



Online-Magazin

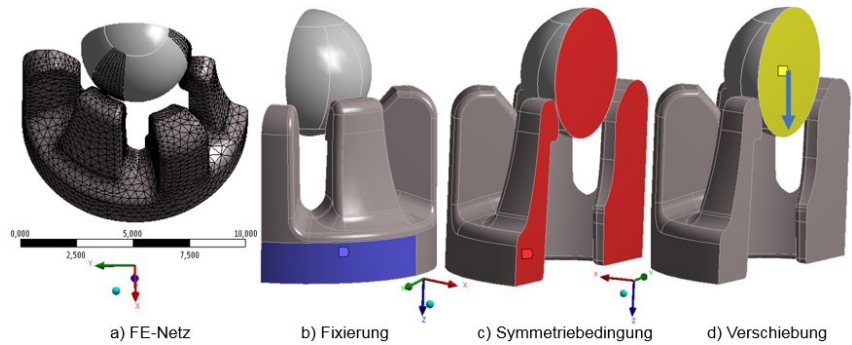
Zeitschrift für numerische Simulationsmethoden und angrenzende Gebiete: FEM, CFD, MKS, VR / VIS, PROZESS, SDM

Fachbeiträge

MATERIALMODELLIERUNG

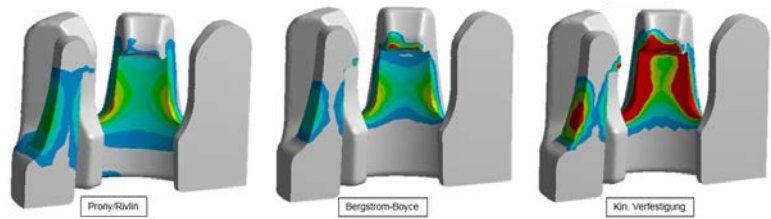
Numerische Simulation von Schnappverbindungen aus Kunststoff mit Fokus auf ein geeignetes Materialmodell

Thermisch gekoppelte Analysen mit komplexen Materialmodellen



STRÖMUNGSMECHANIK

Validierung der Volume of Fluid Methode zur Simulation freier Oberflächen mit CAD-integrierter CFD-Software



ADDITIVE FERTIGUNG

Prozesssimulation drahtbasierter additiver Fertigungsverfahren



NWC NAFEMS
NAFEMSWORLDCONGRESS 2019

17-20 JUNE | QUEBEC CITY | CANADA
 A WORLD OF ENGINEERING SIMULATION

incorporating the

spdm INTERNATIONAL CONFERENCE
 Simulation Process & Data Management

Vollständiges Vortragsprogramm im Heft:

- über 300 Fachvorträge in 10 parallelen Sessions
- 10 Keynotes aus Industrie und Hochschule
- 20 Short Training Courses
- 4. Int. SPDM Konferenz
- Symposia, Workshops & Diskussionsrunden
- Networking und Informationsaustausch
- Große Hard- und Softwareausstellung

Offen für Mitglieder und Nichtmitglieder

www.nafems.org/congress

Alle bisherigen Ausgaben kostenlos zum Download unter: www.nafems.org/magazin

Sponsoren dieser Ausgabe:



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

Sehr geehrte Leserin, sehr geehrter Leser,

das NAFEMS Online-Magazin behandelt unterschiedlichste Aspekte der numerischen Simulation. Deren Anwendungsbereich hat sich in der letzten Zeit rapide erweitert. Grundlage ist jedoch in allen Fällen, dass ein Modell erstellt werden muss, mit dem das Verhalten des zu simulierenden Gegenstandes oder Prozesses beschrieben wird. Dieses Modell ist damit das Herzstück der numerischen Simulation, und seine Aufstellung gewinnt naturgemäß mehr und mehr an Bedeutung. Zwei entgegengesetzte Tendenzen sind bei der Modellbildung zu erkennen. Einerseits werden Modelle entwickelt, die die Realität mit möglichst vielen Details abbilden; sie werden damit immer komplexer. Das hat zur Folge, dass die darauf angewandte numerische Analyse immer aufwendiger wird. Durch die rapide wachsende Rechnerleistung wird dies bis zu einem gewissen Grade kompensiert. Andererseits werden Modelle erstellt, die möglichst einfach sind und nur die wichtigsten Aspekte des Originals abbilden; das geht im Extremfall bis hin zu Metamodellen. Damit erreicht man extrem kurze Rechenzeiten und kann auch komplizierte Vorgänge quasi in Echtzeit untersuchen. Allerdings muss hier besonders auf die Grenzen der Modellgültigkeit geachtet werden.

Auch in den Fachbeiträgen dieses Heftes werden wieder interessante Modelle und deren Anwendung in der numerischen Simulation vorgestellt. Die ersten beiden Beiträge befassen sich mit dem Verhalten von Kunststoffen. Zunächst werden drei Materialmodelle miteinander verglichen und deren Eignung zur Beschreibung des viskoelastischen Verhaltens bei der zyklischen Montage/Demontage von Schnappverbindungen festgestellt. Danach wird auf Basis thermodynamischer Untersuchungen aufgezeigt, dass die Energiedissipation schwingbelasteter Elastomere nur dann nennenswert sein kann, wenn sich die Schwingungsfrequenz in der Größenordnung der Relaxationsgeschwindigkeit bewegt. Eine Anwendung aus der Strömungsmechanik zeigt auf, dass die Modellierung freier Oberflächen in CAD-integrierten CFD-Simulationen die Untersuchung von Füllprozessen, des Schwappens von Flüssigkeiten, Wellenbewegungen und ähnlich komplexen Vorgängen erlaubt. Zur Simulation drahtbasierter additiver Fertigung werden schließlich statt der üblichen Elementaktivierung kontinuierlich Elemente in das Modell eingefügt; das spart Rechenzeit.

Ich bin zuversichtlich, dass dieses Angebot auch für Sie etwas Interessantes enthält und wünsche Ihnen viel Freude und erhellende Erkenntnisse beim Lesen.

Mit freundlichen Grüßen

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.beta-cae.com



www.3ds.com/products-services/simulia



www.dynamore.de



www.esi-group.com



www.intes.de



www.mscsoftware.com

Vorwort des Editor-in-Chief.....2
 Sponsoren3
 Inhalt / Impressum4

NAFEMS Events
 Übersicht: Konferenzen/Seminare, Schulungen, e-learnig Kurse5
 NAFEMS World Congress & Int. SPDM Conference 20196
 Seminare:
 Konstruktionsnahe CFD – Stand und zukünftige Entwicklungen22
 Multiphysikalische Simulationen in der Entwicklung von E-Motoren...23

NAFEMS Trainings
 Verification and Validation in Engineering Simulation24
 Festigkeitsnachweis mit der FKM-Richtlinie.....26
 Practical Introduction to Non-Linear Finite Element Analysis.....27
 Praktische Anwendung der FEM und Ergebnisinterpretation.....28
 Strömungssimulation (CFD): Theorie und Anwendung29

Über NAFEMS
 Übersicht30
 Ziele31
 Mitglied werden32
 Mitgliedsmodelle33
 Technische Arbeitsgruppen34
 Veranstaltungen35
 PSE Zertifizierung36
 Training37
 Resource Centre38
 Publikationen.....39
 Benchmark Magazin40
 Special: NAFEMS Nordic Seminar bei LEGO in Billund, DK42

Neuigkeiten43

Veranstaltungskalender49

Fachbeiträge
Materialmodellierung
 Numerische Simulation von Schnappverbindungen aus
 Kunststoff mit Fokus auf ein geeignetes Materialmodell
 M. Brehm, F. Lang (Merkle & Partner); A. Frick, R. Boßler
 (Hochschule Aalen, Institute of Polymer Science and
 Processing (iPSP)).....50
 Thermisch gekoppelte Analysen mit komplexen Materialmodellen
 M. Achenbach (Ingenieur- und Sachverständigenbüro Achenbach);
 M. Ochs (Technischer Berater)59

Strömungsmechanik
 Validierung der Volume of Fluid Methode zur Simulation freier
 Oberflächen mit CAD-integrierter CFD-Software
 A. Pavlov, M. Gruetzmacher, B. Marovic
 (Mentor Graphics (Deutschland)).....72

Additive Fertigung
 Prozesssimulation drahtbasierter additiver Fertigungsverfahren
 S. Brötz, S. Scheibhofer (LKR Leichtmetallkompetenzzentrum
 Ranshofen).....81

Werbeanzeigen
 Dassault Systèmes Simulia.....43
 ITEA3 VMAP Projekt.....41

Rückmeldeformulare89

Impressum

Editor-in-Chief

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

Redaktioneller Beirat

Dr. Alfred Svobodnik
 Mvoid Technologies
 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
 Griesstr. 20
 D-85567 Grafing b. München
 Germany
 Tel. +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 01.01.2018

Verteilung / Bezug

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

Copyright © 2019, 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

Seminare in DACH 2019

Konferenz-/Seminartitel	Termin	Ort
Konstruktionsnahe CFD – Stand und zukünftige Entwicklungen www.nafems.org/cfd19	11.-12. Nov.	Wiesbaden
Multiphysikalische Simulationen in der Entwicklung von E-Motoren www.nafems.org/e-motor19	13.-14. Nov.	Wiesbaden

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

Schulungen in DACH 2019

Schulungstitel	Termin	Ort	Teilnahmegebühr
Verification and Validation in Engineering Simulation www.nafems.org/vandv19-2	6. - 7. Nov.	München	1.950 / 1.560 ¹⁾
Festigkeitsnachweis mit der FKM-Richtlinie www.nafems.org/fkm19-2 (ab Juli)	tbc - Nov.	Wiesbaden	1.590 / 1.200 ¹⁾
NVH	in Planung	bei Interesse bitte melden	
Praktische Anwendung der FEM und Ergebnisinterpretation	auf Anfrage / Inhouse		
CFD Analysis: Theory and Applications	auf Anfrage / Inhouse		
Non-Linear Finite Element Analysis	auf Anfrage / Inhouse		

¹⁾ in Euro zzgl. ges. MwSt. je Teilnehmer (Nichtmitglied / NAFEMS Mitglied)

Eine Beschreibung der Schulungsinhalte finden Sie auf Seiten 10 - 15. Weitere Schulungen und Kurse, die web-basiert (e-learning bzw. Webinare) oder ausserhalb der deutschsprachigen Region stattfinden, finden Sie unter www.nafems.org/events.

e-Learning Kurse

E-Learning ermöglicht schnelle, höchst effektive und kostengünstige Trainings.

Folgende Themen werden regelmäßig angeboten:

- 10 Steps to Successful Explicit Dynamic Analysis
- Advanced Dynamic FEA
- Basic FEA
- Composite FEA
- CFD for Structural Designers and Analysts
- Elements of Turbulence Modeling
- Fatigue & Fracture Mechanics in FEA
- Introduction to Dynamics using FEA
- Introduction to Engineering Simulation for Non-Specialists
- Introduction to Practical CFD
- Non-Linear FEA
- Practical Modelling of Joints and Connections
- Structural Optimization in FEA



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



Preliminary Agenda - Version 6.3 - May 27th 2019



4	Keynote Speakers
6	Why Attend?
8	Quebec City
10	Training Courses
13	Exhibition
14	Agenda
27	Venue
28	Sunset Dinner Cruise
29	Registration

PDF Seitenanzeige bitte auf „Zwei-Seitenansicht“ stellen!

DOWNLOAD PDF:

WWW.NAFEMS.ORG/CONGRESS

NAFEMS World Congress 2019

Engineering analysis, modelling and simulation are dynamic and ever-evolving fields. Gone are the days when everything could be categorised as either FEA or CFD. The rate of progress in software, hardware, techniques and best practice continues at a blistering pace, while the community driving that change also continues to grow and develop to incorporate every part of the product development process.

NAFEMS remains proud to be the only independent, international body dedicated to serving the community, and we want you to play an active role in driving progress and shaping the future of the sector.

As well as hosting the 4th international SPDM conference the Congress will also be hosting Technical Symposia on

- Manufacturing Process Simulation & Additive Manufacturing
- Systems Modelling & Simulation
- Digital trends and what they mean for the engineering simulation community
- VMAP - Interface Standard for Integrated Virtual Material Modelling in Manufacturing Industry

As part of the focus on digital trends, we will be looking at new 'digital' areas from the cutting edge of technology. AI, Digital Twins, VR & AR and Industry 5.0 are just some of the pertinent topics that the Congress will cover.

This is the only major international event dedicated to your community and your technology. Every aspect of analysis, modelling and simulation will be addressed, covering numerous industries globally. There's nothing quite like it.

Registration Fees

PRESENTING AUTHORS

NAFEMS Members \$1160 USD
Non-Members \$1390 USD

STANDARD DELEGATES

NAFEMS Members \$1290 USD
Non-Members \$1520 USD

Keynote Speakers



Charles Poon | Ford Motor Company [USA]

The Role of Simulation in the Transformation of the Automotive Industry

Charles Poon is Ford's Chief Engineer for Global Powertrain Installation organisation leading a team of over 600 engineers worldwide. He is responsible for all of Ford's global mounts, cooling, exhaust, air induction and fuel system development with the goal of delivering world-class powertrain systems at best in class product development cycle times.



Rodrigo Britto Maria | Embraer [BRA]

Applications of SPDM in Aircraft Structural Analysis

Rodrigo Britto Maria is a Senior Engineer in the department of Digital Engineering Systems and Technology Development at EMBRAER S.A. He has worked with the implementation and administration of new CAE, PLM and SPDM solutions at EMBRAER since 2005, and was responsible for the first SPDM implementation at the company.



Mark Meili | Procter & Gamble [USA]

"Diffusion of Innovation" Applied to Modeling & Simulation - What can we Learn from Social Science Research and Marketing?

Mark A. Meili is Director of Modeling and Simulation for The Procter & Gamble Company. His role spans both organisations and technical work processes from research to commercialization to supply chain operation. Mark has been a champion of first principles understanding to reduce risk and enable robust technical decision-making throughout his career.



Francisco Chinesta | ENSAM ParisTech [FRA]

The Era of "Twins"! A New Paradigm for Simulation-and-Data-Based Engineering as Applied to Materials, Processes, Structures and Systems

Francisco Chinesta is Professor of Computational Physics at ENSAM ParisTech (Paris, France). He is an honorary fellow of the "Institut Universitaire de France", and fellow of the Spanish Royal Academy of Engineering. He is president of the French association of computational mechanics (CSMA) and director of the CNRS research group on model order reduction techniques in engineering sciences.



Lyle Levine | National Institute for Standards and Technology (NIST), [USA]

Supporting the Simulation Community with Benchmark Measurements for Additive Manufacturing of Metals

Lyle Levine is a physicist in the Materials Measurement Laboratory of the National Institute of Standards and Technology (NIST), where he leads most of NIST's materials research in additive manufacturing (AM) of metals. Dr. Levine also founded and leads AM-Bench, an international organisation that provides AM benchmark measurements for the AM community.



Why Attend?

Increase confidence in your simulation capability.

The simulation and analysis team will only be central in an organisation when it has shown how reliable, repeatable and valuable its results are. Additionally, communicating the real value and ROI of simulation to key stakeholders is vital. To do that, you need to know how other companies are positioning simulation as a strategic capability. And you need to learn how to do it yourself.

See beyond the "digital" hype.

Virtual and Augmented Reality, the Internet of Things, Artificial Intelligence, Cloud Technology, and Industry 4.0 are becoming embedded in everything we do. Instead of pulling them together under a "digital" name-tag, we need to look beyond the headlines and start discussing, defining and explaining them in the context of the engineering simulation community.

We'll be looking beyond The Hype and exploring (and perhaps bracing ourselves for) the considerable impact that these technologies are expected to have on the engineering industry of tomorrow.

Gain access to an exclusive programme of short training courses.

One of the great things about the NAFEMS World Congress is the extensive programme of training courses, on FEA, CFD, and related technologies. As an attendee, you can choose from a number of exclusive short courses which will be given by our internationally recognised team of tutors, all as an inclusive part of your Congress experience.

Discover how systems modeling and simulation fits into your organisation and processes.

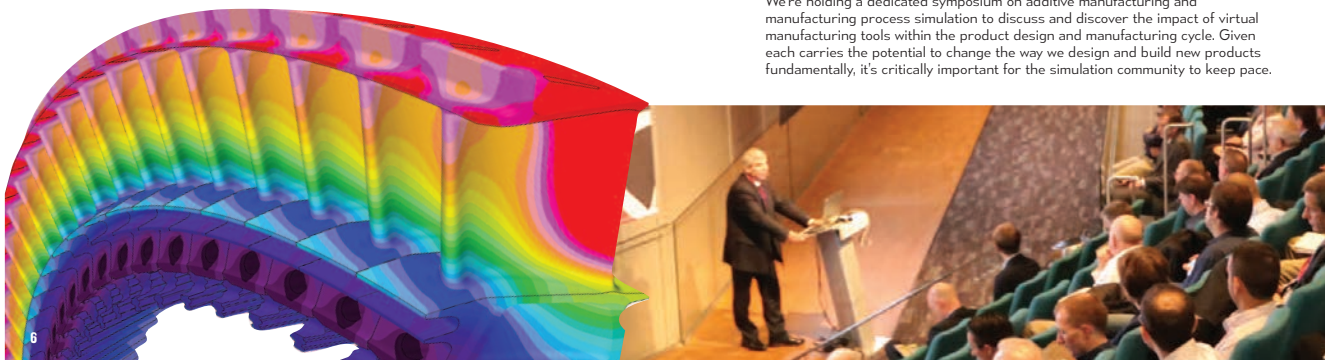
We're seeing systems modeling and simulation at the forefront of many organisation's strategic interests. Increasing product complexity means that multiple disciplines are being integrated to form a complete concept-to-production development process. What impact will this have for you and your team?

Delve as deep into the technology as you want to.

Of course, we have tracks on the latest trends and hot topics, but the beauty of the Congress is in seeing new trends, technology areas and cutting-edge methods sit alongside traditional papers on the theory, the physics, and the very basis of the technology you work with every day. You'll never be short of discoveries, but there are also myriad opportunities to dig-in to the background and theory you know and love.

Learn how additive manufacturing and manufacturing process simulation will influence the products of the future.

We're holding a dedicated symposium on additive manufacturing and manufacturing process simulation to discuss and discover the impact of virtual manufacturing tools within the product design and manufacturing cycle. Given each carries the potential to change the way we design and build new products fundamentally, it's critically important for the simulation community to keep pace.





Heinz Stoewer | INCOSE Past President and Professor TU Delft [GER]

Systems and Complementary Engineering Disciplines Interactions

Heinz Stoewer is a Past President of INCOSE and Professor at TU Delft. Over his career, he has received multiple national & international honours, produced over 90 publications, and worked at Boeing, ESA, the German & Dutch National Space Agencies, and is Founder/President Space Associates GmbH.



Vicky Pope | Met Office [GBR]

Achievements and Challenges in Weather and Climate Modelling

Vicky Pope had a long and successful career in the UK Met Office in a variety of roles. She led teams in stratospheric research (working on the ozone hole) and climate model development. In 2002 she became a senior manager of the climate research programme for various government departments, providing climate change science to underpin policy development.



Christian Brix Jacobsen | Grundfos [DEN]

Implementation of Simulation Driven Development

Christian Brix Jacobsen is Senior Director at Grundfos, heading Mechanical Development and is responsible for design of pumps and electrical motors within the company. He has more than 25 years of experience with simulation methods and the use of these in designing industrial machinery. He also has 20 years of experience in managing R&D in various positions at the company.



Olivier Colmard | Renault Technocenter [FRA]

Numerical Simulation to Develop and Validate Autonomous Car

Olivier Colmard is Vice President of Integrated CAE & PLM at Renault Group Engineering Division. His focus is on contributing to vehicle & powertrain projects development through CAE, DMU, BOM & Configuration Management, as well piloting the alliance of CAE & PLM Strategy with Nissan & Mitsubishi, Maximize Alliance Synergies, Develop new Methods, Tools & Processes for Numerical Simulation and Digital Continuity.



Martin Eriksson | Validus Engineering [SWE]

Activities and Factors Essential to the Endorsement of Confidence in Numerical Simulation and Predictions

Martin Eriksson acts as Head of Computational Structural Mechanics at Validus Engineering AB, Sweden. He leads a team of design analysts that performs CAE analyses as well as develops in-house as well as customer company methodologies, procedures, tools and standards for advanced CAE analysis. He has 20 years of experience from CAE analysis activities in various industry sectors.



View the abstracts at nafems.org/congress 5

Understand the transformative potential of SPDM.

Simulation process and data management has grown up. From a once niche area, it is now near-ubiquitous in the simulation and analysis departments of most major corporations. It's still difficult to implement for companies who don't have experience in designing information systems, and many 'off the shelf' solutions don't quite cut it.

The 4th international SPDM Conference, being held as part of the Congress, is the one place to learn what it means, how to implement it, and what mistakes to avoid.

Connect with colleagues, peers and domain experts.

NWC is entirely independent, and our agenda is driven by what the community has to say about the technology. Attendees face similar challenges, pose comparable questions, and see the same issues and obstacles every day. This is your chance to immerse yourself in the technology and enjoy a conference where you can discuss your work with both peers, and the real industry experts on the same level.

Learn what the move toward hybrid power and electrification means for simulation. Analysis and simulation have a massive role to play as we move away from the traditional combustion engine towards hybrid and electric vehicles. Even for those not directly involved in the automotive industry, the changes are so pervasive that every sector will be affected. The supporting role for simulation must not be underestimated, and it's vital that we understand how we fit-in.

Visit all of the major software vendors under one roof.

All of the major software vendors are part of the NWC exhibition. This is the one place where they are all treated as equal, in an independent setting dedicated to analysis and simulation. Use that to your advantage by seeing how the latest offerings from each company compare.



Gold Sponsors



Silver Sponsors



SPDM Sponsors



Quebec City

La Vieille Capitale



Situated on the northern bank of the Saint Lawrence River, Quebec City is Canada's 'La Vieille Capitale' known for its historic charm and architecture. The city is home to the only remaining fortified city wall north of Mexico, and within these walls (which you can walk on!) lies a treasure trove of historic and visual delights.

Stroll around the cobbled streets of the old city's Lower Town and take in the city's charming architecture and uniquely North American-European feel. Here you will find many boutiques and galleries and of course plenty of bistros where you can get a nice cold craft beer after a day at the Congress. Be sure not to miss the stunning murals dotted around the city, and look out in particular for the impressive Fresque des Québécois on the side of Maison Soumande. History has never looked so alive!

The character of this city is wonderfully reflected in its built environment. From the copper-roofed stone buildings of the Upper Town to the narrow winding streets and many, many stairways (bring your walking shoes!) you really do get a sense of being in a place steeped in a unique history. Of course, if the thought of walking up the 398 stairs of Escalier du Cap-Blanc makes your feet ache there's always the funicular which takes you from the lower to the Upper Town via spectacular views over the city.

Whether on foot or gliding along on the funicular you can't miss the imposing splendour of one of Quebec City's finest buildings, Château Frontenac. With its Chateausque architecture, it dominates the Upper Town's skyline and will be sure to delight.

There's so much crammed into this compact city you might need to take a step back to take it all in. If the strain of craning your neck gets too much, hop on a ferry across the Saint Lawrence river and you will be rewarded with the best views of this magnificent city. If you fancy staying on terra firma, head up to the 31st floor of the Marie-Guyart building and get an unobstructed view of the city from above.

But do not let the romance of the cobbled streets and olde worlde charm fool you, this is only one face of this fascinating city. Québec City is a stunning city where worlds meet and come together in perfect harmony. A forward-facing city deeply rooted in its history and environment, Quebec City has some of the most easily accessible outdoor activities of any world-class city.

15 minutes away from the bustle of Old Quebec you will find the incredible Parc de la Chute-Montmorency where you can either simply marvel at this stunning work of nature from the boardwalk or take a cable car across the gorge for unrivalled views of the falls. Of course, if you're after that adrenalin rush there's always the option to take a zip wire over the magnificent falls and truly get close and personal with this wonder of nature. How many other cities can boast a waterfall on their doorstep?

Short Training Courses

As part of the NAFEMS World Congress 2019, attendees will have access to many short 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, Practical CFD, Simulation Credibility and Introduction to SPDM. Registered Congress attendees will be asked to pre-register before the event.

Numerical Simulation of Multiphase Flows – Basics of Theory and Practical Applications

This short course gives an introduction in modelling and simulation of multiphase flows. The challenges and problems of modelling multiphase flows are discussed and the ideas of different modelling approaches will be described in general. Some examples of multiphase flow simulations show the application of the models as well as advantages and disadvantages of them.

Simulation Driven Engineering with Computational Acoustics

This short course gives an introduction in modeling and simulation of acoustical phenomena. The challenges of acoustics as a multiphysical approach are discussed and the state of the art of modelling will be outlined. Typical industrial examples show the application of the models and its pros and cons.

Introduction to Probabilistic Analysis and Uncertainty Quantification

Experienced practitioners who construct complex simulation models of critical systems know that replicating real-world performance is challenging due to uncertainties found in simulation and physical tests. This course will discuss the types of uncertainties and how to quantify these uncertainties through the use of state-of-art statistics and machine learning methods. This course will discuss the broad applications these probabilistic techniques have in analyzing numerous forms of engineering systems including Digital Thread/Digital Twins.

Composites

Due to the nature of composite materials, stress analysis and failure prediction is far more complex than isotropic materials. The objective of this overview is to break down the composite FE analysis process into clearly defined steps, give an overview of the physics involved and show how to implement practical solutions using Finite Element Analysis.

Nonlinear Analysis

Many problems facing engineers are nonlinear in nature, where the response of a structure cannot be simply assessed using linear assumptions. 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 overview will examine these issues, and look at the best ways of creating an analysis plan that matches key objectives.

Dynamic Finite Element Analysis

This a short overview of the basics of dynamics analysis, building quickly from normal modes analysis to transient and frequency response. The session is packed with hints and tips on the most effective ways to set up these analyses - and some reminders about the implications of a dynamic environment for designers and analysts. Attendees qualify for a 15% discount on Tony's new NAFEMS book, How to do Dynamic FEA.



And the best part? The 2019 NAFEMS World Congress venue, Quebec City Convention Centre, sits on Parliament Hill, right in the heart of the city. The convention centre counts the trendy Saint-Jean Baptiste area as one of its neighbours. This is an area where you will be spoilt for choice when it comes to restaurants and bars. Mere minutes from the Congress venue, wander down Rue-Saint Jean and you will be rewarded with an excellent selection of restaurants serving everything from classic steak frites to the chickest of Nordic cuisine.

A short stroll along Boulevard Honoré-Mercier, a few minutes from the convention centre, brings you to the delightful Fontaine De Tourny and the Parliament Gardens which surround the impressive Parliament building, and is well worth a visit. You will be pleased to know that you will have the opportunity to dine inside the Parliament Building as part of the NWC optional dinner on Tuesday, June 18th. From the Parliament complex Old Quebec and its delights are a further 10 to 15 minutes' walk away.

Thanks to the Convention Centre's excellent location, you will be able to take part in the Congress and enjoy the city with little effort, needing to do little more than step outside.

Quebec City is innovative, forward facing and at home in its history and environment. A place where you can go from strolling along the charming streets of Quartier Petit Champlain to walking over stunning gorges at Canyon Ste-Anne and zipping over the stunning waterfalls at Montmorency Falls Park all in one afternoon. This is a city that truly has something for everyone.



Quebec City, not just La Vieille Capitale but also La belle Ville, La Ville Exceptionnelle and a city experience like no other.

Come join us for NWC19 and experience it for yourself.

9



Structural Optimization - Topology Optimization and Generative Design

This short overview looks at the range of optimization techniques available in FEA today. A brief history shows the development of these methods and the various strengths and weaknesses. The future role of optimization is discussed – particularly when aligned with new manufacturing methods and vastly improving computing resources. The final topic is the continuing role of the engineer in providing the required innovation and definition of the optimization task.

Fatigue Analysis

This short course gives some insight into the methods behind high and low cycle fatigue and fracture mechanics methods. How are they different? When do we use them? What are the implications for FEA?

Joints and Connections

Most structures involve some form of jointing or connection. This overview looks at popular FEA methods for simulating mechanical joints, welding and bonding. Different idealization approaches and element types will be reviewed. Hints and tips will be developed based on identifying key analysis objectives.

Effective Postprocessing of Structural Analyses

The range of post-processing options can be bewildering. However, understanding how to interrogate stress results is key to effective FEA. A road map is developed that shows how to use Von Mises, Cartesian and Principal stresses in a logical and authoritative manner. Examples of contour and XY plotting are shown. Load vectors and free body diagrams are also discussed.

CFD for Structural Designers and Analysts

This course aims to introduce the essential principles of fluid dynamics, important flow phenomena, and basics of CFD process to structural engineers for their multidisciplinary problems. This course provides a brief overview of the essential concepts and principles of fluid dynamics, CFD, turbulence, and heat transfer relevant to structural analyses through simple examples and case studies.

Introduction to Practical CFD

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.

11



Elements of Turbulence Modelling

This course is focused on understanding turbulence, need for turbulence modeling, and various modeling approaches. Discussions on the advantages and limitations of various models should help CFD users in selecting appropriate turbulence models for their simulations.

Sheet Metal Formability – Material Properties, Failure & Simulation

This course is intended to assist all those involved in the design of sheet metal components to identify the key material properties and potential failure modes during manufacture. The course will demonstrate how CAE methods can be used to simulate the manufacturing method in order to identify any potential problems with the process and establish if part design changes are required.

Introduction to Instability and Buckling of Structures

This short course is based upon material taken from a new online course which will be launched by NAFEMS in the near future. Attendees will be shown the course content, including an associated on-line self-test quiz. The course is designed to provide a broad introduction to instability and buckling of structures and while the focus is on both Euler and nonlinear post-buckling, the course will illustrate a range of other instability phenomena relevant to structures. The topics are well exemplified via industrial examples and videos, with sufficient theory to allow FE practitioners to understand the challenges and procedures inherent in modelling and assessment. In the course literature, the NAFEMS PSE competency statements addressed to some degree are highlighted.

Introduction to Finite Element Analysis of Pressure Systems and Components

This presentation is designed to provide an overview of a major updating and re-launch of a substantial work-based learning module, originally developed as part of the EU-funded CCOPPS project. The course is accompanied by a sector-specific competency framework and is complemented by 23 worked examples, 14 tutorials and 9 self-test online quizzes with 167 questions. The course is designed for self-paced informal learning and participation entitles the delegate to 5 months access to tutors. The course also includes a new extensive FAQ database, designed to support and enhance the learning experience.

Introduction to Design by Analysis of Pressure Systems and Components

This presentation is designed to provide an overview of a major updating and re-launch of a substantial work-based learning module, originally developed as part of the EU-funded CCOPPS project. The course is accompanied by a sector-specific competency framework and is complemented by 38 worked examples, 2 tutorials and 5 self-test online quizzes with 111 questions. The course is designed for self-paced informal learning and participation entitles the delegate to 5 months access to tutors. The course also includes a new extensive FAQ database, designed to support and enhance the learning experience.

The course is now consistent with the DBA content in the current versions of ASME VIII Div2 and EN13445. It also now includes Creep-related design checks and content.

Monday, June 17 Pre-Congress & Exhibition Opening

11:00 Congress registration opens

Pre-Congress: Short Training Courses and Workshops

<p>13:15 Training A Multiphase Flows</p> <p>Short Course in the Numerical Simulation of Multiphase Flows – Basics of Theory and Practical Applications U. Janicke (University of Wuppertal, GER)</p> <p>This short course gives an introduction in modelling and simulation of multiphase flows. The challenges and problems of modelling multiphase flows are discussed and the ideas of different modelling approaches will be described in general. Some examples of multiphase flow simulations show the application of the models as well as advantages and disadvantages of them.</p>	<p>WS B Stochastics Discussion Session</p> <p>Stochastics Discussion Session Moderated by the NAFEMS Stochastics Working Group</p> <p>Come along to this discussion session and meeting members of the NAFEMS Stochastics Working Group. Find out about the current activities of the group who are helping organisation extract more business value from their investment in engineering analysis and simulation through the implementation of stochastics applications.</p>	<p>Training C Design of Pressure Systems</p> <p>Introduction to Design by Analysis of Pressure Systems and Components – Overview of New e-Learning Course with Tutor Support J. Wood (JW Analysis)</p> <p>This presentation is designed to provide an overview of a major updating and re-launch of a substantial work-based learning module, originally developed as part of the EU-funded CCOPPS project. The course is accompanied by a sector-specific competency framework and is complemented by 38 worked examples, 2 tutorials and 5 self-test online quizzes with 111 questions.</p> <p>The course is designed for self-paced informal learning and participation entitles the delegate to 5 months access to tutors. The course also includes a new extensive FAQ database, designed to support and enhance the learning experience.</p> <p>The course is now consistent with the DBA content in the current versions of ASME VIII Div2 and EN13445.</p>	<p>Training D Practical CFD</p> <p>Introduction to Practical CFD K. Foulds (Infomec Consulting)</p> <p>This course provides a view into the practical utilization of CFD in real life applications and the challenges faced due to the 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.</p>	<p>Training E Optimization</p> <p>Structural Optimization – updated to focus on Topology Optimization and Generative Design T. Abbey (FE Training)</p> <p>This short overview looks at the range of optimization techniques available in FEA today. A brief history shows the development of these methods and the various strengths and weaknesses. The future role of optimization is discussed – particularly when aligned with new manufacturing methods and vastly improving computing resources. The final topic is the continuing role of the engineer in providing the required innovation and definition of the optimization task.</p>	<p>WS F PSE Workshop</p> <p>PSE Certificate Moderated by G. Duffett (NAFEMS)</p> <p>Get your questions about PSE answered by members of the PSE Board and the PSE administrator.</p> <p>Candidates applying for PSE at the NWC will be able to access a reduced application fee.</p> <p>Incorporating PSE Competencies into Technical Mentoring for Effective FEA Skill Development * J. Castro (The Boeing Company, USA)</p>
--	--	---	---	--	--

14:45 Break

<p>15:30 Training A Acoustics</p> <p>Simulation Driven Engineering with Computational Acoustics A. Svobodnik (Mvoid Group, GER)</p> <p>This short course gives an introduction in modeling and simulation of acoustical phenomena. The challenges of acoustics as a multiphysical approach are discussed and the state of the art of modeling will be outlined. Typical industrial examples show the application of the models and its pro's and con's.</p>	<p>Training B Intro to UQ</p> <p>Introduction to Probabilistic Analysis and Uncertainty Quantification G. Jones (SmartUQ, USA)</p> <p>Experienced practitioners who construct complex simulation models of critical systems know that replicating real-world performance is challenging due to uncertainties found in simulation and physical tests. This course will discuss the types of uncertainties and how to quantify these uncertainties through the use of state-of-art statistics and machine learning methods. This course will discuss the broad applications these probabilistic techniques have in analyzing numerous forms of engineering systems including Digital Thread/Digital Twins.</p>	<p>Training C Co-simulation</p> <p>Why, How and When to Use Co-Simulation? T. Roudier (AirTech, CAN)</p> <p>This course provides a view into a pragmatic approach of co-simulation for real use cases, and the challenges brought by the coupling of multi-disciplinary domains of engineering in a global simulation environment. Through a simplified technical approach, this course covers the topics such as the interest of co-simulation in modern modeling and simulation techniques, the fundamental principles of co-simulation, an overview of standards (Functional Mock-up Interface FMI), High Level Architecture HLA IEEE 1516-2010), challenges of hybrid co-simulations, best practices, and the realization of a simple use case.</p>	<p>Training D Buckling Introduction</p> <p>Introduction to Instability and Buckling of Structures – Overview of New On-Demand J. Wood (JW Analysis)</p> <p>This short course is based upon material taken from a new online course which will be launched by NAFEMS in the near future. Attendees will be shown the course content, including an associated on-line self-test quiz. The course is designed to provide a broad introduction to instability and buckling of structures and while the focus is on both Euler and nonlinear post-buckling, the course will illustrate a range of other instability phenomena relevant to structures. The topics are well exemplified via industrial examples and videos, with sufficient theory to allow FE practitioners to understand the challenges and procedures inherent in modelling and assessment. In the course, the relevant NAFEMS PSE competency statements addressed are highlighted.</p>	<p>Training E CFD for Designers</p> <p>CFD for Structural Designers and Analysts K. Foulds (Infomec Consulting)</p> <p>This course aims to introduce the essential principles of fluid dynamics, important flow phenomena, and basics of CFD process to structural engineers for their multidisciplinary problems. This course provides a brief overview of the essential concepts and principles of fluid dynamics, CFD, turbulence, and heat transfer relevant to structural analyses through simple examples and case studies.</p>	<p>Training F Composites</p> <p>Composites T. Abbey (FE Training)</p> <p>Due to the nature of composite materials, stress analysis and failure prediction is far more complex than isotropic materials. The objective of this overview is to break down the composite FE analysis process into clearly defined steps, give an overview of the physics involved and show how to implement practical solutions using Finite Element Analysis.</p>
--	---	--	--	--	--

17:00 End of Pre-Congress: Short Trainings and Workshops

18:00 Technical Working Group / Regional Steering Committee Reception

19:00 Congress and Exhibition Opening Reception (Exhibition Hall)

Preliminary conference agenda, subject to alteration. Presentations times and days may change.

Sponsorship & Exhibition: An Outstanding Opportunity

The NAFEMS 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 dedicated to the engineering analysis, modelling, simulation, and systems engineering 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 at nafems.org/congress. 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

nafems.org/congress/sponsorship-and-exhibition/

Platinum Sponsor



Gold Sponsors



Silver Sponsors



SPDM Sponsors



Exhibitors

- Altair Engineering
- Ansys
- Aras
- Atena by Cervenka
- Beta CAE Systems
- Cadence Design Systems
- Ceetron
- Cybernet Systems
- Dassault Systèmes
- Datadvance
- Desktop Engineering
- Detroit Engineered Products
- Dynardo
- Endurica
- ESI Group
- Esteco
- Famic Technologies
- Front End Analytics
- Granta Design
- HBM Prenscia
- Intes
- ITEA3 VMAP
- kinetic vision
- MachineWorks/Polygonica
- MSC Software
- Murata Software
- NAFEMS
- Nextflow Software
- nTopology
- Open iT
- Penguin Computing
- RecurDyn (FunctionBay)
- Siemens PLM
- SmartUQ
- Synopsys
- Vanderplats R&D
- Volume Graphics
- ... and more



WS G CFD Discussion Session

CFD Discussion Session - led by CFD WG Moderated by A. De Souza (Quesada Solutions) and U. Janoske (University of Wuppertal)

Come along to find out the activities being undertaken by NAFEMS for the CFD community. Regional events, publications, CFD benchmarks, the NAFEMS International Journal of CFD Case Studies, and the competency statements for the PSE scheme will all be covered and attendees will be invited to ask questions, suggest topics they would like to see addressed and find out how they can get involved.

WS H MPS Challenges

Man. Proc. Sim. Challenges Manufacturing Process Simulation Working Group

Session led by members of the Manufacturing Process Simulation Working Group discussing manufacturing process where there is significant simulation challenges.

Training J Sheet Metal Forming Part1

Sheet Metal Formability – Material Properties, Failure and Simulation T. Dutton (Dutton Simulation)

This course is intended to assist all those involved in the design of sheet metal components to identify the key material properties and potential failure modes during manufacture. The course will demonstrate how CAE methods can be used to simulate the manufacturing method in order to identify any potential problems with the process and establish if part design changes are required.

