simulation Success Story

U. Chandrasekhar, **Institution of Engineers**, IND: 3D Printed components for Quick Validation and Verification of FEM and CFD Results - Case Studies of Complex Aeronautical Systems

Vollständige Agenda und alle Infos auf Seiten 17 - 36!

Werden Sie Mitglied in unserer NAFEMS-Gruppe bei XING!

Sponsoren dieser Ausgabe:



NAFEMS Magazin, eine Online-Information über Sicherheit und Zuverlässigkeit auf dem Gebiet der numerischen Simulation

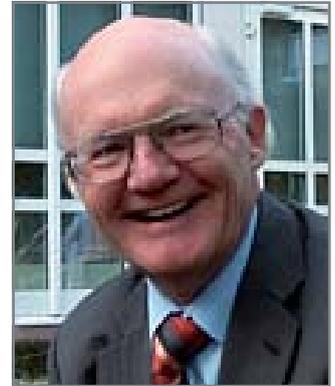
Sehr geehrte Leserin, sehr geehrter Leser,

der Quantencomputer konnte zwar die hochgesteckten Erwartungen bislang nicht erfüllen, aber die Kapazitäten auch der konventionellen Rechner wachsen ja stetig, sowohl hinsichtlich der Performance als auch in Bezug auf das verfügbare Speichervolumen. Das ermöglicht numerische Simulationen, die immer stärker ins Detail gehen. Damit verbunden ist die Vorstellung, dass sich die Simulation der Realität immer weiter annähert. Genau genommen wird jedoch lediglich das analysierte Modell feiner. Nur wenn dieses Modell das wirkliche Verhalten genauer beschreibt, wird auch das Ergebnis der Simulation realistischer. Für die feineren Modelle benötigt man jedoch entsprechende Parameter, deren Messung in der Regel aufwändig ist. So wird zum Beispiel in der Mikromechanik von Faserverbunden die Wechselwirkung zwischen Fasern und der Matrix berücksichtigt; das Matrixmaterial verhält sich bei einer separaten Untersuchung jedoch ganz anders als im Verbund. Weiter ins Detail gehen Modelle der Molekulardynamik, mit denen Vorgänge im Maßstab von Atomen untersucht werden. Dazu werden hauptsächlich Kraftfelder oder semiempirische Methoden verwendet. Allerdings wurden für kleinere Systeme auch schon quantenmechanische Ansätze realisiert. Bislang fehlt jedoch ein überzeugender Nachweis, dass solche extrem detaillierten Modelle entscheidende Verbesserungen für die praktische Anwendung bringen. Zudem sollte bei der Modellwahl auch auf Effizienz geachtet werden. So sind im frühen Stadium einer Entwicklung aufwändige Modelle eher hinderlich und zu teuer. Modelle sollten so gewählt werden, dass sie möglichst einfach sind, aber zuverlässig die anstehenden Fragen beantworten.

Die Fachbeiträge des vorliegenden Heftes behandeln Themen aus den Bereichen multiphysikalische Phänomene, Fügungen im Maschinenbau und Systems Engineering. Der erste Beitrag simuliert die Produktion von Glasrohren, wobei das Glas als Newtonsche Flüssigkeit angenommen wird. Der Glasformungsvorgang mit zeitlich veränderlichem Temperaturfeld wird als Strömung mit freien Oberflächen unter Berücksichtigung des Einflusses von Asymmetrien im Ofen behandelt. Der zweite Beitrag untersucht die Herstellung von Welle-Nabe-Verbindungen mit dem sogenannten Quer-Fließpressen, wobei die Kontur der Welle durch plastische Verformungen an die Innenkontur der Nabe angepasst wird. Der Fügeprozess und das Betriebsverhalten erfordern unterschiedliche Simulationen, für die ein effektiver Datenaustausch organisiert wird. Der dritte Beitrag schildert eine effiziente Methode zur Generierung von standardisierten Systemmodellen aus detaillierten 3D-Simulationen. Statt Modelle mit unterschiedlicher Komplexität jeweils neu aufzubauen, wird eine automatische Transformation mit Ersatzflächenmodellen vorgeschlagen. Der vierte Beitrag behandelt die Simulation dynamischer Systeme mit stochastischer Streuung der Modellparameter. Um die Rechenzeit in vertretbaren Grenzen zu halten, wird mit echtzeitfähigen Meta-Modellen gearbeitet. Diese Fachbeiträge verdeutlichen, wie sinnvoll und nötig eine kluge Wahl der Simulationsmodelle ist. Schließlich empfehle ich Ihnen noch die kleine Übersicht über die Arbeit der NAFEMS Composites Working Group. Die Gruppe ist offen für weitere Mitglieder. Wenn Sie Interesse haben, wenden Sie sich bitte an Ian Symington oder direkt an den Vorsitzenden Dr. Ronald Krüger.

Ich hoffe und wünsche, dass dieses Heft auch Sie anspricht.

Mit freundlichen Grüßen
Hon.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Rohwer
Editor-in-Chief



*Prof. Dr.-Ing.
Klaus Rohwer*

Wir bedanken uns herzlich bei den Sponsoren, ohne deren Unterstützung
ein solches Magazin nicht realisierbar wäre:



www.dynamore.de



www.esi-group.com



www.intes.de



www.mssoftware.com



www.FunctionBay.de

NAFEMS ist eine not-for-profit Organisation zur Förderung der sicheren und zuverlässigen Anwendung von Simulationsmethoden wie FEM und CFD.

1983 in Großbritannien gegründet, hat sich die Organisation längst in eine internationale Gesellschaft zur Förderung der rechnerischen Simulation entwickelt. Mit NAFEMS ist die neutrale und von Software- und Hardwareanbietern unabhängige Institution entstanden.

NAFEMS vertritt die Interessen der Anwender aus der Industrie, bindet Hochschulen und Forschungsinstitute in ihre Tätigkeit ein und hält Kontakt zu Systemanbietern.

Mitglieder des internationalen NAFEMS Councils

- C. Stavrinidis (Chairman), ESA, NL
- M. Zehn (Vice Chairman), (TU Berlin), D
- R. L. Dreisbach (The Boeing Company), USA
- D. Ellis, Idac Ltd., UK
- G. Miccoli, Imamoter, I
- M. Moatamedi (University of Narvik, N)
- S. Morrison, Lusas Ltd., UK
- P. Newton, GBE, UK
- M.-C. Oghly, Flowmaster, F
- A. Ptchelintsev, Nokia, FI
- A. Puri, Selex Sensors & Airborne Systems, UK
- M. Wiedemann, DLR, D
- J. Wood, Strathclyde University, UK

Die technischen Bereiche bei NAFEMS werden durch spezialisierte Arbeitsgruppen (Working Groups) koordiniert.

Analysis Management	CAD CAE Integration	Composites
Computational Fluid Dynamics	Computational Structural Mechanics	Dynamics & Testing
Education & Training	Geotechnics	High Performance Computing
Multi-body Dynamics	Multiphysics	Stochastics
Simulation Data Management	Vendor Advisory Board	Technical Liaison Group
Systems Modelling and Simulation	Seismic	Optimisation

Um die Aktivitäten von NAFEMS in den verschiedenen geografischen Regionen zu vertreten, neutral zu leiten und die nationalen Belange innerhalb der NAFEMS zu vertreten, wurden sogenannte regionale Steering Committees (Lenkungsausschüsse) gebildet.

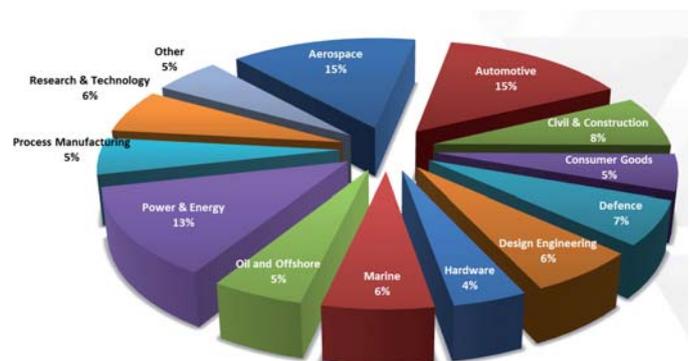
Die Mitglieder des NAFEMS Steering Committees für Deutschland, Österreich und Schweiz sind:

- Dr.-Ing. W. Dirschmid (CAE Consulting), Chair
- Dr.-Ing. A. Gill (Ansys Germany GmbH)
- Dr.-Ing. R. Helfrich (Intes GmbH)
- Dr.-Ing. M. Hoffmann (Altair Engineering GmbH)
- Dr.-Ing. C. Hühne (DLR)
- Dr.-Ing. G. Müller (Cadfem International GmbH)
- Dipl.-Ing. W. Moretti (Schindler Elevator Ltd)
- Dipl.-Ing. E. Niederauer (Siemens PLM Software)
- Dipl.-Ing. F. Peeters (Dassault Systèmes BV)
- Dipl.-Ing. A. Pfaff (PDTec AG)
- Dr. A. Starlinger (Stadler Altenrhein AG)
- Dr. A. Svobodnik (Konzept-X)
- Prof. Dr.-Ing. M. Zehn (TU Berlin/Femcos mbH)

Mitglied bei NAFEMS?

NAFEMS hat weltweit über **1.200 Mitgliedsunternehmen und -Institutionen**. Mitglieder erhalten unter anderem:

- Freie Seminarplätze
- Literatur und „Benchmark“ (FEM-Magazin)
- Ermäßigungen für Trainingskurse, Kongresse und Literatur
- Kostenlose Stellenanzeigen auf caejobsite.com
- Zugriff auf passwortgeschützten Webbereich mit Kontaktmöglichkeiten und Informationen
- Kontakt zu über 1.200 Organisationen weltweit



Werden auch Sie Mitglied !
www.nafems.org/involved



Impressum

Editor-in-Chief

Prof. Dr. Klaus Rohwer,
Deutsche Zentrum für Luft- und
Raumfahrt e.V.

Redaktioneller Beirat

Dr. Alfred Svobodnik
Konzept-X
Prof. Dr. Manfred Zehn
TU Berlin / Femcos mbH

Redaktion

Albert Roger Oswald
Tel. +49 (0) 80 51 - 96 74 - 3 22
roger.oswald@nafems.org

Gestaltung / Layout / Anzeigen

Werbos GbR
Osterham 23, D-83233 Bernau
Tel. +49 (0) 80 51 - 96 74 - 3 22
Fax +49 (0) 80 51 - 96 74 - 3 37
Mobil +49 (0) 176 - 217 984 01
e-mail: info@werbos.de
www.werbos.de

Bezugspreis / Aboservice

Kostenlos
Tel. +49 (0) 80 51 - 96 74 - 3 22
magazin@nafems.de

Anzeigenpreise

Preisliste vom 01.01.2014

Verteilung / Bezug

Per e-mail an NAFEMS Datenbasis
DACH und als Download über www.
nafems.org. Bezug durch Aufnahme
in den Verteiler.

Copyright © 2014, Werbos GbR.

Nachdruck – auch auszugsweise -, Ver-
vielfältigung oder sonstige Verwertung
ist nur mit schriftlicher Genehmigung
unter ausdrücklicher Quellenangabe
gestattet. Gekennzeichnete Artikel
stellen die Meinung des Autors, nicht
unbedingt die Meinung der Redak-
tion dar. Für unverlangt eingesandte
Manuskripte und Datenträger sowie
Fotos übernehmen wir keine Haftung.
Alle Unterlagen, insbesondere Bilder,
Zeichnungen, Prospekte etc. müssen
frei von Rechten Dritter sein. Mit der
Einsendung erteilt der Verfasser / die
Firma automatisch die Genehmigung
zum kostenlosen weiteren Abdruck
in allen Publikationen von NAFEMS,
wo auch das Urheberrecht für ver-
öffentlichte Manuskripte bleibt. Eine
Haftung für die Richtigkeit der Veröf-
fentlichungen kann trotz Prüfung durch
die Redaktion vom Herausgeber nicht
übernommen werden.

Alle Produkt- und Firmennamen sind
eingetragene Waren- bzw. Markenzei-
chen ihrer jeweiligen Hersteller.

ISSN 2311-522X

Vorwort des Editor-in-Chief..... 2
Sponsoren 3
Über NAFEMS..... 4
Inhalt / Impressum 5
NAFEMS CAEjobsite.com..... 6
NAFEMS Events
Trainings, Seminare/Konferenzen, e-Learning, Trainer 7
Trainingskurse
Einführung in die praktische Anwendung der FEM 8
Introduction to CFD Analysis: Theory & Applications 9
Verifikation und Validierung (V&V) 10
Simulation und Analyse von Composites 12
European Conference: Coupled MBS-FE Applications:
From Classical Design to System Engineering 13
NAFEMS Composites Working Group..... 14
NAFEMS Mitgliedschaft 16
NAFEMS World Congress / Int. SPDM Conference 2015 17
Literatur
e-library / Kostenloser Download / Bestellvorgang 37
Professional Simulation Engineer PSE 38
Neuigkeiten 44
Veranstaltungskalender..... 56
Fachbeiträge
Multiphysikalische Phänomene
3D Multiphysik Finite Elemente Modell eines stark
nichtlinearen Glasformungsprozesses 57
C. Janya-anurak, H. Birkhofer, T. Bernard (Fraunhofer IOSB);
Q. Ma (Heraeus Tenevo, Inc.)
Fügungen im Maschinenbau
Eine Methode zur Bestimmung geeigneter Naben-
innengeometrien für mittels Quer-Fließpressen
hergestellte Welle-Nabe-Verbindungen mit Hilfe der FEM 65
M. Funk, F. Dörr, H. Binz, M. Liewald (Universität Stuttgart)
Systems Engineering
Automatische Generierung von standardisierten
Systemmodellen aus 3D-Simulationen im Systems
Engineering Kontext 77
D. Hartmann, M. Mahler
(Siemens Industry Software GmbH & Co. KG)
Probabilistische Simulation dynamischer Systeme am
Beispiel eines Induktionsmotors 86
T. Pham (OptiY GmbH); A. Kamusella (TU Dresden)
Werbeanzeigen
DYNAmore 45
www.CAEjobsite.com 6
NAFEMS Mitgliedschaft im Detail..... 16
BENCHmark 51

Der internationale Stellenmarkt für CAE-Ingenieure.
 – NAFEMS Mitgliedsunternehmen schalten kostenlos!



CAEJobsite.com

The NAFEMS online jobsite for CAE Engineers

CAEJobsite.com

focuses on engineers working in numerical simulation methods and related fields (FEA, CFD, MBS, VR, etc.).

Recruiters

can place their adverts and reach out to thousands of CAE engineers across the globe, from experts to the newly-qualified.

Jobhunters

can easily find new opportunities by using our simple browse & search systems.

NAFEMS member companies

can promote their vacancies free of charge, as part of their membership package.



caejobsite.com

Trainings

Introduction to CFD Analysis: Theory and Applications Wiesbaden, D – Inhalte und Infos auf Seite 9 www.nafems.org/events/nafems/2015/cfd-course1	21. - 22. April
Verification & Validation of Models and Analyses (V&V) Amsterdam, NL – Inhalte und Infos auf Seiten 10-11 www.nafems.org/events/nafems/2015/vandv4	29. - 30. April
Simulation und Analyse von Composites Wiesbaden, D – Inhalte und Infos auf Seite 12 www.nafems.org/events/nafems/2015/comp-course1	05. - 06. Mai
Verification & Validation of Models and Analyses (V&V) Pasching (Linz), A – Inhalte und Infos auf Seiten 10-11 www.nafems.org/events/nafems/2015/vandv3	06. - 07. Mai
Einführung in die praktische Anwendung der FEM Wiesbaden, D – Inhalte und Infos auf Seite 8 www.nafems.org/events/nafems/2015/dach-fea2c	01. - 03. Juni

Seminare/Konferenzen

European Conference: Coupled MBS-FE Applications: From Classical Design to System Engineering Turin, I – Inhalte und Infos auf Seite 13 www.nafems.org/mbs2015	20. - 21. Okt.
Practical Aspects of Structural Dynamics – Vibrations, Acoustics, Damping Wiesbaden, D – Inhalte und Infos in Kürze www.nafems.org (Call for Papers in Kürze verfügbar)	10. - 11. Nov.

NAFEMS World Congress 2015

21. - 24. Juni



San Diego, USA, – Vortragsprogramm und Infos auf Seiten 17 - 36
www.nafems.org/congress

Informationen zu allen NAFEMS Veranstaltungen finden Sie unter www.nafems.org/events

e-Learning Kurse

E-Learning ermöglicht schnelle, höchst effektive und kostengünstige Trainings. Folgende Themen werden regelmäßig angeboten

Fatigue & Fracture Mechanics	Practical CFD	Advanced Dynamic FE Analysis
Non-Linear Analysis	Structural Optimization	Basic FE Analysis
Elements of Turbulence Modeling	Joints and Connections	Fluid Dynamics Review for CFD

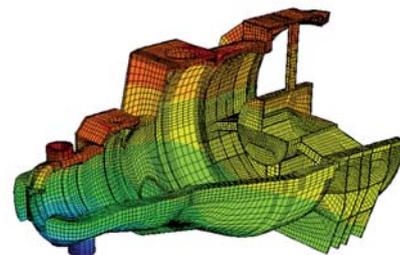
Aktuelle Termine und weitere Infos unter www.nafems.org/e-learning

Werden Sie NAFEMS Trainer

NAFEMS wird das Kursangebot regional und international ausbauen und sucht Ingenieure aus Industrie und Hochschule, die gerne (nebenbei) als Referenten arbeiten möchten. Bei Interesse senden Sie bitte eine e-mail an info@nafems.de.

NAFEMS Trainingskurse FEM

Einführung in die praktische Anwendung der Finite-Elemente-Methode (FEM)



1. - 3. Juni 2015 in Wiesbaden / auch als Inhouse-Kurs buchbar

Der Kurs vermittelt praxisorientiert und programmunabhängig die notwendigen Grundlagen für den erfolgreichen und effizienten Einsatz der Finite-Elemente-Methode. Nach Auffrischung von strukturmechanischem Basiswissen, welches für das Verständnis und für die kompetente Auswertung von FE-Berechnungen unerlässlich ist, wird auf leicht verständliche Art erklärt, wie die FE-Programme arbeiten. Zahlreiche einfach gehaltene, anwendungsspezifische Beispiele aus der Industrie unterstützen die Diskussion um Voraussetzungen für adäquate Modellbildung und liefern wertvolle Tipps für die professionelle Darstellung und Interpretation der Ergebnisse.

Ingenieure und Konstrukteure, welche ihre Kenntnisse in Technischer Mechanik bzw. Festigkeitslehre aus der Studienzeit im Hinblick auf die Anwendung bei FE-Simulationen auffrischen und ausbauen möchten, sind besonders angesprochen. Der Kurs wird in einer Workshop-Atmosphäre durchgeführt, wodurch eine aktive Mitwirkung gefördert wird.

Inhalte

- Einführung, Grundbegriffe und Prinzipien
 - Freiheitsgrade / Lagerung / Freischneiden / Gleichgewichtsbetrachtung
 - Innere Kräfte / Beanspruchung / Schnittgrößen
 - Spannungszustände / Hauptspannungen
- Typische Beanspruchungsfälle
- Werkstoffparameter / Versagenshypothesen / Sicherheitsfaktor
- Wechsel- und Dauerfestigkeit, Ermüdung und Kerbwirkung
- Thermische Beanspruchung
- Spannungen und Verformungen in dünnwandigen Strukturen
- Stabilitätsprobleme: Knicken und Beulen
- Grundlagen der Elastodynamik / Schwingungen / Dynamische Beanspruchung
- Modellbildung als ingenieurmäßiger Prozess / Möglichkeiten und Grenzen der Vereinfachung
- Lineare und nichtlineare Problemstellungen
- Wie funktioniert FEM?
- Typische Finite-Elemente (1D, 2D und 3D) zur diskreten Beschreibung deformierbarer Körper
- Berücksichtigung von Symmetrien bei der Modellierung
- Modellierung von Materialverhalten / Evaluation von Versagenskriterien
- Dynamische FE-Berechnungen / Modale Analyse / Dämpfung / Transiente Schwingungen
- Thermische / thermo-mechanische Untersuchungen
- Beispiele für nichtlineare FE-Simulationen
- Voraussetzungen für effiziente FE-Modelle und zuverlässige Ergebnisse
- Optimale FE-Modelle dank gezielter Nutzung der Möglichkeiten von CAD-Software
- Tipps und Tricks für problemgerechte FE-Vernetzung
- Qualitätssicherung bei FE-Analysen / Ursachen möglicher Fehler bei der FE-Modellierung und Tipps für deren Erkennung
- Möglichkeiten zur Überprüfung der Ergebnisse
- Fallbeispiele / Workshop / Diskussion

Referent



Dr. sc. techn. ETH/SIA Yasar Deger hat langjährige, breitgefächerte Erfahrung in der Praxis der FEM und in der Angewandten Mechanik. Er ist als Dozent für Technische Mechanik und FEM an der HSR, Hochschule für Technik Rapperswil, in der Schweiz tätig und erteilt ausserdem seit 1992 Weiterbildungskurse / Workshops für Konstrukteure und Ingenieure in der Industrie. Sein Buch „Die Methode der Finiten Elemente“ erscheint beim Expert Verlag und ist Teil der Kursunterlagen.

Kurssprache

Deutsch

Inhouse-Kurs

Dieser Kurs wird auch als Inhouse-Kurs bei Ihnen vor Ort angeboten. Bitte fordern Sie nähere Informationen an - Rückmeldeformular auf der vorletzten Seite.

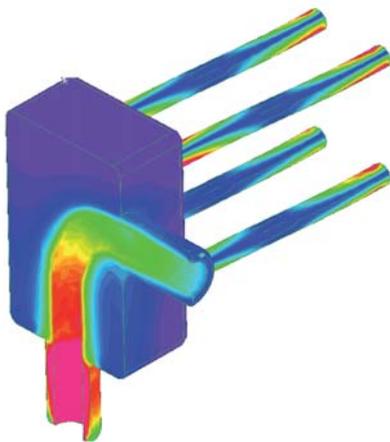
www.nafems.org/events/nafems/2015/dach-fea2c/

NAFEMS Trainingskurs CFD

Introduction to CFD Analysis: Theory and Applications

21. - 22. April 2015 in Wiesbaden / auch als Inhouse-Kurs buchbar

Der Kurs vermittelt praxisorientiert und programmunabhängig die Grundlagen der numerischen Strömungsberechnung (CFD). Neben der Funktionsweise von Programmen, die anhand zahlreicher einfacher Beispiele erläutert wird, steht die Vermittlung des gesamten Lösungsprozesses im Vordergrund. Mit Hilfe von Beispielen wird der gesamte Prozess vom realen Bauteil über das Berechnungsmodell bis zur Interpretation der Ergebnisse gezeigt und auf mögliche Fehlerquellen hingewiesen. Der Kurs wird in einer Workshop-Atmosphäre durchgeführt, die die Teilnehmer zur Mitarbeit bzw. zum Einbringen eigener Fragestellungen einlädt.



Inhalte

- Einleitung / Übersicht
- Welche Gleichungen werden in einem CFD-Programm gelöst?
- Beschreibung der Finite-Volumen Methode zur Lösung der Gleichungen anhand von Beispielen, Darstellung von Problemen / Fehlerquellen beim Lösungsprozess

- Tipps und Hinweise zur CFD-Vernetzung
- Praktische Umsetzung: Vom realen Bauteil zum Simulationsmodell
 - Überlegungen vor der Simulation
 - Annahmen und Voraussetzungen
 - Randbedingungen
 - Gittergenerierung
 - Erläuterung der Probleme an einem Praxisbeispiel
- Qualität von CFD-Berechnungen
 - Überprüfung von CFD-Ergebnissen / Kontrollmöglichkeiten
 - Bewertung der Ergebnisse von CFD-Berechnungen
- Ausblick auf weitere Entwicklungen / Tendenzen in der CFD-Welt (FSI, Optimierung,..)
- Fallbeispiele / Workshop / Diskussionen

Kursprache

Englisch / Deutsch, falls nur deutschsprachige Teilnehmer.

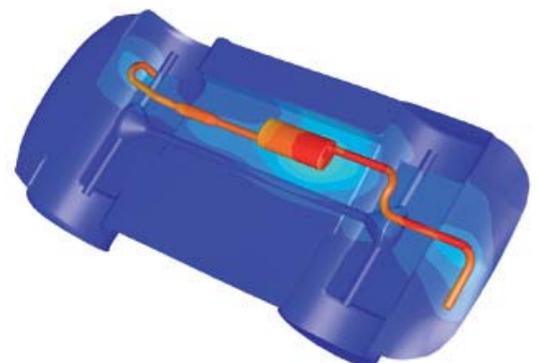
Inhouse-Kurs

Dieser Kurs wird auch als Inhouse-Kurs bei Ihnen vor Ort angeboten. Bitte fordern Sie nähere Informationen an - Rückmeldeformular auf der vorletzten Seite.

Referent



Prof. Dr.-Ing. Gangolf Kohnen hat über 25 Jahre Erfahrung mit CAE-Anwendungen mit Schwerpunkten auf dem Gebiet der Strömungsberechnung CFD in Lehre, Forschung und Industrie. Herr Kohnen leitet den Bereich Maschinenbau und Virtual Engineering an der Hochschule Baden-Württemberg Mosbach.



www.nafems.org/events/nafems/2015/cfd-course1

NAFEMS Trainingskurs V&V (englischsprachig)

Verification & Validation of Models and Analyses

29. - 30. April 2015, Amsterdam, NL

6. - 7. Mai 2015 in Pasching (Linz), A

Auch als Inhouse-Kurs buchbar

Engineering simulation plays an increasing role in industry's search for competitiveness and technology based innovation at every stage of the design, qualification and certification of products. Key decisions and product qualification/certification increasingly rely on virtual tests and digital simulation, creating a major paradigm shift in which the objective of physical tests is progressively moving from a demonstration of compliance to a reference for analysis validation. This trend in industry is shown through adoption of new terms such as 'realistic simulation' and 'virtual testing'. This situation creates new responsibility for the engineer to guarantee the required confidence level.

This new approach requires secured processes for the verification and validation of models and analyses bringing evidence of their predictive capability. In particular, programme managers now require formal evidence on "simulation fit for purpose" on which they can build confidence and take decisions. In addition, the increasing situation for extended enterprise creates new constraints to guarantee safe and robust analysis processes.

At the same time, and due to the economic pressure, V&V activities are frequently seen as an additional cost that can easily be reduced or even fully cut, thus underestimating the induced risks. In addition, V&V is not easy to implement because of the diversity of involved persons: managers, simulation experts, test specialists, software developers and quality controllers, software vendors...

The Course

Participants of this master class will:

- Learn how to implement reporting to bring visibility and confidence to all managers concerned with simulation outcomes.
- Develop their knowledge in V&V in full coherence with the level of expectation due in their industry context and applicable regulations
- Understand the fundamental concepts of V&V, the role and contents of standards, the existing methodologies for the implementation or the improvement of simulation and V&V plans
- Understand specific V&V requirements in the context of realistic simulation and virtual testing
- Understand how to build rational plans for V&V and related demonstrations
- Improve synergy between virtual and physical tests in the context of validation
- Learn how to build business cases allowing for justification of V&V plans
- Understand simulation management and process issues
- Learn how to implement reporting to bring visibility and confidence to all managers concerned with simulation outcomes.

Who Should Attend?

This master class course is designed for:

- Engineers and senior analysts in charge of simulation activities or preparing to take new responsibility in the management of simulation, especially with regard to V&V responsibility
- Managers in charge of engineering simulation teams and willing to improve their knowledge in V&V and in the relevant processes
- Program managers who need to make critical decisions based on engineering simulation results and that wish to increase their understanding and visibility of the required V&V activities

It is recommended that participants have a few years of experience in engineering simulation for the design and development of industrial products.

Program

Introduction

- Industrial context and stakes
- Simulation in the product lifecycle
- Industrial implementation of simulation

Validation, Qualification & Certification of Industrial Products

- Fundamentals on product validation, qualification and certification
- The analysis-test pyramid

- Virtual testing and realistic simulation
- Introduction to new technologies and TRL
- Regulations and certification in aeronautics
- Situation of the nuclear industry

V&V and Simulation Management

- Scope and complexity of the management of simulation
- Simulation management activities: software capability management / V&V / skills management / quality management / SPDM / CAD / CAE.....

Realistic Simulation

- Existing technology and new enhancements available to industry: HPC, cloud, open source, multi-scale, multi-physics....
- Connection with CAD/PLM
- Benefits and threats of realistic visualization
- Impact on V&V plans

V&V Fundamentals and Standards

- Fundamentals
- Verification
- Validation and uncertainty quantification
- Predictive maturity
- V&V process and responsibilities
- Standards
- Short history of standardization in V&V
- Main standards: ASME, AIAA, NASA...
- Other initiatives

Verification

- Verification of software codes
- Verification of algorithms
- Quality assurance for software: methodologies for SW development, regression tests...
- Verification of analyses
- Validation and Test/Simulation Synergy
- Validation process and constraints

- Physical and virtual testing collaboration
- Objectives and typology of physical tests
- Prerequisites for successful validation tests
- Predictive maturity
- Some industrial examples (aerospace, nuclear...)

Uncertainty Quantification

- Typology : random, epistemic uncertainties
- Selective methodologies for uncertainty quantification: Monte Carlo, Latin hypercube, response surfaces, polynomial chaos, "Lack of knowledge" theory (theory of misconceptions?), theory of evidence.....
- Sensitivity analysis, robustness (key parameters identification...)

V&V Implementation Strategies

- Setting-up V&V plans
- Implementation issues and obstacles
- Industrial justification (V&V business case)
- Costs, benefits and risk management
- Organization and skills

Course Language

Englisch

Tutors



Jean-Francois Imbert

Mr. Imbert has 40 years' experience in Structural Engineering, CAE/numerical simulation, mostly in the aeronautical and aerospace sectors where he has exercised both operational, expert and management responsibilities. Throughout his career, Jean-Francois ensured the development and implementation of innovative numerical simulation capabilities in industrial contexts, mostly in Structure Analysis. In his successive responsibilities, he accumulated a unique and broad experience in simulation management and the multiple features of V&V, including validation tests and analysis /test synergy. Furthermore he has a long practice of engineering education both in academic institutions and professional seminars..



Philippe Pasquet

With almost forty years of extensive experience in engineering simulation, Philippe Pasquet has covered the full range of technical responsibility in this domain, both with research institutes and various consulting firms and software houses: development of software, development of methods, advanced studies, team management, scientific and technical management etc. Powered by his passion for pedagogy and simulation technology, he has presented at several conferences and talks at high level towards efficient use and good practices of simulation in the industry, motivating students and engineers for those fascinating engineering simulation jobs..

A: www.nafems.org/events/nafems/2015/vandv3

NL: www.nafems.org/events/nafems/2015/vandv4

NAFEMS Trainingskurs

Simulation und Analyse von Composites

5. - 6. Mai 2015 in Wiesbaden / auch als Inhouse-Kurs buchbar

Faserverbundwerkstoffe haben sich inzwischen in verschiedensten Industriebereichen etabliert. Durch verschiedenste Faserarchitekturen und Harzsysteme sind Verbundwerkstoffe für unterschiedlichste Anwendungsfälle und Einsatzbereiche konfektionierbar. Der Konstrukteur und Berechnungsingenieur wird daher mit einer Vielfalt unterschiedlichster Werkstoffe konfrontiert, deren Festigkeitsanalyse vergleichsweise komplex ist. Ganz wesentlich für das Tragverhalten von Faserverbundwerkstoffen ist das Delaminations- und Schädigungsverhalten. Die Ablösung der Einzelschichten voneinander ist für gewöhnlich der entscheidende Versagensfall.

Das Ziel dieses Kurses ist die Einführung in die Schädigungsmechanik für Faserverbundwerkstoffe und die Modellierung der Delaminationen. Dem in der Praxis arbeitenden Ingenieur werden die Grundlagen der Schädigungsmechanik, die Möglichkeiten der Delaminationsanalyse und die typischen Verfahren zur Bestimmung relevanter Materialeigenschaften vermittelt.

Training

Der Kurs vermittelt die Inhalte über die Schädigungsmechanik und Delaminationsmodellierung von Faserverbundwerkstoffen bei statischen Belastungen. Dazu werden die Grundlagen der Schichtentheorie, der Mischungstheorie und der Festigkeitstheorie für Faserverbunde dargestellt. Anhand von Beispielen

aus der industriellen Praxis wird die Schädigungsmechanik eingeführt und die typischen Modelle zur Delaminationsanalyse vorgestellt.

Neben den theoretischen Grundlagen werden Tipps und Hinweise für die Anwendung der Modellierungsansätze in der FE-Analyse vorgestellt.

In dem Kurs soll auch die Möglichkeit bestehen, Anwendungsfälle der Teilnehmer aus der industriellen Praxis zu berücksichtigen.

Wer sollte teilnehmen

Berechnungsingenieure, Konstrukteure und Mitarbeiter, die als Simulationsingenieure arbeiten. Der Kurs vermittelt die wesentlichen Inhalte, um die Tragfähigkeit von Faserverbundstrukturen simulieren zu können.

Inhalte

- Klassische Laminattheorie und Laminattheorien höherer Ordnung
- Mischungstheorien und Mikromechanik
- Festigkeitskriterien und Materialdegradationsmodelle
- Einführung in die Schädigungsmechanik
- Schädigungsmodelle für Verbundwerkstoffe
- Delaminationsmodellierungen

Referent



Dr.-Ing. Daniel Hartung (Premium Aero-tec GmbH) hat langjährige Erfahrung in der Anwendung und Entwicklung von Materialmodellen,

Analysemethoden und Finite Elemente Modellierungen für Faserverbundwerkstoffe. Während seiner Tätigkeit für das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) hat er sich intensiv in die Modellierung und Analyse der Faserverbundwerkstoffe eingearbeitet und neuartige Analysemethoden entwickelt. Zusätzlich hat sich Hr. Hartung während dieser Zeit umfassend mit der Prüfung und Kennwertermittlungen von Faserverbundwerkstoffen befasst. Zurzeit arbeitet Hr. Hartung in der Industrie und entwickelt unter anderem Berechnungsmodelle und Analysemethoden für Verbundwerkstoffe im Flugzeugbau. Aus der Leitung und Mitarbeit unterschiedlicher Industrie- und Forschungsprojekte kennt Herr Hartung die Herausforderungen bei der Anwendung verschiedenster Modelle sowie die wissenschaftlichen Herausforderungen bei der Modellentwicklung.

Kurssprache

Deutsch

Inhouse-Kurs

Dieser Kurs wird auch als Inhouse-Kurs bei Ihnen vor Ort angeboten. Bitte fordern Sie nähere Informationen an - Rückmeldeformular auf der vorletzten Seite.

www.nafems.org/events/nafems/2015/comp-course1

NAFEMS 2nd European Conference – Call for Papers

Coupled MBS-FE Applications: From Classical Design to System Engineering

20 - 21 October 2015, Turin, Italy

Two years ago, the first coupled MBS-FE conference provided an opportunity to explore new design methodologies resulting from the coupling of two classical methods: Multibody simulation and Finite Element Method. Today, more and more applications appear thanks to increased coupling and cooperation between different tools, resulting in new advanced design methodologies to be used by engineers so to manage increased complexity, more physical phenomena and a global system approach.

By coupling the simulation of kinematic aspects of a system, and the simulation of key mechanical properties, MBS-FE coupling is the entry door to closed-loop system engineering, a technique which is becoming a key methodology supported now by commercial software. This second conference is dedicated to those applications where the border between “local” and “global” design is vanishing, where the design of components appears as a part of a more global design operating at system level. Those new methodologies are opening the door to an increased and more optimized integration of test in simulation methods so to allow early validation of models, increasing confidence in simulation and reducing the need of real scale tests during the design cycle.

But increased confidence in simulation needs first high fidelity models where key physical aspects are integrated, validated, and used as a basis for global system optimization. This is the challenge the conference is addressing by opening the door to new applications coupling MBS and

FEM, but also other disciplines like control, system level engineering as well as model updating techniques. We would very much appreciate abstracts submissions with following topics:

- > Coupling MBS-FE to New Applications
- > Extending Classical MBS/FE Simulation Methods to Systems Modeling
- > Verification and Validation at Domain and System Levels

This conference, organized by the NAFEMS Computational Structural Mechanics, Multi Body Dynamics and the Systems Modeling & Simulation Working Groups will bring together industry, academia and software vendors in order to give the attendees a clear picture of the real capabilities of these coupling techniques through the presentation of different applications.

Important information

- > Abstract submission **29 June**
(to roger.oswald@nafems.org)
- > Manuscript (4 pages) 25 Sept.
- > Presentation time (incl. discussion) 25 min.
- > Conference language: English

Conference format

- Day 1:
9:00 - 17:30
Keynotes/presentations
17:30 - 20:00
Get together
- Day 2:
8:30 - 15:30
Keynotes/presentations

Conference venue

NH Ambasciatory, Turin, Italy

Exhibition and sponsoring

The conference will be accompanied by an exhibition of software and hardware vendors, solution providers, and consultants.

Organizer

The conference will be organized by cooperation of following NAFEMS working groups

- > **Computational Structural Mechanics Working Group**
www.nafems.org/tech/csm/
- > **Multi-body Dynamics Working Group**
www.nafems.org/tech/mbd/
- > **Systems Modeling & Simulation Working Group**
www.nafems.org/tech/systems_modeling

Registration fees

- > NAFEMS members: Free
NAFEMS members can use seminar credits towards free attendance at this event. This event will charge four seminar credits per delegate.
- > Members without seminar credits: 490 Euro
- > Non members: 695 Euro

The registration fee includes conference attendance, proceedings, lunches, break refreshments and get together. Hotel accommodation is not included.

All plus VAT if applicable.

Contact and further information

NAFEMS GmbH
Osterham 23, D-83233 Bernau
Tel. +49 (0) 80 51 - 96 59 3 49
e-mail: roger.oswald@nafems.org

www.nafems.org/mbs2015

NAFEMS Working Groups

Die NAFEMS Composites Working Group

Ronald Krueger

National Institute of Aerospace, Hampton, Virginia, USA

Vorsitzender, NAFEMS Composites Working Group

Ein wesentlicher Aspekt der Arbeit von NAFEMS liegt darin, auf die Bedürfnisse seiner Mitglieder einzugehen, insbesondere hinsichtlich neu entstehender Interessensgebieten. Die Arbeitsgruppen, in denen mehr als 300 NAFEMS Mitglieder tätig sind, identifizieren solche neuen Interessensgebiete, bearbeiten sie und stellen die Ergebnisse allen Mitgliedern zur Verfügung.

Die NAFEMS Composites Working Group wurde im Herbst 2010 gegründet, nachdem unter den Mitgliedern von NAFEMS der Ruf nach verstärkten Aktivitäten im Bereich der Berechnung und Bewertung von Verbundstrukturen laut geworden war. NAFEMS hatte bereits zuvor einige Schriften zu diesem Thema veröffentlicht [1-6] und auch mehrere Veranstaltungen ausgerichtet, die direkten Bezug zu Verbundstrukturen hatten. Seit 2011 sind nun alle NAFEMS Aktivitäten im Bereich der Verbundstrukturen in der neuen Arbeitsgruppe konzentriert. Derzeit arbeiten in der Gruppe anerkannte, internationale Experten, die Modelle und Berechnungsverfahren für Verbundstrukturen entwickeln und anwenden.

Verbundwerkstoffe bestehen aus mindestens zwei Komponenten mit verschiedenen physikalischen und chemischen Eigenschaften. Diese Komponenten bleiben auch in der fertiggestellten Struktur getrennt und unterscheidbar. Verbundwerkstoffe gibt es in vielen verschiedenen Erscheinungsformen, Größen und Formaten. Ihr Verhalten hängt entscheidend von ihrem Aufbau und ihrer Zusammenstellung ab. Unter hoher Belastung versagen sie auf komplexe Weise, erheblich anders als homogene Materialien.

Die Aufgabe der NAFEMS Composites Working Group besteht nun darin, den Kenntnisstand hinsichtlich der Simulation von Strukturen aus Verbundwerkstoffen zu sichten und zu ordnen sowie eine geeignete Schulung zu organisieren. Dazu werden Informationen über die Verbundberechnung gesammelt und unabhängig bewertet. Die Aufgaben der Arbeitsgruppe beinhalten ferner Weiterbildung, Informationsaustausch, Entwicklung von Industrienormen und das Ermitteln des zukünftigen Berechnungsbedarfs.

Die NAFEMS Composites Working Group stellt eine industrieübergreifende Arbeitsgemeinschaft dar, ein von Herstellern unabhängiger, nutzerorientierter Freiraum, in der bewährte Praktiken und neu entwickelte Verfahren für die Berechnung von Verbundstrukturen diskutiert werden können.

Die Arbeitsgruppe beschloss daher bereits zu Beginn, die Endanwender in den Entscheidungsprozess mit einzubeziehen, damit deren Erfordernisse und Wünsche in einem Entwicklungsplan für zukünftige Aktivitäten berücksichtigt werden können. Ende 2011 begann die Arbeitsgruppe, eine Umfrage zu entwickeln, um zukünftige Aktivitäten wie Veröffentlichung von Handbüchern und Benchmarks sowie Schulungen, Arbeitstagungen und Seminare besser planen und priorisieren zu können. Die Fragen waren so konzipiert, dass die Arbeitsgruppe ein gutes Verständnis über die typische Anwendung von Berechnungsverfahren für Verbundstrukturen erhalten konnte. Zusätzliche Fragen sollten die aktuellen Probleme des Ingenieurs in der numerischen Simulation verdeutlichen. Einladun-

gen zur Teilnahme an der Umfrage wurden an alle NAFEMS Mitglieder verschickt. Ferner setzten sich die Mitglieder der Arbeitsgruppe mit Kollegen, Software-Entwicklern und -Anbietern, sowie technischen Organisationen wie CMH-17 und ASTM Ausschuss D30 für Verbundmaterialien in Verbindung, um eine möglichst hohe Zahl von Umfrageteilnehmern zu erreichen.

Die eigentliche Umfrage wurde mittels SurveyMonkey im Februar und März 2012 durchgeführt. Bis zum Abschluss der Umfrage (16. April 2012) hatten 385 Personen teilgenommen. Die Einzelergebnisse wurden vertraulich behandelt. Die Teilnehmer, die während der Umfrage eine Email Adresse hinterlassen hatten, erhielten im Juni 2012 eine automatisch erstellte Zusammenfassung.

Diese Zusammenfassung ist nun auch über die Webseite der Composites Working Group www.nafems.org/about/tech/composites/downloads/ allgemein zugänglich. Mitglieder der Arbeitsgruppe erstellten ferner einen ausführlichen Bericht mit einer detaillierten Analyse der Umfrageergebnisse [7].

Der Bericht ist über NAFEMS zu beziehen:
www.nafems.org/publications/browse_buy/browse_by_topic/reviews/r0112/

Der Bericht enthält zudem eine Zusammenfassung der Schlussfolgerungen, die aus der Umfrage gezogen wurden. Mit Hilfe dieser Schlussfolgerungen hat die Composites Working Group Prioritäten gesetzt und folgende zukünftige Ziele definiert:

- > Erstellung eines Leitfadens für die Bestimmung von Material-Eingabedaten, die für Berechnungsmodelle benötigt werden.
- > Erstellung eines Handbuchs für die Modellierung der Schädigung von Verbundstrukturen basierend auf den Ergebnissen der World Wide Failure Exercises [8-10].
- > Umfassende Übersichtsartikel in der Zeitschrift Benchmark zu speziellen Themen wie Modellierung des Herstellungsprozesses, statische Versagenskriterien und Optimierung.
- > Kurze Berichte in der Zeitschrift Benchmark, um neue und sich abzeichnende Interessensgebiete wie Berechnung von Crashvorgängen, Simulation des Brandverhaltens und Quantifizierung und Reduktion von Unsicherheiten (UQ) vorzustellen.

Die Composites Working Group plant ferner das bereits bestehenden Kursmaterial und ältere Veröffentlichungen zu überprüfen und gegebenenfalls zu überarbeiten. Zudem ist ein neuer Weiterbildungskurs vorgesehen, der die aktuellen Entwicklungen zur Berechnung von Verbundstrukturen umfasst.

Die Composite Working Group ist offen für eine Erweiterung um Mitglieder aus anderen Regionen der Erde und Experten aus neuen Forschungsgebieten der Verbundstrukturen. Ferner plant die Arbeitsgruppe, existierende Kontakte mit internationalen Organisationen und Berufsvereinigungen, die ein Interesse an Verbundstrukturen haben, zu erweitern und zu vertiefen.

[1] I.C. Taig, Finite Element Analysis of Composite Materials, NAFEMS Publication R0003, 1992.

[2] S. Hardy, Composite Benchmarks, NAFEMS Publication R0031, 2001.

[3] W. Marsden & D.J. Irving, How To Analyse Composites, NAFEMS Publication HT25, 2002.

[4] G. A. O Davies, Benchmarks For Composite Delamination, NAFEMS Publication R0084, 2002.

[5] Peter Hopkins, Benchmarks for Membrane and Bending Analysis of Laminated Shells: Part 1, NAFEMS Publication R0092, 2005.

[6] Peter Hopkins, Benchmarks for Membrane and Bending Analysis of Laminated Shells: Part 2, NAFEMS Publication R0093, 2005.

[7] THE NAFEMS COMPOSITES SURVEY, NAFEMS publication R0112, 2014

[8] M.J. Hinton, A.S. Kaddour and P.D. Soden, Failure Criteria In Fibre Reinforced Polymer Composites: The World-Wide Failure Exercise, published by Elsevier Science Ltd, Oxford, UK, 2004.

[9] M.J. Hinton and A.S. Kaddour, The Background to the Second World-Wide Failure Exercise (WWFE-II), Journal of Composite Materials , vol. 46, pp. 2283–2294, 2012.

[10] A.S. Kaddour, M.J. Hinton, S. Li and P.A. Smith, The background to the Third World-Wide Failure Exercise (WWFE-III), submitted to Journal of Composite Materials, 2013.

Für weitere Information steht Ian Symington, Technical Officer im NAFEMS Büro zur Verfügung: ian.symington@nafems.org

Zusammenfassung der Umfrage:
www.nafems.org/about/tech/composites/downloads/

Umfragebericht:
www.nafems.org/publications/browse_buy/browse_by_topic/reviews/r0112/



Membership to suit you

NAFEMS offers several membership options to suit all of those within the engineering analysis community:

Site membership

A full range of benefits for larger corporations based at one location

NAFEMS site membership provides multiple benefits to your analysis team, including:

- A publication library including your chosen NAFEMS textbooks, reports, how-to guides and benchmarks
- Copies of all new publications as and when they are produced
- Places at a choice of seminars, held regularly and internationally each year
- Benchmark magazine subscription
- Heavily discounted seminars, training courses, e-learning courses and conferences
- Access to members area of the NAFEMS website which gives access to technical papers, seminar proceedings and more
- Networking opportunities with more than 1000 member companies
- Unrivalled exposure of your company within the engineering analysis arena

Corporate membership

Tailored membership for large companies with multiple locations

The very nature of analysis and simulation is constantly changing as companies expand globally to meet the needs of an exponentially growing user base. Multinational corporations are at the forefront of analysis technology, and require much more from NAFEMS than standard benefits for one location.

In response to this, NAFEMS has developed a corporate membership model, aimed specifically at large multinational companies who need to share the benefits of membership over many physical locations.

Corporate Membership is tailored specifically to meet the needs of your company. This allows you to create your own NAFEMS membership which gives your company the benefits you need.

Small company membership

Cost-effective membership for small to medium sized enterprises

NAFEMS recognises that being a small company has its own unique set of circumstances. This is why we can offer a cost-effective option for smaller companies with a limited budget.

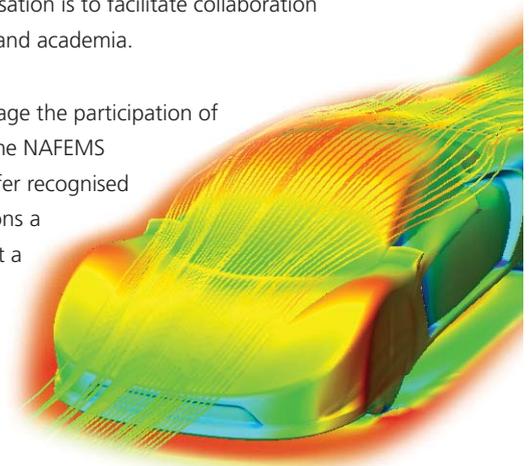
Small Company Membership is tailored to the specific needs of small to medium sized enterprises, and can also be appropriate in areas without a NAFEMS Regional Group.

Academic membership

Offering the benefits of site membership to recognised academic institutions

NAFEMS has always worked extremely closely with the academic arena since its formation and one of the key roles of the organisation is to facilitate collaboration between industry and academia.

In order to encourage the participation of academia within the NAFEMS community, we offer recognised academic institutions a site membership at a reduced rate.



www.nafems.org/involved



NWCC

NAFEMS WORLD CONGRESS 2015

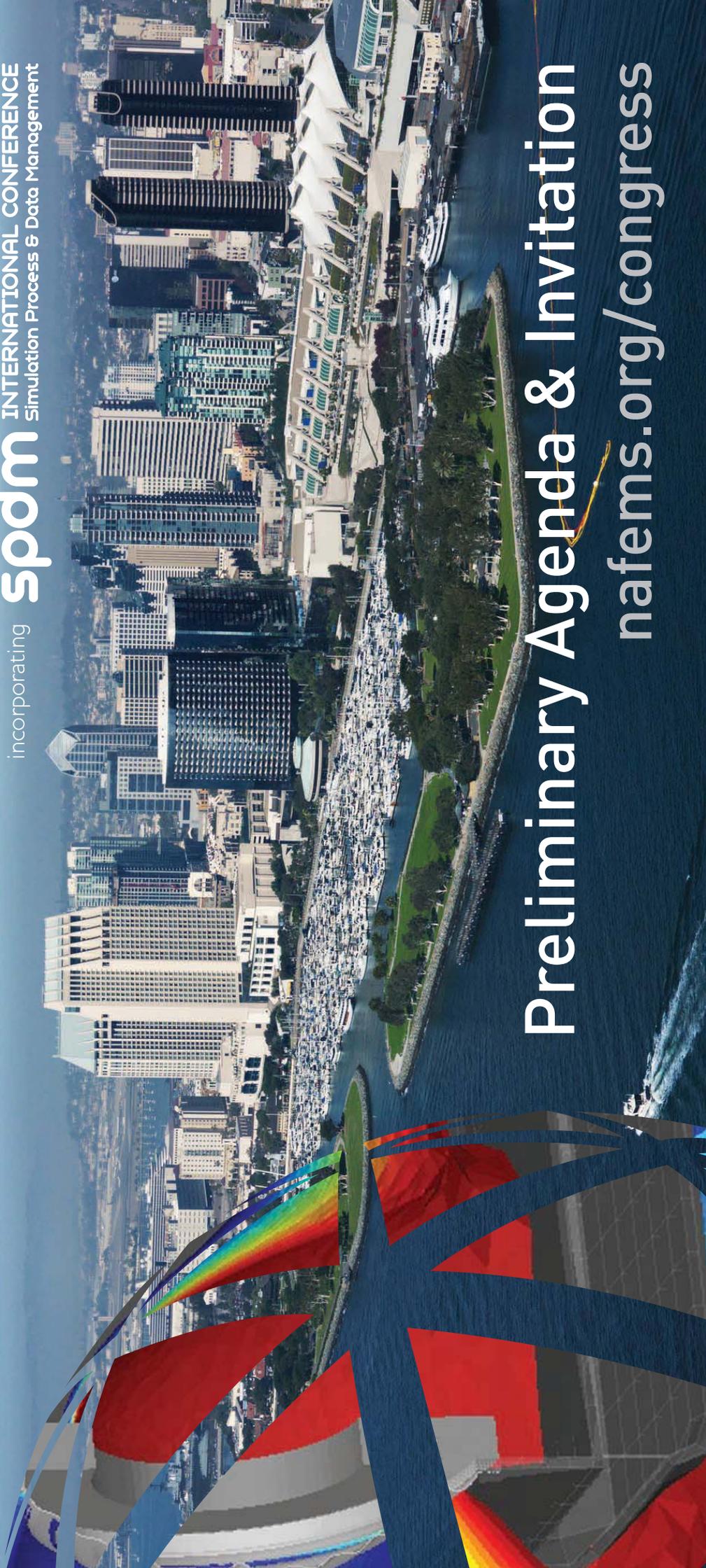


21-24 JUNE | SAN DIEGO | CALIFORNIA | USA

A WORLD OF ENGINEERING SIMULATION

incorporating **spdm** INTERNATIONAL CONFERENCE
Simulation Process & Data Management

Preliminary Agenda & Invitation
nafems.org/congress





NWC

NAFEMS WORLD CONGRESS



2015

21-24 JUNE | SAN DIEGO | CALIFORNIA | USA

A WORLD OF ENGINEERING SIMULATION

Engineering analysis, modeling and simulation never stands still. The pace of change in software, hardware, techniques and best practice has been staggering in the past ten years alone, and the community driving that change continues to grow and develop to encompass every part of the product development process.

How do we, as a community, keep up with this growth? How do we ensure that our knowledge, processes, tools and corporate culture are best placed to take advantage of the continued evolution in simulation technology?

There is a new world of simulation out there, and its home is at the NAFEMS World Congress 2015. NAFEMS is the only independent, international organization dedicated exclusively to everyone involved in engineering analysis, simulation, modeling, and we want you to be a part of it.

The 2015 World Congress will take place from June 21st-24th 2015 in San Diego, California, and will focus entirely on simulation and its impact on industry and beyond. NAFEMS is the independent voice of the CAE community, representing over 1100 member organizations worldwide including prominent software vendors, global manufacturing industry and leading academic institutions.

NWC15 promises to be the premier international forum for everyone involved in the industry. With dedicated tracks on all aspects of simulation, discussion sessions, workshops and training courses, an outstanding social program and an excellent lineup of keynote and invited speakers, this is one event you cannot afford to miss.



spdm

INTERNATIONAL CONFERENCE
Simulation Process & Data Management

OneRegistration TwoConferences

The World Congress will also host the 2nd International Conference on Simulation Process and Data Management. After an astounding response to the first event in Salzburg, Austria in 2013, this ground-breaking event will bring together industrial users, technology experts, academics and software vendors alike, allowing all those with an interest to take part in the only truly independent, international forum dedicated to SPDM. Attendees, speakers and exhibitors have free access to both events under one registration.

Congress Registration Fees

NAFEMS Members	\$1250
Presenting Authors	\$1250
Non NAFEMS Members	\$1550

Keynote Speakers

NAFEMS is delighted to announce the first keynote presentations for the 2015 World Congress, as well as a series of invited presentations. To complement the outstanding program of technical papers, workshops, discussion groups and training courses, the line-up of keynote and invited speakers is equally as strong, including experts and class-leaders in industry and academia from around the world.



Ferdinand Dirschmid **BMW Group** **The CFRP Lightweight Structure** **of the BMW i8**

Dr.-Ing. Ferdinand Dirschmid has been part of BMW Group in Munich, Germany since 2000. Having held various leading positions in the fields of structural design and passive safety, since 2010 Ferdinand has been responsible for structural design within "BMW i" (i3 and i8), which the company describes as "an all-encompassing, groundbreaking concept for sustainable mobility".



Zlatko Penzar **Continental AG** **How Small (but fine) Simulations** **can also Radically Improve** **Industrial Products**

Dr. Zlatko Penzar has been active in the field of CAE at Continental AG since 1991, and is currently a Senior Expert for Mechatronic Simulation. His role focusses on the simulation of new mechatronic brake systems, specifically system performance and its coupling to vehicle dynamics, and component properties such as hydraulic, mechanical, thermal, electro-magnetic and sensors.



Johan Jergeus **Volvo Cars** **Safety CAE in the Development** **of the All New Volvo XC90**

Since 1998, Dr. Johan Jergeus has been working with Crashworthiness and Safety CAE at Volvo Cars Safety Centre. He worked with roof crush resistance and rear impact in the previous generation of V70 and S60 and was responsible for frontal impact CAE in the recently discontinued XC90. He is currently Technical Specialist with responsibility for all method development within Crashworthiness and Safety CAE.



Klaus-Jürgen Bathe **Massachusetts Institute of** **Technology** **Advanced Finite Element Analysis** **and its Future**

Klaus-Jürgen Bathe is Professor of Mechanical Engineering at M.I.T. He teaches and performs research in the areas of applied and computational mechanics of structures, fluids, and electromagnetics. He is also the Founder of ADINA R & D, Inc. where he leads the development of the ADINA system. He has been honored by ASME, ASCE, U.S. National Academy of Engineering, M.I.T. for his achievements and for bridging the gap between academia and industry.



Ahmed Noor **Old Dominion University** **Potential of Cognitive Computing for** **Engineering Analysis and Design**

Dr. Ahmed Noor has taught at numerous highly prestigious academic institutions including Stanford University, Cairo University, University of Baghdad, the University of New South Wales, George Washington University and the University of Virginia before joining Old Dominion University. Dr. Noor was also adjunct Professor of Mechanical and Aerospace Engineering, University of Florida, and the Florida Space Research Institute Distinguished Scholar of Advanced Learning Systems.



Walter Schmidt, P.E. **Stryker Orthopaedics** **The Drive to make Healthcare** **Better One Patient at a Time -** **Challenges and Opportunities for** **Modeling and Simulation**

Walter Schmidt is a Senior Manager of the Modeling & Simulation group within the Advanced Technology department at Stryker Orthopaedics. He is currently a co-chairman of the American Society of Testing & Materials International (ASTM) "FEA in Orthopaedics" subcommittee, which is dedicated to the development of finite element analysis procedural standards for orthopaedic implants used in Food and Drug Administration (FDA) device submissions.



Peter Coleman **Airbus Operations** **Reflections on SPDM for** **collaborative, multidisciplinary and** **agile Aircraft Product Development**

Peter joined Airbus in 1999. His current role in the Airbus Engineering Research and Technology organisation has a focus on next generation aircraft design definition and evaluation capabilities. This includes PLM, DMU, multi-physics and systems modelling & simulation technologies, as well as related interoperability standards and ICT infrastructure.

Invited Speakers

Costas Stavriniadis, European Space Agency, ESTEC

Dennis Nagy, BeyondCAE

David Fitzsimmons, Airbus Operations

Joe Walsh, intrinSIM

Louis Komzsis, Siemens PLM

U. Chandrasekhar, Institution of Engineers (India)

Pre-Congress**09:30 - 11:00**

Structural Optimization in FE Analysis
CFD for Structural Designers and Analysts

08:30**Welcome:**

Costas Stavrinidis, NAFEMS Chairman
Steve Levine, Dassault Systèmes, USA

Keynote Presentation:

Ferdinand Dirschmid, BMW Group, GER

Invited Presentation:

Dennis Nagy, BeyondCAE, USA

Keynote Presentation:

Klaus-Jürgen Bathe, Massachusetts Institute of Technology, USA
Peter Coleman, Airbus Operations Ltd., GBR

Invited Presentation:

U. Chandrasekhar, Institution of Engineers, IND

12:00 - 13:30

Composites FE Analysis

Introduction to Practical CFD

Introduction to SPDM

Session 1**13:30 - 15:15**

1A CFD 1

1B Dynamics 1

1C Composites 1

1D Optimization 1

1E Multiphysics 1 - Electro Mechanical / Electro Thermal

1F Systems Engineering 1

1G Emerging Issues

1H Analysis Management 1 - Building Confidence

1J Forum 3D-Printing / Additive Manufacturing

1K SPDM 1 - Introduction / Applications

Training Courses:

Simulation V&V for Managers

Practical Modeling of Joints & Connections

16:30 - 18:00

Simulation V&V for Managers

15:00

Registration Opens

Session 2**16:00 - 17:45**

2A CFD 2 - Industrial Applications

2B Dynamics 2

2C Composites 2 / Multiscale

2D Fracture & Fatigue 1

2E Stochastics 1 - Uncertainty Management

2F Systems Engineering 2

2G Manufacturing 1

2H Analysis Management 2 - V&V

2J Impact 1

2K SPDM 2 - Automotive

Training Courses:

Dynamic FE Analysis

CFD for Structural Designers and Analysts

19:00 Congress & Exhibition Opening

20:00 - 21:00 NAFEMS Member Meeting

Please note that the official opening of the congress is at 19:00 on Sunday 21st of June.

The optional training courses on Sunday are being offered as an additional free service on a first-come, first served basis to delegates.

18:30 Optional Dinner

08:30

Keynote Speaker: Zlatko Penzar, Continental AG, GER
Keynote Speaker: Ahmed Noor, Old Dominion University, USA
Invited Presentation: Costas Stavrinidis, European Space Agency, ESTEC, NED
Invited Presentation: Joe Walsh, intrinSIM, USA

08:30

Keynote Speaker: Johan Jergeus, Volvo Car Corporation, SWE
Keynote Speaker: Walter Schmidt, Stryker Orthopaedics, USA
Invited Presentation: David Fitzsimmons, Airbus Operations, GER
Invited Presentation: Louis Komzisk, Siemens PLM, USA

Session 3

11:00 - 12:25

- 3A CFD 3 - Industrial Applications
- 3B Multibody Simulation 1
- 3C Composites 3 - Failure
- 3D Computational Structural Mechanics
- 3E Multiphysics 2
- 3F High Performance Computing 1
- 3G Business Issues 1
- 3H ASME V&V
- 3J Forum 3D-Printing / Additive Manufacturing
- 3K SPDM - Vendor 1

Training Courses:

Structural Optimization in FE Analysis
 Introduction to Practical CFD

Session 4

13:30 - 14:55

- 4A Acoustics
- 4B Multibody Simulation 2
- 4C Composites 4 - Fibre-Reinforced
- 4D Impact 2
- 4E Multiphysics 3
- 4F High Performance Computing 2
- 4G CAE Driven Product Design
- 4H Simulation Governance
- 4J Forum 3D-Printing / Additive Manufacturing
- 4K SPDM - Aerospace

Training Courses:

Simulation V&V for Managers
 Fatigue & Fracture Mechanics in FE Analysis

Session 7

11:00 - 12:45

- 7A CFD 5 - V&V
- 7B Materials
- 7C Optimization 2
- 7D Joints 1
- 7E Preprocessing 1
- 7F Stochastics 2 - Uncertainty Characterization
- 7G Discussion: Analysis Management
- 7H Methods 1
- 7J Forum 3D-Printing / Additive Manufacturing
- 7K SPDM Workshop - Part 1

Training Course:

Nonlinear FE Analysis
 Elements of Turbulence Modeling

Session 5

15:35 - 17:00

- 5A Premium Sponsor: Dassault Systèmes Simulia
- 5B Gold Sponsor: Ansys
- 5C Gold Sponsor: Siemens PLM Software
- 5D Gold Sponsor: Altair Engineering
- 5E Silver Sponsors: Autodesk / MSC Software
- 5F High Performance Computing 3 - Cloud
- 5G Life Sciences
- 5H Stochastics 2 - Discussion
- 5J Forum 3D-Printing / Additive Manufacturing
- 5K SPDM - Sponsors: Esteco / Front End Analytics

Session 6

17:40 - 19:05

- 6A CFD 4 - Confidence in Results
- 6B Multibody Simulation 3
- 6C High Performance Computing 4 - Cloud
- 6D Fracture & Fatigue 2
- 6E Education & Training
- 6F Systems Engineering 3
- 6G Premium Sponsor: Dassault Systèmes Simulia
- 6H Geometry Interaction with Simulation
- 6J SPDM - CAE Driven Design
- 6K SPDM - Vendor 2

Training Course:

Composite FE Analysis

Session 8

13:45 - 15:30

- 8A CFD 6 - Thermal
- 8B Fracture & Fatigue 3
- 8C Manufacturing 2
- 8D Optimization 3
- 8E Joints 2
- 8F Preprocessing 2
- 8G Methods 2
- 8H Dynamics 3
- 8J Business Issues 2
- 8K SPDM Workshop - Part 2

Training Course:

Finite Element Analysis of Rotating Structures

20:00 Gala-Dinner USS Midway

15:45 Best Papers Awards Manfred Zehn (Vice Chairman of NAFEMS Council / TU Berlin)

Wrap-up & Farewell by Rod Dreisbach (Chairman NAFEMS Americas / Boeing, USA)

16:00 End of Congress



Monday 22nd June 11:25

INTERNATIONAL CONFERENCE
Simulation Process & Data Management

SPDM Keynote: Peter Coleman, Airbus Operations Ltd

Reflections on SPDM for collaborative, multidisciplinary and agile Aircraft Product Development

Monday 22nd		Tuesday 23rd		Wednesday 24th	
Session 1K 13:30 - 15:15 SPDM 1 Introduction / Applications	Session 2K 16:00 - 17:45 SPDM 2 Automotive	Session 3K 11:00 - 12:25 SPDM 3 Vendor 1	Session 4K 13:30 - 14:55 SPDM 4 Aerospace	Session 5K 15:35 - 17:00 SPDM 5 Sponsors Esteco Front End Analytics	Session 6J/K 17:40 - 19:05 SPDM 6 Vendor 2 SPDM 7 CAE Driven Design
Session 1J 13:30 - 15:15		Session 3J 11:00 - 12:25	Session 4J 13:30 - 14:55	Session 5J 15:35 - 17:00	Session 6J 17:40 - 19:05
Session 1K 13:30 - 15:15 SPDM 1 Introduction / Applications	Session 2K 16:00 - 17:45 SPDM 2 Automotive	Session 3K 11:00 - 12:25 SPDM 3 Vendor 1	Session 4K 13:30 - 14:55 SPDM 4 Aerospace	Session 5K 15:35 - 17:00 SPDM 5 Sponsors Esteco Front End Analytics	Session 6J/K 17:40 - 19:05 SPDM 6 Vendor 2 SPDM 7 CAE Driven Design
Session 7J 11:00 - 12:45		Session 7J 11:00 - 12:45		Session 7J 11:00 - 12:45 SPDM 8 Workshop - Part 1	Session 8K 13:45 - 15:30 SPDM 9 Workshop - Part 2



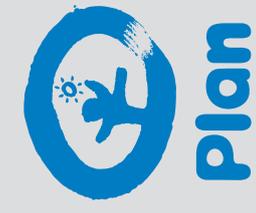
Forum: Additive Manufacturing and 3D Printing in Design and Engineering

• Opportunities • Challenges • Benefits • Applications • Constraints

Monday 22nd June 11:50

Invited Presentation: U. Chandrasekhar, Institution of Engineers (India)

3D Printed Components for Quick Validation and Verification of FEM and CFD results - Case Studies of Complex Aeronautical Systems



The Heart of NAFEMS

For over 30 years, NAFEMS has been at the very heart of the simulation community. Our members come from all walks of life, from every corner of the globe. As an international, non-profit association, NAFEMS wants to look further than our own membership, and actively contribute to society at large.

This is why, starting at NWC15, NAFEMS will be raising funds for Plan International, a charitable organisation which aims to help deprived children throughout the world. In 51 countries in Africa, Asia and Latin America, Plan International implements self-help

projects in the domains of education, health, child protection, participation, micro finance and disaster risk management.

The programs are all based on the UN Convention on the Rights of the Child. All of the projects are child-centred. Children are partners with equal rights and participate in all the phases of project planning and implementation. This approach contributes to effectively promoting independence, own initiative and self-confidence from the very beginning. **Find out more at nafems.org/heart**

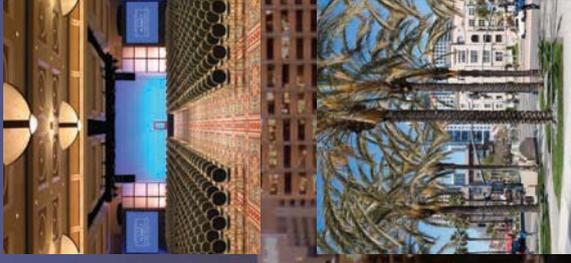
venue

Manchester Grand Hyatt, San Diego

1 Market Place, San Diego, California, USA, 92101
manchestergrand.hyatt.com



tripadvisor Certificate of Excellence Winner 2013



Experience San Diego hotel living on a grand scale at the Manchester Grand Hyatt San Diego. The best of San Diego is right outside your door. Wake to the sun sparkling off San Diego Bay, indulge in breakfast on the boardwalk, then head out to Seaport Village or enjoy a coastal cruise, a walk through the Gaslamp Quarter or a day at San Diego Zoo, SeaWorld or Balboa Park.

And when it's time to get down to business at the NAFEMS World Congress, no hotel does it better than Manchester Grand Hyatt. This award-winning luxury hotel in San Diego was recently named one of the "Best Meeting & Conference Hotels in the U.S." by Groups International, and has garnered over 36 awards for excellence.

Book at the NAFEMS preferential rate only at nafems.org/congress/venue



Short Training Courses

As part of the NAFEMS World Congress 2015, attendees will have access to many training courses being held over the course of the congress. These courses will be taken by NAFEMS tutors, and cover topics as diverse as Non-Linear Analysis, FEA for Managers, Practical CFD and Elements of Turbulence Modelling.

Attendees must book their place on these courses in advance by registering at

nafems.org/congress

Please note that the official opening of the congress is at 19:00 on Sunday 21st of June.

The optional training courses on Sunday are being offered as an additional free service on a first-come, first served basis to delegates.

09:30 - 11:00

Structural Optimization in FEA **Tony Abbey**

This short over-view course is a condensed version of the standard NAFEMS training course on the topic. The objective of this course is show you a broad overview of the range of FEA based tools available and what the methods and specializations of each encompass. Plentiful hints and tips will demonstrate powerful ways to use these methods. The goal is to achieve meaningful structural optimization in support of the most effective products.

CFD for Structural Designers and Analysts **Kamran Fouladi**

This course aims to introduce the essential principles of fluid dynamics, important flow phenomena, and basics of CFD process to structural engineers and how CFD can be beneficial for their multidisciplinary problems.

12:00 - 13:30

Composite FEA **Tony Abbey**

Due to the nature of the composite the stress components can include many more terms than a conventional metallic material for example. Whatever the nature of the challenge, this objective of this course is to break down the composite analysis process into clearly defined steps, give an overview of the physics involved and show how to successfully implement practical solutions using Finite Element Analysis.

Introduction to Practical CFD **Kamran Fouladi**

This course provides a view into practical application of CFD in real life applications and the challenges faced due to presence of turbulence, heat transfer, phase changes, and movement of boundaries. Through a simple and moderately technical approach, this course covers topics such as the role of CFD, basic formulation, governing equations and use of model equations, steps in CFD process, need for turbulence modeling, and CFD best practices.

Introduction to SPDM **Peter Bartholomew**

This session will provide an overview to the fundamentals of Simulation Data Management. It will serve equally well as a basic introduction to those that are new to the technology, and a refresher for those who already have an elementary understanding of the concepts. It will provide an excellent foundation for delegates intending to attend aspects of the SPDM conference.

14:30 - 16:00

Fatigue & Fracture Mechanics in FEA **Tony Abbey**

The objective of this course is to break down the fatigue analysis process into clearly defined steps, give an overview of the physics involved and show how to successfully implement practical solutions using Finite Element Analysis.

Elements of Turbulence Modeling **Kamran Fouladi**

The objective of turbulence modelling is to develop equations that will predict the time-averaged velocity, pressure, and temperature fields without calculating the complete turbulent flow pattern as a function of time.

Introduction to Business Value from Simulation Data Management - NAFEMS White Paper **Mark Norris, Peter Bartholomew**

There are many strategies that companies can deploy when looking to implement an SDM solution. The NAFEMS SDM Working Group has developed and published a White Paper which has the clear objective of helping engineers to understand and to communicate the business value of SDM to their organisation. This short training session will provide a summary of the White Paper and an interpretation of its key messages.

16:30 - 18:00

Simulation Verification & Validation for Managers **Jean-Francois Imbert**

This course provides an overview of simulation V&V for managers confronted with simulation-based decisions. It highlights the importance of simulation V&V in demonstrating simulation credibility in industrial contexts. It introduces the foundations of simulation V&V in line with current standards, relationships with product V&V, benefits for industrial organizations, implementation issues, and recommended practises.

Monday 22nd June

13:30 – 15:15

Simulation Verification & Validation for Managers

Jean-Francois Imbert

This course provides an overview of simulation V&V for managers confronted with simulation-based decisions. It highlights the importance of simulation V&V in demonstrating simulation credibility in industrial contexts. It introduces the foundations of simulation V&V in line with current standards, relationships with product V&V, benefits for industrial organizations, implementation issues, and recommended practises.

Practical Modeling of Joint and Connections

Tony Abbey

Most structures involve some form of jointing or connection. Traditional fabricated structures have used many thousands of bolts and rivets to connect components together in a continuous manner, in the case of ships and aircraft the total can run into millions. The objective of this course is to review the various connection and joint technologies in use and give an overview of the physics involved and show how to successfully implement practical solutions.

16:00 – 17:45

Dynamic FEA

Tony Abbey

Based on the highly successful Basic and Advanced Dynamic FE Analysis e-learning courses, this combined short course will examine the breaking down of the dynamic problem into clearly defined steps.

CFD for Structural Designers and Analysts

Kamran Fouladi

This course aims to introduce the essential principles of fluid dynamics, important flow phenomena, and basics of CFD process to structural engineers and how CFD can be beneficial for their multidisciplinary problems.

Tuesday 23rd June

11:00 – 12:25

Structural Optimization in FEA

Tony Abbey

This short over-view course is a condensed version of the standard NAFEMS training course on the topic. The objective of this course is show you a broad overview of the range of FEA based tools available and what the methods and specializations of each encompass. Plentiful hints and tips will demonstrate powerful ways to use these methods. The goal is to achieve meaningful structural optimization in support of the most effective products.

Introduction to Practical CFD

Kamran Fouladi

This course provides a view into practical application of CFD in real life applications and the challenges faced due to presence of turbulence, heat transfer, phase changes, and movement of boundaries. Through a simple and moderately technical approach, this course covers topics such as the role of CFD, basic formulation, governing equations and use of model equations, steps in CFD process, need for turbulence modeling, and CFD best practices.

13:30 – 14:55

Composite FEA

Tony Abbey

Due to the nature of the composite the stress components can include many more terms than a conventional metallic material for example. Whatever the nature of the challenge, this objective of this course is to break down the composite analysis process into clearly defined steps, give an overview of the physics involved and show how to successfully implement practical solutions using Finite Element Analysis.

Fatigue & Fracture Mechanics in FEA

Tony Abbey

The objective of this course is to break down the fatigue analysis process into clearly defined steps, give an overview of the physics involved and show how to successfully implement practical solutions using Finite Element Analysis.

17:40 – 19:00

Simulation Verification & Validation for Managers

Jean-Francois Imbert

This course provides an overview of simulation V&V for managers confronted with simulation-based decisions. It highlights the importance of simulation V&V in demonstrating simulation credibility in industrial contexts. It introduces the foundations of simulation V&V in line with current standards, relationships with product V&V, benefits for industrial organizations, implementation issues, and recommended practises.

Wednesday 24th June

11:00 – 12:45

Nonlinear FEA

Tony Abbey

Many problems facing designers and engineers are nonlinear in nature. The response of a structure cannot be simply assessed using linear assumptions. Nonlinear behaviour can take many forms and can be bewildering to the newcomer. All physical systems in the real world are inherently nonlinear in nature. One of the most difficult tasks facing an engineer is to decide whether a nonlinear analysis is really needed and if so what degree of nonlinearity should be applied. This short-course will examine these issues, and look at the best ways of dealing with these problems.

Elements of Turbulence Modeling

Kamran Fouladi

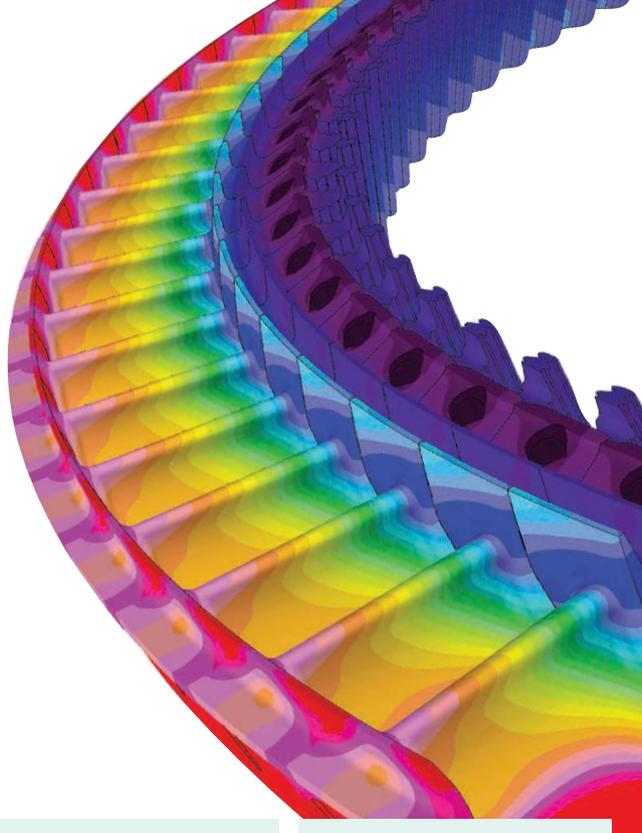
The objective of turbulence modelling is to develop equations that will predict the time-averaged velocity, pressure, and temperature fields without calculating the complete turbulent flow pattern as a function of time.

13:45– 15:30

Finite Element Analysis of Rotating Structures

Louis Komzsik

Rotational dynamics of flexible bodies with irregular shapes, such as propeller and turbine blades, requires FEA techniques, and this course covers the theoretical foundation and engineering application of the analysis of these structures.



Welcome – Plenary Presentations

- 08:30 Opening / Welcome
- 09:00 Sponsor Presentation: CAE Comes of Age: Realistic Simulation Powers Innovation
- 09:15 Keynote Presentation: The CFRP Lightweight Structure of the BMW i8
- 09:40 Invited Presentation: Engineering Simulation: The Road Ahead
- 10:00 Break
- 11:00 Keynote Presentation: Advanced Finite Element Analysis and its Future
- 11:25 Keynote Presentation: Reflections on SPDM for Collaborative, Multidisciplinary and Agile Aircraft Product Development
- 11:50 Invited Presentation: 3D Printed Components for Quick Validation and Verification of FEM and CFD Results

K.-J. Baïthe (Massachusetts Institute of Technology, USA)
 P. Coleman (Airbus Operations Ltd., GBR)
 U. Chandrasekhar (Insitution of Engineers, IND)

Lunch break

- 13:30 **1A CFD 1**
- Improvements of an Air-Liquid Interface In-Vitro Testing Method for Inhalable Compounds Using CFD-Methods
 C. Brodbeck, D. Ritter, J. Knebel (Fraunhofer SCAI, GER)
- A Mixed Hybrid Finite Volume Scheme for Incompressible Navier-Stokes
 M. Oriani (ESI Group, FRA / University of London, GBR); G. Pierrot (ESI Group, FRA)
- Implementation of a Surface-to-surface UV Radiation Model into a Commercial CFD Package
 M. Benke (BHR Group, GBR)
- Novel Transient Solution to Rotating Region Problems in a Finite-Volume CFD Solver
 J. Galliera (Dassault Systèmes SolidWorks Corp., USA); J. C. Watson (Mentor Graphics Corp., USA)
- Development of Validated CFD Methodology for Modelling of Pick Up Pipe with Screen
 R. Chechare, S. Pachipandi, J. Madhavani, S. Jakkani (Eaton, IND); K. Westwood (Eaton, GBR)

- 13:30 **1B Dynamics 1**
- Three-Dimensional Vibration Isolator for Suppressing High-Frequency Responses for Sage III Contamination Monitoring Package (CMP)
 Y. Li, S. C. Light, R. Dyke, J. Templeton, J. Gasbois, F. Novak (NASA Langley Research Center, USA)
- Accurate Estimation of Peak von Mises Stress and Composite Failure Metrics in Random Simulation
 J. Desfossez, P. Tremblay (MAYA HT, CDN); A. MacLean (McGill University, CDN)
- Fatigue Life From Sine-On-Random Excitations
 F. Klum (IBM-nCode Products, FRA); A. Hoffpenny (IBM-nCode Products, GBR)
- Finite Element Simulation of Rotary Steerable Drilling Systems Advance Understanding of Damaging downhole Shock and Vibration
 N. Abedatbo, L. A. Lines (Weatherford, USA)
- Coupled Facility/Payload Vibration Modeling Improvements
 T. Camahan (NASA-GSFC, USA); M. Kaiser (ASRC Federal Space and Defense, USA)

- 13:30 **1C Composites 1**
- Composite Structures Optimization Including Non-Linear Analysis, Design and Manufacturing Considerations
 M. Buiyneeel, P. Morelle (Siemens PLM Software, BEL); L. Hudson (Siemens PLM Software, GBR); S. Giron (Airbus Civil Aircraft, FRA)
- A Computational Design Approach for Composite Structures at the Early Embodiment Design Stage
 D. Klein, W. Malezki, S. Wartzack (University of Erlangen-Nuremberg, GER)
- End to End Virtual Prototyping of Composite Materials in MAPIC3d P7 European Project: Application to Hybrid Thermoplastic Yarn for 3D Complex Shaped Thermoplastic Composite Structures
 A. Trameçon, M. Perim, Y. Duplessis Kergomard (ESI Group, FRA); E. Lamers (Recken BV, NED)
- Modeling and Performance Analysis of Aluminium Metal Matrix Composite Pistons by using CAE Tools
 L. R. Arun (Cambridge Institute of Technology, IND); S. K. N. Kulkarni (BITL Institute of Technology, IND)

- 13:30 **1D Optimization 1**
- Composite Materials Multi Objective Optimization of a Formula 1 Front Wing
 G. Korbetis, D. Drougkas (Beta CAE Systems, GRE)
- Optimizing Thermomechanical Strength of High-Load Turbochargers
 E. Rieder, P. A. Klumpp (Audi, GER); M. Weimer, F. Jurecka (Dassault Systèmes, GER)
- Multi-Strategy Intelligent Optimization Algorithm for Computationally Expensive CAE Simulations
 S. Costanzo, M. Engel (Esteco S.p.A., ITA); Z. Xue, S. Parashar (Esteco North America Inc., USA); C.-H. Chuang (Ford Motor Company, USA)
- Virtualizing the Flexible Hose Design Process
 P. Andry, J. Coloux, M. Buiyneeel (Siemens PLM Software, BEL)
- Automated Optimization Methodology Applied to Car External Aerodynamics for Aero-drag Reduction
 M. Corallo, A. Serra (Politecnico di Torino, ITA); M. D'Auria, R. drappallo (Noesis Solutions NV, BEL)

15:15 Break

- 16:00 **2A CFD 2 - Industrial Applications**
- Stall Prediction of the Piaggio Aerospace PiXX Aircraft using a Lattice-Boltzmann Method Solution
 D. M. Holman, Z. Abiza, R. Blonnaud (Next Limit Dynamics, ESP); G. Travostino (Piaggio Aerospace, ITA)
- Computational Analysis of Spray Injection Inside Quench Tower
 W. Kalata, K. J. Brown, R. J. Schick (Spraying Systems Co., USA)
- Evaluating Water Film and Radiation Modeling Technologies in CFD for Automotive Lighting
 G. Dumnov, A. Ivanov, A. Musaeov, M. Popov (Mentor Graphics Corp., RU); J. C. Watson (Mentor Graphics Corp., USA)
- Numerical Evaluation of a Gas Liquid Axial Cyclone Separator
 L. D. Pérez, H. Zambrano (PDVSA Intevep, VEN); M. Asuaje (Universidad Simón Bolívar, VEN)
- Three Dimensional CFD Simulation of Delay Tank for a Pool Type Research Reactor
 G. Verma, S. Sengupta, V. K. Velluri, S. Wammen, S. Bhattacharya (Bhabha Atomic Research Centre, IND)

- 16:00 **2B Dynamics 2**
- Use of FE Modal Simulation to Solve Vibration Problems in a Solid-Liquid Separation Centrifuge
 J. Fernando, P. Alves, R. Chune (AP Dynamics Inc., CDN)
- Modeling of Geometric Mistuning in Bladed Rotors
 N. Wagner, R. Hellrich (Ines GmbH, GER)
- Reliability Analysis of Heat Exchanger Fuel Cell for Life Improvement
 Y.-H. Jang, J.-M. Lee, B.-H. Ahn, J.-M. Ha, B.-K. Choi (Gyeongang National University, KOR); S.-H. Kim (Posco Energy Inc., KOR)
- High Fidelity Rotordynamic Analysis
 D. Kumar, P. R. Pamiul, H. Patel (MSC Software, USA)
- Analysis of Flexible Shaft – Boded Disks Rotating Systems based on Equivalent Axis-Symmetrical Models
 F. D'Ambrosio, N. Killi, P. Morelle (Siemens PLM Software, BEL); F. Hiss (Siemens AG, GER)

- 16:00 **2C Composites 2 / Multiscale**
- Progressive Damage and Nonlinear Analysis of Discontinuous Long-Fiber Thermoplastic Composites
 M. H. Klic, A. Khawaja (Greene, Tweed & Co., USA)
- Impact and Post Impact Delamination Evolution of Honeycomb Sandwich Structure
 F. Abai, M. R. Talagani, C. Godines, M. Villa (AlphaSTAR Corporation, USA); R. Vancey, H. Thomas (Altair Engineering Inc., USA)
- Fiber Reinforced Plastic Durability: From Material Microstructure to Structural Part Life Predictions
 B. Bidaine, L. Adam, K. Danielson, R. Assaker (Ic-xstream engineering, BEL); G. Robert, O. Moulinsjean (Solvay Engineering Plastics, FRA)
- Experimental Validation and Uncertainty Quantification of Partitioned Models
 G. Stevens, S. Alamiurtur (Clemson University, USA)
- Innovative Metal Forming Simulations Based on Hierarchical Multi-Scale Modelling
 P. Eyckens, J. Gawad, D. Roose, M. Seefeldt, P. Van Houtte, A. Van Bael (KU Leuven, BEL)

- 16:00 **2D Fracture & Fatigue 1**
- Simulation of Stable Ductile Tearing using Re-Mesh Techniques Coupled with Nodal Release Incorporating Constraint
 E. Hutchinson, T. London (TMI Ltd, GBR)
- Application to Crack Growth Correlation in Aeronautical Structures
 L. Rivero-Arevalo, J. Gómez-Escalonilla (Albus Defence & Space, ESP); A. Garcia, Y. Ramirez, D. Garpo (Sartan Engineering Services, ESP)
- Advanced Simulations for AGR Nuclear Power Plants' Structural Integrity
 P. Mariniuzzi, V. Iran, M. Benoi (University of Manchester, EDF Energy, GBR); A. Steer, N. McLachlan (EDF Energy Generation, GBR)
- Structural Assessment of the Partial Penetrated Welds in the ITER Magnet Support Structures
 C. Jong, N. Mitchell (ITER International Organization, FRA); K. Graf (Cadtem GmbH, GER) *
- Comparison of Different Local Stress Approaches for Fatigue Assessment of Subsea Equipment Based on Finite Element Analysis
 H. Almeida, A. M. Cathou, C. F. Bandeira (Techmp, BRA)

17:45 End of day 1

18:30 Optional Dinner

1F Systems Engineering 1

Predictive Evaluation of the Fuel Economy vs NVH Trade-Off using Simulation
M. Felice, J. Liu (Ford Motor Company, USA); J. Zeman, L. Forais Gómez (Gamma Technologies, USA); M. Pfaffen (Rmax Technology, GBR); W. Sun (MSC Software, USA)

A Primer on Model Based Systems Engineering
B. Brothens (Dassault Systemes Simulia Corp., USA)

Determination of Functional Intersections between Multiple Tolerance-Chains by the Use of the Assembly-Graph
F. Litwa, M. Gottwald, J. Forstmeier (Daimler AG, GER); M. Viefhaber (Saarland University, GER)

Model Based System Simulation of Mechanical Systems of Fighter Aircraft
S. Rangem, C.S. Ananda (Aeronautical Development Agency, IND)

Model Based Systems Engineering: Successful Requirements Development, System Design, Process Integration and Design Optimization for Systems Engineering
S. Kleiner, M. Krasel (sem engineering methods AG, GER)

1G Emerging Issues

Recent Advances in the Application of DEM to Discrete and Fractured Systems
P. Andrieux, T. V. Cruz, M. Fuenzalida, J. Furney, M. Pearce (Itasca Consulting Group, USA); M. A. Brossault, C. Dazacel, R. Le Coc (Itasca Consultants SAS, FRA); P. Davy (Université de Rennes, FRA); Y. Han (Shell Exploration and Production Company, USA); F. Zhang (Itasca, USA)

Modeling Sand and its Impact with Vehicle to Design Robust Vehicles
P. Khapane (Jaguar Land Rover, GBR); M. Bhagwan (Jaguar Land Rover, IND)

Modeling of Tires on Roads in Wintery Weather with Material Point Method
A. Clucas, P. Sannemy, E. Zhang, Y. Zhang (Oregon State University, USA)

Deep Water Wading Wimulation of Automotive Vehicles
P. Khapane, U. Ganeshwade, J. Senapathy (Jaguar Land Rover, GBR); I. Kaimykov, P. Bayrasy, K. Wolf (Fraunhofer Institut SCAI, GER)

New Methodologies Applied to Medium and High Energy Impact on Aeronautical Parts
J.R. Sainz de Aja, Y. Esso, F. Martin de la Escalera (Aermovva Engineering Division, ESP)

1H Analysis Management 1 - Building Confidence

Simulation-based Robust Design of a Mechanical Latch
F. Hemez (Los Alamos National Laboratory, MEX)

A Method for Assigning a Confidence Rating to Finite Element Analyses
S. Chelwynd (AWE PLC, GBR)

A Concept for FE Plausibility Checks in Structural Mechanics
T. C. Spruegel, M. Hollman, S. Wartzack (University of Erlangen-Nuremberg, GER)

Improving User Confidence in Structural Modelling
S. Hendry, R. Kanman, C. Kaethner (Arap, GBR)

1J - Forum 3D-Printing / Additive Manufacturing

Studies on Development of an Integrated Approach for Modelling the Annular Combustors of Aero Turbines
K.H. Reddy, B. C. M. Reddy, R. Arthurs, S. A. (Jawaharlal Nehru Technological University, IND); T. H. V. Nagajyuna (Er. Perumal Manimekalai College of Engineering, IND)

Variability in Mechanical Properties of ABS Parts Produced by Fused Deposition Modeling
M. Faes, B. van Hooreweder, Y. Wang, P. Lava, D. Moens (KU Leuven, BE)

Simulation Needs for 3D Printing
A. Vahinos (Advanced Engineering Solutions, USA)

Process Simulation of Additively Manufactured Fiber Reinforced Thermoplastic Vehicle
F. Abdi, F. Taghani, C. Godines, R. Dutton, S. DorMohammadi (AlphaSTAR Corporation, USA); V. Kunc, B. Compton, B. Post, S. Simunovic, C. Duly, L. Love, C. Blue (Oak Ridge National Laboratory, USA)

Mechanical Strength Validation Strategy for High Performance Additive Manufactured Material
S. Forsman, T. Mansson (GKN Aerospace Engine Systems, SWE)

Forum:

Additive Manufacturing and 3D Printing in Design and Engineering

2F Systems Engineering 2

Model-Learning for Power Consumption Simulation through Control Signals
P. Eberspacher, A. Techer (University Stuttgart, GER); A. Veit (Fraunhofer-Gesellschaft, GER)

Integrating Physical Interaction and Signal Flow Models with Systems Engineering Models
C. Beck, R. Barbau (National Institute of Standards and Technology, USA); I. Maria (Palo Alto Research Center, USA)

Simulation of Hydraulic Downhole Drilling Tool Validated with Experimental Data and Case Studies is used to Optimise Drilling Programmes and Conduct Design Sensitivity Analysis
V. Coveney, N. Holmes, I. Milson, D. Minetti-Smith (Wechertford, GBR)

State-Aware Calibration for Inferring Systematic Bias in Computer Models of Complex Systems
S. Atamturklu, A. Brown (Clemson University, USA)

Multi-attribute Balancing for Early Development Subsystem Target Setting
W. Dehardschulte (Siemens PLM Software, BEL)

2G Manufacturing 1

Application of the Lattice Boltzmann Method for Simulation of the Mold Filling Process in the Casting Industry
M. Szucki, J. S. Suchy, J. Leitlo, P. Malinowski (AGH University of Science and Technology, POL); J. Sobczyk (The Strata Mechanics Research Institute, POL)

Injection Heating Simulation for the Plastic Injection Molding Process
C. Kietzmann, D. Astbury (Autodesk Australia Pty Ltd, AUS); J. Felgentreu, S. Quilliet (Roctool, Savole Technolac, FRA); L. Chen (Autodesk ACRO, CHN)

Advances in Virtual Process Chain and Connection with On-Line Monitoring Methods for First Time Right Manufacturing of Thermoset Laminated Composites
C. Brauner, A. Miene, R. Gatzsch, A.S. Heimann (Bremen University, GER); F. Pascon, M. Bruyneel (Siemens PLM Software, BEL)

Development of Numerical Simulation Tool for Peer-Farming Process Parameters Optimization
Y. Esso, F. Marin, de la Escalera (Aermovva Engineering Division, ESP); M. Lasपाल, B. Heiman-dez-Gascón (ITAINNOVA Instituto Tecnológico de Aragón), E. García (NMF EUROPA (Aerometalia), ESP)

The Development and Application of E-Coating Prediction Technique for Chassis Part
I. Hong, B. Park, Y. Yoo (Hyundai Motor Company, KOR)

2H Analysis Management 2 - V&V

Foundations of Verification and Validation - A Logical Derivation from the Scientific Theory of Truth
J. Smith (Compusis, GBR)

A NAFEMS QS001 Compliant Analysis Management System - An Overview
M. Nuthal, S. Chelwynd (AWE plc, GBR)

Review of CAE/TEST Correlation and Prediction Level Based on Data
D. H. Kang, C. U. Kim (Hyundai-Motor, KOR)

Convergence Checks in the Presence of Nonmonotonic Convergence
J. Belsheim (Ansys, USA); G. Sinclair, L. A. Billich (Louisiana State University, USA)

Structural Components Based Verification Process for FEA Models
C. Teague (Saratech, USA); W. Van den Bos (Delft University of Technology, NED)

Development of Simulation Methodology for ICT in IPTe Fixture-Part 1: Experimental Validation of Structural Simulation Model in IPTe Fixture
A. Sasi, C. K. Ghosh, R. Ali (Robert Bosch Engineering and Business Solutions, IND)

2J - Impact 1

Hypervelocity Impact Simulation on Hard Ballistic Composites
M. May, T. Lässig (Fraunhofer-Institute for High-Speed-Dynamics, EM, GER)

Ballistic Impact Simulation of Conical and Blunt Projectiles Against Monolithic and Multi-Layered Target Configurations using an Integrated Numerical, Analytical and Experimental Approach
A. R. Tariq, W. Akram, H. A. Saeed (NUST, PAK)

An Overview of Crash and Impact Simulation at Airbus
B. Malherbe (Airbus Operations S.A.S, FRA)

Frugal Frontal Impact Crash Requirements Aided by Virtual Validation Tools
A. Malladi, S. Ungan, S. Kumar (M & M Ltd., IND)

Coupled Euler Lagrangian Analysis - Flexible Pipe - Seabed Interaction during Dropped Object Impact
A. E. Gill (Wild Well Control, USA)

Conference agenda subject to alterations.
* Subject to final review approval

Short Training Courses:

Simulation V&V for Managers

Practical Modeling of Joints & Connectors

Short Training Courses

Short Training Courses:

Dynamic FE Analysis

CFD for Structural Designers and Analysts

2K SPDM 2 - Automotive

Discussion Contribution: The Future of Simulation Collaboration in the Auto Industry
A. Diachun (Ford Motor Company, USA)

Meta Modelling of Body-in-White Processes as a Sustainable Knowledge Base during Series Production
A. Beckmann, M. Bohn (Daimler AG, GER); P. Gust (University Wuppertal, GER)

Discussion Contribution: A New Innovative Methodology of Simulation Process & Data Management in Hyundai Motors
K. R. Yoon (Hyundai Motors, KOR)

Development of Automated Durability Analysis System for Chassis Module
J. Koo (Hyundai Mobis, KOR)

Simulation Data Management in Ashok Leyland
S. Akella, P. T. Hanidas (Ashok Leyland, IND)

Configuring Specialized 3rd-Party CAE Analysis Tools within a CAD/PLM Environment
C. Blake (MAVA Simulation Technologies, CAN); M. Halbish (TI Automotive, USA)

Plenary Presentations

- 08:30 Keynote Presentation: How Small (but fine) Simulations can also Radically Improve Industrial Products Z. Penzar (Continental AG, GER)
- 08:55 Keynote Presentation: Potential of Cognitive Computing for Engineering Analysis and Design A. Noor (Old Dominion University, USA)
- 09:20 Invited Presentation: Space Vehicle Development and Verification C. Stavrinidis (European Space Agency, ESTEC, NED)
- 09:45 Invited Presentation: The Changing Role of Simulation J. Walsh (IntrinSIM, USA)