08:30	P1 Plenary Presentations				
08:30	Welcome and Introduction NAFEMS Team				
09:00	Dassault Systemes Platinum Sponsor Presentation: Driving Decisions and Discovery with Modeling and Simulation S. Sott, VP of Marketing & Strategic Initiatives				
09:15	The Role of Simulation in the Transformation of the Automotive Industry C. Poon (Ford Motor Company, USA)				
09:45	Systems and Complementary Engineering Disciplines Interactions H. Slosser (INCOSE Past President and Professor TU Delft, GER)				

10:15	Coffee Break				
-------	--------------	--	--	--	--

11:00	A1 The Role of Digital Twins 11:05 Usage of Digital Twins for Predictive Maintenance C. Schulz, B. Kessl (Anhalt University of Applied Sciences, GER) 11:25 The Role of Analytics in the Digital Twin G. Jones, M. Andrews, Z. Graves, P. Chen (SmartIQ, USA) 11:45 Hybrid Twin at the Crossroads of Reduced Order Modeling and Data Science F. Dalm, S. Guvello, J. Duval (ESI Group, FRA), F. Onesto (BESAM & ESI Group, FRA) 12:05 Building and Using Digital Twins for Product Simulation and Design P. Morelle, S. Donders, H. Van der Auwerter (Siemens Industry Software, BEL) G. Sethuram (Siemens PLM Software, CAN) D. Hartmann (Siemens Corporate Technology, GER) W. Desmet (University of Leuven, BEL)	B1 MPS - Stamping/Forming 11:05 Optimization and Manufacturing Feasibility of Stamped Components to Reduce the Vehicle Mass and Improve Performance R. Hoglund, P. Heremath (Altair Engineering, USA) 11:25 Use of Numerical Simulations to Model Non-Conventional Metal Forming X. Qian (Ansys, USA) 11:45 Design of Automotive Structural Metal - FRP Hybrid Parts Using the Novel Manufacturing Technique "Hybrid forming" D. Heidrich, X. Fang (University of Siegen, GER) 12:05 Hot Forming of Ultra-High Strength Al-aluminum Sheets for Light-weight Transportation Systems R. Said, P. Sallard, M. Ziame, F. Adzima (ESI Group, FRA) D. Saegdia, M. Mohamed (Impression Technologies, GER)	C1 Systems 1 11:05 Improving Stability and Performance of Flight Controls A. Laurella (Maya HTT, CAN) 11:25 Numerical Simulation of Degassing Processes in Filling and Packing Processes of Solid Goods R. Degen, H. Ott, F. Klein, M. Ruschitzka (University of Applied Sciences - TH Köln, GER) 11:45 Enabling Collaborative Simulation Towards a Common Approach for Global Analysis on Smart Power Grids Combined with Cyberphysical Systems T. Roudier (FAI Tech, CAN), C. F. Mugomboti, K. Marthe, I. Kamua (Hydro-Quebec Research Institute, CAN), A. Kemmogne (University of Toronto, CAN) 12:05 PLM- and Microservice-Based Integration Approach of MBSE and System Simulation for Federated Continuous Engineering Platforms B. Binder, M. Gottschall, T. Blochwitz (ESI IT, GER) L. Kirsh (Contact Software, GER)	D1 CFD - Multi-phase-species 11:05 Centrifugal Oil Pump Modeling Applied to Reciprocating Compressors M. Tada, E. R. Hulse (Embraco, BRA) 11:25 Numerical Simulation of Degassing Processes in Filling and Packing Processes of Solid Goods R. Degen, H. Ott, F. Klein, M. Ruschitzka (University of Applied Sciences - TH Köln, GER) 11:45 Modelling Different Aspects of Once-Through Steam Generators M. Forcinito, A. Singha (AP Dynamics, Canada) 12:05 Quantitative Evaluation of Separation Performance of the Gas-Liquid Separator: Experiments, Validation of Prediction Method and Numerical Simulation M. Inikura, T. Ishigami, M. Maekawa (Chiyoda, JPN) C. Heijters (MySep, SGP) H. Witteveen (Kranz Solutions, SGP)	E1 Stochastics 11:05 Uncertainty Quantification and Probabilistic Analysis Applied to the Design of Advanced Aero Engines A. Karl (Rolls-Royce, USA) R. Bates (Rolls-Royce, GBR) 11:25 Assessment of Low Probabilities of Failure by Extrapolation J. Reijmers (Nevesbus, NED) 11:45 Improving Collapsibility Robustness of an EPS-CD by Means of Simulation and Six Sigma Techniques D. Costas Muñoz, M. Majzel (ZF Group, POL) D. Vieker (ZF Group, GER) 12:05 Probabilistic Fatigue and Reliability Simulation J. Mentley, K. Munson (HBM Prescia, USA) A. Halfonny, A. Chabot, P. Caspi, J. Audebert (HBM Prescia, GBR) M. Bonato (Valeo, FRA)	F1 CAE in the Design Process 1 11:05 Using FEA to Create Derivative Designs With Successful Base Designs A. Zhong (Hullburton, USA) 11:25 Augmented Engineering Methodology to Efficiently Improve the Design Process of Sports Equipment at Decathlon A. Callens (Decathlon, FRA) 11:45 Let Simulation do the Design - Faster M. Shimozono (Intes Japan, JPN) R. Helfrich, R. Fischer (Intes, GER) 12:05 An Study of the Reduced Model of a Battery Cell for Structural Analysis T. Reimer, Y. Hahn, P. Letailleur, J. J. Coler (Dassault Systems Simulia, USA)
-------	--	---	---	--	---	---

12:25	Lunch Break				
-------	-------------	--	--	--	--

13:35	A2 AR & VR for Simulation 13:40 Extended Reality (XR) - The Future of AI System Training? J. Jarrett (Kinetic Vision, USA) 13:40 Bringing Simulation to Life with Immersive Virtuality G. Dornal (Dassault Systemes, CAN) L. Bonyngue, C. Finkle (Dassault Systemes, USA) 14:20 Overcoming the Team Collaboration Obstacles of Distance and Specialization Through Democratization Technologies * S. Kleidaris (BETA CAE Systems Greece, GRE) 14:40 Going From Collaboration + CAE to True Collaborative CAE: Cloud / Web and VR as Enabling Technologies A. Rodriguez-Villa, F. Viken (Ceetron, NOR)	B2 MPS - Injection Moulding 13:40 Integrative NVH Simulation of Anisotropic Injection-Moulded Parts M. Gies (South Westphalia University of Applied Sciences, GER) 14:00 Experimental and Numerical Investigations into the Effects of Process Parameters on the Quality of Injection Overmolded Thermoplastic Hybrid Composite Structures T. Wu, M. Herath, N. Chapman, S. Cooper, P. Giddings (National Composites Centre, GBR) 14:20 Modelling Flow of Optical Fibre through Retraction Simulation J. Rodrigues, J. Reboul, J. Marti (Principia, ESP) E. Torres (Aitec, ESP) 14:40 Design Optimization of Extendable Spout for Flexible Packaging L. Ma, D. Ramirez (The Dow Chemical Company, USA), J. Gomes (The Dow Chemical Company, BRA)	C2 Systems 2 13:40 Model-Based System Design and Simulation for Elevator Systems Engineering S. Haines (son engineering methods, GER) F. Rigazio, W. Moretti (Schneider Elevator, SUI) 14:00 A Standard Model Description Language for Consistent Content Management in a Collaborative Simulation Platform J. Cazeaux (ESI Group, FRA) S. Hersand (Renault, FRA) 14:20 Extracting the Combined Benefits of 3D Finite Element Method and System Simulation Using Dyeing of Simulation M. Cameron, P. Longrais, C. Marca (ESI Group, FRA) H. Choi (Hongik University, KOR) T. Neidhold, T. Blochwitz (ESI IT, GER) 14:40 Systems Modelling and Simulation of Hydraulic Test Rigs for Aircraft Flight Deck Devices M. Raju, S. N. Narayan, C. Gangareddy (HCL Technologies, IND)	D2 CFD - Meshing & Methods 13:40 Migrating from 2D FEA to 3D CFD for the Modeling of Ultra-Precision Flat Pads Aerostatic Bearings P. Vincent, H. Bastien (Ametek-Creafom, CAN) A. Kamal, J. Robblee (Ametek-Pretech, USA) 14:00 Hybrid Meshing Strategies for Horizontal Axis Wind Turbines and Wind Farm Applications C. Pita, A. Carrigan (Pointwise, USA) 14:20 Exploring Design Space by Using Digital Geometry and Level-Set Morphing Methods R. Evans, P. Tiller, W. Davies, M. Hunt, N. Meah (Cambridge Flow Solutions, UK) 14:40 Validating a Fast Hybrid Method for Modelling Explosions M. Abdeljawad (Advanced Analysis Australia, AUS) P. Brady (School of Mechanical and Manufacturing Engineering, AUS) M. Ermaluc (Advanced Analysis Australia, AUS) D. McGuckin (Pacific ESI, AUS)	E2 Uncertainty Quantification 13:40 Using Uncertainty Quantification Together with Thermomechanics for Generation of Stochastic Mobility Maps N. Gaul, K. Choi (Pando Solutions, USA) 14:00 The Assessment of Simulation Credibility in Hybrid Engineering Workflows: The Challenge of Uncertainty Quantification F. Santandrea (RISE, SWE) 14:20 LQ Challenge Problems Moderated by A. Karl (Rolls-Royce, USA)	F2 Integration of Test & Analysis 13:40 Processing of Numerical Simulations and Experimental X-Ray Car Crash Data for Deviation Analysis and Model Quality Assessment M. Dlugosz, T. Soot, J. Frisch (Fraunhofer EML, GER) 14:00 Operational Loads Measurement and Design Optimization of a Gold Mine Rail Hauling System Showing Fatigue Cracks M. Lussier (Optimes Consultants, CAN) D. Paquette (Agrico Eagle, CAN) T. Hunter (Wolfstar Technologies, USA) 14:20 Root Cause Failure Analysis Driven by Numerical Simulation V. Lamontagne, P. Duval, H. Bastien (Creafom - Ametek, CAN) J. Theoux (Novax Bus - Volvo, CAN) 14:40 Simulation and Test Process and Data Management: Enabling the Digital Twin P. Morelle, S. Donders, E. Alligier, S. Dutré, H. Van der Auwerter (Siemens Industry Software, BEL) G. Sethuram (Siemens PLM Software, CAN) D. Hartmann (Siemens Corporate Technology, GER) W. Desmet (University of Leuven, BEL)
-------	--	---	---	--	---	---

Preliminary conference agenda, subject to alteration. Presentations times and days may change.

15:00	Coffee Break					
15:35	A3 Autonomous Vehicles 15:40 Full Virtual ADAS Testing: Application to the Typical Emergency Braking EuroNCAP Scenario M. Hadi-Bachir, E. Aebius, J. C. Kedia, P. De Souza (ESI Group, FRA) 16:00 LIDAR Sensor Simulation in Adverse Weather Condition for Driving Assistance Development M. Hadi-Bachir, P. De Souza (ESI Group, FRA) 16:20 Impact of Vehicle Dynamics Model Fidelity in the Development of ADAS D. Kinne (Siemens PLM Software, USA) M. Grotto, A. Van Der Heide, Y. Lemmens (Siemens PLM Software, BEL) 16:40 Safety Assessment and Uncertainty Quantification of Automated Driver Assistance Systems Using Stochastic Analysis Methods T. Most, V. Bayer, R. Niemeyer (Dynameo, GER) P. Ubben, M. Rasch (Diminier, GER)	B3 MPS - Metals 15:40 Increase Product Qualification Rate of Aircraft Engine Castings by Applying Machine Learning Methods J. Zhang (ACCES, CHN) J. Lan (BIAH, CHN) X. Li (Bairneth, CHN) A. Gitters (ESI Software, FRA) 16:00 Mechanical Effects of Casting & 3D Printing Defects - Simulation and Validation K. Nigge, J. Fieres, C. Reinhard (Voluma Graphics, GER) 16:20 A Comparative Study on Numerical Simulation of Residual Stresses of a Single Pass Bead-on-Late Weld Y. Ma, Z. Fan, S. Wen, S. Yan Zhang, P. Zhang (Centre of Excellence for Advanced Materials, CHN) D. Michon (GDS Facility, Science and Technology Facilities Council (STFC), GBR)	C3 Systems 3 15:40 System Modelling for Engine and Nacelle Component Ventilation and Thermal Integration Y. Sommerer (Airbus, FRA) B. Michel (Altran, FRA) 16:00 System Simulation with FEA and Optimization for Electric Vehicle Development P. Muscarello (ESI Group, USA) Y. Debray (ESI Group, FRA) 16:20 Machine Knowledge Support: Key Factors and Best Practices for Market Adoption and Integration of Systems Simulation V. Rémillard, J. Monteiro, D. Lenoble (Famic Technologies, CAN) 16:40 Efficient Cross Domain Knowledge Sharing to Deliver System Value P. Grimbard, A. Munck (Digital Product Simulation, FRA)	D3 CFD - HVAC 15:40 CFD to Analyse Clean Environments P. Vincent (Ametek-Creafom, CAN) 16:00 Analysis of Turbulent Flow Data Based on a Spectral Basis Representation C. Gishelde, R. Iza-Teran, J. Garcke (Fraunhofer SCAI, GER) L. Berger (CFD Schuck Ingenieuregesellschaft, GER) 16:20 Aerodynamic Analysis of Ventilation in Janggyeong-jeon Using Finite Volume Approach on Adaptive Cartesian Mesh Structure I. Sohn (Korea Institute of Science and Technology Information, KOR) M. Jung, K. Lee (Solution Lab, KOR) 16:40 The Aero-Acoustic Design and Optimization of a Ground Transportation HVAC System using Lattice Boltzmann Methods J. Biernann (BMW, GER) C. Luzatto (Dassault Systemes, GER) R. Fouquet (Université de Toulouse, FRA)	E3 Simulation Governance 15:40 The Importance of Sound Simulation Governance for Design of Pipeline Repair Products: Overview and Two Case Studies M. Langerherke, G. Li, T. D. Williamson, USA) 16:00 It's in the Interpretation - Three CFD Based Case Studies from the Oil and Gas Sector That Demonstrate How Alternative Interpretations of Simulation Predictions Can Lead to Significantly Different Engineering Decisions S. Howell, S. Feven, P. Middd (Abercrombie, GBR) 16:20 Managing Simulation Quality and Data at the UK Atomic Weapons Establishment H. Edwards, M. Savory (UK Atomic Weapons Establishment, GBR) 16:40 Analysis Management and Simulation Data Management, Complementary Techniques to Assure Confidence in Simulation Results * A. De Souza (Quesada Solutions, GBR) M. Norris (theSDMConsultancy, GBR) S. Howell (Abercrombie, GBR) 17:00 Quality Assurance of Engineering Simulations: An Overview of Project SPRUCE (Investigation of Standardization Practices for a Responsible Use of Computational models in Engineering) * F. Santandrea (RISE, SWE)	F3 Composites 1 15:40 Multi-Objective Thermal and Structural Optimization of Potted Inserts in Composite Sandwich Panels for Mass Transit Vehicles C. Cameron (RISE Scicom, SWE) 16:00 Framework to Facilitate Textile Composite Modelling F. Stig (RISE Scicom, SWE) 16:20 Analytical Method to Obtain Ply Specific Engineering Constants from Simple Material Tests of NCF Composite Parts L. Kovacs (Econ Engineering, HUN) B. Fodor (BMW Group, GER) 16:40 Multiscale Simulation of Unidirectional Carbon Fiber Reinforced Polymer Strength H. Cornwell, F. Souza, L. Lima (MultiMechanics, USA)

17:00	Coffee Break				
-------	--------------	--	--	--	--

17:30	A4 Digital Twins in Industry 17:35 How to Tell the Difference Between a Model and a Digital Twin L. Wright, S. Davidson (National Physical Laboratory, GBR) 17:55 Spacetrack Digital Twin as Development Accelerator C. Ducamp (Airbus, FRA) S. Estable (Airbus, FRA) 18:15 Beyond the Obvious - The Industry 5.0 by Hybrid Modelling Y. Hälmä, S.-P. Leino, J. Kortelainen, B. Hemming, V. Nieminen, O. Saarela, P. Kivikyt-Reponen, V. Kotivirta (NTT Technical Research Centre of Finland, FIN)	B4 Design Using MPS 17:35 Model-based Manufacturing of Novel Single-piece Aircraft Centre Wing Box S. Van Der Veen (Airbus Operations, FRA) A. Doux (Digital Product Simulation, FRA) 17:55 Full End to End Virtual Prototyping of Fiber Reinforced Polymers Taking into Account Manufacturing Effects A. Tramegon (ESI Group, FRA) S. Muller (ESI SW, GER) C. Florimond (ESI Group, CAN) 18:15 Coupled Thermo-Mechanical Simulation of the Ski Manufacturing Process G. Hausenstein, D. Schöffmann, R. Baumann (Luzerne University of Applied Sciences and Arts, SUI) M. Favre (Stöckli Swiss Sports, SUI)	C4 CFD 1D-3D 17:35 Coupling 1D and 3D CFD: Myth or Reality V. Soumyo (Fluids & Co, CAN) 17:55 Numerical Simulation of Thermal Management of an Electric Three-wheel Roadster Battery Pack M. Ariana, A. Doux (Centre de technologies avancées BRP - Université de Sherbrooke, CAN) F. Label, J.P. Trovão (TESE Lab, Université de Sherbrooke and CTA-BRP-UEs), CAN) 18:15 A Novel Approach to Combining 1D and 3D Simulation to Accurately Model the Immersion Cooling of CPUs and GPUs of a Blade Server M. Crougeaert (Siemens PLM Software, USA), J. Halestrap, A. Young (Izeoopen, GBR) J. Parry (Mentor Graphics - A Siemens Company, GBR)	D4 CFD - Process 17:35 Predicting Baked Food Texture Blisters Through Modeling Approach K. Weiler, L. Zhao, T. Johnson, A. Warning (PepsiCo, USA) 17:55 Analysis of Downdraft Gasifier Parameters in an Equipment implemented in the Central Zone of Ecuador L. Orozco Cantos, D. Montenegro, S. López, E. Viteri (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ECU) 18:15 Using CFD to Simulate Mixing Tank Clean-In-Place Process M. Sami, J. Ibrahim, H. Metwalli (Ansys, USA) K. Brown (Spraying Systems, USA)	E4 Education & Training 17:35 When the Old Meets the New: Examples of What Established Analytical Methods Look Like in a Modern Computer Environment J. Aas (CAE Innovations, GBR) 17:55 An Introduction to the Anatomy of Implicit and Explicit Finite Element Codes and their Application G. Kalsi (AWE, GBR) 18:15 Impact of Simplifications on Simulation Accuracy G. Westwater, D. Lira (Emerson Automation Solutions, USA)	F4 Composites 2 17:35 Assess Impact of Fiber Waviness on Composite Structure Performance by Finite Element Modelling C. Lequeune, H. Xiong, J. Deslemme (Samtech, a Siemens Company, BEL) M. Bruyneel, F. Strepegnie (GD Tech, BEL) V. Desroop, T. Pardon (UC Louvain, BEL) T. de Lamey (Woodway Group, BEL) V. Nepper (Sabca, BEL) 17:55 Internally Smeared Method for the Modelling of Composite Laminate Components A. Clugston, T. Robinson, D. Nolan (Queen's University Belfast, GBR) 18:15 Virtual Design of 3D Woven Composites - Joint Research Between Industry and Academia S. Müller (ESI Group, GER) A. Cataldo, R. Said (ESI Group, GBR) B. El Said, A. Thompson, S. Hallitt (University of Bristol, GBR) L. Brown, A. Endrueit, A. Long (University of Nottingham, GBR) V. Konchery, P. Pottluri, M. Gauram (University of Manchester, GBR)
-------	---	--	--	--	---	---

18:35	End of Presentations				
19:00	Optional Dinner in The Québec Parliament Building (Not included in the Congress fee. To be ordered separately on a first come, first served basis. Availability is limited.)				

Preliminary conference agenda, subject to alteration. Presentations times and days may change.

* Invited presentation
 ** ITEA3 VMAP contribution
 WS Workshop

<p>G1 Shock / Impact / Crash 1</p> <p>11:05 Streamlining the Design Process and Fine Tuning the Collapse Behavior of a Snowmobile Structure for Frontal Crash Tests: An Effective Use of Advanced Numerical Simulation H. Bastien (Ametek-Creaform, CAN) S. Vézina (BRP, CAN)</p> <p>11:25 Substituting Physical Testing of Packaging Concepts with Virtual Modelling for Improved Transportation Robustness T. Hansen, J.S. Nielsen (Novo Nordisk, DEN)</p> <p>11:45 e-Commerce – The Complete Virtual ISTA-6 Model is Here S. Gilmore, K.Wynee (Crux Product Design, GBR)</p> <p>12:05 Efficiency-Driven Model Simplifications in Crash Simulations of FRP-Metal Hybrid Material Systems in Automotive Body Structures M. Diago, J. Fritsch, S. Hiermaier (Fraunhofer EMI, GER) D. Lukaszewski (BMW Group, GER)</p>	<p>H1 Partide Methods 1</p> <p>11:05 Effective Shape Optimization of Filtration Device to Improve Filtration Efficiency Using MPS Particle Method based CFD Software S. Tokura (Promethee Software, JPN)</p> <p>11:25 Simulating Airbag Deployment Using Lumped Kinetic-Molecular Method R. Roy, B. Grimes, J. Hurtado, V. Oancea, J. Konert (Dassault Systems Simulia, USA)</p> <p>11:45 Evaluating Moving Partide Simulation Method Against Mesh Based Methods J. Crist (Enginsoft, USA)</p> <p>12:05 Simulation of Washing Facilities in Automotive Manufacturing Y. Ando (Cradle North America, USA) M. Menon, C. Peng (ESS - Engineering Software Steyr, AUT)</p>	<p>J1 Dynamics & Vibration 1</p> <p>11:05 Frequency Domain Spot Weld & Seam Weld Analysis T. Meehan (Ford Motor Company, USA) N. Bishop, P. Murthy (CAEfatigue, GBR) P. Roemelt (Ford Motor Company, GER)</p> <p>11:25 Efficient Super Element based Data Recovery for Chained FEM-Feasible MBO Engine Simulation S. Sandhu, H. Patel (MSC Software, USA), B. Lobnegger (AVL List, AUT)</p> <p>11:45 Modelling and Simulation of a Reference Engine G. Breslau, B. Scheidt (Technical University Dresden, GER)</p> <p>12:05 Loads Enveloping N. Bishop, S. Kerr (CAEfatigue, GBR) E. Costa (Ford Motor Company, BRA) T. Meehan (Ford Motor Company, USA)</p>	<p>K1 Co-Simulation</p> <p>11:05 Co Simulation of a 6 DoF Manipulator for HIL Applications: Design, Development and Results F. La Mura, H. Giberti (Politecnico di Milano, ITAG), Todechini, L. Palama (Todechini Mario, ITA)</p> <p>11:25 Pushing the Boundaries of CAE and System Dynamics with Co-Simulation Toolchain Y. Fan, K. Hanna, E. Peshek, C. Kopp (MSC Software, USA), N. Grün (BMW, USA)</p> <p>12:05 A Coupling Solver Architecture for Multiphysics Simulations O. Chernyshin, S. Reuss, J. Thunes (Ansys, CAN) C. Wolfe (Ansys, USA)</p> <p>12:25 Multidomain Co-simulation between Virtual Machines and Numerical Computing Software J. Monteiro, V. Remillard (Famic Technologies, CAN)</p>	<p>L1 SPDM 1</p> <p>11:05 Virtual Testing in the Industry - Process Development, SPDM and Automation B. Döck, S. Jöndas, A. Yargı, D. Fehds (Knorr-Bremse Rail Systems Budapest, HUN)</p> <p>11:25 Virtual Testing for High Lift Systems - Script-Based Processes for Efficient and Traceable Model Creation T. Ulmer, R. López Parras (Airbus Operations, GER)</p> <p>11:45 Automated Model Build Process Through an SPDM System M. Laming (Siemens PLM, USA) B. Peddi, N. Kondragunta (Siemens PLM Software, USA)</p> <p>12:05 Big Data Management for Additive Manufacturing Design Process of Compliant Composites Parts P.Y. Lavertu (e-Xtream Engineering, CAN) M. Giugliano Auricchio (e-Xtream Engineering, ITA) R. Ressegue (e-Xtream Engineering, USA) O. Lietar (e-Xtream Engineering, BEL) K. Dunlop (MSC Software, GBR)</p>	<p>Training M FEA for Pressure Systems</p> <p>Introduction to Finite Element Analysis of Pressure Systems and Components – Overview of New e-Learning Course with Tutor Support J. Wood (W Analysis)</p> <p>This presentation is designed to provide an overview of a major updating and re-launch of a substantial work-based learning module, originally developed as part of the EU-funded CLCPPS project. The course is accompanied by a vector-specific competency framework and is complemented by 23 worked examples, 14 tutorials and 5 self-test online quizzes with 167 questions. The course is designed for self-paced informal learning and participation entitles the delegate to 5 months access to tutors. The course also includes a new extensive FAQ database, designed to support and enhance the learning experience. The course is designed to complement the introduction to Design by Analysis of Pressure Systems and Components course.</p>
--	---	---	---	---	---

<p>G2 Shock / Impact / Crash 2</p> <p>13:40 Payload Sudden Stop Analysis for Beluga XL M. Tasic (Airbus, FRA)</p> <p>14:00 Frontal Crash Simulation of a Bus in Conformance to ECE R 93 Regulation S. López, E. Viteri, L. Orozco (Isopack, ECU)</p> <p>14:20 How E-commerce has Disrupted Product and Shipment Packaging Systems J. Toop (Kinetic Vision, USA)</p> <p>14:40 Development and Validation of Pedestrian Headform Finite Element (FE) Models for AIS 302 / GTR 9 S. Deshpande, N. Kulkarni, R. Mahajan (Automotive Research Association of India, IND)</p>	<p>H2 Partide Methods 2</p> <p>13:40 Lubrication Simulation in Automotive Gearbox with SPH Method J. Caselleiro, L. Chiron (Hexflow Software, FRA) F. Ravel, N. Dabert, B. Poloudeau, L. Dufloy (Renault, FRA)</p> <p>14:00 An Adaptive Tree Structure for the Discrete Integration of the Weak Form Arising in the Meshless Simulation of Elliptic Equations. G. Fougere, A. Kamoukajok (ESI-Group, FRA)</p> <p>14:20 Meshless Simulation Approach for Complex Liquefied Domains Flow using SPH D. Greif (AVL-AST, SVK) M. Immen (Fli2y Technology, GER), G. Maier (AVL List, AUT)</p> <p>14:40 Modelling Primary Atomization of a Simplex Nozzle M. Sami, J. Ibrahim (Ansys, USA)</p>	<p>J2 Multibody Systems</p> <p>13:40 An Approach for More Efficient Simulation of Stick Slip Effects P. Schönhuber, A. Walawalkar, C. Schindler, J. Lukac (RWTH Aachen University, GER)</p> <p>14:00 MBS-Based Design of Dampers for Furniture Hinges S. Müller, D. Rupp, P. Nachbauer (Julius Blum, AUT)</p> <p>14:20 Optimization of Kinematics in Furniture Lift Systems P. Nachbauer, D. Rupp, S. Müller (Julius Blum, AUT)</p> <p>14:40 Multi-Body Dynamic Model Validation of a Recreational Vehicle in the Perspective of Frame Load Evaluation C. Blanchette, M. Boivert, N. Joubert (Centre de Technologies Avancées, CAN) D. Rancourt, A. Desrosiers (Université de Sherbrooke, CAN) Y. St-Amand (Université Laval, CAN)</p>	<p>K2 Multiscale</p> <p>13:40 Multiscale Modelling of Sand Erosion: A Step Towards Digitalization C. Wolfe, A. Jazala (Ansys, USA) M. Parsi (DNV GL, USA)</p> <p>14:00 Application of FEM for an Estimation of Effective Elastoplastic Properties of Shales with Kergen Inclusions S. Ishbulatov, A.V. Myasnikov, D.I. Sablov (Bokhovo Institute of Science and Technology, RUS) A.V. Vershinin (Lomonosov Moscow State University, RUS)</p> <p>14:20 Lattice Optimization Analysis by Means of Multiscale Approach Based on Homogenization Technique K. Yamamoto (Cybernet Systems, JAP) K. Terada (International Research Institute of Disaster Science, JAP) N. Hirayama (College of Industrial Technology of Nihon University, JAP)</p> <p>14:40 Multiscale- and Multiphysics-Based Approach for Predicting Manufacturability, CAD Conformity, and Residual Stresses in Powder Bed Fusion Parts R. Said, H. Mindt, M. Megahed (ESI Group, FRA) J. Rosser, S. G. R. Brown, N. P. Lavery (College of Engineering, Swansea University, GBR)</p>	<p>L2 SPDM 2</p> <p>13:40 Get the Data Right for Effective Multidisciplinary SPDM – Making the Case for a Tool-Independent Unified Data Model M. Farnhaki (Aras, USA) M. Lind (Aras, USA)</p> <p>14:00 SPDM Solutions for Automotive CFD F. Ross, N. Kondragunta (Siemens PLM Software, USA)</p> <p>14:20 Recent Developments on an In-house Database Driven SDM Tool and its Deployment S. Howell, S. Feven, P. Midha (Abercru, GBR)</p> <p>14:40 Open Data Formats in Commercial FEA Software K. Walker (MSC Software, USA)</p>	<p>Training M Nonlinear FEA</p> <p>Nonlinear Analysis T. Abbey (FE Training)</p> <p>Many problems facing engineers are nonlinear in nature, where the response of a structure cannot be simply assessed using linear assumptions. 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 overview will examine these issues, and look at the best ways of creating an analysis plan that matches key objectives.</p>
--	--	---	---	--	---

<p>G3 Contact 1</p> <p>15:40 Contact Analysis - An Alternative Approach R. Hehrlich, M. Ast (InTex, GER)</p> <p>16:00 Application of Variable Order Spectral Element Method on Nonconformal Unstructured Meshes for an Engineering Analysis of Assemblies with Geometric Inaccuracies A. Vershinin, V. Levin (Lomonosov Moscow State University, RUS) A. Kukushkin, D. Kononov (Fridays, RUS)</p> <p>16:20 Multi-Megawatts Wind Turbine Gearbox Contact Stress and Strength Analysis Y. Song, Y. U (Chongqing Wangjiang Industrial, CHN)</p> <p>16:40 Adaptive Penalty Stiffness for Contact Problems C. Lequeune, V. Narayanan (Siemens PLM, USA)</p>	<p>H3 Discrete Element Method 1</p> <p>15:40 Off-Road Industry Needs for Leading Innovation in Soil & Crop Systems * C. Ploffe (Deere & Company, USA)</p> <p>16:00 Methodology for the Simulation of Conveyor Belts Using the Discrete Element Method E. Finninger (University of Leoben, AUT)</p> <p>16:20 CFD-DEM and DEM Modelling for Particle Flows and Multiphase Flows A. Mayrhofer, C. Goniva, A. Hager, C. Kloss (DCS Computing, AUT), S. Chewning (ESCO, USA) T. Reskatalo (Neste Engineering Solutions, FIN)</p> <p>16:40 Numerical Modeling of Bulk Solids Flow Using the DEM Approach M. Esaki, D. Craig, (Jenike & Johanson, CAN)</p>	<p>J3 Acoustics / NVH 1</p> <p>15:40 Correlation between Structural-Acoustic Analysis and Measurements on the Permanent Magnet Synchronous Motor of Electric Vehicle H. Lee, S. Yoo, E. Kong, C. Hong (JG Electronic, KOR)</p> <p>16:00 Simulating Clutch Nonlinearity Effectively to Improve Transmission NVH Prediction M. Felice, W. Z. Nie, Y. Cheng, F. Pan, B. Juang, Y. Dai, Z. Fu (Ford Motor Company, USA)</p> <p>16:20 A Computational Solution to Evaluate and Improve Wind Noise Generated by Sensors of Autonomous Vehicles Early in the Design Process S. Senthoran, M. Desouky, R. Powell, Z. Sugiama (Dassault Systems, USA)</p> <p>16:40 Virtual Systems Engineering for Professional Audio Applications A. Svobodnik (Mvold Group, AUT), S. Hutt (Mvold Group, GER) T. Nizzoli (Mvold Group, ITA) M.-O. Chauveau (Mvold Group, FRA)</p>	<p>K3 Electromagnetics 1</p> <p>15:40 Computational Electromagnetics for Nuclear Power Engineering and Design R. Olin, S. Arja, V. Thompson, R. Label, J. Williams, Z. Vizvar, D. Iglesias, M. Porton (UK Atomic Energy Authority, GBR)</p> <p>16:00 Enabling Rapid Electric Motor Design and Analysis J. Wanjiku (Siemens PLM Software, CAN)</p> <p>16:20 Energy Budget of Electrical Arcs in a Gas-Blast Crucial R. Fathi, H. Nordberg (HSR University of Applied Sciences Rapperswil, SUI)</p> <p>16:40 mm-Wave Antenna Array Modeling for ADAS Applications L. Salmaan, S. Carpenter (Ansys Canada, CAN)</p>	<p>L3 SPDM 3</p> <p>15:40 Challenges in Simulation-based Decisions Towards the Transformation of the Product Life Cycle M. Atak, I. Raghupatruni, M. Einsiedler, A. Graetz, A. Hatz, M. Dod, H. M. Heinkel, D. Sella-Thull (Robert Bosch, GER)</p> <p>16:00 Quality Management of CAE Data Within an SPDM Environment S. Tzamtzi, I. Makropoulos, M. Pappas (BETA CAE Systems, GRE)</p> <p>16:20 Should CAE Simulation Results be Stored in 3D or 2D? A. Perifanis (BETA CAE Systems, GRE) V. Pavlidis (BETA CAE Systems International, SUI)</p> <p>16:40 Cerber, a SPDM Proof of Concept Based on OpenSPDM to Manage Bearing Design for Aircraft Engines at Safran Aircraft Engines J. Leroux, C. Le Lann (Safran Aircraft Engines, FRA) M. Norris (TheSDMConsultancy, GBR) G. Delabrousse, S. Grau (mensia, FRA)</p>	<p>Training M Probabilistic Analysis</p> <p>Introduction to Probabilistic Analysis and Design D. Riba (Southwest Research Institute, USA)</p> <p>This course is intended for engineers, scientists, and technical managers who are concerned with managing uncertainty and risk of structural, mechanical and other engineering systems, and desire to become familiar with the background and the use of state-of-the-art probabilistic methods. The course will include the motivation, methods, and tools for probabilistic analysis and design. These methods are general and used to design for reliability and systematically account for variations and uncertainties in engineering systems. Probabilistic analysis and design approaches allow the analyst to quantify the reliability and identify the important variables in their design. These results provide decision makers additional information for decisions related to issues such as certification, fleet management, and condition based maintenance. Selected design problems will be used to illustrate the technology.</p>
---	--	--	---	---	--

<p>G4 Contact 2</p> <p>17:35 Numerical and Semi-Analytical Analysis of the Stick-Slip Effect Observed in Hydraulic Sealing Systems Made of Polyurethanes C. Wehmann, S. Dey, C. Schüle, M. Witke (Treiberg Sealing Solutions, GER)</p> <p>17:55 Circuit Breakers for Future Power Grid: Development and Evaluation on High Dynamic Actuated Mechanisms M. Schneider, O. Frantziak (ABB Corporate Research, GER)</p> <p>18:15 Digital Twin of Electric Cables and Wire Harness P. Andry, A. Sohyus (Samtech, BEL)</p>	<p>H4 Discrete Element Method 2</p> <p>17:35 Simulation of Granular Flow Rate Through Gates in Semi-Autogenous Grinding Mills by Using DEM Y. Yang, A. Savena (JME Global/Electmet, USA)</p> <p>17:55 DEM Investigation of Voidage Gradients in Grain Beds L. Landry (PAMI / Westtest, CAN)</p> <p>18:15 Simulation of Surface Damage and Body Breakage by Using DEM M. Soussan, C. Bosch Padros (DEM Solutions, GBR)</p> <p>18:45 Digital Twin of Electric Cables and Wire Harness P. Andry, A. Sohyus (Samtech, BEL)</p>	<p>J4 Acoustics / NVH 2</p> <p>17:35 Acoustic Simulation of Dynamic Structural Events in Complex Mechanical Devices S. Gilmore, L. Green, R. Collings (Crux Product Design, GBR)</p> <p>17:55 Efficient and Accurate Broadband FEM-based Vibro-Acoustic K. Hamiche, K. Vamsant, S. Donders, O. Atak, H. Berio (Siemens PLM Software, BEL)</p> <p>18:15 Finite Element Integrated Methodologies Applied to External Gear Pump Vibro-acoustic Analysis G. Mitzoi (C.N.R. - IMAMOTER Institute, ITA) K. Hamiche (Siemens Industry Software, BEL)</p>	<p>K4 Electromagnetics 2</p> <p>17:35 Numerical Simulation of Ablation-Radiation-Magnetic Field Coupling in High-Voltage Circuit Breaker Chambers S. Arabi, J. Trepanier, R. Camarero (Polytechnique Montreal, CAN) P. Robin-Joan (General Electric, FRA)</p> <p>17:55 Multiphysics Analysis of a Three-phase Power Transformer Under Short-circuit Fault Conditions: Study of Electromagnetic Forces and Deformations in the Windings and the Structural Elements A. Rodriguez González, P. Lombard, T. Giffroy, V. Leconte (Altair Engineering, FRA)</p> <p>18:15 Design of 5G mm-Wave Compatible Covers for High End Mobile Phones R. Enju, M. Ritschlin (Dassault Systems, GER)</p>	<p>WS L Leading Edge SPDM 1</p> <p>Leading Edge SPDM Architecture and Methodology Workshop Part 1 R. Clay (chair, SNL), J. J. Billings (DRL), J. Capul (CEA), D. Laney (LNL), D. Morozova (LANL)</p> <p>The US Dept of Energy laboratories are at the leading edge of simulation technology and methodology, driven by mission requirements. In many cases physical testing is impossible and the consequences of failure are unthinkable, leading the labs to develop means to understand and the uncertainties and margins associated with critical computational analyses. Developing better means to run automated, parametric studies is essential, and a key goal of the lab SPDM projects. Further, managing the [SPDM] information for credibility purposes is essential, as the labs develop capabilities for design-space exploration, multi-disciplinary design optimization, multi-physics and robot (stochastic) design. See sessions on Thursday for further details.</p>	<p>Training M Postprocessing</p> <p>Effective Postprocessing of Structural Analyses T. Abbey (FE Training)</p> <p>The range of post processing options can be bewildering. However, understanding how to interrogate stress results is key to effective FEA. A road map is developed that shows how to use Von Mises, Cartesian and Principal stresses in a logical and authoritative manner. Examples of contour and Y-ploiting are shown. Load vectors and free body diagrams are also discussed.</p>
--	---	---	---	---	---

Wednesday, June 19 - 1

<p>08:15 P2 Plenary Presentations</p> <p>08:15 Numerical Simulation to Develop and Validate Autonomous Car O. Colman (Renault Technocentre, FRA)</p> <p>08:45 Applications of SPDM in Aircraft Structural Analysis at Embraer R. Brito Maria, M. de Freitas Leal, E. Sousa Junior, V. Lobo Lemos, P. Magalhães Cardoso, L. Cosme de Oliveira (Embraer, BRA) D. Joshi (MSC Software, USA)</p> <p>09:15 Supporting the Simulation Community with Benchmark Measurements for Additive Manufacturing of Metals L. Levine (National Institute for Standards and Technology (NIST), USA)</p> <p>09:45 „Diffusion of Innovation“ Applied to Modeling & Simulation – What can we Learn from Social Science Research and Marketing? M. Mehl (Procter & Gamble, USA)</p>						
10:15 Coffee Break						
<p>10:55 AS Machine Learning</p> <p>11:00 Theory-Guided Machine Learning Composites Processing Modelling for Manufacturing Assessment in Preliminary Design A. Floyd, D. Van Et, A. Poursartir (Convergent Manufacturing Technologies, CAN) K. Zobeiry (University of British Columbia, CAN)</p> <p>11:20 Powertrain Mount Bracket NVH Design Development Through Genetic Algorithm and Machine Learning K. Flores, C. Diaz (Ford Motor Company, MEX) C. Li, K. Zouani (Ford Motor Company, USA)</p> <p>11:40 Study of Machine Learning Algorithms for the Prediction of Idle Combustion Uniformity A. Zouani, X. Li (Ford Motor Company, USA)</p> <p>12:00 Forecasting Software License Usage Using Machine Learning in a Predictive Analytics Platform</p>	<p>11:00 Online Simulation Considering Production Uncertainties to Improve Assembly Quality F. Claus, F.A. Rapprecht, H. Hagen (Technical University of Kaiserslautern, GER)</p> <p>11:20 3D Scanning and Geometric Tolerance Investigation in Support of a Tooling Failure Analysis using Numerical Simulation P. Duvail, M. Lépine, W. Sirosi (Creafarm - Ametek, CAN)</p> <p>11:40 Physics-based Simulation of Assembly Processes: The Need for More Automated Software Tools S. Van Der Veen (Airbus, FRA)</p>	<p>W3C INCOSE - NAFEMS Leadership</p> <p>Systems Engineering meets Engineering Simulation</p> <p>A special session, inspired by the Systems Modelling and Simulation Working Group, as part of the INCOSE-NAFEMS programme of collaboration.</p> <p>Introduction by C. Stavrinidis (NAFEMS Chairman) and G. Roedler (INCOSE President)</p> <p>Title tba W. Miller (USA)</p> <p>Title tba R. Hartmann (Airbus Defense and Space, GER)</p> <p>Model Architecture & Model Identity Cards to Ensure the Simulation of Complex Systems E. Landel (Renault, FRA)</p> <p>Title tba P. Coleman (Airbus, GBR)</p>	<p>D5 Meshing</p> <p>11:00 Analysis-Driven Geometry and Meshing for Large Scale Simulations S. Tendulkar, M. Beal, R. Nastasia, O. Klass (Simmetrix, USA) M. Shephard, D. Sahni (Rensselaer Polytechnic Institute, USA)</p> <p>11:20 Dislocation Meshing – A Credible Solution to Automatic Hexahedral Meshing J. Aas (CT Innovations, GBR)</p> <p>11:40 The Marching Tetra Method for Full Vehicle Meshing M. Lautsch (Austsch Finite Elemente, GER)</p> <p>12:00 FEM Mesh Generation Using CAD Surface Shape Recognition Technique K. Orai (Integral Technology, JPN)</p>	<p>E5 CAE in the Design Process 2</p> <p>11:00 Design Guide of the Vehicle Structural Components in the Concept Design Phase for Crashworthiness Y. Choi (Dassault Systems Simulia, USA) R. Nagose, A. Pathak (Jdpm Software Solutions, IND)</p> <p>11:20 Design Automation and Optimization of Outer Body Panels by CAE-Processes M. Mueller, I. Sokrat, S. Kolodzie (Dtsfalla, University of Applied Sciences, GER)</p> <p>11:40 Advancing Vehicle Development Using Digital Human Modeling During Early Stage Design Case Example in the Design of a Novel Electric Cargo Scooter S. Fischer (University of Waterloo, CAN), M. Hetzer (Thumbprint Solutions, CAN)</p> <p>12:00 Performance Assessment of Novel Building Technology Using Numerical Methods I. Paulson, H. Landry (Prairie Agricultural Machinery Institute (PAMI), CAN) M. Douglas (Natural Resources Canada, CAN)</p>	<p>F5 Composites 3</p> <p>11:00 Structural Performance of Recycled Carbon Fibre Composite Materials M. Rouhi, M. Juntilla (RISE Scicom, SWE) J. Landberg (RISE IVF, SWE) M. Wyszcki (RISE, SWE)</p> <p>11:20 A Benchmark Example for Delamination Growth Predictions Based on the Single Leg Bending Specimen Under Fatigue Loading R. Krueger (National Institute of Aerospace, USA) L. Deodhal, H. Gu (The Boeing Company, USA)</p> <p>11:40 Advances in Material Modeling for High Velocity Impacts on Composites M. Brayneel, A. Rajaneesh, F. Strepenne, (GD&Tch, BEL) P. Flores (University of Conception, CHI) J.P. Ponthot (Université de Liège, BEL)</p> <p>12:00 Weight Reduction Through Composites and Optimization N. Wagner (Intec, GER)</p>	
12:20 Lunch Break						


Preliminary conference agenda, subject to alteration. Presentations times and days may change.