10:10 Break

3A CFD 3 - Industrial Applications

Unsteady Flow Simulation around Rotor
Blades of Vertical Axis Wind Turbine
B. Noura, R. Kerfah, A. Zaaroui
(University of Khemis, ALG)

Understanding of Air Flow Pattern and Heat Transfer Phenomena in a Domestic Tumble Dryer using CFD
V. Mianad-Raza, L. Ubiola-Soto
(Mabe S.A. de C.V. MEX)

A Study on CFD Application for Scroll Compressor Analysis
I. Guk Son, Y. Kil Cha, K. I. Kim (Halla Vision Climate Control Corp., KOR); J. Hyoung Jun (CD-adapco Korea Ltd., KOR)

Numerical Simulation of Flow Mixing Behavior Inside Reactor Pool of HFR
V. Vinayak, S. Sengupta, V. K. Veluri, S. Mammen, S. Bhattacharya (Bhabha Atomic Research Centre, IND) (P&I)

Numerical Analysis of Triple Duty Valve with Fluid Structure Interaction
S. D. Jadhav, S. N. Shukla, R. S. Brijalder (Klitoskar Brothers Limited, IND)

3B Multibody Simulation 1

Towing CAE Capability Growth using Multi-Body Simulation at JLR
P. Knapana, A. Blows, J. Senapaty
(Jaguar Land Rover, GBR)

Multibody Analysis of a Two Axis Oriented Deployable Solar Array
A. Giovannini (Thales Alenia Space, FRA)

Unsteady Aerodynamics in Multibody Simulation for Aircraft Loads Prediction
A. Castiglioni, Y. Lemmens (Siemens PLM Software, BEL); J. E. Cooper (University of Bristol, GBR)

3C Composites 3 - Failure

Models for Intralaminar Damage and Failure of Fiber Composites - A Review
K. Rohwer (DLR, GER)

Facesheet/Core Disbond Growth in Honeycomb Sandwich Panels Subjected to Ground-Air-Ground Pressurization and In-Plane Loading
Z. M. Chen (University of California, USA); R. Krueger (National Institute of Aerospace, USA); M. Rinkler (Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG, GER)

Industrial Validation of Progressive Damage Models for Laminated Composite Materials and Structures: Automotive Applications
M. Bruyneel, C. Lequesne, P. Jetteur, J. P. Delsemme (Siemens PLM Software, BEL); B. Magneville, V. Maurice, L. Soppelsa (Siemens PLM Software, FRA); Y. Urushiyama, T. Naito (Honda R&D, JPN)

Post-Buckling Behaviour Simulation of thin Curved Composite Panels in Airbus Defence and Space: Review of Numerical Methods
F. Sánchez, R. Tejerina, G. Barrios, E. Oslé (Airbus Defence and Space, ESP)

3D Computational Structural Mechanics

Nonlinear Contact Analyses and its Applications
W. IN. Liu, F. Yu (MSC Software Inc, USA); C. Geilen (MSC Software, NED)

Quasi Static Simulation to Predict Assembly Insertion Force
V. K. Mannan, D. Kuppuswamy (Eaton Technologies Pvt. Ltd., IND)

Static Load Test with Nonlinear Material Analysis of Rionegro Bajo, Lajas and El Reposo Segmental Concrete Bridges
S. Ayala, I. Ayala (Tensax Engineering S.A.S, COL)

Extending Standard Sizing of Bolt Screws to Consider Unequal Load Distributions
T. Munding, H. Binz (University of Stuttgart, GER); F. Paolieri, S. Toro (Imbra Cucinetti S.p.A., ITA)

Cylinder Bore Distortion Simulation, Prediction, Experimental Correlation and Optimization using Non-linear FEA Approach
M. Patwarahan, J. Paramjee, N.V. Karanth, S. S. Ramadas, N.V. Marathe (Automotive Research Association of India, IND)

3E Multiphysics 2

Solving Flow Induced Vibration of Subsea Piping Structures using Coupled CFD and FEA
D. Jia (Genesis, USA)

Novel Technique to Model Anisotropic Silicon Crystal in Diamond Light Source
H. Huang (Diamond Light Source Ltd, GBR)

Co-Simulation Algorithm for Handling Field-Signal Interaction
V. Beisky, A. Kurichbasche, (Dassault Systèmes Simulia, USA); S. Sicklinger (Technical University Munich, GER)

Effective Life Prediction of HD Cylinder Head using Coupled Multi-Physics Simulations
C. Cengiz, S. Guryuva, Y. Yazicioğlu (Ford Otosan A.Ş, TUR)

12:25 Lunch break

4A Acoustics

Noise Propagation from Vibrating Structures
R. Helfrich, M. Spiegel
(Intes, GER)

Acoustic Finite Element Model Validation of Vehicle Interior Cabin from Acoustic Mode and Transfer Function
Dr. K. H. Hwang, S. C. Choi (Hyundai Motor Company, KOR); B.V. Genechten, J. H. Jeon, E. Brechtin (Siemens Industry Software NV, BEL)

Finite Element Vibro-Acoustic Simulation of Rail-Formed Steel Studs in Partition Walls
A. Arinman, K. Yahaoui (University of Wolverhampton, GBR); C. J. Wang (University of Sussex, GBR); T. Morgan, M. English (Hodley Industries PLC, GBR)

Simulating Sound Transmission Loss through Aircraft Fuselage Panels: An Update on Recent Technology Evolutions.
A. Pfeiffer, C. Moser (Airbus Group Innovations, GER); K. De Langhe, R. Boeykens (Siemens PLM Software, BEL)

4B Multibody Simulation 2

High Fidelity, Nonlinear Powertrain NVH System Modelling Approach using Multi-body Simulation and Non-Linear FEA Solution
M. Felice, D. Jimenez, W. Nie, N. Gummadi (Ford Motor Company, USA); W. Röver, R. Solomon (Dassault Systems Simulia, USA)

Strongly Coupled Approach for Integrating Non-Linear Local Finite Element Models in Multibody Dynamics Simulations.
F. Cugnon, P. Jetteur, F. Pascon, T. van Eekelen (Siemens PLM Software, BEL)

An Enhanced Algorithm for Co-Simulation of Large Multi-Body and Finite Element Systems
M. Tateshii, I. Ishikawa (MSC Software Corporation, JPN); J. Ortiz (MSC Software Corporation, USA)

Combined Solving Of Multi-Body And Nonlinear Finite Element Equations – Illustrated With Simulation Of Pressing Machine Dynamics
G. Conti (Siemens PLM Software srl, ITA); P. Trost (Siemens PLM Software, GER); R. Cantù, B. Krönauer, L. Schaller (Audi AG, GER); C. Gaber (Technical University Munich, GER)

4C Composites 4 - Fibre-Reinforced

Progressive Failure Analysis of Ae-Manufactured Short Fiber Filled Injection Molded Parts
A. Morrison, R. Daigarno, D. Robbins (Autodesk, Inc., USA)

Development of a Material Model for Organic Sheets for the Simulation of FRP Components in Full Vehicle Crash
X.F. Fang, M. Grote (University of Siegen, GER)

A Practical Method for Quantifying the Variability of Continuous Fibre-Reinforced Composite Structures to Uncertainty in Ply Orientation
M. Arnold, A. Ngai (Pensco, GBR)

Numerical Simulation of Transversely Isotropic Constitutive Model for Composite Laminates
E. Casoli, M. Vázquez (Barcelona Supercomputing Center, ESP); A. Guzmanos, P. Mairini, J. A. Mayugo (AMADE- Universitat de Girona, ESP)

4D Impact 2

Analysis and Verification Approach for Design of a Lightweight Orion Heat Shield Carrier Structure
E. Gustafson, J. Jeans (Structural Design and Analysis, Inc., USA); J. Ainsworth (Collier Research Corp., USA)

Influence of Drop Test Setups on the Dynamic Impact Response of Inductive Components
C. Kuhnmann, J. Schilawe, S. Weber (Epcos AG, GER)

Numerical Simulation of Damage in Dropped Plastic Housings
V. Mavian, C.K. Ghosh (Robert Bosch Engineering & Business Solutions, IND)

Modelling the Mechanical Response of Piezoelectric Force Transducers
A. Cowell, D. McGlinchey, J.R. Pugh, M. Ibrahim (Glasgow Caledonian University, GBR)

4E Multiphysics 2

Fixing Thrust Reverser Composite Cascades Aerodynamic Loading Issues
O. Calme, G. Desbommets, F. Ribour (Ingegnance Technologies, FRA)

Fluid-Structure-Control Interaction for Simulating the Emergency Brake Maneuver of Wind Turbines
S. Sicklinger (Technical University Munich, GER); A. Kurichbasche, V. Beisky (Dassault Systèmes Simulia, USA)

Durability Analysis of Heavy Duty Engine Exhaust Manifold using CFD-FE Coupling
S. Eroglu, A. H. Guzel (Ford Otosan, TUR)

Coupled Thermal Mechanical Simulation of Aero Engines
M. Donley (Siemens PLM Software, USA); S. Prabhakar (Maya Heat Transfer, CAN)

14:55 Break

3F High Performance Computing 1

Is CAE Leveraging Advances in Hardware?
L. Margetts (University of Manchester, GBR) *

Accelerating Commercial FEA Software through High-Performance Computing
V. Basky (Dassault Systèmes Simulia, USA)

A Communication-Minimizing Approach to Multi-GPU Computing in Modal Frequency Response
L. Hoffmung, W. Zhang (Siemens PLM Software Inc., USA)

Leveraging Xeon Phi Coprocessors
J. Beishelm (Ansys, USA)

3G Business Issues 1

Next Generation Software: Simulation Process Modeling
A. J. Svobodanik (KonzeptX GmbH, GER)

The Engineering Designer in the Role of a Design Analyst – An Industrial Survey
H. Pettersson (Halmstad University, SWE); D. Mathe, R. Björnemo, M. Eriksson (Lund University, SWE)

Web-Based Engineering Applications
M. M. Tiller (Xogeniv, USA)

Critical-Path Simulation: Case Studies in the Identification and Execution of Finite-Element Analyses Early in the Design Process to Assure Feasibility and Increase ROI
B. A. Range (Acorn Product Development, USA)

3H ASME V&V

ASME Codes and Standards V&V Committee – Development of Standards for Verification, Validation and Uncertainty Assessments in Modeling and Simulation
C. J. Freitas (ASME Southwest Research Institute, USA)

Discussion
C. J. Freitas will review the work that has been undertaken by the ASME V&V Committee to formulate methods and procedures for verification, validation and quantifying numerical uncertainty. New methods including the development of V&V procedures using PIRT methods, the implication of risk in V&V and the propagation of validation metrics to other set points where validation is not present will also be discussed. Dr. Freitas's paper will be followed by a panel discussion involving:

S. Doebling (Los Alamos National Laboratory); R. Crane (ASME); C. J. Freitas (ASME Southwest Research Institute); W. Obertkamp (Virginia Tech University, USA)

Moderated by the NAFEMS Analysis Management Working Group

3J Forum: 3D-Printing / Additive Manufacturing

Opportunities and Challenges in Design for Additive Manufacturing
J. den Hartog (Autodesk, Inc., USA)

3D Printing as Ideal Method to Create 3D High-Performing Flow Duct Designs
J. Iseler (Dassault Systèmes Simulia, GER)

Hybrid Project Review: Geometry Processing for 3D Printing and the Automated Post Finishing of AM Parts in a High Speed 3D Printing Environment
J. H. Bucklow (ITI TranscendData Europe Ltd, GBR)

Integrating Simulation of Lightweight Structures into the Product Development Process of Metal Additive Manufacturing
C. Rossmann, T. Craeghs, S. Cornelissen (Materialise NV, BEL); W. Van Raeppeghem (Ghent University, BEL); L. Farkas (Siemens Industry Software NV, BEL)

Forum:
Additive Manufacturing and 3D Printing in Design and Engineering

3K SPDM – Vendor 1

Managing Parameters in a Simulation Data and Process Management System
R. J. Licursi, N. Konatogunta, R. Kashi (Siemens PLM Software, USA)

Enhancing Data Management Workflows through CAD Integrated Simulation
R. Lakshminipathy (Dassault Systèmes Solidworks, USA)

Comprehensive Management of Simulation Models
I. Makropoulou, M. Pappas (Beta CAE Systems SA, GRE)

Comparing and Contrasting Requirements of a Materials Process & Data Management (MPDM) System and a Simulation Process & Data Management (SPDM) System
L. Kilroy (MSC Software, USA)

Short Training Courses:
Structural Optimization in FE Analysis
Introduction to Practical CFD

Short Training Courses

4F High Performance Computing 2

Using High-Performance Computing for the Modeling of High-Speed Dynamics
A. Ramezani, D. Huber, H. Rother (University of the Federal Armed Forces Hamburg, GER)

Developing Scalable Components for Massively Parallel Adaptive Simulations
M.S. Shephard, C.W. Smith, D.A. Ibanez, B. Granow (Rensselaer Polytechnic Institute, USA); M. W. Beall, S. Tendulkar (Simmetrix, Inc., USA)

Massively Parallel Simulations by Open Source Building Blocks
M. Blatt (Dr. Blatt – HPC-Simulation-Software & Service, GER)

Recent Progress in the Massively Parallel Solution of Implicit Problems
L. Margetts, University of Manchester, GBR) *

4G CAE Driven Product Design

Decathlon Leverages Simulation to Design more Efficient and Stronger Sports Products in Less Time
A. Callens, R. P. Carneiro (Decathlon, FRA)

Advanced Modeling of Air- and Rotocraft in a Multi-Disciplinary Environment at Early Design Stages
D. B. Schwimmm (German Aerospace Center (DLR), GER)

Simulation Driven Pedestrian Friendly Front End Design and Validation with Physical Test
N. Karan (Mahindra and Mahindra, IND) *

Crash CAE Process Automation and Management for Digital Lot during Vehicle Development in Nissan
R. Natarajan, N. Sou (Renault Nissan Technology & Business Centre Pvt., Ltd, IND); T. Stanislaw (Nissan Motors Co., Ltd, JPN)

4H Simulation Governance

Simulation Governance: Managing Simulation as a Strategic Capability
K. Meinjies (CIMdata, USA)

Discussion
Companies are increasingly turning towards analysis and simulation to try and improve component performance. With the increase in uptake in CAE tools the ability of a company to perform simulation well so that it is repeatable, reliable and robust is an important factor in overall competitiveness. This discussion session will look at why some companies are failing to achieve an effective return on the investment in simulation.

Moderated by K. Meinjies (CIMdata, USA)
B. A. Szabo (Washington University in St. Louis, USA)
W. Obertkamp (Virginia Tech University, USA)

4J Forum: 3D-Printing / Additive Manufacturing

Optimize Additive Manufacturing- Design to Amplify the Benefits of the Manufacturing Process
Altair Engineering, USA

Report on a Market Research on How Desktop 3D Printing is Used to Add Value for Engineers
Leoprog 3D Printers, USA

Discussion
ibca
Stratays, USA

4K SPDM – Aerospace

Frontloading Simulations and SPDM
M. Schlenkrich (MSC Software GmbH, GER)

Virtual Testing for High Lift Systems at Airbus – Simulation Process & Data Management (SPDM) GEN. 2.0
T. Ulmer, J. Amin (Airbus, GER)

Incorporating Workflow for V&V/UQ in the Sandia Analysis Workbench
E. J. Friedman-Hill, E. L. Hoffman, M. J. Gibson, R. L. Clay (Sandia National Laboratories, USA); K. H. Olson (SNC, USA)

The Airbus A350 Aircraft's Structural Detailed Analysis
C. Raick, B. Colson (Siemens PLM Software, BEL); B. Malherbe (Airbus Operations SAS, FRA) *

Aircraft Thermal Architecture Trade Off Management use Case
O. Tabaste (MSC Software, FRA); P. P. Borrelli (Alenia Aermacchi, ITA); Y. Baudier (Airbus Group Innovation, FRA)

Short Training Courses:
Composites FE Analysis
Fatigue & Fracture Mechanics in FE Analysis

5A Premium Sponsor: Dassault Systemes Simulia
 15:35 - 15:55
Scalable and Collaborative Simulation Platform
 15:55 - 16:25
Process Integration and Optimization
 16:25 - 16:45
Solutions for Durability & Reliability
 16:25 - 16:45
Panel – Questions and Answers

5B Gold Sponsor: Ansys
 15:35 - 16:15
Multiphysics Presentation:
 Analyzing Fluid Film Bearings and Rotor Dynamics with ANSYS
 16:20 - 17:00
Systems Presentation:
 A complete flight control system, an aircraft environmental control system, and an aircraft electrification application (please send further details as soon as possible).

5C Gold Sponsor: Siemens PLM Software
 15:35 - 16:15
Siemens Vision for Product Engineering
 This session will provide an overview of Siemens' vision for product engineering, capabilities, and key investment areas.
 16:20 - 17:00
Integrated Workflow for Composite Product Development
 This session will show how Siemens software products can be used for a closed-loop composites development process that covers design, simulation, and manufacturing.

5D Gold Sponsor: Altair Engineering
 15:35 - 17:00
Design Exploration and Optimization

5E Silver Sponsors: Autodesk / MSC Software
 15:35 - 16:15
Autodesk
 Generative Modeling at the Intersection of Geometry, Simulation, and Additive Manufacturing
 J. den Hartog (Autodesk Inc., USA)
 16:20 - 17:00
MSC Software

17:00 **Break**

6A CFD 4 - Confidence in Results
 17:40
Numerical and Experimental Stability Analysis Predicting Natural Laminar Flow Extension on Realistic Swept Wing
 D. de Rosa, R. S. Donelli, D. G. Romano (Centro Italiano Ricerche Aerospaziali, ITA)
Is CFD Any Use? Why we Need Physical Models?
 D. Kalsali, M. Benke (BHR Group, GBR)
Effects of Turbulence Model and Grid Resolution on the Performance Prediction of a Bulb Turbine
 D. Josi, A. Skerlavaj, M. Morgut (Turboinstitut d.o.o., SLO);
 E. Nobile (Università degli Studi di Trieste, ITA)
The Impact of Mesh Quality and Mesh Adaptation on the Results of Numerical Solution of the Axial Fans
 M. Majcher, S. Wziesien, M. Frant (Military University of Technology, POL)

6B Multibody Simulation 3
Dynamical Simulation of Elastic Cages
 D. Vlasenko, H. Gorbach, M. Dmichev (Schoeffler AG, GER)
Modelling and Simulating Flexible Gears – A Solution-Oriented Approach
 C. Schütz, S. Mulski (Simpack GmbH, GER)
Unfield Automotive Vehicle Performance Analysis using Co-Simulation
 Y. Hahn and J. I. Cofer, (Dassault Systemes Simulia, USA)
Use of Multi-Body Models for the Analysis of Measured Processes
 Dr. P. Portes (Bmo University of Technology, CZE);
 F. Bauer (Mendel University, CZE)

6C High Performance Computing 4 - Cloud
Utilizing Cloud HPC Resources for CAE Simulations
 I. Graedel, J. Poort (Rescale, Inc., USA)
The CloudSME One-Stop-Shop – European Market Place for HPC Supported Simulation
 N. Farnini (Cloudbroker GmbH, SUI); S. Taylor, A. Anagnostou (Brunel University, GBR); S. Reboux (Ascormp GmbH, SUI); T. Kiss, G. Teistyanzsky (University of Westminster, GBR); P. Kacsuk (MTA Szaki, HUN)
Unified Cloud Orchestration Framework for Elastic High Performance Computing on Microsoft Azure
 L. Miroslaw, V. Baros, M. Pamlic, H. Noraborg (Microsoft Innovation Center Rappaiswili, SUI)
Leveraging Cloud Based HPC for Innovative Virtual Prototyping Methodology
 F. El Khadi, P. Gregori (ESI Group, FRA);
 M. Niess (Geotamp, FRA); O. David (Bull, FRA)

6D Fracture & Fatigue 2
Development of Parametric Stress Intensity Magnification Factor Equations for Pipeline Girth Weld Root Defects
 T. London, D. De Bono, Y. H. Zhang, E. Hutchison (IWI Ltd, GBR)
A Unified Model of Axisymmetric Stress Intensity Factors Computation
 J. Zuo, G. Lin, G. Brashyam (Ansys, USA)
Examination of Non-Intuitive Stress Intensity Solution Trends for Thick-Wall Cylinder Internal Cracks from ASME STP-072
 G. Thorwald (Quest Integrity Group, USA)
Application of Robust Design Techniques for the Calibration of Cohesive Models for Modelling Fracture in thin Aluminium 7475 Sheet
 F. Marin de la Escalera (Aerinnova Engineering Division, ESP); S. Zeballos, V. A. Acosta Santamaria, M. A. Jimenez (Instituto Tecnológico de Aragón, ESP); R. Rodriguez Pons (Escuela Técnica Superior de Ingenieros, ESP)
The Study on Fracture Analysis Method using Wilkins Rupture Model
 J. Song (Hyundai Motor Company, KOR)

6E Education & Training
Theoretical Elastic Stress Singularities Much Maligned and Misunderstood
 J. Wood, M. O. Robbie, N. Hamilton, D. Easton, Y. Zhang (University of Strathclyde, GBR)
Round Robin NAFEMS Benchmark LE5
 J. J. Reijmers, R. Bus (Nexasbu, NED)
Let's Make Benchmarking More Virtual
 U. Jankowski, M. Müller-Bechtle (Tecosim, GER)
How to Cope with Uncertainties in Boundary Conditions and Couplings of Substructures
 N. Wagner, R. Heifrich (Inres, GER)
Evaluation and the Progress of Concrete Girder Nonlinear Analysis by Contest
 A. de Boer (Ministry of Infrastructure and the Environment, NED); M. A. N. Hendiks (Delft University of Technology, NED / NTNU, NOR); C. van der Veen, S.W.H. Emsink (Delft University of Technology, NED); B. Belleflit (University of Parma, ITA)

19:05 **End of day 2**

20:00 **Gala-Dinner USS Midway**

5F High Performance Computing 3 - Cloud

Discussion Session: HPC in the Cloud
Using remote computing facilities is a concept that the analysis and simulation community is familiar with. Recent developments in a number of areas including software license models, remote visualization and ease of use mean that operating in the cloud is no longer the domain of an HPC expert. This bid's of a teacher session is intended to bring together members of the simulation and analysis community with experience or an interest in cloud computing.

Moderated by
L. Margittis (University of Manchester, GBR)

5G Life Sciences

Finite Element Analysis in Medical Device Evaluation: Stochastic Simulation in the Determination of 'Worst-Case' Conditions
F. E. Donatson, P. Seirano, W. Kalinz, T. Song, S. S. Rajan, M. I. Iacono, L. M. Angelone, J. C. Coburn (Office of Medical Products and Tobacco, U.S. Food and Drug Administration, USA)

CFD Based Estimation of Hemolysis in Medical Devices

A. Meganathan, A. Roy, K. Jain (ESI Group) *

A Parametric Study of Self-dynamisable Internal Fixator used in Femoral Fracture Treatment
N. Korunovic, M. Trljanovic, N. Vitkovic, D. Stjevanovic (University of Nis, SCG); M. Mitkovic (University Orthopaedic and Traumatology Clinic Center of Nis, SCG)

5H Stochastics 2 - Discussion

Discussion Session:

Stochastics Challenge Problem

At the Salzburg NAFEMS World Congress in 2013 the Stochastics Working Group launched the 'Stochastics Challenge Problem'. The challenge was launched in the hope of sharing and showcasing different approaches to uncertainty quantification. This discussion session will be based around some of the key messages that the SWG have taken from the challenge problem including:

Moderated by the **NAFEMS Stochastics Working Group**.

A. Kari (Rolls-Royce, GBR)

D. Vogt (EADS Innovation Works, USA)

5J Forum 3D-Printing / Additive Manufacturing

Workshop:

Aspects of Simulation That Come into Play as a Part of 3D Fabrication

- F. Abdi, Chief Scientist and CEO, AlphaSTAR Corporation
- V. Kunc, Research Scientist, Deposition Science and Technology, Materials Science and Technology Division, Oak Ridge National Laboratory
 - lead researcher on 3D printing of cars
- J. B. Rodgers, Co-Founder and CEO, Local Motors
 - manufacturer of 3D printed car
- Iba, Cincinnati Inc.
 - manufacturers of the Big Area Additive Manufacturing platform

Moderated by **AlphaSTAR Corporation, USA**

5K SPDM Sponsors: Esteco / Front End Analytics

15:35 - 16:15

Esteco

Design Optimization and Decision Making Process: Practical considerations for formulation, algorithm choice and data analysis.

Data analysis is not only important for decision making while solving for multiple objectives, but also to optimize the problem formulation itself. The talk will highlight various uses of data analysis as well as cover advanced data analysis techniques.

16:20 - 17:00

Front End Analytics (FEA)

Front End Analytics (FEA) will be demonstrating example use cases of our Smart Product Generators Apps. Example to be presented include products cases in the Automotive, Industrial, High Tech and Medical Devices sectors.

6F Systems Engineering 3

Automatic Generation of Standardized System Models from 3D-Simulations in a Systems Engineering Context

D. Hartmann (Siemens AG, GER); M. Mahler (Siemens Industry Software GmbH & Co. KG, GER)

A Parametric Virtual Prototyping Process for the Conceptual Design of Complex Systems

A. Ramamurthy, S. I. Briceño, D. N. Mavris (Aerospace Systems Design Laboratory, USA)

A Platform Approach for Enabling System

Engineering – Unmanned Aerial System Use Case
F. Chauvin, G. Farnuy (Dassault Systèmes, FRA); E. Bolognini (Dassault Systèmes, USA)

6G Premium Sponsor: Dassault Systèmes Simulia

17:40 - 18:00

Virtual Human Simulation

18:00 - 18:30

Co-Simulation with Abaqus / Simpack / Dymola

18:30 - 18:50

Plastic Injection Molding with Simpoe-Mold

18:50 - 19:05

Panel Q&A

6H Geometry Interaction with Simulation

Discussion Session:

The Future of Geometry Interaction with Simulation

Moderated by

V. Adams, Autodesk Inc., USA

6J SPDM - CAE Driven Design

Large Scale Models for A350

M. Mahé, J. Gonzalez-Rubio, M. Touboul (Airbus, FRA)

The Added Value of Engineering Simulation Throughout the Product Lifecycle of a Mini-Satellite

A. Keereman (QinetiQ Space N.V., BEL)

A Complete Simulation Environment for Oil & Gas Industry Pumping Machinery

A. Winkler (Dassault Systèmes Simulia, SWE); S. Topkin (Ufa State Petroleum Technological University, RUS)

FEA and CFD in Concurrent Design Analysis and Realistic Simulation

M. R. Tabatabai (Dassault Systèmes Solidworks, USA)

Quasi Static Simulation to Predict Assembly Insertion Force

V. K. Manjari, D. Kuppuswamy (Eaton Technologies Pvt. Ltd., IND)

6K SPDM - Vendor 2

Integrating Design Portal System

J. Zhang, X. Yi, B. Liu (ESI, CHN)

Optimising Materials Data and Data-Modeling Workflow, in Support of CAE and SPDM

A. Fairfull, D. Williams (Grant Design Ltd, GBR)

Global Architecture-Based Simulation Object Management with Integration of Local Toolchains

C. Ghandi, C. Heppeler (Tesis DYNAware GmbH, GER)

Integrated Framework for Process Data Management with Simulation Tools

M. Jayakumar, H. Muthu Kumar, A. V. Muralikrishna (Cognizant Technology Solutions, IND)

Challenges and Strategies to Reduce, Extract and Visualize the Key Simulation Data for Effective SPDM Implementations

P. Mandava, G. Shastiy, M. V. Uppalapati (Visual Collaboration Technologies Pvt. Ltd., IND)

Short Training Course:
Simulation V&V for Managers

Conference agenda subject to alterations.

* Subject to final review approval.

Plenary Presentations

- 08:30 Keynote Presentation: Safety CAE in the development of the all new Volvo XC90 J. Jergesus (Volvo Car Corporation, SWE)
- 08:55 Keynote Presentation: The Drive to make Healthcare Better One Patient at a Time - Challenges and Opportunities for Modeling and Simulation ... W. Schmidt (Stryker Orthopaedics, USA)
- 09:20 Invited Presentation: The Airbus A350 XWB: A Simulation Success Story D. Fitzsimmons (Airbus Operations, GER)
- 09:45 Invited Presentation: Five decades of Finite Element Analysis L. Komzisk (Siemens PLM, USA)

10:10 Break

7A CFD 5 - V&V

- Compiling with a CAD Embedded CFD Software Against Traditional CFD Codes in a Blind JSAE Benchmark to Prove Result Accuracy
B. Marovic (Mentor Graphics, GER)
- The Validation and Verification of an Open Source Fully-coupled Navier-Stokes Solver
D. P. Combest (Engys LLC, USA); E. de Villiers (Engys Ltd., GBR)
- Fan Modeling Validation using CFD
S. O'Halloran, V. Kumar (Agco Corporation, USA); P. Hannukainen, P. Makkonen (Agco International, FIN); M. Krosser (Agco GmbH, GER); L. Meyer (Agco SA, FRA)
- Using System Simulation to Generate Validated Loss Coefficients for System Simulation
J. Murray, T. Whitehead (Mentor Graphics Corp., GBR)
- Developing Recommended Practice for the CFD Applications in Offshore Floater Design
J. Kim, H. Jeang, J. Kyoung, A. Boquet, J. O'Sullivan (Technip, USA)

12:45 Lunch Break

8A CFD 6 - Thermal

- Flow Simulation and Conjugate Heat Transfer in a Plate Heat Exchanger
M. Kröger, W. Ottow (ESI software GmbH, GER)
- High-Fidelity Aerothermal Modelling for Aircraft Equipment Thermal Integration in Powerplant Compartment
Y. Sommeier, Q. H. Nguyen, S. Jeanmouhoun, O. Veisoux (Airbus Operations SAS, FRA)
- A CFD Analysis of a Solid Target
Y. Ma, D. Jenkins, L. Jones (ISIS Target Design Group, GBR)
- Thermal Design and Analysis for High Power Automotive Electronic Product
R. A. Pathmayak, L. Biswal (Robert Bosch Engineering and Business Solutions, IND)
- CFD Analysis of the Ventilation / Cooling Air Phenomenon inside a Candu600 Reactor Building
S. Nicolai, R. M. Bilegan, C. T. Mateescu (Center of Technology and Engineering for Nuclear Projects, ROM)

7B Materials

- Porting a Complex User Material Model to Two State-of-the-Art Commercial Codes
G. S. Kalsi (Atomic Weapons Establishment, GBR)
- Practical Finite Element Modelling for Sprayed Concrete Lined Tunnels
A. Mar (Morgan Shudd Undergroud Professional Services, GBR)
- Microscopic Numerical Simulation of Effective Thermal Conductivity of Cracked Concrete
R. Qingwen, S. Lei (Hohai University, CHN)
- Effective Parameter Identification to Validate Numerical Simulation Models
S. Kunath, T. Most, R. Nemeier (Dynardo GmbH, GER)
- Constitutive Modeling of Polyethylene
N. Elabbasi, J. Bergstrom (Ventyr Engineering LLC, USA); O. Leaver, E. Leaver (Gas Technology Institute, USA)
- A Methodology of Modeling Case-hardened Steel Plate as Laminated Plate
Z. Yang (Valeco North America, Inc., USA)

8B Fracture & Fatigue 3

- Investigation for Obtaining an Equivalent Test Spectrum of a Vertical Stabilizer with Crack Initiation and Fracture Mechanics Approaches
K. Positiloglu (Turkish Aerospace Industries, TUR)
- Acoustic Fatigue of Thermoplastic Composite Welded Joints
N. Bil (Fokker Aerostructures, NED)
- How to Speed up Fatigue Life Evaluation by Integrating Fatigue Solution Inside FEA
H. Chang (MSC Software Corporation, USA)
- Dang-Van, Pismatic Hull and Findley Approaches for High Cycle Fatigue Assessment of Powertrain Components
G. Teixeira, J. Diaper (Dassault Systèmes Simulia, GBR); A. Rodrigues, R. Silva (ThyssenKrupp Metalurgica, BRA); A. Colombo, V. Wubel (Agrale, BRA)
- Fatigue Time-to-Failure Prediction Methodology for Glass (Fused Quartz) Material under Cyclic Loading
A. Pandey, M. Singhal (Eaton India Engineering Centre, IND); C. Rau, J. Kovach (Eaton Corporation, USA)

7C Optimization 2

- The Optimization of Semi Medium Bus FMC Ride and Handling Performance using Analytical Target Cascading
K. C. Ko, J. H. An, S. Yoo, J. Park (Hyundai Motor, KOR)
- Weld Fatigue Considerations in Structural Optimization
X. Yu, E. Johnson, J. Griffin, A. Caserio, D. Turner (MSC Software Corporation, USA)
- Survey of Visualization Strategies for Optimization Algorithms
B. Newill, S. Poles (Nobess Solutions N.V., BEL) *
- Leveraging the Continuous Adjoint Method for Industrial Scale Application
G. K. Karpozias, E. de Villiers (Engys Ltd, GBR); D. P. Combest (Engys LLC, USA)

8C Manufacturing 2

- Virtual Manufacturing Versus Challenges in Lightweight Vehicle Programmes
R. Said (ESI Group, GBR); J.-J. Babeau, P. Marquette (ESI Group, FRA); O. Koester (ESI Group, SUI); H. B. Nandendia (Brunel University London, GBR); D. Watson (Jaguar Land Rover, GBR); M. Mohamed (Imperial College London, GBR); D. Szegda (Impression Technologies, GBR); A. Endruweit (University of Nottingham, GBR); T. James (Formax Ltd., GBR)
- Design and Simulation of Starter Motor Casing using Multi Stage Metal Forming
G. Thompson, A. S. Ikkai, K. Chandar, S. Bode, K. Srinivas (Tubex Ltd., IND)
- HPC Simulation and Optimization of Material Forming Processes
J.-J. Chenot (Mines ParisTech, FRA); G. Francois, O. Jaouen, E. Peichat, L. Vils (Transvalor, FRA)
- From Design / Concept to Virtual Reality – Virtual Hot Forming Engineering Illustrated
J. Babeau, B. Dahmen, M. Holecsek, M. Hoss, D. Lorenz, H. Porzner, Y. Vincent, M. Vrolijk (ESI Group, FRA); J. Friberg, C. Karoschek, M. Strikeud (AP&T, SWE)
- Identification of Suitable Cycloid Hub Geometries for Shaft-Hub Connections Manufactured by Lateral Extrusion
M. Funk, F. Dörr, H. Binz, M. Ueswald (University of Stuttgart, GER)

7D Joints 1

- Critical Problems of Bolted Joint Design for Gas Turbine Engine used in Civil Transport
G. H. Nagaraja, A. Subramanian (Innovent Engineering Solutions Pvt. Ltd., IND)
- Bolted Connections in Composite Laminate Joints: A Comparison between Experimental Results, FE Analysis and Analytical Analysis (Autodesk, USA)
- FEA Study of a High Strength stud Failure
Y. Song, X. Dai, Y. Li (Chongqing Wangliang Industrial Co., Ltd, CHN)
- Simulation of Threaded Fasteners for Ultimate Load Conditions
K. S. Raghavan (Cvent Ltd., IND)
- Simulation of a Multi-Pass Groove Weld and Clad Plate using Abaqus 2D Weld GUI and Comparison with Measurements
C. Parmar, C. Gill, P. Hurrell, B. Pellereau (Rolls-Royce plc, GBR)

8D Optimization 3

- Nonlinear Topology Optimization for Vehicle Rear Seat Backframe Design
O. T. Kwon (Hyundai-aymos, KOR)
- Flow Topology Optimization of a Turbo Charger's Inflow Duct
J. Iseler, F. Huck, B. Butz (Dassault Systèmes Deutschland GmbH, GER)
- A Novel Topology Optimisation Approach Applied for the Design of Hollow turbine Blades
K. S. Raghavan (Cvent Ltd, IND)
- Use of Swarm Intelligence for Topology Optimization of Truss Structures with Stochastic Loading Conditions
M. Raber, M. Todermuschke, E. Voigt (Fraunhofer Institut, GER)
- Seat Design for Crash in the Cloud
F. Koger-Poyraz, (Altair HyperWorks, USA); E. A. Neilson (Altair Product Development, USA)

7E Preprocessing 1

- Adapting FE-Meshes to Real. 3D Surface Delected Geometry Data to Improve FE-Simulation Results
S. Katona, M. Koch (Technical University Nuremberg, GER); T. C. Spigel, S. Wartzack (Friedrich-Alexander University Erlangen-Nuremberg, GER)
- Towards Generic Graph Based FEA Remeshing
J. Xie, S. Mukherjee (Ansys, Inc, USA)
- An Efficient Hybrid Unstructured Mesh Generator for Complex CAE Applications
A. A. J. Demargne, R. O. Evans, P. J. Tiller (Cambridge Flow Solutions Ltd, GBR); W. N. Dawes (Cambridge University, GBR)
- CFD Meshing by Automatic Partitioning with the 3D Medical Object
J. H. Bucklow, R. M. Foley (ItascaData Europe Ltd, GBR)
- Advanced Meshing and Mesh adaptation for Complex Flow Problems
S. Tendulkar, M. W. Beall, R. Nastasia (Simmerix, Inc., USA); O. Sahni, S. Tran, M. S. Shephard (Rensselaer Polytechnic Institute, USA)

8E Joints 2

- Advances and Perspectives in Multi-Phase Meso-Scale Rupture Models for Weld Joints
P. Cullere, A. Duran, J. Ma (ESI Group, CHN); E. Higuchi (Honda R&D, JPN); M. Inoue (Nihon ESI, JPN)
- Crash Simulation of Adhesively Bonded Structures
M. May (Fraunhofer-Institute for High-Speed-Dynamics, GER)
- Material Characterization and Modeling for the Simulation of Adhesive Joints with Polyurethane Adhesives
S. P. Sikora (DLR e.V., GER); G. Meschut (University of Paderborn, GER); S. Kolling (Technische Hochschule Mittelhessen, GER)

15:30 Break

Awards – Farewell

- 15:45 Best Paper Awards: M. Zehn (Vice Chairman of NAFEMS Council / TU Berlin)

- Wrap-up & Farewell: R. Dreisbach (Chairman NAFEMS Americas / Boeing, USA)

- 16:00 End of Congress

7F Stochastics 2 - Uncertainty Characterization

Statistical Results and Sensitivity Analysis of a Monte Carlo Fatigue Simulation for an Aluminum Arc-Shaped Specimen
J. Raphael (J R Technical Services, USA);
B. McPheeters (Aurodesk, USA)

Efficient Epistemic-Aleatory Uncertainty Quantification: Application to the NAFEMS Challenge Problem
R. Rocchetti, **E. Patelli**, **M. Broggi** (University of Liverpool, GBR)

The Ramifications for Design Performance of Max Metal Machining Practices in High Value, High Precision Applications
G. May, **A. Kumar Singh** (Rolls Royce, GBR);
P. Rowe (Bourton Group Ltd, GBR)

Fast Uncertainty Quantification with Smart Analytics
P. Gian (SmartUG, USA)

Uncertainty Management and Resilient Design of Safety Critical Systems
E. Patelli, **M. Broggi** (University of Liverpool, GBR)

7G Discussion: Analysis Management

Discussion Session

The Analysis Management Working Group are holding a discussion session that will tackle two topics

1. Software Verification - Who is responsible for verifying engineering analysis software?
2. Validation in the context of ASME V&V 10, how does this concept of validation fit with engineering disciplines outside of the structural domain

The discussion session panel will include:
C. Rogers (CREA Consultants, GBR)
J. Smith (Compass, GBR)
J.-F. Imbert (SIMconcept Consulting)

Moderated by
the NAFEMS Analysis Management Working Group

7H Methods 1

Fast Solutions for the FE Simulations of Thin-Walled Structures
D. Marinkovic, **M. Zehn** (TU Berlin, GER)

Error Driven Adaptive Meshing for Coupled Thermal Mechanical Simulation
J. Cabello, **V. M. Reddy**, **M. Lamping**, **P. Patel**, **M. Ohe** (Siemens PLM Software, USA)

The Moving Force Problem Revisited
N. Wagner, **R. Hellrich** (Imes GmbH, GER)

A Riemann-Solver Free Spacetime Discontinuous Galerkin Method for General Conservation Laws
S. Z. Tu (Jackson State University, USA)

Numerical Algorithms for the Analysis of Propagation of Nonlinear Waves in Prestressed Solids
V. A. Levin, **A. V. Verbitshin**, **K. M. Zingerman** (Fidesys LLC, RUS)

7J Forum 3D-Printing / Additive Manufacturing

Workshop:
CAD Geometry for Meshing – What Could Possibly Go Wrong?*

This would look at engineering geometry, including a detailed look at the make-up and definition of the CAD model, underlying surface definitions etc, hidden issues and the impact this can have on achieving mesh-ready analysis geometry from CAD. The workshop would serve to educate people about details of CAD model make-up that they might not normally see, and help to explain the root causes of some of the issues that the analysis engineer frequently has to tackle.

Moderated by **TranscenData Europe Ltd, GBR**

7K SPDM – Workshop: Part 1

From Industrial Requirements to Deployed Solutions and Beyond
G. Valine (GKN Divelline, USA)

Workshop

SPDM is a breakthrough technology which has enabled leading companies to achieve significant business benefits over the past 15 years. Following the two days of technical papers, Industrial Practitioners, each with a decade of experience of designing, deploying and operating a simulation environment based on an SPDM platform, will present their full lifecycle SPDM project experience. This will be followed by a presentation of the sources of Business Value from the NAFEMS SDMWG White Paper and the essential elements of an SPDM project. The Workshop will conclude with a round table discussion.

This workshop is intended to enable team-leaders and managers who are either considering or already engaged in an SPDM project. This is not a technical feature function workshop on SPDM, it is a forum to discuss how SPDM fits into an overall industrial simulation strategy and how to make an SPDM project successful.

8F Preprocessing 2

Fully Automatic Meshing:
Automatic CAD Data Preparation for CAE
H. Steiner (Coelynx LLC, USA); **B. Kromberger** (Geom e, U, AUT); **M. Schilke**, **D. Fellhofer** (Engineering Software Steyr GmbH, AUT)

New Tools for Image-Based Meshing and Simulation for Digital Rock Physics
R. Cotton, **P. Tompsett**, **W. Smigaj** (Simpleware Ltd., GBR); **K. Genç** (Simpleware Inc., USA); **P. G. Young** (University of Exeter, GBR)

A Software-Based Accurate Analysis of Measurement Points for Identification and Optimization of Quadratic and Nubs Surfaces in Fluid Dynamics
S. Zielaski, **S. Kachel**, **A. Kozakiewicz**, **A. Olejnik** (Military University of Technology, POL)

Bridging the Gap from CT-Analysis to Predictive Finite Element Modeling
M. Büttner, **S. Moser**, **M. May** (Fraunhofer-Institute for High-Speed-Dynamics, GER)

The Process Control of Design for Integration CAD/CAE System for Static and Dynamic Analysis of the Fanter
S. Kachel, **A. Kozakiewicz**, **S. Wizenien** (Military University of Technology, POL)

8G Methods 2

Beam/Column Modeling of an Aircraft Wing Rib with Lateral Loading
T. Edwards (Atkins, GBR)

Developing a Method for Component Design in Vehicle Body Structure without Availability of the Complete Vehicle Data
X. F. Fang, **F. Zhang**, **P. Klacs** (University of Siegen, GER)

Improvement of the Designing Method of Hybrid Interference Fits
M. Krautter, **H. Birz** (University of Stuttgart, GER)

CAD-Enhanced Contact Simulation
H. Hartness, **D. Colacaru**, **D. Reece** (Dassault Systèmes Simulia, USA)

New Possibilities for Durability & NVH Optimizations of Engines by Combining Parameterization & Nonlinear Dynamic FE Analyses
E. Poyer, **M. Pucher**, **A. Kainz**, **K. Poyer** (evolution OSSP GmbH, AUT)

A New Approach to the Simulation of the Rods in the Strength Analysis of the Structures by the Finite Element Method
V. Agapov (MGSU, RUS)

8H Dynamics 3

Determination of Seismic Accelerations at Nodal Points with in a Finite Element Model
W. Pice (National Nuclear Laboratory, GBR)

Piping Vibration Analysis using Dynamic Simulation
R. M. Bilegan, **S. Nicolici**, **G. G. Simionescu** (Center of Technology and Engineering for Nuclear Projects, ROU)

Efficient Normal Modes Analysis with Contact Conditions
B.-S. Liao, **L. Hoffnung**, **L. Komzsek**, **J. Kriegstein** (Siemens PLM Software Inc., USA)

Modal Analysis of Slender Curved Beams Preloaded Through Clamping
R. Hellrich, **N. Wagner** (Imes GmbH, GER)

Ti-Axial Seismic Simulation of Solar Inverter – Productivity Improvement
G. Sharma, **T. Shinde**, **S. Dhakate** (Eaton India Engineering Centre, IND); **A. Beikayee** (Eaton Corporation, CAN)

High Performance Frequency Response Solver
M. Belyi, **A. Laitonov** (Dassault Systèmes Simulia, USA)

8J Business Issues 2

Making the Full Power of Simulation Available to Everyone – At the Confluence of Solution-Specific Web Apps, "Lights-Out" Automation, Design Optimization Tools, and "Infinite, Elastic Computing" on the Cloud
M. Panthaki, **R. Schu**, **J.-C. Marquet**, **T. Keer** (Comet Solutions, Inc., USA); **G. Steyer** (American Axe Manufacturing, USA); **M. Z. Eckblad** (Intel Corp., USA);
S. Anandavally (Cosma International - Magina, USA);
M. Tiller (Xogeny, Inc., USA)

Innovative Pricing Schemes to Popularize the Adoption of Simulation Software Packages
A. Kishman (ElectroMagnetics-Works Inc., CAN)

How Can Usage Data of Your Applications Drive Cost Savings and Innovations? Why Now?
L. M. Cole (Open Tt, Inc., USA)

NAFEMS Simulation Capability Survey
P. Newton (NAFEMS)

8K SPDM – Workshop: Part 2

.....

Presenters

- **G. Valine** – Director of Engineering Information Technology, GKN Divelline, USA
 Glenn managed the project to democratize complex simulations of powertrain components to a wide user population based on an SPDM platform
- **T. Ulmer** – Project Manager, High-Lift System Test, Airbus, GER
 Tobias managed the project to deploy a comprehensive simulation approach for aircraft high lift system testing at Airbus in Bremen based on an SPDM platform
- **Mark Norris** – SPDM and PLM Consultant and Program Manager
 Mark has 20 years experience of designing and deploying PLM and SPDM solutions and was the author of the NAFEMS White Paper on the Business Value of SDM

Agenda

Introduction to the Workshop, the Main Domains of Application of SPDM
M. Norris

Democratizing Simulation to an Engineering Population Based on SPDM
G. Valine

Implementing a Simulation Environment to Support System Test Based on SPDM
T. Ulmer

Business Value from SPDM and Essential Components for a Successful SPDM Project
M. Norris

Round table discussion

Conference agenda subject to alterations.
 * Subject to final review approval

Sponsors

Platinum Sponsor



Gold Sponsors



Silver Sponsors



SPDM Sponsors



Sponsorship & Exhibition: A Unique Opportunity

The World Congress presents a unique opportunity, as delegates are primarily high-level decision makers working in industry across the globe. The exhibition area will be a central point at the Congress, ensuring that there is a consistent level of "traffic" at all times – refreshments, announcements, events and competitions will focus on this area, giving you the chance to meet as many of our delegates as possible.

Align yourself with the NAFEMS Brand

As the only international Association for the Engineering Analysis Community, NAFEMS is widely held to be the leading independent source of information and training for engineering analysts and designers of all levels. Sponsors and exhibitors will have the chance to promote their attendance prior to the event, through the various packages outlined here. Being seen to be participating in the NAFEMS World Congress gives the analysis world a positive impression of your company's commitment to best practice, standards and continued professional development.

Benefits

So what are the benefits of sponsoring and exhibiting at the Congress?

- Promote your company to a large but highly focused group of individuals who have a pre-qualified interest in your product
- Establish important contacts within the industry
- Keep an eye on the activities of your direct competition
- Increase your company's visibility and standing in the analysis community
- Showcase your latest product releases and service offerings
- Discover exactly what your target market needs, and what trends are emerging across the industry

Exhibitors

- Altair Engineering
- Ansys
- Autodesk
- Beta CAE Systems
- CD-adapco
- Convergent Science
- Dassault Systemes Simulia
- Dynardo
- Electro Magnetic Works
- Eon Reality
- ESI Group
- Esteco
- Fraunhofer SCAI
- Front End Analytics (FEA)
- Granta Design
- Intes
- ITI TranscenData
- Mentor Graphics
- MSC Software
- Penguin Computing
- Rand 3D
- Sharc
- Siemens PLM Software
- Transvalor Americas
- zSpace

A Gala Dinner Like no Other

The official NAFEMS World Congress 2015 Gala Dinner will be held onboard the USS Midway on the evening of June 23rd.