Wednesday, June 19 - 2

<p>13:20 Sponsor A Dassault Systèmes</p> <p>Towards Industry Renaissance with Simulation Driven Experiences As industries move into the Age of Experience, being practical or aesthetically appealing is not sufficient anymore for engineered products. Products need to be designed to drive consumers' engagement and loyalty, through the maximization of user experience, often defined as comfort, connectivity or interactivity. However, competing requirements make it challenging to achieve simultaneously performance and experience, and only through simulations can optimal products be designed from early conceptual phase to manufacturing. Industry solutions from Dassault Systèmes SIMULIA enable design through simulations, and will be presented in this session in the context of digital product engineering for experience and performance.</p>	<p>Sponsor B ANSYS</p> <p>ANSYS is making simulation more pervasive. Learn about the new capabilities that have dramatically broadened the scope and performance of simulation solutions for additive manufacturing and multiphysics. See the new user-experience improvements that are speeding time to solution while making ANSYS Fluent and ANSYS Mechanical accessible to more engineers with less training. Learn how you can rapidly explore new ideas, iterate and innovate with ANSYS Discovery 3D design software and enable better, greener, safer products with Grants, the leader in materials information technology.</p>	<p>Sponsor C Siemens PLM</p> <p>Simulation is critical to the creation of digital twins and any company's journey towards digitalization. Siemens Simcenter is a complete solution for the creation of effective, efficient and accurate digital twins in support of product development. Discover how Simcenter enables our customers to discover better designs faster, continuously improve product performances and adapt to the real world. We will use real industrial examples presented by customers to illustrate how Simcenter solutions for multidisciplinary, multiphysics simulation and generative design are being used to advance performance engineering.</p>	<p>Sponsor D ARAS</p> <p>Managing Simulation in the Digital Thread: Join the Aras team for this interactive software demonstration and Q&A session featuring our NAFEMS presenter, product management, and industry partners. Learn how the Aras solution combines simulation data management, automated multi-physics and multi-fidelity processes, and your existing tools and expertise to scale the use of simulation across the enterprise and throughout the product lifecycle. Engineers can quickly run simulations in easy-to-use apps that enforce repeatable best practices while ensuring results are connected to the product's configuration, maintaining a traceable digital thread of product information that includes simulation inputs and results.</p>	<p>Sponsor E ESI / HBM Prentica</p> <p>13:20 - 14:00 ESI Group Contents to be announced</p> <p>14:05 - 14:45 HBM Prentica The democratization of engineering software has gained momentum by companies looking to enable more engineers to perform sophisticated simulations. The vision for this next step in the use of CAE tools has many aspects and projected benefits: requiring easy-to-use apps that help capture and transfer corporate knowledge, reduce the reliance on key individuals, increase the productivity of more engineers, improve quality and reduce errors. It increases the ability for the non-expert to perform analysis tasks that would previously only experts have done. This presentation describes the capabilities required to turn democratization into a reality and outlines a new product for this purpose called Aqira from HBM Prentica. J. Aldred (HBM Prentica)</p>	<p>Sponsor F Altair / Front End Analytics</p> <p>13:20 - 14:00 Altair Engineering Details to be confirmed.</p> <p>14:05 - 14:45 Front End Analytics A Real-Time Physics Informed Predictive Analytics Digital Twin for Thermal Mechanical Fatigue This session will demonstrate a real-world Predictive Maintenance Digital Twin for an industrial application. The Digital Twin continuously takes data from the field and instantaneously (real-time) predicts thermomechanical fatigue failure. The predictive engine associated with this Digital Twin is a proprietary Causality Based Physics Informed Thermomechanical Fatigue Failure. The predictive engine software from DS SIMULIA software suite and the Digital Twin App was built using the EASA software platform.</p>	
14:45 Coffee Break						
<p>15:25 WS A Digital Twins</p> <p>Digital Twins in an Uncertain World Moderated by A. Kari (Bois Royce, USA)</p> <p>The digital twin concept unites the strengths of modeling and measurements to enable reliable decisions to be made based on an available knowledge. But no knowledge is perfect, and this fact needs to be reflected in the methods used to implement the concept. All measurements have an associated uncertainty due to experimental repeatability, sensor drift & nonlinearity, sample instability, etc., which means that all model inputs have an associated uncertainty. Then, all model outputs must also have an associated uncertainty. To make intelligent and effective use of data, models, and digital twins, these uncertainties need to be taken into account. This need will place demands on the contents of the data streams and the models used, and on the methods used to update the models based on the data. This panel discussion will explore the concepts underpinning digital twins and stochastic simulation and will highlight the future research, developments and considerations that will be needed to enable the technology to reach its full potential. Please contact the swg@nafems.org if you have any questions you want the panel to address.</p>	<p>B6 MPS - Composites</p> <p>15:30 Probabilistic Process Simulation and In-situ Process Prediction During Composite Manufacturing as Contribution to Industry 4.0 R. Hein, T. Wille, M. Liebisch (German Aerospace Center, GER)</p> <p>15:50 Manufacturing-Oriented Bead Patterns for Long Fiber-Reinforced Polymer Structures S. Berk, A. Albers, M. Spadlinger (Karlsruhe Institute of Technology (KIT), GER)</p> <p>16:10 Braiding Process Simulation: Comparison of Kinematic and Finite Element Models for Large Scale Components A. Trevisio (National Composites Centre, GBR) L. Thadhani (Q. GBR) D. Ivanov, L. Kawashita, R. Sun (University of Bristol, GBR)</p> <p>16:30 Simulation of Deposition Manufacturing Processes of Polymer Matrix Composites P. Silva, M. Lane, J. McRoberts, A. Forghani, A. Poursartir (Convergent Manufacturing Technologies, CAN) S. Hind, D. Djokic, M. Rahmat, A. Yousefpor (National Research Council, CAN)</p>	<p>W3C INCOSE - NAFEMS Discussion</p> <p>Progress in Modelling and Simulation for Systems Engineering</p> <p>Integrating Modelling and Simulation at all Levels of Engineering: Element, System and System-of-System</p> <p>Overview of the joint NAFEMS/INCOSE System Modelling and Simulation Working Group R. Dreisbach (formerly Boeing, USA)</p> <p>Panel discussion: K. Lunney (INCOSE President-Elect of INCOSE, AUS) - moderator P. Coleman (Airbus, GBR) R. Dreisbach (formerly Boeing, USA) R. Hartmann (Airbus Defense and Space, GER) E. Landel (Renault, FRA)</p>	<p>D6 Elastomers & Polymers</p> <p>15:30 Incremental Critical Plane Method for Fatigue Analysis of Elastomers W. Marx, J. Suter (Endurica, USA)</p> <p>15:50 Simulation of Polyurethane Foaming Process for Seat Cushions and Automotive Components A. Tramegon, M. Blondel, M. Schaefer (ESI Group, FRA)</p> <p>16:10 Scalable Linear Solvers for Computational Material Design of Filled Rubbers G. Hildmann, A. Kretzel, H.J. Plum, M.A. Schweitzer (Fraunhofer SCAI, GER) W. Hu, C.T. Wu (Livermore Software Technology Corporation, USA) M. Koishi (Nipponkai Rubber Company, JAP)</p> <p>16:30 High Strain Rate Testing and Modeling of Thermoplastics S. Teller, J. Bergstrom (Nervst Engineering, USA)</p>	<p>Sponsor E Dassault Systèmes</p> <p>Experience: Transformation in All-Physics and All-Scale Design Numerical simulation of physics based phenomena has become essential for design as products have become more complex and lifecycles shorter. Building multiple physical prototypes is simply not cost- or time-effective in many industries and no longer necessary as the capability and reliability of simulation tools have matured. The new challenge is multi-physics and multi-scale system design where interdependent physics at varying scales must be considered at the earliest design stage to ensure correct function and regulatory compliance of the final product. Platform based simulation with access to cloud high performance computing can meet these demanding requirements and transform the user experience. This session will present some of the current challenges in multi-physics and multi-scale design and look at how a platform and cloud first approach can drive innovation.</p>	<p>F6 Methods</p> <p>15:30 A Novel End-to-End Solution for Solving Super Large Structural Simulation Problems V. Belsky, M. Kim, C. Inanleusa, J. Jang, W.J. He, Y. Shi (Dassault Systemes Simulia, USA)</p> <p>15:50 Active Structures in an Interactive Simulation Environment D. Mankinovic, M. Zehn (Technical University of Berlin, GER)</p> <p>16:10 Model Creation and Pre-Processing in the Age of Iso Geometric Analysis for Crash Simulation L. Bettis (ORCA CAE Systems International, SUJ) A. Vafeidis, I. Chalkidis (BETA CAE Systems, GRE)</p> <p>16:30 Isogeometric Analysis for More Accurate Simulation M. Soderberg (Coreform, USA) M. Scott (Brigham Young University / Coreform, USA)</p>	
16:50 End of Presentations						

NWC Sunset Dinner Cruise: 17:30 Option for a bus/coach to Quebec harbor - 18:00 Boarding of ship - 19:00 Ship departs - 23:00 Ship returns

<p>G5 Optimisation 1</p> <p>11:00 Shape Optimization Based on an Adjoint Method for Improving Aerothermal Performance of Heat Exchangers N. Francois (Valeo, FRA) T. Plusa (Valeo, POL)</p> <p>11:20 Shape Optimization of a Shell Structure Restricted to a Complex Design Space S. Paquin, Y. St-Amant (Université Laval, CAN) D. Rancourt, A. Desrochers (Université de Sherbrooke, CAN) M. Tarozzi, F. Lambert (Centre de Technologies Avancées, CAN)</p> <p>11:40 The Optimal High-Volume Production Line L. Green, S. Gilmore, M. Phillipou (Cruce Product Design, GBR)</p> <p>12:00 Optimizing the Dynamic System Behavior of Machine Tools R. Heffrich, B. Kirchgässner, G. Nötzel-Stiedle (ntes, GER)</p>	<p>H5 Fatigue & Fracture 1</p> <p>11:00 Hot-Spot Identification for Accelerated Material Fatigue Analysis C. Straziak, M. Zehn (Technical University of Berlin, GER)</p> <p>11:20 Ductile Tearing Instability Analysis of Piping Bend with Surface Cracks Using H-Resistance Curve and 3D Crack Meshes in Elastic-Plastic FEA G. Thorwald, J. Jensen (Quest Integrity Group, USA)</p> <p>11:40 Derivation of Transfer Function to Relate Strain Data to Control Point Stresses for Fatigue Monitoring K. Pasinliglu (Turkish Aerospace Industries (TAI), TUR)</p> <p>12:00 Fatigue Modeling of Threaded Connectors S. Acharya, A. Chaurasia, H. Radhakrishnan (Ansys, USA) G. Mammella (GB Connections, USA)</p>	<p>J5 AM Process Simulation</p> <p>11:00 Automated Distortion Compensation Functionality for Metal Additive Manufacturing M. Taleishi (MSC Software, FRA) H. Schafstall, P. Mehmet (Simufact engineering, GER)</p> <p>11:20 Additive Manufacturing Process Chain Modelling and Simulation A. Yaghi, S. Alazov, M. Villa (MTC, GBR)</p> <p>11:40 Predicting Additive Manufacturing Build Cracks Using XFEM A. Narasimhan, J. Bl. Z. Du, V. Oancea (Dassault Systèmes Simulia Corp., USA) V. Savane (Dassault Systèmes Simulia Corp., IND.) J. Laurent (Renshaw, USA)</p> <p>12:00 Route Toward the "Additive Manufacturing Using Metal Pilot Line": MANUELA's Ambition and Status O. Tabatake (MSC Software, FRA) E. Ouilon (CEM, SUJ)</p>	<p>K5 Simulation for Electric Vehicles 1</p> <p>11:00 Design and Simulation of an Inverter Power Module for an Electric Vehicle A. Van der Velden, K. Gunkel, S. Prasad, P. Kanade, J. Zhou (Dassault Systèmes Simulia, USA)</p> <p>11:20 Electric Drive Noise and Vibration Analysis T. Reimer, M. Pösch, G. Mohan (Dassault Systèmes Simulia, GER)</p> <p>11:40 Optimized Motor Design Integrating Electromagnetic and Stress Simulation H. Jun-Wen, P. Verma, Y. Shi, D. Farina (Dassault Systèmes Simulia, USA)</p> <p>12:00 Motor and Gear NVH CAE Analysis for a Hybrid Transmission Development M. Felice, M. Saadat, Z. Fu, B. Jiang (Ford Motor, USA)</p>	<p>L5 VMAP Interoperability 1</p> <p>11:00 A Reference Language and Ontology for Materials Modelling and Interoperability G. Goldbeck (Goldbeck Consulting, GBR) E. Ghedini (University of Bologna, ITA) A. Hashboun (Fraunhofer IWM, GER) G. Schmitz (Access, GER) J. Fris (Sintef, NOR)</p> <p>11:20 FE Solver Integration Framework J. Szarazi (Ineksys, GBR) C. Bock (NIST, USA)</p> <p>11:40 Coupling Process Analysis Results to Structural Simulation: Ongoing Research on Mapping and Homogenization Algorithms C. Liebold, T. Lista, A. Haule (DYNAmore, GER)</p> <p>12:00 Recommended Best Practices for Model Based Engineering's Digital Twin: Analysis and Simulation J. G. Draper, R. L. Dreishach (Boeing, USA) J. C. Johnson (Lockheed-Martin Aeronautics, USA) J. Boy (prostep wip, GER) J. M. Crepel (AFNet, FRA) P. Rosche (Advanced Collaboration Consulting Resources, USA) A. Lévy (Cimpa - subcontractor for Airbus E2MBB, FRA)</p> <p>12:20 Towards an ICME Methodology in Europe - Nomenclature, Taxonomies, Ontologies, and Marketplaces G. Schmitz (Access, GER) G. Goldbeck (Goldbeck Consulting, GBR) E. Ghedini (University of Bologna, ITA) A. Hashboun (Fraunhofer IWM, GER) J. Fris (Sintef Industry, NOR)</p>	<p>Training M Dynamics FEA</p> <p>Dynamic Finite Element Analysis T. Abbey (FE Training)</p> <p>This is a short overview of the basics of dynamics analysis, building quickly from normal modes analysis to transient and frequency response. The session is packed with hints and tips on the most effective ways to set up these analyses - and some reminders about the implications of a dynamic environment for designers and analysts. Attendees qualify for a 15% discount on Tony's new NAFEMS book: How to do Dynamic FEA.</p>
---	---	--	---	--	--



NAFEMS and INCOSE (International Council on Systems Engineering) are collaborating to accelerate innovation for engineering simulation and model based systems engineering. This collaboration includes the implementation of a joint cross organizational working group on Systems Modeling & Simulation.

More information can be found at www.nafems.org/about/technical-working-groups/systems_modeling

<p>Sponsor G MSC / Murata</p> <p>13:20 - 14:00 MSC Software It is widely understood and accepted today that full self-driving capability cannot be achieved through testing alone. As more companies delve deeper into using simulation tools, the need for open data standards has become more essential than ever. Please join us to learn more about the open standards developed for describing road networks, road surfaces and the dynamic behavior of traffic elements. Apart from this, we will also present a new and efficient way of scanning roads and publishing them in the formats mentioned above. Finally, our simulation framework enables the connection of these open data standards to generate valuable insights into the development of ADAS systems and Autonomous Vehicle behavior. Presenter: James Pura</p> <p>14:05 - 14:45 Murata Software A great wave of CAE software has arrived from Japan! Based on the finite element method, Femtel solves a wide range of engineering challenges with its extensive functionalities of pre/post processing and simulation. The scope of simulation ranges from electromagnetism to mechanical stress, heat conductivity, piezoelectricity, and acoustics. Interactions between the multiple physics can be solved as well. What makes Femtel unique is its easy and intuitive operation for its capabilities. The leading engineers must concentrate on the problem solving, not on the time-consuming simulation setups. At Murata Software's session, you will experience firsthand how Femtel makes it possible with reliable results.</p>	<p>Sponsor H Esteco / Polygonica</p> <p>13:20 - 14:00 Esteco Democratization and Knowledge Management of a Virtual Product Development Process using Core Tenets of SPDM A plethora of factors like expanding product portfolio, complexity of the products, reduction in time to market lead to companies adopting simulation as a cornerstone of their product development process. As simulation and modeling capability matures the impact of simulation is felt across the product development lifecycle from component level detailed design to subsystem and system level design. In this presentation we explore the use of a web-based collaboration and simulation data management platform to democratize virtual product development workflow. Further we explore the ability of such a system to enable decision making by using mathematical optimization and analytical decision-making techniques. The also enables traceability and knowledge management of design decisions, supporting models and workflows in an intuitive web-based interface.</p> <p>14:05 - 14:45 Polygonica The advanced Polygonica modeling capabilities of Polygonica are becoming widely adopted by vendors in Additive Manufacturing and CAE. Embedded within ANSYS Discovery, ANSYS SpaceClaim, CONVERGE Studio, 3DMPET, GrabCAD Print and Synopsys Simpronics, Polygonica offers a range of boundary mesh pre-processing, modeling and post-processing functionality. Offered as software libraries Polygonica can be deployed on public or on premise clouds as well as Windows, Linux and Mac desktops. This session focuses on some of the key features of Polygonica including automatic mesh healing, mesh blurring, feature-based distorting, mesh quality refinement, coarsening and decimation, Boolean, isotropic and anisotropic offsetting, fattening and smoothing.</p>	<p>Training K Sheet Metal Forming Part 2</p> <p>Sheet Metal Formability – Material Properties, Failure and Simulation T. Dutton (Dutton Simulation)</p> <p>This course is intended to assist all those involved in the design of sheet metal components to identify the key material properties and potential failure modes during manufacture. The course will demonstrate how CAE methods can be used to simulate the manufacturing method in order to identify any potential problems with the process and establish if part design changes are required.</p>	<p>Training L Turbulence</p> <p>Elements of Turbulence Modelling K. Fouadi (Infomec Consulting)</p> <p>This course is focused on understanding turbulence, need for turbulence modeling, and various modeling approaches. Discussions on the advantages and limitations of various models should help CFD users in selecting appropriate turbulence models for their simulations.</p>	<p>Training M Fatigue</p> <p>Fatigue Analysis T. Abbey (FE Training)</p> <p>This short course gives some insight into the methods behind high and low cycle fatigue and fracture mechanics methods. How are they different? When do we use them? What are the implications for FEA?</p>
---	--	---	--	--

<p>G6 Optimisation 2</p> <p>15:30 Optimization Strategy for a High Dimensional and Heavily Constrained Expensive Black-box Problem Z. Xue, A. Barnard (Esteco North America, USA)</p> <p>15:50 Automatic Detuning of Steam Turbine Rotor Blades' Eigenfrequencies Away From Critical Areas A. Sarator (Databalance, RUS) M. Stepanov, D. Khechinskii (Ural Turbine Works, RUS)</p> <p>16:10 Design and Sizing of an Airship Supported by CAE M. Bruyneel, O. Basse, L. Fritschy, S. Gohy, J. Buret (EDT Tech, BEL) N. Caymax (Flywin, BEL) M. Duponchelle (Université Catholique de Louvain, BEL) P. Hendrick (UBI, BEL) E. Cahill (Deliatec, BEL)</p> <p>16:30 Shaping Engine Cylinder Head for a Uniform Contact Pressure Distribution M. Shimozono (ntes Japan, JPN)</p>	<p>H6 Fatigue & Fracture 2</p> <p>15:30 Application of Gaussian Process and Three-Dimensional FEA in Component Level Crack Propagation Life Assessment A. Loghin (Simmetrix, USA) S. Ikonov (Jacobs Technologies, USA)</p> <p>15:50 Evaluation of the Effect of Unconventional Material Cracking over Structural Residual Strength I. Rivera Arevalo, A. Palomar Casado, M. Lozano Hidalgo, J. Gomez-Escalonilla Martin, J. Ignacio Armijo (Airbus, ESP)</p> <p>16:10 Fatigue Simulation of Welds Using the Total-Life Method J. Mewley, K. Munson (IBM Prentiss, USA) J. Halperny, P. Roberts (IBM Prentiss, USA)</p> <p>16:30 Study Approach to Crack Initiation at Tension Plates using FEM N. Jaksic, I. Zammito, A. Herrmann, H. Greiner, A. Kallenbach (Max-Planck-Institut, GER)</p>	<p>J6 AM - Validation & Calibration</p> <p>15:30 Simulation of Additive Manufacturing Processes for Metals: Amazing Experiences H. Gysin, R. Gantenben (HSR Hochschule für Technik, SUJ)</p> <p>15:50 A Modified Shrinkage Method for Fast Prediction of Residual Distortion and Stresses in Additive Manufacturing of Metal Parts A. Durán, J. Jorge, M.A. Guerrero Iñonada (Technology Center, ESP)</p> <p>16:10 Simulation of the Laser Powder Bed Fusion Process to Predict Part Distortion C. Simonneau (SimTech Group, CAN) F. Zongo, A. Timercan, A. Tahar, V. Bralovskis (École de technologie supérieure, CAN)</p> <p>16:30 Additive Manufacturing Simulation of Thin-Walled Structures Z. Frands, R. Mitchell (Ansys, USA)</p>	<p>K6 Simulation for Electric Vehicles 2</p> <p>15:30 A Dynamic Optimization Process Applied to the Design of Propulsion System for Electric Cars M. Tout, P. Menezzaz (Valeo, FRA) P. Sebastian (University of Bordeaux, FRA) J. Pailhes (Arts et Métiers ParisTech, FRA)</p> <p>15:50 Design and Analysis of a Battery Pack for a Light Weight Sports Car K. Ila, W. Seeley, N. Roman (Siemens PLM Software, USA) R. Spornitz (Battery Design, USA)</p> <p>16:10 Designing Energy Efficient Traction Machines for Electric and Hybrid Vehicles A. Rodriguez, V. Leconte, P. Lombard, A. Soualm (Altair Engineering, FRA) P. Wendling (Altair Engineering, USA)</p> <p>16:30 A Study on the Optimization of EV Inverter Power Module Considering Tolerances Y. Kim, Y. Kim, C. Hong, M. Kang, K. Kim (LG Electronics, KOR)</p>	<p>L6 VMAP Interoperability 2</p> <p>15:30 Lessons Learned from Developing a Digital Prototype Within the ARENA2025 Environment and Improvements with the New VMAP Standard C. Liebold, A. Haule (DYNAmore, GER) M. Vinot, M. Holzappel (DLR Stuttgart) / German Aerospace Center, GER) J. Dittmann, P. Böhrer (IFB - University of Stuttgart, GER) F. Fritz, H. Finckh (DIT - Deutsches Institute für Textil und Faserforschung, GER)</p> <p>15:50 Mapping Made Easy: How the New VMAP Interface Standard Can Be Utilized Towards Smooth Preprocessing A. Faisik, G. Mokios (BETA CAE Systems, GRE)</p> <p>16:10 From Manufacturing to Performance Analysis for Composite Structures – Efficient Data Handling and Exchange S. Müller (ESI Group, GER) T. Bergmann (AUDI, GER)</p> <p>16:30 Material Data Transfer in Virtual Engineering Workflows: Application of the VMAP Standard in a Neutral Mapper Tool ** A. Deckerath, P. Gulati, K. Wolf (Fraunhofer Institute for Algorithms and Scientific Computing – SCAI, GER)</p>	<p>Training M Joints & Connections</p> <p>Joints and Connections T. Abbey (FE Training)</p> <p>Most structures involve some form of jointing or connection. This overview looks at popular FEA methods for simulating mechanical joints, welding and bonding. Different idealization approaches and element types will be reviewed. Hints and tips will be developed based on identifying key analysis objectives.</p>
--	--	---	--	---	---

Preliminary conference agenda, subject to alteration. Presentations times and days may change.

Thursday, June 20 - 1

<p>08:30 P3 Plenary Presentations</p> <p>08:30 Achievements and Challenges in Weather and Climate Modelling V. Pope (Met Office, GBR)</p> <p>09:00 Implementation of Simulation Driven Development C. Brix Jacobsen (Grundfos, DEN)</p> <p>09:30 The Era of "Twins": A New Paradigm for Simulation-and-data-based Engineering as Applied to Materials, Processes, Structures, and Systems F. Chinesta (ENSAM ParisTech, FRA)</p> <p>10:00 Activities and Factors Essential to the Endorsement of Confidence in Numerical Simulation and Predictions M. Eriksson (Validus Engineering, SWE)</p>						
<p>10:30 Coffee Break</p>						
<p>11:10 A7 Digital Hype - AI & ML</p> <p>11:15 How AI will Change the Role of Simulation and the Simulation Processes * M. Schlenkerich (MSC Software, GER)</p> <p>11:35 Deep Learning for Geometry Understanding S. Szwedak, S. Slawetinsky, D. Hentrich, M. Stoll (Renovics, GER)</p> <p>11:55 Toward Disruptive Methods for Optimization Study in Automotive Industry Including Recent and New Reduction Techniques E. Gattler (Renault/UTC, FRA) S. Assou (Renault/École Centrale Lyon, FRA) F. De Vuyat (Université de Technologie de Compiègne (UTC), FRA) Y. Tourbier (Renault, FRA)</p> <p>12:15 How to Leverage Applied AI & Deep Learning in Manufacturing and Simulation R. Daquette (Maya HTT, CAN)</p>	<p>11:10 B7 AM Enabled Optimisation</p> <p>11:15 Democratization of Lattice Structure Generation and Topology Optimization Tools J. Coronado (PTC, CAN) A. Vishnues (Advanced Engineering Solutions, USA)</p> <p>11:35 Leveraging Simulation to Optimize Design for 3D Printing S. Sathambaram (Solidworks, USA)</p> <p>11:55 Lattice Optimization and Process Simulation of a Turbine Blade A. Narasimhan, V. Deshpande (Dassault Systemes Simulia, USA) V. Savane (Dassault Systemes Simulia, IND) R. Galtier (Dassault Systemes Catia, FRA)</p> <p>12:15 Non-Differentiable Functions in Topology Optimization: Application to Additive Manufacturing D. Weisberg (Autodesk, USA) N. Kim (University of Florida, USA)</p>	<p>11:10 C7 Heat Transfer 1</p> <p>11:15 Virtual Development of Cooling Strategies for LED Street Lights Using Conjugate Heat Transfer Methods U. Janoske (University Wuppertal, GER) K. Müller (Gratz Luminance, GER)</p> <p>11:35 Prediction of Deuterium-Tritium Iso-Layer Uniformity in Direct-Drive Inertial Confinement Fusion Target Capsules B. Rice (Rochester Institute of Technology, USA) J. Ulrich, M. Shoup (University of Rochester, USA)</p> <p>11:55 Conjugated Heat Transfer Modelling of HotBleed or Thermally Treated Beverages for Predicting Food Spoilage A. Warning, R. Bigsby, M. McNichols, L. Zhao, M. Mitchell</p> <p>12:15 CFD Tool in the Development of the New BRP Can-Am Ryker with Aerodynamic Heat Management and CVT Cooling T. Oriant (BRP, CAN)</p>	<p>11:10 D7 Multiphysics 1</p> <p>11:15 2-Way Coupled FSI Simulation for Reciprocating Compressor Reed Valve M. Rajas, M. Soppin, V. Kumar Turaga P. Ag (HCL Technologies, IND)</p> <p>11:35 Introduction of Fluid Element to Structural-Thermal Analysis in Diamond Light Source H. Huang (Diamond Light Source, GBR)</p> <p>11:55 A Multiphysics-Circuit Coupled Dynamic Modeling of Electroactive Polymer Based Capacitive Force Sensor S. Bédjadj, S. Sewalkar, D. Phatak (John Deere India, IND)</p> <p>12:15 Modeling Thermal-Fluid-Structure Interaction for Leakage Prediction in Diesel Engine Fuel Pumps C. Wolfe (Ansys Software, USA) V. Rao, J. Mutyal (Ansys Software, IND)</p>	<p>11:10 E7 Joints & Connections</p> <p>11:15 Multidisciplinary Spotweld Optimization T. Jankowski, R. Nimbalkar, V. Gandhi, J. Sims (BETA CAE systems, USA)</p> <p>11:35 FEA and Physical Correlation of Bolted Joint Response to Transverse Loading S. Hudson (Ingersoll Rand, USA) S. Legan (Thermo King, USA)</p> <p>11:55 Probabilistic Joint Stiffness Analysis With Hole Clearance and Position Variations D. Can Erdarty, M. Kutlu, B. Ay (Turkish Aerospace, TUR)</p> <p>12:15 Iterative Design Method for Plastically Stressed Shaft-Hub Connections with Optimized Contact Pressure D. Ulrich, H. Binz (University of Stuttgart, IKTD, GER) R. Meissner, M. Liewald (University of Stuttgart, IKU, GER)</p>	<p>11:10 F7 HPC</p> <p>11:15 Design and Implementation of a Scalable Library of Krylov Subspace Solvers D. Griewald, F. Pfeundt, D. Stoyanov (Fraunhofer ITWM, GER)</p> <p>11:35 The Effect of InfiBand In-Network Computing on CAE Simulations Y. Qin, O. Maor, G. Cisneros-Stoianowski, G. Shainer (HPC Advisory Council, USA)</p> <p>11:55 Using Cloud HPC to Simulate MEMS Resonators S. Muckenham, A. Patel, A. Tweedie, G. Harvey, R. Banks (DVSale, USA)</p>	
<p>12:35 Lunch Break</p>						
<p>13:35 WS A Extreme Scale Simulation</p> <p>Birds of a Feather Session on Extreme Scale Engineering Simulation L. Margrett (University of Manchester, GBR)</p> <p>This session, organised by the NAFEMS HPC Working Group (in collaboration with the European Extreme Data and Computing Initiative - EXDC), will explore the opportunities promised by the fusion of high performance computing, big data and artificial intelligence and discuss the barriers faced by the engineering community in their uptake. Common issues and challenges that may be covered include access to large-scale facilities, performance of commercial software, scalable meshing tools and solvers, disruptive numerical methods, domain specific languages and coupling engineering simulation with AI.</p>	<p>13:35 B8 Optimising the AM Process</p> <p>13:40 A Novel Approach to Support Structures Optimized for Heat Dissipation in SLM by Combining Process Simulation With Topology Optimization K. Bartsch, D. Herzog, C. Emmelmann (Hamburg University of Technology, GER) F. Lange (Fraunhofer IPT, GER)</p> <p>14:00 A Novel Approach to Avoid Internal Support Structures in Fluid Flow Optimization for Additive Manufacturing F. Lange, A. S. Shinde, K. Bartsch, C. Emmelmann (Fraunhofer IPT, GER)</p> <p>14:20 Simulation Driven Development for Additive Manufacturing of Critical Components for High Temperature Applications of Industry Pump - An Industrial Approach M. Kristensen, A. Jensen (Grundfos, DEN)</p> <p>14:40 Multiphysics Design and Process Optimization of Additively Manufactured Radio Frequency Components S. Acharya (Ansys, USA) I. Waldron (Ansys, USA)</p>	<p>13:35 C8 Heat Transfer 2</p> <p>13:40 Tackling Vehicle Thermal Management Challenges With a Novel Fast Transient Analysis Approach Z. Zhang, H. Ghasalam (Ansys, USA) T. Juan (Karma Automotive, USA)</p> <p>14:00 Automated End-to-end Modeling Technique for Board-level Thermal Analysis: A Qualitative and Quantitative Comparison between a Full 3D and a 2D Multi-layer Shell Approach Y. Sigmen (Maya HTT, CAN)</p> <p>14:20 Transient CFD/CHT Analysis of an All-Ceramic Premolar Dental Bridge in a Dental Ceramic Furnace A. Eser, S.D. Heintze (Ivoclar Vivadent, LIE) R. Hu (Cadlem (Suisse), CHE)</p>	<p>13:35 D8 Multiphysics 2</p> <p>13:40 Harmonic Analysis in Power Transformers: Oil Influence S. Tavares, M. Pinto, C. Novais, C. Coutinho, C. Linhares, H. Mendes, J. E. Santos, R. Teixeira (Efacec, POR)</p> <p>14:00 Multidisciplinary Design Optimization of a Composite Aircraft Radome K. Hunter, E. Whalen, G. Gampala, S. Mishra, C. Reddy (Altair Engineering, USA)</p> <p>14:20 Multiphysics Modeling: Electro-Thermal-Vibro-Acoustics Analysis of a Permanent Magnet Machine for Electrical Vehicles K. Ila (Siemens PLM, USA) K. Kuczkoskun (Siemens PLM, BEL)</p> <p>14:40 FEM-BEM Coupling for Non-linear Electromagnetic Field Computations T. Rübegg, L. Kiehlhorn, J. Zechner (Talisit, AUT)</p>	<p>13:35 E8 Automation</p> <p>13:40 Development of Pre-processing Automation Tools for a Seat FE Analysis D. Sung (Hyundai Dymos, KOR)</p> <p>14:00 Reconfigurable Formulation and Implementation of MDAO Systems J. Jenkins (Inesis Solutions, USA) R. Lombardi (Inesis Solutions, ITA) I. Van Gen, G. La Rocca (Technical University of Delft, NED)</p> <p>14:20 Building Problem-Oriented Apps With Next-generation PIDD Function S. Morozov (Datavision, RUS)</p> <p>14:40 Innovative Techniques on Beam Section Optimization: A BW Case Study D. Drougkas, G. Korbetis (BETA CAE Systems, GRE) K. Szkarankis (BETA CAE Systems International, SUN)</p>	<p>13:35 F8 Acoustics / NVH 3</p> <p>13:40 Lightweighting with Improved NVH B. Gadhvi, D. Neel (MSC Software, USA) K. Hanna (MSC Software, GBR)</p> <p>14:00 Comprehensive Optimization Process to Deliver NVH and Weight Attributes for Automotive Underhood Components K. Zouani, S. Pancharimath (Ford Motor Company, USA) K. Flores (Ford Motor Company, MEX) J. Gowtham (Global Engineering Services-GES, IND)</p> <p>14:20 The Vibration Comfort Optimization of an Off-road Vehicle Using Finite Element M. Boliduc, E. Poulin (BRP, CAN) H. Bastien (Ametek-Creafcom, CAN)</p>	

Preliminary conference agenda, subject to alteration. Presentations times and days may change.

Thursday, June 20 - 2

<p>15:00 Coffee Break</p>						
<p>15:30 P4 Plenary Session</p> <p>15:30 Conference wrap-up NAFEMS team, working group members, steering committee members</p> <p>15:45 Delegate Feedback Questionnaire - Prize Draw NAFEMS team</p> <p>15:55 Best Paper Awards / Farewell M. Zehn (Vice Chairman of NAFEMS Council / Technical University of Berlin)</p>						
<p>15:30 End of Congress</p>						



Preliminary conference agenda, subject to alteration. Presentations times and days may change.

<p>G7 Optimisation - Business Issues</p> <p>11:15 Achieve High ROI with the Insight of Software Usage L.M. Cole (Open IT, USA)</p> <p>11:35 How Optimization Techniques can be used to Mimic Use of Resources While Increasing a Simulation Project Chance of Success M. Robitaille, Y. Siros, J. Therien (uSim, CAN) F. Martel, D. Rancourt (Université de Sherbrooke, CAN)</p> <p>11:55 When is it Worth Using Design Exploration in Practice? N. Wagner (Intes, GER)</p> <p>12:15 A Platform for Physical Product Performance Tradeoffs A. Van Der Velden, D. Kokan (Dassault Systemes, USA)</p>	<p>H7 Material Characterisation</p> <p>11:15 Estimate of Material Parameter Uncertainties in Calibrated Simulation Models T. Most, R. Kallmeyer, R. Niemeier (Dynardo, GER)</p> <p>11:35 Digital Prediction of Porosity and Permeability Variation of Unconsolidated Sands Caused by Over-burden Pressure B. Crouse, J. Bautista, G. Balasubramanian, D. Freed (Dassault Systemes, USA)</p> <p>11:55 Calibration of a Phenomenological Foam Material Model from Microscale Simulation R. Molendón, D. Ciojanu, T. Dalrymple (Dassault Systemes, USA) T. Szpirka (Synopsys, USA) P. Young (University of Exeter, GBR)</p> <p>12:15 Yield Stress is Not Enough: Recent Innovations in Micromechanics for Nonlinear Analysis L. Margolis, S. Hewitt (University of Manchester, GBR) A. Sherenlikt (University of Bristol, GBR) J. Arregui Mena (Oak Ridge National Laboratory, USA) L. Evans (University of Swansoo, GBR) F. Ienerro (University of Oxford, GBR) P. Pankaj (University of Edinburgh, GBR)</p>	<p>J7 Civil Engineering</p> <p>11:15 Application of Finite and Spectral Element Methods for Rock Modeling at Different Scales A.V. Vershinin, M. Yakovlev, V.A. Ievin (Lomonosov Moscow State University, RUS) K.M. Zingerman (Tver State University, RUS) D. Kononov (Fideys, RUS)</p> <p>11:35 Simulation of Digitally Printed Concrete Structures Using 3D Extrusion J. Cervenka, L. Jendel, M. Vaitova (Cervenka Consulting, CZH)</p> <p>11:55 Model Uncertainties and Global Safety Formats for Reinforced Concrete Design by Numerical Simulation J. Cervenka, V. Cervenka (Cervenka Consulting, CZH)</p>	<p>K7 Fracture & Fatigue 3</p> <p>11:15 Two-Wheeler Fatigue and Random Response N. Bishop, K. Harsha (CAEfatigue, USA) M. Sethi, A. Sharma, S. Khare (Hero Moto, IND)</p> <p>11:35 Fatigue Analysis of Numerical Bolted Connections A. Camara, J. Robert, F. Penec, S. Durif, A. Bouchair (Institut Pascal, FRA)</p> <p>11:55 FFT Solver for Local and Non-local Damage in Heterogeneous Quasi-brittle Materials D. Vasilev, Y. Chen, C. Park (IMT Lille Douai, FRA) L. Gólibart (Atomic Energy and Alternative Energies Commission (CEA), FRA)</p> <p>12:15 Loads Conditioning for Frequency Domain Analysis S. Kerr, N. Bishop (CAEfatigue, USA) S. Datta (Chrysler Technical Center, USA)</p>	<p>WS L Leading Edge SPDM 2 Spdm</p> <p>Leading Edge SPDM Architecture and Methodology Workshop Part 2 R. Clay (chair, SNL), J. J. Billings (ORNL), J. Capul (CEA), D. Laney (LNL), D. Montoya (LANL)</p> <p>The session description continues from the session on Wednesday.</p> <p>In this workshop focused on Simulation Data and Process Management we bring together some of the leaders from the US labs and practitioners from other leading-edge engineering companies with similar challenges and ambitions to compare and contrast approaches. The capabilities being developed are all targeting large-scale parallel computation, as this is now the norm for computing in this sector. The workshop will highlight recent developments, and consider some of the technical challenges as well as opportunities for leveraging the various capabilities. We expect to present a clear picture of where things stand and where they're heading, and have a lively discussion about the various approaches from the teams. See the session below for more details of the contents of this course.</p>	<p>M7 VMAP - Interoperability VMAP</p> <p>11:15 Composites in Automotive Vehicles (Use Case) ** C. Krauß (Karlsruhe Institute of Technology (KIT), GER)</p> <p>11:35 Composites in Aerospace ** A. Floyd (Convergent Manufacturing Technologies Inc., CAN)</p> <p>11:55 The ITEA VMAP Project: How the Simulation Workflow of Blow Moulded Plastic Parts Benefits from the VMAP Interface Standard ** P. Michels, O. Bruch (Dr. Reinhold Hagen Stiftung, GER)</p> <p>12:15 Prediction of Warpage by Combining Plastic Flow and Structural Simulations ** M. Groen (Philips Health Tech, NLD)</p>
<p>G8 Biomedical / Life Sciences</p> <p>13:40 An Automated Finite Element Approach for the Optimisation of Manufacturing Tolerances in Complex Drug Delivery Devices L. Green, S. Gilmore, J. Gresham (Crux Product Design, GBR)</p> <p>14:00 Subject-Specific Twin Model of the Human Foot to Improve Foot and Ankle Surgery E. Léah, A. Stent, A-X Fan, S-Y.Yi, (Digital Orthopaedics, BEL) T. Leemrijse, P-A Deleu (Foot & Ankle Institute, BEL) B. Ferré (IM2S, MCO)</p> <p>14:20 Structural FEA Skeletal Muscle Model as a Mean to Investigate Muscle Actuation and Dysfunction H. Bastien (Ametek - Creafom, CAN) M. Léonard, D. Rancourt (Université de Sherbrooke, CAN)</p>	<p>H8 Materials for Engineering</p> <p>13:40 Materials for Engineering Moderated by G. Goldbeck (Goldbeck Consulting, GBR)</p> <p>14:00 Materials in an ICME Framework: From Composition and Processing of Materials to Properties and Applications of Components G. Schmetz (Kwazoo, GER)</p> <p>14:20 Maturity of Materials Modelling in Industry G. Goldbeck, A. Simperler (Goldbeck Consulting, GBR)</p> <p>14:40 Materials and Simulation: From CAE to ICME, A 2040 Vision S. Baker, S. Warde, J. Goddin (Granta Design, GBR)</p>	<p>J8 CAE in the Design Process 3</p> <p>13:40 Structural Design and Optimisation of a Lunar Rover Wheel M. Roux (Centre de Technologies Avancées (CTA), CAN) P. Edmundson, P. Visscher (Canadaeys Aerospace, CAN)</p> <p>14:00 Rotorcraft Fuselage Sizing Methods in the Open-Source Framework Pandora D. Schwinn, M. Petsch, D. Kohlgriber, J. Heubisch, C. Leon Munoz, P. Weiland, M. Buchwald (German Aerospace Center (DLR), GER)</p> <p>14:20 Fully Integrated Design Exploration for In-cylinder Simulation F. Ross, W. Seeley (Siemens PLM Software, USA) S. Fischer (Siemens PLM Software, GER)</p> <p>14:40 Constitutive Modelling and Analysis of Automotive Side Door Closing Operation A. Kimbrell, A. Patil, D. Strunk, B. Sayre (Honda R&D Americas, USA)</p>	<p>K8 Buckling</p> <p>13:40 Identifying Buckling Modes: A New Solution to an Old Problem K. Walker (MSC Software, USA)</p> <p>14:00 Composite Plate Design Optimization Using Enhanced Hyper-cube Ant Colony Optimization Algorithm A. Ahmed, V. Li, T. Dao (Ecole de Technologie Supérieure, CAN)</p> <p>14:20 A Study on the Analytical Approach to Evaluation of the Seat Wrinkling and Bagginess Q. Kwon (Hyundai-transys, KOR) T. H. Kim, J. Yun (Hyundai-motors, KOR)</p>	<p>WS L Leading Edge SPDM 3 Spdm</p> <p>Leading Edge SPDM Architecture and Methodology Workshop Part 3 R. Clay (chair, SNL), J. J. Billings (ORNL), J. Capul (CEA), D. Laney (LNL), D. Montoya (LANL)</p> <p>Session description continued from above.</p> <p>Panel Themes/Questions: - Addressing workflow data management challenges - Workflow ecosystem and applications - Key challenges for current workflow systems - Opportunities for collaboration and standards adoption - Future of scientific and engineering workflows</p>	<p>WS M VMAP Open Discussion VMAP</p> <p>VMAP Workshop Moderated by K. Wolf (Fraunhofer SCAI, GER)</p> <p>The ITEA VMAP Project - Industrial Demands and Software Standards for a Unified Material Data Interface ** K. Wolf (Fraunhofer SCAI, DE)</p> <p>The VMAP Material Data Interface Standard - A New Approach to Unify Information Transfer in Virtual Manufacturing Workflows *** P. Gulati (Fraunhofer Institute for Algorithms and Scientific Computing - SCAI, GER)</p> <p>Open discussion session to be chaired by the VMAP project coordinator Dr. Klaus Wolf (Fraunhofer SCAI, Germany) with brief seed presentations to start discussions by users, collaborators and developers on needs, requirements, difficulties, possible solutions, etc.</p>



venue

Quebec City Convention Centre

1000, boul. Rene-Levesque Est | Quebec (Quebec) G1R 5T8 | Canada
convention.qc.ca

With a convenient location at Old Québec's doorstep, unsurpassed customer service, and a staff proud to be anything but conventional, the Québec City Convention Centre now stands as one of North America's top venues for major events.

Convention attendees can look forward to an exceptional experience at the Centre itself, but they will also fall in love with Québec City—an anything but conventional convention destination. A lively, safe walled city teeming with culture and activities, Québec City charms visitors with its European feel, rich history and culture, nearby natural wonders, fine dining, and friendliness.

nafems.org/congress/venue



28

The NAFEMS World Congress Sunset Dinner Cruise

Wednesday, June 19th

NWC19 SUNSET DINNER CRUISE

Taking place aboard the AML Louis Jolliet on June 19th, the NWC19 sunset dinner cruise, which is included in your registration, will take you on a memorable journey to discover the beautiful views of Quebec between Montmorency Falls and Quebec bridges.

Boarding: 6 pm
 Departure: 7 pm
 Disembarking: 12 am

Full details will be announced soon





A Private Banquet at The Québec Parliament Building

Optional Dinner - Tuesday, June 18th
 (Not included in Congress registration fee)

Places are limited for this fantastic evening at The National Assembly in Quebec. Guests will have the opportunity to tour the parliament building, before enjoying a sumptuous dinner at Le Parlementaire Restaurant. Host to numerous state dinners and formal receptions, and venue par excellence for Québec products where MNAs and the general public can mingle, Le Parlementaire is unique among the city's gourmet restaurants.

This optional activity will be available on a first come, first served basis, and booking will be available to registered attendees in due course.

29

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		

<p>CONGRESS FEES</p> <p>PRESENTING AUTHORS</p> <p>NAFEMS Members <input type="radio"/> \$1160 USD</p> <p>Non-Members <input type="radio"/> \$1390 USD</p>	<p>STANDARD DELEGATES</p> <p>NAFEMS Members <input type="radio"/> \$1290 USD</p> <p>Non-Members <input type="radio"/> \$1520 USD</p>	<p>YOUR REGISTRATION COVERS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Attendance at both the World Congress & SPDM Conference • Invitation to the opening cocktail reception • Access to a number of NAFEMS Accredited Training Courses during the congress (this does not apply to post-congress courses) • Access to all workshops and tracks in both the World Congress and SPDM Conference • Access to the extensive exhibition areas for both events • Lunches and refreshments over the three days of the event • Attendance at the exclusive Congress Sunset Dinner Cruise • One set of proceedings, including conference papers on USB, as well as other delegate materials
---	---	--

<p>Roger Oswald NAFEMS Ltd Springwood • Booths Park Chelford Road • Knutsford Cheshire • WA16 8QZ United Kingdom</p> <p>t +44 (0) 1355 225688 e nwc19@nafems.org</p>	 <p>online registration at nafems.org/congress</p>
---	---

AGENDA ALS PDF UNTER
WWW.NAFEMS.ORG/CONGRESS
DOWNLOADEN
UND GLEICH ANMELDEN!

Call for Papers

Seminar: Konstruktionsnahe CFD – Stand und zukünftige Entwicklungen

11. - 12. November 2019, Wiesbaden

Abstracteinreichungen bitte bis 30. Juni an info@nafems.de

Call for Papers

Konstruktion und Simulation – wie gelingt das stimmige Zusammenspiel eines optimalen Entwicklungsprozesses von CAD-Entwicklern und Simulationsexperten im Unternehmen? Zur Verkürzung von Entwicklungszeiten müssen Ergebnisse von Simulationsrechnungen in frühen Entwicklungsphasen, d. h. bereits in der Konstruktionsphase, verfügbar sein.

Ansätze sind seit langer Zeit vorhanden, kommen jedoch bisher selten zum Einsatz. Entweder war die Komplexität der Software zu groß, die numerischen Erfahrungen der Anwender (CAD-Konstrukteure) nicht ausreichend, die Akzeptanz der Software zu gering oder es fehlte das Vertrauen in die generierten Simulationsergebnisse.

Dies verändert sich mit der zunehmend verbesserten Integration von Berechnungsmethoden, der Entwicklung von Schnittstellen zwischen CAD und CFD, der direkten Verknüpfung der CFD zur CAD-Geometrie und der erleichterten Bedienbarkeit von Werkzeugen für die Strömungsberechnung (CFD-Tools). Einfache aber auch aufwändigere Strömungsberechnungen und Optimierungen direkt aus der Konstruktionsumgebung heraus durchführen zu können, kann die konstruktiven Möglichkeiten in der Vorauslegung enorm erweitern. Wie kann man die Kompetenzen von Simulationsexperten, die für die Berechnungen zuständig sind, und Konstrukteuren, die wissen, was für Änderungen am Produkt im Detail möglich sind, gewinnbringend zusammenführen? Können konstruktionsnahe Simulations-

und Optimierungsverfahren helfen, Produktentwicklungszeiten zu reduzieren und die Produktqualität zu erhöhen, um dadurch einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil zu erhalten?

Wir freuen uns über Beiträge aus den Bereichen:

- > Bi-direktionale Schnittstelle CAD-CFD (Link-to-CAD)
- > CAD-integriertes CFD
- > CFD-Integration in Entwurfs-, Konstruktions- und Optimierungsumgebungen
- > Prozess-Automatisierung und Standardisierung
- > Appifizierung der Simulation (Scripting & CFD Apps für Konstrukteure)
- > Isogeometrische Analysen
- > Simulationsgestützte Ersatzmodelle und reduced order models (ROMs) für Entwurf und Konstruktion
- > Variable-Fidelity Methoden in Entwurf und Konstruktion
- > Effiziente, hoch-parallele Simulationen in der Entwurfsphase (z. B. GPU oder HPC-Cluster)
- > Expertensysteme bzw. Methoden künstlicher Intelligenz und maschinellen Lernens zur Prozessunterstützung

Zielsetzung des Seminars

Im Rahmen dieses Seminars sollen Anwendungsgebiete, Möglichkeiten und Grenzen der konstruktionsnahen CFD insbesondere im industriellen Einsatz in unterschiedlichen Branchen und Unternehmensgrößen (Ingenieurbüro, Mittelstand, Großkonzern) diskutiert werden.

Wir freuen uns über Ihre Abstracteinreichung bis **30. Juni 2019** an info@nafems.de.

Technische Leitung

NAFEMS CFD Advisory Board (CAB) / NAFEMS Steering Committee für Deutschland, Österreich und der Schweiz

Tagungssprache

Deutsch (in Ausnahmen in englischer Sprache)

Veranstaltungsort / Zimmer

Hotel Oranien Wiesbaden
Platter Straße 2
D-65193 Wiesbaden
www.hotel-oranien.de

Fachausstellung und Sponsoring

Ausstellungsfläche: 600 Euro
Bitte fordern Sie Informationen zum Sponsoring an.

Teilnahmegebühr

Nicht-Mitglieder: 620 Euro
NAFEMS-Mitglieder: frei
NAFEMS Mitglieder erhalten acht „seminar credits“ pro Jahr. Für dieses Seminar werden drei credits je Teilnehmer benötigt. Falls bereits verwendet, können NAFEMS Mitglieder zu einem reduzierten Preis teilnehmen: 420 Euro. Für Studenten steht eine begrenzte Anzahl an freien Seminarplätzen zur Verfügung und setzt die Bereitschaft zur Mithilfe bei der Organisation vor Ort voraus.

Alle Preise jeweils zuzügl. ges. MwSt.

Informationen und Anmeldung www.nafems.org/cfd19

Call for Papers

Seminar: Multiphysikalische Simulationen in der Entwicklung von E-Motoren

13. - 14. November 2019, Wiesbaden

Abstracteinreichungen bitte bis 30. Juni an info@nafems.de

Call for Papers

Numerische Simulationsmethoden und Ingenieursverfahren, wie zum Beispiel die Methode der finiten Elemente sowie parametrische und nicht-parametrische Optimierung, sind heutzutage aus der Entwicklung elektromechanischer Produkte kaum mehr wegzudenken. Obwohl die erstmalige Erwähnung des Terminus Finite Elemente in den 50er Jahren durch Ray William Clough auf mechanische Anwendungen abzielte, wurde die Methode sehr rasch auf andere physikalische Bereiche ausgedehnt. Neben der Analyse von thermischen und strömungsmechanischen Effekten wird sie auch für die Simulation von elektromagnetischen Feldern verwendet und hier insbesondere für die Entwicklung von Elektromotoren.

In vielen klassischen mechanischen Anwendungen, z.B. in der Automobil- und Luftfahrtindustrie, sind elektrische Maschinen als Systemkomponenten nicht mehr wegzudenken. Da Elektromotoren mechanische Systeme antreiben, ergibt sich zwangsläufig eine multiphysikalische bzw. multidisziplinäre Aufgabenstellung, die entsprechender Simulationsansätze bedarf. Die Einbeziehung von Elektromotoren in die Entwicklung von elektromechanischen Produkten wird somit zu einem wesentlichen Bestandteil gesamtphysikalischer Betrachtungen, die bei Systemsimulationen von elektromechanischen Produkten zu berücksichtigen sind. Selbst die komponentenbasierte Simulation der Elektromotoren selbst stellt schon eine multiphysikalische Anwendung

dar, da Reibungsverluste, Wirbelstromverluste oder Vibrationen das Leistungsvermögen von Elektromotoren direkt beeinflussen.

Die Anforderungen an die Simulation von physikalischen Vorgängen in einem Elektromotor sind ähnlich anspruchsvoll oder vielleicht sogar noch komplexer als bei einem Verbrennungsmotor. Die Aufgabenstellung besteht darin, Wechselwirkungen zwischen elektromagnetischen Feldern, elektromechanischen Verlustleistungen, Wärmeentwicklungen, Temperaturverteilungen, Kühlvorgängen und Schwingungen aufgrund elektromagnetischer Anregungen und mechanischer Beanspruchungen zu beschreiben, korrekt zu modellieren und mit adäquaten multiphysikalischen Simulationsansätzen zu berechnen. Die eigentliche Herausforderung ist jedoch, nicht nur einzelne Berechnungen durchzuführen, sondern die Simulationszeiten derart zu reduzieren, dass Reihenuntersuchungen und Systemoptimierungen in endlicher Zeit möglich werden, um die Robustheit der Produkte zu erhöhen. Hierbei kommen mathematische Verfahren und Techniken wie zum Beispiel der Model Order Reduction eine besondere Bedeutung zu.

Unser Seminar möchte den aktuellen Stand industrieller Anwendungen in der Simulation von Elektromotoren aufzeigen, und am Markt verfügbare Softwaretools und insbesondere deren Einsatz in der Praxis demonstrieren. Gewünscht sind Vorträge deren Inhalt auf

- Multiphysikalische Simulationen
- Optimierung
- Robustheit
- Anwenderfreundlichkeit
- Integration in den Entwicklungsprozess

ausgerichtet sind. Natürlich sind Beiträge besonders willkommen, wenn sie auf Erfahrungen aus der Praxis und auf Korrelationen mit realen Versuchen zurückgreifen und die Grenzen der jeweiligen Methode aufzeigen.

Wir freuen uns über Ihre Abstracteinreichung bis **30. Juni 2019** an info@nafems.de.

Technische Leitung

A. J. Svobodnik (Mvoid Technologies), E. Wang (Cadfem), F. Jurecka (Dassault Systèmes), alle Mitglieder des NAFEMS Steering Committee für Deutschland, Österreich und der Schweiz

Tagungssprache

Deutsch (in Ausnahmen in englischer Sprache)

Veranstaltungsort / Zimmer

Hotel Oranien Wiesbaden
Platter Straße 2
D-65193 Wiesbaden
www.hotel-oranien.de

Fachausstellung und Sponsoring

Ausstellungsfläche: 600 Euro
Bitte fordern Sie Informationen zum Sponsoring an.

Teilnahmegebühr

Identisch zum CFD Seminar auf Seite 22.

Informationen und Anmeldung www.nafems.org/e-motor19

NAFEMS Schulung

Dieser Kurs wurde bereits über 30 Mal in ganz Europa gehalten!

Master Course V&V: Verification and Validation in Engineering Simulation – Building Simulation Credibility in an Industrial Context

6. - 7. November 2019 in München-Ottobrun (bei IABG) / auch als Inhouse-Schulung 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..

Informationen und Anmeldung
www.nafems.org/vandv19-2

NAFEMS Schulung

Festigkeitsnachweis mit der FKM-Richtlinie

November 2019, Wiesbaden / auch als Inhouse-Schulung buchbar

Die FKM-Richtlinie „Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile“, ist ein vom Forschungskuratorium Maschinenbau (FKM) entwickelter Standard für einen statischen und zyklischen Festigkeitsnachweis. Durch die breite Anwendbarkeit hat der Festigkeitsnachweis eine hohe Verbreitung im Maschinenbau und anderen Branchen gefunden. In diesem Seminar lernen Sie den richtlinienkonformen Festigkeitsnachweis mit örtlichen Spannungen sowohl für nichtgeschweißte als auch für geschweißte Bauteile kennen. Neben der Theorie des Nachweises steht dabei auch die praktische Anwendung der Richtlinie auf Basis einer FEM-Simulation im Vordergrund, bei der sich für den Anwender Fragestellungen außerhalb der eigentlichen Richtlinie ergeben. Diese werden im Seminar anhand praxisnaher Beispiele besprochen. Um die verschiedenen Aspekte im Rahmen des Seminars umfassend diskutieren zu können, wird die Berechnung der Beispiele vom Referenten programmgestützt durchgeführt.

Im Seminar wird die Vorgehensweise des rechnerischen Festigkeitsnachweises entsprechend der FKM-Richtlinie für statische und zyklische Belastungen vermittelt, sowohl für nichtgeschweißte als auch geschweißte Bauteile. Sie lernen wie der Nachweis im Zusammenspiel mit einer FEM-Analyse umzusetzen ist und welche Fallstricke zu beachten sind.

Gliederung

- Grundlegendes zur FKM-Richtlinie
- > Was leistet ein Festigkeitsnachweis?
- > Historie, Quellen und rechtlicher Status der Richtlinie
- > Anwendungsbereich und Umfang

Informationen und Anmeldung
www.nafems.org (ab Juli 2019)

Theorie zum statischen Festigkeitsnachweis nichtgeschweißter Bauteile

- > Gliederung des Nachweises
 - > Spannungsarten
 - > Werkstoffkennwerte
 - > Konstruktionsfaktor
 - > Sicherheitskonzept
 - > Nachweis
- Beispiel „Getriebegehäuse“ zum statischen Nachweis
- > Auswahl der Nachweispunkte für manuelle Berechnung
 - > Programmgestützte Berechnung
- Vertiefung zum statischen Nachweis - Plastische Formzahl
- > Ertragbare Dehnung
 - > Plastische Traglast
 - > Beispiele zur Berechnung der plastischen Formzahl

Theorie zum Ermüdungsfestigkeitsnachweis nichtgeschweißter Bauteile

- > Überblick zu Nachweisbereichen (Zeit-, Dauer-, Betriebsfestigkeit)
 - > Gliederung des Nachweises
 - > Konstruktionsfaktor
 - > Mittelspannungseinfluss
 - > Sicherheitskonzept
- Beispielrechnung „Getriebegehäuse“ zum Ermüdungsfestigkeitsnachweis
- > Auswahl der Nachweispunkte für manuelle Berechnung
 - > Ermittlung des Spannungsgradienten
 - > Programmgestützte Berechnung
- Vertiefung zum Ermüdungsfestigkeitsnachweis
- > Stützwirkungskonzept
 - > Details zum Mittelspannungsfaktor
 - > Betriebsfestigkeitsfaktor
 - > Beispiel zum Betriebsfestigkeitsfaktor

Einführung in die Spannungskonzepte für die Schweißnahtbewertung

- > Nennspannungskonzept
- > Strukturspannungskonzept
- > Kerbspannungskonzept

- > Modellierung für Kerbspannungskonzept

Theorie Statischer Nachweis für geschweißte Bauteile

- > Spannungskomponenten
- > Werkstoffkennwerte
- > Temperatureinfluss
- > Konstruktionskennwerte
- > Sicherheiten
- > Nachweis

Beispiele zum statischen Nachweis geschweißter Bauteile

- > Strukturspannungsnachweis
- > Vergleich Strukturspannungs- und Kerbspannungsnachweis

Theorie Ermüdungsnachweis für geschweißte Bauteile

- > Maßgebende Spannungskomponenten
 - > Werkstoffkennwerte (Temperaturkennwerte)
 - > Konstruktionskennwerte
 - > FAT-Klasse
 - > Mittelspannungseinfluss
 - > Betriebsfestigkeitskonzept
- Beispiele zum Ermüdungsnachweis geschweißter Bauteile
- > Strukturspannungsnachweis
 - > Vergleich Strukturspannungs- und Kerbspannungsnachweis

Referent

Dipl.-Ing. (FH) Tim Kirchhoff, ist seit 2007 beim Ingenieurbüro Huß & Feickert im Bereich CAE-Simulation und Softwareentwicklung tätig. Als Teamleiter der Softwareentwicklung ist er verantwortlich für die Entwicklung von Programmen zum statischen und zyklischen Nachweis aufbauend auf FE-Analysen. Herr Kirchhoff arbeitet seit über 10 Jahren aktiv im Fachkreis Bauteilfestigkeit des VDMA zur Weiterentwicklung der FKM-Richtlinie mit. Zudem vertritt er das Ingenieurbüro Huß & Feickert als KMU im Redaktionskreis der FKM-Richtlinie und im Industriekreis des Fachkreises.

NAFEMS Schulung

Practical Introduction to Non-Linear Finite Element Analysis

Auf Anfrage / auch als Inhouse-Schulung buchbar

This non-linear Finite Element course is intended for delegates interested in using FE to analyse advanced non-linear problems involving material non-linearities, geometric non-linearities and contact problems.

The objectives of this Finite Element course are:

- To provide delegates with an introduction to the fundamental theory of non-linear Finite Element analysis.
- To highlight the possible difficulties that may be encountered in using FE software to analyse non-linear problems.

Who Should Attend

This non-linear FE course is aimed at engineers and scientists who want to gain an understanding of the fundamental theory of non-linear Finite Element analysis and its application to practical problems.

As this is an advanced FE course, a pre-requisite for this course is a reasonable knowledge of linear FE theory and applications. However, no prior knowledge of non-linear Finite Element theory is required. The course is independent of any FE software code.

Technical Content

- Brief Overview of Linear Finite Element analysis:
A brief overview of linear Finite Element formulation, numerical algorithms, etc. to provide a foundation for the non-linear formulation.
- General Introduction to Non-linear problems:
Classifications of non-linear problems, Comparison of linear and non-linear FE analysis, Non-linear algorithms and pro-

cedures, Difficulties in modelling non-linear problems.

- Plasticity:
Basic plasticity theory, Uniaxial and multi-axial plasticity, Work hardening, FE treatment of plasticity, Solution strategy and accuracy, Discussion of typical practical plasticity applications.
- Creep and Visco-elasticity:
Basic theory of creep, Finite Element algorithms for creep problems and time marching, Explicit and implicit time integrations, Discussion of typical practical creep applications.
- Contact Problems:
Basic theory of contact mechanics, classification of contact configurations, Hertzian and non-Hertzian contact problems, FE contact algorithms, Penalty methods and Lagrange multipliers, Difficulties in modelling contact problems, Tips and guidelines, Discussion of practical contact problems.
- Geometric Non-linearity:
Basic theory of geometric non-linearity, GNL stress-strain definitions, FE algorithms for geometric non-linearities, Arc-length and line-search methods, Solution strategy and accuracy, Discussion of typical GNL problems.
- Brief introduction to other advanced Finite Element Applications:
A brief overview of Fracture Mechanics, Fatigue Analysis, Explicit FE codes, Buckling analysis.

Tutor

Dr. Gino Duffett has over 30 years of experience in CAE software development, training, industrial implementation and usage on an international level in various sectors, mostly automotive and renewable energy. Currently a Technology Project Manager focussing on innovative simulation driven design and automatic optimization.



Over his career Gino has taught numerical modelling up to university level, developed commercial courses and provided training for software users and university programmes on aspects such as metal forming, structural analysis, simulation process methodologies and optimization and has provided courses at Business schools on mathematical modelling, ERP and multi-cultural management.

Course Language

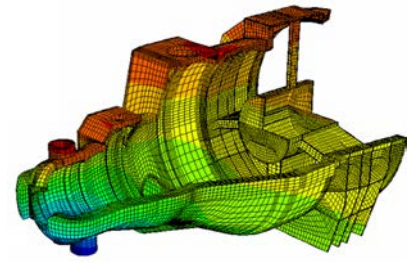
English

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.

NAFEMS Schulung

Praktische Anwendung der FEM und Ergebnisinterpretation



Auf Anfrage / auch als Inhouse-Schulung buchbar

Die Schulung 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 / Versagensthypothesen / 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 Versagenkriterien
- 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



Prof. Dr.-Ing. Armin Huß verfügt über mehr als 30 Jahre Erfahrung auf dem Gebiet der Technischen Mechanik,

Technischen Schwingungslehre und der Anwendung der Finiten Elemente Methode, davon über 20 Jahre Praxis-Erfahrung als freiberuflicher Ingenieur für die Anwendung der FEM in den unterschiedlichsten Bereichen der Technik. Seit Mitte 2009 ist er als Professor für Technische Mechanik, Schwingungslehre und Finite Elemente an der Frankfurt University of Applied Sciences tätig.

Kursprache

Deutsch

Inhouse-Kurs

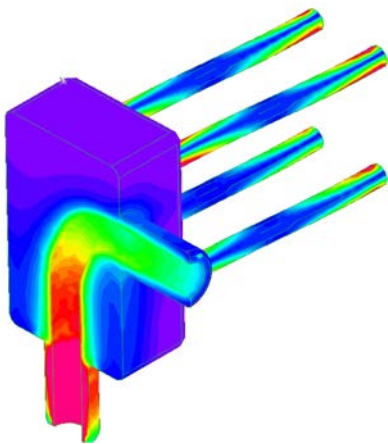
Dieser Kurs wird als Inhouse-Kurs bei Ihnen vor Ort angeboten. Bitte fordern Sie nähere Informationen an - Rückmeldeformular auf der vorletzten Seite.

NAFEMS Schulung

Strömungssimulation (CFD): Theorie und Anwendung

Auf Anfrage / auch als Inhouse-Schulung buchbar

Die Schulung 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

Kurssprache

Englisch / Deutsch, falls nur deutschsprachige Teilnehmer.

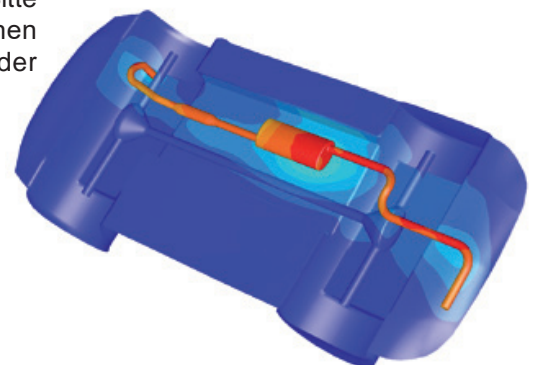
Inhouse-Kurs

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

Referent



Prof. Dr.-Ing. Ganguolf 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.



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.

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 (DACH)** sind:

- W. Dirschmid (CAE Consulting), Chair
- A. Gill (Ansys Germany)
- G. Göß (Schaeffler Technologies)
- R. Helfrich (Intes)
- C. Hühne (DLR)
- C. Katz (Sofistik)
- F. Jurecka (Dassault Simulia)
- J. Krämer (Festo)
- R. Meske (Federal-Mogul Nürnberg)
- W. Moretti (Schindler Elevator)
- E. Niederauer (Siemens PLM Software)
- J. Noack (ZF Group)
- A. Pfaff (PDTEC)
- G. Rapin (Volkswagen)
- A. Starlinger (Stadler Altenrhein)
- A. J. Svobodnik (MVOID Technologies)
- E. Wang (Cadfem)
- D. Wu (IABG)
- M. Zehn (TU Berlin)
- M. Züger (pinPlus)

Zur Unterstützung des NAFEMS DACH Steering Committees im Bereich Computational Fluid Dynamics (CFD) wurde das **CFD Advisory Board (CAB)** gegründet.

Die Mitglieder sind:

- U. Janoske (Universität Wuppertal), Chair
- A. Avci (Festo)
- R. Banjac (Siemens PLM Software)
- W. Dirschmid (CAE Consulting)
- A. Gill (Ansys Germany)
- T. Grahs (Volkswagen)
- U. Heck (DHCAE)
- B. Hupertz (Ford)

- V. Kassera (CFD Consultants)
- J. Iseler (Dassault Systèmes)
- G. Kohnen (DHBW Mosbach)
- B. Marovic (Mentor Graphics (Deutschland))
- S. Rudolph (Cascate)
- R. Stauch (Hochschule Esslingen)
- M. Stephan (DHBW Mosbach)
- A. Stück (DLR)

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

Folgende Gruppen sind aktuell bei NAFEMS aktiv:

- Business Impact
- Composites
- Computational Fluid Dynamics
- Computational Structural Mechanics
- Dynamics and Testing
- Education and Training
- Geotechnics
- High Performance Computing
- Manufacturing Process Simulation
- Multiphysics
- Optimisation
- Simulation Data Management
- Simulation Governance and Management
- Stochastics
- Systems Modeling & Simulation

Obgleich NAFEMS eine unabhängigen Organisation ist, arbeitet, ist eine Kooperation mit Hard- und Softwarehäusern essentiell. Um dies zu gewährleisten, wurde eine sogenannte **NAFEMS Vendor Group** gebildet, der derzeit etwa 30 Unternehmen angehören.

**Werden auch Sie
mit Ihrem Unternehmen
NAFEMS-Mitglied!**

NAFEMS hat weltweit über **1.400 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 1.400 Organisationen weltweit

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

NAFEMS IS THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR THE ENGINEERING MODELLING, ANALYSIS AND SIMULATION COMMUNITY.

A not-for-profit organisation, our principal aims are to:

Improve the professional status of all persons engaged in the use of engineering simulation

Establish best practice in engineering simulation

Provide a focal point for the dissemination and exchange of information and knowledge relating to engineering simulation

Promote collaboration and communication

Act as an advocate for the deployment of simulation

Continuously improve the education and training in the use of simulation techniques

Be recognised as a valued independent authority that operates with neutrality and integrity

WE FOCUS ON THE PRACTICAL APPLICATION OF NUMERICAL ENGINEERING SIMULATION TECHNIQUES SUCH AS THE FINITE ELEMENT METHOD FOR STRUCTURAL ANALYSIS, COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS AND MULTIBODY SIMULATION.

Why Join?

More than 1300 companies worldwide are members of NAFEMS encompassing industrial practitioners, vendors and academic institutions.

Better Collaboration

BUILD LASTING BUSINESS ALLIANCES

NAFEMS events and participation in our various working groups provide outstanding opportunities to forge lasting professional contacts throughout the world of engineering simulation.

EXCHANGE KNOWLEDGE & EXPERIENCE

NAFEMS is the ultimate forum for exchange of knowledge and experience. Learn from companies who face the same challenges.

LEARN ABOUT THE RESOURCES AVAILABLE

The requirements of your organisation are unique. We can empower you with the knowledge you need to take the correct business-critical decisions on your requirements.

ENHANCE YOUR COMPANY'S VISIBILITY WORLDWIDE

NAFEMS is the only organisation that brings together the major software developers, manufacturers, consultancies, and academic institutions from across the globe. Ensure your organisation is visibly part of this global community.

Increased Productivity

OPTIMIZE THE DESIGN PROCESS

Learn about potential pitfalls and pick up time saving techniques.

MINIMISE COSTLY PHYSICAL TESTING

Increase confidence in your company's engineering simulation capabilities.

Improved Quality

BE COMMITTED TO THE HIGHEST STANDARDS

NAFEMS membership reinforces your focus on best practice.

BENCHMARK YOUR ORGANISATION'S SIMULATION PROCESS

Learn first-hand about experiences of other organisations similar to your own.

Enhanced Innovation

DEVELOP YOUR SKILLS WITH THE LATEST ENGINEERING SIMULATION TECHNIQUES

Your skills need to keep pace with the ever-advancing world of engineering simulation technology. NAFEMS is the only organisation dedicated to ensuring its members have access to the most advanced, sophisticated methods and thinking in the industry.

BE AT THE FOREFRONT

The competitive advantage provided by being at the cutting-edge of simulation technology is immeasurable. NAFEMS keeps you there.

PRODUCE BETTER-ENGINEERED PRODUCTS WITH ENHANCED CUSTOMER SATISFACTION

Customer satisfaction will always be key. NAFEMS provides you with the opportunity use the latest technology in the most efficient manner, ensuring your customers will always receive the most innovative and effective products possible.

Membership Levels

	Entry	Standard	Corporate Select	Corporate Global
	Ideal for small companies and consultancies, or smaller analysis teams. Also appropriate in areas without a NAFEMS Regional Group.	The perfect level of membership for medium-sized organisations who are looking to get maximum benefit from their involvement.	Tailored for companies who need to share the benefits of membership across several teams and locations. Choose what you need, and where you need it.	Meeting the needs of large multi-national organisations. Covers every employee at every site in your organisation. A truly all-encompassing membership option.
Sites Covered	single site	single site	multiple named sites	all sites globally
Copies of new NAFEMS Publications	1	1	multiple	multiple
Copies of Benchmark Magazine	1	3	multiple	multiple
Reduced Rates on NAFEMS Training	4	4	4	4
Discounted Attendance at all NAFEMS Events	4	4	4	4
Preferential Sponsorship rates at NAFEMS Events	4	4	4	4
Access to the PSE Competency Tracker	4	4	4	4
Discounted PSE Certification for all employees	4	4	4	4
Access to the NAFEMS Resource Centre	4	4	4	4
Members-Only Area of the NAFEMS Website	4	4	4	4
Participate in our Technical Working Groups	4	4	4	4
Use of the NAFEMS Member Logo on your Website	4	4	4	4
Free Places at NAFEMS Seminars and Conferences	0	up to 4	multiple	multiple
Company Details, Description and Links on nafems.org	8	4	4	4
Post your Press Releases and News on nafems.org	8	4	4	4
Promotion of your Events on nafems.org	8	4	4	4

THERE IS A 1 YEAR MINIMUM TERM FOR ALL MEMBERSHIPS. SIGNIFICANT DISCOUNTS ARE AVAILABLE ON LONGER TERMS. ACADEMIC INSTITUTIONS CAN TAKE ADVANTAGE OF THE BENEFITS OF OUR STANDARD MEMBERSHIP FOR THE PRICE OF ENTRY. CONTACT THE TEAM FOR FURTHER DETAILS.

Technical Working Groups

The basis of all of NAFEMS activities are co-ordinated by a number of specialist working groups, drawn primarily from our international membership. These working groups identify areas of interest to the engineering simulation community requiring the development of educational materials based on membership surveys and the committee's extensive experience.

An important feature of the publications which are subsequently produced is that each text undergoes a rigorous examination and critique by the experts sitting on the NAFEMS technical working groups which commissioned the work. These working groups draw together a potent blend of leading academic researchers, engineering practitioners and software vendors giving a unique insight and perspective into the problem area being scrutinized.

From time to time, some groups are formed on a short-term basis to address specific issues with experts drawn from the most appropriate technical areas for the duration of the project.

Technical working groups currently include:

- Analysis Management
- Composites
- Computational Fluid Dynamics
- Computational Structural Mechanics
- Dynamics and Testing
- Education and Training
- Geotechnics
- High Performance Computing

- Manufacturing Process Simulation
- Multi Body Dynamics
- Multiphysics
- Optimisation
- Simulation Data Management
- Stochastics
- Systems Modeling & Simulation

Nafems Events

NAFEMS provides our members with as many as fifty seminars, courses, workshops and open forums throughout the world each year. As the only truly independent organisation dedicated to engineering simulation, NAFEMS' events encompass the broadest and most accurate view of the technology.

World Congress

As the only truly independent, international event dedicated to engineering simulation, the biennial NAFEMS World Congress has been a fixture on the calendar of everyone involved in FEA, CFD, MBS and CAE for the last three decades. The last Congress welcomed over 600 attendees, all of whom were keenly focussed on analysis and simulation. The Congress is undoubtedly one of the most prestigious and highly focussed simulation and analysis forums available to the community, and is held in highest regard by users, software vendors and academics alike.

Conferences

Throughout the year, NAFEMS holds a number of conferences including dedicated regional and technology-specific events across the globe.

Seminar

Several seminars take place every year, focussing on current topics of interest, as well as emerging technology areas.

Webinars

NAFEMS members benefit from free places* at many of our seminars as part of membership. Our members also receive significant discounts on our World Congress and Training.

NAFEMS MEMBERS BENEFIT FROM SEMINAR CREDITS ENABLING MANY OF OUR EVENTS TO BE ATTENDED COMPLETELY INCLUSIVE OF MEMBERSHIP. MEMBERS ALSO RECEIVE SIGNIFICANT DISCOUNTS ON OUR WORLD CONGRESS AND TRAINING.