The longest-serving US Navy aircraft carrier of the 20th century will provide a truly spectacular setting for what is sure to be a once in a lifetime gala occasion, and guests will have the opportunity to explore more than 60 exhibits with a collection of 29 restored aircraft. The Midway was the largest ship in the world until 1955, with a revolutionary hull design giving her better maneuverability than previous carriers. She served for an unprecedented 47 years, before taking up position in 2004 as the world's largest museum devoted to carriers and naval aviation.

As well as an exceptional dinner, delegates will have the opportunity to experience a guided tour of the ship.

The Gala Dinner is included with your congress registration.

Register

Alternatively, you can register online by visiting nafems.org/congress

Contact Name to whom all correspondence will be sent (BLOCK CAPITALS PLEASE)

Title	Family Name	First Name
Organisation		
Mailing Address		
Post/Zip Code		Country
Tel. No.		
Email		
Congress Fees		
NAFEMS Members	\$ 1250	Congress fees include
Presenting Authors	\$ 1250	• Attendance at the NWC15 & SPDM Conference
Non NAFEMS Members	\$ 1550	• Lunches (22nd, 23rd & 24th June)
		• Refreshments (22nd, 23rd & 24th June)
		• Congress Banquet (23rd June)
		• Cocktail Reception (21st June)
		• One set of Proceedings from each event

Roger Oswald NAFEMS Ltd

Springwood • Booths Park
Chelford Road • Knutsford
Cheshire • WA16 8QZ
United Kingdom

t +44 (0) 1355 225688

e nwc15@nafems.org

online registration at
nafems.org/congress/registration



e library

Corporate Subscription

NAFEMS reference library at the click of a button

Subscribe to NAFEMS Corporate e-library and have instant access to over 140 of our acclaimed publications.

The NAFEMS Corporate e-library allows subscribed members to download copies of over 140 acclaimed NAFEMS publications; including the newest releases. Updated regularly, the e-library provides any of the available NAFEMS publications to be downloaded instantly as a PDF – ensuring that the information you need is available when you need it.

By subscribing, companies can create their own NAFEMS reference library - worth over \$19,500. More than 140 publications can be downloaded at any time, by any site covered by the subscription agreement. Conveniently accessed

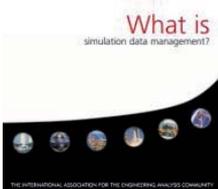
via the NAFEMS website, there is no limit to how often publications can be downloaded, making subscription a solution for the entire team.

The easy to navigate system ensures it is virtually effortless to find the publication you require and once chosen, your publication is only a download away. There is no easier way for your company to benefit from the wealth of information that NAFEMS has published over the last 30 years.

Find out about subscription today

Contact elibrary@nafems.org
or **+44(0) 1355 225 688**
to discuss your requirements.

www.nafems.org/publications/e-library



Kostenloser Download:

NAFEMS Simulation Handbook

„What is simulation data management?“

http://www.nafems.org/publications/browse_buy/browse_by_topic/data/what_is_simulation_data_management_

NAFEMS Publikationen auch über NAFEMS GmbH bestellen

NAFEMS bietet für die Literaturbestellung die bequeme Möglichkeit über den Internet-Shop. Leider führt dies in manchen Unternehmen zu Schwierigkeiten, da eine Bestellung im Ausland umfangreichere Freigabeprozesse erfordert. Sollten Sie Probleme damit haben oder sollte es schlichtweg einfacher für Sie sein, können Sie gerne Ihre NAFEMS Literaturbestellung über die NAFEMS GmbH in Deutschland abwickeln. Senden Sie uns einfach Ihre Bestellung mit Nennung entsprechenden Literaturnummern zu. Nach Erhalt der Bestellung senden wir Ihnen eine Rechnung zu. Nach Zahlungseingang wird die Literatur umgehend aus dem Zentrallager in UK an Sie versendet.

Wir hoffen, Ihnen damit den Bestellvorgang zu erleichtern.

Eine Übersicht über alle Publikationen finden Sie unter www.nafems.org/publications



PSE

Professional Simulation Engineer



A New Standard for Simulation Engineers

Certification

Professional Simulation Engineer



The official launch of the Professional Simulation Engineer Competencies took place at the NAFEMS World Congress 2013. Providing a new standard for simulation engineers, the newly defined competencies incorporate thousands of individual competency statements across twenty-six technical areas and are multi-level in nature to assist simulation engineers at every stage of their career.

To complement the launch of PSE Competencies, NAFEMS announced the introduction of the PSE Competency Tracker, an online system to track and measure competency, and PSE Certification providing independent assessment and verification of competency.

About the PSE Competency Tracker

The PSE Competency Tracker is an online system for tracking and measuring PSE Competencies.

Browsing PSE Competencies

- Access and browse the detailed list of PSE Competencies, sorted by level of competency.

Educational Resources

- Links to educational resources are provided within the PSE Competency Tracker to assist individuals in achieving the competencies. Managers may also wish to use the list of educational resources to improve training and staff development.

More than 400 suggested educational resources are listed including books, articles, codes of practice, etc., that are useful to develop the competencies described in the Tracker.

Measuring & Tracking Competency

Using the online PSE Competency Tracker individuals can plan and monitor their development as a simulation engineer, tracking their competencies as they are achieved. Companies can do the same for their staff, creating a database of the combined simulation skills of their workforce.

The PSE Competency Tracker can be accessed by NAFEMS members at

www.nafems.org/pse/competencytracker.

About PSE Certification

PSE Certification is based on the simple concept that the 'Professional Simulation Engineer' certificate is achieved by an independent assessment of PSE Competencies by NAFEMS. The Certification requires the accumulation of competency in workplace experience in the specification, planning, execution and interpretation of numerical analysis applied to design, simulation or product verification, and adequate performance in executing these functions to a high standard. It also requires competency of an appropriate level of underpinning theoretical knowledge and sufficient product knowledge to enable the analyst to understand the context, purpose and value of his/her analysis work.

A multi-level certification scheme, PSE Certification targets the experienced analyst as well as newcomers to simulation. The experienced simulation engineer is required to present documented and attested evidence of academic and workplace competency to become certified. An appropriately qualified newcomer to simulation is expected to follow a structured training programme under the guidance of a suitably qualified Industrial Mentor.

Apply online for PSE Certification at www.nafems.org/pse.

More Information on page on the following pages.

NAFEMS recently launched Professional Simulation Engineer (PSE) Competencies, creating a new standard for the analysis and simulation industry.

PSE (Professional Simulation Engineer) Competencies define the competencies that a good analysis and simulation engineer should possess. They have been peer-reviewed over several years by NAFEMS technical working groups and external experts to create a new standard of competency for analysis and simulation.

Encompassing twenty-six technical areas, there are more than 1400 individual competency statements to:

- enable a clear assessment of an individual's competency level
- carefully encompass important aspects of each technical area
- aid personal development

PSE Competencies are for simulation engineers at every level – from those new to the field to those with several years of experience and can be achieved through on-the-job learning as well as training courses and formal post-graduate courses.

PSE Modules include:

- Core Finite Element Analysis
- Mechanics, Elasticity and Strength of Materials
- Materials for Analysis and Simulation
- Fatigue
- Flaw Assessment and Fracture Mechanics
- Nonlinear Geometric Effects and Contact
- Beams, Membranes, Plates and Shells
- Dynamics and Vibration
- Optimisation
- Plasticity
- Core Computational Fluid Dynamics
- Thermo-Mechanical Behaviour
- Management General
- Verification and Validation
- PLM Integration and CAD-CAE Collaboration
- Simulation Process & Data Management
- Buckling and Instability
- Multi-physics Analysis
- Composite Materials and Structures
- Fundamentals of Flow, Porous Media, Heat Transfer
- Creep and Time-Dependency
- Multi-Scale Analysis
- Probabilistic Analysis
- Noise, Acoustics and Vibro-Acoustics
- Electromagnetics
- Multi-body Dynamics



PSE Competencies are for simulation engineers at every level – from those new to the field to those with several years of experience. Specific to engineering analysis and simulation, PSE Competencies are not specific to any particular software package – creating a benchmark of competency for all simulation engineers.

PSE Competencies can be browsed, tracked and managed using the PSE Competency Tracker.

Independent recognition of PSE competencies can be achieved with PSE Certification.



The PSE Competency Tracker is an online system for tracking and measuring Professional Simulation Engineer competencies. The PSE Competency Tracker allows users to browse the PSE Competencies online and amend their competency record throughout their career.

Companies can use the PSE Competency Tracker to track and manage the competencies of their individual staff and pooled workforce.

There are three main functions of the PSE Competency Tracker:

Access PSE Competencies

Access and browse the detailed list of PSE Competencies, sorted by level of competency.

Browse Educational Resources

Links to educational resources are provided within the PSE Competency Tracker to assist individuals in achieving the competencies. Managers may also wish to use the list of educational resources to improve training and staff development.

More than 400 suggested educational resources are listed including books, articles, codes of practice, etc., that are useful to develop the competencies described in the Tracker. For each resource the corresponding list of competencies is provided.

Measure & Track Competency

A key feature of the PSE Competency Tracker is the ability to easily track and manage the PSE competencies of individuals and pooled workforces.

The PSE Competency Tracker web based system allows the skills that are developed by individuals to be tracked and logged. This can then be used:

- by individuals to plan and monitor their career development as a simulation engineer
- by companies to do the same for their staff and to keep a database of the combined simulation skills of their workforce

Key Features

For Individual Analysis & Simulation Engineers...

- Access and browse the detailed list of competencies, sorted by level of competency
- Identify relevant educational resources
- Measure current competency and generate a detailed personal report identifying areas for development
- Track progress throughout career*
- Export a PDF report to support your PSE Certification application

For Team Managers...

- Identify staff possessing specific competencies
- Identify gaps in competency and training requirements
- Assemble an ideal project team with what-if analysis*

For Technical Leaders & Human Resource Managers...

- Define competency profiles for specific job roles*
- Define competency objectives*
- Track staff progress
- Identify training and recruitment needs
- Assist with workforce and succession planning

Benefits

For Individuals....

- Identify competencies relevant to your work
- Clearly evaluate personal competency level
- Identify relevant educational resources
- Identify relevant codes of practice
- Plan and achieve PSE Certification
- Reach your professional objectives

For Companies....

- Identify competencies which are relevant to your organisation
- Demonstrate a commitment to excellence internally and to external partners
- Maintain a high level of motivation of technical staff
- Identify and retain key technical resources
- Improved staff development
- Improved recruitment and succession planning
- Increased quality, efficiency and reduced risk



PSE (Professional Simulation Engineer) Certification allows engineers and analysts to gain recognition for the accumulation of PSE Competencies.

Independently assessed by NAFEMS, the international association of the engineering analysis, modelling and simulation community, the certification enables individuals to gain recognition for their level of competency and experience as well as enabling industry to identify suitable and qualified personnel.

The Certification incorporates an extensive range of competencies across various analysis types. It is multi-level, supporting the philosophy of lifelong learning and continuous professional development. PSE Certification is suitable for both experienced engineers/analysts and those in the early stages of their professional career.

Providing a standard of competency for the international simulation community, successful applicants receive recognition as a Professional Simulation Engineer (PSE) at Entry, Standard or Advanced Level. As competencies are developed, PSEs will advance to the next level.

PSE Certification Standard

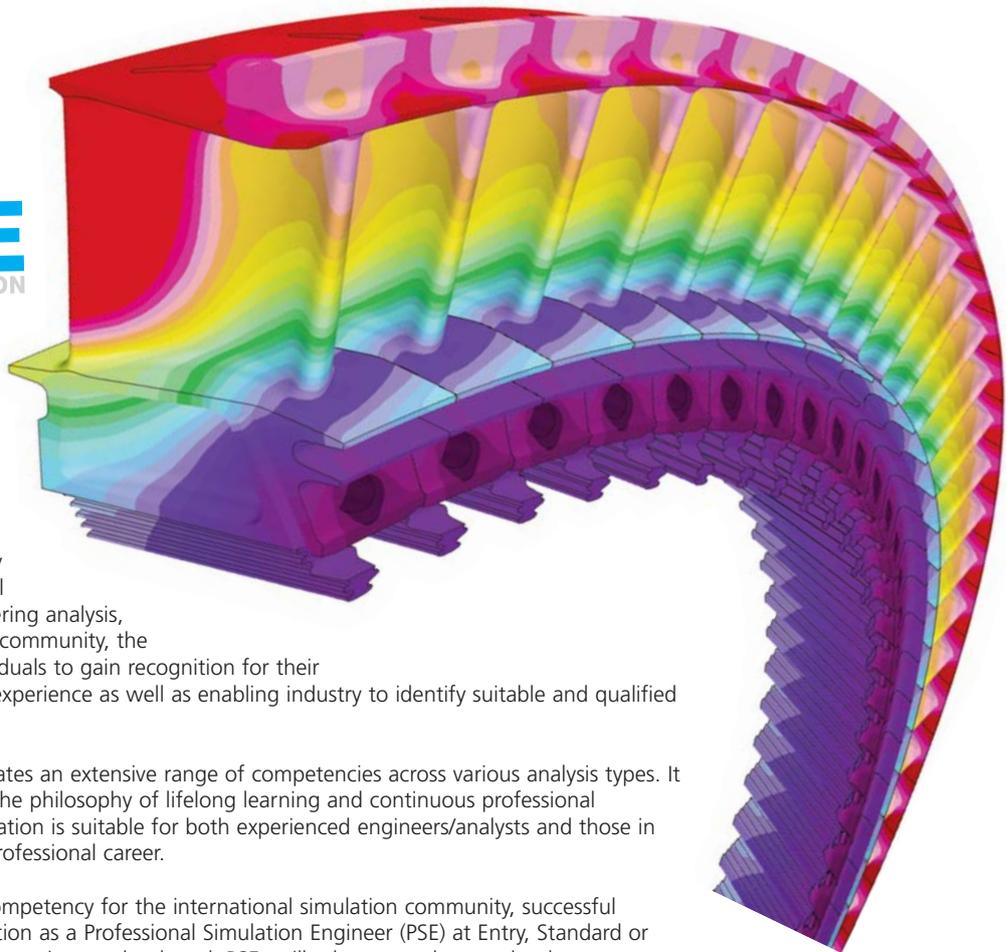
PSE Certification is based on the simple concept that the 'Professional Simulation Engineer' certificate is achieved by an independent assessment of workplace competency.

The Certification requires the accumulation of competency in workplace experience in the specification, planning, execution and interpretation of numerical analysis applied to design, simulation or product verification, and adequate performance in executing these functions to a high standard. It also requires competency of an appropriate level of underpinning theoretical knowledge and sufficient product knowledge to enable the analyst to understand the context, purpose and value of his/her analysis work.

PSE Certification targets both the experienced analyst and the newcomer to simulation. The experienced simulation engineer is required to present documented and attested evidence of academic and workplace competency to become certified. An appropriately qualified newcomer to simulation is expected to follow a structured training programme under the guidance of a suitably qualified Industrial Mentor.

PSE Certification has been designed to:

- Recognise and record achievement by award of a formal certification following an independent assessment of workplace competency
- Assist companies in demonstrating the competency of staff to external organisations
- Promote best practice in engineering analysis
- Increase the pool of competent engineering analysts, thereby enhancing the competitiveness of industry
- Provide an international standard of competency for the international simulation community



Certification Levels

Applicants can gain certification in any number of technical areas.

For each technical area, competency can be claimed at one of the following levels:

Entry Level

- Employs available software tools in an effective manner.
- Able to work in a supervised capacity when provided with clear guidelines.
- Doesn't take on general tasks without supervision.
- Typically applies to trainees and/or technician level staff working under the supervision of a person(s) with appropriate competence who will sign off the results.

Standard Level

- Has sufficient knowledge and comprehension of theory to employ available software tools in a safe and effective manner.
- Able to work in an independent manner without supervision.
- Conducts appropriate checks on results.
- Plans analysis strategies and validation studies.
- Is aware of their own limitations when faced with new or novel problems.
- Observes professional practices.

Advanced Level

- Can take on a range of complex, novel tasks without supervision.
- Able to use skills and expertise to mentor others.
- Provides effective advice and guidance.
- Acknowledged as an expert.

Benefits

Professional Simulation Engineer Certification records, verifies and independently assesses an analysis and simulation engineer's skills and competency. This makes the qualification extremely beneficial for both individuals and companies.

Benefits for Individuals...

For individuals some of the benefits of PSE certification include:

- Achievement of distinctive and internationally recognised qualification
- A clear path for career and skill progression
- Increased value to current and future employers
- Enhanced analytical skills
- Increased confidence
- Improved self-motivation

Benefits for Companies...

There are also a number of benefits for companies whose analysts are certified PSEs (Professional Simulation Engineers). These benefits include:

- A clear way to demonstrate the company's commitment to quality standards
- A formal record of employee competency and training satisfying the requirements of ISO 9001
- Easier recruitment of high calibre staff
- Reduced risks when employing consultants and subcontractors whose staff are Professional Simulation Engineers (PSEs)
- Increased employee motivation
- Creating and maintaining competitive edge

who should apply?

PSE certification is designed for individuals who fit one or more of the following the criteria:

- Designers and engineers who carry out simulation to investigate product performance.
- Simulation engineers and engineering analysts.
- Engineers who are design signatories.
- Engineers who approve numerical analysis.

The certification is appropriate for analysts/simulation engineers at any point in their career. As the qualification is multi-level, it is suitable for experienced analysts and those who are newcomers to analysis.

ALTAIR ENGINEERING**VisSim 9.0 beschleunigt die modellbasierende Auslegung eingebetteter Systeme**

Altair hat die Veröffentlichung der neuen Version 9.0 von VisSim bekannt gegeben. VisSim ist eine innovative visuelle Programmiersprache zur mathematischen Modellierung, Simulation und Entwicklung modellbasierender eingebetteter Systeme, die von Wissenschaftlern und Ingenieuren weltweit eingesetzt wird. VisSim 9.0 steigert die Produktivität im Engineering und erweitert seine Unterstützung der Texas Instruments (TI) C2000 Produktfamilie. Das neue Release bietet Geschwindigkeitsverbesserungen bei großen Kurvendarstellungen und bei der Gesamtsimulationszeit sowie bei großen Diagrammen mit abhängigen Subsystemen. Multiskalare Diagramme, Polardiagramme sowie ein Block- und Schaubildfinder wurden hinzugefügt. Neue integrierte Funktionen umfassen einen „Execution Ordering Block“, einen CRC16-Block sowie TI MotorWare InstaSPIN FAST- und SpinTAC-Blöcke für eine Programmierung von geberlosen Motoren mit feldorientierter Regelung (Field Oriented Control, FOC).

Altair und CAR geben Startschuss für den Enlighten Award 2015

Altair hat bekanntgegeben, dass ab sofort wieder Bewerbungen für den Altair Enlighten Award 2015, den einzigen Award der Automobilindustrie zum Thema Leichtbau, angenommen werden. Auch im dritten Jahr seines Bestehens wird der Award gemeinsam mit dem Center for Automotive Research (CAR) vergeben. Der Gewinner wird während des 50. jährlichen CAR Management Briefing Seminars in Traverse City, Michigan vom 3. bis 6. August 2015 bekannt gegeben.

www.altair.de

ANSYS**Atmel entwickelt Produkte mit Simulationslösungen von Ansys**

Atmel Corporation nutzt technische Simulationslösungen von Ansys zur Modellierung, Analyse und Optimierung seines umfangreichen Produktportfolios für das Internet der Dinge (IoT), das von skalierbaren Embedded-Mikrocontrollern und Mikroprozessoren bis hin zu Gateways für die drahtlose Kommunikation reicht. Für IoT-Anwendungen sind Stromverbrauch, Datensicherheit und Einhaltung der Kommunikationsstandards entscheidende Design-Anforderungen. Die Bestimmung eines optimalen Verhältnisses zwischen Aspekten wie Energieeffizienz, Wirksamkeit der Antennen-Integration, Sicherheit und Kosten ist eine große Herausforderung für die Entwickler von Produkten, auf denen die Verbreitung des IoT beruht. Der branchenführende SmartConnect WINC1500 Low-Power WiFi 2.4GHz IEEE 802.11 b/g/n Systemchip (SoC) und der neueste ARM Cortex-M0+ Microcontroller (MCU) von Atmel bieten extrem stromsparenden Betrieb, kompakte Baugröße und umfassende Connectivity. Die internationalen Atmel-Entwicklerteams nutzten die Ansys-Produkte HFSS, Ansys RedHawk und Ansys Totem, um diese komplexen, in verschiedenen IoT-Anwendungsbereichen eingesetzten SoCs und Plattformen zu entwickeln und zu überprüfen. Die Simulationslösungen von Ansys versetzen Atmel in die Lage, strenge Anforderungen an Leistungsaufnahme und Performance zu erfüllen, einen zuverlässigen Betrieb in einem großen Frequenzbereich sicherzustellen und Produkte punktgenau zur Marktreife zu entwickeln.

Simulationen noch innovativer – neues Ansys Release 16.0

Ansys, weltweit führender Anbieter von CAE- und Multiphysik-Software mit den Schwerpunkten Strömungssimulation (CFD), Strukturmechanik (FEM) und Elektroniksimulation (EDA), hat die neue Software-Version Ansys 16.0 vorgestellt. „Das neue Release ermöglicht die Validierung kompletter virtueller Prototypen und

hilft neue technische Herausforderungen zu meistern – vom Internet der Dinge über fortschrittliche Werkstoffe bis hin zu Embedded-Software“, berichtet Dr.-Ing. Georg Scheuerer, Geschäftsführer von Ansys Germany. „Ansys 16.0 bietet wesentliche Verbesserungen im gesamten Produktportfolio, einschließlich der Lösungen für Strukturanalyse, Strömungsanalyse, Elektronik, Elektromagnetik und Systemtechnik. Durch eine weitgehende Kopplung der einzelnen Simulationsdisziplinen erlaubt Ansys 16.0 die Validierung kompletter virtueller Prototypen.“ Ausgehend von der Simulation der Wechselwirkung zwischen Software und Hardware, die für ‚smarte Produkte‘ und das Internet der Dinge essentiell ist, bis hin zu einem besseren Verständnis der Belastbarkeit fortschrittlicher Konstruktionswerkstoffe – die neue Version Ansys 16.0 bietet eine leistungsstarke Funktionalität, die Entwicklungsingenieuren die schnelle Realisierung von Produktinnovationen ermöglicht.

NXP Semiconductors nutzt Ansys-Simulationstools

Durch die Verwendung von Power-Noise- und Reliability-Sign-Off-Lösungen von Ansys, einem weltweit führenden Anbieter von CAE- und Multiphysik-Software mit den Schwerpunkten Strömungssimulation (CFD), Strukturmechanik (FEM) und Elektroniksimulation (EDA), konnte NXP Semiconductors erhebliche Verbesserungen bei der Integration und Leistungsfähigkeit von Schaltungen für sein neues Fahrzeug-Infotainment-System erzielen. „Da moderne Kraftfahrzeuge immer mehr Elektronik enthalten, müssen Hersteller wie NXP ihre ICs gründlich überprüfen, und zwar für die verschiedensten Einsatzbedingungen im Fahrzeug“, erläutert Dr.-Ing. Georg Scheuerer, Geschäftsführer von Ansys Germany. „Wir unterstützen den Erfolg unserer Kunden durch kontinuierliche Innovation und die Realisierung von hochgenauen Power-Noise- und Reliability Sign-Off-Lösungen.“ Digitalradios werden bei Kraftfahrzeugen immer mehr zum Standard. Bei NXP sind skalierbare Multistandard-Unterstützung,

verbesserte Empfangsleistung und Kosteneinsparungen die treibenden Kräfte der Produktentwicklung in diesem Bereich. Technische Simulationssoftware von Ansys unterstützte NXP dabei, sechs Chips in einer einzigen System-on-Chip-Lösung mit der Bezeichnung SAF360x zu kombinieren und damit wichtige Kostenvorteile zu realisieren. Wenn mehrere komplexe Schaltungen in einem einzigen Halbleiter-Chip zusammengefasst werden, besteht ein erhebliches Risiko von Rauschkopplungen zwischen den Schaltungen, besonders über gemeinsam genutzte Substratflächen. Um eine solche Kopplung von Rauschen und sonstigen unerwünschten Störungen in den verschiedenen Frequenzbändern mit Sicherheit auszuschließen, setzte NXP die Lösungen RedHawk und Totem von Ansys ein, um das Design unter Berücksichtigung realer Software-Betriebsbedingungen und Siliziummesswerten zu validieren.

www.ansys-germany.com

BETA CAE

Neue Versionen verfügbar

Beta CAE gab die Veröffentlichung der Releases ANSA & μ ETA v15.2.3 bekannt.

www.beta-cae.gr

CADFEM

Bolt Assessment inside Ansys

Das auf numerische Berechnungen spezialisierte Unternehmen Cadfem bietet eine ganze Reihe effizienzsteigernder Zusatzlösungen für die Simulationssoftware Ansys an. Damit stehen dem Nutzer Werkzeuge zur normgerechten Auslegung von Bauteilen zur Verfügung. Der moderne Berechnungsingenieur muss und soll sich an den jeweils aktuellen Stand der Technik halten. Deshalb steigt die Nachfrage nach der normgerechten Auslegung von Bauteilen konstant. Mit Bolt Assessment inside Ansys können Schrauben, auch in komplexen Baugruppen und in grosser Anzahl, richtlinienkonform und



LSTC
Livermore Software
Technology Corp.

DYNA
MORE

Einladung zur 10. Europäischen LS-DYNA Konferenz

15. - 17. Juni 2015 in Würzburg



Bild: Daimler AG

Sie sind sehr herzlich eingeladen, an der 10. Europäischen LS-DYNA Konferenz teilzunehmen. Es erwartet Sie ein umfangreiches Vortragsprogramm mit 180 technischen Präsentationen und 14 Workshops, begleitende Fachseminare sowie eine große Hard- und Softwareausstellung. Selbstverständlich sind auch Anwender anderer Simulationspakete willkommen, um sich über die Möglichkeiten von LS-DYNA und den zugehörigen Softwarepaketen zu informieren. Wir freuen uns auf Ihre Anmeldung.

Konferenzprogramm:

Online: www.dynamore.de/15agenda

Flyer: www.dynamore.de/15agenda-pdf

Ausstellung/Sponsoring:

Online: www.dynamore.de/15exh

Flyer: www.dynamore.de/15exh-pdf

Konferenzwebsite:

www.dynamore.de/15dyna

In Kooperation mit



effizient bewertet werden. Normwerte für die Definition der jeweiligen Schraubenverbindung werden dem Benutzer von der Ansys Extension vorgeschlagen. Die grafische Darstellung von Ergebnissen ermöglicht eine schnelle Bestimmung der kritischen Schraubenverbindungen. Das Modul dient der Schraubenbewertung nach der international anerkannten Richtlinie VDI 2230. Dies geschieht mithilfe eines automatisierten Nennspannungsnachweises, in dem alle relevanten Kenngrößen und Schnittkräfte aus dem FE-Modell ermittelt und an die Software KISSsoft übergeben werden. Im Anschluss werden die Ergebnisse in der Ansys Workbench-Umgebung grafisch dargestellt. Zudem stehen die Resultate als Bericht zur Verfügung. Die Schrauben werden dabei direkt aus dem CAD-Modell als Volumenkörper ins FE-Modell übernommen (Modellklasse III). Für jede Schraube werden sowohl die Vorspannungen als auch die für den Nachweis erforderlichen Kenngrößen über eine Eingabemaske definiert. Wenn möglich, werden dem Benutzer dabei Standardwerte aus einer Bibliothek vorgegeben. Das so definierte FE-Modell enthält alle notwendigen Steifigkeiten, um die Schraubenverbindungen präzise zu bewerten. Weitere Informationen unter: <http://www.cadferm.ch/produkte/ansys/cadferm-ansys-extensions>

www.cadferm.ch

CD-ADAPCO

CD-adapco feierte auf der STAR Global Conference 35 Jahre erfolgreiche Entwicklungsarbeit

CD-adapco, der größte in Privatbesitz befindliche Anbieter von CFD-orientierter Software für computergestützte Entwicklung, feierte sein 35-jähriges Bestehen auf der STAR Global Conference, die am 18. März in San Diego eröffnet wurde. Als größter unabhängiger Entwickler von Simulationslösungen für Engineering und Design wuchs CD-adapco seit 1980 von einem kleinen 3-Mann-Betrieb in einem Dachgeschoss zu einem internatio-

nalen, facettenreichen Konzern mit weltweit 34 Niederlassungen und einem Umsatz von fast 200 Mio. Dollar.

An der diesjährigen Veranstaltung nahmen über 75 Experten für Simulationstechnik aus aller Welt teil. Die Konferenz begann mit einer Eröffnungsrede von Paul DePodesta, der bei den New York Mets als VP für Spielerentwicklung und Talentsuche tätig ist. DePodesta ist der Kopf hinter der „Moneyball“-Revolution, die einen New York Times-Bestseller und einen Oscar-nominierten Spielfilm hervorbrachte. Nach dem Eröffnungsvortrag von DePodesta erörterte der Senior VP für Produktmanagement bei CD-adapco, Jean-Claude Ercolanelli, die Zukunft technischer Simulationen und stellte die neueste Version von Star-CCM+ v10.02, dem Vorzeigeprodukt des Unternehmens für Simulationslösungen, vor. Mitarbeiter von CD-adapco und Branchenexperten präsentierten dabei vor Ort die Version und ihre zentralen Funktionen. Die SGC 2015 markierte zugleich das 35-jährige Betriebsjubiläum von CD-adapco. Das Unternehmen blickt auf 35 erfolgreiche Jahre in der Entwicklung technischer Simulationssoftware zurück, in denen es sich von einer Idee einiger Freunde zu einem internationalen Unternehmen entwickelt hat.

„Die Lösung komplexer Probleme im Industrial Engineering erfordert Simulationstechniken, die verschiedene ingenieurwissenschaftliche Bereiche umfassen“, erklärte Steven MacDonald, Mitbegründer, Präsident und CEO von CD-adapco. „Von Beginn an zielte unsere Unternehmensphilosophie darauf ab, die Grenzen unserer Simulationen im jeweiligen Anwendungsgebiet immer mehr zu erweitern, alle relevanten physikalischen Größen zu erfassen, Näherungen zu minimieren und alle Faktoren einzubeziehen, die womöglich Einfluss auf das Design oder die Leistung eines Produkts während seiner Lebensdauer haben. „Zur vollständigen Verwirklichung dieser Vision hat es 35 Jahre harter Arbeit bedurft, wobei viele

der talentiertesten Ingenieure und Entwickler der Branche mitwirkten. Ich bin stolz darauf, was wir gemeinsam erreicht haben.“ Im Jahr 1980 erkannten Steven MacDonald, Bill Wheeler und Marc Whittlesey einen Markt für Ingenieure, die schwierige Probleme hinsichtlich Turbulenzen, Wärmeübertragung und Verbrennungsprozesse schnell und präzise lösen mussten. Das Unternehmen entstand als Antwort auf diese Nachfrage: Eine talentierte Gruppe von Erfindern entwickelte die erforderlichen Verfahren, mit denen diese Technologien vorangebracht und die Welt der Ingenieurarbeit revolutioniert wurde.

Nach nunmehr 35 Jahren definiert CD-adapco den Branchenstandard in der Entwicklung von Simulationssoftware. CD-adapco konzentriert sich weiterhin auf sein Vorzeigeprodukt Star-CCM+ und eine Reihe weiterer innovativer Produkte, die das Engagement des Unternehmens für die Bereitstellung verbesserter Engineering-Lösungen für Ingenieure unter Beweis stellen. CD-adapco ist weiterhin ein Unternehmen in Privatbesitz und zählt zu den wenigen Hightech-Unternehmen, die über viele Jahre hinweg ein stetiges Wachstum verzeichnen.

Neue Version 10.2 Star-CCM+

CD-adapco gab die Markteinführung der Version 10.02 von Star-CCM+ bekannt, der jüngsten Version seines Vorzeigeprodukts für Simulationen. Die neue Version setzt vor allem auf MDX (Multidisciplinary Design eXploration), um den Design-Entscheidungsprozess zu beschleunigen und ermöglicht es den Ingenieuren, Simulationen in einer Vielzahl von Betriebsszenarien durchzuführen. Dieser Ansatz kann dazu verwendet werden, um ein umfassendes Verständnis der Leistung eines Produkts im gesamten Design-Raum zu gewinnen.

www.cd-adapco.com

CPU24/7

Unterstützt Formula Student der TU München beim Elektroantrieb

Der Potsdamer HPC-On-Demand-Anbieter CPU 24/7 unterstützt die angehenden Ingenieure der TU München bei der Entwicklung und Konstruktion des Formula Student Rennwagens eb015 aus „vollem Herzen“. CPU 24/7 stellt den leidenschaftlichen Konstrukteuren der TUfast e.V., so der Name der Projektgruppe, insgesamt vier Server High-Performance Rechenleistung für die Saison 2015 zur Verfügung. Die Münchener Studenten arbeiten in einem fachübergreifenden Team an einem Boliden der Elektromotoren-Klasse. Bei der (Weiter-)Entwicklung und angestrebten Perfektion des aktuellen Wettbewerbsfahrzeugs mit Elektroantrieb besteht für TUfast eine große Herausforderung in der fortlaufenden Optimierung der Fahrzeug-aerodynamik.

Die Möglichkeiten und Grenzen der Aerodynamik werden i.d.R. vor dem Prototypenbau im Windkanal getestet. Das Testing im realen Windkanal ist für viele Unternehmen, für wissenschaftliche Institute und für Studentengruppen wie die TUfast im Regelfall zu kosten- und zeitintensiv. Dafür gibt es HPC-On-Demand-Anbieter wie CPU 24/7, die neben fachlicher Kompetenz enorme Rechenressourcen und alternative Möglichkeiten der Strömungssimulation via diverser hochkarätiger und ausgewählter Software-Programme anbieten können. Für TUfast und ihren Elektro-Boliden hat CPU 24/7 gemeinsam mit den Studenten eine CFD-Simulationsumgebung des Fahrzeugs im Windkanal aufgesetzt. Für die Berechnung wurde die Simulations-Software Star-CCM+ von CD-adapco eingesetzt. Damit wird aktuell die Umströmung des gesamten Fahrzeugs sowie der Durchfluss der Kühlung berechnet.

Ende 2002 entstand aus der Initiative von fünf Studenten das Team TUfast aus der Motivation, über Vorlesungen und Prüfungen hinaus, einen eigenen Rennstall mit eigener Fahrzeugentwicklung zu verwirkli-

chen. Die Idee stammt ursprünglich aus den USA. 1979 gründeten Hochschulprofessoren den Wettbewerb Formula SAE, 1999 kam die Idee als Formula Student nach Europa. Ziel war und ist es bis heute, den Studenten die Möglichkeit zu bieten, unter annähernd realen Rennstallbedingungen die eigene Leistungsfähigkeit zu testen, sowie die Bedeutung von Team-Arbeit und Projektplanung unter Zeit- und Kostendruck zu erfahren. Ein interdisziplinäres und internationales Team angehender Ingenieure, Designer, Informatiker und Betriebswirtschaftler verfolgt ein gemeinsames Ziel: die kontinuierliche Verbesserung im Studienverlauf (weiter)entwickelter Rennfahrzeuge im Vergleich zur jeweils vorherigen Entwicklungsstufe.

Heiko Haenler, Geschäftsführer bei CPU 24/7 über das Engagement seiner Firma in diesem Bereich: „Wir arbeiten im Thema ‚HPC as a service‘ schon seit Jahren erfolgreich nicht nur mit Industrieunternehmen, sondern auch mit wissenschaftlichen Instituten zusammen. Diese sind die perfekte Klientel für diese Art von hochperformanter Rechenleistung, die bei uns bedarfsorientiert zu bekommen ist. Wir haben uns einen Namen im Bereich Computer-Aided Engineering, speziell bei Problemstellungen der Strömungsmechanik gemacht und würden gerne nachfolgende Generationen dafür sensibilisieren, diese Tools auch in Verbindung mit HPC-On-Demand zu nutzen. So können wir zeigen, wie vielfältig, inspirierend und effektiv Simulation sein kann und wie sicher und wie kosten- und zeitsparend das Konzept heute schon ist – nicht nur im Vergleich zu realen Tests im Windkanal. Die heutige Generation der Studierenden wird die erste sein, für die HPC-On-Demand, das heißt Cloud-basierte Rechenleistung, nicht in erster Linie ein Thema von Sicherheit, sondern grenzenloser Möglichkeiten sein wird. Wir profitieren von der Neugier, vom Ehrgeiz und damit der Bedarfsanalyse der Studenten. Darauf aufbauend können wir unser Angebot und unsere Lösungen anpassen, erweitern und optimieren. Eine klassische Win-

Win-Situation.“

Thomas Geiger, Teilnehmer des Projekts und Mitglied im universitären Teilprojekt-Team ‚Modul Aero-Simulation‘: „Ohne Sponsoren wie CPU 24/7 könnten wir unser Projekt nicht auf diesem hohen Niveau realisieren. Wir sind sehr, sehr glücklich darüber, wie einfach, performant und reibungslos der Abruf der benötigten Rechenkapazitäten funktioniert – Modelle hochladen, Berechnungen starten und Ergebnisdaten downloaden. Wir rechnen so fast rund um die Uhr. Der Support von CPU 24/7 ist direkt, fundiert und vollkommen unkompliziert. Wir greifen remote auf die Maschinen zu und finden die Simulationsumgebung inklusive aller benötigten Tools bereits fertig hinterlegt und sofort einsetzbar vor.“

www.cpu-24-7.com

DASSAULT SIMULIA

Software zur Herstellung patientenindividueller Osteosynthesen

Heutzutage sind in der Medizin maßgeschneiderte Implantate gefragt. Insbesondere im Mund, Kiefer und Gesichtsbereich profitiert der Patient von der individuellen Anfertigung eines Implantates, um die normalen Funktionen und sein individuelles Erscheinungsbild möglichst schnell und exakt wieder herzustellen. In Fällen, in denen z.B. auf Grund einer Krebserkrankung Knochen und Gewebe entfernt werden müssen, benötigt man Implantate, die zur verbesserten Stabilisierung der Knochen-Fragmente beitragen, eine hohe Steifigkeit und lange Lebensdauer aufweisen. Das Design muss dabei möglichst filigran sein. Die Basis-Form des Implantates soll in diesem Projekt mittels einer Topologieoptimierung mit Simulia Tosca Structure unter Berücksichtigung verschiedener Parameterkombinationen (z.B. Frakturtyp, Anzahl der Schrauben und deren Positionen) ermittelt werden. Für jeden Patienten wird diese Form durch einen automatischen Fitting-Algorithmus individuell angepasst. Im Forschungsprojekt Topos - Topologieoptimierte

Osteosynthesen – hat sich ein interdisziplinäres Team aus Medizinern, Wissenschaftlern und Industriepartnern – u.a. Dassault Systèmes - zusammengefunden. Ziel ist die Entwicklung einer Software zur virtuellen Operationsplanung, dem automatischen Design und der Herstellung patientenspezifischer, topologieoptimierter Osteosyntheseplatten. Die Veröffentlichung der Ergebnisse ist Ende 2016/ Anfang 2017 geplant.

www.3ds.com

ESI

Composites Simulation Solution 2015

Die ESI Group gab die Veröffentlichung der Composites Simulation Solution 2015 bekannt. Die neue Lösung wurde vom 10.-12. März 2015 auf der JEC Europe, der weltweit größten Verbundwerkstoff-Konferenz und Messe in Paris/Frankreich, vorgestellt. Unter den zahlreichen auf dem Markt verfügbaren Softwarelösungen ist ESIs Composites Simulation Solution 2015 die einzige Finite-Elemente-Simulationslösung, die eine virtuelle Simulation vollständiger Composite-Fertigungsketten ermöglicht – beginnend mit einzelnen Textillagen bis hin zum finalen Produkt. Die Lösung bietet allen Herstellern, die Verbundwerkstoffe einsetzen, einen signifikanten Vorteil – sowohl in der Automobilindustrie, der Luft- und Raumfahrt als auch im Energiebereich. ESIs Composites Simulation Solution 2015 versetzt Industriekunden in die Lage, unter genauer Kostenkontrolle qualitativ hochwertige Produkte fristgerecht zu liefern.

Virtual Seat Solution – eine einzigartige Lösung für virtuelle Sitzprototypen

Die ESI Group gab die Veröffentlichung der Virtual Seat Solution bekannt, der einzigen Lösung auf dem Markt, die speziell für das Virtual Prototyping von Sitzen konzipiert wurde. Die Lösung ermöglicht OEMs und Sitz-Zulieferern – vollständig virtuell – die Entwicklung, Tests, Optimierung und Vorzertifizierung ihrer

Sitzprototypen ohne die Notwendigkeit kostspieliger physischer Prototypen. Industrielle Kunden sparen so nicht nur Kosten und Zeit, sondern können außerdem hoch-innovative Sitze unter Gewährleistung aller geforderten Eigenschaftsmerkmale liefern.

Neue Version von VA One

Die ESI Group gab die Veröffentlichung der neuen Version von VA One bekannt. Als einzige Lösung auf dem Markt, die ein komplettes Simulationsumfeld für vibroakustische Analyse und Entwicklung bietet, deckt VA One den gesamten Frequenzbereich ab. Die Software kombiniert in einem einzigen Modell nahtlos die grundlegenden vibroakustischen Modellierungsverfahren, die Finite-Elemente-Methode (FEM), die Randelemente-Methode (BEM) sowie die statistische Energieanalyse (SEA). Die neueste Version von VA One fokussiert sich speziell auf eine erhöhte Flexibilität für die tägliche Anwendung, die nahtlose Kopplung mit der Open-Source CFD-Software OpenFoam und die Unterstützung moderner Materialien in der Luftfahrtindustrie.

Neue Version der Virtual Performance Solution

Die ESI Group gab die Veröffentlichung der neuen Version seiner Flaggschiff-Software Virtual Performance Solution bekannt. Als Standard in der Automobilindustrie anerkannt, ermöglicht Virtual Performance Solution den Herstellern, Produkteigenschaften, -leistung und -verhalten über verschiedene Disziplinen hinweg zu bewerten und zu optimieren. So können leistungsstarke Produkte zu geringeren Kosten und in weniger Zeit entwickelt werden.

ESI und EDF Energies Nouvelles unterzeichnen exklusiven Gesellschaftsvertrag

Die ESI Group gab die Unterzeichnung eines strategischen Gesellschaftsvertrags mit EDF Energies Nouvelles (EDF EN) bekannt. Die Partnerschaft ist für die nächsten 5 Jahre angesetzt und wird sich auf die innovative Produktentwick-

lung im Bereich der erneuerbaren Energien fokussieren. ESIs Virtual Prototyping Technologie und Expertise kommen so wirksam zum Einsatz. Aus dieser Partnerschaft hervorgehende neue Lösungen und Produkte werden EDF NE exklusiv zur Verfügung stehen.

www.esi-group.com

FUNCTIONBAY

Neu: RecurDyn/Student Version

FunctionBay gibt bekannt, dass es ab jetzt eine kostenlose Version von RecurDyn, der weltweit eingesetzten Software für dynamische Mehrkörpersimulation, für Studenten gibt. Die RecurDyn/Students Version kann unter www.functionbay.org/academic.html herunter geladen werden.

Erfolgreiche RecurDyn TechnologieTage 2014

FunctionBay GmbH organisierte auch dieses Jahr wieder die RecurDyn TechnologieTage, bei denen Anwender und Interessenten alles rund um RecurDyn erfahren konnten. RecurDyn ist eine Software für dynamische Mehrkörpersimulation, welche zudem eine nahtlose Einbindung von nicht linearen Finiten Elementen sowie Regelungstechnik in einem Solver anbietet. Die TechnologieTage fanden am 5. und 6. November 2014 im Leonardo Royal Hotel in München statt. Nahezu 100 Teilnehmer konnten sich am ersten Tag durch interessante Anwendervorträge darüber informieren, in welchen Bereichen RecurDyn bei diesen Firmen bzw. Forschungsinstituten verwendet wird. Die Vortragsreihe wurde durch Präsentationen von FunctionBay Inc. abgerundet, die die weitere Entwicklungsstrategie, insbesondere das neue G-Modeling Konzept, von RecurDyn beschrieben. Eine gelungene Abendveranstaltung frei nach dem Motto „Bayerischer Abend für Analysten“ ließ den ersten Tag relaxt ausklingen. Am zweiten Tag wurden wieder verschiedene Workshops zu bekannten RecurDyn Modulen angeboten.

www.functionbay.de

GRANTA DESIGN**Neue Lösung zur Qualifizierung von Verbundwerkstoffen an**

Granta Design hat eine neue Softwarelösung und Dienstleistungen angekündigt, die einen genauen, überprüfbareren Qualifizierungsprozess für Verbundmaterialien unterstützen. Die Lösung kommt insbesondere dann zum Tragen, wenn die Rückverfolgbarkeit der Werkstoffdaten für gesetzliche Vorgaben oder andere Zwecke erforderlich ist. Zur Umsetzung wurde das bestehende Granta MI:Composites Softwarepaket um neue Softwarewerkzeuge für die Erfassung, Verarbeitung und Berichterstellung bei der Qualifizierung von Verbundwerkstoffen ergänzt. Diese neue Lösung wurde erstmals auf der JEC Europe Messe, die in der letzten Woche in Paris stattfand, vorgestellt. Unter dem neuen Softwarepaket zur Unterstützung des Qualifizierungsprozesses befinden sich beispielsweise Excel-Tools zur Testvorbereitung, Importfunktionen sowie Werkzeuge und Vorlagen zur automatisierten Berichterstellung. Eine entsprechende Dienstleistung von Granta hilft Unternehmen dabei, diese Technologie zu konfigurieren und zum Einsatz zu bringen, um Arbeitsabläufe in der Qualifizierung, z.B. für Testanfragen, Testmatrixerstellung, Erfassung von Verbundmaterialdaten, Analyse und Berichterstellung, zu rationalisieren. Der Arbeitsablauf kann dadurch zentral gesteuert und die einzelnen Aufgaben und Ergebnisse zu beliebigen späteren Zeitpunkten nachvollzogen werden.

www.grantadesign.com

INSTAL**Instal-News erschienen**

Die Ausgabe 03/2015 des Instal Newsletters ist vor kurzem erschienen.

www.instal-online.de

INTES**Für einen Entwurf nahe am Produkt**

Die Topologie-Optimierung ist ein Verfahren zur Formfindung unter Verwendung von Finite-Elemente-Modellen, wobei der Optimierungsalgorithmus entscheidet, welche Elemente eines gegebenen Entwurfsraums für die gewünschte Bauteilfunktion benötigt werden und welche nicht. Seit den frühen Tagen der Topologie-Optimierung wird mit diesem Verfahren das große Versprechen verbunden, dass es eines Tages gelingt, auf diesem Wege direkt ein produktionsfähiges Bauteil zu erreichen. Die Erwartungen sind hoch und umfassen nicht nur die Berücksichtigung aller Fertigungs- und Belastungsrandbedingungen sondern auch das Erreichen der besten Lösung unter geringstem Materialeinsatz.