PSE

PSE (Professional Simulation Engineer) Certification allows engineers and analysts within the international simulation community to demonstrate competencies acquired throughout their professional career. 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.



THE 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 a standard of competency for the international simulation community

NAFEMS Training

CLASSROOM COURSES | E-LEARNING | IN-HOUSE TRAINING

NAFEMS wealth of experience within the analysis and simulation industry uniquely places us as a provider of quality and worthwhile training.

Dedicated to promoting the best use of simulation and analysis, NAFEMS training offers classroom based courses, e-learning and bespoke training solutions.

QUALITY

NAFEMS Training offers courses taught by some of the leading figures within the analysis community who are unrivalled in their experience and expertise. Our tutors are chosen on the basis of their knowledge and practice of the technology involved. All training focuses on practical applications as background theory. We have sought the best in the industry to be able to deliver this to our attendees. Additionally, every single course that we provide is fully accredited by NAFEMS to ensure the highest quality for our members.

VARIETY

NAFEMS Training offers a wide variety of courses to meet the various needs of our members. Covering both FEA and CFD, NAFEMS Training courses range from basic to advanced levels. We offer a variety of courses suitable for those relatively new to technology, those who wish to refresh previous knowledge, or for those who wishing to develop their knowledge further. We are committed to providing training that is of real value to the end user so we constantly update our courses and add new courses to reflect the needs of our members.

FLEXIBILITY

As NAFEMS Training is dedicated to providing useful and needs driven learning, we also recognise that hectic schedules and budget requirements can often stand in the way of professional development. We have established a programme of training to meet the various needs of the community, from our short based classroom courses, to e-learning to our bespoke in-house training. Through these various options, we are confident that you will find a training solution that will not only meet your needs, but fits around your budget and workload.

NAFEMS MEMBERS RECEIVE AN EXCLUSIVE 30% DISCOUNT ON ALL COURSES OFFERED BY NAFEMS TRAINING TO FACILITATE THEIR PROFESSIONAL DEVELOPMENT AND ENSURE THEIR SKILLS ARE EVOLVING WITH INDUSTRY NEEDS.

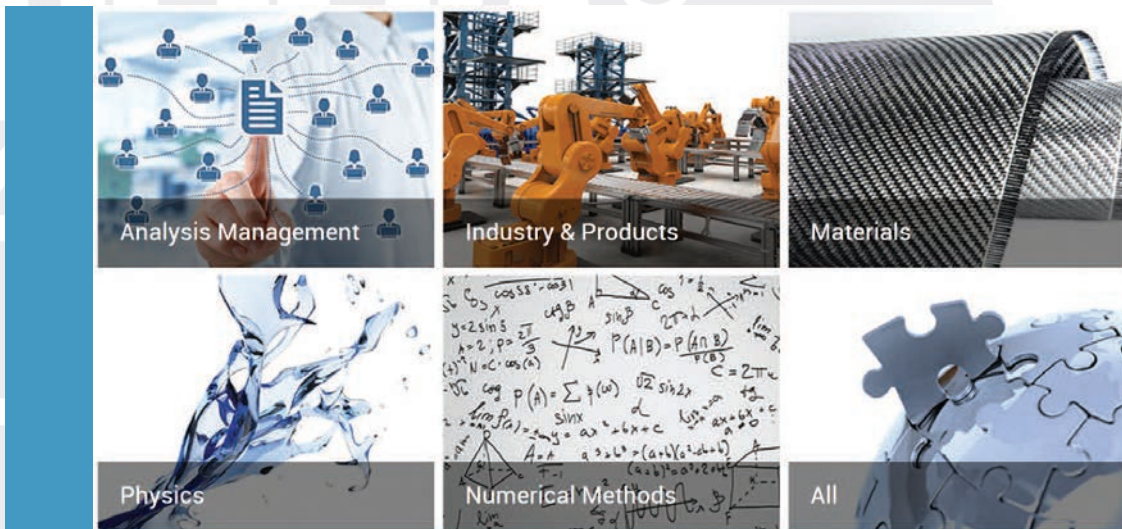
Resource Centre

The NAFEMS Resource Centre is a database which aims to collate all of the information produced by the organisation into one central, accessible location.

It's been put together by collating, categorising and tagging hundreds of presentations, books, webinar recordings, magazine articles, journals and much more. Over the past 35 years, we've gathered a wealth of information on engineering analysis, modelling and simulation. The resource centre provides our members with easy access to this valuable material.

It's simple to use. Relevant material can be found by searching by keyword, filtering by multilevel technical categories or filtering by author, organisation, or type of resource

There are currently over 1,500 resources in the centre with this number growing weekly. NAFEMS Members have access to numerous types of resource as part of their membership, including presentations from previous events, conference papers, webinar archives, and much more.



Nafems Publications

AS THE ONLY ASSOCIATION DEDICATED TO THE ENGINEERING MODELLING, ANALYSIS AND SIMULATION COMMUNITY, NAFEMS HAS PUBLISHED IN EXCESS OF 200 ANALYSIS AND SIMULATION SPECIFIC PUBLICATIONS OVER THE LAST 30 YEARS. NAFEMS IS WIDELY ACKNOWLEDGED AS THE PREMIER SOURCE FOR ANALYSIS AND SIMULATION INFORMATION, PRODUCING AN EXTENSIVE RANGE OF QUALITY AND VALUABLE PUBLICATIONS.

EVERY YEAR, NAFEMS PRODUCES APPROXIMATELY 8-10 PUBLICATIONS INCLUDING TEXTBOOKS, REPORTS, BENCHMARKS AND JOURNALS ENSURING THAT THE MOST UP-TO-DATE AND RELEVANT INFORMATION IS AVAILABLE TO OUR NAFEMS MEMBERS.

**BENCH
MARK**

elibrary

Published quarterly by NAFEMS, benchmark has commanded respect for being the only truly independent publication focussed specifically on analysis and simulation. With content encompassing news from all areas of engineering simulation from across the globe, articles in benchmark cover everything from FEA to CFD and incorporate all industries from aerospace to biomedical engineering.

Available to NAFEMS members, an optional e-Library subscription gives access to downloadable copies of over 150 acclaimed NAFEMS publications; including the newest releases. Updated regularly, the Corporate e-Library allows 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.

WHEN MEMBERS JOIN, THEY RECEIVE A LIBRARY OF 20 OF THEIR CHOSEN NAFEMS PUBLICATIONS. ALL NEW PUBLICATIONS ARE SENT TO MEMBERS AS AND WHEN THEY ARE PRODUCED. THEY ALSO RECEIVE COPIES OF BENCHMARK MAGAZINE EVERY QUARTER.

Internationales NAFEMS Magazin

Benchmark Magazin, Ausgabe April 2019

Die internationale NAFEMS Zeitschrift „Benchmark“ erschien in der Druckauflage zuletzt im April 2019. Download für Mitglieder und Abonnenten sowie Informationen zum Abonnement finden Sie unter:

www.nafems.org/publications/benchmark

Copyright Nafems 2019 Licensed solely to Roger Oswald (roger.oswald@nafems.org) for single use only

BENCH MARK

April 2019 issue . . .

- Setting the Tone - A Keynote Perspective
- The Costs and Benefits of Using the Cloud for Simulations
- Leveraging the Cloud for Earthquake Engineering
- Vendor Viewpoint
- Stochastic Challenge Problems
- Event Review "New Methods in CFD - Alternatives to Finite Volumes"
- Head in the Clouds, Feet on the Ground: My Experience Using SaaS
- Automated Multi-physics Co-simulation in the Cloud
- What is Systems Modeling and Simulation?
- Analysis Origins
- Insight from a NAFEMS Technical Fellow - Rod Dreisbach

THE INTERNATIONAL MAGAZINE FOR ENGINEERING DESIGNERS & ANALYSTS FROM **NAFEMS**

NWC NAFEMSWORLD CONGRESS **2019**
17-20 JUNE | QUEBEC CITY | CANADA
A WORLD OF ENGINEERING SIMULATION

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



Project Profile

VMAP

<https://itea3.org/project/vmap.html>

Virtual Material Modelling in Manufacturing

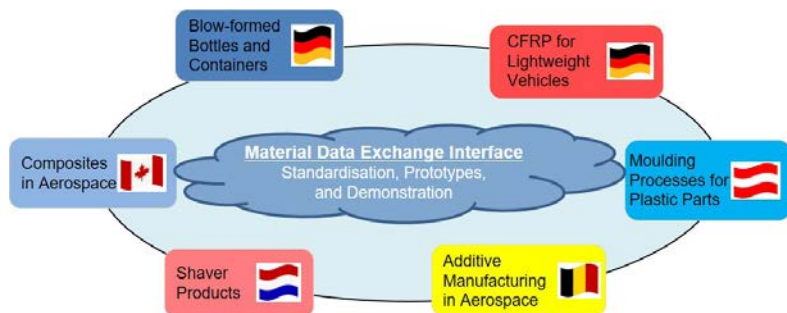
The ITEA VMAP project aims to gain a common understanding of and interoperable definitions for virtual material models in CAE. Using industrial use cases from major material domains and with representative manufacturing processes, new concepts will be created for a universal material exchange interface for virtual engineering workflows.

ADDRESSING THE CHALLENGE

The lack of software standards in virtual engineering workflows and incompatible interfaces for the transfer of virtual material information not only cause additional costs and complex manual adaptation but also lead to inflexible IT solutions, loss of information and significant delays in the overall design process. The standardisation of material interfaces in CAE is therefore vital for all industry segments where material behaviour is central to product and process design.

PROPOSED SOLUTIONS

The concepts generated within the VMAP project will be concretised in an open software interface standard and implemented in a number of software tools. The advantages of integrated material handling will be demonstrated by six industrial use cases from different material categories, manufacturing domains and industry segments. In brief, VMAP will generate universal concepts and open software interface specifications for the exchange of material information in CAE workflows. Implementation will be realised for extended CAE tool interfaces and, where necessary, translation tools that follow the open interface specification. VMAP will also implement virtual industrial demonstrators for relevant material domains and manufacturing processes as well as provide best-practice guidelines for the



Industrial Use Cases will show the need and benefits of a standardised Material Exchange Interface

community. The establishment of an open and vendor-neutral 'Material Data Exchange Interface Standard' community will ensure that standardisation efforts continue into the future.

PROJECTED RESULTS AND IMPACT

Interoperable virtual material models and a seamless transfer of material data history in a CAE workflow enables industry users to develop and produce better products in a shorter time and in more efficient manufacturing processes. Interface standards will also help CAE software developers and vendors to realise further virtual material models that can be easily integrated in

holistic design, simulation and optimisation workflows. In Europe's growing and future manufacturing market whereby materials technology is a key factor, especially in the rapidly emerging market of additive manufacturing for metal and plastics, an open software interface standard for virtual material modelling can have significant benefits.

ITEA is the EUREKA Cluster programme supporting innovative, industry-driven, pre-competitive R&D projects in the area of Software-intensive Systems & Services (SiSS). ITEA stimulates projects in an open community of large industry, SMEs, universities, research institutes and user organisations. As ITEA is a EUREKA Cluster, the community is founded in Europe based on the EUREKA principles and is open to participants worldwide. <https://itea3.org>

Call for Papers

NAFEMS NORDIC Seminar: CAE in Support of Sustainability and Durability

25 - 26 November 2019, LEGO House - Home of the Brick, Billund, Denmark

Abstracteinreichungen bitte bis 31. August an info@nafems.de

Call for Papers

We currently are experiencing an increased awareness of the impact on natural resources and our environment as a result of our way of consumption. There may be legal requirements that impose restrictions in the use of some materials as well as customers requiring that the products they buy are sustainable.

As a result we see a trend where the choice of materials and production processes will be made with aspects of sustainability as important factors. CAE is for many companies a key tool in product development and can be expected to play an important role here as well.

In this seminar we are interested in contributions regarding how CAE is used in product development with a particular focus on sustainability and durability. For example how simulation can be used to predict product behavior and expected life while shifting to new materials. In a slightly wider context we are also interested in how packaging is taken into consideration. Functional requirements may exist to ensure

that the product arrives to the end customer undamaged after which the packaging is usually recycled. The seminar includes keynotes, technical presentations, and exhibits.

You are invited to submit an abstract by latest 31 August 2019 to info@nafems.de.

Planned Conference format:

November 25th:
10:00 - 15:00 Presentations
15:00 - 16:00 Explore „LEGO Experience Zones“
16:00 - 19:00 Get together
November 26th:
8:30 - 15:30: Presentations

Seminar language

English

Venue

LEGO House A/S
Ole Kirks Plads 1, 7190 Billund, Denmark
www.LEGOHouse.com
LEGO House - Home of the Brick.
The building will allow LEGO fans of all ages to feel the magic of



LEGO House - Experience Zone

the LEGO universe and have the ultimate LEGO experience all year round.

Exhibition/Sponsoring

The seminar will be accompanied by an exhibition of software and hardware vendors, solution providers, and consultants. There are several exhibition and sponsoring opportunities available. Please request further information.

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: 3.500 DKK plus 25% Danish VAT
Non NAFEMS members: 5.000 DKK plus 25% Danish VAT
Students: Free. A limited number of students attend free of charge (first come, first serve – matriculation certificate required)
Presenters need to pay regular participation fees.
The registration fee includes conference attendance, proceedings, lunches, break refreshments and get together. Hotel accommodation is not included.

Informationen und Anmeldung
www.nafems.org/billund19



LEGO House - Home of the Brick

ALTAIR**Übernahme von Cambridge Collaborative's SEAM Software**

Altair, ein weltweit agierendes Technologieunternehmen, das Software- und Cloud-Lösungen für die Bereiche Produktentwicklung, High-Performance Computing (HPC) und Data Intelligence anbietet, gab heute die Übernahme der Cambridge Collaborative's SEAM Software bekannt, der führenden Technologie zur Vorhersage von unerwünschten hochfrequenten Nebengeräuschen (Noise and Vibration). Immer bequemere und leisere Cockpits, Fahrgastzellen und Geräte schrauben die Ansprüche der Verbraucher an eine bessere Klangqualität und ein besseres Nutzererlebnis nach oben. Cambridge Collaborative ist seit mehr als 45 Jahren weltweiter Branchenführer, wie die Liste ihrer Kunden, die von Rüstungsunternehmen über große Automobil- und Luft- und Raumfahrt OEMs bis hin zu Herstellern gewerblicher Produkte reichen, eindrucksvoll zeigt. Mit der Erweiterung des Altair Angebots an Simulations- und Solver-Lösungen um die SEAM Software entsteht ein noch breiteres, umfassenderes Portfolio, um anspruchsvolle Entwicklungsaufgaben zu lösen.

www.altair.com

BETA CAE Systems**Neue Versionen**

Beta CAE Systems veröffentlichte die neue Version v19.1.2 of ANSA/Epilysis/META.

www.beta-cae.com

CADFEM**ANSYS Lizenzen nach dem Prepaid-Prinzip**

eCadferm ist der Service von Cadferm zum flexiblen und disziplinübergreifenden Einsatz von Ansys und anderen Simulationstools. Immer genau dann,

**DRIVE SIMULATION**

**7 ieben e-Seminare
live und on-demand**



Vom Verbrennungsmotor
zum Elektroantrieb

Vom vernetzten Fahrzeug
zum Autonomen Fahren

Vom HVAC-System
zum thermischen Optimum
u.v.m

**Gestalten Sie mit Simulation
die Mobilität von morgen!**

► Termine und Registrierung



3DEXPERIENCE®

wenn Ihrerseits Bedarf vorliegt – unlimitiert und jederzeit verfügbar auch zur Erweiterung Ihres lokalen Lizenzpools.

eCadfem ist die Lösung von Cadfem, wenn CAE-Software oder bestimmte Ansys Produkte nur sporadisch genutzt werden – oder besonders intensiv, so dass der vorhandene Lizenzpool vorübergehend nicht ausreicht. Weil Simulation mehr als Software ist, ermöglicht eCadfem darüber hinaus auch die unkomplizierte Nutzung von CAE-Rechenpower und CAE-Dienstleistungen von Cadfem.

Fester Bestandteil aller „On Demand“-Angebote ist der zuverlässige Support durch erfahrene Cadfem Spezialisten. So profitieren Sie nicht nur von erstklassigen Software- und Hardwareprodukten, sondern auch von der Unterstützung eines großen Teams mit umfassender CAE- und Ansys-Expertise.

Aufzeichnungen der Ansys 2019 R1 Update Webinare verfügbar

Anfang des Jahres hat Ansys die neue Version Ansys 2019 R1 vorgestellt. Die wichtigsten Highlights hat das Cadfem Team für Sie zusammengefasst und in Update-Webinaren zu verschiedenen Anwendungsgebieten live vorgestellt. Die Aufzeichnungen dieser Update-Webinare können nun angefordert werden.

In den letzten Wochen hat das Cadfem Team die Highlights der aktuellen Ansys Version Ansys 2019 R1 aus den Bereichen Mechanik, Strömung und Discovery in Update-Webinaren vorgestellt. Alle die, die Live-Termine verpasst haben oder die Webinare noch einmal verfolgen möchten, können ab sofort kostenlos und unverbindlich die Aufzeichnungen anfordern.

www.cadfem.de

DASSAULT SYSTÈMES

Project of the Year - Wettbewerb der 3DS Academy

Dieser Wettbewerb richtet sich an unsere akademischen Nutzer, die sich Sichtbarkeit für Ihr Projekt wünschen. Wurde Ihr Projekt im akademischen Jahr 2018/2019 u.a. mit 3DEXPERIENCE, Catia (+ICEM Surf), SolidWorks, Simulia (Abaqus, CST, Simpack, XFlow, etc.) realisiert, gibt mehrere Möglichkeiten zu gewinnen: die Dassault Systèmes Jury überzeugen oder die Anzahl der Facebook-Likes...und natürlich das Simulia Project of the Year eingereicht zu haben! Alle Informationen, einschließlich der Teilnahmebedingungen und vor allem die zu gewinnenden Preise, finden Sie auf der Project of the Year-Seite der 3DS Academy. Bewerben Sie sich mit Ihrem Projekt bis zum 14. Juni!

www.3ds.com

FLUIDON

Neues Stoffdatenhandling in DSHplus 3.10 – Verbesserte Simulation von Dampf- und Gaskavitation bei Druckschwingungsproblemen

Fluidon GmbH, der erfahrene Dienstleister für Simulation und Analyse von fluidtechnisch-mechatronischen Systemen, führt mit der neuen Version 3.10 der hauseigenen Software DSHplus ein neues Stoffdatenhandling ein. Gegenüber der bisherigen Lösung erlaubt der neue Ansatz dem Anwender, eigene Stoffdatenbeschreibungen zu hinterlegen. Außerdem wurden der Bunsenkoeffizient (Maß für das Gaslösevermögen einer Flüssigkeit) und die Dampfdruckkurve als neue Stoffeigenschaften hinzugefügt. Mit Kenntnis des Dampfdrucks und des Bunsenkoeffizienten können das druckabhängige Wachstum und der Transport von Dampf- und/oder Gasblasen in flüssigkeitsgefüllten Leitungssystemen abgebildet werden. Von der

verbesserten Modellierung profitiert vor allem die Simulation von Druckschwingungsproblemen und Druckstößen, da hierbei – abhängig vom Druckniveau – mit dem Auftreten von Gas- und/oder Dampfkavitation zu rechnen ist. Die entsprechend erweiterten DSHplus-Leitungsmodelle wurden anhand publizierter Referenzexperimente validiert. Darüber hinaus können die praxiserprobten Leitungsmodelle von DSHplus mithilfe der ebenfalls neuen, zuschaltbaren Berücksichtigung von Fluid-Struktur-Interaktionen (FSI-Bibliothek) die mechanischen Auswirkungen von Druckschlägen bzw. Druckpulsationen auf Leitungskomponenten in der 1D-Hydrauliksimulation erfassen.

www.fluidon.com

INSTAL

Instal-News

Das Informations- und Expertenportal www.4innovative-engineers.com bietet interessante Informationen und einen regelmäßigen Newsletter. Schauen Sie mal vorbei.

www.4innovative-engineers.com

MSC SOFTWARE

Direkter Draht zwischen Theorie und Praxis im Maschinenbau

MSC Software (MSC), Anbieter von Simulationssoftware und Dienstleistungen, arbeitet eng mit der Hochschule der Bayerischen Wirtschaft (HDBW) zusammen. Die HDBW bildet junge Menschen aus, die am Arbeitsmarkt wirklich nachgefragt werden. Daher setzt die Hochschule konsequent auf Wirtschaftsnähe und hat mit MSC ein mehrjähriges Ausbildungsprojekt im Rahmen des dualen Studiums im Fach Maschinenbau ins Leben gerufen.

Die HDBW ist eine private, staatlich anerkannte Hochschule in München mit Zweigstellen in Bamberg und Traunstein. Wirtschaft und Technik stehen im Mittelpunkt der

Studienangebote. Das Studium selbst findet in enger Kooperation mit bayerischen und internationalen Unternehmen statt. Studierende lernen an praxisnahen Beispielen, wie die Welt von Morgen funktioniert. Themen wie Robotik, Mikrocontroller, Sensorik oder autonomes Fahren werden immer wichtiger.

Eine auf den Arbeitsmarkt abgestimmte Ingenieursausbildung liegt MSC ebenfalls am Herzen. Nicht nur bei allen namhaften Automobil- und Luftfahrtunternehmen, sondern auch im Maschinenbau werden Simulationsprogramme wie MSC Nastran oder Adams auf breiter Basis eingesetzt. Diese Unternehmen benötigen Ingenieure mit entsprechender Erfahrung. Deshalb ist MSC Praxispartner der HDBW geworden und beschäftigt fünf Studenten am Standort München. Gemeinsam werden die angehenden Ingenieure ideal auf komplexe Situationen der digitalen Produktentwicklung vorbereitet.

Im dualen Maschinenbaustudium an der HDBW können Studierende den Schwerpunkt Digitale Produktentwicklung wählen. Im Fokus stehen dabei virtuelle Entwicklungstechniken: Wie funktioniert Simulation in Konstruktion, Fertigung und Betrieb oder 3D-Druck im Prototypenbau? Die Hochschule vermittelt das Methodenwissen und alle gängigen Theorien. MSC bringt Aufgabenstellungen aus der Praxis ein und die Studenten können das an der Hochschule Gelernte unmittelbar in echten Projekten testen, üben und anwenden. Studium und Arbeit im Unternehmen sind eng miteinander verzahnt.

Von diesem dualen, praxisintegrierenden Bachelorstudium profitieren Absolventen, die Hochschule und das Unternehmen. Die Absolventen sammeln während ihrer Studienzzeit Berufserfahrung und erwerben somit einen Vorsprung am Arbeitsmarkt. Zudem übernimmt MSC die Studiengebühren und die Studenten verdienen bereits während des Studiums Geld. Die HDBW kann durch die enge Verzahnung garantieren,



NWC  **NAFEMS**
2019

17-20 JUNE | QUEBEC CITY | CANADA
A WORLD OF ENGINEERING SIMULATION

incorporating the

spdm INTERNATIONAL CONFERENCE
Simulation Process & Data Management

Die internationale Konferenz für Berechnung und Simulation in der Produktentwicklung.

Vortragsprogramm ab sofort zum Download unter:
www.nafems.org/congress

- 330 Fachvorträge in 10 parallelen Sessions
- 10 Keynotes aus Industrie und Hochschule
- 20 Short Training Courses
- 4. Int. SPDM Konferenz
- Symposia, Workshops & Diskussionsrunden
- Networking und Informationsaustausch
- Große Hard- und Softwareausstellung
- Offen für Mitglieder und Nichtmitglieder

Seien Sie mit dabei! Es gibt nichts vergleichbares!



www.nafems.org/congress

dass die Ausbildung explizit den Anforderungen der Arbeitswelt von morgen gerecht wird.

Dr. Christof Rachor, Senior Technical Manager bei MSC und verantwortlich für die Ausbildungsinitiative, freut sich: „Die Zusammenarbeit mit der HDBW schafft eine Win-Win-Situation für uns alle. Wir hoffen, viele positive Synergien zu erzeugen, die jungen Leute optimal für Ihre Zukunft zu rüsten und durch unseren Austausch zu einer anwendungsbezogenen Lehre beizutragen.“

MSC sieht die Ausbildung als Investition in die Zukunft: die Studierenden lernen den Umgang mit allen gängigen Softwareprogrammen wie MSC Nastran, Adams, Marc oder MSC Apex. Aber auch Programme wie MSC Cradle CFD für Strömungssimulationen, SimManager für Simulationsdaten- und Prozessmanagement oder das digitale Materiallabor Digimat stehen auf dem Plan. Hinzu kommt die Co-Simulation, die in Zukunft immer wichtiger werden wird. Co-Simulationen geben Ingenieuren einen ganzheitlichen Einblick in das Produktverhalten und führen zu genaueren Ergebnissen.

MSC und die HDBW arbeiten auch über den regulären Lehrbetrieb hinaus zusammen. Am 11. Juni beispielweise findet in den Räumen der HDBW in München-Riem ein Technologietag der besonderen Art statt: beim Digimat Technologietag erfahren Teilnehmer, wie mit Digimat Leichtbaukonstruktionen aus Kunststoff und Verbundwerkstoffen schneller und kostengünstiger umgesetzt werden können.

Für die universitäre Ausbildung bietet MSC außerdem besondere Softwarepakete an. Damit können Hochschulen die Vorteile des gesamten Spektrums der MSC Technologien nutzen: von Strukturanalysen und Mehrkörpersimulation über Lösungen für Akustik und additive Fertigung bis hin zu Material- und Strukturmodellierung, CFD und Datenmanagement. Die Softwarepakete werden durch

vielfältige weitere Angebote unterstützt, zum Beispiel durch die kostenlosen Lizenzen der MSC Student Edition oder Lern- und Lehrmaterialien für die Gestaltung des Unterrichts.

Weitere Informationen:
www.hdbw-hochschule.de/maschinenbau-studium
www.mscsoftware.com/de/academia
https://pages.mscsoftware.com/DigimatTechDay_Registration.html

MSC Apex Iberian Lynx Feature Pack 1: Automatisierter Prozess für Flugzeugentwürfe

MSC Software, Anbieter von CAE-Simulationssoftware und Dienstleistungen, stellt das neue Iberian Lynx Feature Pack 1 für MSC Apex vor. Dieses Feature Pack bereichert die Version Iberian Lynx um spezielle Skripting-Funktionalitäten, mit denen Anwender automatisch Flugzeug-Konzeptmodelle erstellen können. Der Entwurf von Flugzeugen ist eine besondere Herausforderung für Hersteller, denn die Ingenieure fangen hier bei null an. Beim effizienten konzeptionellen Entwurf kommt es darauf an, dass die Anwender rasch Designiterationen für viele verschiedene Varianten durchführen und Trends erkennen können - lange bevor sie zu aufwendigeren, detaillierten Modellen übergehen. MSC Apex meistert diese Herausforderung, indem automatisch viele Varianten eines Designs erzeugt werden.

MSC Apex verfügt generell über eine leistungsfähige Skripting-Umgebung, die bei der Erzeugung von Varianten zum Tragen kommt. Ingenieure können Gesamtflugzeugmodelle automatisch erstellen lassen - basierend auf benutzerdefinierten Parametern, vordefinierten Rumpfabschnitten und vereinfacht abgebildeten Stringern, Spanten und Rahmen. Modellimport, Partitionierung, Vernetzung, Verbindung von Baugruppen, Zuweisung von Eigenschaften, Lastfalldefinition, Berechnung und Postprocessing sind vollständig automatisiert.

Pythonskripte lassen sich mit MSC Apex leicht für vielfältige Entwicklungszwecke modifizieren. Die Software eignet sich darüber hinaus gut zur Erfassung von technischem Wissen und die Anbindung von PLM-Datenbanken. So kann ein rechenbereites Modell für MSC Nastran aufgebaut werden. Der Einsatz von MSC Apex beim Entwurf von Luftfahrzeugen hat Vorteile auf vielen Ebenen. Den Ingenieuren steht ein hocheffizientes Softwaretool zur Verfügung. Zudem entstehen weniger Kosten für Konzeptüberarbeitung, manuelle Entwurfsprozesse und mögliche menschliche Fehler.

„Mit dieser neuartigen Umgebung - innerhalb der bewährten innovativen Apex-Benutzeroberfläche - können die Ingenieure effizienter Konzeptmodelle für das Gesamtflugzeug erstellen“, freut sich Hugues Jeancolas, Vice President Produktmanagement bei MSC. „Dies ist ein weiterer Teil der fortlaufenden Initiative von MSC, die Simulation zu einem früheren Zeitpunkt im Designprozess einzubringen.“

Das MSC Apex Feature Pack richtet sich vor allem an Ingenieure, die an Konzeptmodellen für Verkehrs- oder Militärflugzeuge, Trägerraketen oder Schiffen arbeiten.

Mehr Informationen zum MSC Apex Iberian Lynx Feature Pack 1:
<https://www.youtube.com/watch?v=qxack4yf2QE>

www.mscsoftware.com



SIEMENS PLM SOFTWARE

Siemens erweitert branchenführendes Simcenter- Simulations- und Testangebot durch Übernahme von Saab Medav

Siemens hat eine Vereinbarung über den Erwerb von NVH-Qualitätsprüfanlagen von Saab Medav Technologies GmbH, unterzeichnet. Das Unternehmen ist globaler Experte für hochmoderne Signalverarbeitung, Kommunikationsintelligenz und -analyse im Zusammenhang mit Luft, Land- und Marineanwendungen. Darüber hinaus hat sich Saab Medav auf NVH-Lösungen für industrielle Qualitätsprüfungen spezialisiert. Die einzigartigen NVH-Testlösungen zur Qualitätsprüfung haben einen hohen Bekanntheitsgrad erreicht. Im Bereich der abschließenden Qualitätsprüfung von Verbrennungsmotoren, Getrieben, Elektromotoren und motorbetriebenen Komponenten sowie Systemen kommen sie häufig als Best-Practice-Methoden zum Einsatz.

Mit der Übernahme der Lösungen von Saab Medav kann Siemens sein Simcenter-Portfolio an Testlösungen für Forschung und Entwicklung um ein integriertes Lösungspaket für die finale NVH-Qualitätsprüfung in der Produktion ergänzen. Die Technologie und das Team von Saab Medav werden in den Siemens-Geschäftsbereich PLM Software, Teil der Siemens-Division Digital Factory, integriert. Sie erweitern das Simcenter-Geschäft für Simulations- und Testlösungen.

Mit zunehmendem Druck zur Qualitätsverbesserung steigt der Bedarf an finalen NVH-Prüfungen für Produkte wie Elektromotoren, Verbrennungsmotoren, Getriebe, Achsen und Turbolader in der Automobil- und Transportindustrie. Das steigende Interesse an Elektrofahrzeugen mit niedrigen Geräuschpegel und fehlenden Maskierungseffekten verstärkt diese Entwicklung. „Mit der Integration von Lösungen für NVH-Qualitätsprüfung von Saab Medav erhalten Kunden von Siemens die Möglichkeit, den digitalen Zwilling ihres Produktes mit kontinuierlichen

Qualitätskontrollinformationen aus der Fertigung zu bereichern. Dies gibt einzigartige Einblicke darüber, wie Produktionstechnologie und Variabilität in Fertigungslinien die Qualität des Endprodukts beeinflussen“, erklärt Jan Leuridan, Senior Vice President, Simulation & Test Solutions, Siemens PLM Software. „Die Technologie liefert direkte Informationen zur Analyse von konzeptbedingten Ursachen und Einflüssen, die bei der Herstellung bestehen und bringt Einsichten für Konzeptänderungen während der Produktentstehung. Durch die Schaffung eines kontinuierlichen Datenaustausches zwischen Produktion und Produktentwicklung wird eine direkte Rückkopplung zu den Anforderungen für zukünftige Produkte ermöglicht.“

„Siemens ist einer der Markt- und Technologieführer, wenn es um NVH-testbasierte Entwicklung und Simulation geht. Die Kombination aus testbasierten Erprobungstechnologien von Siemens und End-of-Line-Testing-Technologie (die Überprüfung der gesamten Funktionalitäten

des Produktes) von Saab Medav wird eine starke Basis für zukünftige Innovationen in beiden Anwendungsbereichen bilden“, so Olaf Strama, Head of NVH department bei Saab Medav. „Wir sind davon überzeugt, dass unsere Kunden als Teil von Siemens von einem branchenführenden Entwicklungsteam aus NVH-Testtechnologien und -lösungen profitieren werden, das ein umfangreiches Portfolio an Systemen und Software für die Datenerfassung und Smart Data Analytics umfasst. Die globale Reichweite von Siemens wird unsere Kunden in allen wichtigen Produktionsbereichen weltweit betreffen. Das ermöglicht es uns, unsere gesamte Marktposition zu stärken.“

Die Transaktion ist bis zum Abschluss im zweiten Quartal 2019 geplant. Die Parteien haben vereinbart, keine

finanziellen Details der Transaktion bekannt zu geben.

Kooperation mit Automobilverband FIA für mehr Sicherheit bei Rallye- Veranstaltungen

Die Fédération Internationale de l'Automobile (FIA), der internationale Automobil-Dachverband, und Siemens wollen gemeinsam die Sicherheit von Zuschauern und Fahrern bei Rallye-Veranstaltungen in der ganzen Welt verbessern. Die Partnerschaft haben Siemens und die FIA auf dem Internationalen Automobil-Salon in Genf bekanntgegeben. Im Rahmen des Projekts soll evaluiert werden, wie Software-Lösungen der beiden Siemens-Geschäftseinheiten Mobility und PLM Software Gefahren für die Zuschauer an gefährlichen Punkten der Rennstrecke rechtzeitig erkennen können. Die Rennorganisatoren und

Fahrer soll es so ermöglicht werden, präventive und/oder unmittelbare Maßnahmen zu treffen und so Unfälle zu vermeiden. Dafür wird die FIA künftig das Know-how von Siemens im Bereich Softwarelösungen für intelligente Infrastrukturen in autonomen und vernetzten Fahrzeuganwendungen einsetzen. Die Ergebnisse des Projekts fließen unmittelbar in die Verbesserung der Fußgängersicherheit in den Städten ein.

www.siemens.com/plm

Weimarer Optimierungs- und Stochastiktage

06.- 07.06. Weimar, D www.dynardo.de Dynardo

Composites Convention

12.-13.06. Stade, D www.carbon-composites.eu CFK Valley

Automatisierte Fertigung im Bauwesen von Bauteilen mit Polymermatrix und Betonmatrix

13.06. Innsbruck,A www.carbon-composites.eu CCeV

NAFEMS World Congress inc. the Int. SPDM Conference

17.-20.06. Quebec City, CAN www.nafems.org/congress NAFEMS



NWC
 NAFEMS
NAFEMSWORLD CONGRESS 2019
 17-20 JUNE | QUEBEC CITY | CANADA
 A WORLD OF ENGINEERING SIMULATION

incorporating the
spdm INTERNATIONAL CONFERENCE
 Simulation Process & Data Management

Herausforderung CFK in der Medizinbranche

18.06. Duderstadt, D www.carbon-composites.eu Carbon Composites e.V

70 Jahre Zukunftsforschung bei Fraunhofer

27.06. Darmstadt, D www.rhein-main.fraunhofer.de Fraunhofer

Cadferm Ansys Simulation Conference

16.-17.10 Kassel, D www.simulation-conference.com Cadferm

Wissenschaftstag: Flugzeugzertifizierung der Zukunft

24.10. Braunschweig, D www.DLR.de/FA DLR

Mentor User Conference

04.11. München, D www.mentor.com Mentor

ESI Forum in Deutschland 2019

06.-07.11. Berlin, D www.esi-group.com ESI

NAFEMS Kurs:

Master Course V&V: Verification and Validation in Engineering Simulation – Building Simulation Credibility in an Industrial Context

06.-07.11. München, D www.nafems.org/vav19-2 NAFEMS

NAFEMS Kurs:

Festigkeitsnachweis mit der FKM-Richtlinie

tba - Nov., Wiesbaden, D www.nafems.org NAFEMS

NAFEMS Seminar:

Konstruktionsnahe CFD-Berechnung

11.-12.11. Wiesbaden, D www.nafems.org/cfd19 NAFEMS

NAFEMS Seminar:

Multiphysikalische Simulationen in der Entwicklung von E-Motoren

13.-14.11. Wiesbaden, D www.nafems.org/e-motor19 NAFEMS

NAFEMS Nordic Seminar: CAE in Support of Sustainability and Durability

25.-26.11. Billund (LEGO House), DK www.nafems.org/billund19 NAFEMS

Weitere Veranstaltungen: www.nafems.org/events

Numerische Simulation von Schnappverbindungen aus Kunststoff mit Fokus auf ein geeignetes Materialmodell

Dr. Maik Brehm¹, Ferdinand Lang¹, Prof. Dr. Achim Frick², Robert Boßler²

¹ Merkle & Partner GbR

² Hochschule Aalen, Institute of Polymer Science and Processing (iPSP)

Kunststoffe sind heute aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken. Neben einstellbaren Eigenschaften ist die kostengünstige Herstellung von Formteilen im Spritzgussverfahren möglich, die gleichzeitig eine Funktionsintegration ohne maschinelle Nachbearbeitung bietet. In der Industrie werden z.B. Schnappverbindungen aus Kunststoffen eingesetzt, die simulativ berechnet werden sollen. Es wird untersucht, wie sich die Materialmodelle der Prony-Reihe in Kombination mit dem 2-Parameter Mooney-Rivlin Modell, das Bergstrom-Boyce Modell und das Modell der kinematischen Verfestigung bezüglich der Simulation einer Ring- und Gelenkschnappverbindung aus Polyoxymethylen (POM) eignen. Es kann gezeigt werden, dass die Montage- und Demontagekräfte mit allen drei Materialmodellen gute Ergebnisse liefern. Bei der Auswertung von Spannungen und Dehnungen, vor allem Dehnungen unmittelbar nach der Demontage, zeigt sich nur die Prony-Reihe in Kombination mit dem Mooney-Rivlin Modell als geeignet.

1 Einleitung

Die noch vor kurzem als minderwertig geltenden polymeren Werkstoffe haben sich heute zu Hightech-Materialien in großer Vielfalt entwickelt. Auch unter dem Aspekt des Leichtbaus sind sie unabdingbar geworden. Unter dem Gesichtspunkt einer ganzheitlichen Entwicklung von Strukturbauteilen aus Kunststoff verwundert es daher nicht, dass auch die Simulation hier eine immer größere Rolle spielt. In der Industrie werden z.B. Schnappverbindungen aus Kunststoffen eingesetzt, die simulativ berechnet werden sollen. Kunststoffe weisen eine Reihe werkstoffspezifischer Eigenschaften auf, die sich zwar oft auch bei Metallen finden, aber bei üblichen Anwendungstemperaturen bei diesen nicht auftreten. So können Kunststoffe bereits bei Raumtemperatur ein ausgeprägt viskoelastisches Verhalten zeigen. Im Alltag des Berechnungsingenieurs finden meist einfach anzuwendende Materialmodelle, wie das linear-elastische Materialmodell oder das Modell der multilinearen kinematischen Verfestigung, Anwendung.

In dieser Untersuchung soll die Eignung dreier Materialmodelle zur Simulation einer Schnappverbindung aus POM überprüft werden, das 2-Parameter Mooney-Rivlin Modell in Kombination mit der Prony-Reihe (Rivlin/Prony), das Bergstrom-Boyce Modell und das Modell der multilinearen kinematischen Verfestigung. Zum Kalibrieren der Modellparameter werden Zug- und Relaxationsversuche an spritzgegossenen Probekörpern aus dem thermoplastischen Kunststoff POM durchgeführt. Weiterhin werden Montage-Demontage-Versuche an einer Gelenkschnappverbindung durchgeführt und Montage-Demontage-Kräfte mit der Simulation verglichen. Die Simulation wird in *Ansys WB* [1] durchgeführt.

2 Materialmodelle

Die Prony-Reihe besteht aus parallelgeschalteten Maxwell-Elementen. Die Feder eines Elementes besitzt eine Steifigkeit E_i , der Dämpfer dabei eine Viskosität μ_i . Die Steifigkeit E_∞ ist die Steifigkeit bei einer unendlich langen Belastungszeit.

Die zeitabhängige Gesamtsteifigkeit kann durch eine Summe mehrerer e-Funktionen beschrieben werden.

$$E(t) = E_0 \left[1 - \sum_{i=1}^N \alpha_i \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_i}} \right) \right] \quad (1)$$

Dabei ist τ_i die Relaxationszeit eines Maxwell-Elements und α_i der Relativmodul. Die Variable t ist die Belastungszeit, E_0 ist der Ursprungsmodul bei plötzlicher Belastung. Der Index i beschreibt die Anzahl der Maxwell-Elemente. In Abb. 1 ist das Schema generalisierter Maxwell-Elemente und eine damit beschreibbare Steifigkeit in Abhängigkeit der Zeit dargestellt.

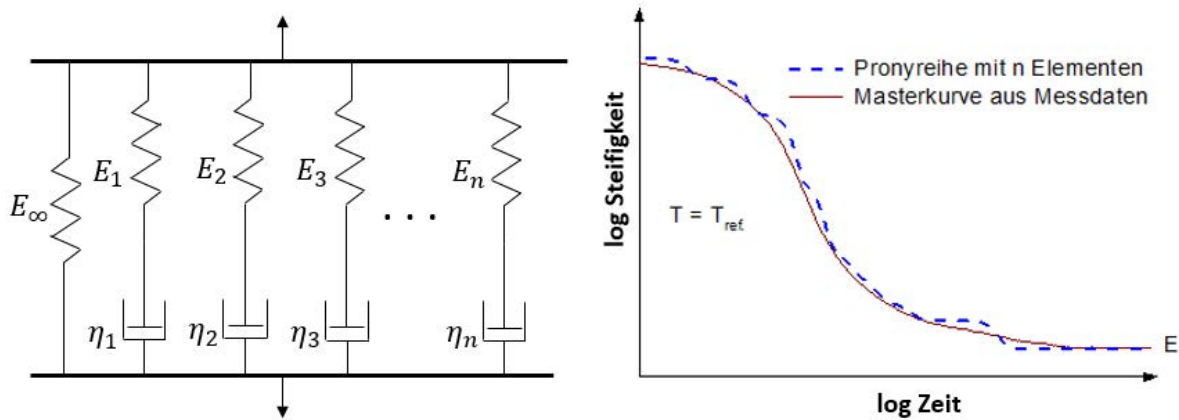


Abb. 1: Generalisierte Maxwell-Elemente der Prony-Reihe und ein damit beschreibbarer typischer Verlauf der Steifigkeit eines viskoelastischen Werkstoffs in Abhängigkeit der Zeit [2, S. 67].

Um dem Materialverhalten von POM gerecht zu werden, wird die Prony-Reihe mit einem 2 Parameter Mooney-Rivlin Modell kombiniert, welches dem degressiven Kurvenverlauf der Spannungs-Dehnungs-Kurve gerecht wird. Die Formänderungsenergie des Mooney-Rivlin Modells mit zwei Parametern wird gegeben durch

$$W = c_{10}(I_1 - 3) + c_{01}(I_2 - 3) + \frac{1}{D}(J - 1)^2. \tag{2}$$

Dabei sind I_1 und I_2 die Invarianten des Cauchy-Green-Tensors. Die Variable J ist die Determinante des Deformationsgradienten F . Die Materialparameter c_{10} und c_{01} definieren den Schubmodul G (Formel (3)).

$$G = 2(c_{10} + c_{01}). \tag{3}$$

Der Parameter D aus Formel (2) ist direkt abhängig vom Kompressionsmodul.

Das in erster Linie für Elastomere und flexible biologische Materialien entwickelte Bergstrom-Boyce Modell ist aus zwei parallelen Netzwerken A und B aufgebaut. Netzwerk A beinhaltet dabei das nichtlineare hyperelastische Arruda-Boyce Materialgesetz, häufig auch Eight-Chain-Modell genannt. Netzwerk B ist eine serielle Verkettung aus dem Eight-Chain-Modell und einem Dämpferelement, dem nicht-linearen viskosen Anteil [3]. Der Spannungszustand in Netzwerk A wird aus dem Arruda-Boyce Modell durch Formel (4) repräsentiert.

$$\sigma_A = \frac{1}{J_A} \frac{\mu_A}{3} \frac{L^{-1}(\bar{\lambda}_A^* / \lambda_A^{lock})}{\bar{\lambda}_A^* / \lambda_A^{lock}} dev[\tilde{B}_A^*] + K[J_A - 1]\tilde{I}. \tag{4}$$

Dabei ist μ_A der Anfangs-Schubmodul des Netzwerkes A , λ_A^{lock} ist die limitierende Kettenstreckung im Polymer, K ist der Kompressionsmodul. Die Variable J_A ist die Determinante des Deformationsgradienten F . Weiterhin gilt $\tilde{B}_A^* = J^{-2/3} \tilde{F} \tilde{F}^T$, für den Verzerrungsanteil des linken Cauchy-Green-Tensors und $\bar{\lambda}_A^* = \sqrt{\text{tr}[\tilde{B}_A^*]} / 3$ die tatsächliche Kettenstreckung. L^{-1} ist die Inverse der Langevin-Funktion. Der Kompressionsmodul wird beim Fitten über den Parameter D bestimmt. Die Spannungen im Netzwerk B werden beschrieben durch Formel (5).

$$\sigma_B = \frac{1}{J_B^e} \frac{\mu_B}{3} \frac{L^{-1}(\bar{\lambda}_B^* / \lambda_B^{lock})}{\bar{\lambda}_B^* / \lambda_B^{lock}} dev[\tilde{B}_B^{e*}] + K[J_B^e - 1]\tilde{I} \tag{5}$$

Es gelten die Beschreibungen der Variablen analog zu Netzwerk A . Die gesamte Cauchy-Spannung ergibt sich aus der Addition von σ_A und σ_B .

Das Materialmodell steht über ein APDL Kommando in *Ansys WB* zur Verfügung. Die Parameter des Materialmodells werden mit der Software *MCalibration* kalibriert.

Das Materialmodell der multilinearen kinematischen Verfestigung besteht im einfachsten Fall aus einer Feder bzw. Steifigkeit E_1 , in Serie mit einer parallelgeschalteten Feder E_2 mit Reibelement. Die Parallelschaltung ist für den plastischen Dehnungsanteil verantwortlich, die Feder E_1 für den elastischen Anteil. Die Spannung ergibt sich aus Formel (6).

$$\sigma = \sigma_{reib} + E_2 \cdot \varepsilon_{pl} = E_1 \cdot \varepsilon_{el} \tag{6}$$

Zum Kalibrieren der Materialmodelle werden Zugversuche an spritzgegossenen Probekörper nach *DIN ISO 527-1/2: Typ 5A* (Probendicke: 1,1 mm) aus einem POM Copolymer von *Celanese* durchgeführt. Es finden Messungen mit zwei verschiedenen Dehnraten, zwei Belastungsniveaus und unter zyklischer Belastung statt. Außerdem wird ein Relaxationsversuch zum Fitten der Parameter der Prony-Reihe durchgeführt. Mit einem virtuellen Zugversuch des Zugstabes in der Simulation, wird der Fit überprüft.

In Abb. 2 sind die experimentell ermittelten Spannungs-Dehnungs-Verläufe der zyklischen Zugversuche jeweils vergleichend mit der Prony-Reihe in Kombination mit dem Mooney-Rivlin Modell, dem Bergstrom-Boyce Modell und dem Modell der multilinearen kinematischen Verfestigung dargestellt.

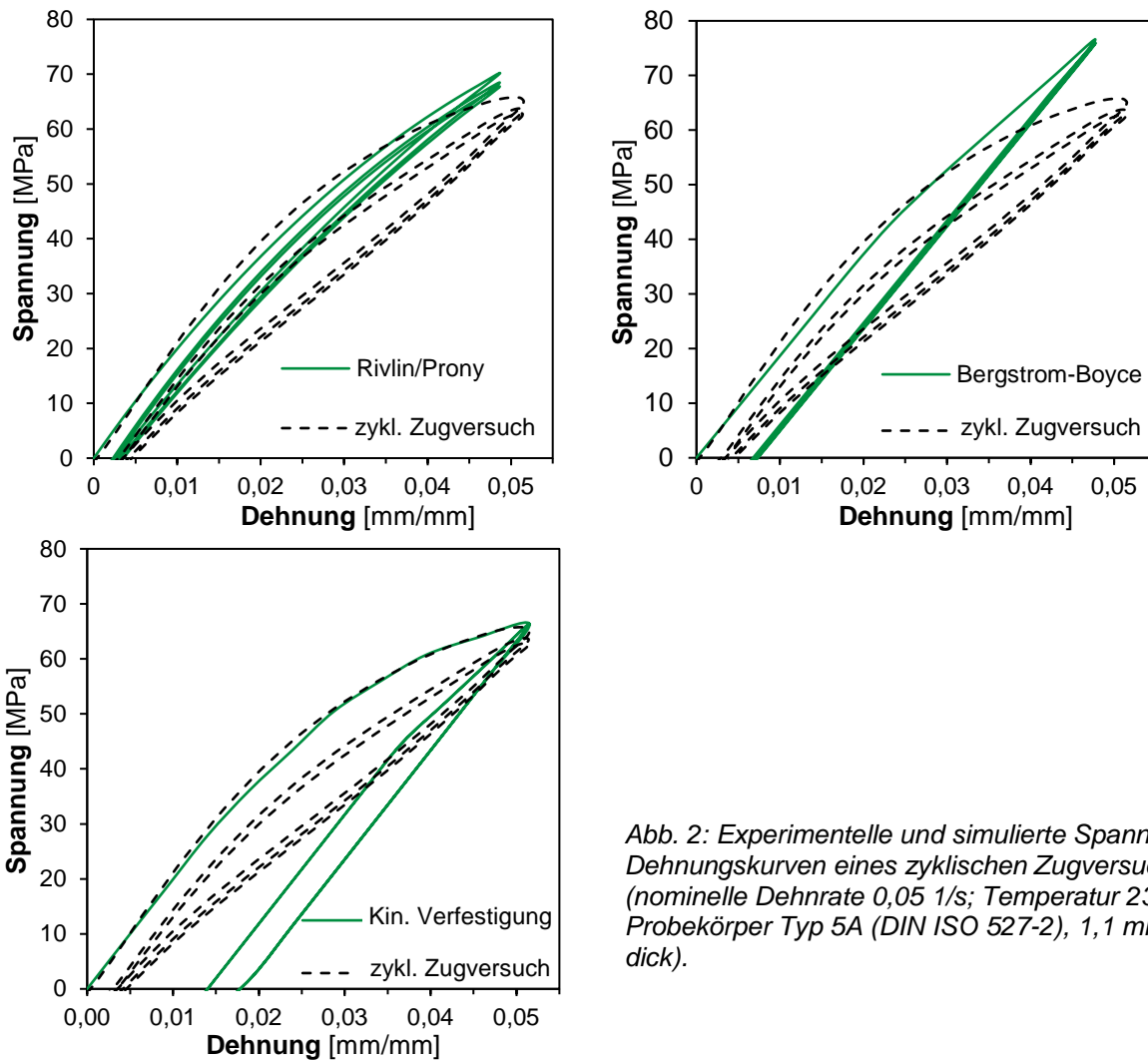


Abb. 2: Experimentelle und simulierte Spannungs-Dehnungskurven eines zyklischen Zugversuchs (nominelle Dehnrade 0,05 1/s; Temperatur 23°C; Probekörper Typ 5A (DIN ISO 527-2), 1,1 mm dick).

Die kinematische Verfestigung stellt wie zu erwarten die erste Belastungskurve mit einer mittleren Abweichung von 2,1 % sehr gut dar, liefert aber zu hohe bleibende Dehnungen, die etwa um den Faktor vier größer sind als im Versuch. Die erste Entlastungskurve wird außerdem unzureichend abgebildet.

Das Bergstrom-Boyce Modell weicht bei der ersten Belastungskurve durchschnittlich um 7,8 % vom Versuch ab. Allerdings treten vor allem bei höheren Spannungen und Dehnungen größere Abweichungen auf. Bei einer Dehnung von 4,8 % weichen die Spannungen um 17,8 % ab. Die Dehnungen unmittelbar nach einer Entlastung sind doppelt so hoch wie im Versuch.

Das Prony/Rivlin Modell bietet einen guten Kompromiss aus Belastungskurve und bleibenden Dehnungen. Die Entlastungskurve wird jedoch nicht zufriedenstellend abgebildet. Die mittleren Abweichungen der ersten Belastungskurve betragen 5,2 %.

Die gefitteten Materialmodelle werden nachfolgend für die Untersuchungen an einer Ringschnappverbindung und einer Gelenkschnappverbindung verwendet.

3 Untersuchungen an einer Ringschnappverbindung

Beim Montagevorgang der Schnappverbindung wird eine Kugel mittels drei Schnapphaken arretiert. Die Geometrie der Ringschnappverbindung hat einen Durchmesser von 10 mm, die Symmetrie wird in der Simulation über eine Symmetriebedingung genutzt. Das FE-Netz, die Geometrie und die Randbedingungen sind in Abb. 3 dargestellt.

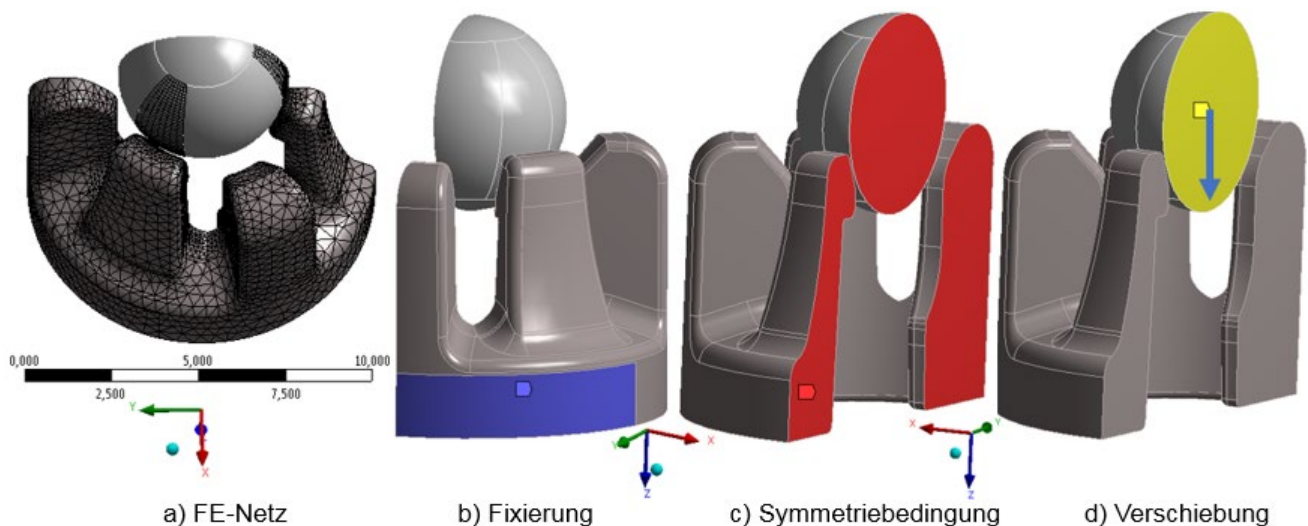


Abb. 3: FE-Netz, Geometrie (halbsymmetrisch) und Randbedingungen bei der Montage-Demontagesimulation einer Ringschnappverbindung.

In Abb. 4 ist die Kraft-Weg-Kurve mit den drei Materialmodellen für die Ringschnappverbindung dargestellt.

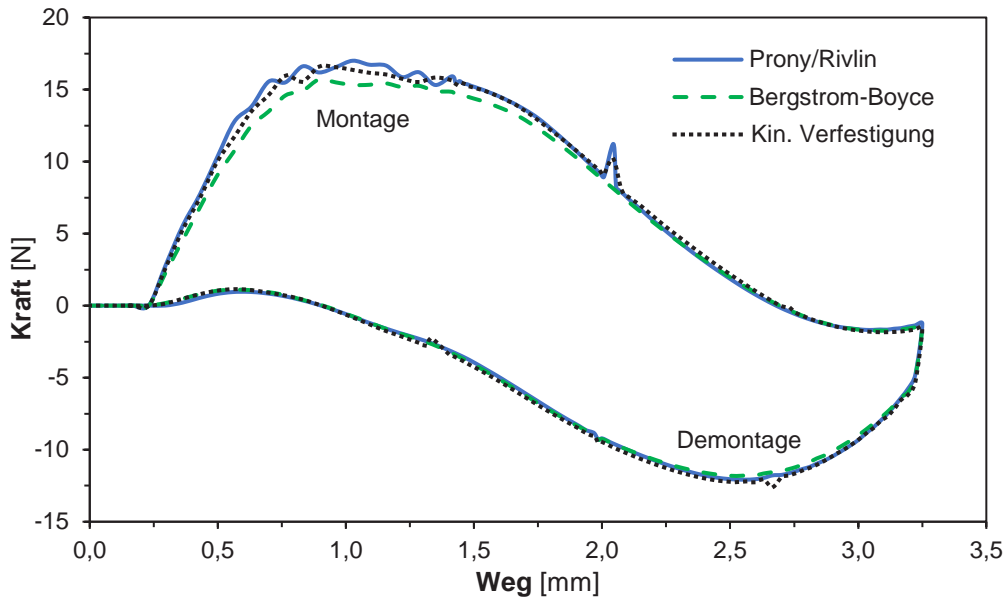


Abb. 4: Kraft-Weg-Kurven des Montage-Demontagevorgangs der Ringschnappverbindung, simuliert mit den drei Materialmodellen.

Es gibt nur geringe Unterschiede bei den Montage-Demontagekräften von max. 7 %. Bei den Dehnungen unmittelbar nach der Demontage gibt es jedoch größere Differenzen (Abb. 5). Das Modell der kinematischen Verfestigung liefert mit Abstand die größten bleibenden Dehnungen. Das Prony/Rivlin und das Bergstrom-Boyce Modell liefern ähnlich große Dehnungen.

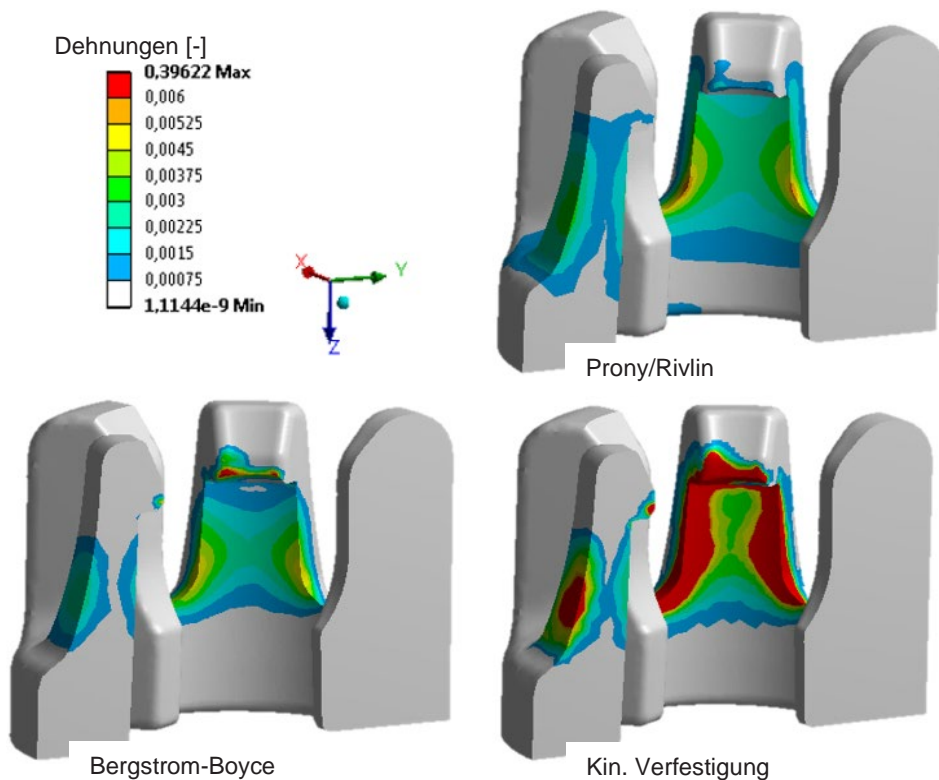


Abb. 5: Dehnungen [-] unmittelbar nach der Demontage, berechnet mit der Prony-Reihe in Kombination mit einem Mooney-Rivlin Modell, dem Bergstrom-Boyce-Modell und dem Modell der multilinearen kinematischen Verfestigung.

4 Untersuchungen an einer Gelenkschnappverbindung

Weiterhin wird eine Gelenkschnappverbindung untersucht. Hier wird, neben der numerischen Untersuchung, auch ein Montage-Demontage-Versuch zur Validierung der Simulationsergebnisse durchgeführt. Dabei wird der zurückgelegte Weg s , sowie die Kraft F gemessen (Abb. 6). Die Gelenkschnappelemente werden in einer eigens dafür konstruierten Halterung eingespannt und auf einer Universalprüfmaschine Zwick Roell Typ Z005 montiert und demontiert [4].

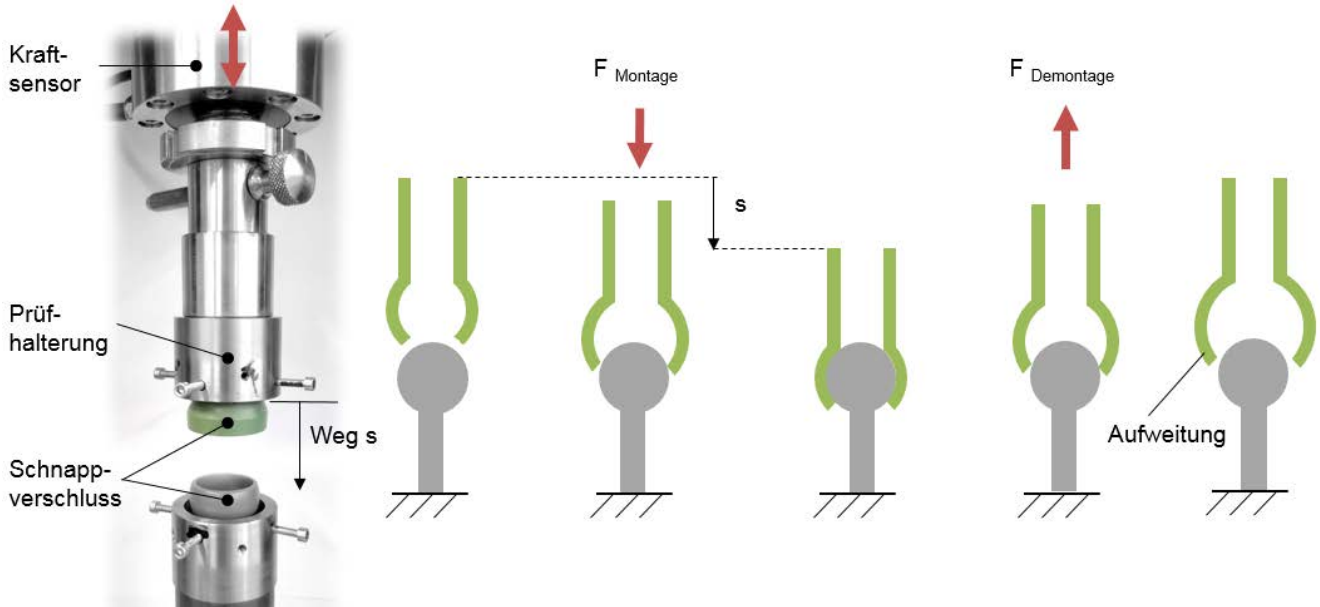


Abb. 6: Experimenteller Aufbau zur Messung von Montage-Demontagekräften an einer Gelenkschnappverbindung.

Äquivalent dazu wird eine FE-Simulation durchgeführt. Die Geometrien, das FE-Netz sowie die Randbedingungen für die Montage-Demontagesimulation sind in Abb. 7 dargestellt.

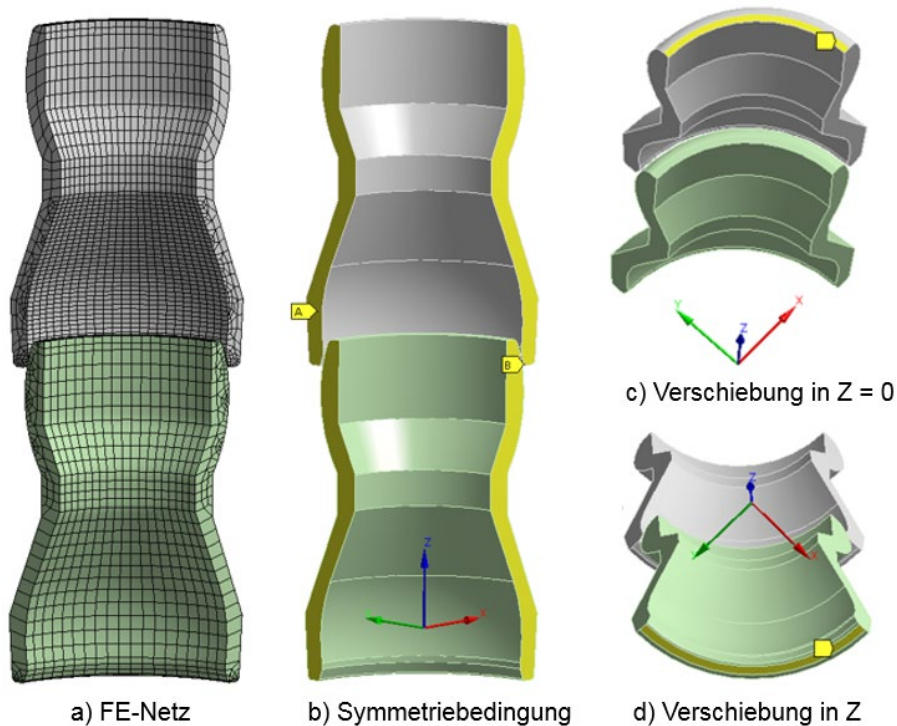


Abb. 7: FE-Netz, Geometrie (viertelsymmetrisch) und Randbedingungen bei der Montage-Demontagesimulation der Gelenkschnappverbindung.

Es wird ein reibungsbehafteter Kontakt ($\mu = 0,25$) zwischen Kugel und Schnapphaken definiert. Die Elementgröße der Vernetzung beträgt 0,5 mm, an den Kontaktflächen wird feiner vernetzt. Bei der Montage der Gelenkschnappverbindung wird jeweils der obere Teil eines Segmentes in den unteren Teil eines zweiten Segmentes gepresst. Die Symmetrie der Gelenkschnappverbindung wird in Form einer Viertelgeometrie genutzt. Die obere Fläche des oberen Gelenkschnappelements wird mit einer Verschiebung in negative Z-Richtung beaufschlagt, die Verschiebung der unteren Fläche des unteren Gelenkschnappsegments wird in Z-Richtung gesperrt, vgl. Abb. 7 c) und d).

In Abb. 8 sind die relativen Kraft-Weg-Kurven für die simulierte und experimentell durchgeführte Montage und Demontage der Gelenkschnappverbindung dargestellt.

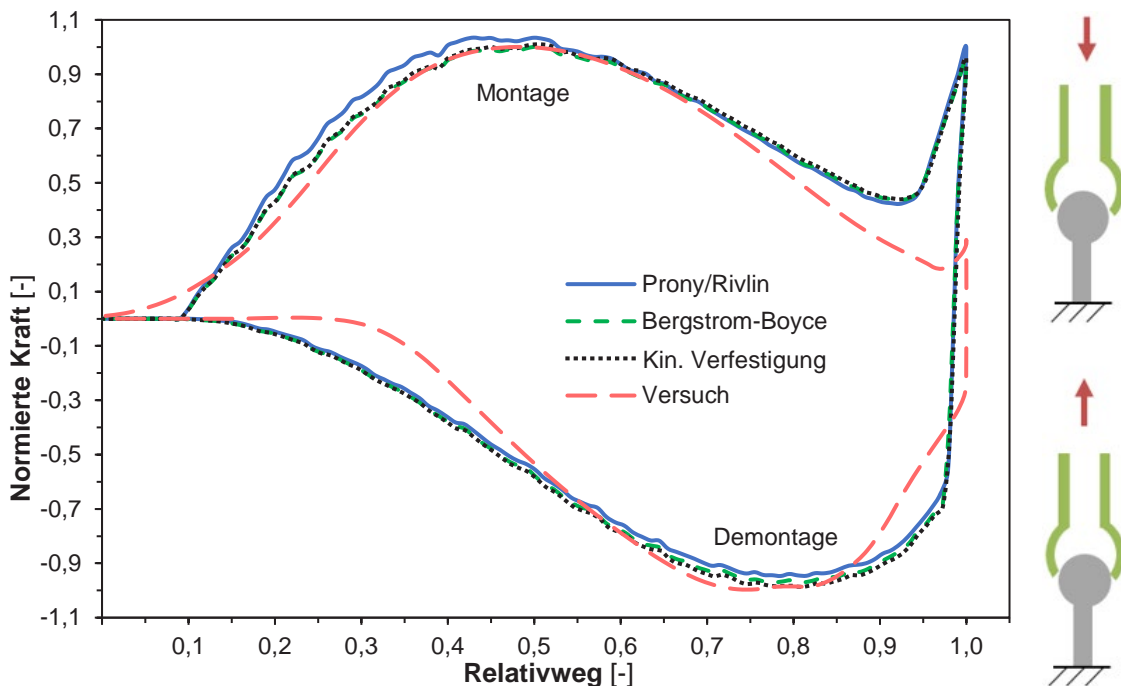


Abb. 8: Simulierte und experimentell gemessene relative Kraft-Weg-Kurven des Montage-Demontage Vorgangs des Gelenkschlauchsegments.

Es kann auch hier gezeigt werden, dass sich mit allen drei Modellen die Reaktionskräfte gut berechnen lassen. Mit Ausnahme der Anfangs- und Endbereiche liefert die Simulation mit allen drei Materialmodellen gute Ergebnisse. In Abb. 9 sind die Abweichungen der Montage- und Demontagekräfte bezüglich des Weges grafisch dargestellt.

Wird die Gelenkschnappverbindung nach einer Demontage unmittelbar ein zweites Mal montiert und demontiert liefert das Bergstrom-Boyce Modell keine realistischen Werte mehr, da die Montage- und Demontagekräfte exakt gleich prognostiziert werden. Das Modell der multilinearen kinematischen Verfestigung zeigt bei mehreren Zyklen Konvergenzprobleme und bietet keine Zeitabhängigkeit. Die mit dem Prony/Rivlin Modell erzielten Ergebnisse bei zwei Zyklen sind in Tab. 1 dargestellt.

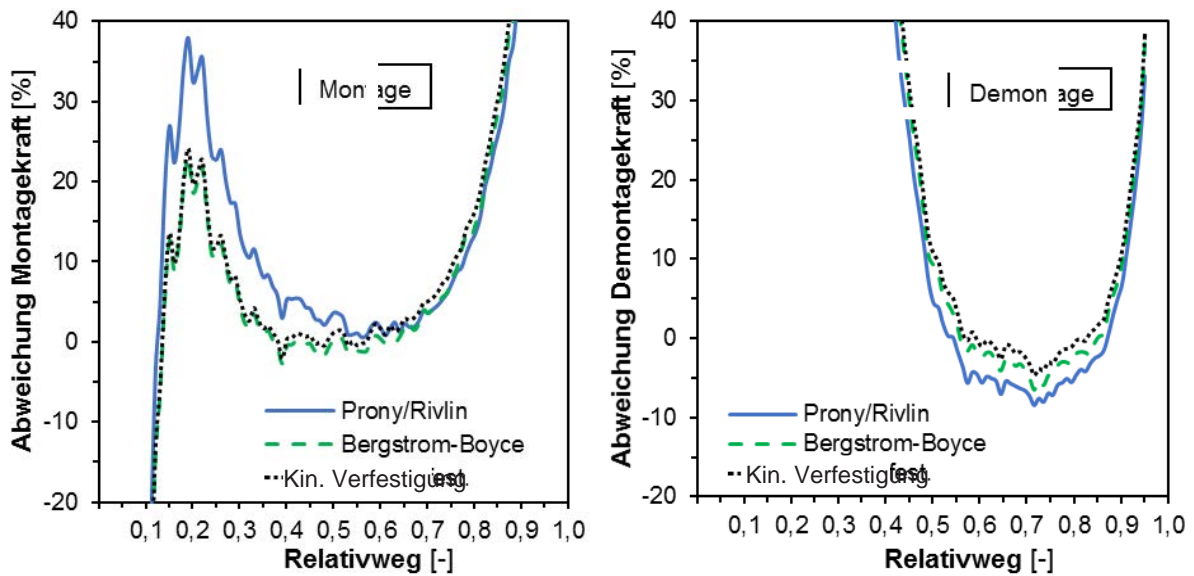


Abb. 9: Prozentuale Abweichungen der Montage- und Demontagekräfte der Materialmodelle vom Versuchsergebnis ohne Anfangs- und Endwerte, abhängig vom relativen Montageweg.

Tab. 1: Vergleich berechneter Montage-Demontagekräfte mit dem Mooney-Rivlin Modell in Kombination mit der Prony-Reihe (Prony/Rivlin) und Versuchsergebnissen.

Max. relative Kraft [-]				
Zyklus	Vorgang	Simulation	Versuch	Abweichung [%]
1	Montage	1,03	1	-3,0
	Demontage	0,95	0,99	4,0
2	Montage	0,99	0,87	13,5
	Demontage	0,93	0,92	1,1

Die Abweichungen bei der zyklischen Montage-Demontageberechnung liegen mit Ausnahme der zweiten Montagekraft unter 4 %. Zu erkennen sind die geringeren Montage-Demontagekräfte beim zweiten Zyklus. Diese Tendenz lässt sich mit den anderen beiden Materialmodellen nicht mehr sinnvoll abbilden.

5 Diskussion

Alle drei Materialmodelle eignen sich zur Simulation eines Montage-Demontagevorgangs, sofern nur Reaktionskräfte im ersten Montage-Demontage-Zyklus von Interesse sind. Da das Material nur an wenigen Stellen größere Dehnungen erfährt, in denen sich die Materialmodelle signifikanter unterscheiden, wird der Großteil der Kräfte durch das Material generiert, das geringere Dehnungen aufweist. Hier unterscheiden sich die Steifigkeiten der Materialmodelle nicht so stark. Bei zweifach zyklischen Montage-Demontagevorgängen, können nur noch mit der Kombination aus der Prony-Reihe und dem Mooney-Rivlin Modell (Prony/Rivlin) gute Ergebnisse erzielt werden. Das Bergstrom-Boyce Modell liefert aufgrund sehr langer Relaxationszeiten die immer gleichen Montage- und Demontagekräfte. Man merkt hier dem Modell die ursprüngliche Verwendung zur Abbildung des Materialverhaltens von Elastomeren an. Aufgrund der sehr schwierigen Kalibrierung können keine besseren Ergebnisse erzielt werden. Das Modell der kinematischen Verfestigung besitzt keine Zeitabhängigkeit und liefert hier ebenfalls die gleichen Kräfte bei einer mehrfach zyklischen Montage-Demontage. Es lässt sich zwar sehr einfach kalibrieren, bei mehreren Zyklen können jedoch schnell Probleme mit der Konvergenz auftreten.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Bei der Berechnung von Schnappverschlüssen sind Montage-Demontage-Kräfte, sowie Dehnungen unmittelbar nach der Montage oder Demontage von Interesse. Die Untersuchungen fokussieren die Wahl des Materialmodells am Beispiel von zwei verschiedenen Schnappverschlüssen. Als Referenz wird eine experimentell ermittelte Kraft-Weg-Kurve an einem der zwei Schnappverschlüsse herangezogen.

Sollen Spannungen und Dehnungen des Schnappverschlusses ausgewertet werden, liefert bei der ersten Belastung die multilinear kinematische Verfestigung die genauesten Ergebnisse. Bei der Entlastung werden jedoch viel zu große Dehnungen angezeigt. Das Bergstrom-Boyce Modell berechnet bei größeren Dehnungen zu hohe Spannungen. Bei der Entlastung zeigt es einen nahezu linearen Rückgang der Spannungen und Dehnungen. Bei mehreren Zyklen ändern sich die Spannungen und Dehnungen nicht mehr. Die Prony-Reihe in Kombination mit einem 2 Parameter Mooney-Rivlin Modell liefert nach einer Entlastung hier durchgehend, auch bei mehreren Zyklen, die genauesten Dehnungen.

Bei globalen Größen wie Montage- und Demontagekräften sind die Abweichungen gering. Zumindest bei einmaligem Montage-Demontage Vorgang liefern alle untersuchten Materialmodelle gute Ergebnisse. Für einen zweifachen unmittelbar aufeinanderfolgenden Montage-Demontage Vorgang eignet sich hier die Kombination aus der Prony-Reihe und dem Mooney-Rivlin Modell (Prony/Rivlin) am besten.

Weitere Untersuchungen können auf die experimentelle Messung von lokalen Größen, z. B. Dehnungen, abzielen, um diese direkt mit den Simulationsergebnissen zu vergleichen.

Im Falle oft wiederholender Montage-Demontage-Vorgänge steht die genauere Abbildung des mehrfach zyklischen Materialverhaltens im Zentrum möglicher Untersuchungen. Im Rahmen dessen ist auch die experimentelle Ermittlung der Zeitabhängigkeit über längere Zeiten daher von Relaxations- und Kriechvorgänge, sowie dessen Abbildung und Berücksichtigung im Materialmodell wichtig. Als Ansatz können hier zudem Materialmodelle verwendet werden, die zwar in der Regel nicht in konventionellen FE-Programmen zur Verfügung stehen, aber speziell auf das Materialverhalten von Thermoplasten abgestimmt sind. Zu nennen sind hier das Hybrid-Modell oder das Three-Network-Modell [5].

7 Literatur

- [1] ANSYS, Inc.: *ANSYS Workbench*, Release 18.1, 2017.
- [2] Stommel M., M. Stojek and W. Korte: *FEM zur Berechnung von Kunststoff- und Elastomerbauteilen*. 2. neu bearb. und erw. Aufl. München: Hanser, 2018.
- [3] Bergstrom, J.: *Mechanics of solid polymers. Theory and computational modeling*. First edition, Amsterdam: Elsevier, 2015, 372 ff.
- [4] Frick, A., R. Boßler, M. Brehm, and F. Lang: *Simulation of Assembly and Disassembly Behavior of Ring-Type Snap Fits*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications, (October 2018). doi:10.1177/1464420718807228.
- [5] Veryst Engineering, LLC: *MCalibration Software*, Version 4.6.0, 2017

Thermisch gekoppelte Analysen mit komplexen Materialmodellen

Manfred Achenbach¹⁾, Manfred Ochs²⁾

¹⁾ Ingenieur- und Sachverständigenbüro Achenbach

²⁾ arbeitet als Technischer Berater für ein chinesisches Unternehmen in Shanghai

Dynamisch beanspruchte Elastomere verändern ihre Temperatur nicht nur aufgrund von Wärme-Zu- oder -Abflüssen, sondern diese können auch durch innere Reibung, sogenannte Energie-Dissipation, Temperaturänderungen erfahren. Dabei wird ein Teil der durch äußere Kräfte zugeführten Verformungsarbeit in Wärme umgewandelt und damit eine Temperaturerhöhung in der Dichtung verursacht. Für diese Art der Erwärmung sind besonders Elastomere empfänglich. Ursache sind die speziellen thermo-viskoelastische Eigenschaften dieser Werkstoffklasse und ihre Fähigkeit zu großen Verformungen. In der Arbeit wird gezeigt wie diese Vorgänge in den Kontext der allgemeinen Thermodynamik eingebunden werden können und mit welchen Methoden man zu expliziten Formeln und zur Vorhersage induzierter Erwärmung in dynamisch beanspruchten Elastomerbauteilen kommen kann.

Analytische Lösungen der grundlegenden Gleichungen sind allerdings nur in einfachen Fällen möglich. Für reale Bauteile und komplexe Fragestellungen benötigt man in der Regel die Finite Elemente Methode. Wir wollen daher am Ende des vorliegenden Aufsatzes ein Beispiel aus der Ingenieurpraxis vorstellen, dass kürzlich vom Co-Autor zur Analyse vorgelegt wurde.