Permas hat nun einen großen Schritt in Richtung auf diese Ziel getan. Durch die Verbindung einer voll auskonvergierten Lösung der Topologie-Optimierung mit einer exzellenten Glättung der Oberfläche erreicht man ein Ergebnis, das unter den vorgegebenen Bedingungen einem fertigen Produkt sehr nahe kommt und dabei den Materialeinsatz reduziert. Die direkte Ausgabe der Oberfläche im STL-Format erlaubt die unmittelbare Verwertung des Optimierungsergebnisses auch durch generative Fertigungsverfahren. Die auskonvergierte Lösung ist dadurch charakterisiert, dass jedes finite Element des zu optimierenden Entwurfsraums einen klaren Zustand einnimmt, und zwar entweder den Zustand „bleibt“ für benötigte Elemente oder den Zustand „verschwindet“ für die nicht mehr benötigten Elemente. Die Oberfläche der verbleibenden Elemente wird anschließend geglättet und kann so einer neuerlichen Vernetzung zugeführt werden, um mit einer Kontrollberechnung die Ergebnisse der Optimierung zu verifizieren. Das Verfahren wurde an industriellen Beispielen entwickelt und verifiziert. Es steht für den Kundeneinsatz zur Verfügung.

www.intes.de

ISKO ENGINEERS**Strategische Partnerschaft mit Maplesoft**

Ihre Dienstleistungen werden die Entwicklung von Multidomain-Modellen dynamischer Systeme, Analyserwerkzeugen für Parameterstudien und -optimierung, die Erstellung von Modellen für Software-in-the-Loop- und Hardware-in-the-Loop-Tests (SIL, HIL) sowie Produktschulungen umfassen. „Wir haben in den letzten zwei Jahren in den USA und Asien einen starken Anstieg der Nachfrage nach unseren Leistungen für die Entwicklung von Lösungen verzeichnet, und diese Nachfrage setzt nun auch in Europa ein“, erklärte hierzu Paul Goossens, VP Engineering Solutions bei Maplesoft. „Bisher hat uns die ISKO engineers AG dabei auf einer Adhoc-Basis geholfen, und eine formale Grundlage für diese Beziehung wird dazu beitragen, unsere Märkte noch besser zu bedienen.“

„Wir freuen uns, Teil der Maplesoft-Lösung für das Erstellen virtueller Prototypen und die Optimierung der Entwicklung technischer Systeme zu sein“, sagte Ioannis Nitsopoulos, Leiter Unternehmensentwicklung bei der ISKO engineers AG. „Ihre Technologie eröffnet uns einzigartige Möglichkeiten, die bereits enorme Kostenvorteile für mehrere unserer Kunden gebracht haben, und wir freuen uns darauf, dies auf unseren jeweiligen Märkten weiter auszubauen.“

Die Kombination der bewährten Maplesoft-Technologie mit der Erfahrung von ISKO wird Entwicklungsorganisationen in der Automobil-, Luft- und Raumfahrt- sowie der Maschinenbauindustrie dabei helfen, das Verhalten ihrer Produkte besser zu verstehen, Entwicklungsprobleme zu lösen und deren Leistung zu optimieren. All dies zu einem Bruchteil der Kosten herkömmlicher Entwicklungsmethoden.

www.isko-engineers.de

MEGWARE

Ein erfolgreiches Vierteljahrhundert Megware

Die Megware Computer Vertrieb und Service GmbH firmierte sich am 1. Februar 1990, nur knapp 3 Monate nach dem Fall der Berliner Mauer. Mit dem erfolgreich, genehmigten Gewerbeantrag gründeten die drei Geschäftsführer den „Megware Computerservice“. Die Basis der Geschäftsidee war die Entwicklung und Fertigung von eigenen PC- und Serversystemen und als Produktionsstätte der Computersysteme diente am Anfang eine Garage von einem der drei Gründer. Das Firmenfahrzeug – ein Wartburg lieferte die ersten Rechner an lokale, sächsische Kunden. Die Begeisterung für und der große Nachholbedarf an IT-Technik in den neuen Bundesländern war auch im Privatkundengeschäft sehr hoch. Megware eröffnete bereits 1991 den ersten Computershop auf der Mühlenstraße in Chemnitz. Weitere 34 Filialen folgten im Zuge der Neunziger Jahre in ganz Mitteldeutschland. Zu Spitzenzeiten beschäftigte Megware mehr als 200 Mitarbeiter und erwirtschaftete Umsätze bis 300 Millionen DM. Große Flächenmärkte und der aufkommende Internethandel veränderten das private Kaufverhalten und das Unternehmen fokussierte sich verstärkt auf das IT-Servergeschäft für Forschung, Lehre und Industrie.

Zur Jahrtausendwende schrieb die Technische Universität Chemnitz (TUC) einen Hochleistungsrechner aus, welcher aus mehr als 500 Desktopcomputern bestand und zu einem Cluster verbunden wurde. Der erste Megware High Performance Computer (HPC) - der Chemnitzer Linux Cluster (CliC) erreichte auf Anhieb Platz 126 in der Weltrangliste der schnellsten Computer und hatte eine Rechenleistung von insgesamt 143,3 Gigaflops, was heute 25 Jahre später, einem einzelnen Server entspricht. Das Chemnitzer Unternehmen kann seither auf umfangreiche Erfahrungen bei der Entwicklung und Installation von High Performance Computing (HPC)-Systemen und Linux-Cluster zurückgreifen. Bis

heute hat Megware ca. 1000 Hochleistungsrechner an Forschungsinstitute, Universitäten sowie Industrie- und Wirtschaftskunden in ganz Europa geliefert und installiert. Das Leistungsportfolio reicht von kompetenter Planung im Vorfeld einer Beschaffung, über die Fertigung und den Test des vollständigen Systems bis zur schlüsselfertigen Installation und den gewünschten Service- und Supportleistungen. Viele der realisierten Projekte gehören in den jeweiligen Ländern zu den Spitzensystemen und erreichen hervorragende Positionen in der TOP500-Liste der leistungsfähigsten HPC-Systeme der Welt.

Megware ist heute ein international agierendes Wirtschaftsunternehmen in der IT Branche, welches eigene Hard- und Softwarelösungen entwickelt, die für den Einsatz in Hochleistungsrechnern zum Einsatz kommen. Mit aktuell 3 installierten Systemen unter den weltweit 500 schnellsten Rechnern ist Megware führend in Deutschland. Jedem Mitarbeiter, Kunden und Geschäftspartner dient der besondere Dank, denn alle haben dazu beigetragen, dass das Unternehmen seinen 25. Geburtstag feiern darf. Das gesamte Team in Chemnitz freut sich auf das nächste Vierteljahrhundert und eine weitere gute Zusammenarbeit.

www.megware.com

MSC SOFTWARE

Schweißsimulationssoftware Simufact übernommen - siehe auch Simufact -

MSC Software hat das Hamburger Softwareunternehmen Simufact Engineering übernommen. Simufact ist ein führendes Unternehmen in der Simulation von metallumformenden Prozessen und Fügeprozessen. Seine Produkte Simufact.forming für die Umformsimulation und Simufact.welding für die Schweißstruktursimulation basieren auf branchenführender Softwaretechnologie für die nichtlineare Simulation. Unternehmen aus der Luftfahrtindustrie, der

Automobilindustrie, dem Anlagen- und Maschinenbau, deren Zulieferer sowie OEMs können signifikante Einsparungen erzielen, indem sie die Anzahl der Erprobungen für Produktionsprozesse in der Fertigung verringern.

Simufact-Kunden aus der Umformindustrie, die auf Prozesssimulation setzen, bescheinigen der Software von Simufact, dass sie nach ihrer Installation die Anzahl physischer Erprobungen um bis zu 50% verringern konnten. Darüber hinaus bestätigen sie, dass die Zykluszeiten für die Entwicklung neuer Teile von drei Wochen auf eine verringert werden können. MSC-Kunden können noch größere Einsparungen erzielen, wenn sie die gesamte Prozesskette mit Werkzeugen von Simufact und MSC simulieren, um ein besseres Verständnis der Herstellbedingungen der Produkte zu gewinnen.

„Zu häufig erzählen mir unsere Kunden, dass unzureichend verstandene Herstellprozesse die Ursache sind für Produkte, die nicht so funktionieren, wie sie entworfen und simuliert wurden“, sagt Dominic Gallelo, Präsident und CEO von MSC Software. „Indem wir die auf Herstellprozesse ausgerichteten Werkzeuge von Simufact mit der Simulation in der Konstruktion verbinden, können wir unsere Kunden besser dabei unterstützen, Ihre „Right-First-Time“-Prinzipien umzusetzen.“

„Es ist ungemein aufregend, den Schritt in ein globales Unternehmen zu machen“, sagt Michael Wohlmuth, Mitgründer und CEO von Simufact. „Unser Team ist hochmotiviert, unsere Erfolge in weiteren Unternehmen und Ländern zu wiederholen.“ Dr. Hendrik Schafstall, Mitgründer und CTO von Simufact ergänzt: „Als direktes Mitglied der MSC-Familie erschließen wir uns zusätzliche Vorteile: Wir werden die technologische Weiterentwicklung beschleunigen können – unsere Kunden dürfen sich auf weitere Innovationen freuen.“

Die Softwarelösungen von Simufact

werden in Produktionstechnik-Kreisen für ihre Benutzerfreundlichkeit geschätzt, für ihre Fähigkeit, ein breites physikalisches Spektrum mit großer Genauigkeit abzubilden (thermisch/Materialien/Mechaniken) und nicht zuletzt für ihre einzigartigen Fähigkeiten, die Prozesskette abzubilden. Weitere Informationen finden Sie unter www.mscsoftware.com/de/product/simufact oder www.simufact.de.

Neue Version MSC Apex Cheetah – Berechnungsprozesse neu gedacht

MSC Software hat die neue Version MSC Apex Cheetah präsentiert. MSC Apex ist eine neu in 2014 eingeführte rechnergestützte Entwicklungsplattform für Computer Aided Engineering (CAE)-Analysen.

MSC Apex Cheetah beinhaltet:

- > die dritte Version des MSC Apex Modelers. Der Modeler dient zur CAE-spezifischen Direktmodellierung und Vernetzung. Geometriebereinigung, -vereinfachung und Vernetzung werden erheblich beschleunigt.
- > die erste Version von MSC Apex Structures. Structures erweitert den Modeler und damit MSC Apex zu einer vollständig integrierten und generativen Lösung für die Strukturanalyse.

Die neue Version verbessert den Arbeitsprozess im Engineering und steigert die tägliche Produktivität durch neue innovative Features für die Modellierung und Berechnung. „Cheetah ist eine Meilensteinversion für MSC Apex. Nun ist erstmals der Solver für eine interaktive und inkrementelle Strukturanalyse integriert“, sagte Hugues Jeancolas, Produktmanager MSC Apex. „Die Modellierung, Validierung, Berechnung und Bewertung von Designs war noch nie so effizient und einfach. MSC Apex hilft den Anwendern, die Zeit, die normalerweise zum Erstellen und Validieren von Modellen benötigt wird, zu verringern, da diese Aufgabe keinen Wertgewinn für den Design-Prozess darstellt. Dies ermöglicht es unseren Anwendern, sich auf die Lieferung von nicht nur akzeptablen, sondern optimalen



„benchmark“, the industry respected magazine, is the only truly independent publication geared towards the analysis and simulation community.

Published quarterly by NAFEMS, benchmark includes submissions and news from all areas of engineering simulation throughout the globe.

Respected industry-wide as the only truly independent publication focusing specifically on analysis and simulation, benchmark has been published since 1987, and has a controlled circulation of NAFEMS members and subscribers. Articles span all areas of simulation from FEA to CFD, encompassing all industries from aerospace to bio-medical engineering.

NAFEMS Members can access an archive of published articles here. Details of how to submit articles and advertise in the magazine are also available at www.nafems.org/publications/benchmark/

Subscribe now!

Designs zu konzentrieren - und das in einer Umgebung, die Spaß macht.“ Die Versionen von MSC Apex erhalten ganz bewusst symbolträchtige Namen aus der Spitze der Nahrungskette (englisch apex predator), nach „Arctic Wolf“ und „Black Marlin“ nun „Cheetah“.

Neue geballte FEM-Kompetenz in der Schweiz

MSC Software gab bekannt, dass die ELinter AG ab sofort in der Schweiz als autorisierter Vertriebspartner für die Lösungen des Unternehmens agiert. MSC gehört zu den führenden Anbietern von Finite Elemente (FE, FEM)-Software. Die ELinter AG ist Experte für simulationsgestützte Produktentwicklung. Die neue Zusammenarbeit soll die gestiegene Nachfrage nach Struktur- und Akustiksimulationen decken. Kunden profitieren zudem von der Integration der CFD-Lösung „FloEFD“ von ELinter mit MSC Nastran. Die im schweizerischen Cham im Kanton Zug in der Nähe von Zürich beheimatete ELinter AG ist eine der Topadressen für thermische und fluide Simulationsdienstleistungen, entsprechende Softwarelösungen, Beratung und die Entwicklung und Fertigung kundenspezifischer Kühl- und Heizlösungen. Ein Schwerpunkt liegt in der Elektronikentwicklung in der Schweiz. Der steigenden Kundennachfrage nach Struktur- und Akustiksimulation kann die ELinter AG nun mit den FEM-Lösungen von MSC begegnen.

Die Schwerpunkte der ELinter AG in der Zusammenarbeit mit MSC liegen auf folgenden Produkten:

- MSC Nastran, dem weltweit am häufigsten eingesetzten FE-Solver für Strukturanalysen in den Bereichen Statik, Dynamik und Akustik.
- MSC Actran, einer vollständigen Akustiksoftwarelösung für die Berechnung akustischer, vibrationsakustischer und strömungsakustischer Probleme.
- MSC Patran, einem interaktiven Pre- und Postprozessor, der FE-Modelle erzeugt, vernetzt und auswertet. Patran verbindet die CAD-Welt mit den Berechnungs-

programmen und besitzt Schnittstellen zu allen gängigen Solvern wie beispielsweise MSC Nastran, Marc, Abaqus, LS-DYNA, ANSYS oder Pam-Crash.

- MSC SimXpert, einer Lösung für multidisziplinäre Simulationen und Automatisierung bewährter CAE-Verfahren.

„Insbesondere die nahtlose Integration mit ELinter's CFD-Lösung FloEFD mit MSC Nastran bietet unseren Kunden erhebliche Vorteile im Entwicklungsprozess. Simulationsergebnisse aus der CFD-Simulation können an MSC Nastran übergeben und dort für weiterführende Strukturanalysen nahtlos mit SimXpert weiter verwendet werden. Ergebnisse lassen sich über die vorhandenen Schnittstellen zwischen den Lösungen austauschen. Der Kunde erhält damit eine umfassende Simulation seiner Produkte frühzeitig im Designprozess.“ so Jörg A. Doswald, Geschäftsführer der ELinter AG, über die Gründe für die neue Zusammenarbeit. Mit dieser Partnerschaft steht Schweizer Anwendern und Interessenten nun ein erfahrener und kompetenter Ansprechpartner für die FEM-Lösungen von MSC direkt vor Ort zur Verfügung.

MSC Software nimmt Digimat in kostenlose Student Edition auf

MSC Software und e-Xstream engineering gaben bekannt, dass die Software Digimat ab sofort als kostenlose Student Edition erhältlich ist. Mit der Student Edition erhalten Studenten Lizenzen für MSC Nastran, Adams, Marc, Actran und SimXpert. Jetzt können Studenten auch mit Digimat rechnen und Materialien und Werkstoffen simulieren. In der Produktgestaltung ist es enorm wichtig, die Materialeigenschaften zu berücksichtigen. Nur mit korrekten Materialdaten können realistische Simulationsergebnisse erzielt werden. Die Software Digimat unterstützt Anwender dabei. Digimat stellt Materialmodelle zur Verfügung, die das Verhalten von Werkstoffen auf Grundlage ihrer Mikrostruktur vorhersagen. Die Software eignet sich besonders gut für die Analyse

faserverstärkter Verbundwerkstoffe, sogenannter Composites. Anwender können Aussagen über das Materialverhalten, die Beschreibung der Mikrostruktur und die Belastung von Composites treffen.

www.mssoftware.com

NVIDIA

Nvidia und VMware ermöglichen leistungsstarke Grafik bei Desktop-Virtualisierung

Nvidia und VMware haben heute bekannt gegeben, dass Unternehmen ab sofort mit Nvidia GRID vGPU unter VMware Horizon 6 und vSphere 6 von allen Vorteilen des Remote-Zugriffs bei grafikintensiven Applikationen profitieren. Mehr als 300 Kunden konnten sich in den vergangenen fünf Monaten bereits im Rahmen eines „Early Access“-Programms von den Produktivitätssteigerungen durch virtualisierte Remote-Grafik überzeugen. Die Firmen hatten Zugang zur GRID-vGPU-Technologie, die GPUs in Rechenzentren auf mehrere Anwender aufteilt und so eine höhere Dichte und Skalierbarkeit schafft. Die Resonanz der Kunden hat gezeigt, dass die Desktop-Virtualisierung mit Nvidia vGPU unter VMware Horizon 6 mit vSphere erheblich profitiert: Sie wird um umfangreiche Grafikleistung, höhere Sicherheit für sensible Daten, skalierbare Leistung und Kosteneffizienz erweitert.

Vorteile für Unternehmen durch Grafikvirtualisierung unter VMware Horizon 6 und vSphere sind u.a.:

- Die Möglichkeit für Designer, Architekten und Ingenieure, anspruchsvolle, grafikintensive Applikationen in virtualisierten Umgebungen zu betreiben – mit professionellen Grafiklösungen und zertifizierten Anwendungstreibern von Nvidia.
- Flexibilität für IT-Abteilungen: Unterstützung von bis zu 96 Nutzern auf einem einzelnen Industrie-Standard-Servern
- Kosteneffektive, virtualisierte Grafik für Anwender, die nicht maximale GPU-Leistung benötigen, aber

deren Applikationen von GPU-Beschleunigung profitieren

- › Unterstützung von Endanwendern für ein umfassendes, grafisch forderndes Windows in 2D, 3D sowie Grafikanwendungen mit einer Vielzahl von Medien auf nahezu jedem Gerät durch den Einsatz von VMware Horizon 6. Somit erhalten Remote- und Mobilanwendern volle Workstation-Leistung, selbst über Netzwerke mit hohen Latenzen.

Im Anschluss an die Early-Access-Initiative starten Nvidia und VMware ihr „Direct-Access-Programm“. Es gewährleistet Unternehmen eine schnelle Integration von VMware Horizon 6 und vSphere 6 zusammen mit der GRID-vGPU-Technologie. Nvidia und VMware stehen zudem mit Rat und Tat zur Seite und bieten technischen Support.

www.nvidia.com

PDTEC

PDTEC liefert SimData Manager Version 3.0

PDTEC AG gab die Veröffentlichung der Version 3.0 des SimData Managers bekannt. SimData Manager ermöglicht die effiziente und strukturierte Verwaltung aller berechnungsrelevanten Daten entlang der gesamten CAE-Prozesskette. Eines der zentralen neuen Features der Version 3.0 ist die neu gestaltete, intuitive und noch anwenderfreundlichere Benutzeroberfläche. Das auf der Ribbon-Technologie (à la Microsoft Office) basierende GUI erleichtert das Arbeiten mit dem System und bietet den Nutzer zahlreiche neue Funktionen, wie z.B. erweiterte

Möglichkeiten bei der Arbeit mit Tabellen, komfortable Inline-Edit-Funktionen und mehr. Unter den wichtigsten Neuerungen befinden sich neben der neu gestalteten graphischen Menüführung, eine zentrale Bibliothek für CAE Module, erweiterte Workflow-Funktionalität, der SDM Prozess-Commander, ein Event-Tracking-Mechanismus, konfigurierbare PLMXML-Export und -Import Funktionen, neue Möglichkeiten beim Vergleich von Ergebnisplots, Kurven und Werten sowie umfangreiche Reporting-Funktionen und die Anbindung an Powerpoint. „Wir freuen uns, unseren Kunden mit Version 3.0 von SimData Manager nun viele neue Funktionen und eine neue, intuitive Bedienungsfläche zur Verfügung stellen zu können“, sagte Dr. Günter Staub, Mitgründer von PDTEC und Leiter der SDM-Produktlinie bei der PDTEC AG. „Die durchgängige, konsistente und direkte Verfügbarkeit berechnungsrelevanter Daten ist heutzutage eine der wesentlichen Anforderungen von Berechnungsingenieuren an ein CAE-Datenmanagementsystem. SimData Manager 3.0 verringert den Aufwand und die Durchlaufzeiten für die virtuelle Produktabsicherung und erhöht gleichzeitig die Datenverfügbarkeit und -transparenz im gesamten Berechnungsprozess, vom CAD-Modell bis hin zum finalen Simulationsreport.“ Die neue Version wird derzeit ausgeliefert und bei verschiedenen Automobil-Herstellern, wie z.B. bei Audi, Porsche und Volkswagen - nachdem es an die spezifischen Anforderungen angepasst wurde – in den produktiven Einsatz überführt.

www.pdtec.de

SIEMENS PLM SOFTWARE

Neue Version 14 von LMS Imagine.Lab

Die Plattform LMS Imagine.Lab ist auf die multiphysikalische Systemsimulation zugeschnitten und bietet einen offenen Entwicklungsansatz von der Funktionsmodellierung bis hin zum detaillierten Design. Die Plattform besteht aus drei Modulen: LMS Imagine.Lab Amesim, LMS Imagine.Lab Sysdm und LMS Imagine.Lab System Synthesis.

Das neue LMS Imagine.Lab 14 wartet mit den unterschiedlichsten Erweiterungen auf und bietet damit noch mehr Benutzerfreundlichkeit in allen Entwicklungsphasen. Um die Anforderungen einer immer komplexeren Entwicklung zu erfüllen, setzt LMS Imagine.Lab 14 weiterhin auf Offenheit – das Erfolgsrezept für effiziente Zusammenarbeit. Für eine vereinfachte modellbasierte Systementwicklung bietet LMS Imagine.Lab eine verbesserte, architekturbasierte Konfigurationsumgebung. Im Rahmen der Entwicklung wurde die Lösung vor allem in puncto Benutzerfreundlichkeit und Effizienz deutlich verbessert. Durch neue Methodik-Anleitungen und prozessbezogene Funktionen von LMS Imagine.Lab lassen sich optimierte Produkte schneller entwickeln. Dank erweiterter Funktionen, die Steuerungsvalidierung, Echtzeitsimulation und reduzierte Prozessorzeiten unterstützen, können Anwender Herausforderungen bei der Entwicklung mechanischer Teile und Steuerungen leichter bewältigen.

Neue Version Parasolid 27.1

Siemens PLM Software bringt Version 27.1 von Parasolid auf den Markt, der weltweit führenden Software-Komponente für 3D-Geometriemodellierung. Mit Parasolid V27.1 können Entwickler komplexe Modellierungsfunktionen implementieren, wobei im Vorfeld mehrere einzelne Vorgänge in einem einzigen Schritt gebündelt werden. Das spart Zeit für den Endanwender. Die aktuelle Version reduziert die Anzahl der Arbeitsabläufe für anspruchsvolles Blending sowie Beschichtungs- und Druckvorgänge. Darüber hinaus bietet sie neue Optionen und Steuerungen, um genau die funktionalen und ästhetischen Ergebnisse zu liefern, die der Endanwender erwartet.

www.siemens.com/plm

SIMUFACT ENGINEERING

MSC Software übernimmt Schweißsimulationssoftware Simufact

- siehe auch **MSC Software** -
MSC Software hat das Hamburger Softwareunternehmen Simufact Engineering übernommen. Simufact ist ein führendes Unternehmen in der Simulation von metallumformenden Prozessen und Fügeprozessen. Seine Produkte Simufact.forming für die Umformsimulation und Simufact.welding für die Schweißstruktursimulation basieren auf branchenführender Softwaretechnologie für die nichtlineare Simulation. Unternehmen aus der Luftfahrtindustrie, der Automobilindustrie, dem Anlagen- und Maschinenbau, deren Zulieferer sowie OEMs können signifikante Einsparungen erzielen, indem sie die Anzahl der Erprobungen für Produktionsprozesse in der Fertigung verringern.

Simufact-Kunden aus der Umformindustrie, die auf Prozesssimulation setzen, bescheinigen der Software von Simufact, dass sie nach ihrer Installation die Anzahl physischer Erprobungen um bis zu 50% verringern konnten. Darüber hinaus bestätigen sie, dass die Zykluszeiten für

die Entwicklung neuer Teile von drei Wochen auf eine verringert werden können. MSC-Kunden können noch größere Einsparungen erzielen, wenn sie die gesamte Prozesskette mit Werkzeugen von Simufact und MSC simulieren, um ein besseres Verständnis der Herstellbedingungen der Produkte zu gewinnen.

„Zu häufig erzählen mir unsere Kunden, dass unzureichend verstandene Herstellprozesse die Ursache sind für Produkte, die nicht so funktionieren, wie sie entworfen und simuliert wurden“, sagt Dominic Gallelo, Präsident und CEO von MSC Software. „Indem wir die auf Herstellprozesse ausgerichteten Werkzeuge von Simufact mit der Simulation in der Konstruktion verbinden, können wir unsere Kunden besser dabei unterstützen, Ihre „Right-First-Time“-Prinzipien umzusetzen.“

„Es ist ungemein aufregend, den Schritt in ein globales Unternehmen zu machen“, sagt Michael Wohlmuth, Mitgründer und CEO von Simufact. „Unser Team ist hochmotiviert, unsere Erfolge in weiteren Unternehmen und Ländern zu wiederholen.“ Dr. Hendrik Schafstall, Mitgründer und CTO von Simufact ergänzt: „Als direktes Mitglied der MSC-Familie erschließen wir uns zusätzliche Vorteile: Wir werden die technologische Weiterentwicklung beschleunigen können – unsere Kunden dürfen sich auf weitere Innovationen freuen.“

Die Softwarelösungen von Simufact werden in Produktionstechnik-Kreisen für ihre Benutzerfreundlichkeit geschätzt, für ihre Fähigkeit, ein breites physikalisches Spektrum mit großer Genauigkeit abzubilden (thermisch/Materialien/Mechaniken) und nicht zuletzt für ihre einzigartigen Fähigkeiten, die Prozesskette abzubilden. Weitere Informationen finden Sie unter www.mscsoftware.com/de/product/simufact oder www.simufact.de.

www.simufact.de

TECOSIM

Tecosim ist neues Mitglied im Verband der Automobilindustrie

An der Schnittstelle zu Herstellern, Systemlieferanten und Zulieferern haben sich Entwicklungsdienstleister zunehmend als Innovationsförderer und Lösungsanbieter positioniert. Als wichtigster Vertreter der Automobilindustrie bietet der VDA eine zentrale Plattform beim gemeinsamen Austausch über die zukünftige Mobilität. Auch das im Bereich CAE spezialisierte Engineeringunternehmen Tecosim möchte dies noch stärker nutzen. „Der gemeinsame Dialog fördert die Weiterentwicklung der gesamten Branche“ so Tecosim Vorstand Udo Jankowski. „Darüber hinaus unterstützt uns die Mitgliedschaft dabei, als Ideen- und Lösungsanbieter noch stärker wahrgenommen zu werden.“ Im Verband der Automobilindustrie haben sich bundesweit rund 600 Unternehmen aus der Automobilindustrie zusammengeschlossen. Die größte Gruppe im Verband bilden die Zulieferer, innerhalb derer die Sparte der Entwicklungsdienstleister sich durch konstantes und überproportionales Wachstum auszeichnet.

Ausblick auf Crashverhalten von Elektrofahrzeugen

Feierlich am 26. März in Darmstadt eröffnet, überzeugte die neue Einrichtung mit modernsten Prüfanlagen zur Erforschung der Systemzuverlässigkeits sowie neuen Möglichkeiten für dynamische Prüfungen mit Fokus EMobilität. Der am 27. März stattfindende begleitende Fachtag „Traktion-E“ stand dabei ganz im Fokus des fachlichen Austauschs zu den Themen elektrische Traktionssysteme, Batterie und Antrieb. Nach einem kurzen Rückblick der Entwicklung, präsentierte Udo Jankowski neue Methoden zur Berechnung und Simulation des Crashverhaltens von Elektrofahrzeugen und gab einen Ausblick auf die zukünftigen Trends. Insbesondere in dem von der Branche favorisierten Einsatz neuer Leichtbaumaterialien werden hier noch große Herausforderungen

gesehen, so etwa bei Erstellung, Validierung und Optimierung von crashfähigen Material- und Batteriemodellen. „Dabei unterstützt CAE“, so Jankowski weiter. „Beispielsweise lassen sich neue Lösungsansätze bei Antriebskonzepten und Einsatz von Leichtbau-Materialmodellen mittels FE-Berechnung somit schon in frühen Phasen der Fahrzeugentwicklung verifizieren und optimieren“. Schon heute unterstützt das Unternehmen zahlreiche Fahrzeughersteller weltweit bei diesen Optimierungen und Prozessen.

www.tecosim.com

TRANSVALOR

Thercast 8.2 zur Simulation des Gießens von Stählen und Industriemetallen

Thercast ist die praxisbewährte Software von Transvalor für die 3D-Simulation der Abläufe beim Gießen, bei der Erstarrung und der Wärmebehandlung von Metallen. Sie zeichnet sich durch hohe Genauigkeit bei der Vorhersage der Ergebnisse der entsprechenden Prozesse aus. Dies ermöglicht es den Anlagenbetreibern, den zeitlichen und finanziellen Aufwand für die Planung, den Prozessanlauf und den Betrieb ihrer Gießeinrichtungen zu verringern. Die Software wurde jetzt gründlich überarbeitet. Die neue, erheblich weiterentwickelte Version 8.2 beinhaltet sowohl wichtige neue Funktionalitäten als auch substantielle Verbesserungen bei vielen der bereits installierten Funktionen. Sie eignet sich für den

Einsatz bei Stählen ebenso wie bei anderen technischen Metallen wie Kupfer oder Aluminium.

Wichtigste Neuerung ist eine neue, umfassende Modellierung der Fließeigenschaften der Schmelze, die auf realen Viskositätsdaten beruht. Dies ermöglicht eine wesentlich bessere Genauigkeit bei der Vorhersage des rheologischen Verhaltens der Schmelze sowohl während des Gießens als auch im Verlauf der Erstarrung. Eine weitere Besonderheit ist der Grad an Genauigkeit, mit dem die während der Wärmebehandlung im Gefüge ablaufenden Umwandlungsprozesse abgebildet werden können. Die Resultate stimmen daher sehr gut mit den an realen Proben ermittelten Ergebnissen überein.

Die leicht zu bedienende Software erlaubt die akkurate Berechnung der Prozessabläufe beim Kokillengießen ebenso wie beim Stranggießen. Erwähnenswert sind darüber hinaus deutliche Verbesserungen der Mensch-Maschine-Schnittstelle. Der Aufruf und der Einsatz der verschiedenen Module und Funktionen wurden erheblich verbessert, was die Implementierung von Varianten bei Simulationsrechnungen erheblich vereinfacht und dem Bediener merkliche Zeitersparnisse ermöglicht. Ein einzigartiger Wettbewerbsvorteil stellt die Schnittstelle mit der Forge dar: Berechnungsergebnisse können direkt an die Schmiedesoftware zur weiteren Simulation übergeben werden.

www.transvalor.com

Die hier veröffentlichten Texte wurden nicht redaktionell redigiert sondern weitestgehend unverändert von den jeweiligen Firmen übernommen. Bitte senden Sie uns Ihre Pressemitteilungen an magazin@nafems.de.

Saxsim	31.03.	Chemnitz, D	www.tu-chemnitz.de	TU Chemnitz
Automotive CAE Grand Challenge	31.03.-01.04.	Hanau, D	www.carhs.de	Carhs
European Vehicle Performance Engineering Conference	15.-16.04.	München, D	www.siemens.com/plm	Siemens PLM
ESAFORM Conference on Material Forming – ESAFORM	15.-17.04.	Graz, A	www.esaform2015.at	TU Graz
NAFEMS e-Learning Kurs: Practical Modelling of Joints and Connections	16.04.	Internet	www.nafems.org/e-learning	
NAFEMS Trainingskurs: Einführung in CFD	21.-22.04.	Wiesbaden, D	www.nafems.org/events/nafems/2015/cfd-course1	
NAFEMS e-Learning Kurs: Basic FE Analysis	21.04.	Internet	www.nafems.org/e-learning	
NAFEMS Trainingskurs: Verification & Validation of Models and Analyses (V&V)	29.-30.04.	Amsterdam, NL	www.nafems.org/events/nafems/2015/vandv4	
Ansys/Cadferm Users' Meeting Österreich	29.-30.04.	Wien, A	www.usersmeeting.at	Ansys/Cadferm
NAFEMS Trainingskurs: Simulation und Analyse von Composites	05.-06.05.	Wiesbaden, D	www.nafems.org/events/nafems/2015/comp-course1	
NAFEMS Trainingskurs: Verification & Validation of Models and Analyses (V&V)	06.-07.05.	Pasching (Linz), A	www.nafems.org/events/nafems/2015/vandv3	
NAFEMS e-Learning Kurs: Basic Dynamic FE Analysis	07.05.	Internet	www.nafems.org/e-learning	
Permas Technologietag	07.05	Stuttgart, D	www.intes.de	Intes
GSVF: Interdisziplinäre Entwicklung des Fahrzeugs 2020+	18.-20.05.	Graz, A	www.gsvf.at	ViF
Simulia Community Conference	18.-21.05.	Berlin, D	www.3ds.com/SCC	DS Simulia
ScilabTEC	21.-22.05.	Paris, F	www.scilabtec.com	Scilab Enterprises
NAFEMS e-Learning Kurs: Fatigue & Fracture Mechanics in FE Analysis	26.05.	Internet	www.nafems.org/e-learning	
NAFEMS Trainingskurs: Einführung in FEM	01.-03.06..	Wiesbaden, D	www.nafems.org/events/nafems/2015/dach-fea2c	
European LS-DYNA Conference	15.-17.06.	Würzburg, D	www.dynamore.de/15dyna	DYNAMore/LSTC
MSC User Konferenz	16.-17.06.	München, D	www.mscsoftware.com	MSC Software
NAFEMS World Congress			www.nafems.org/congress	



Ansys Conference & Cadferm Users Meeting	24.-26.06.	Bremen, D	www.usersmeeting.com	Ansys/Cadferm
ESI DACH Forum	05.-08.10.	Bamberg, D	www.esigmbh.de/EDF2015	ESI Group
NAFEMS European Conference: Coupled MBS-FE Applications	20.-21.10.	Turin, I	www.nafems.org/mbs2015	
Weimarer Optimierungs- und Stochastiktage	05.-06.11.	Weimar, D	www.dynardo.de/wost	Dynardo
NAFEMS Seminar: Practical Aspects of Structural Dynamics	10. - 11.11.	Wiesbaden, D	www.nafems.org (Call for Papers in Kürze verfügbar)	
Weitere Veranstaltungen:			www.nafems.org/events	

3D Multiphysik Finite Elemente Modell eines stark nichtlinearen Glasformungsprozesses

Chettapong Janya-anurak, Hannes Birkhofer, Thomas Bernard
Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB, Karlsruhe, Deutschland

Qiulin Ma
Heraeus Tenevo, Inc., Buford, GA, USA

In diesem Beitrag wird die 3D-Modellierung eines komplexen Glasformungsprozesses als Beispiel eines komplexen, nichtlinearen, räumlich verteilten Prozesses vorgestellt. Das System wird mittels eines strömungsmechanischen Ansatzes modelliert, wobei der Verformungsvorgang als Strömung mit freien Oberflächen betrachtet wird. Die Kopplung des Verformungsprozesses mit dem zeitlich veränderlichen Temperaturfeld wird berücksichtigt. Der Einfluss der wesentlichen Parameter (z. B. dynamische Viskosität) auf die Verformung und das dynamische Verhalten wird mittels Simulationen untersucht. Das 3D-Modell wurde unter Comsol Multiphysics implementiert. Anhand des Modells wurde der Einfluss von Asymmetrien im Ofen des Glasziehprozesses auf die produzierten Glasrohre untersucht.

1 Einführung

Bei vielen industriellen Produktionsprozessen muss der zugrundeliegende physikalische Prozess als System mit räumlich verteilten Parametern modelliert werden. Beispiele sind rheologische Verformungsprozesse, z. B. Glasformungsprozesse. Bei diesen Prozessen sind Wärmetransport (Wärmeleitung, Konvektion, Strahlung) sowie Strömungsvorgänge die wesentlichen physikalischen Phänomene. Im Rahmen dieses Beitrags wird die Herstellung von Quarzglasrohren als Vorprodukte von Glasfaserkabeln betrachtet. Bei diesen Quarzglasrohren müssen Durchmesser und Wandstärke hochpräzise eingehalten werden, damit die Qualität der Glasfaserkabel sichergestellt werden kann.

Zur Optimierung solcher industrieller Prozesse haben Simulationsmodelle in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Bei dem hier betrachteten Prozess können z. B. folgende Fragestellungen anhand eines Simulationsmodells untersucht werden:

- (1) Einfluss von Prozessstörungen
- (2) Optimierung von konstruktiven Parametern (z. B. Design des Heizofens) und Prozessparametern (z. B. Massendurchsatz)
- (3) Optimierung von Regelungs- und Prozessführungsstrategien.

In diesem Beitrag wird untersucht, wie sich Störungen im Prozess (Asymmetrien im Ofen) auf Durchmesser und Wandstärke der Glasrohre auswirken. Aus der Praxis sind Asymmetrien der produzierten Rohre bekannt, nämlich Ovalität (Asymmetrie des Durchmessers) und Siding (Asymmetrie der Wandstärke). Die genauen Wirkungszusammenhänge wurden bisher jedoch nicht eingehend untersucht, da sie sich einer experimentellen Analyse weitgehend entziehen und daher nur mittels eines Simulationsmodells möglich sind. Im folgenden Abschnitt wird zunächst der industrielle Glasziehprozess vorgestellt. In Abschnitt 3 werden die Ergebnisse zur Untersuchung der Asymmetrien diskutiert.

2 Modell des industriellen Glasziehprozesses

Der betrachtete industrielle Glasziehprozess ist ein komplexer rheologischer Verformungsprozess, bei dem aus Hohl- oder Vollzylindern dünnere Hohlrohre bzw. Vollstäbe produziert werden. In diesem Beitrag wird die Produktion von Hohlrohren aus Hohlzylindern betrachtet. Das Schema des Prozesses ist in *Abb. 1* gezeigt. Der Hohlzylinder wird mit einer relativ geringen Vorschubgeschwindigkeit (siehe *feeding speed* v_f in *Abb. 1*) von oben in den Ofen eingefahren. Das Glas wird im Ofen auf ca. 2000°C erhitzt und dadurch verformbar gemacht. Es wird unterhalb des Ofens mit höherer Geschwindigkeit abgezogen (*pulling speed* v_s in *Abb. 1*). Im Inneren des Zylinders

wird mittels Durchströmung eines Gases ein erhöhter Druck erzeugt (*pressure* p_s in *Abb. 1*). Mittels der zwei Stellgrößen v_s und p_s können Durchmesser D und Wandstärke W des produzierten Rohres eingestellt werden. Die wesentlichen physikalischen Phänomene sind Wärmetransport (Wärmeleitung, Konvektion, Strahlung) sowie Strömungsvorgänge. Der Prozess ist stark nichtlinear aufgrund des Strahlungsaustausches und der Temperaturabhängigkeit wesentlicher Materialparameter (Wärmekapazität, Wärmeleitung und Viskosität).

Der Glasziehprozess wird als Strömungsvorgang eines Newton'schen Fluids mit freien Oberflächen modelliert. Die Grundlagen der Modellierung vergleichbarer Prozesse sind beispielsweise in [5, 6, 7, 8] dargestellt. Bei Annahme von Axialsymmetrie und einer dünnen Rohrwand (Verhältnis Rohrwand zu charakteristischer Länge in z -Richtung $\ll 1$) kann das Modell stark vereinfacht werden. Es resultiert das eindimensionale *Trouton-Modell* (siehe [1, 5, 6]), bei dem Durchmesser und Wanddicke des Rohres alleine von der Höhe z abhängen. Da im Rahmen dieses Beitrags jedoch Asymmetrien im Prozess untersucht werden sollen, kann diese Vereinfachung hier nicht herangezogen werden, es muss das volle 3D-Modell verwendet werden.

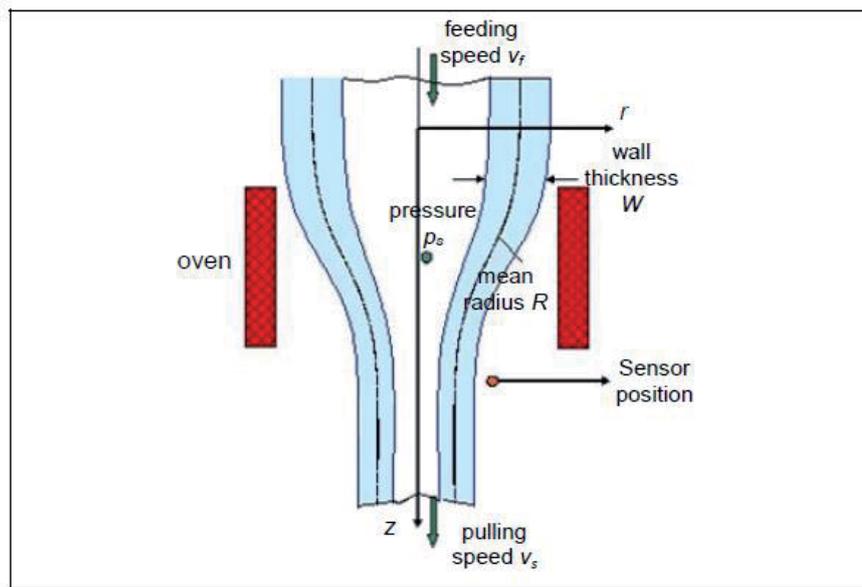


Abb. 1: Prinzip des industriellen Glasziehprozesses.

Die wesentliche Herausforderung bei der Modellierung und Simulation des Glasziehprozesses ist die Abbildung des Verformungsvorganges mit freien Oberflächen. Bestehende Modellansätze können in zwei Klassen unterteilt werden [4]: Zum einen gibt es sogenannte *Interface-Tracking* Methoden, bei denen das Gitter adaptiert wird [9]. In der Regel – so auch in diesem Beitrag – wird jedoch ein *Arbitrary Lagrangian-Eulerian* (ALE) Ansatz verwendet. Dabei werden sowohl eine Fluss- als auch eine Advektions-Gleichung gelöst, um eine zeitabhängige Interface-Funktion zu berechnen [4]. Hierbei werden z. B. Level Set-Methoden [2] eingesetzt.

In den folgenden Unterabschnitten wird das mathematische Modell des Glasziehprozesses vorgestellt. Es umfasst das Strömungsmechanische Modell, das Temperaturmodell sowie die nichtlinearen Materialgesetze. Die Struktur des Modells mit nichtlinearen Kopplungen und Materialgesetzen werden in *Abb. 2* verdeutlicht. Durch die numerische Lösung der partiellen Differentialgleichungen werden das Strömungsfeld $\mathbf{u}(\mathbf{r},t)$, die Druckverteilung $p(\mathbf{r},t)$, das Temperaturfeld $T(\mathbf{r},t)$ sowie die resultierende Geometrie durch die freien Oberflächen berechnet.

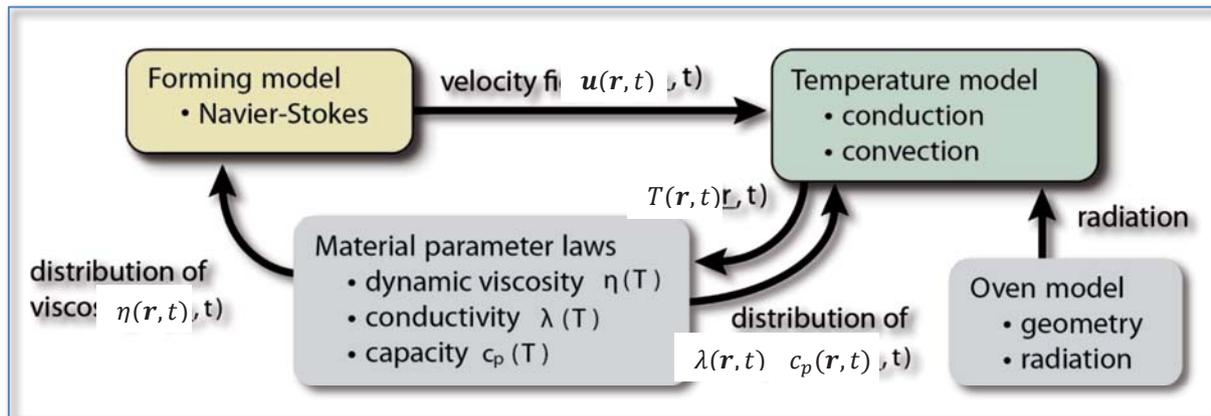


Abb. 2: Struktur des Modells des Glasformungsprozesses mit nichtlinearen Kopplungen und Materialgesetzen.

2.1 Navier-Stokes Gleichungen für inkompressible Flüssigkeiten

Glas wird hier als Newton'sche Flüssigkeit angenommen, d. h. die Viskosität η ist unabhängig von der Fließgeschwindigkeit. Die Dichte des Glases ρ ist nahezu konstant. Es gelten daher Navier-Stokes Gleichungen für inkompressible Flüssigkeiten:

$$\begin{aligned} \rho \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} &= \nabla[-pI + \eta(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T)] - \rho(\mathbf{u} \cdot \nabla)\mathbf{u} - \rho \mathbf{g} \\ \nabla \mathbf{u} &= 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Die erste Gleichung aus (1) stellt die Impulsbilanz, die zweite Gleichung die Kontinuitätsgleichung für inkompressible Flüssigkeiten dar. Aus dem Gleichungssystem sind die Geschwindigkeitskomponenten $\mathbf{u}(\mathbf{r}, t)$ sowie die Druckverteilung $p(\mathbf{r}, t)$ numerisch zu bestimmen. Wie erwähnt, wird auch die Geometrie des verformten Glasrohres aus (1) bestimmt (freie Oberflächen). Randbedingungen werden an der Ein- und Ausströmung des Glases definiert. Es werden hier die Einfluss- und Ausflussgeschwindigkeit vorgegeben:

$$\begin{aligned} \mathbf{u}(\mathbf{r}) &= \mathbf{u}_{\text{in}} \quad \text{for } \mathbf{r} \in \partial\Omega_{\text{in}}, \\ \mathbf{u}(\mathbf{r}) &= \mathbf{u}_{\text{out}} \quad \text{for } \mathbf{r} \in \partial\Omega_{\text{out}}. \end{aligned} \quad (2)$$

Die Rahmenbedingung $\partial\Omega_{\text{out}}$ wird als sogenannte offene Randbedingung bezeichnet. Das bedeutet, dass die totale Spannung in tangentialer Richtung gleich Null ist. Da die Viskosität η stark von der Temperatur abhängt, muss neben dem Strömungs- und Druckfeld auch die Temperaturverteilung $T(\mathbf{r}, t)$ im Glasrohr berechnet werden. Das entsprechende Modell wird im Folgenden vorgestellt.

2.2 Wärmeleitungsgleichung

Der Wärmefluss im Glasrohr kann anhand der Energiegleichung für inkompressible Flüssigkeiten als Gleichung (3) näherungsweise beschrieben werden, wobei c_p die Wärmekapazität bei konstantem Druck und λ die Wärmeleitfähigkeit kennzeichnet. In (3) wird nur Wärmeleitung und konvektiver Wärmetransport berücksichtigt. Strahlungsaustausch im Glas wird über die Temperaturabhängigkeit des Wärmeleitkoeffizienten grob berücksichtigt (Rosseland-Approximation). Neben der Temperaturabhängigkeit der Viskosität ist eine weitere Kopplung der Gleichungen (1) und (3) über das Geschwindigkeitsfeld $\mathbf{u}(\mathbf{r}, t)$ gegeben, da $\mathbf{u}(\mathbf{r}, t)$ in den Konvektionsterm in (3) eingeht.

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \underbrace{\nabla \cdot (\lambda \nabla T)}_{\text{heat conduction}} - \underbrace{\rho c_p \mathbf{u} \cdot \nabla T}_{\text{convection term}} \quad (3)$$

Die Wärmeübertragung vom Ofen auf das Glasrohr (vgl. Abb. 1) basiert aufgrund der sehr hohen Ofentemperatur fast ausschließlich auf Strahlungsaustausch. Dieser Wärmestrom wird wie folgt als Randbedingung an den freien Oberflächen des Rohres ($\partial\Omega_{out}$) berücksichtigt:

$$\mathbf{n} \cdot (\lambda \nabla T) = \varepsilon \sigma (T_{oven}^4 - T^4) \quad \text{for } \mathbf{r} \in \partial\Omega_{out} \quad (4)$$

Hierbei stellt \mathbf{n} den inneren normalen Vektor dar, ε ist der Emissionsgrad der Glas-Oberfläche und $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ist die Stefan-Boltzmann-Konstante. T_{oven} bezeichnet die Ofen-Temperatur. Im Idealfall einer symmetrischen Temperaturverteilung ist T_{oven} nur von der Höhe z abhängig. In der Praxis ist die Ofentemperaturverteilung jedoch nicht symmetrisch, sondern hat Variationen in azimuthaler Richtung. Der Einfluss dieser asymmetrischen Verteilung der Ofentemperatur wird in Abschnitt 3 näher untersucht.

2.3 Nichtlineare Materialgesetze

Wie beschrieben, sind die Viskosität η , die Wärmeleitfähigkeit λ sowie die Wärmekapazität c_p stark temperaturabhängig im relevanten Temperaturbereichen von 20° C bis zu mehr als 2.000° C. Somit werden extreme Nichtlinearitäten in das Verformungsmodell (1), (2) und das Temperaturmodell (3) eingebracht. Im Folgenden werden die nichtlinearen Materialgesetze detaillierter beschrieben.