1 Einführung

Um Elastomerbauteile für dynamische Anwendungen auszulegen, muss man – wie beim Entwurf von elastomeren Bauteilen im Allgemeinen – Energie-Dissipations-Mechanismen im Auge behalten. Die thermo-viskoelastischen Eigenschaften der Elastomere stellen sich als eine wichtige Verlustquelle heraus. Daher soll in diesem Aufsatz den eigentlichen Ursachen für diese Energie-Verluste im Detail nachgegangen werden. Das Ziel sind vereinfachte mathematische Beziehungen, die für die Beurteilung von praktischen Fragestellungen genutzt werden können bzw. Grundgleichungen, die in FEA-Modellen verwendet werden, um komplexe anwendungstechnische Sachverhalte untersuchen zu können.

Physikalisch gesehen stellt die thermo-viskoelastische Dämpfung einen Energieverlust aufgrund eines Entropieanstiegs dar, der durch eine Kopplung von Verformungsgeschwindigkeit (Dehnungsgeschwindigkeit) und Wärmeleitung hervorgerufen wird. Gut bekannt ist die Ausdehnung durch Temperaturerhöhung und das Schrumpfen durch Temperaturabnahme. Ganz analog führt eine Dehnung zu einer Temperaturabnahme und eine Kompression erhöht die Temperatur. Wenn ein thermo-viskoelastischer Körper verformt wird, gerät er aus dem Gleichgewicht, d.h. er besitzt dann einen Überschuss an kinetischer und potentieller Energie. Die Kopplung zwischen den Verzerrungs- und Temperaturfeldern bewirkt die Energiedissipation.

Ist z.B. die Schwingungsfrequenz der Verformungsanregung viel kleiner als die Relaxationsgeschwindigkeit, so bleibt das Bauteil im thermischen Gleichgewicht und befindet sich damit in einem isothermen Zustand. Andererseits, wenn die Schwingungsfrequenz viel größer ist als die Relaxationsgeschwindigkeit, hat das Bauteil keine Zeit zu relaxieren und es liegt dann ein adiabater Zustand vor. Folglich wird der Energieverlust nur dann nennenswert sein, wenn sich die Schwingungsfrequenz der Anregung in der Größenordnung der Relaxationsgeschwindigkeit bewegt.

2 Materialgleichungen

2.1 Ein einfaches Materialmodell

Ein einfaches Modell für viskoelastische Dämpfung geht auf Zener [1] zurück. Seine Theorie ist eine Erweiterung des Hooke'schen Gesetzes, indem neben Spannung, σ , und Dehnung ε auch ihre ersten Zeitableitungen $\dot{\sigma}$ und $\dot{\varepsilon}$ auftauchen.

$$\sigma + \tau_\sigma \dot{\sigma} = E_R (\varepsilon + \tau_\varepsilon \dot{\varepsilon}) \quad (1)$$

Dieses Modell wird des Öfteren auch „Standard-Modell der Viskoelastizität“ genannt. Die drei Modell-Parameter τ_ε , τ_σ und E_R haben die folgende physikalische Bedeutung:

- τ_ε ist die Relaxationszeit, bei welcher unter konstant gehaltener Dehnung die Spannung σ exponentiell relaxiert.
- τ_σ ist die Retardationszeit, bei welcher unter konstant gehaltener Spannung σ die Dehnung ε exponentiell kriecht (retardiert).
- E_R ist der Elastizitätsmodul nach dem alle Relaxationsvorgänge abgeschlossen sind.

Der nicht-relaxierte Wert des Elastizitätsmoduls E_U kann mit Hilfe der drei genannten Modell-Parameter definiert werden:

$$E_U = E_R \frac{\tau_\varepsilon}{\tau_\sigma} \quad (2)$$

Um die Schwingungscharakteristik eines Gummi-Bauteils (z.B. eines Dichtungselementes) zu charakterisieren, werden die Spannung und die Dehnung als harmonisch veränderliche Größen mit einer Pulsationsfrequenz ω (Kreisfrequenz) betrachtet. Die Energiedissipation kann bestimmt werden mit Q^{-1} , *Verlustfaktor*, welcher definiert ist als der Anteil der Energie, der pro Zyklus verloren geht:

$$Q^{-1} = \Delta E \frac{\tau \omega}{1 + (\tau \omega)^2} \quad (3)$$

wobei $\tau = \sqrt{\tau_\sigma \tau_\varepsilon}$ die wirksame Relaxationszeit darstellt und

$$\Delta E = \sqrt{\frac{\tau_\sigma}{\tau_\varepsilon}} - \sqrt{\frac{\tau_\varepsilon}{\tau_\sigma}} = \frac{E_U - E_R}{\sqrt{E_R E_U}} E_U$$

die Relaxationstärke repräsentiert. Die Dissipationsfunktion ist nach (3) als Funktion von $\omega\tau$ eine Funktion mit einem Peakwert $\Delta E/2$ an der Stelle $\omega\tau=1$. Damit bestätigt sich die zuvor gegebene qualitative Beschreibung: ist die Frequenz im Vergleich zur Relaxationszeit klein, $\omega\tau \ll 1$, so ist die Dissipation vernachlässigbar und die Oszillationen verlaufen isotherm. Andererseits wenn die Frequenz im Vergleich zur Relaxationszeit groß ist, $\omega\tau \gg 1$, verlaufen die Oszillationen adiabatisch. Mithin fällt die Dissipation nur dann ins Gewicht, wenn die Frequenz in der Größenordnung der Relaxationsgeschwindigkeit auftritt, d.h., $\omega\tau \approx 1$.

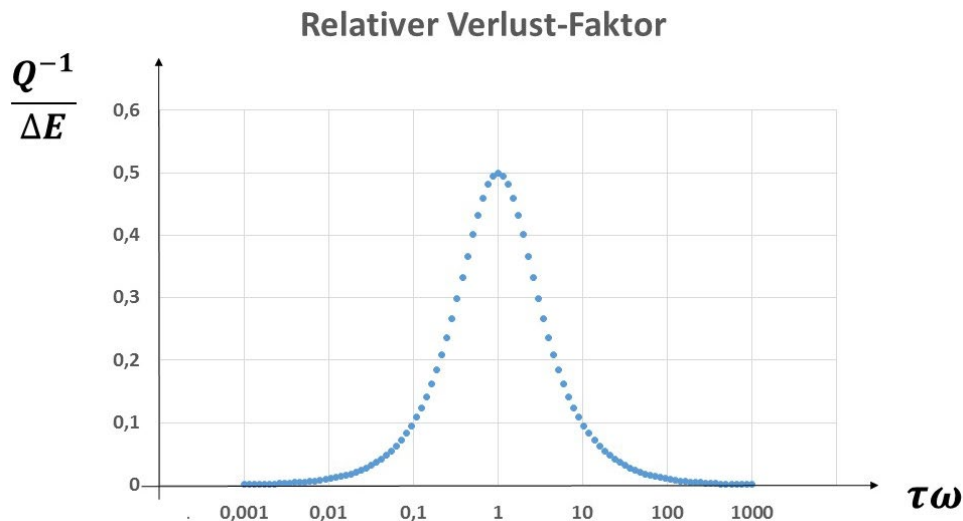


Abb. 1: Verlustfaktor, definiert als Bruchteil der Energie, die pro Zyklus verloren geht; dieser ist dargestellt als Funktion von $\omega\tau$.

2.2 Thermodynamische Ableitung der Materialgleichung für die Spannung

Wir erinnern zunächst an die Grundlagen der irreversiblen Thermodynamik, um daran anschließend eine mit ihren Hauptsätzen konsistente Ableitung der Materialgleichung für die Spannungen und Verformungen von Elastomeren zu erhalten. Am Ende dieser Herleitung werden wir einen Vergleich anstellen zwischen dem bekannten Standardmodell der Viskoelastizität und dem Resultat der durchgeführten thermodynamischen Ableitungen.

Wir beginnen mit dem ersten und zweiten Hauptsatz der Thermodynamik:

$$de = q + w; \quad q = \theta ds, \tag{4}$$

wobei "e" die innere Energie pro Masseneinheit darstellt und "q" entsprechend den Wärmefluss, während "θ" die absolute Temperatur repräsentiert. Für die Arbeit "w" können wir dann schreiben:

$$w = \frac{1}{\rho} t_{ij} \frac{\partial v_i}{\partial x_j} dt \tag{5}$$

wobei t_{ij} den Spannungstensor und $\partial v_i / \partial x_j$ den Geschwindigkeitsgradienten der Deformation repräsentiert. Kombiniert man nun den ersten und zweiten Hauptsatz der Thermodynamik in (4), so erhält man die sogenannte Gibbs-Gleichung, in welcher der Wärmefluss nicht mehr in Erscheinung tritt:

$$\theta ds = de - \frac{1}{\rho} t_{ij} \frac{\partial v_i}{\partial x_j} dt \tag{6}$$

Sowohl die Entropie "s" als auch die innere Energie "e" und der Spannungstensor " t_{ij} " sind im allgemeinen Funktionen von "θ" (Temperatur) und F_{iA} . Die letztere Größe wird der Deformationsgradienten-Tensor genannt und ist definiert als:

$$F_{iA} = \frac{\partial x_i}{\partial X_A} \tag{7}$$

Den Deformationsgeschwindigkeits-Tensor kann man wie folgt ausdrücken:

$$\frac{\partial v_i}{\partial x_j} = F_{Aj}^{-1} \dot{F}_{iA} \tag{8}$$

und damit lässt sich die Gibbs-Gleichung folgendermaßen schreiben:

$$\theta ds = de - \frac{1}{\rho} t_{ij} F_{Aj}^{-1} dF_{iA} \quad (9)$$

Für den Spezialfall eines uniaxialen Spannungszustandes sowie eines isotropen und inkompressiblen Materials erhalten wir aus (9) schließlich

$$\theta ds = de - \frac{1}{\rho} t_{11} \lambda_1^{-1} d\lambda_1 \quad (10)$$

oder mit der sogenannten Ingenieurspannung $\sigma = t_{11} \lambda_1^{-1}$ sowie mit der Relation $\lambda_1 = 1 + \varepsilon$, wobei ε hier als die gewöhnliche Dehnung in Erscheinung tritt, erhalten wir schließlich:

$$ds = \frac{1}{\theta} (de - \frac{1}{\rho} \sigma d\varepsilon) \quad (11)$$

Mit (11) haben wir die klassische Gibbs-Gleichung der reversiblen Thermodynamik vorliegen. In elastischen Bauteilen hängt die Spannung vom augenblicklichen Wert der Dehnung ab und in viskoelastischen Bauteilen hängt die Spannung darüber hinaus auch noch von den vergangenen Werten der Dehnung ab. Wenn dieser Sachverhalt zutrifft, d.h., wenn vergangene Werte der Dehnung auf den augenblicklichen Wert der Spannung Einfluss nehmen, so ist der Grund gewöhnlich eine Verzögerung von inneren Ausgleichsvorgängen im Material. Wir verfolgen im Weiteren diese Phänomene und hoffen, damit ein besseres Verständnis der Dissipationsvorgänge zu erhalten.

Wenn wir irreversible Effekte wie die Materialdämpfung betrachten wollen, müssen wir sogenannte innere Variable einführen. Diese stellen ein Maß für die Abweichung vom thermodynamischen Gleichgewicht dar, welche durch innere Relaxationsvorgänge gesteuert werden. Wir bezeichnen die innere Variable mit ζ und die dazu konjugierte thermodynamische Funktion wird Affinität \mathcal{A} genannt. So können wir schließlich (11) sinngemäß erweitern und erhalten als Raten-Gleichung für die Entropie den folgenden Ausdruck:

$$\dot{s} = \frac{1}{\theta} (\dot{e} - \sigma \dot{\varepsilon} + \mathcal{A} \dot{\zeta}) \quad (12)$$

Wir haben jetzt die Entropie "s" als Funktion der inneren Energie "e", der Dehnung ε , und der inneren Variablen ζ vorliegen. Die Bilanz der inneren Energie "e" in der ein-achsigen Version lässt sich jetzt wie folgt schreiben:

$$\rho \dot{e} + \frac{\partial q}{\partial x} = \sigma \dot{\varepsilon} \quad (13)$$

In einem isothermen Prozess ist die Leistung der Spannung gegeben mit: $\sigma \dot{\varepsilon}$, und diese wird in elastische Energie umgewandelt. M.a.W. die Spannung ist eine Funktion von ε , so dass wir schreiben können: $\sigma = \sigma(\varepsilon)$. Für lineare Elastizität ist diese Funktion linear und wir erhalten das Hooke'sche Gesetz: $\sigma = E\varepsilon$, wobei E den Elastizitätsmodul darstellt. Im Falle der nicht-linearen Elastizität erhalten wir eine nicht-lineare Beziehung zwischen σ und ε . Hier kann die ideale Gummielastizität als Beispiel dienen, die im Allgemeinen als eine nicht-lineare Funktion von ε in der folgenden Form geschrieben wird:

$$\sigma = \frac{E}{3}(\lambda - \lambda^{-2}); \lambda = 1 + \varepsilon ,$$

wobei in diesem Fall E nur als der Elastizitätsmodul für hinreichend kleine Werte der Dehnung ε gelten kann. Der E-Modul selbst wird eine Funktion der Dehnung ε und man kann schreiben:

$$E(\varepsilon) = \frac{E}{3}(1 + 2(1 + \varepsilon)^{-3})$$

Die Arbeit, die für die Deformation aufgewendet wurde, - gleichgültig ob in linearer oder nicht-linearer Elastizität - kann wieder zurückgewonnen werden, wenn wir die deformierende äußere Kraft auf null zurückfahren. Keine Erwärmung ist damit verbunden, sowohl nicht in der Belastungs- als auch nicht in der Entlastungsphase des Deformationsvorgangs. Es gibt keine Veränderung in der Temperatur – der elastische Prozess ist daher reversibel!

Um den irreversiblen Charakter der Deformation stärker hervortreten zu lassen, müssen wir uns der mikroskopischen Sichtweise bedienen. Dazu werden wir die Annahme einführen, dass es zwischen Einzelmolekülen der langen Kettenmolekülen und zwischen den Atomen benachbarter Kettenmolekülen des Netzwerkes Energiebarrieren gibt, derart, dass die Moleküle in ihrer Bewegung eingeschränkt sind. Im

nichtdeformierten Zustand können wir annehmen, dass sich alle Atome im Minimum ihrer Potentialmulden befinden und kleine Schwingungen um ihre Gleichgewichtslagen ausführen.

Wenn der Körper deformiert wird, wird sich das Potential der deformierenden äußeren Kraft den Potentialmulden der individuellen Moleküle und Atome überlagern. Auf diese Weise werden die Energiebarrieren in Richtung der äußeren Kraft abnehmen. Gleichzeitig werden die Energiemulden flacher und die Amplitude der Schwingungen in den Mulden nimmt zu, während ihre Frequenz abnimmt. In der Konsequenz nimmt die Temperatur ab. Bei Entlastung wird ein Teil der potentiellen Energie der Moleküle in Bewegungsenergie umgesetzt, was zu einer Temperaturerhöhung führt.

Um solche mikroskopischen Vorgänge in makroskopischen Gleichungen unterbringen zu können, bedient man sich im Allgemeinen in der Thermodynamik dem Konzept der inneren Variablen. Die Variable ζ heißt deshalb so, weil man sie im Experiment nicht direkt von außen beeinflussen kann. Man kann nun vermuten, dass die Spannung σ nicht mehr nur eine Funktion der Dehnung ε ist wie bei der reinen Elastizität. In der Tat scheint es vernünftig anzunehmen, dass, z.B. bei der Vorgabe einer festen Dehnung, die Spannung simultan mit der Anpassung der inneren Variablen ζ an ihren neuen Gleichgewichtswert verändert wird. Daher sollte σ abhängig sein von ζ wie auch von ε und zwar in einer Art und Weise, dass σ verschwindet, wenn beide, ε und ζ , den Wert null annehmen.

Die inneren Variablen können sehr unterschiedlicher Natur sein. Der soeben beschriebene Vorgang der Übertragung von potentieller Energie auf der mikroskopischen Ebene in kinetische Energie der Atome und Moleküle ist lediglich ein Spezialfall einer Beschreibung mit inneren Variablen. Diese ist verantwortlich für die bei den meisten Festkörpern festzustellenden geringfügigen viskoelastischen Effekte. Ein weiteres Beispiel ist Gummi, welcher im Gegensatz zu den Metallen und den meisten harten Kunststoffen aus einem Netzwerk von langen Kettemolekülen besteht, die nur sporadisch miteinander interagieren und nur an wenigen Stellen mit benachbarten Kettenmolekülen über chemische Bindungen miteinander verknüpft sind.

Kettensegmente im molekularen Netzwerk des Gummis, die sich als freie Molekül-Kettenabschnitte zwischen zwei Vernetzungsstellen definieren lassen, „suchen“ beständig das Maximum ihrer Konfigurations-Entropie. Die Zeit, die sie dafür brauchen, hängt von der Temperatur respektive von der kinetischen Energie ihrer Moleküle ab. Für die ideale Gummielastizität müssen die Energiebarrieren zwischen den wechselwirkenden Molekülgruppen leicht zu überwinden sein, so dass sie ihre Lage und Position in kurzer Zeit oft genug ändern können, um im Verbund mit allen übrigen Molekülen des betrachteten Kettensegments praktisch „augenblicklich“ die maximal erreichbare Entropie realisieren. Bei abnehmender Temperatur nimmt diese Zeit zu, die benötigt wird, diesen Gleichgewichtszustand anzunehmen. Fällt die Temperatur unter einen kritischen Wert, so wächst die Zeit über alle Grenzen, die zum Erreichen des thermodynamischen Gleichgewichts erforderlich ist und man spricht in diesem Fall vom Glaszustand oder eingefrorenen Zustand. Es gibt einen Übergangsbereich, wo es einige Zeit braucht, um in den Gleichgewichtszustand zu kommen. Dieser Vorgang der zunehmenden Hemmung des thermodynamischen Gleichgewichts bei abnehmender Temperatur lässt sich ebenfalls über innere Variable beschreiben. Damit lässt sich die Gummielastizität mit viskosen Effekten koppeln und da der Vorgang über die Temperatur gesteuert wird, spricht man auch von der Thermo-Visko-Elastizität des Gummis.

Um die weiter oben beschriebenen Ideen umsetzen zu können, verwenden wir im Folgenden die Gibbs-Gleichung in der Form (12) und kombinieren diese mit der Energie-Gleichung (13) und erhalten somit folgende Bilanzgleichung:

$$q\dot{s} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{q}{\theta} \right) = -\frac{q}{\theta^2} \frac{\partial \theta}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial t} \mathcal{A}\zeta \geq 0 \tag{14}$$

Die Gleichung (14) stellt eine Bilanzgleichung der Entropie dar, wobei die rechte Seite den Produktionsterm repräsentiert. Dieser muss nach dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik positiv oder null sein, aber kann nie negativ werden; daher können wir schreiben:

$$\Sigma = -\frac{q}{\theta^2} \frac{\partial \theta}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial t} \mathcal{A}\zeta \geq 0 \tag{15}$$

Betrachten wir den adiabatischen Fall, so haben wir mit $q \equiv 0$, oder $\theta = \text{konstant}$ folgenden Ausdruck für die Entropieproduktion: $\theta \Sigma = +\mathcal{A}\dot{\zeta} \geq 0$. Um sicher zu gehen, dass letztere Ungleichung immer Gültigkeit hat für alle denkbaren Prozesse, müssen wir annehmen, dass gilt: $\dot{\zeta} \sim \mathcal{A}$ oder mit anderen Worten:

$$\zeta = \alpha \mathcal{A}; \quad \text{with } \alpha \geq 0 \quad (16)$$

Diese Raten-Gleichung kann als Bilanzgleichung für die innere Variable ζ aufgefasst werden. Die Rate der freien Energie $\dot{\varphi} = \dot{\varepsilon} - \theta \dot{s}$ kann wie folgt ausgedrückt werden:

$$\dot{\varphi} = \sigma \dot{\varepsilon} - \mathcal{A} \dot{\zeta} \quad (17)$$

Somit sind φ , σ und \mathcal{A} Funktionen von ε und ζ und für eine nicht-lineare Theorie, die geeignet ist, Gummi zu beschreiben, machen wir folgenden Ansatz:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{E}{3} (\lambda - \lambda^{-2}) + \beta \zeta \\ \mathcal{A} &= \gamma (\lambda - \lambda^{-2}) + \delta \zeta \end{aligned} \quad (18)$$

Aus den thermodynamischen Integrabilitätsbedingungen [3] folgt die folgende Forderung:

$$\frac{\partial \sigma}{\partial \zeta} = - \frac{\partial \mathcal{A}}{\partial \varepsilon} \Rightarrow \gamma = - \frac{\beta}{1 + \frac{2}{\lambda^3}} \quad (19)$$

und mit diesem Ergebnis können schließlich für (18) schreiben:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{E}{3} (\lambda - \lambda^{-2}) + \beta \zeta \\ \mathcal{A} &= - \frac{\beta}{1 + \frac{2}{\lambda^3}} (\lambda - \lambda^{-2}) + \delta \zeta \end{aligned} \quad (20)$$

Unter Zuhilfenahme von (20) und (16) können wir die innere Variable ζ sowie die Affinität \mathcal{A} eliminieren. Dies versetzt uns in die Lage, eine dynamische Zustandsgleichung in der Art der Formel (1) abzuleiten. In der Tat, wenn wir (20)₁ nach der Zeit ableiten und machen danach Gebrauch von Gleichung (16) um $\dot{\zeta}$ zu eliminieren und in der Folge (20)₂ verwenden, um \mathcal{A} zu eliminieren, und wenn wir schließlich auch noch die verbliebene innere Variable ζ eliminieren, so kommen wir letztendlich unter Zuhilfenahme von (20)₁ zur Gleichung (21) mit den folgenden zusätzlichen Definitionen:

$$\begin{aligned} E_R &= E - 3 \frac{\beta^2}{E} \frac{1}{1 + \frac{2}{\lambda^3}} \quad \mapsto \text{relaxed modulus of elasticity} \\ \tau_\varepsilon &= 1 / \delta \alpha \quad \mapsto \text{Relaxation Time} \\ \tau_\sigma &= \frac{\tau_\varepsilon}{1 - 3 \frac{\beta^2}{E} \frac{1}{1 + \frac{2}{\lambda^3}}} \quad \mapsto \text{Retardation Time} \\ \tau_\varepsilon \dot{\sigma} + \sigma &= \frac{E_R}{3} \left[\left(1 + \frac{2}{\lambda^3} \right) \tau_\sigma \dot{\lambda} + (\lambda - \lambda^{-2}) \right] \end{aligned} \quad (21)$$

Wenn wir uns andererseits auf kleine Dehnungen ε konzentrieren, d.h. wenn wir mit dem Hooke'schen Gesetz beginnen, erhalten wir anstatt (20):

$$\begin{aligned} \sigma &= E \varepsilon + \beta \zeta \\ \mathcal{A} &= -\beta \varepsilon + \delta \zeta \end{aligned} \quad (20')$$

und erhalten schließlich mit den folgenden Definitionen:

$$\begin{aligned} E_R &= E - \frac{\beta^2}{E} \quad \mapsto \text{relaxed modulus of elasticity} \\ \tau_\varepsilon &= 1 / \delta \alpha \quad \mapsto \text{Relaxation Time} \end{aligned}$$

$$\tau_\sigma = \frac{E/\dot{\epsilon}_0}{E - \beta^2/\dot{\epsilon}} \mapsto \text{Retardation Time}$$

eine rheologische Zustandsgleichung, welche die gleiche Form besitzt wie die Zener Gleichung (1); siehe weiter oben.

$$\sigma + \tau_\epsilon \dot{\sigma} = E_R (\epsilon + \tau_\sigma \dot{\epsilon}) \tag{1'}$$

2.3 3D-Erweiterung und Feldgleichungen

Nachdem wir im letzten Abschnitt ausführlich die Materialgleichung für die Spannung aus thermodynamischen Prinzipien heraus für den einachsigen Fall ableiten konnten, wenden wir uns jetzt der mehrachsigen Beschreibung zu. Bei der numerischen Lösung eines thermodynamischen Prozesses in einem viskoelastischen Bauteil sucht man das vektorielle Verschiebungsfeld $\vec{u}(\vec{x}, t)$ sowie das skalare Temperaturfeld $\theta(\vec{x}, t)$, welche mit den Hauptsätzen der Thermodynamik kompatibel sind. Hierbei ist \vec{x} der Ortsvektor eines Volumenelementes in einer gegebenen Bezugskonfiguration und „t“ die Zeit. Der zu beschreibende thermodynamische Prozess muss die Impulsbilanz und die Hauptsätze der Thermodynamik erfüllen. Die genannten Bilanzgleichungen bringen zusätzliche Felder ins Spiel: das Spannungstensor-Feld „ \mathbf{T} “, das Feld der inneren Energie „ e “ sowie das Vektorfeld des Wärmeflusses „ \vec{q} “. Die lokale Form des ersten Hauptsatzes der Thermodynamik muss durch die genannten Felder erfüllt werden, d.h. es muss gelten:

$$\rho \dot{e} = \text{tr}(\mathbf{T} \text{grad}(\vec{v})) - \text{div}(\vec{q}) \tag{22}$$

\vec{v} ist in (22) das Geschwindigkeitsfeld. Benutzt man noch die folgenden Materialgleichungen für den Wärmefluss \vec{q} und die innere Energie e :

$$\vec{q} = -\kappa \text{grad} \theta$$

$$e = c\theta \text{ ,}$$

wobei κ den Wärmeleitkoeffizient und c die spezifische Wärmekapazität repräsentieren, so erhalten wir:

$$\rho c \partial \theta / \partial t = \text{tr}(\mathbf{T} \mathbf{d}) - \text{div}(\kappa \text{grad} \theta)$$

oder in Koeffizienten Schreibweise:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\kappa}{\rho c} \Delta \theta + \frac{1}{\rho c} t_{ik} d_{ik} \tag{23}$$

wobei t_{ik} den symmetrischen Spannungstensor und d_{ik} den symmetrischen Anteil des Deformationsgeschwindigkeit Tensors repräsentiert. Das Skalarprodukt beider Tensoren in (23) oder anders ausgedrückt, die Spur (englisch trace \rightarrow tr) des Tensor-Produkts $\mathbf{T} \mathbf{d}$ wird als Spannungsleistung bezeichnet. Es ist recht instruktiv, diese Gleichung auf den einachsigen Fall zu spezialisieren;

$$\dot{\theta} = \frac{\alpha \partial V}{\rho c V} (\theta - \theta_E) + \frac{\sigma \dot{\epsilon}}{\rho c} \tag{24},$$

wobei wir für die Wärmeleitung das einfache sogenannte Newton'sche Kühlungsgesetz zum Ansatz gebracht haben, d.h. der Wärmefluss wird hier als proportional zu $\sim(\theta - \theta_E)$ angesetzt und θ_E ist dabei die Umgebungstemperatur. Auf diese Weise erhalten wir schließlich eine gewöhnliche Differentialgleichung für die Temperatur θ . ∂V steht für die Oberfläche der Probe und α repräsentiert den Wärmeübergangkoeffizienten; $\sigma \dot{\epsilon}$ verkörpert die Spannungsleistung. Abb. 2 zeigt die Vervollständigung von Gleichung (24) durch einen periodischen Ansatz für die Spannungsleistung aus der linearen Viskoelastizitätstheorie.

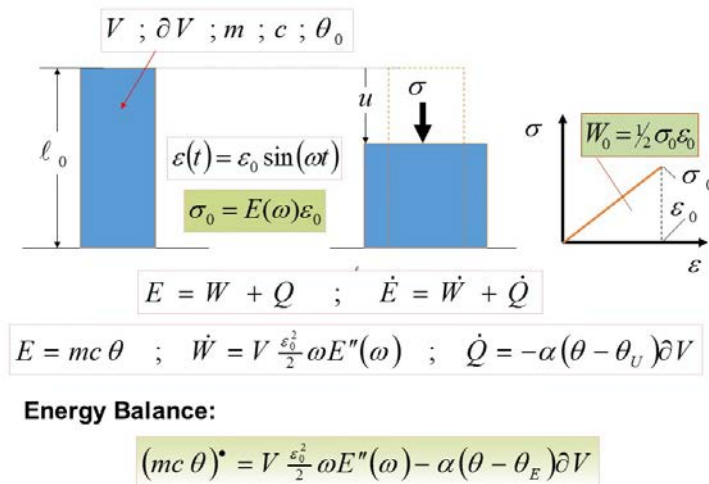


Abb. 2: Einachsiges Modell: Energiegleichung und harmonische Anregung. Eine gewöhnliche Differentialgleichung für die Temperaturentwicklung wurde aus der Energiebilanzgleichung entwickelt.

3 Finite Elemente Analyse

Als praktisches Beispiel wird eine Dämpfungsaufgabe in einem industriellen Druckluftnagler vorgestellt. Druckluftnagler sind unentbehrliche Helfer im Baugewerbe geworden. Musste früher noch jeder Nagel aus einer Tasche entnommen werden, um Holzverbindungen von Hand mit einem Hammer herzustellen, wird dies heute sehr viel schneller von pneumatisch getriebenen Naglern übernommen.

Hierbei wird ein Kolben, der mit einem Stößel verbunden ist, mittels Druckluft beschleunigt, und der Stößel treibt den Nagel in das Holz ein. Zwecks besseren Handlings sind die Geräte leicht und kompakt gebaut. Die Nägel werden über eine Linear oder Coil – Zuführungen dem Stößel zugeführt (siehe Abb. 3). Alle Pneumatik-Komponenten sind in dem Gehäuse integriert. Die Luftzufuhr erfolgt von außen über einen Kompressor.

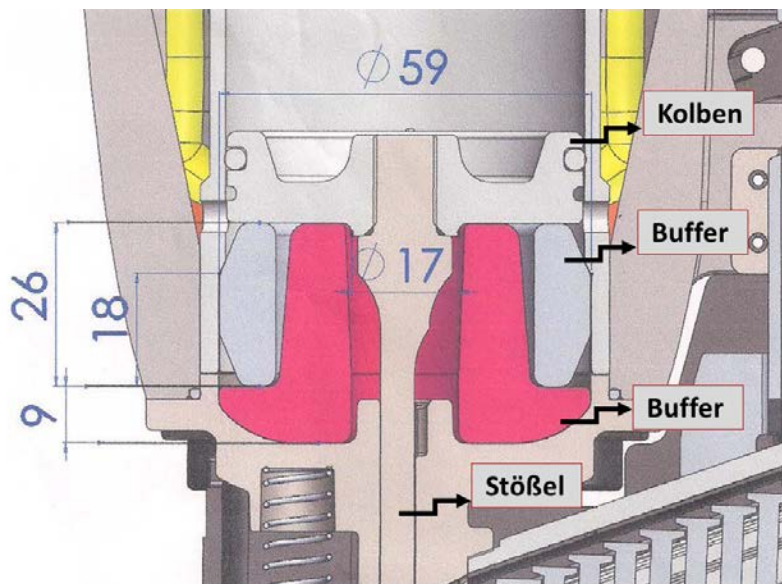


Abb. 3: Gezeigt ist ein Schnitt durch den pneumatisch angetriebenen Nagler. Man erkennt die Buffer-Elemente, welche die Aufgabe haben den Stoßimpuls auf den Stößel zu begrenzen. Die dämpfende Wirkung ist verbunden mit einer Erwärmung der Buffer Elemente. Die dafür vorgesehenen Materialien müssen so ausgewählt werden, dass die herrschende Betriebstemperatur die Lebensdauer nicht in unzulässiger Weise einschränkt.

Um die Kolbenbewegung in der Endlage abzdämpfen, werden sogenannte Buffer eingesetzt. Der Auftraggeber von **Voneseals** setzt derzeit dafür einen Nitril Kautschuk (NBR) mit 80 ShA ein. Die hohe kinetische Energie als Resultat des Auftreffens des Pneumatik Kolbens auf den Buffer, wird in Wärme umgewandelt, und damit steigt die Temperatur im Buffer. In dem Raum, wo die Buffer Elemente untergebracht sind, konnte der Auftraggeber bis zu 160°C messen. Diese hohe Temperatur führt zu einer nur kurzen Lebensdauer von 166 Stunden.

Wegen der sehr guten Dämpfungseigenschaften ist das **P2100** Polyurethan der Firma **Voneseals** ein geeigneter Kandidat für diese Anwendung. Die Frage stellte sich, ob das Polyurethan eine ähnlich hohe Aufheizung erfährt wie der NBR Werkstoff. Es konnte bereits gezeigt werden, dass die Aufheizung bei der Wahl von **P2100** im Vergleich zum bisher eingesetzten NBR deutlich geringer ausfällt.

Um hier eine rechnerische Aussage über die FEA zu bekommen, wurden die thermo-mechanischen Eigenschaften des genannten Polyurethan-Werkstoffes **P2100** analysiert (siehe Abb. 5) und durch ein thermo-viskoelastisches Materialmodell in der FEA berücksichtigt.

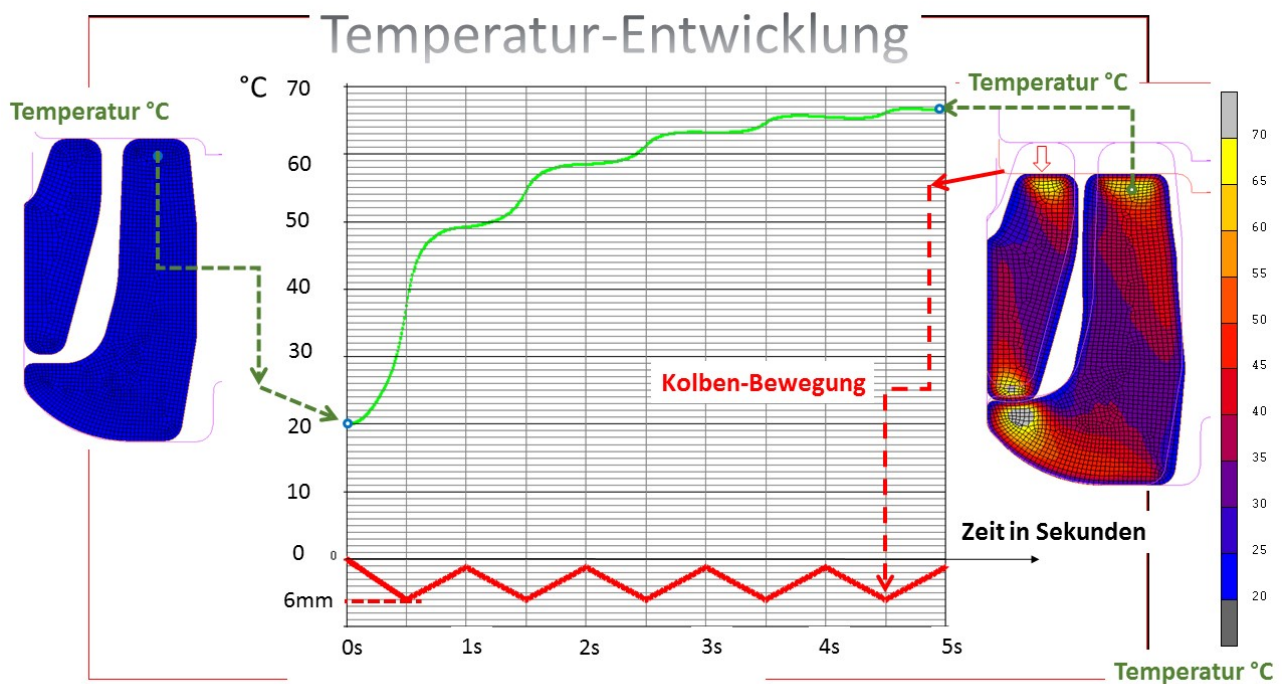


Abb. 4: Die Buffer- Elemente werden im vorliegenden virtuellen Experiment durch zyklische Auf- und Ab-Bewegungen eines Kolbens mit einer Frequenz von 1Hz verformt. Die Verformungsamplitude beträgt 6mm. Es wird die resultierende Temperaturentwicklung in einem ausgezeichneten Punkt aufgezeichnet.

Aus dem FEA-Resultat (Abb. 4) ist zu entnehmen, dass sich im Querschnitt der Buffer „Hot-Spots“ der Energie-Dissipation bilden, die sich im Vergleich zur unmittelbaren Querschnitts-Umgebung durch eine hohe lokale Temperatur auszeichnen. Es werden vier solcher Stellen vorgefunden (Gelb!); für eine davon wird in Abb. 4 die zeitliche Entwicklung dargestellt. Man erkennt, dass bereits nach wenigen Zyklen sich die Temperatur auf einen konstanten Wert zwischen 60 und 70°C einpendelt. Erklären lässt sich das mit der Beobachtung, dass mit zunehmender Temperatur die Energie-Dissipation abnimmt und damit die weitere Temperaturzunahme begrenzt. Dies lässt sich unmittelbar aus Abb. 5 ablesen. Der Tangens des Phasenwinkels als Maß für die Energiedissipation nimmt im angezeigten Frequenzbereich (1Hz) mit zunehmender Temperatur ab.

Bei längerer zyklischer Beanspruchung der Dämpfer fließt zunehmend Wärme aus den „Hot-Spots“ in andere Querschnittsbereiche mit niedrigerer Temperatur und erhöht dort die Temperatur ebenfalls.

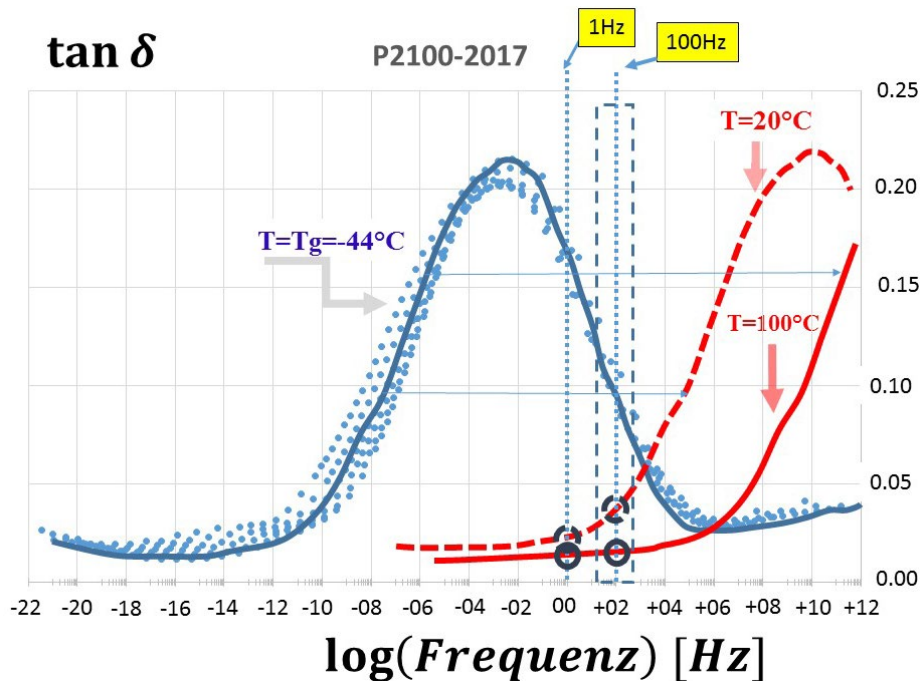


Abb. 5: Der Tangens des Phasenwinkels Delta als Maß für die Energie-Dissipation ist über der Frequenz aufgetragen und für drei verschiedene Temperaturen dargestellt. Im Vergleich zu den meisten Gummimaterialien fällt das Maximum des Tangens Delta bei **P2100** um den Faktor 4 geringer aus. Zusätzlich erkennt man, dass mit zunehmender Temperatur die Dissipation im relevanten Frequenzbereich weiter absinkt und damit die stationäre Betriebstemperatur begrenzt werden kann.