Im Allgemeinen stellt die dynamische Viskosität η den Flüssigkeitswiderstand zum Fließen dar. Im Falle von Glas hängt die Viskosität stark von der Temperatur ab und der Bereich mit veränderlicher Temperatur ist relativ groß. Sie steigt rapide an, wenn eine Glasschmelze gekühlt wird, so dass seine Form erhalten bleibt nach dem Verformungsprozess. Typischerweise wird die Temperaturabhängigkeit für die Viskosität des Glases durch die Vogel-Fulcher-Tammann (VFT)-Relation dargestellt ($\log(\eta) \sim 1/T[K]$). In unserer Simulationsstudie wurde die Temperaturabhängigkeit der Viskosität experimentell bestimmt und als gefittete Funktion implementiert. Aus numerischen Gründen muss diese Funktion jedoch für sehr hohe Viskositätswerte ($\eta > 10^{18} \text{ Pa}\cdot\text{s}$) begrenzt werden. Als Funktionsansatz wurde daher eine *tanh*-Funktion verwendet.

Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität charakterisieren die Wärmeübertragung durch das rheologische Material. Beim untersuchten Glas hängen diese Parameter in folgender Weise von der Glastemperatur ab:

$$\lambda(T) = \alpha_1 + \alpha_2 T^3 \quad (5)$$

$$c_p(T) = \beta_1 + \beta_2 T \quad (6)$$

Die Parameter α_1 , α_2 , β_1 , β_2 wurden experimentell bestimmt.

2.4 Simulation der freien Oberflächen mittels ALE

Die numerische Simulation des betrachteten rheologischen Verformungsprozesses erfordert es, starke Verzerrungen abzubilden. In der Kontinuumsmechanik gibt es zwei klassische Bewegungsbeschreibungen: (a) die Lagrange'sche und (b) die Euler'sche Beschreibung. Bei der Lagrange'schen Beschreibung bewegt sich das Netz mit dem Material mit. Hiermit lassen sich freie Oberflächen einfach abbilden, allerdings ist der Ansatz auf relativ kleine Verzerrungen beschränkt. Wenn die Materialbewegung komplizierter ist (was oftmals bei Strömungsproblemen der Fall ist), kann die Euler'sche Beschreibung verwendet werden. Hierbei bleibt das Netz fixiert, während das Material bewegt wird. Die Methode *Arbitrary Lagrangian-Eulerian* (ALE) versucht beide Ansätze zu kombinieren und ihre jeweiligen Nachteile so weit als möglich zu minimieren (siehe [3, 9, 10]). ALE bietet den Oberflächen die Möglichkeit, sich zu verändern, ohne dass das Netz dem Material folgen muss. Im vorliegenden Beitrag wird die ALE-Methode für die Simulation des Verformungsprozesses verwendet.

Das Modell wurde bei der Plattform Comsol Multiphysics™ (Version 4.4) implementiert. Abb. 3 zeigt die Geometrie des simulierten Glasrohrs.

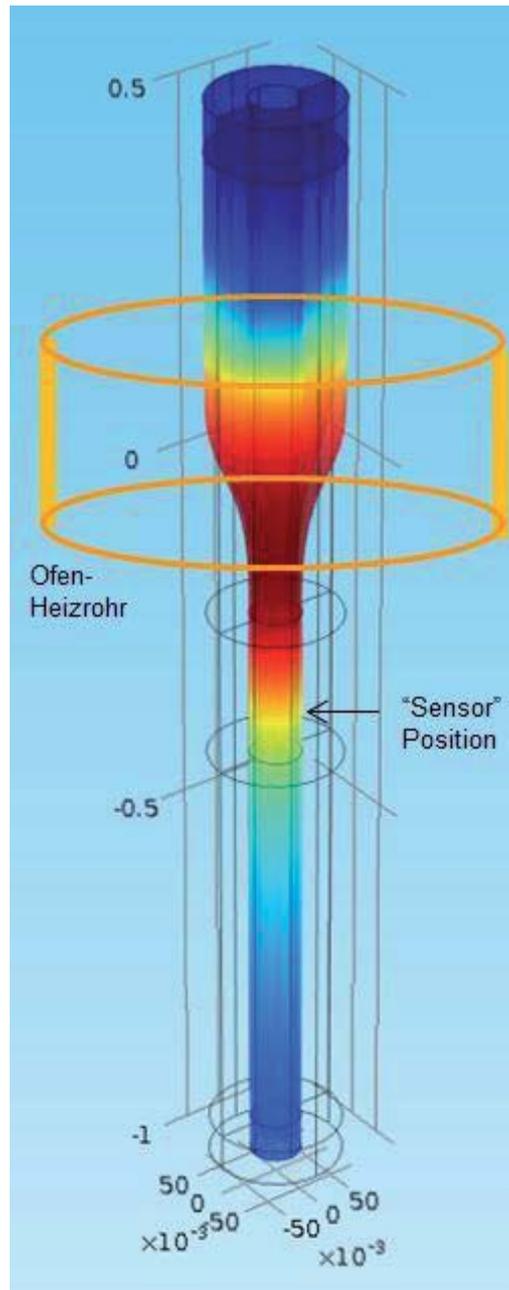


Abb. 3: Geometrie des simulierten Glasrohrs (das Rechteck deutet den umliegenden Heizofen an)

3 Simulation der Auswirkungen von Ofen-Asymmetrien

3.1 Definition der Ofen-Asymmetrie

Wie bereits erwähnt, sollte das produzierte Glasrohr idealerweise exakt rund sein, d. h. sowohl der Außendurchmesser D als auch die Wanddicke W sollten nicht vom Azimut φ abhängen. Die Voraussetzungen dafür sind:

- (a) der Zylinder, der dem Ofen zugeführt wird, ist symmetrisch in der Geometrie und hat homogene Materialparameter (d. h. Dichte, spezifische Wärmekapazität, Wärmeübergangskoeffizient und Viskosität hängen allein von der Temperatur ab);
- (b) der Ofen ist symmetrisch (d. h. die Temperatur des Ofens hängt allein von der Höhe z ab, aber nicht vom Azimut φ).

In Wirklichkeit werden beide Bedingungen nicht vollständig erfüllt. Qualitativ führen die beschriebenen Asymmetrien zu Ovalität (Ov) und Siding (Sd), die entsprechend *Abb. 4* (links) definiert werden als

$$Ov = D_{max} - D_{min} \quad (7)$$

$$Sd = W_{max} - W_{min} \quad (8)$$

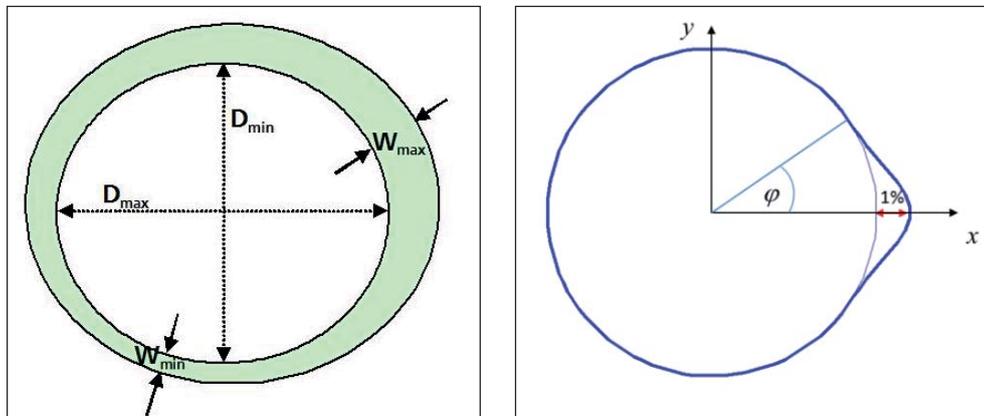


Abb. 4: links: Definition von Ovalität ($Ov = D_{max} - D_{min}$) und Siding ($Sd = W_{max} - W_{min}$) für asymmetrische Rohre; rechts: Illustration der Störung der Ofentemperatur

In diesem Beitrag wird entsprechend (b) der Einfluss von Asymmetrien im Ofen untersucht. Die Asymmetrie wird wie folgt modelliert. Ein symmetrisches Ofentemperaturprofil $T_{oven,sym}(z)$, das nur von der Höhe z abhängt, wird durch eine Funktion $f_{dist}(\varphi)$ multipliziert, die nur vom Azimut φ abhängt. Daher wird die resultierende Ofentemperatur berechnet durch

$$T_{oven}(z, \varphi) = T_{oven,sym}(z) \cdot f_{dist}(\varphi) \quad (9)$$

In unseren Simulationsstudien definieren wir die Störungsfunktion $f_{dist}(\varphi)$ als eine Gauss-Funktion mit einem Maximum bei $\varphi = 0^\circ$:

$$f_{dist}(\varphi) = 1 + a \cdot e^{-(\varphi/s)^2} \quad (10)$$

Die Parameter wurden die Parameter zu $a = 0.01$ (d.h. einer maximalen azimuthalen Ofentemperatur-Abweichung von 1%) und $s = 45^\circ$. Die errechnete Ofentemperaturstörung wird in *Abb. 4* (rechts) abgebildet.

3.2 Simulationsergebnisse eines Szenarios einer transienten Störung

Im Folgenden wird zunächst das dynamische Verhalten des Glasziehprozesses nach Aktivierung der Ofen-Asymmetrie untersucht. In *Abb. 5* sind dazu folgende Größen in Abhängigkeit der Zeit aufgetragen: Normierte Werte von Ovalität und Siding (Subplot 1), Abweichung der Wanddicke gegenüber dem Sollwert (Subplot 2), Abweichung des Durchmessers gegenüber dem Sollwert (Subplot 3), Schwerpunktkordinaten x_0, y_0 (Subplot 4). Wanddicke und Durchmesser werden unterhalb des Heizrohres ausgelesen (siehe „Sensor-Position“ in *Abb. 3*). Der Durchmesser wird in zwei Richtungen gemessen ($\varphi = 0^\circ$ und 90°) und die Wanddicke bei $\varphi = \{0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ\}$.

Bei Zeit $t = 33 \text{ Min}$ wird die Ofen-Asymmetrie aktiviert. In *Abb. 5* ist zu sehen, dass Durchmesser und Wanddicke zunächst eine transiente Phase von erhöhten Werten zeigen (bis $t \approx 37 \text{ Min}$), gefolgt von einer deutlichen Abnahme von Durchmesser und Wanddicke bei $\varphi = 0^\circ$ (d. h. bei der Position der maximalen Ofentemperatur-Asymmetrie). Durchmesser und Wanddicke bei $\varphi = 90^\circ$ sowie $\varphi = 270^\circ$ pegeln sich bei höheren Werten als den Ausgangswerten ein.

Der dynamische Übergang von Siding und Ovalität, der sich aus dem dynamischen Verlauf von Durchmesser und Wanddicke ergibt, entspricht annähernd einem Tiefpassverhalten erster Ordnung mit einer Zeitkonstante von ungefähr 5 Min (siehe Subplot 1 in Abb. 5). Der scharfe Knick während dem vorübergehenden Anstieg des Sidings bei $t \approx 41$ Min wird durch den komplexen Verformungsprozess verursacht: Im Zeitraum $t = 33 \dots 41$ Min ist die minimale Wanddicke bei $\varphi = 180^\circ$ zu beobachten. Daher trägt während dieser Periode diese Wanddicke als W_{min} zur Siding-Berechnung (8) bei. Jedoch hat für $t > 41$ Min die minimale Wanddicke bei $\varphi = 0^\circ$ und entspricht daher W_{min} in Gleichung (8).

Aus Abb. 5 ist ersichtlich, dass aufgrund von numerischem Rauschen sogar im Falle des ungestörten und daher symmetrischen Prozesses (Zeit $t < 33$ Min) Durchmesser und Wanddicke nicht exakt auf den Nominalwerten entsprechen. Entsprechend sind in dieser Phase Siding und Ovalität nicht exakt Null (siehe Subplot 1 in Abb. 5). Aus Subplot 4 in Abb. 5 ist ersichtlich, dass nach Aktivierung der Ofen-Asymmetrie der Schwerpunkt des Rohrs leicht verschoben ist in Richtung negative x-Richtung, während keine Verschiebung in y-Richtung erfolgt. Dieses Verhalten ist plausibel aufgrund der Lage der angewandten Ofen-Asymmetrie (symmetrisch zur y-Achse mit Maximum bei $\varphi = 0^\circ$), die – wie diskutiert – zu einer Reduktion von Durchmesser und Wanddicke bei $\varphi = 0^\circ$ führt.

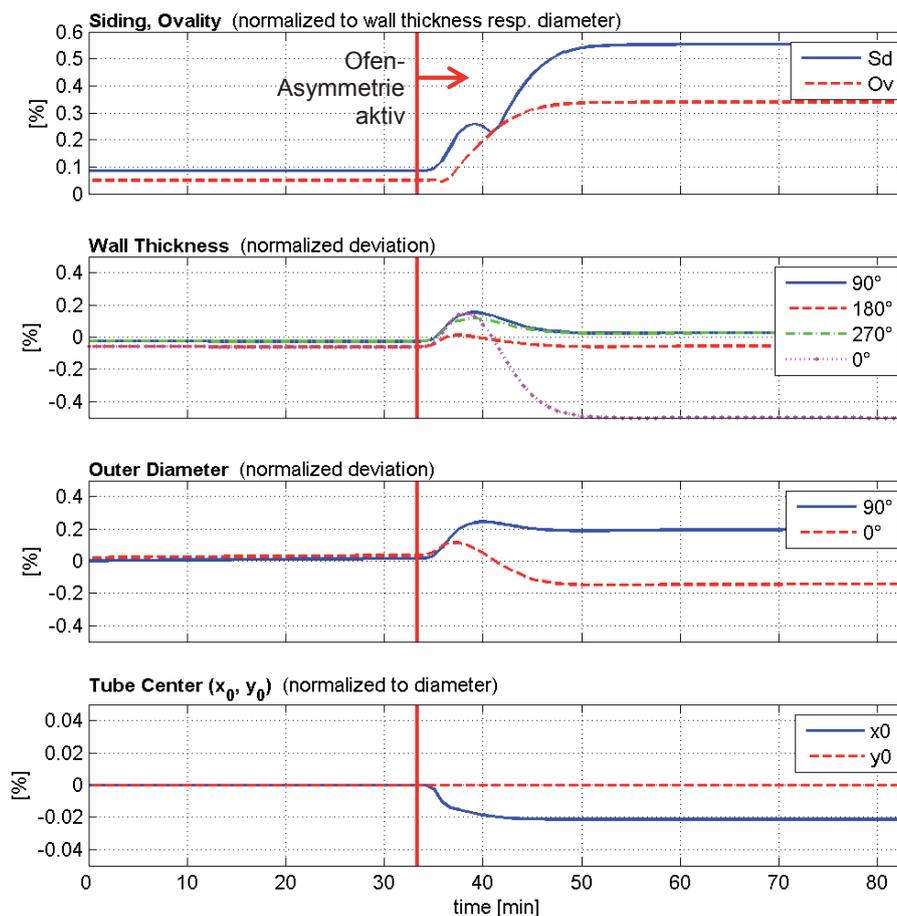


Abb. 5: Resultierende Rohrasymmetrie nach der Aktivierung der Ofentemperatur-Asymmetrie bei $t = 33$ min

3.3 Auswirkung der Amplitude und Breite der Ofentemperatur-Asymmetrie

Neben dem transienten Verhalten wurde auch der Einfluss der Amplitude a und Breite s der Ofentemperatur-Asymmetrie (Funktion (10)) untersucht. Es zeigte sich, dass die stationären Werte von Siding und Ovalität nach der Übergangszeit etwa linear mit a und s zunehmen. Dieses Ergebnis gilt sowohl für positive und negative Werte von a (d. h. lokale Temperaturzu- bzw. -abnahme).

4 Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag wurde ein Modell eines komplexen Glasformungsprozesses und dessen Implementierung unter COMSOL Multiphysics™ vorgestellt. Anhand des Modells wurde die Auswirkung von azimuthalen Ofentemperatur-Asymmetrien untersucht. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Asymmetrie des Rohrs (Ovalität, Siding) in etwa proportional zur Amplitude und der Breite der Ofentemperaturstörung ist. Die Ergebnisse sind ein Beitrag zu einem vertieften Verständnis und einer Optimierung der Prozesse.

5 Literatur

- [1] Bernard, T. and Ebrahimi Moghaddam, E.: Nonlinear Model Predictive Control of a Glass forming Process based on a Finite Element Model. Conference on Control Applications (CCA 2006) (Munich, Germany), October 2006
- [2] Dijkstra, W. and Mattheij, R. M. M.: Numerical Modelling of the Blowing Phase in the Production of Glass Containers. *Electronic Journal of Boundary Elements* 6 (2008), pp. 1-23
- [3] Donea, J.; Huerta, A.; Ponthot, J.-Ph. and Rodriguez-Ferran, A.: *Encyclopedia of Computational Mechanics*. ch. Arbitrary Lagrangian-Eulerian Methods, 2004
- [4] Giannopapa, C. G.: Level-set Method used to Track the Glass-Air Interface in the Blow Step of Glass Containers. *ASME J. Manuf. Sci. Eng.* (2007)
- [5] Howell, P. D.: *Extensional Thin Layer Flows*. Ph.D. thesis, St. Catherine's College, Oxford, 1994
- [6] Krause, D.: *Mathematical Simulation in Glass Technology*. Springer, 2002
- [7] Mawardi, A. and Pitchumani, R.: Numerical Simulations of an Optical Fiber Drawing Process Under Uncertainty. *Journal of Lightwave Technology* 26 (2008), pp. 580-587
- [8] Myers, M. R.: A Model for Unsteady Analysis of Preform Drawing. *AIChE Journal* 35 (1989), no. 4, pp. 592 – 602
- [9] Souli, M.; Ouahsine, A. and Lewin, L.: ALE Formulation for Fluid-Structure Interaction Problems. *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* 190 (2000), pp. 659-675
- [10] Weddemann, A. and Thümmel, V.: Stability Analysis of ALE-Methods for Advection-Diffusion Problems. COMSOL Conference (Hannover), 2008

Eine Methode zur Bestimmung geeigneter Nabeninnen-geometrien für mittels Quer-Fließpressen hergestellte Welle-Nabe-Verbindungen mit Hilfe der FEM

M. Funk, Prof. Dr.-Ing. H. Binz

Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, Universität Stuttgart

F. Dörr, Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. M. Liewald MBA

Institut für Umformtechnik, Universität Stuttgart

Gebräuchliche formschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen wie etwa Keilwellen- oder Polygonprofilverbindungen werden üblicherweise durch die getrennte Fertigung und anschließendes Fügen von Welle und Nabe hergestellt. Besonders neuartige Konturen auf Basis komplexer Zykloide können auf Grund von Fertigungs- und Montagetoleranzen häufig nicht das theoretisch zu erwartende Übertragungsvermögen zeigen.

Ein neues Fügeverfahren zur Herstellung von Welle-Nabe-Verbindung ist das Quer-Fließpressen. Bei diesem Umformprozess werden zylindrische Wellenrohnteile in einer fertiggearbeiteten Nabe umgeformt. Die Innenkontur der Nabe kann hierbei eine unrunde Geometrie, beispielsweise auf Basis komplexer Zykloide, aufweisen. Ein Vorteil dieses Fügeprozesses ist der einstellbare Fugendruck sowie die erreichbaren geringen Toleranzen zwischen den beiden Fügepartnern Welle und Nabe. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, eine geeignete Fügegeometrie zu definieren, die sowohl für den Fügeprozess als auch im Hinblick auf das Übertragungsverhalten unter Torsionsbeanspruchungen im Betrieb in gleicher Weise gut geeignet ist.

Eine Möglichkeit, geeignete Fügegeometrien für derartige Welle-Nabe-Verbindungen festzulegen, ist die Simulation des Fügeprozesses als auch die Simulation des anschließenden Betriebsverhaltens gefügter Verbindungen unter Torsionsbelastung. Hierfür sind zwei unterschiedliche Simulationsprogramme erforderlich, welche keine gemeinsame Schnittstelle besitzen. In diesem Betrag wird eine Methode zum Datenaustausch zwischen eben diesen Programmen beschrieben, die für einen relativen Vergleich von verschiedenen Fügegeometrien brauchbare Ergebnisse liefert.

1 Einleitung

Ein neues Verfahren zum Fügen von Welle-Nabe-Verbindungen ist Quer-Fließpressen. Bei diesem Umformverfahren wird ein zylindrischer Wellenrohling in einer harten, fertiggearbeiteten Nabe, deren Innengeometrie auf einem komplexen Zykloiden basieren kann, umgeformt. Eine Endbearbeitung der Welle mit einer komplizierten Außengeometrie ist folglich überflüssig, da die unrunde Wellengeometrie durch den Umformprozess direkt in der Nabe entsteht. Des Weiteren können Toleranzprobleme zwischen den Verbindungspartnern ausgeschlossen und zusätzlich der Fugendruck eingestellt werden. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, eine Nabeninnengeometrie festzulegen, die sowohl für den Fügeprozess als auch für das Übertragungsverhalten unter Torsionsbeanspruchung geeignet ist.

1.1 Probenkörper und Fügeprozess

Die Gestalt von Welle und Nabe der zu untersuchenden Proben sind von einer Vielzahl unterschiedlicher Randbedingungen abhängig, die ausführlich in [4, 5] beschrieben werden. Die meisten dieser Randbedingungen basieren auf wichtigen Anforderungen aus dem Fügeprozess und aus den Untersuchungen zum Betriebsverhalten der gefügten Verbindungen. Einige wichtige Anforderungen in diesem Zusammenhang sind:

Das Verhältnis von Innen- zu Außendurchmesser der Nabe soll größer als $U = 0,7$ sein.

Das Fügen der Welle-Nabe-Verbindung mittels Quer-Fließpressen muss möglich sein.

Der Einfluss der Probeneinspannungen auf die zu untersuchende Verbindung soll so klein wie möglich sein.

Die Probenabmessungen sollen vergleichbar zu denen vorausgegangener Forschungsprojekte sein.

Auf Grundlage dieser Randbedingungen wurden zwei Arten von Probenkörpern festgelegt (Abb. 1). Die Probenkörper für die Untersuchungen des Übertragungsverhaltens benötigen eine wellenseitige und eine naben-seitige Einspannung um die Proben in die entsprechenden Prüfeinrichtungen einspannen zu können. Diese Einspannflansche sind für die Untersuchung des Fügeprozesses nicht notwendig, weshalb die vereinfachten Proben auf den eigentlichen Fügebereich der Verbindung reduziert sind. Die Abmessungen des Fügebereiches beider Probenkörper sind identisch.

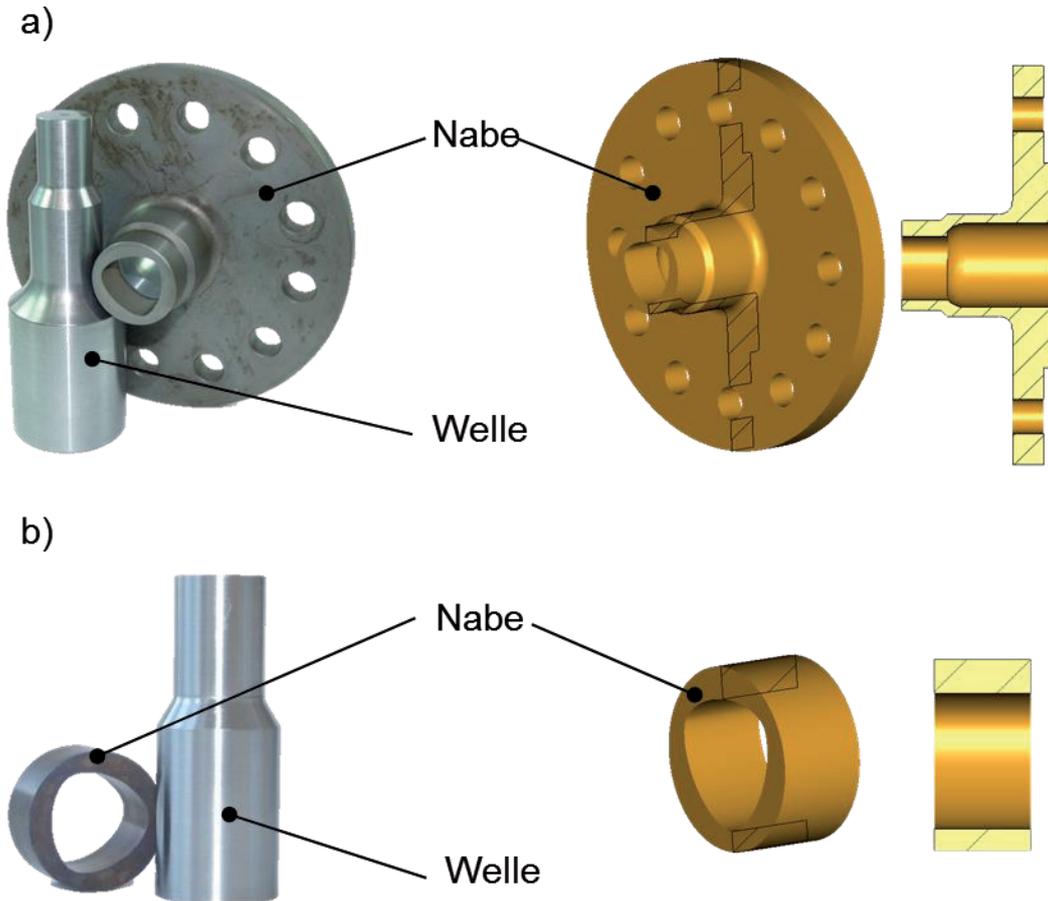


Abb. 1: Die Probengeometrie zur Untersuchung des Übertragungsverhaltens a) und die vereinfachte Probengeometrie zur Analyse des Fügeprozesses b)

Der Fügeprozess mittels Quer-Fließpressen kann in zwei Hauptprozessschritte eingeteilt werden (Abb. 2). Der Ausgangszustand ist ein zylindrischer Wellenrohling und eine fertigbearbeitete Nabe, die eine unrunde Innen-geometrie aufweisen kann. Diese Innengeometrie kann beispielsweise auf zykliden Konturen wie Polygonprofi-le, Hypozykloide oder Epyzykloide basieren. Der Durchmesser des Wellenrohlings im Fügebereich ist hierbei kleiner als der Inkreisdurchmesser der Nabe. Der zweistufige Fügeprozess beginnt mit der Positionierung von Wellenrohling und Nabe in der Matrize und dem Schließen des Werkzeugs. Im ersten Hauptschritt wird die Na-be durch die Matrizensegmente radial vorgespannt. Durch diese radiale Vorspannung wird sichergestellt, dass die während des Fügeprozesses auftretenden tangentialen Zugspannungen in der Nabe unterhalb der kriti-schen Versagensspannung bleiben. Weiterhin wird die Formabweichung des Nabenaußendurchmessers in Folge des Fügeprozesses minimiert. Im zweiten Hauptschritt beaufschlagt der Stempel die Stirnseite des Wel-lenrohlings mit einer Axialkraft, wodurch dieser beginnt, in laterale Richtung zu fließen und sich an der fertigbe-arbeiteten Nabenninnen-geometrie anzulegen. Nach diesem Umformvorgang wird der Stempel zurückgefahren, die Matrizenhälften geöffnet und die gefügte Welle-Nabe-Verbindung ausgeworfen. Eine detailliertere Beschrei-bung des Fügevorgangs kann [6] entnommen werden.

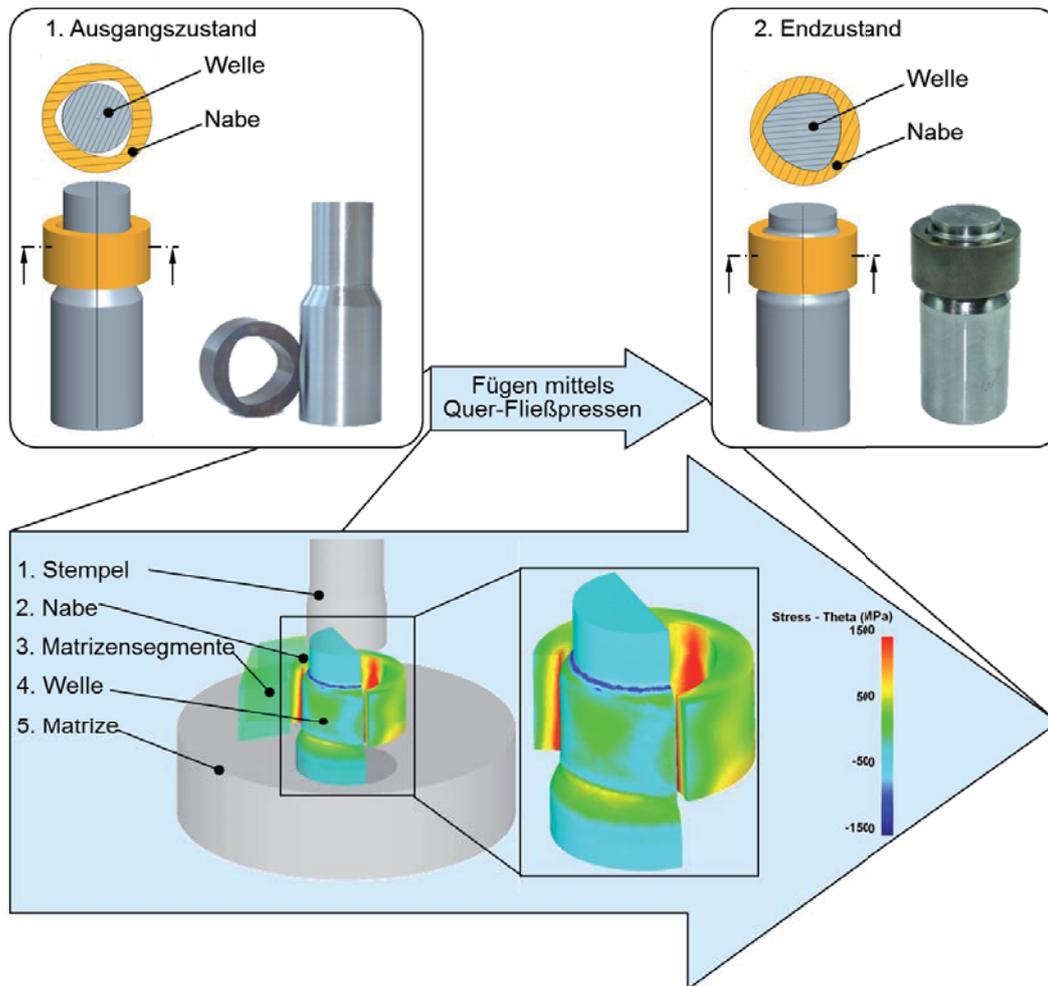


Abb. 2: Der Fügeprozess mittels Quer-Fließpressen mit der vereinfachten Probe

1.2 Zyklische Konturen für Welle-Nabe-Verbindungen

Zyklische Konturen können durch Rollkurven erzeugt werden. Einfache Rollkurven basieren auf einem Grundkreis, auf dem ein Rollkreis gleitfrei abrollt. Ein fester Punkt innerhalb oder außerhalb dieses Rollkreises beschreibt hierbei beim Abrollen auf dem Grundkreis eine zyklische Kontur (Abb. 3). Sofern der Rollkreis auf dem Grundkreis abrollt, entsteht ein Epizykloid, anderenfalls entsteht ein Hypozykloid. Ein Spezialfall der zyklischen Konturen ist das auf einem Epizykloid basierende genormte P3G Polygonprofil [8, 9]. Die Zusammenhänge zwischen Epizykloid und Polygonprofil werden in [10] näher beschrieben.

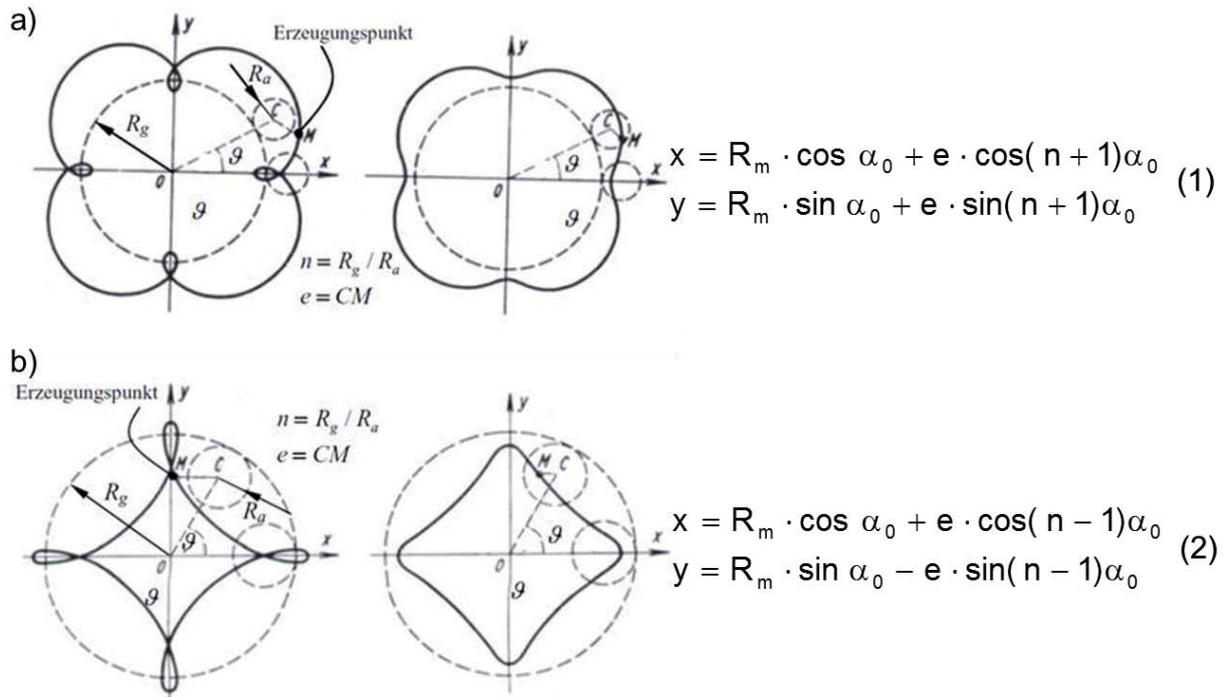


Abb. 3: Die Erzeugung einer Epizykloide (a) und Hypozykloide (b) [7]

Alle einfachen Zykloiden haben eine konstante Exzentrizität, wodurch die Anzahl möglicher Konturen beschränkt ist. Durch das Hinzufügen weiterer, über die Laufparameterwinkel α veränderlicher Exzentrizitäten besteht die Möglichkeit, zykloide Konturen für besondere Anforderungen festzulegen. Diese Anforderungen können von dem Herstellprozess, der Beanspruchungssituation etc. herrühren. Derartige zykloide Konturen werden auch komplexe Zykloiden genannt und zeigen beispielsweise in den theoretischen Untersuchungen von Ziaei [11] ein hohes Potenzial beim Übertragungsverhalten unter Torsionsbelastung. Die komplexen Zykloiden können allgemein durch folgende Grundgleichung beschrieben werden:

$$\begin{aligned}
 x(\alpha_0) &= R_m \cos(\alpha_0) + f_{x1}(e_0) \cdot \cos(\alpha_1) + f_{x2}(e_0) \cdot \cos(\alpha_2) \\
 &\quad + f_{x3}(e_0) \cdot \cos(\alpha_3) + f_{x4}(e_0) \cdot \cos(\alpha_4) \\
 y(\alpha_0) &= R_m \sin(\alpha_0) + f_{y1}(e_0) \cdot \sin(\alpha_1) + f_{y2}(e_0) \cdot \sin(\alpha_2) \\
 &\quad + f_{y3}(e_0) \cdot \sin(\alpha_3) + f_{y4}(e_0) \cdot \sin(\alpha_4)
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Die Parameter $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ sind Funktionen des Hauptwinkels α_0 und die Funktionen $f_{x1}, f_{x2}, f_{x3}, f_{x4}$ sowie $f_{y1}, f_{y2}, f_{y3}, f_{y4}$ sind unabhängig voneinander [11]. Mit dieser Grundgleichung für komplexe Zykloiden ist es einerseits möglich, eine auf spezielle Randbedingungen angepasste Kontur zu definieren, andererseits erhöht sich die Zahl an möglichen Varianten signifikant. Einige geeignete Konturen für idealisierte Welle-Nabe-Verbindungen unter Torsionslast werden von Ziaei [11] näher beschrieben.

2 Problemstellung

Ein Vorteil des neuartigen Fügeverfahrens mittels Quer-Fließpressen ist die Möglichkeit des Fügens von Welle-Nabe-Verbindungen mit den verschiedensten Nabeninnengeometrien, beispielsweise auf Basis komplexer Zykloiden. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, eine geeignete Nabeninnenkontur festzulegen, die einerseits für den Fügeprozess und andererseits im Hinblick auf das Betriebsverhalten unter Torsionslast gut geeignet ist. Eine Methode, mit welcher geeignete Konturen identifiziert werden können, ist die FEM (Finite-Elemente-

Methode). Hierfür ist es wichtig, sowohl den Fügeprozess als auch das Verhalten gefügter Verbindungen unter Torsionslast zu simulieren und abzubilden. Für die Simulation des Fügeprozesses wird das Softwarepaket Deform3D verwendet. Der hohe Verformungsgrad der umzuformenden Welle führt zu einer großen Durchdringung der Elemente im Kontaktbereich, weshalb während der Simulation in diesem Bereich ein automatisches Neuvernetzen mit tetragonalen Elementen zugelassen werden muss. Auf Grund der begrenzten Elementanzahl und des Ziels einer minimalen Rechenzeit wird der Fügeprozess mit einem 3D-Segmentmodell der Welle-Nabe-Verbindung simuliert. Das Softwarepaket Deform3D wurde speziell für Umformsimulationen entwickelt und ist folglich im Umkehrschluss für Strukturmechanikuntersuchungen weniger gut geeignet. Für die Analyse des Betriebsverhaltens der gefügten Welle-Nabe-Verbindung unter Torsionsbelastung wird die Software Ansys Classic 12.1 verwendet. Hierfür ist die Verwendung eines 3D-Vollmodells, vernetzt mit hexagonalen Elementen, anzustreben.

Dieser Widerspruch zwischen den Anforderungen aus der Umformsimulation und den Anforderungen aus der Strukturmechaniksimulation ist eines der Hauptprobleme in diesem Zusammenhang. Eine andere Herausforderung ist die fehlende Schnittstelle zwischen den beiden Simulationsprogrammen Deform3D und Ansys Classic. Jedoch ist für einen Vergleich verschiedener Nabeninnenkonturen eben dies die Voraussetzung.

3 Vorgehen

Das Vorgehen bei der Datenüberführung aus dem Simulationsprogramm Deform3D in Ansys Classic als auch bei der Modellvervollständigung des 3D-Modellsegments zu einem 3D-Vollmodell, basiert auf einer geometrischen Datenrückführung (Abb. 4). Die geometrische Datenrückführung ist ein gebräuchliches Vorgehen, um Geometriedaten zwischen unterschiedlichen CAD- bzw. CAE-Programmen ohne gemeinsame Schnittstelle auszutauschen. Hierfür ist ein neutrales, programmunabhängiges Datenformat erforderlich. Die Qualität einer derartigen Datenübertragung ist immer von der erreichbaren Genauigkeit der verschiedenen Programme beim Export und Import abhängig. Die erreichbare Genauigkeit ist umso mehr entscheidend, wenn wie in diesem Fall aus den vorhandenen Verschiebungen auf die Spannungen im Bauteil zurückgerechnet werden soll. Des Weiteren gehen alle Eigenspannungen und Kaltverfestigungseffekte verloren, welche sich aus der plastischen Verformung des Wellenrohlings ergeben. Der in der Verbindung vorliegende Fugendruck wird als geometrisches Übermaß zwischen den beiden Fügepartnern von einem Simulationsprogramm auf das andere übergeben. Hierfür werden im letzten Rechenschritt der Umformsimulation in Deform3D die Kontaktbedingungen in der Trennfuge der Verbindung gelöscht, wodurch die Welle und die Nabe elastisch zurückfedern. Diese Durchdringung der beiden Fügepartner wird in das Simulationsprogramm Ansys überführt, in welchem aus der Durchdringung (Übermaß) auf den Fugendruck zwischen Welle und Nabe zurückgerechnet wird. Diese Art der Datenübertragung ist entscheidend von den erreichbaren Genauigkeiten bei der geometrischen Datenüberführung abhängig. Aus diesem Grund ist eine Spannungsanalyse zur Detektion kritischer Spannungsniveaus mit dem in Ansys überführten Modell nicht mehr möglich. Dennoch können die Daten für einen relativen Vergleich verschiedener Nabeninnengeometrievarianten herangezogen werden, da sich der relative Fehler zwischen den einzelnen Varianten kaum verändert.

Das Vorgehen zur Datenübertragung kann in vier Hauptschritte eingeteilt werden, die mit vier verschiedenen Programmen ausgeführt werden. Im ersten Schritt wird der Fügeprozess mit einem Segmentmodell in Deform3D simuliert. In diesem Simulationsmodell wird die Welle mit einem elastisch-plastischen Materialverhalten, die Nabe sowie die Werkzeugsegmente hingegen mit einem rein elastischen Materialverhalten modelliert. Der in dem Segmentmodell abgebildete Winkelbereich ist abhängig von der Anzahl der Mitnehmer, welche die Symmetrieebenen festlegen. Auf Grund dieser Symmetriebedingungen der Konturen ist es ausreichend, das Segmentmodell auf einen halben Mitnehmer zu beschränken. Im Fall des P3G Polygonprofils beispielsweise bedeutet dies, dass ein 60°-Modell für die Umformsimulation ausreichend ist. Das Segmentmodell ist mit tetragonalen Elementen vernetzt und in verschiedene Bereiche mit unterschiedlich festgelegten Elementgrößen eingeteilt. In Folge der großen Umformgrade während des Fügeprozesses kommt es im Fügebereich zu unzulässig großen Durchdringungen, was eine automatische Neuvernetzung während der Umformsimulation erforderlich macht. Durch das oben beschriebene Entfernen der Kontaktbedingungen im letzten Rechenschritt federt die umgeformte Welle und die elastisch verformte Nabe zurück. Die kartesischen Koordinaten der Elementknoten, welche die facettierte Mantelfläche der umgeformten Welle beschreiben, werden an ein Matlab-Programm übergeben.

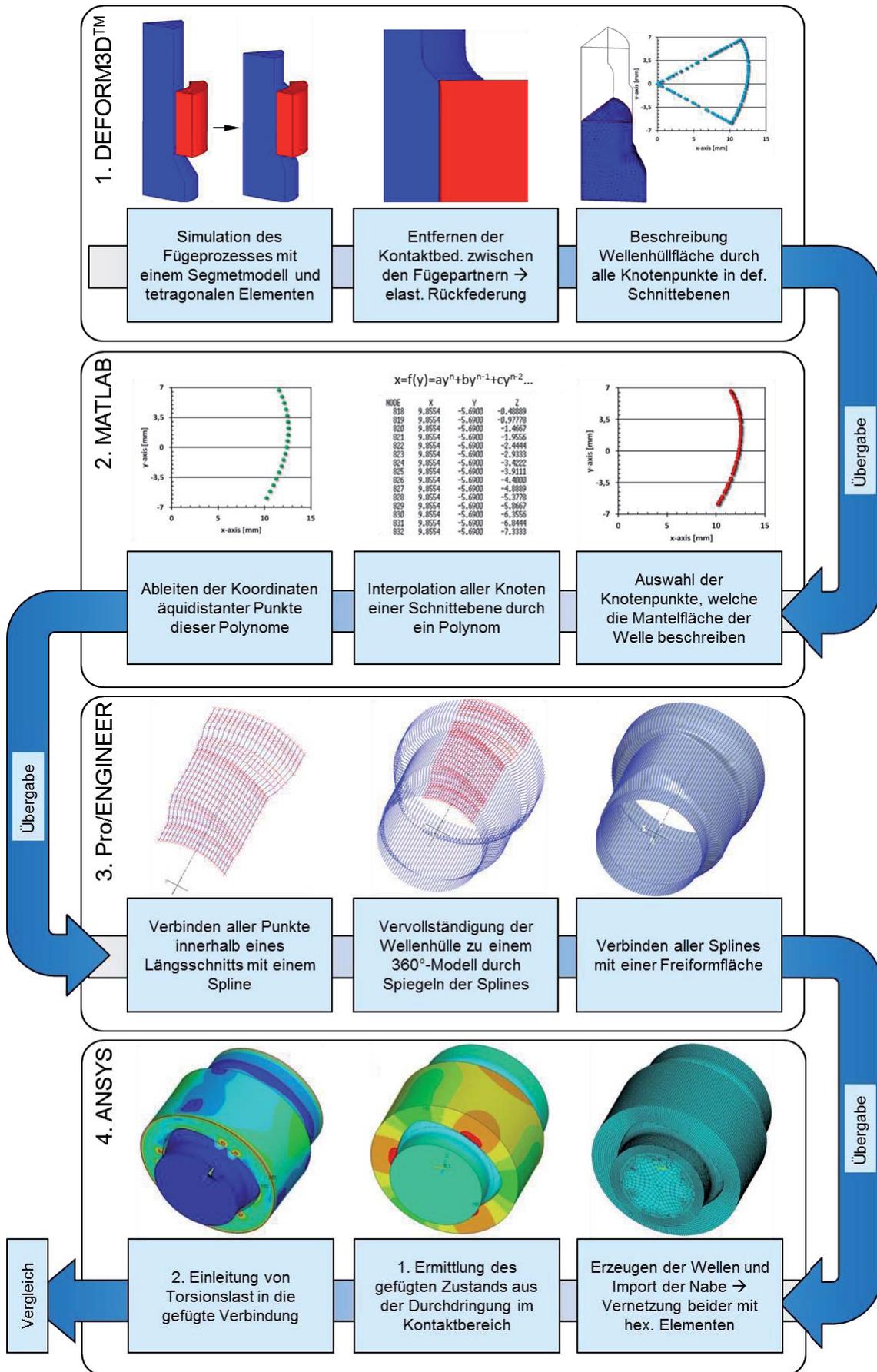


Abb. 4: Der Simulationsprozess auf Basis einer geometrischen Rückführung

Mit Hilfe des Matlab-Programms werden die mantelflächenbeschreibenden Knotenpunkte der Welle geordnet. Hierfür wird die Mantelfläche der Welle in eine Vielzahl von Stirnschnitten unterteilt. Alle Knoten innerhalb eines Stirnschnitts werden durch ein Polynom näherungsweise beschrieben. Von jedem dieser Polynome wird eine festgelegte Anzahl äquidistanter Punkte ausgelesen und in zylindrischen Koordinaten in einer Liste zusammengefasst, welche an das CAD Programm ProEngineer WF4 übergeben wird. Die ursprünglich in Deform3D vorliegende facettenartige Mantelfläche der Welle kann somit, dank der Interpolation des Matlab-Programms, ausschließlich durch Punkte entlang der definierten Längs- und Stirnschnitte beschrieben werden.

Im CAD-Programm werden alle Punkte innerhalb eines Längsschnitts durch einen Spline verbunden. Diese Splines werden entlang der Symmetrieebenen der Welle gespiegelt und zu einem 360°-Modell vervollständigt. Anschließend werden alle Splines in eine Freiformfläche eingebunden, wodurch die vollständige Mantelfläche der umgeformten Welle im CAD-System vorliegt.

Im letzten Schritt werden die Mantelfläche der Welle sowie das Volumenmodell der Nabe in Ansys Classic importiert und zu einem Volumenmodell mit hexagonalen Elementen vernetzt. Die Rechnung in Ansys erfolgt in einem zweistufigen Verfahren. In der ersten Stufe wird aus den Durchdringungen (Übermaß) von Welle und Nabe im Kontaktbereich auf den vorherrschenden Fugendruck zurückgerechnet. Im Anschluss daran erfolgt im zweiten Rechenschritt die Einleitung von äußeren Belastungen wie beispielsweise Torsionslast.

4 Ergebnisse

Zur Beurteilung der mit diesem Simulationsprozess erzielbaren Ergebnisse wird im Folgenden der Prozess anhand des nach DIN 32711 [8] genormten P3G-Polygonprofils durchgeführt. Der Nenndurchmesser der realen Probenkörper (Kap. 1.1) beträgt $d = 25 \text{ mm}$. Für diesen Nenndurchmesser ist in der DIN 32711 [8] eine Profilextrinität von $e = 0,8 \text{ mm}$ vorgesehen. Die übrigen Hauptabmessungen der für diese Simulation herangezogenen Probengeometrie orientieren sich an der realen Probengeometrie (Kap. 1.1) und können Abb. 5 entnommen werden. In den realen Versuchen besteht die Nabe aus 42CrMo4 (1.7225) im vergüteten Zustand mit einer Härte von 54 HRC. Als Wellenmaterial wird 16MnCr5 (1.7131) im weichgeglühten (GKZ Gefüge) Zustand verwendet. Die Fließkurven des Wellenmaterials sind für eine korrekte Abbildung des Fließprozesses in der Umformsimulation von entscheidender Bedeutung. Aus diesem Grund wurden für diesen Wellenwerkstoff Fließkurven mit der thermomechanischen Zug-Druckprüfmaschine Gleebe 3800 aufgenommen und in der Simulation des Fügeprozesses berücksichtigt. Hierbei wurden Umformgeschwindigkeiten von $\dot{\phi} = 1/s$ und $\dot{\phi} = 10/s$ jeweils für einen Temperaturbereich von 20°C bis 600°C untersucht.

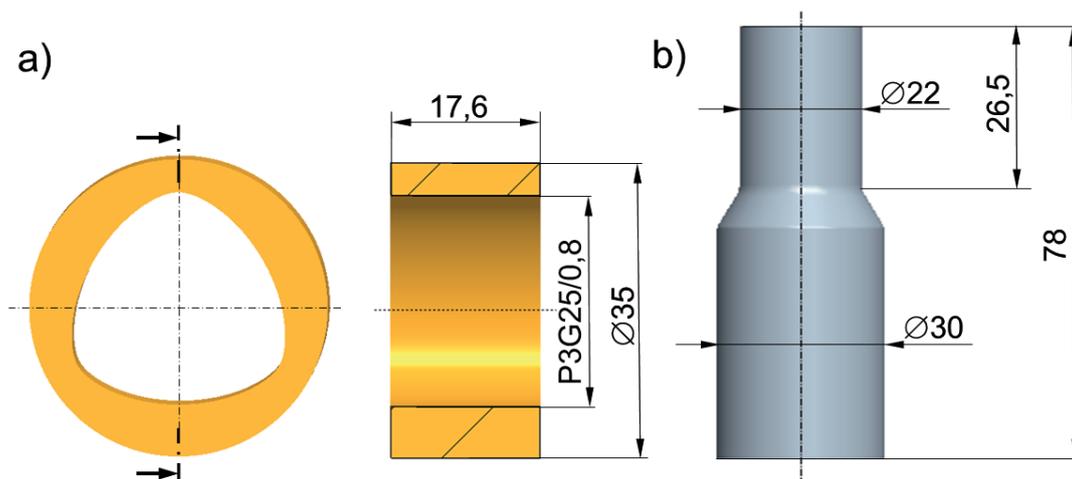


Abb. 5: Die Hauptabmessungen der untersuchten a) Welle und b) Nabe

Die Simulation des Fügeprozesses mit Deform3D erfolgte mit einem 60°-Segmentmodell (Abb. 6) entsprechend der angegebenen Hauptabmessungen (Abb. 5). Die Welle dieses Segmentmodells (Abb. 6) wurde mit tetragonalen Elementen und elastisch-plastischem Werkstoffverhalten vernetzt. Die automatische Netzverfeinerungsra-

te wurde auf 1/3 der Elementdicke festgelegt. Die Nabe sowie die Werkzeugsegmente wurden hingegen mit einem rein elastischen Werkstoffverhalten modelliert. Für alle Bauteile wurde ein Elastizitätsmodul von $E = 206000 \text{ MPa}$ und eine Querkontraktionszahl von $\mu = 0,3$ vorgegeben. Alle weiteren angrenzenden Komponenten wie Stempel und Werkzeugarmierung wurden als ideal steif modelliert. Der Reibfaktor zwischen Welle und Nabe sowie zwischen den Werkzeugkomponenten und der Welle bzw. Nabe betrug $m = 0,12$. Die Stempelbewegung wurde durch einen konstanten Geschwindigkeitsvektor von $v = 3,5 \text{ mm/s}$ vorgegeben.

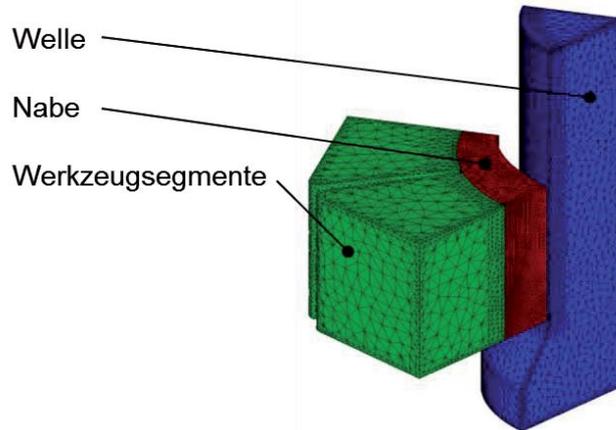


Abb. 6: Das Segmentmodell für die Simulation des Fügeprozesses in Deform3D

Entsprechend der in Abb. 4 beschriebenen geometrischen Rückführung wird das Simulationsergebnis aus Deform3D über das Matlab-Programm und ProEngineer an Ansys übergeben. In Ansys werden sowohl die Wellen- als auch die Nabengeometrie mit rein elastischem Werkstoffverhalten und hexagonalen Elementen vernetzt (Abb. 7). Der Elastizitätsmodul von $E = 206000 \text{ MPa}$ und die Querkontraktionszahl von $\mu = 0,3$ entsprechen denen in Deform3D. Für die Kontaktfläche von Welle und Nabe wurde ein Reibungskoeffizient nach Coulomb von $\mu_R = 0,1$ und eine zulässige Durchdringung von $\Delta t = 2 \text{ }\mu\text{m}$ (konstant) festgelegt.

Die Bewertung der geometrischen Rückführung erfolgt durch einen Vergleich der Ergebnisse in DEFOM3D™ vor dem Entfernen der Kontaktbedingungen und in Ansys nach der Berechnung des vorliegenden Fugendrucks aus dem vorhandenen Übermaß. Als Vergleichsmerkmale werden hier exemplarisch der Fugendruck in der Kontaktzone sowie die radiale Verschiebung der Nabenmantelfläche herangezogen.

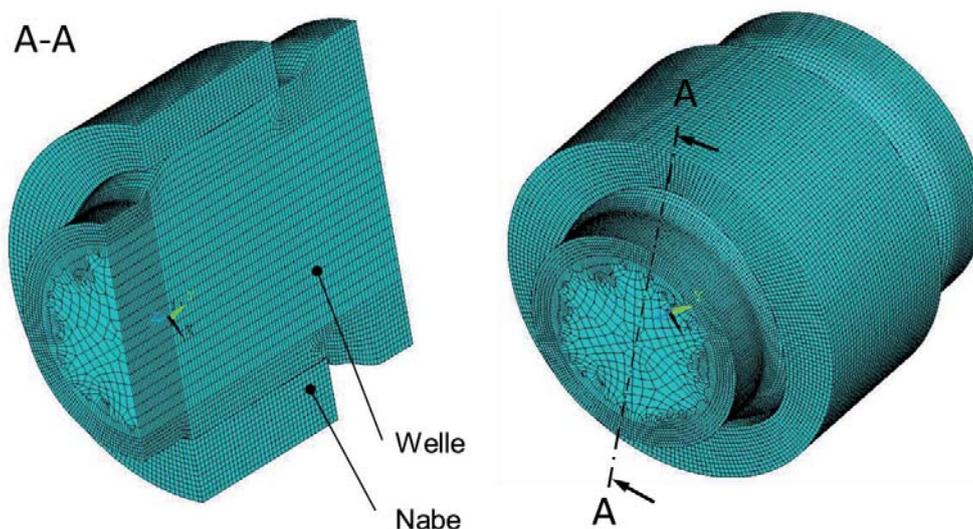


Abb. 7: Das FEM Modell in Ansys nach der geometrischen Rückführung

4.1 Vergleich der berechneten Fügendrucke

Ein Vergleich der berechneten Fügendrucke erfordert die gleiche Farbskala bei der Ergebnisdarstellung. Der Fügendruckverlauf über der gesamten Kontaktfläche ist in Abb. 8 jeweils als 360°-Vollmodell dargestellt, wobei die Darstellung in Deform3D auf der Spiegelung des der Berechnung zugrunde liegenden 60°-Segmentmodells beruht. Der ermittelte Fügendruck in Deform3D liegt geringfügig über dem in Ansys berechneten, was zum einen an der geometrischen Rückführung und der Genauigkeit der hierfür eingesetzten Programme liegt. So unterliegt z. B. der Geometrieexport aus ProEngineer einer Genauigkeit von 0,1 μm und die zulässige Durchdringung in Ansys weiteren 2 μm usw. Zum anderen kommt es durch die Vervollständigung des Segmentmodells zu einem Vollmodell sowie durch die Verwendung unterschiedlicher Elemente zu weiteren Glättungen und damit einhergehenden Fügendruckänderungen. Dennoch zeigen die beiden Ergebnisdarstellungen in den gleichen Bereichen ähnliche Fügendrucke.

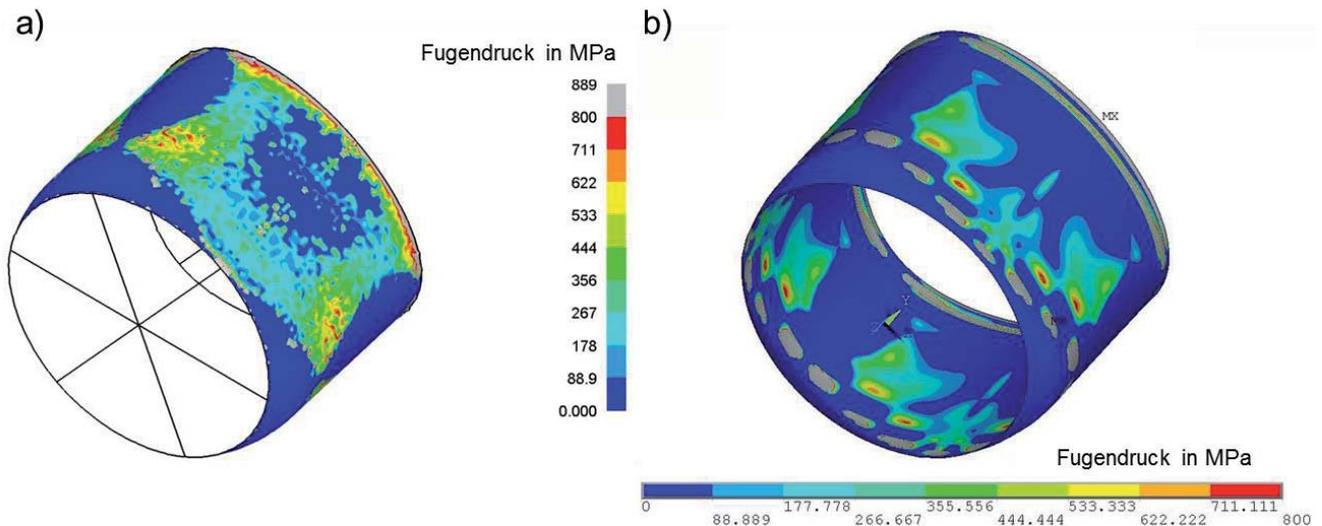


Abb. 8: Der berechnete Fügendruck in
a) Deform3D und b) Ansys auf Grundlage der geometrischen Rückführung

4.2 Vergleich der berechneten radialen Verschiebung

Eine wichtige Größe zur Beurteilung des Betriebsverhaltens von Welle-Nabe-Verbindungen ist die radiale Verformung der Nabe. Aus diesem Grund ist es sinnvoll und wichtig, die radiale Verschiebung der Naben unter Last für einen Vergleich der unterschiedlichen Nabeninnengeometrien ebenfalls als Vergleichsgröße heranzuziehen. Bezogen auf die geometrische Datenrückführung von Deform3D zu Ansys bedeutet dies, dass die radiale Verschiebung der Nabenaußenfläche für verschiedene Stirnschnitte aufgetragen. Die größten Differenzen zwischen den beiden berechneten Werten ergeben sich jeweils an den Symmetrieebenen (0° und 60°). Diese Differenz ist weder über den Winkelbereich φ noch über die einzelnen Schnittebenen entlang der z-Achse hinweg konstant. Die Differenzen entlang der z-Achse können durch eine Vergrößerung der Anzahl von Mantelhüllflächen beschreibender Splines reduziert werden und sind letztlich eine Frage der gewählten Modelldiskretisierung bei der geometrischen Datenrückführung. Eine höhere Diskretisierung würde vor allem im Bereich der starken Änderungen der Mantelflächen ($-6 \text{ mm} < z < 0 \text{ mm}$ und $-19 \text{ mm} < z < -15 \text{ mm}$) zu besseren Ergebnissen führen. Andererseits erhöht eine feinere Diskretisierung bei den Splines der Mantelhüllflächen auch immer die Rechenzeit bei der geometrischen Datenrückführung.

Die Differenzen entlang der Symmetrieebenen ($\varphi = 0^\circ$ und $\varphi = 60^\circ$) werden zum einen durch die erforderlichen Einspannbedingungen bei dem Segmentmodell in Deform3D verursacht. Hierbei ist an den Symmetrieebenen eine Einspannung in tangentialer Richtung erforderlich, durch welche auch die radiale Verformung der Nabe an diesen Symmetrieebenen leicht behindert wird. Zum anderen erfordert das Vollmodell in Ansys eine kontinuierliche Mantelhüllfläche, weshalb die Hüllfläche der Welle besonders im Bereich der Symmetrieebenen besonders stark geglättet wird. Dies wiederum führt gerade in diesem Bereich zu den deutlichen Differenzen zwischen den beiden Simulationsergebnissen. Hier könnten Ergebnisse mit geringerer Abweichung erzielt werden, wenn in Deform3D für diesen Anwendungsfall die Möglichkeit von Autovervollständigungsfunktionen (Cyclic Sektor) gegeben wäre.

Dennoch zeigen beide Simulationen ähnliche radiale Verschiebungen vor allem im mittleren Bereich der Welle-Nabe-Verbindung ($-11 \text{ mm} < z < -6 \text{ mm}$), der für einen relativen Vergleich der Nabeninnengeometrievariationen auch herangezogen werden soll.

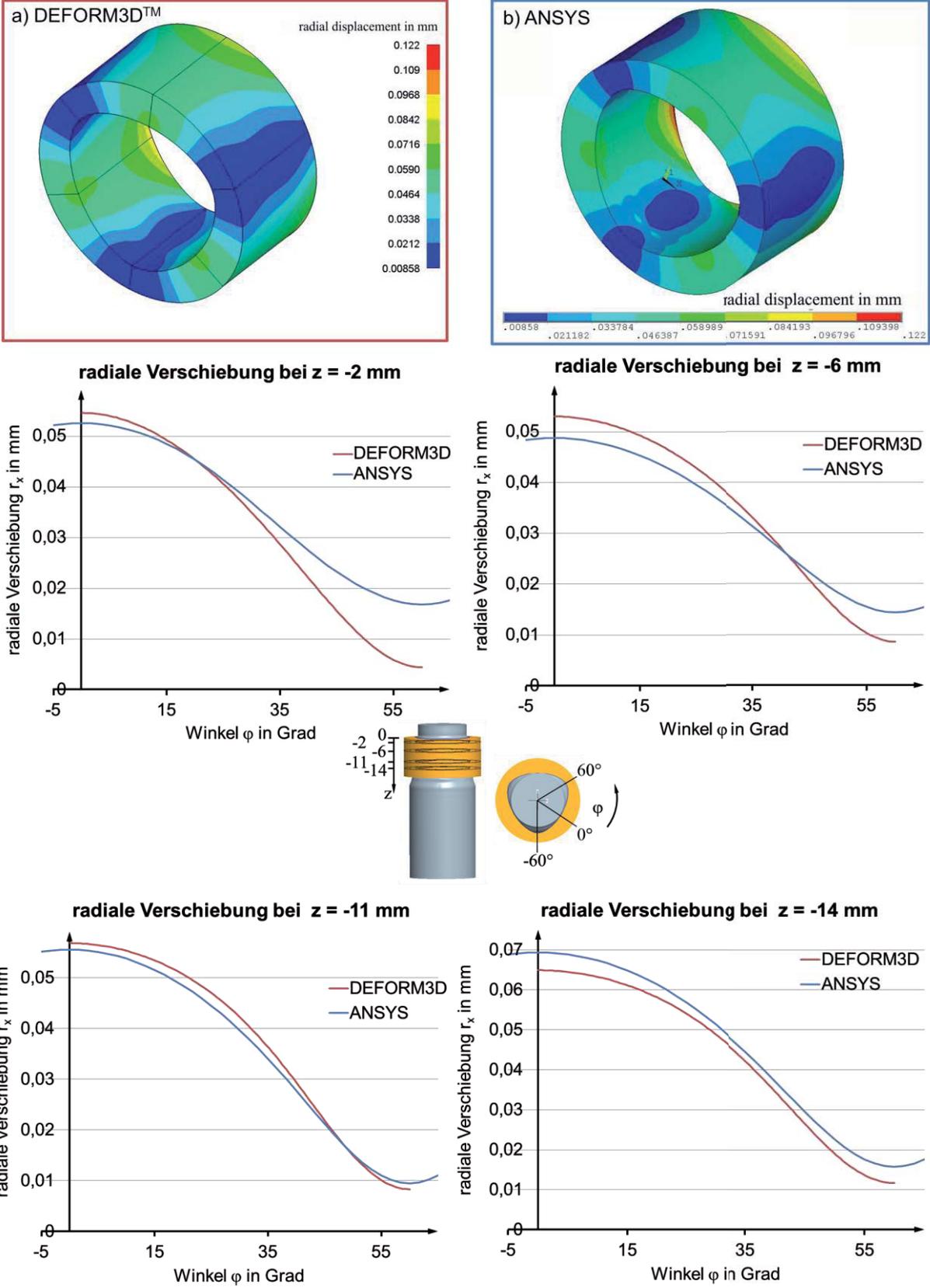


Abb. 9: Die berechnete radiale Verschiebung des Nabenaußendurchmessers a) Deform3D und b) Ansys auf Grundlage der geometrischen Rückführung in

5 Zusammenfassung

Das neuartige Verfahren zur Herstellung von Welle-Nabe-Verbindungen mittels Quer-Fließpressen ermöglicht die Realisierung von Welle-Nabe-Verbindungen mit unrunder Innengeometrie. Eine Besonderheit dieses Verfahrens ist, dass die Welle in der fertigtbearbeiteten, harten Nabe umgeformt wird, wodurch auch komplexe Fügegeometrien ohne Fügepiel realisiert werden können. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, eine Fügegeometrie zu finden, die sowohl für den Fügeprozess als auch für das Übertragen von Torsionsmoment gut geeignet ist. Die Festlegung einer derartigen Fügegeometrie kann beispielsweise mit Hilfe der FEM erfolgen. Auf Grund der unterschiedlichen Anforderungen an die Simulation des Fügeprozesses sowie der Simulation des Betriebsverhaltens der gefügten Verbindung ist die Verwendung von zwei unterschiedlichen Simulationsprogrammen (Deform3D und Ansys) notwendig. Diese beiden Simulationsprogramme besitzen jedoch keine gemeinsame Schnittstelle, was einen Datenaustausch zwischen den Programmen schwierig gestaltet.

In diesem Beitrag wird eine Methode zur Datenübertragung von Deform3D zu Ansys beschrieben, mit der ein relativer Vergleich unterschiedlicher Nabeninnenkonturen möglich ist. Des Weiteren werden am Beispiel der genormten Polygonprofilverbindung (P3G) die mit dieser Methode erreichbaren Ergebnisse näher erläutert.

6 Danksagung

Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die finanzielle Unterstützung des Forschungsprojekts „Herstellung einer Welle-Nabe-Verbindung mittels Quer-Fließpressen“.

7 Literatur

- [1] Schäfer, G.: Auslegung von Zahnwellen-Verbindungen – Belastungsarten, Schadensszenarien und Ansätze in der Berechnungsnorm. In: VDI-Wissensforum GmbH: VDI-Bericht 1790 (Fachbeitrag Welle-Nabe-Verbindungen Gestaltung – Fertigung – Anwendungen), Wiesloch, November 2003, S. 47-59, ISBN 3-18-091790-3
- [2] Reinholz, R.: Tragfähigkeit von P3G-Welle-Nabe-Verbindungen bei Dauerschwingbeanspruchung. Dissertation Universität Berlin, 1994, ISBN 3 7983 1607 4
- [3] Dörr, F.; Funk, M.; Liewald, M.; Binz, H.: Untersuchungen zur Herstellung einer Welle-Nabe-Verbindung durch Quer-Fließpressen. In: Schmiede-Journal, Organ des Industrieverband Massivumformung e.V. Hagen, 2012, S. 38-41, ISSN 0933-8330
- [4] Funk, M.; Dörr, F.; Binz, H.; Liewald, M.: Probengeometrie für mittels Quer-Fließpressen hergestellte Welle-Nabe-Verbindungen. In: Spath, D., Binz, H., Bertsche, B.: Engineering – Eine Herausforderung für die Zukunft. Stuttgarter Symposium für Produktentwicklung 2011. Stuttgart: Fraunhofer 2011, S.103-104, ISBN 978-3-8396-0348-2
- [5] Funk, M.; Dörr, F.; Binz, H.; Liewald, M.: Untersuchungen zur Übertragungsfähigkeit von mittels Quer-Fließpressen hergestellten Welle-Nabe-Verbindungen mit polygonaler Nabeninnengeometrie - Erste Untersuchungen zur Herstellung der Proben und zum Übertragungsverhalten unter statischer Last. In: VDI-Wissensforum GmbH: VDI-Bericht 2176 (5. VDI-Fachtagung Welle-Nabe-Verbindungen Gestaltung - Fertigung - Anwendungen). Nürtingen, 2012, S. 83-93, ISBN 978-3-18-092176-1
- [6] Dörr, F.; Liewald, M.: Werkzeugkonzept und Verfahrensentwicklung zum Umformfügen einer Welle-Nabe-Verbindung durch Kalt-Quer-Fließpressen – Untersuchungen zum Einsatz eines segmentierten Werkzeugs zur radialen Vorspannung der Nabe bei der Herstellung einer Welle-Nabe-Verbindung mittels Quer-Fließpressen. In: VDI-Wissensforum GmbH: VDI-Bericht 2176 (5. VDI-Fachtagung Welle-Nabe-Verbindungen Gestaltung - Fertigung - Anwendungen). Nürtingen, 2012, S. 271-273, ISBN 978-3-18-092176-1
- [7] Bronnstein, I.N.; Semendjajew, K.A.; Musiol, G.; Mühlig, H.: Taschenbuch der Mathematik. Verlag Harri Deutsch, Frankfurt (Main), 1991, ISBN 978-3871444920
- [8] DIN 32711-1: Shaft to collar connection – Polygon profile P3G – Part 1: Generalities and geometry. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN und Normenausschuss Werkzeugmaschinen (NWM) im DIN, 2009
- [9] DIN 32711-2: Shaft to collar connection – Polygon profile P3G – Part 2: Calculation and dimensioning. DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN und Normenausschuss Werkzeugmaschinen (NWM) im DIN, 2009

- [10] Musyl, R: Die kinematische Entwicklung der Polygonkurve aus dem K-Profil. In: Maschinenbau und Wärmewirtschaft (10/2), Wien, 1955, S. 33-36
- [11] Ziaei, M.: Anpassungsfähige kontinuierliche Innen- und Außenkonturen für form- und reibschlüssige Verbindungen auf Basis der komplexen Zykloiden – Flexible Continuous Interior and Outer Contours for Form- and Force- Closed Connections on the Basis of Complex Cycloids. In: VDI-Wissensforum GmbH: VDI-Bericht 2004 (Fachbeitrag Welle-Nabe-Verbindungen Gestaltung – Fertigung – Anwendungen), Wiesloch, 2007, S. 277-294, ISBN 978-3-18-092004-7

Automatische Generierung von standardisierten Systemmodellen aus 3D-Simulationen im Systems Engineering Kontext

Dr. Dirk Hartmann, Michael Mahler
Siemens Industry Software GmbH & Co. KG

Grundlage von Model-Based Systems Engineering sind digitale Systemmodelle. Diese ermöglichen jederzeit eine virtuelle Überprüfung des Systemverhaltens - insbesondere in frühen Phasen des Entwicklungszyklus. Eine der zentralen Herausforderungen dieses Ansatzes ist es, die Teilmodelle entlang des Entwicklungszyklus ineinander zu überführen.

In diesem Beitrag wird eine effiziente Methode zur intelligenten Generierung von standardisierten Systemmodellen aus detaillierten 3D-Simulationen vorgestellt. An Stelle des Neuaufbaus von Modellen mit unterschiedlichen Komplexitätsstufen und in unterschiedlichen Tools/Anwendungen wird eine automatische Transformation mittels performanter und universell einsetzbarer Ersatzflächenmodelle vorgeschlagen. Diese Lösung kann mit wenig Aufwand in vielen (Simulations-) Tools und Anwendungen realisiert werden oder mit diesen interagieren.

1. Systems Engineering – Effiziente Entwicklung komplexer Produkte

Die letzten Jahrzehnte zeigen einen Trend zu immer schnelleren Innovationszyklen und zu kompakteren sowie komplexeren Produkten. Diese Trends haben zum Überdenken der heutigen Entwicklungsmethoden hin zu einer funktionsorientierten Sichtweise geführt. Eine entsprechend moderne Entwicklungsmethodik bietet das Systems Engineering [3]. Um komplexe Produkte und Systeme effizient zu entwickeln, verfolgt Systems Engineering hierbei den Ansatz, möglichst früh und über den gesamten Entwicklungszyklus hinweg das Systemverhalten zu überprüfen und somit eine optimale Systemlösung zielstrebig zu entwickeln.

2. Model-Based Systems Engineering – Virtuelle Modelle, Prototypen und Tests als Basis der Produktentwicklung

Das Model-Based Systems Engineering (MBSE) [9,13,14] verwendet hierzu digitale Systemmodelle, um die Zusammenhänge der einzelnen Teilsysteme auf der Systemebene zu erfassen. Diese virtuellen disziplinspezifische Modelle und Systemmodelle bilden die Grundlage für eine Überprüfung des gewünschten Produktverhaltens. Hierfür werden in der Produktentwicklung anhand der virtuellen Modelle und Prototypen virtuelle Testszenarien durchgespielt. Somit ist eine frühzeitige Korrelation zwischen Systemanforderungen, -funktion und -verhalten möglich. In [3] wird ein entsprechender Ansatz, das erweiterte V-Modell für Model-Based Systems Engineering, vorgeschlagen (vgl. Abb. 1).

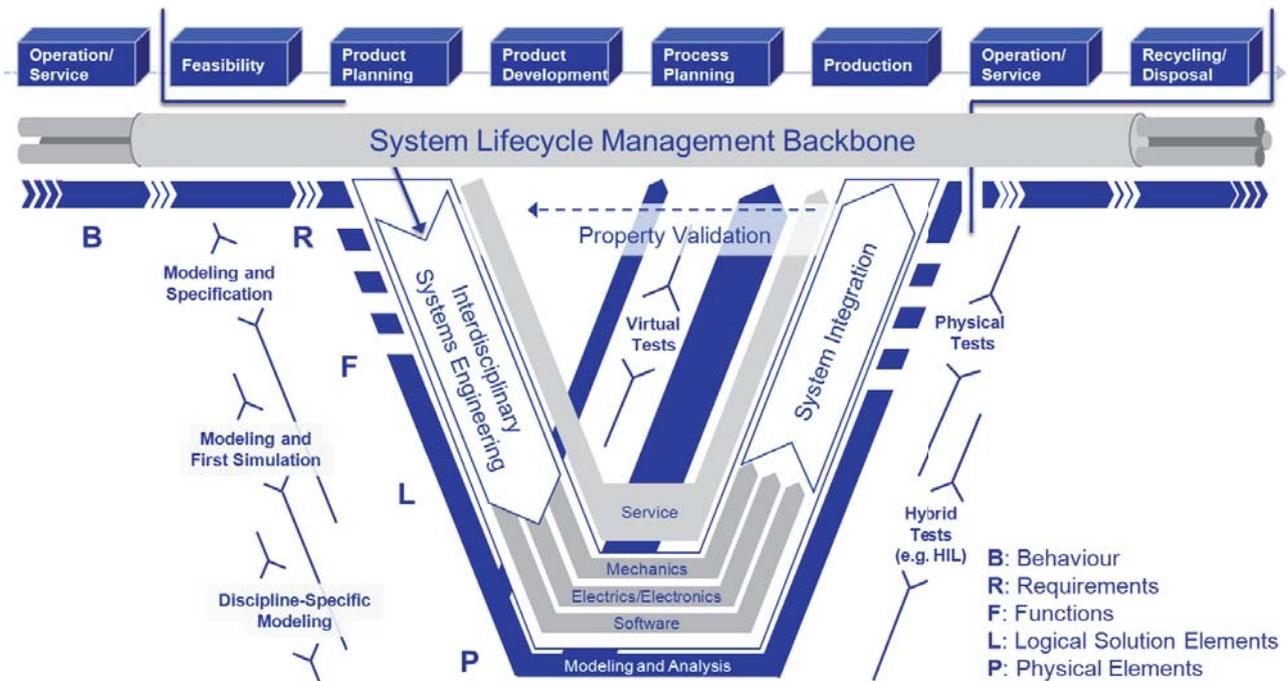


Abb. 1: Erweitertes V-Modell für Model-Based Systems Engineering basierend auf der VDI Richtlinie 2206 für die Entwicklung mechatronischer Systeme [3,4] (mit freundlicher Genehmigung von Prof. M. Eigner, TU Kaiserslautern)

Hierbei wird zwischen drei Modellierungsebenen unterschieden:

- **Modellbildung und Spezifikation:** Beschreibende Modelle (z.B. SysML – OMG Standard, ModelicaML), die Anforderungs- und Funktionsstrukturen abbilden, dienen als Ausgangspunkt für den multidisziplinären Systementwurf. Am Anfang der Entwicklung sind diese Modelle qualitativer Natur. Durch iterative Rückführung quantitativer Aspekte ins Spezifikationsmodell auf der ersten Ebene nach jeder Simulation auf den Subebenen entwickeln sich diese Modelle über den Entwicklungsprozess zu quantitativen Modellen.
- **Modellbildung und (erste) Systemsimulation:** Primäres Verhalten simulierende, oft einfache Modelle (z.B. Matlab, Modelica), die mehrere Disziplinen meist inklusive Software und Regelung abdecken, dienen als Basis, entwickelte Lösungskonzepte auf Systemebene systematisch zu untersuchen.
- **Disziplinspezifische Modellbildung und Simulation:** Disziplinspezifische Geometrie- oder CAE-Modelle (spezifische M-CAD, E-CAD, CAE Lösungen) von hoher Komplexität und Genauigkeit dienen zur Verifikation und Optimierung bis hin in detaillierte Aspekte.

Da in diesem Ansatz Modelle und Simulationen eine zentrale Rolle spielen, ist eine inkrementelle Anpassung der Systemmodelle an den aktuellen Entwicklungsstand notwendig. Ziel ist ein durchgängiger Modell-basierter Entwicklungsansatz entlang des kompletten Lebenszyklus. Nur so kann eine ständige Absicherung der Systemeigenschaften gewährleistet werden.

3. Entwicklungsprozess, durchgängige und systemvereinende Simulation – Der Weg ist noch weit

Dieser Vision eines Modell-basierten Systems Engineering kommen heutige Ansätze immer näher. Für alle Modellierungsebenen ist eine Vielzahl von Modellierungs- und Simulationstools kommerziell verfügbar [10]. Dennoch stellen sich im Zusammenhang des Modell-basierten Systems Engineering eine Vielzahl zu adressierender Herausforderungen (siehe z.B. [13]):

- Modelle müssen ökonomisch zu erstellen sein, um die Entwicklung effizient zu halten.
- Modelle müssen einfach und stabil lösbar sein, um mit geringstem Modellwissen in einem Systemsimulation-Kontext implementierbar zu sein.
- Modelle müssen standardisiert sein, um eine Wiederverwendung zu erleichtern (z.B. im Rahmen von Modellbibliotheken).
- Modelle müssen „verschlüsselt“ werden können, um einen IP-Schutz sicher zu stellen.
- Transformation von Modellen zwischen den Ebenen muss möglich sein, um eine Aktualität der Modelle zu gewährleisten.
- Die Modellgranularität / Modellkomplexität der Modelle muss bezüglich der Fragestellung anpassbar sein, um eine performante Rechenzeit in Systemsimulations-Kontext aufzuweisen.

Diese Herausforderungen werden von heutigen Simulationsprodukten jedoch nur zu einem kleinen Teil erfüllt. Der Weg zu einem durchgängigen und alle Disziplinen übergreifenden Ansatz als Basis der Produktentwicklung ist noch weit.

Um die Modellerstellung effizient zu gestalten, halten viele Simulationstools eine große Anzahl von Modellbibliotheken vor (z.B. LMS Imagine.Lab / Amesim). Typischerweise ist jedoch eine Parametrisierung der Modellbibliotheken notwendig, um das zu betrachtende Bauteil möglichst genau zu repräsentieren. Diese Ansätze einer verteilten Modellbildung werden durch das Aufkommen von Standardisierungen für Modelle [11, 12] und Simulationen [11] verstärkt. Trotz des vermehrten Einsatzes von Modellbibliotheken und Standards sind die mit Modellaufbau verbundene Aufwände und Parametrisierung immer noch einer der größten Hinderungsgründe für den verstärkten Einsatz von geeigneten Simulationen.

Ein Grund für die hohen Aufwände zur Simulationsmodellerstellung ist die Tatsache, dass oft für ein und dieselbe Komponente mehrere Modelle auf unterschiedlichen Granularitätsebenen / Komplexitätsebenen erstellt werden. Eine automatische Transformation von Modellen und damit die Wiederverwendung in anderen Phasen und anderen Ebenen finden nur in sehr beschränktem Umfang statt [13]. Für lineare Modelle hat sich in vielen Anwendungen die Modellordnungsreduktion etabliert [1, 2, 6]. Realisierungen sind in kommerziellen Tools bereits verfügbar, z.B. Superelemente in FE Lösern (z.B. in NX Nastran) sowie entsprechende Matlab-Schnittstellen für die reduzierten Modelle [2, 6]. Die Berücksichtigung nicht-linearer Phänomene ist Gegenstand der aktuellen Forschung in den Simulationswissenschaften [7].

4. Modelreduktion und Standardisierung – Ein neuer Ansatz

In diesem Beitrag wird ein neuartiger Ansatz vorgestellt, um die Komplexität von linearen aber speziell auch nicht-linearen Detailmodellen mit Hilfe von Ersatzflächenmodellen (mehrdimensionalen Kennlinienmodellen) zu reduzieren. Durch Verwendung von standardisierten Schnittstellen erlaubt der Ansatz eine einfache Integration in beliebige Systemsimulationen (Abb. 2).

Zur vereinfachten Darstellung beschränkt sich der Artikel im Folgenden auf ein quasi-stationäres Phänomen: Der geregelten Kühlung eines elektronischen Bauteils mit temperaturempfindlichen Bauteilen. Zugrunde liegen eine NX-Strömungssimulation (Pre- und Post-Prozessor sowie Solver von NX 8.5) sowie ein proprietärer Systemsimulator [16]. Die Generalisierung des Ansatzes auf andere Physiken, Simulationstools sowie instationäre Probleme ist möglich und wird aktuell realisiert. Für eine detailliertere Beschreibung des hier gewählten Ansatzes zur Modelreduktion wird auf [8] verwiesen.

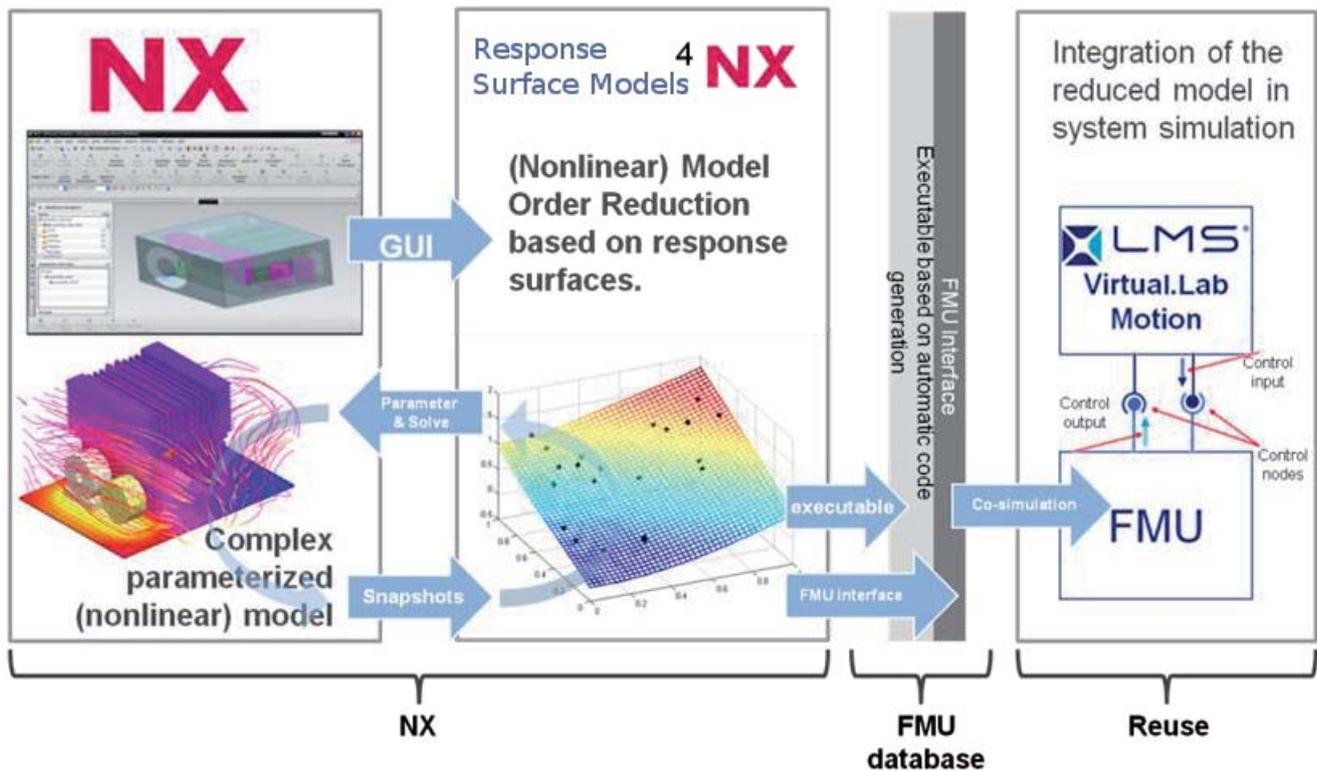


Abb. 2: Integration von komplexen 3D-Simulationen / Simulatoren in eine Systemsimulation / Systemsimulator mittels einer Modellreduktion über Ersatzflächenmodelle: Durch Unterstützung des Functional Mock-up Interface (FMI) Standards zur Co-Simulation [11] ist eine Integration der Simulation in die meisten Systemsimulatoren möglich.

5. Ersatzflächenmodelle

– Verlagerung von Rechenaufwänden und Expertenwissen in die Modellvorbereitung

Bei der Modellierung von physikalischen Phänomenen (z.B. einer thermischen Analyse) sind im Allgemeinen nicht alle Zustände des detaillierten Modells von Interesse (z.B. Temperaturen an allen Stellen innerhalb des Bauteils). Es interessieren vielmehr spezielle Eingangs-Ausgangs Relationen, z.B. die Temperatur an einer bestimmten Stelle in Abhängigkeit der zugrunde liegenden thermischen Leistung. Modellordnungsreduktion zielt darauf ab, die Komplexität der mathematischen Modelle (Anzahl an inneren Freiheitsgraden) unter Beibehaltung der qualitativen und quantitativen Aussagekraft für die untersuchten Zusammenhänge algorithmisch zu reduzieren.

Alle Modellreduktionsansätze unterscheiden zwei Phasen: Eine Offlinephase und eine Onlinephase. In der Offlinephase werden die Modelle in einfach auswertbare Modelle überführt. Dieser rechenintensive Schritt wird vom Simulationsmodell-Experten gestartet, um eventuelle Modellierungsfehler zu beheben. In der Onlinephase erfolgt dann die Auswertung der reduzierten Modelle in einem Bruchteil der Rechenzeit der zugrunde liegenden komplexen Modelle. Die Onlinephase zeichnet sich somit durch eine sehr hohe Performance sowie Stabilität aus. Des Weiteren ist in der Onlinephase kein detailliertes oder spezielles Simulationsmodellwissen mehr notwendig. Das Expertenwissen und alle Rechenaufwände werden in die Modellvorbereitung (Offlinephase) verlagert.

Im Folgenden werden Ersatzflächenmodelle [5] zur Modellreduktion verwendet. Diese sind unabhängig von den zugrunde liegenden Physikern und Lösern. Die Art der Berechnung und der Solver-Typ haben kein Einfluss auf das vorgestellte Verfahren. Es kann für unterschiedlichste Tools und Anwendungen sowie Simulationsdisziplinen und Solver eingesetzt werden. Für einen Überblick über alternative Ansätze der Nicht-linearen Modellordnungsreduktion sei z.B. auf [7] verwiesen.

Das Aufsetzen eines Ersatzmodells in der Offlinephase besteht aus drei Schritten (Abb. 3): Im ersten Schritt werden die entsprechenden Eingangsparameter und Ausgangsvariablen sowie die zugehörigen Gültigkeitsbereiche definiert. Die Anzahl dieser ist typischerweise viel kleiner als die Anzahl der inneren Variablen und oft durch die Systemarchitektur bereits spezifiziert. Ein Beispiel für einen Eingangsparameter ist die Leistung der elektronischen Bauteile und für einen Ausgangsparameter die Temperatur an einem bestimmten Punkt im Bauteil. Nur dieser eine Eingangsparameter und diese eine Ausgangsvariable werden in das Ersatzmodell übernommen. Im nächsten Schritt werden die Auswertestrategien (z.B. Latin-Hyper-Cube-Verfahren [15]) für die Eingangsparameter ausgewählt. Mit Hilfe der Ausgangsvariablen an diesen Stellen (Auswertung des komplexen Modells mit NX 8.5) wird dann das Ersatzmodell erstellt. Das Erstellen des Ersatzmodells ist der dritte Schritt [5].

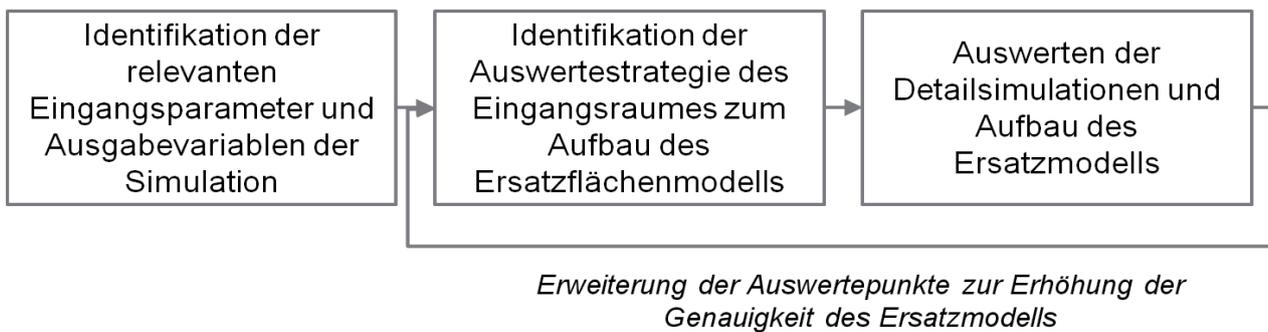


Abb. 3: Drei Schritte der Offlinephase der Modellreduktion

Die Genauigkeit des so erstellten Ersatzmodells kann in iterativen Schritten beliebig verbessert werden. Durch Vergleich der Vorhersage des Ersatzmodells mit den Werten der detaillierten Simulationen ist eine Fehlerschätzung des Ersatzmodells möglich. Auf Basis dieser können dann weitere Auswertepunkte für die Generierung der Ersatzfläche bestimmt werden. So können Ersatzmodelle mit garantierten Genauigkeiten bereitgestellt werden.

6. Standardisierte Interfaces für Simulationsmodelle – In mehr als 50 Tools implementiert

Die Standardisierung für Simulationsmodelle und Simulatoren, insbesondere auf Systemebene, wurde vom Europäischen Konsortium Modelisar vorangetrieben und ist nun ein assoziiertes Projekt der Modellica Association [11]. Der aktuelle Standard wird heute von mehr als 15 Unternehmen und Instituten weiterentwickelt und ist in mehr als 50 Tools implementiert, z.B. MathWorks Matlab oder LMS Imagine.Lab / Amesim.

Der FMI Standard unterstützt hierbei nicht nur den Austausch von Modellen, die mit beliebigen Lösern ausgewertet werden können (FMI for Model Exchange), sondern insbesondere auch den Austausch der Modelle in Kombination mit den entsprechenden Simulatoren / Lösern (FMI for Co-Simulation). Hierzu definiert der Standard ein Interface zur Kopplung von zwei oder mehreren Simulationstools, die an diskreten Zeitpunkten miteinander kommunizieren (Co-Simulation). Die Orchestrierung der sogenannten Co-Simulation Slaves, die die Modelle unabhängig voneinander lösen, wird durch einen Simulations Master übernommen. Grundlage der Kapselung mittels des FMI for Co-Simulation Standards ist eine ausführbare dll sowie eine xml-Datei, die die Fähigkeiten des Modells und Löser charakterisiert. Beide zusammen bilden die so-genannte Functional Mock-up Unit (FMU).

7. Integrierte Modelltransformation - Bereits heute möglich

Durch die Kombination von existierenden Modellierungsansätzen mit Ersatzflächen und Standards ist eine hochgradige Automatisierung der Modelltransformation von komplexen und rechenaufwändigen Modellen zu einfachen und effizienten Ersatzmodellen möglich. Diese können in beliebigen Simulationstools weiterverwendet werden. Basierend auf NX 8.5 wurde ein entsprechender Prototyp realisiert, um die Vorteile eines automatischen und integrierten Ansatzes aufzuzeigen (vgl. Abb. 4).

Im ersten Schritt wird ein detailliertes Simulationsmodell erstellt. Die späteren Eingangparameter und Ausgangsvariablen für die reduzierte Komponente werden hierbei durch einen parametrischen Ansatz realisiert. Über eine mittels NX Open (Tool zur Automatisierung und Programmierung in NX) integrierte GUI wird im nächsten Schritt die Modellreduktionsfunktionalität aufgerufen. Nach der Parametrisierung (Auswahl der relevanten Variablen, Gültigkeitsbereiche der Variablen, Genauigkeit der Approximation, Art der Approximation) wird ein Ersatzmodell erstellt. Dieser Prozess verläuft völlig autonom und bedarf keiner weiteren Benutzerinteraktion. Zugrunde liegt auf der einen Seite die Funktionalität einer Modellreduktion mit Ersatzflächen [5] und auf der anderen Seite eine Steuerung der Auswertung der 3D-Simulation an den entsprechenden Auswertepunkten [15]. Die Auswertung selbst umfasst typischerweise mehrere hundert Auswertepunkte. Als letzter Schritt wird automatisch eine Functional Mock-up Unit [11] generiert.

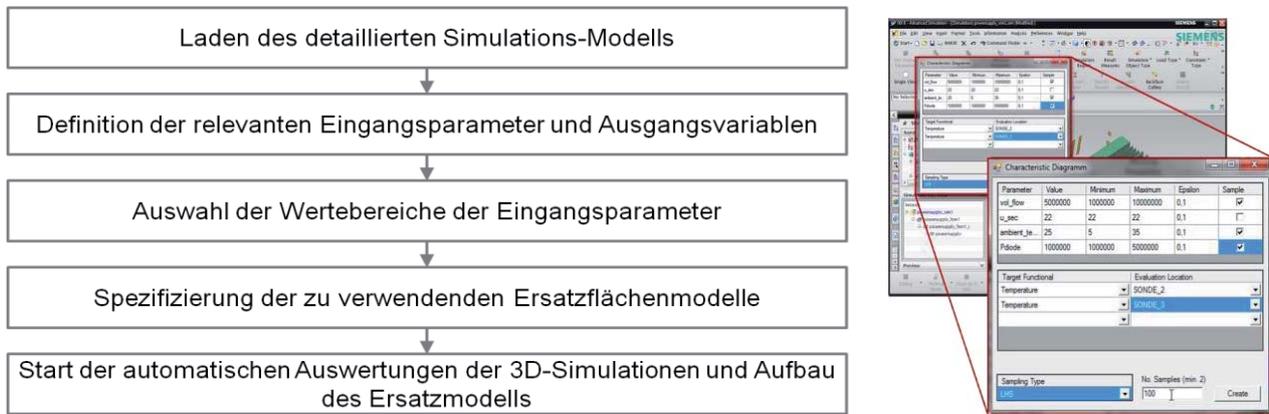


Abb. 4: Workflow des in NX integrierten Prototypen

Diese Functional Mock-up Unit enthält neben den zugrunde liegenden Eingangparametern und Ausgangsvariablen einen ausführbaren Interpolator (Ersatzflächenmodell) in Form einer dll. Sie kann in vielen Tools, die diesen Standard unterstützen, eingesetzt werden. Im Gegensatz zur Evaluation der komplexen 3D-Simulation braucht eine Modellauswertung des Ersatzmodells nur Sekunden oder sogar nur Millisekunden. Des Weiteren wird vom Nutzer kein spezielles Wissen über das Simulationsmodell oder den zugrunde liegenden Simulator benötigt. Im Vergleich zu vielen originalen und komplexen Simulationsmodellen weist das Ersatzmodell eine sehr hohe Performance und Rechenstabilität auf.

8. Kühlung einer elektronischen Baugruppe – Effizientes Modelllebenszyklusmanagement in allen Phasen

Beispielhaft an einem elektronischen Bauteil mit regelbarer Lüftung (vgl. Abb. 5) werden die Vorteile einer standardisierten Modelltransformation hinsichtlich eines effizienten Modelllebenszyklusmanagements in allen Phasen aufgezeigt.

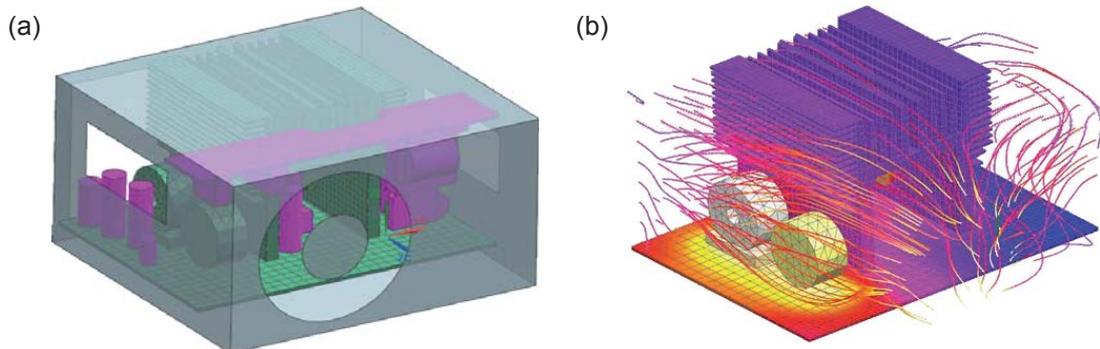


Abb. 5: Kühlung einer elektronischen Baugruppe (a) simuliert durch eine 3D-CFD-Simulation in NX 8.5 (b): Ziel ist eine optimale Regelung der Lüfter-Geschwindigkeit, um eine effiziente Kühlung zu realisieren (energiesparend und leise sowie Temperatur an kritischen Bauteilen langfristig nicht größer als ein Schwellwert).

Das elektronische Bauteil (Abbildung 5a) wird aufgrund der thermischen Leistung der elektronischen Komponenten aufgeheizt. Einige elektronische Komponenten des Bauteils sind jedoch temperaturempfindlich, so dass diese nicht längere Zeit über einer kritischen Temperatur (67°C) betrieben werden können. Zur Kontrolle befinden sich zwei Temperatursonden im Bauteil. Um ein längerfristiges Überschreiten der kritischen Temperatur aufgrund von äußeren Temperaturschwankungen oder variierenden Leistungen der elektronischen Bauteile zu vermeiden und gleichzeitig einen effizienten Betrieb (energiesparend und möglichst leise) sicher zu stellen, soll eine Regelung der Baugruppe realisiert werden.

Auf der Basis einer CFD-Simulation (Abb. 5 b) kann für einen gegebenen Kühlluftstrom und gegebenen Leistungen das thermische Verhalten vorhergesagt werden. Solche Simulationsmodelle werden typischerweise zur Verifikation des detaillierten Designs erstellt. Auf Basis einer solchen 3D-Simulation könnte eine simulative Auslegung einer Regelung realisiert werden – aufgrund der benötigten Aufwände ist dies jedoch im Allgemeinen nicht praktikabel. Unter Verwendung der hier vorgestellten standardisierten Modelltransformation ist dies effizient möglich. Die Modelle können mit geringem Aufwand in anderen Disziplinen oder Phasen (hier Auslegung der Regelung) wiederverwendet werden.

Die generierte Funktional Mock-up Unit kann in einen Systemsimulator – hier die proprietäre Systemsimulationsplattform CoSMOS [16] – integriert werden. Damit kann sie als Basis zur Auslegung und Verifikation einer Regelung verwendet werden (vgl. Abb. 6). Vereinfacht wurde hier eine Regelung mit nur einem Temperatursensor als Eingang und eine Regelung der anliegenden Leistung realisiert (vgl. Abb. 7).

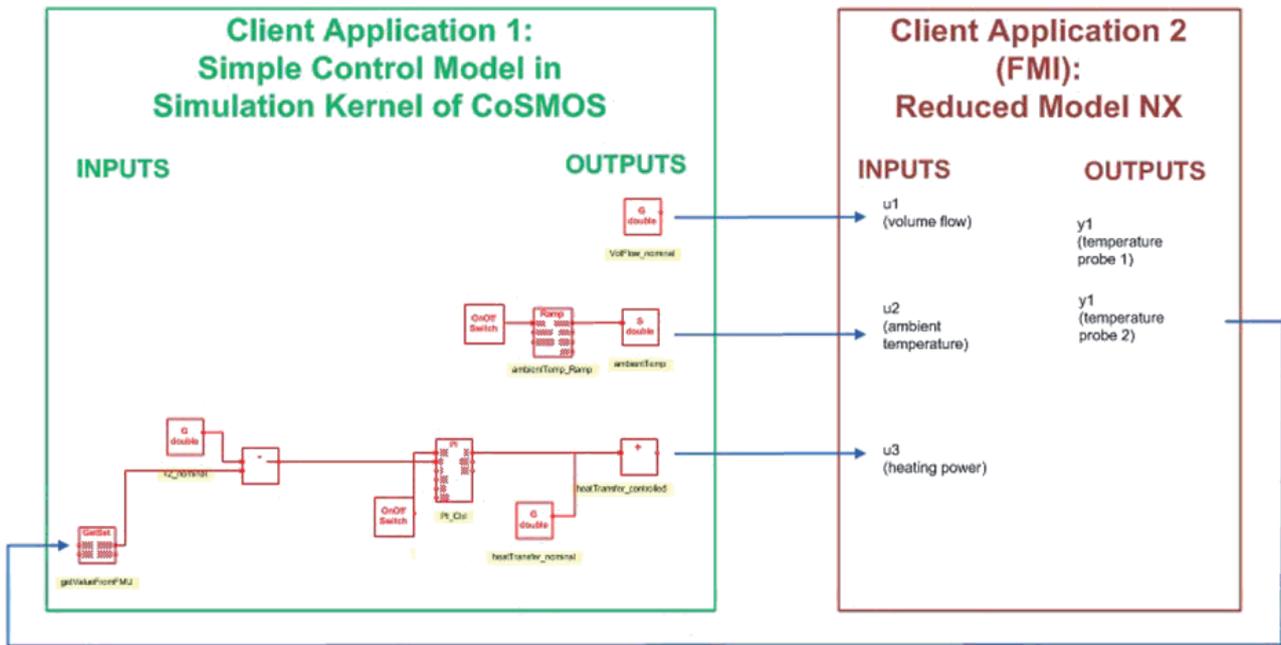


Abb. 6: Auslegung und Verifikation einer Regelung auf Basis einer Systemsimulation mit der proprietäre Systemsimulationsplattform CoSMOS [16] als Co-Simulation Master

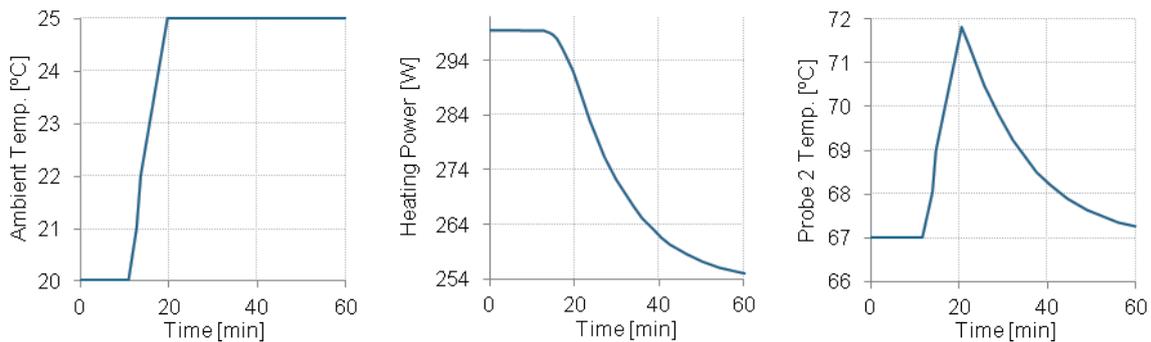


Abb. 7: Ergebnisse der Systemsimulation: Ein Anstieg in der Umgebungstemperatur führt zu einer Regelung der anliegenden elektrischen Leistung. Ein Überschreiten der kritischen Temperatur von 67°C über eine längere Zeit wird vermieden.

9. Standardisierte Modeltransformation – Schlüsseltechnologie für MBSE

Die hier vorgestellten Konzepte sind offen. Sie lassen sich einfach auf viele andere Bereiche übertragen. Die Toolunabhängigkeit und Flexibilität (durch Verwendung von Standards) erlaubt insbesondere eine generelle schnell realisierbare Lösung. Im Unterschied zu vielen linearen Ansätzen [1,2,6] gibt es keine Einschränkungen der Parameter. So können z.B. auch geometrische Parameter verändert werden.

Die Ansätze sind besonders effizient. Eine hohe Automatisierbarkeit und Benutzerfreundlichkeit der Lösung erlaubt es, mit geringem Aufwand komplexe und rechenintensive sowie detaillierte Modelle innerhalb der Systemsimulation wiederzuverwenden. Durch eine anpassbare Komplexität in der Modelltransformation sind die reduzierten Modelle effizient zu lösen. Die Rechenaufwände zur Konstruktion dieser Modelle werden in die Offlinephase verschoben.

Die Modelle sind einfach und stabil lösbar, so dass diese auch mit geringem Modellwissen in einem Systemsimulationskontext wiederverwendet werden können. Das Modellwissen selbst ist durch die Verwendung eines Ersatzflächenansatzes effektiv geschützt. Die Modelle können somit auch direkt an Kunden weitergegeben werden. Ein Aufbau von Modellbibliotheken sowie den flexiblen Einsatz dieser (auch in unterschiedlichen Tools) wird durch die Standardisierung unterstützt.

Der Ansatz des Systems Engineering und insbesondere des Model Based Systems Engineering ist ein Leitfaden für zukünftige Methoden, Prozesse und IT-Lösungen zur Entwicklung multidisziplinärer Produkte und Produktionssysteme [3,4,9,14]. Deren Bedeutung wird in den nächsten Jahren weiter wachsen. Die Modelltransformation ist dabei eine zentrale Technologie. Die vorgestellten Lösungen erlauben schon heute auf Basis vorhandener Bausteine [5,15] einen entsprechenden Ansatz.

10. Literatur

- [1] Antoulas, A.C.: „Approximation of Large-Scale Dynamical Systems“, SIAM, 2005
- [2] Bechthold, T.: „Introduction into Model Order Reduction“, CADFEM Journal, 2012, 53-55
- [3] Eigner, M., Gilz, T., Zafirov, R.: „Interdisziplinäre Produktentwicklung - Modellbasiertes Systems Engineering“, PLM Portal, 2012
- [4] Eigner, M., Dickopf, T., Apostolov, H., Schaefer, P., Faißt, K.-G., Keßler, A.: „System Lifecycle Management: Initial Approach for a Sustainable Product Development Process Based on Methods of Model Based Systems Engineering“, PLM 14, Yokohama, 2014
- [5] Giunta, A.A., Richards, M.D., Cyr, E.C., Swiler, L.P., Brown, S.L., Eldred, W.S.: „Surfpack Version 1.0 User's Manual“, Sandia National Laboratories, 2006
- [6] Gödecke, A., Mühlbauer, M., Nieveler, J., Vittorias, I., Vontz, T.: „FEM models in System Simulations using Model Order Reduction and Functional Mock-up Interface“, Proceedings of the 9th International Modelica Conference, München, 2012
- [7] Haasdonk, B., Ohlberger, M.: „Model Reduction for Parametrized Systems“, <http://www.morepas.org>, 2014
- [8] Hartmann, D., Mahler, M.: „Integration of complex 3D-Simulations within Systems Simulations using Response Surfaces“, Proceedings of the NAFEMS Seminar Strömungsberechnungen (CFD) in der Systemsimulation, Bamberg, 2014, 71-79
- [9] INCOSE: „INCOSE Handbook SE Process Model“, 2014
- [10] Mahler, M.: „Framework for System-Simulation based System Engineering Development Methodology“, NAFEMS deutschsprachige Konferenz, Bamberg, 2012, 285-288.
- [11] Modelica Association: „FMI for Co-Simulation“, Version 1.0, 2010
- [12] Modelica Association: „Modelica® - A Unified Object-Oriented Language for Systems Modeling“, Version 3.3, 2014
- [13] Paredis, G.: „Model-Based Systems Engineering: A roadmap for academic research“, Frontiers in Model-Based Systems Engineering, Atlanta, 2011
- [14] ProSTEP iViP: „Recommendation for Smart Systems Engineering“, 2014
- [15] Swiler, L.P., Wyss, G. D.: „A User's Guide to Sandia's Latin Hypercube Sampling Software: LHS UNIX Library/Stand-alone Version“, Sandia National Laboratories, 2004
- [16] Wöhlhaf, K., Rosen, R.: „A component-oriented simulation approach for industrial plant models: The PlantSim simulation tool“, ESM 2000, Ghent, 2000, 291-295

Probabilistische Simulation dynamischer Systeme am Beispiel eines Induktionsmotors

Dr. The-Quan Pham
OptiY GmbH

Dr. Alfred Kamusella
Institut für Feinwerktechnik und Elektronik-Design, TU Dresden

Der Artikel enthält eine kurze Einführung in die probabilistische Dynamik-Simulation. Die Modellparameter werden dabei als stochastische Streuungen betrachtet. Die Grundlagen für die 1D-Meta-Modelle sind der Gauß-Prozess und die Hauptkomponentenanalyse, die auf klassische deterministische Modelle angewendet werden. Als Ergebnisse erhält man unscharfe Verteilungsdichtefunktionsverläufe mit ihren Streubereichen und Wahrscheinlichkeitsdaten. Diese Ergebnisse entsprechen den statistischen Messungen in der Realität. Veranschaulicht wird das am Beispiel eines Induktionsmotors. Es wird gezeigt, dass die Aussagen der Simulationsergebnisse nachvollziehbar und glaubwürdig sind. Die Akzeptanz der Simulation in der Produktentwicklung wird damit deutlich erhöht.

1 Problemstellung

Beim Einsatz von Simulationsmodellen in der Produktentwicklung gibt es einige Unsicherheiten. Die Simulationsergebnisse sollen hinreichend genau das reale Produktverhalten widerspiegeln. Das setzt voraus, dass im Modell die wesentlichen physikalischen Effekte berücksichtigt werden. Die größten Probleme liegen jedoch in den Streuungen der Parameterwerte und in der messtechnischen Validierung des Modells. Diese Probleme resultieren aus den fertigungsbedingten Streuungen der Materialien und den schwankenden Umweltbedingungen wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Lichthelligkeit usw. Daraus ergeben sich als Messergebnisse auch streuende zeitliche Verläufe, die zur Modellvalidierung verwendet werden sollen.

Bei der klassischen nominalen Dynamik-Simulation verwendet man für jeden Modellparameter nur einen "exakten" Wert, so dass daraus ein eindeutiges Zeitverhalten des Modells resultiert. Die Ergebnisse der nominalen Simulation widerspiegeln somit nur das idealisierte Verhalten eines Produktexemplars. Probabilistische Simulation betrachtet dagegen Modellparameter wie in der Realität mit ihren Streuungen. Als Simulationsergebnisse erhält man dann unscharfe Signalverläufe mit Wahrscheinlichkeitsdichten für jeden Zeitpunkt, welche durch Minimum, Maximum, Mittelwert, Standardabweichung usw. beschrieben sind. Damit kann man die Streubreite des tatsächlichen Produktverhaltens berechnen, sowie z.B. die Wahrscheinlichkeit des Auftretens des Worst-Case bzw. Best-Case bestimmen. Für die Modellvalidierung liefert die probabilistische Simulation eine Grundlage, die Simulationsergebnisse besser in Einklang mit den konkreten Messergebnissen zu bringen, welche von den idealen Werten abweichen.

Am Beispiel eines Induktionsmotors wird die Anwendung der probabilistischen Simulation veranschaulicht. Die nominale Simulation erfolgt mit klassischer Finite-Elemente-Methode [5]. Die Ergebnisse der nominalen Simulation erfüllen vollständig alle Entwurfsanforderungen. Wegen der streuenden Motorparameter und Materialeigenschaften, wie elektrische Leitfähigkeit und magnetische Permeabilität sowie viskose Rotorreibung, erhält man als Simulationsergebnis [4] das reale streuende Zeitverhalten des Induktionsmotors, welches die Entwurfsspezifikationen teilweise nicht erfüllt.

2 Grundlagen der probabilistischen Simulation

Die Grundlage der probabilistischen Simulation ist ein deterministisches Modell $Y(x)$, das bei einem exakten Wert der Modellparameter x ein eindeutiges Ergebnis Y liefert. Im Gegensatz zur deterministischen Simulation werden die Modellparameter x hier nicht als jeweils ein exakter Wert, sondern als beliebige stochastische Verteilungen (Streuungen) betrachtet. Die Aufgabe der probabilistischen Simulation besteht darin, aus den Streuungen der Modellparameter x die Streuungen der Ergebnisgrößen Y zu berechnen (Abb. 1). Dafür existieren zwei Klassen von numerischen Verfahren: Sampling- und Moment-Methode [2]. Für die Moment-Methode wer-

den nur bestimmte Stützstellen festgelegt und mit dem originalen Modell berechnet. Die Verteilungen der Ergebnisgrößen werden anschließend analytisch ermittelt. Das Verfahren benötigt nur eine geringe Anzahl von Modellberechnungen und liefert hochgenaue Ergebnisse - allerdings nur, wenn das deterministische Modell im Bereich der Parameterstreuungen linear oder quadratisch ist. Das ist aber nicht immer der Fall.

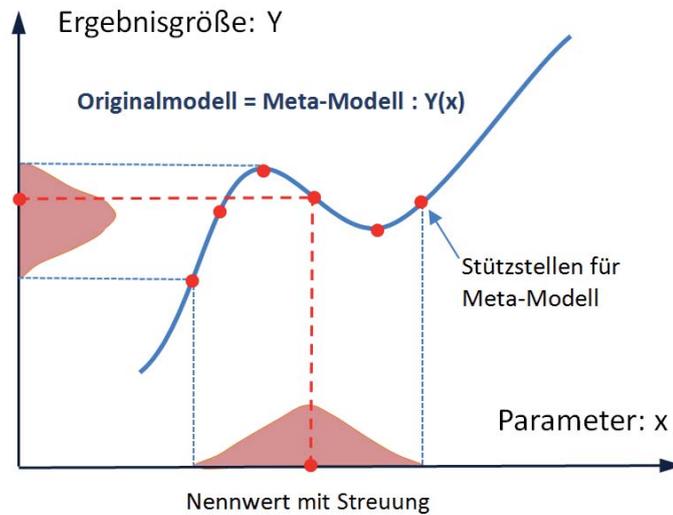


Abb. 1 Prinzip der probabilistischen Simulation

Das Sampling-Verfahren basiert auf Zufallszahlen nach dem Monte-Carlo-Prinzip. Im Bereich der Parameterstreuung werden Zufallspunkte nach bestimmten Regeln (Plane Monte Carlo, Latin Hypercube, Sobol usw.) entsprechend ihrer stochastischen Verteilung generiert. Diese Punkte werden anschließend mit dem Originalmodell berechnet und ihre Ergebnisse statistisch ausgewertet. Dieses Verfahren ist in vielen kommerziellen Softwarepaketen implementiert. Die großen Probleme sind allerdings die lange Rechenzeit eines komplexen deterministischen Modells und die Streuungsgenauigkeit der Ergebnisgrößen. Die Genauigkeit aller bekannten stochastischen Verteilungen wird durch die vier zentralen Momente (Mittelwert, Varianz, Schiefe und Überhöhung) bestimmt. Die Abb. 2 zeigt beispielhaft die prozentuale Abweichung der vier statistischen Momente von der Stichprobe beim Monte-Carlo-Sampling mit vier Parameterstreuungen. Bei einem vertretbaren Aufwand von hunderten Modellberechnungen für komplexe Modelle liegt der Fehler der Momente schon bei bis zu 50%. Die hier ermittelten Streuungen der Ergebnisgrößen sind daher nicht nutzbar. Erst nach tausenden Modellberechnungen tendiert der Fehler gegen 0. Aber wegen der langen Rechenzeit des deterministischen Modells ist dies praktisch nicht durchführbar.

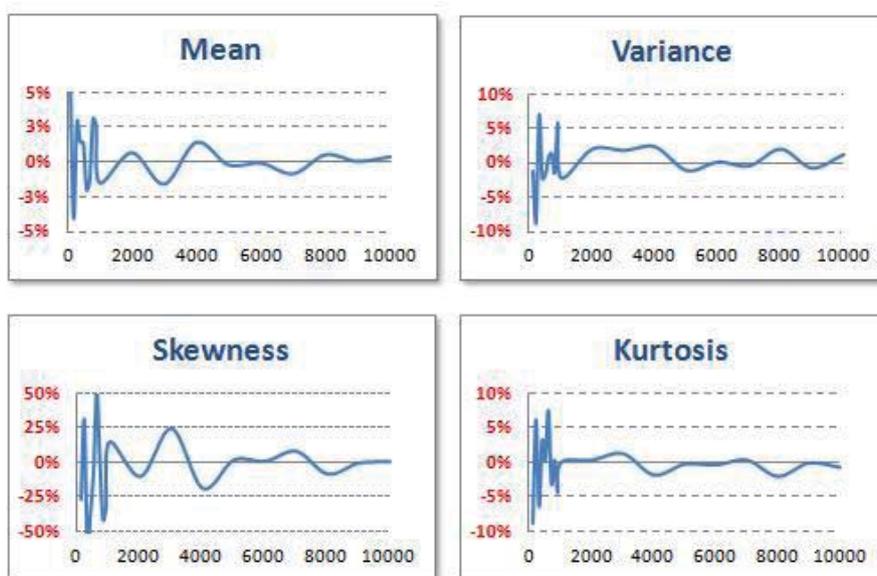


Abb. 2: Prozentuale Abweichungen der statistischen Zentralmomente einer Verteilung in Abhängigkeit von einer Monte-Carlo-Stichprobe

Die Lösung dieses Problems liegt in den abgeleiteten Antwortflächenverfahren. Das Ziel ist zuerst die Bildung eines echtzeitfähigen mathematischen Ersatz- bzw. Meta-Modells, das bei gleichen Parametern dieselben Werte der Ergebnisgrößen wie das originale Modell liefert, dessen Berechnung jedoch viel schneller abläuft (Abb. 1). Auf der Basis von extrem schnellen Meta-Modellen kann man dann die Sampling-Methode mit tausenden Modellberechnungen mit geringem zeitlichem Aufwand durchführen, um die Streuungen der Ergebnisgrößen hochgenau zu ermitteln. Die Genauigkeit dieses Verfahrens hängt nur noch von der Abweichung zwischen Ersatz- und Originalmodell ab.

Zur Bildung eines Meta-Modells werden Stützstellen entsprechend der statistischen Versuchsplanung mit dem Originalmodell berechnet. Es existieren dafür einige bekannte Versuchsverfahren wie Monte-Carlo-Sampling, Factorial Design, Center Composite Design usw. Basierend auf diesen Stützstellen werden dann die Meta-Modelle gebildet. Verschiedene Methoden wurden dafür entwickelt, die sich nach der Art der verwendeten mathematischen Funktion unterscheiden. Bekannt sind u.a. Polynome, Gauß-Prozess, Radial Basis, Neuronale Netze. Die effizienteste Methode in Bezug auf Rechenaufwand und Genauigkeit ist der Gauß-Prozess. Dieser gibt das Verhalten des Originalmodells an den Stützstellen exakt wieder und ermöglicht mit einem iterativen Prozess die Verfeinerung des Meta-Modells in Sub-Räumen des Parameterraums mit einer geringen Anzahl von Modellberechnungen [1]. Die mathematische Ersatzfunktion $Y(\mathbf{x})$ besteht aus einem Polynom mit beliebiger Ordnung $f(\mathbf{x})$ und einem stochastischen Prozess $Z(\mathbf{x})$:

$$Y(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^p \beta_i \cdot f_i(\mathbf{x}) + Z(\mathbf{x}) \tag{1}$$

$$\begin{pmatrix} Y_0 \\ \mathbf{Y}^n \end{pmatrix} \approx N_{n+1} \left[\begin{pmatrix} \mathbf{f}_0^T \\ \mathbf{F} \end{pmatrix} \boldsymbol{\beta}, \sigma_z^2 \begin{pmatrix} 1 & \mathbf{r}_0^T \\ \mathbf{r}_0 & \mathbf{R} \end{pmatrix} \right] \tag{2}$$

Damit lassen sich die meisten *OD*-Probleme abbilden. Für die dynamische Simulation in Form von *1D*-Problemen kann man für jeden einzelnen Zeitpunkt der Signalverläufe die Methoden der *OD*-Probleme anwenden. Das funktioniert gut für kurze Signalverläufe. Für lange Verläufe ist dies allerdings sehr aufwändig, da die Anzahl der Metamodelle hier sehr groß wird. Dann ist es besser, wenn man die Signalverläufe bzw. Zeitreihenmatrix $\mathbf{Y}(\mathbf{x}, \mathbf{t})$ aus der statistischen Versuchsplanung mit dem Originalmodell in Komponenten t_k mittels einer Hauptkomponentenanalyse [3] zerlegt:

$$t_{k(i)} = \mathbf{y}_{(i)} \cdot \mathbf{w}_{(k)} \tag{3}$$

Dabei sind \mathbf{y} der Spaltenvektor der Zeitreihenmatrix \mathbf{Y} und \mathbf{w} die absteigenden Gewichtsvektoren der Hauptkomponenten:

$$\mathbf{w}_{(1)} = \arg_{\|\mathbf{w}\|=1} \max \left\{ \|\mathbf{Y}\mathbf{w}\|^2 \right\} = \arg_{\|\mathbf{w}\|=1} \max \left\{ \mathbf{w}^T \mathbf{Y}^T \mathbf{Y} \mathbf{w} \right\} \tag{4}$$

$$\mathbf{w}_{(k)} = \arg_{\|\mathbf{w}\|=1} \max \left\{ \left\| \hat{\mathbf{Y}}_{k-1}^T \mathbf{w} \right\|^2 \right\} = \arg \max \left\{ \frac{\mathbf{w}^T \hat{\mathbf{Y}}_{k-1}^T \hat{\mathbf{Y}}_k \mathbf{w}}{\mathbf{w}^T \mathbf{w}} \right\} \tag{5}$$

Diese einzelnen Hauptkomponenten werden dann durch individuelle und voneinander unabhängige Gauß-Prozesse als *OD*-Probleme approximiert. Die Anzahl der Komponenten entspricht der Anzahl der Stützstellen und kann auch mittels einer Sensitivitätsanalyse der Gewichtsvektoren reduziert werden, so dass der Rechenaufwand für die dynamische Simulation in einem vertretbaren Umfang bleibt. Alle numerischen Verfahren wurden in einer Entwurfsumgebung OptiY [4] implementiert, welche allgeneine und direkte Schnittstellen zu den meisten kommerziellen CAD/CAE-Softwarepaketen zur Verfügung stellt. Damit kann man die probabilistische Simulation auf alle diese Programme anwenden.

3 Probabilistische Simulation eines Induktionsmotors

Induktionsmotoren sind Wechselstrommotoren, welche in der Industrie von kleinen Werkstätten bis zu Großmaschinen eingesetzt werden. Diese Motoren finden Anwendungen in Kreiselpumpen, Fließbändern, Kompressoren, Bohrmaschinen usw. Der Motor besteht aus einem Rotor mit einem Ring und einem Stator mit Magnetspulen. Zwischen Rotor und Stator befindet sich ein Luftspalt, der für die Funktionsweise des Induktionsmotors eine wesentliche Rolle spielt. Das Hauptziel ist die Untersuchung des dynamischen Verhaltens in Bezug auf das Rotordrehmoment infolge der Parameter-Unsicherheiten. Als Vorgabe der Produktentwicklung wird hier nur betrachtet, dass ein maximales Rotordrehmoment von 3,5 N·m nicht überschritten werden darf.

Der Modellaufbau erfolgte mit dem Softwarepaket MagNet der Firma Infolytica [5]. Die Software ist spezialisiert auf die Berechnung elektromagnetischer Felder auf Grundlage der Finite-Elemente-Methode. Der Modellierungsprozess konnte daher recht schnell und einfach durchgeführt werden. Alle Modellparameter für den Motor werden dabei idealerweise als feste Nennwerte eingegeben. Als Ergebnis liefert der Transient-Solver nominale zeitliche Verläufe der Magnetfelder im Motor (Abb. 3).

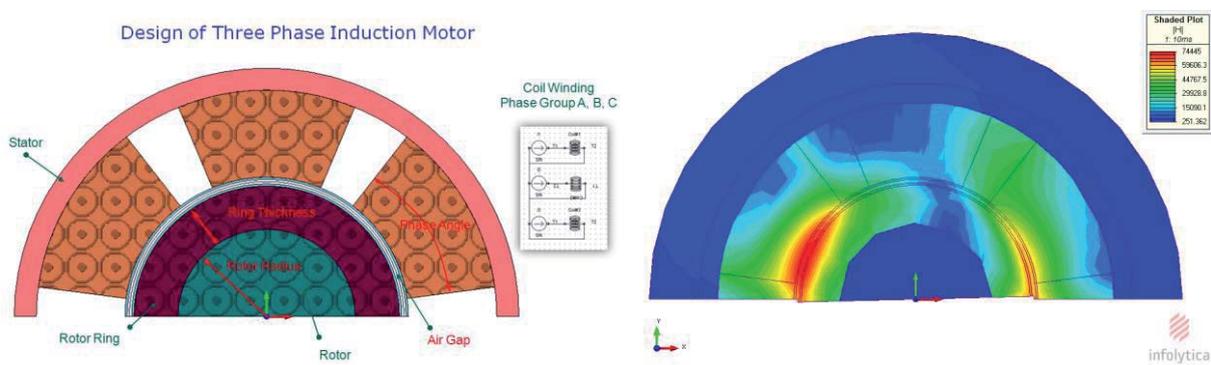


Abb. 3 Aufbau und nominale FEM-Simulation des Induktionsmotors

Der ideale zeitliche Signalverlauf des Rotordrehmoments steht ebenfalls zur Verfügung. Die für diese Untersuchung geforderte Spezifikation für das maximale Drehmoment wird bei der nominalen Simulation vollständig erfüllt (Abb. 4).

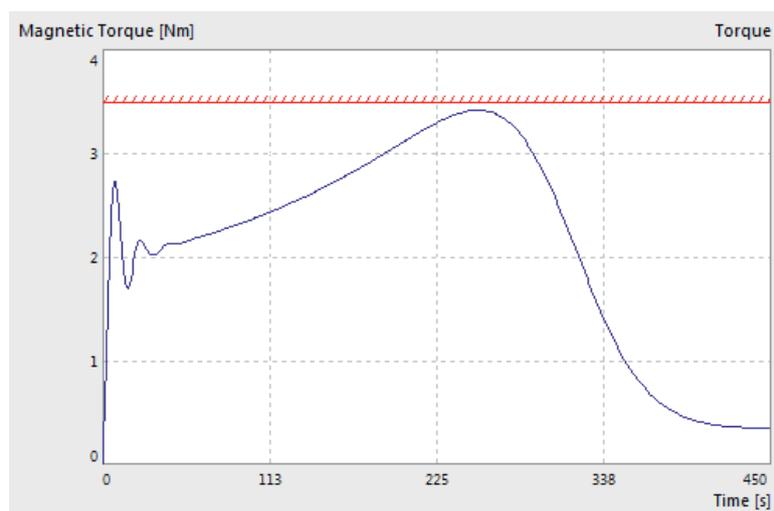


Abb. 4: Zeitlicher Signalverlauf des Rotordrehmoments bei der nominalen Simulation

Um eine probabilistische Simulation durchzuführen, wurde das deterministische Motormodell in MagNet mit dem Softwarepaket OptiY [4] mittels einer vordefinierten Schnittstelle gekoppelt. Dabei werden die nominalen Modellparameter in MagNet durch Streuungen in OptiY ersetzt. OptiY führt dann eine statistische Versuchsplanung mit 75 Originalmodellberechnungen in MagNet durch, um die Stützstellen für die Meta-Modelle zu generieren. Die dadurch erzeugten Signalverläufe sind in Abb. 5 links zu sehen. Die Wertebereiche bzw. Signalstreuereiche der Versuchsplanung wurden dabei größer als die Streubereiche der probabilistischen Simulation festgelegt, um später innerhalb dieser Bereiche noch optimieren zu können. Diese Signalverlaufsdaten bilden die Grundlagen für die Hauptkomponentenanalyse, welche diese Zeitreihenmatrix in 75 Komponenten zerlegt. Auf Jede dieser Hauptkomponenten wird der Gauß-Prozess mit Exponential-Kovarianz-Funktion angewendet, um ein 0D-Metamodell für die Komponente im Wertbereich der Versuchsplanung zu approximieren. Das entstandene 1D-Metamodell setzt sich aus 75 0D-Metamodelle zusammen. Die Abb. 5 rechts zeigt die Residuen des 1D-Metamodells, welche die absolute Differenz zwischen den Original- und Meta-Modell an den berechneten Stützstellen darstellen. Die X-Achse enthält die Simulationszeit der Signalverläufe. Entlang der Y-Achse sind in 75 Reihen von oben nach unten die berechneten Exemplare der Stichprobe aufgelistet. Jede dieser Reihen stellt farbcodiert die Residuen eines Signalverlaufs entsprechend der Versuchsplanung dar. Die Farbintensität des Plots entspricht der absoluten Differenz zwischen dem Original- und Meta-Modell. Wenn alle 75 Hauptkomponenten berücksichtigt werden, beträgt der maximale Unterschied nur $8,2E-14$ N·m. Das ist absolut genau und akzeptierbar.

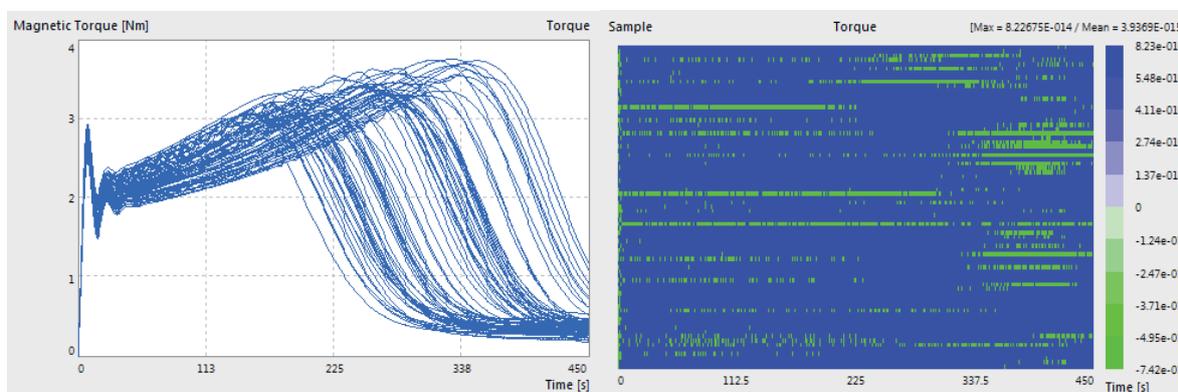


Abb. 5: Versuchsplanung und Residuen der 1D-Meta-Modelle

Wenn man diejenigen Hauptkomponenten vernachlässigt, deren Eigenwert kleiner als 1% des Wertes von dem größten Gewichtsvektor ist, bleiben nur noch 5 von 75 Hauptkomponenten übrig zur Bildung der 1D-Meta-Modelle. Dadurch reduziert sich der Rechenaufwand deutlich, ohne dabei die Genauigkeit der Meta-Modelle wesentlich zu verschlechtern.

Wegen der Fertigungsungenauigkeit und dem Verschleiß während des Betriebes schwanken geometrische Motorabmessungen wie Rotorradius, Ringdicke, Luftspalte und Phasenwinkel. Die magnetischen Materialeigenschaften und die viskose Rotorreibung streuen ebenfalls durch unterschiedliche Einsatzbedingungen wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Umwelteinfluss usw. Diese unsicheren Parameterstreuungen kann man durch statistische Messungen, Auswertung der Serienfertigung, Datenblätter oder aus Erfahrungen als stochastische Verteilungen um einen fixierten Nennwert erfassen. Für die Bestimmung der probabilistischen Signalverläufe werden die folgenden Parameterstreuungen in Abb. 6 verwendet:

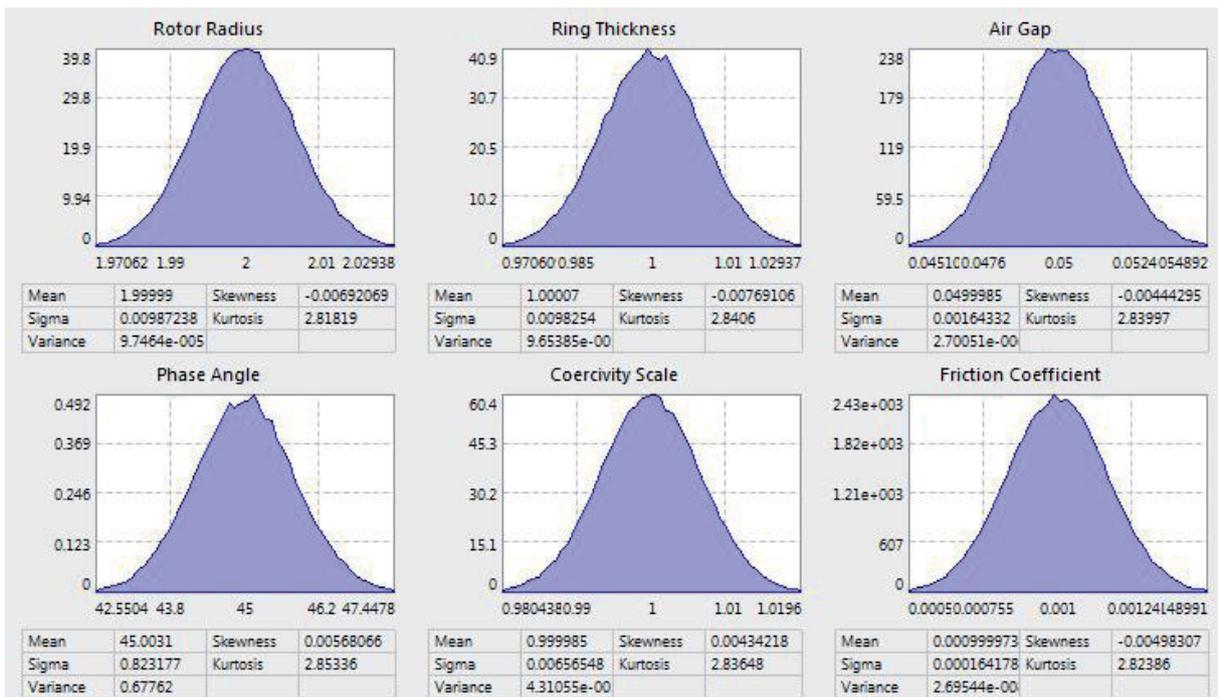


Abb. 6: Streuungen der Motorparameter

Zur probabilistischen Simulation werden 100.000 zufällige Punkte als virtuelle Monte-Carlo-Stichprobe auf den schnellen 1D-Meta-Modellen abgetastet. Der zeitliche Signalverlauf des Rotordrehmoments verwandelt sich dadurch in einen unscharfen Verteilungsdichtefunktionsverlauf (Abb. 7). Die Farbintensität entspricht der Verteilungsdichte. Je intensiver die Farbe ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich der Signalverlauf dort befindet. Ein Schnitt A-A veranschaulicht diese Darstellung. Die X-Achse ist das Rotordrehmoment und die Y-Achse ist die Verteilungsdichte des Signalverlaufs. Ebenfalls stehen hier auch die Werte der statistischen Momente wie Mittelwert, Standardabweichung, Varianz sowie min. und max. Werte der Streuung zur Verfügung. Obwohl der nominale Signalverlauf des Drehmoments (Abb. 4) die geforderte Spezifikation erfüllt, zeigt der probabilistische Signalverlauf einen Teil, der diese Spezifikation nicht erfüllt. Dieser Bereich der Verteilungsdichte wird in der Schnitt A-A rot dargestellt (Abb. 7). Die Wahrscheinlichkeit der Nichterfüllung der Anforderung beträgt hier 1,18%.

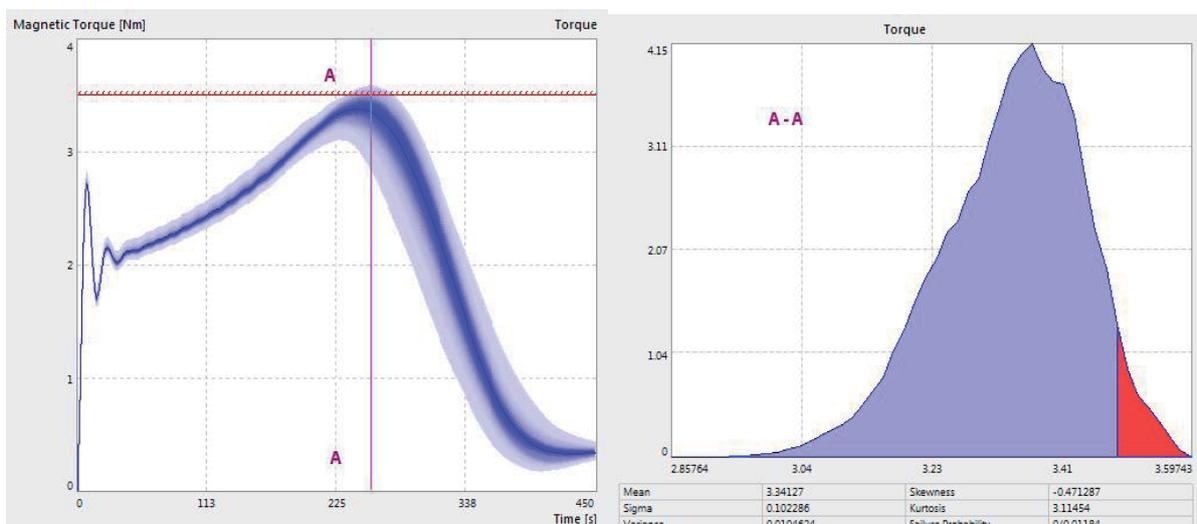


Abb.7: Unscharfer Signalverlauf (Verteilungsdichte) des Rotordrehmoments mit einem Schnitt A-A bei der probabilistischen Simulation

Die probabilistische Simulation zeigt also nicht nur nominale Signalverläufe, sondern auch ihre Streubereiche bzw. Vertrauensintervalle mit den Wahrscheinlichkeitsdaten. Sie widerspiegelt die tatsächlichen Messungen. Damit sind die Aussagen der Simulationsergebnisse nachvollziehbar und glaubhaft. Die Akzeptanz der Simulation in der Produktentwicklung wird dadurch deutlich erhöht.

4 Zusammenfassung

Probabilistische Simulation ermittelt neuartige Ergebnisse auf Basis der Dynamik-Simulation und bildet damit die Realität der statistischen Messungen ab. Es werden nicht nur nominale Signalverläufe der dynamischen Simulation, sondern auch ihre Streubereiche und Vertrauensintervalle mit den Wahrscheinlichkeitsdaten ermittelt. Die Grundlagen dafür sind der Gauß-Prozess und die Hauptkomponentenanalyse für die 1D-Meta-Modelle. Das Beispiel mit einem Induktionsmotor veranschaulicht Wirkungsweise, Ergebnisse und Interpretation der probabilistischen Simulation.

5 Literatur

- [1] Pham, T.Q., Kamusella, A.: Meta-Modellierung zur Gewinnung von Ersatzmodellen aus Messdaten und FE-Analysen als Bausteine für die Multidomain-Simulation. SIMPEP Kongress, 29-30 September 2011 in Veitshöchheim.
- [2] Pham, T.Q., Kamusella, A.: Zuverlässigkeitsanalyse und zuverlässigkeitsbasierte Optimierung mit probabilistischen Methoden am Beispiel eines Magnetantriebes. VDI-Tagung Technische Zuverlässigkeit, 29.-30. April 2009 in Leonberg
- [3] Jolliffe, I.T.: Principal Component Analysis, second edition, Springer 2002.
- [4] OptiY GmbH: OptiY Software Dokumentation. www.optiy.eu
- [5] Infolytica Corporation: Magnet Software Documentation. www.infolytica.com

Bitte per Post oder Fax senden:

Tel.: +49 (0) 80 51 - 96 59 3 49

Fax: +49 (0) 80 51 - 96 74 3 37

e-mail: magazin@nafems.de

Adresse für Fensterkuvert

NAFEMS GmbH
Osterham 23D-83233 Bernau am Chiemsee
Germany

Rückantwort: NAFEMS Magazin, Ausgabe (1/2015)

 Bitte senden Sie mir nähere Informationen zu folgenden Themen:

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> NAFEMS Mitgliedschaft | <input type="checkbox"/> NAFEMS e-learning |
| <input type="checkbox"/> NAFEMS Magazin „Benchmark“ | <input type="checkbox"/> Professional Simulation Engineer PSE |
| <input type="checkbox"/> NAFEMS Seminare | <input type="checkbox"/> Internationale Arbeitsgruppen |
| <input type="checkbox"/> NAFEMS Trainingskurse | <input type="checkbox"/> NAFEMS World Congress 2015 |

 Bitte nehmen Sie mich in Ihren Verteiler auf. Senden Sie das NAFEMS Magazin bitte auch an meine/n Kollegen/in (Adresse unten). Ich möchte folgendes zum NAFEMS Magazin anregen:

 Ich interessiere mich für Werbe-/Stellenanzeigen - bitte senden Sie uns die Mediadaten zu. Ich interessiere mich für www.CAEjobsite.com. Bitte kontaktieren Sie uns.**Absender**

Firma: _____

Abt.: _____

Titel, Vor-/Nachname: _____

Straße: _____

PLZ-Ort: _____

Tel.: _____

Fax: _____

e-mail: _____

Bitte senden Sie das NAFEMS Magazin auch an:

Firma: _____

Abt.: _____

Titel, Vor-/Nachname: _____

Straße: _____

PLZ-Ort: _____

Tel.: _____

Fax: _____

e-mail: _____



Online-Magazin

NAFEMS Deutschland, Österreich, Schweiz GmbH
Osterham 23
D-83233 Bernau am Chiemsee, Germany

Tel. +49 (0) 80 51 – 96 59 3 49
Fax +49 (0) 80 51 – 96 74 3 37
e-mail: info@nafems.de

www.nafems.org/magazin

ONE
ASSOCIATION
1 0 0 0 M E M B E R
O R G A N I S A T I O N S

ONE
VISION
3 0 0 T E C H N I C A L
G R O U P P A R T I C I P A N T S

ONE
COMMUNITY
O V E R 3 0 0 0
E V E N T A T T E N D E E S

ONE
NAFEMS
T H E I N T E R N A T I O N A L
A S S O C I A T I O N F O R
T H E E N G I N E E R I N G
A N A L Y S I S C O M M U N I T Y



www.nafems.org