Die Buffer (Dämpfer) werden im pneumatischen Nagler (Abb. 3) allerdings nicht wie im hier gezeigten virtuellen Experiment (Abb. 4) gleichförmig be- und entlastet; vielmehr liegt eine Stoßbelastung vor, die mit einer Wiederholungs-Frequenz von ein bis zwei Hertz auftritt. Die Stoßzeit selbst als charakteristische Verformungszeit beträgt nur wenige Milli-Sekunden. Bei einem Kolbenhub von 126 mm und einem wirksamen pneumatischen Druck von 6 bar hat der Kolben beim Auftreffen auf die Dämpfer-Elemente eine Geschwindigkeit von 50 bis 70 m/s. In Abb. 7 und Abb. 8 ist die zeitliche Entwicklung der Bewegung respektive der Kolbengeschwindigkeit gezeigt. Der eigentliche Stoßvorgang wird von einem kurzen Nachschwingen begleitet, welches zur Dämpfung und Energiedissipation beiträgt. Abb. 6 zeigt FEA-Resultate ausgezeichneter Stationen im Bewegungsablauf, die auch in Abb. 7 und Abb. 8 kenntlich gemacht sind. Der Wärmeeintrag ist gering und führt unmittelbar an der Kontaktstelle zwischen Kolben und Dämpfer auf eine Temperaturzunahme um ca. 2°C.

Der größere Anteil des Kraftimpulses wird vom Kolben auf den Stößel übertragen. Dieser Vorgang der geteilten Impulsübertragung wird in der hier durchgeführten transienten, mechanisch-thermisch gekoppelten FEA berücksichtigt. Nur ein kleiner Teil der dynamischen Kolbenkraft geht auf die Dämpfer-Elemente (Buffer) über. Wird der Nagler kontinuierlich über eine längere Zeit betrieben, so kommt es zu einer Akkumulation des Wärmeeintrages. So kann z.B. bei kontinuierlichem Betrieb über mehrere Minuten die Temperatur des Dämpfers auf ähnliche Werte ansteigen wie im weiter oben gezeigten virtuellen Experiment. Auch hier greift der Effekt, dass mit zunehmender Temperatur der Wärmeeintrag geringer wird und somit die Betriebstemperatur der Buffer sich begrenzen lässt. Allerdings liegen hier die Verhältnisse komplexer als im Falle des virtuellen Experiments, wo die Verformungsfrequenz und Amplitude fest vorgegeben waren. Beim hier vorliegenden Stoßvorgang lässt sich der Kraftstoß als Überlagerung von Sinuskurven unterschiedlicher Frequenz und Amplitude auffassen. Aus der Stoßdauer kann eine mittlere Frequenz abgeleitet werden, die im vorliegenden Fall bei ca. 100 Hz liegt (siehe auch Abb. 5).

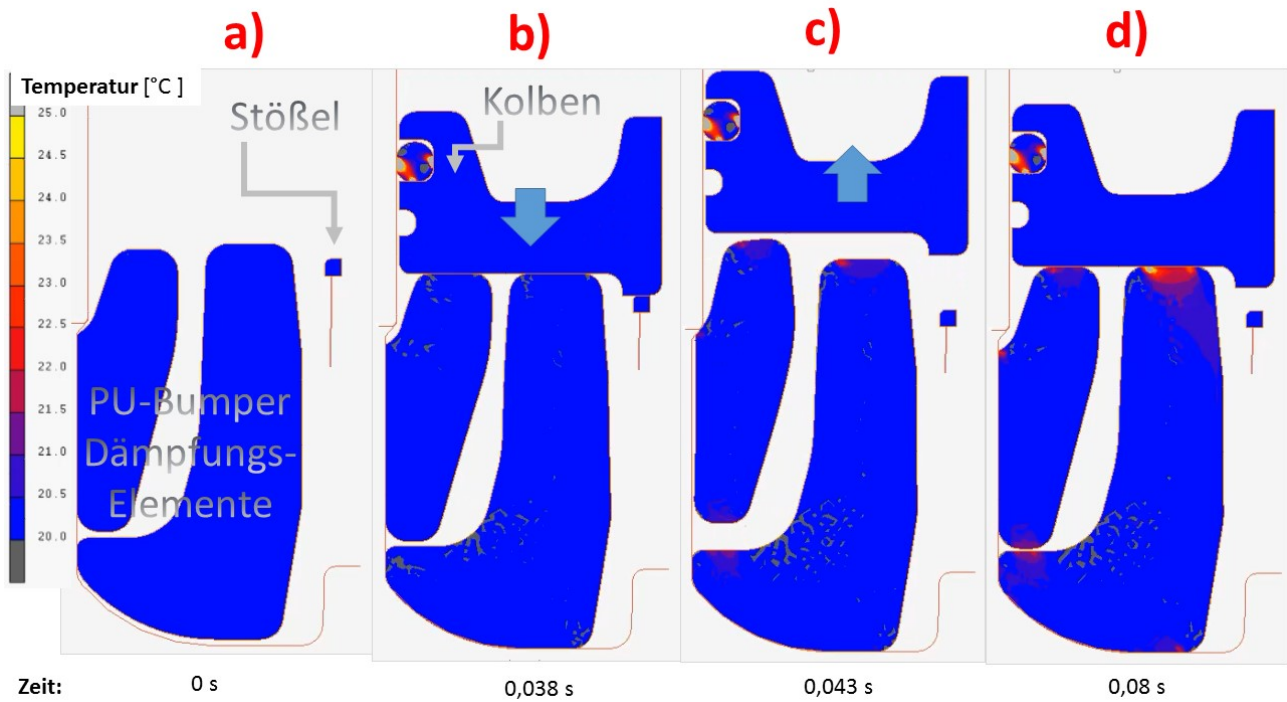


Abb. 6: Gezeigt sind die verschiedenen Phasen des Impulsübertrages vom Kolben auf den Stößel und die Buffer. Die Stoßdauer des Kolbens mit dem Stößel und Buffer beträgt 4 Milli-Sekunden und die nachfolgende Ausschwingbewegung ist nach weiteren 20ms beendet. Nur ein geringer Wärmeeintrag wird ermittelt, der zu einer Temperaturzunahme um 2°C führt.

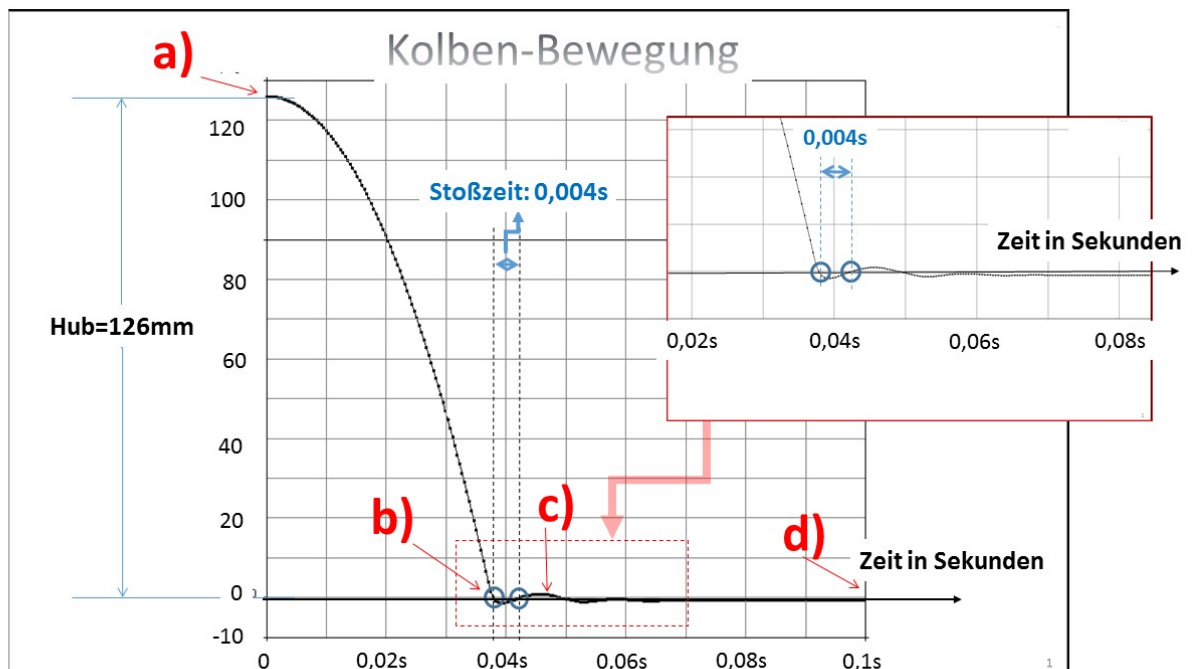


Abb. 7: Gezeigt ist die Kolbenbewegung über der Hublänge. Der Kolben wird durch den wirksamen pneumatischen Druck von 6 bar beschleunigt und trifft nach ca. 0.038s auf die Puffer. Nach einer Stoßzeit von 4 ms bewegt sich der Kolben noch einmal kurz in die entgegengesetzte Richtung nach oben und wird dann ein zweites Mal stoßartig verformt und schwingt danach aus.

Trägt man die Kolbengeschwindigkeit von Abb. 8 über der Kolbenbewegung von Abb. 7 auf, so erhält man ein Phasen-Porträt, aus dem noch besser die Verhältnisse im Bewegungsablauf zu erkennen sind (siehe Abb. 9).

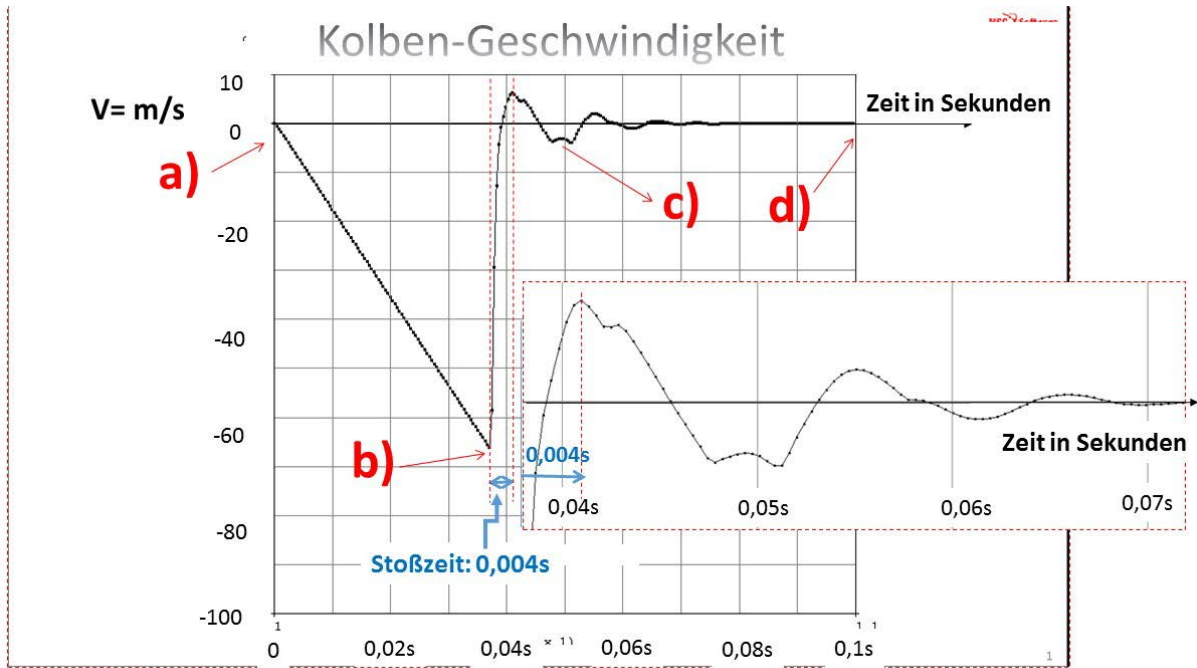


Abb. 8: Gezeigt ist die Kolbengeschwindigkeit: zunächst im Verlauf der freien Hubbewegung (konstante Beschleunigung) und danach in der Stoßphase, die sich durch eine abrupte Änderung der Kolbengeschwindigkeit auszeichnet (siehe b)). Der Stoßvorgang teilt sich in eine Kompressionsphase und eine Restitutionsphase auf.

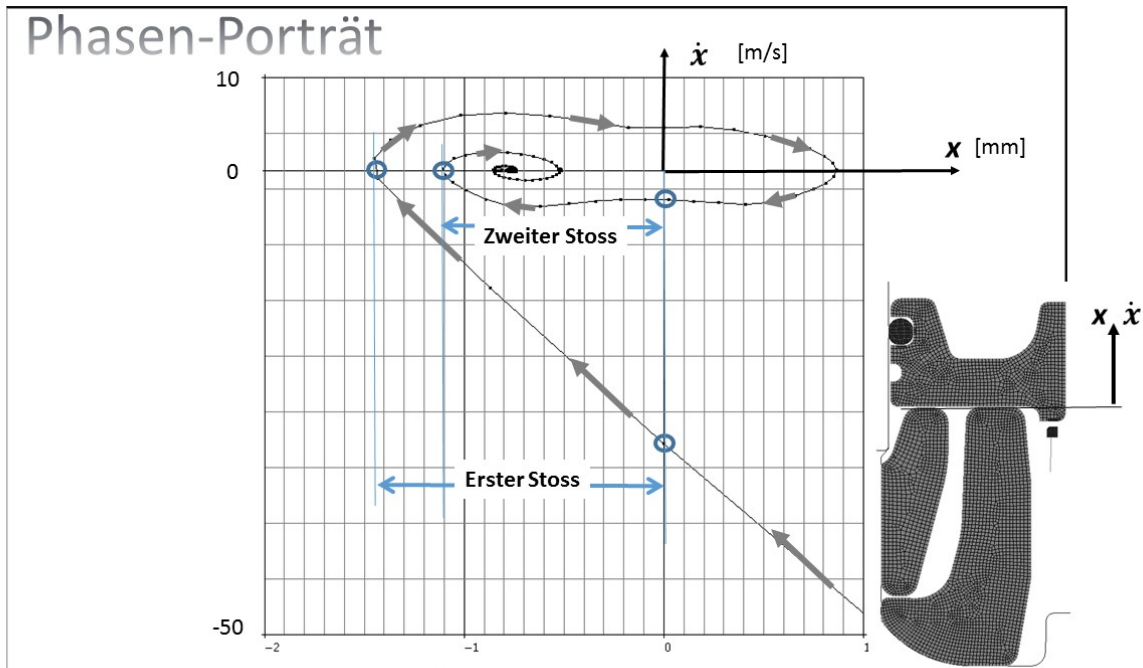


Abb. 9: Gezeigt ist das Phasen-Porträt der Kolbenbewegung: Man erkennt sehr instruktiv die zwei aufeinanderfolgenden Stöße mit den Kompressions- und Restitutionsphasen sowie das anschließende Ausschwingen der Kolbenbewegung

Insgesamt ist festzustellen, dass das untersuchte Material im hier vorgestellten Praxisbeispiel besonders gut geeignet erscheint, die geforderte Stoß- und Schwingungsdämpfung im projektierten Nagler zu erfüllen. Um auch der geforderten Lebensdauer zu genügen, war es wichtig auf die Effekte der dissipativen Erwärmung zu achten. Auch hier kann das ausgewählte Material punkten, und es ist in der Lage, die dissipative Erwärmung auf den für das Material verträglichen Rahmen zu begrenzen.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Dissipative Erwärmung in Elastomerbauteilen tritt dann auf, wenn das Bauteil zyklisch verformt wird. Es konnte gezeigt werden, dass ideal elastische Bauteile keine dissipative Erwärmung zeigen. Viskoelastizität ist die Voraussetzung für Energiedissipation und damit Eigenerwärmung. Die Thermodynamik hat dabei geholfen zu verstehen, warum es zum mechanischen Energieverlust kommt und wie er zu berechnen ist. Bereits aus der gewonnenen Näherungslösung für die dissipative Erwärmung (siehe letzte Formel in Abb. 2) kann man erkennen, dass besonders ein Materialparameter eine ganz herausragende Rolle bei der Einschätzung der zu erwartenden Temperaturentwicklung spielt, nämlich der Verlustmodul E'' bzw. der Tangens des Phasenwinkels. Dieser ist allerdings frequenz- und temperaturabhängig und zwar in materialspezifischer Weise. Selbst in der weiter oben angegebenen Näherungsformel kann die stationäre Temperatur unter einer zyklischen Belastung nicht direkt ermittelt werden; es wird ein iterativer Lösungsalgorithmus benötigt. Auch eine FEA Lösung ist nicht einfach zu finden, zumal sich ein stationärer Zustand erst nach vielen Zyklen einstellt, die alle in der FEA durchlaufen werden müssen – das kostet viel Rechenzeit.

Die Firma Voneseals fertigt Polyurethan Hydraulik-Dichtungen für die Baumaschinenindustrie und den Bergbau, für den besonders Hydrolyse beständige Werkstoffe für HFA-Flüssigkeiten zum Einsatz kommen. Wegen der fortschreitenden Automatisierung in China hat Voneseals sich auch der Herstellung von Pneumatikdichtungen angenommen. Es besteht bereits eine große Auswahl von Stangen, Kolben und Dämpfungsdichtungen für ISO Einbauräume. Mit modernen Spritzgießmaschinen ist man auch in der Lage, O-Ringe und kleine Pneumatik Ventildichtungen in einem sogenannten angusslosen Verfahren zu fertigen. Die registrierten TecThane Polyurethan-Granulate werden nach eigenen Formulierungen im Werk im Polyadditionsverfahren polymerisiert. Für die unterschiedlichsten Anwendungen stehen Polyester und Polyäther Werkstoffe in Härtebereichen von 80ShA bis 54ShD und Temperaturbereichen von -45°C bis 110°C zur Verfügung.

Um den steigenden Anforderungen im höheren Temperaturbereich gerecht zu werden, konnte Voneseals Mitte 2017 mit **P2100** einen solchen Werkstoff, zunächst für besonders hohe Anforderungen in der Hydraulik, dem Markt anbieten. Für das 93-shorige Polyurethan ist ein besonderes Diisocyanat, bei dem höchste sicherheitstechnische Anforderungen in der Verarbeitung berücksichtigt werden mussten, zum Einsatz gekommen. In ersten Labortests hat es sich bereits gezeigt, dass der Werkstoff große Vorteile gegenüber herkömmlichen Polyurethanen in folgenden Eigenschaften zeigt: Mit 35% sehr niedriger Druckverformungsrest bei $100^{\circ}\text{C}/72\text{h}$ (gemessen nach DIN 53517); einem Abriebverhalten von $<20\text{qmm}$ (gemessen nach DIN 53516); einer Rückprallelastizität von 67% (gemessen nach DIN 53512).

Aufgrund dieser sehr guten physikalischen Eigenschaften hat Voneseals als potenzielle Anwendung den Einsatz von Stangendichtungen für Hydraulikhämmer erkannt. Selbst mit guten Dichtsystemen hatten Anwender stets zu hohe Leckage und Defizite in der Lebensdauer zu beklagen. Felderfahrungen haben mittlerweile gezeigt, dass Dichtungen in **P2100** die hohen Erwartungen erfüllen. Mit einer neuen Anfrage einer für Voneseals komplett neuen Anwendung musste man sich vor kurzem auseinandersetzen. Es handelt sich um den weiter oben beschriebenen industriellen Druckluftnagler. Hier bestand die Aufgabe, eine rechnerische Abschätzung für die zu erwartende Betriebstemperatur in den PU Dämpfer-Elementen auf Grundlage der gegebenen konstruktiven Bedingungen sowie der infrage kommenden Buffer-Materialien zu entwickeln. Dies bedingte, dass das Material neben seinen physiko-chemischen Eigenschaften auch in Bezug auf seine thermo-viskoelastischen Eigenschaften hin zu überprüfen war. Hier wurde insbesondere die Multi-Frequenz DMTA zur Anwendung gebracht.

5 Literatur

- [1] Zener, C.: Internal friction in solids, Physical review 52, 1937: 230-235
- [2] Achenbach, M.: Thermally coupled numerical analysis of polymeric sealing materials"; siehe Tagungsband der Internationalen Dichtungstagung in Stuttgart, 2016.
- [3] Müller, I.: Grundzüge der Thermodynamik, Springer Verlag, 2001.
- [4] Peters, J.: Zur Modellbildung des mechanischen, thermischen und kalorischen Verhaltens polymerer Werkstoffe, Diss. 2011.

Validierung der Volume of Fluid Methode zur Simulation freier Oberflächen mit CAD-integrierter CFD-Software

Andrey Pavlov, Mike Gruetzmacher, Boris Marovic

Mentor Graphics (Deutschland) GmbH

CAD-integrierte Simulationswerkzeuge haben einen wesentlichen Beitrag zur Demokratisierung von CFD-Simulationen geleistet [1]. Sie ermöglichen es Konstruktions- und Entwicklungsingenieuren, Produkte in einem sehr frühen Stadium zu simulieren und zu optimieren [2]. Die Palette der verfügbaren physikalischen Simulationsmodelle wurde von anfangs eher einfachen physikalischen Modellen, die meist Druckverlust- und thermische Simulationen ermöglichten, kontinuierlich weiterentwickelt (z.B. um Nicht-Newtonsche Flüssigkeiten, Kavitationsmodelle, reale Gase, rotierende Komponenten und fortgeschrittene Strahlungsmodelle). Ein wesentliches Kriterium für eine erfolgreiche Umsetzung ist daher die ingenieurorientierte Realisierung bei gleichzeitig zuverlässiger Genauigkeit der zugrunde liegenden Modelle und akzeptablen Simulationsprozesszeiten.

Eine der jüngsten Entwicklungen ist die Implementierung von freien Oberflächen in CAD-integrierten CFD-Simulationen. Eine freie Oberfläche ist die Grenzfläche zwischen nicht mischbaren Fluiden, wie Flüssigkeiten und Gasen. Damit sind Anwendungen wie Füllprozesse, Schwappen von Flüssigkeiten, Wellenbewegungen, Freistrahle und Strömungen in offenen Gerinnen nun auch in CAD-integrierten Simulationswerkzeugen verfügbar, können bereits in der frühen Auslegungsphase eingesetzt werden und tragen damit zur Demokratisierung von CFD-Simulationen bei.

1 Einleitung

In den vergangenen Jahren wurde eine Vielzahl an Ansätzen zur Modellierung freier Oberflächenströmungen vorgeschlagen, ausgehend von der Marker-and-Cell (MAC) Methode von Harlow & Welch (1965) [3]. Bei der Wahl eines allgemeinen Ansatzes als Grundlage für die Implementierung in Simcenter FLOEFD™ ist zu berücksichtigen, dass ein ingenieurorientierter Ansatz Robustheit, physikalische Zuverlässigkeit und hinreichende Genauigkeit miteinander verbinden soll. Im Allgemeinen ist der Volume-of-Fluid (VOF) Ansatz von Hirt & Nichols (1981)[4] für diese Anforderungen am besten geeignet. Nach der Anpassung an die 3D-spezifische Vernetzung und einigen wesentlichen Änderungen und Verbesserungen wurde die Methode implementiert. Die wichtigsten Verbesserungen beziehen sich auf die Donor-Acceptor Methode, die Verwendung von Methoden mit geringer numerischer Diffusion für die konvektiven Terme der Volumenanteilgleichungen und die Verwendung von impulserhaltenden Approximationen der konvektiven Terme in den Gleichungen der Geschwindigkeitskomponenten.

Anhand einiger ausgewählter Validierungsbeispiele werden die zuverlässige Implementierung in ein CAD-integriertes CFD-Tool gezeigt und industrielle Anwendungsbeispiele vorgestellt.

2 Mathematische Grundlagen

Die Massen-, Impuls- und Energieerhaltungsgleichungen für ein Gemisch aus zwei nicht mischbaren Flüssigkeiten werden als Basisgleichungen verwendet. Flüssigkeiten gelten als nicht mischbar, wenn sie ineinander völlig unlöslich sind. Die Unmischbarkeit von Flüssigkeiten bedeutet, dass es keinen konvektiven Transfer von Masse, Impuls, Energie und anderen Parametern durch die freie Oberfläche gibt. Außerdem findet keine diffusive Übertragung der Gemischkomponenten statt. Aber es existieren Diffusionsflüsse für Impuls, Energie und die Turbulenzparameter.

Es wird davon ausgegangen, dass die Geschwindigkeiten, die Schubspannungen, die statischen Drücke, die Temperaturen und die Wärmeflüsse an der Schnittstelle zwischen den nicht mischbaren Flüssigkeiten gleich sind. Es wird also impliziert, dass Geschwindigkeit, Druck und Temperatur an der Schnittstelle von nicht mischbaren Flüssigkeiten kontinuierlich sind.

Im Umkehrschluss sind die Volumenanteile und damit Dichte und Impuls diskontinuierliche Parameter an der Schnittstelle der nicht mischbaren Flüssigkeiten. Das Verhältnis von nicht mischbaren Flüssigkeitsdichten und Viskositäten kann an der freien Grenzfläche sehr hoch sein. Für die Kombination Luft-Wasser beispielsweise beträgt das Verhältnis $\max(\rho_1, \rho_2)/\min(\rho_1, \rho_2)$ zirka 10^3 . Die Viskosität ist an der Schnittstelle ebenfalls diskontinuierlich, das Verhältnis $\max(\mu_1, \mu_2)/\min(\mu_1, \mu_2)$ beträgt bis zu 10^3 für die Kombination Luft-Wasser und kann bis zu 10^{10} für eine Kombination aus Luft und Nicht-Newtonsche Flüssigkeit betragen.

Bei der Auswahl einer bestimmten Form für die zugrundeliegenden Gleichungen ist die Tatsache zu berücksichtigen, dass kontinuierliche und diskontinuierliche Parameter im System existieren. Im Hinblick auf die Aufstellung des numerischen Algorithmus ist es sinnvoll, das Vorhandensein diskontinuierlicher Parameter in den Ableitungen zu minimieren. Erstens wird die Geschwindigkeit anstelle des Impulses als Haupt-Unbekannte gewählt. Zweitens wird die Dichte bei den Ableitungen nicht berücksichtigt, da nicht-konservative Formen der Gleichungen für Geschwindigkeit, Enthalpie und andere skalare Parameter verwendet werden, mit Ausnahme der Volumenanteile. Der Knackpunkt einer numerischen Methode ist jedoch der konvektive Transport von diskontinuierlichen (Stufen-) Parametern, wobei dies nur eine Gleichung für den Volumenanteil betrifft.

Für die Ableitung der speziellen Form der Grundgleichungen wird die Annahme getroffen, dass die Dichten der nicht mischbaren Fluide $\rho_q = \rho_q(p, T)$, $q = 1, 2$ innerhalb des jeweiligen Fluides nicht wesentlich variieren: $\max(\rho_q)/\min(\rho_q) < 3$, $q = 1, 2$.

Mathematisch bedeutet dies, dass der Ausdruck $\text{grad}(\rho_q)$, $q = 1, 2$ innerhalb des jeweiligen Fluides vernachlässigt wird. Diese Annahme bezieht sich hauptsächlich auf Gasströmungen und bedeutet, dass Änderungen der Gasdichte hauptsächlich aufgrund von Temperaturschwankungen und globalen (nicht lokalen) Druckschwankungen verursacht werden. Dies gilt für die sogenannten schwach-kompressiblen Strömungen, d.h. Strömungsverhältnisse bei einer Machzahl $M < 0.3$ (für Luft bedeutet dies $v < 100$ m/s).

Der Erhaltungssatz der Mischungskomponenten wird durch die folgenden Gleichungen für die Volumenanteile definiert:

$$\frac{\partial \alpha_q}{\partial t} + \frac{\alpha_q}{\rho_q} \frac{\partial \rho_q}{\partial t} + \sum_i \frac{\partial \alpha_q u_i}{\partial x_i} = 0, q = 1, 2$$

$$\alpha_0 + \alpha_1 = 1.$$

Aus den Gleichungen der Volumenanteile folgt der Massenerhaltungssatz:

$$\frac{\alpha_0}{\rho_0} \frac{\partial \rho_0}{\partial t} + \frac{\alpha_1}{\rho_1} \frac{\partial \rho_1}{\partial t} + \sum_i \frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0.$$

Die Impulsgleichung lautet:

$$\begin{aligned} \rho \frac{\partial u_i}{\partial t} + \rho u_i \left(\frac{\alpha_0}{\rho_0} \frac{\partial \alpha_0}{\partial t} + \frac{\alpha_1}{\rho_1} \frac{\partial \alpha_1}{\partial t} \right) + \rho \sum_j \frac{\partial}{\partial x_j} (u_j u_i) + \frac{\partial p}{\partial x_i} = \\ = \rho g_i + \sum_j \frac{\partial}{\partial x_j} (\mu + \mu_i) s_{ij} + S_i, i = 1, 2, 3. \end{aligned}$$

Die Energiegleichung lautet:

$$\rho \frac{\partial H}{\partial t} + \rho H \left(\frac{\alpha_0}{\rho_0} \frac{\partial \alpha_0}{\partial t} + \frac{\alpha_1}{\rho_1} \frac{\partial \alpha_1}{\partial t} \right) + \rho \sum_j \frac{\partial}{\partial x_j} (u_j H) =$$

$$= \sum_i \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\sum_j u_j (\mu + \mu_i) s_{ij} - q_i \right) + \frac{\partial p}{\partial t} - \sum_{ij} \mu_i s_{ij} \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \rho \varepsilon + \sum_i S_i u_i + Q_H.$$

Die Zustandsgleichungen lauten:

$$\rho = \alpha_0 \rho_0 + \alpha_1 \rho_1,$$

$$H = \frac{\alpha_0 \rho_0 h_0 + \alpha_1 \rho_1 h_1}{\rho} + \frac{u^2}{2},$$

$$\rho_q = \rho_q(p, T), \quad h_q = h_q(p, T), \quad q = 1, 2,$$

$$\mu = \alpha_0 \mu_0 + \alpha_1 \mu_1,$$

$$\lambda = \alpha_0 \lambda_0 + \alpha_1 \lambda_1,$$

$$C_p = \frac{\alpha_0 \rho_0 C_{p,0} + \alpha_1 \rho_1 C_{p,1}}{\rho}.$$

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Enthalpie im Allgemeinen auch an der Grenzfläche von nicht mischbaren Flüssigkeiten diskontinuierlich ist. Daher ist es empfehlenswert, zukünftig auch die Simulation von Phasenübergangsphänomenen in freien Oberflächenströmungen miteinzubeziehen.

Es ist zu beachten, dass, wenn die Anfangs- und Randbedingungen lediglich $\alpha_q = 0$ oder 1 enthalten, die Gleichung der Volumenanteile wie folgt ausgedrückt werden kann:

$$\frac{d\alpha_q}{dt} = 0, \quad q = 1, 2.$$

Somit ergeben die Gleichungen tatsächlich eine Unmischbarkeit der Fluide.

3 Volume of Fluid (VOF)

Die VOF-Methode wird aus einer Vielzahl von Ansätzen zur Behandlung freier Oberflächen als die robusteste, ausreichend genaue und effizienteste Methode in Bezug auf CPU-Zeit und Speicher ausgewählt.

Bei diesem Ansatz ist es nicht notwendig, die Grenzfläche der nicht mischbaren Fluide detailliert zu erfassen, da die exakte Nachverfolgung oft sehr komplex ist. Stattdessen muss lediglich eine konvektive Skalargleichung für den (schrittweisen) Volumenanteil gelöst werden. Der wesentliche Nachteil dieses Ansatzes ist, dass die numerische Approximation der konvektiven Gleichung zwei widersprüchliche Eigenschaften kombinieren muss. Einerseits sollte die Methode strikt den Erhalt der Volumenanteile unter Beachtung der physikalischen Grenzen von Null und Eins gewährleisten, andererseits aber sollte sie das Stufenprofil des jeweiligen Volumenanteils nicht verwischen.

Bei der Erarbeitung einer speziellen Variante der VOF Methode wurde daher besonderes Augenmerk auf die folgenden Punkte gelegt:

- Die oben genannte Form der Massen-, Impuls- und Energieerhaltungsgesetze wird als am besten für die Erarbeitung der numerischen Methode geeignet angesehen. Die Geschwindigkeit als kontinuierlicher Parameter wird als Hauptunbekannte anstelle des diskontinuierlichen Impulses verwendet. Die Dichte als diskontinuierlicher Parameter wird in den Ableitungen nicht dargestellt. Der diskontinuierliche Parameter für den konvektiven Transport, also der im Wesentlichen schwierigste numerische Term, ist lediglich in der Gleichung des Volumenanteils enthalten.
- Die Lösung des schrittweisen, konvektiven Transportes der Volumenanteile ist in bestimmte Stufen unter Verwendung spezieller Näherungen in Bezug auf Zeit und Raum unterteilt:
 - Zuerst wird das Crank-Nicolson-Verfahren zweiter Ordnung für die Zeitnäherung mit der vollständig impliziten Zeitnäherung erster Ordnung kombiniert.
Die Näherungen werden durch den Courant-Koeffizienten ergänzt $\beta = \Delta t_\alpha / \Delta t_C$, mit Δt_α als diskretem Zeitschritt zur Lösung des Volumenanteilterms und $\Delta t_C = h / u$.
Dieses kombinierte Verfahren bietet eine zeitliche Genauigkeit zweiter Ordnung bei moderaten Zeitschritten ($\beta \leq 0.3$) und Stabilität bei großen Zeitschritten ($\beta > 1$). Damit wird die sehr genaue (aber weniger robuste) Näherung durch eine robustere (aber weniger genaue) Näherung ersetzt. Gleichzeitig wird der Zeitschritt für die Simulation erhöht.
 - Zweitens wird der unterteilte (verfeinerte) Zeitschritt Δt_α für die Volumenanteilgleichungen verwendet, um die Genauigkeit der Lösung dieser sehr wichtigen Gleichung zu erhöhen.
Wenn der Zeitschritt Δt für das Gesamtsystem im Verhältnis zu Δt_C zu groß ist, dann wird der unterteilte Zeitschritt Δt_α als $\Delta t_\alpha = \Delta t / N_\alpha$, mit N_α als Anzahl der unterteilten Schritte, definiert. N_α wird definiert, um die Bedingung $\beta \leq 0.3$ zu erfüllen, wobei N_α aber immer kleiner als 10 ist.
 - Spezielle Approximationen mit geringer numerischer Diffusion der konvektiven Terme werden verwendet, um zu verhindern, dass das Stufenprofil der Volumenanteile verwischt wird.
 - Ein weiteres kritisches Merkmal der abgeleiteten Approximationen sind die Dispersionseigenschaften des Verfahrens. Es sollte kein falsches Über- oder Unterschreiten der physikalischen Grenzen des Volumenanteils zulassen, der zwischen Null und Eins liegen muss. Zu diesem Zweck wurde die bekannte Donor-Acceptor Methode von Hirt & Nichols (1981) eingesetzt. Der Ansatz war ursprünglich als 1D-Verfahren für explizite Berechnungen mit rechtwinkligen Gittern formuliert. Ziel des Verfahrens war es, die Flüsse so zu begrenzen, dass der Volumenanteil garantiert im Bereich $[0,1]$ liegt. Diese Technik wurde in dem vorgestellten Ansatz wesentlich überarbeitet. Ein numerisches 3D-Prädiktor-Korrektor-Verfahren wurde für die Volumenanteilgleichung für allgemeine unstrukturierte Netze entwickelt. Der Prädiktor wird verwendet, um zu bestimmen, wie die Koeffizienten der impliziten Approximationen zu korrigieren sind, um sicherzustellen, dass der Volumenanteil innerhalb des zulässigen physikalischen Bereiches $\alpha_q \in [0,1]$, $q = 1,2$ liegt. Es ist zu berücksichtigen, dass diese Eigenschaft durch die Einführung der Nichtlinearität der Approximation erreicht wird, obwohl die approximierte Differentialgleichung linear ist.
 - Um die Robustheit des Verfahrens bei großen Zeitschritten zu gewährleisten, wird die abgeleitete Approximation mit der etablierten monotonen Approximation kombiniert. Monotone Approximationen basieren ebenfalls auf Flux Limiter, sind aber so konzipiert, dass sie andere Eigenschaften als eine diskrete Lösung haben. Diese Näherungen verhindern das Entstehen neuer nicht-physikalischer Minima und Maxima in einem Lösungsbereich. Somit wird, genau wie bei den oben beschriebenen Approximationen der Zeit, die genauere Näherung durch die robustere ersetzt, wenn sich der Zeitschritt erhöht.
- Die physikalische Zuverlässigkeit der Methode wird durch die Eigenschaft der algebraischen Impulserhaltung sichergestellt. Trotz der Tatsache, dass die Geschwindigkeit als Hauptunbekannte verwendet wird, kann die diskrete Impulsgleichung als algebraische Folge der diskreten Volumenanteilgleichungen und der diskreten Gleichung für die Geschwindigkeit erhalten werden. Mit

diesen algebraischen Transformationen erhält man die konservative Form der diskreten Impulsgleichung, die streng mit der diskreten Gleichung des Volumenanteils übereinstimmt.

Die oben genannten Ansätze liefern eine robuste und hinreichend genaue Methode.

Der jeweilige Volumenanteilzustand wird in einem SIMPLE-ähnlichen Operator-Splitting-Verfahren für alle anderen Strömungsparameter wie Geschwindigkeit, Druck, Enthalpie und Turbulenzparameter für das k-ε Modell eingebunden. Dabei ist zu beachten, dass die Lage der freien Oberfläche zu einem bestimmten Zeitpunkt im Raum nicht aufgelöst und nicht für Berechnungen verwendet wird. Sie wird lediglich zu Visualisierungszwecken verwendet. Die Position der freien Oberfläche befindet sich dort, wo α sich von 0 auf 1 ändert. Hierbei ist anzumerken, dass die Oberflächenspannung in der aktuellen Methodik noch nicht berücksichtigt wird. Es gibt bewährte Ansätze zur Simulation der Oberflächenspannung im Rahmen der VOF Technologie, die jedoch in der ersten Version noch nicht implementiert wurden.

Die VOF Technologie kann für Anwendungen mit einer scharfen Grenze zwischen den Phasen eingesetzt werden, wie z.B. beim Schwappen, beim Befüllen, beim Evakuieren, bei Freistrahlen und bei offenen Flüssigkeitsströmungen. Tröpfchen müssen von den Kontrollvolumina aufgelöst werden.

4 Beispiele

4.1 Validierungsbeispiele (Auszug)

4.1.1 2D Auftreffender Flüssigkeitsstrahl

Dieses Beispiel zeigt einen auf drei verschieden angewinkelte Wände auftreffenden Flüssigkeitsstrahl.

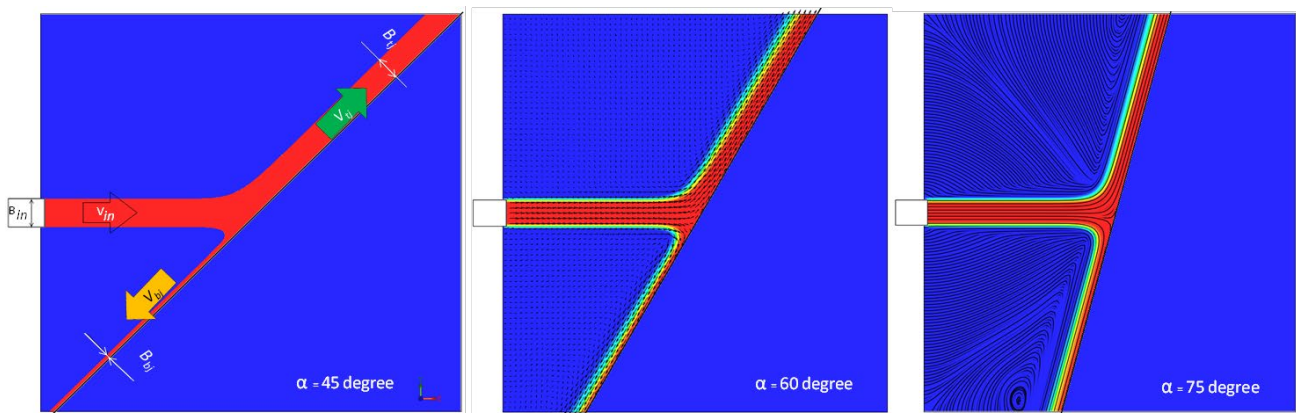


Abb. 1: Strahl auf drei verschieden angewinkelte Wände.

Goal Name	Unit	45 degree			60 degree			75 degree		
		Value	Reference	Error,%	Value	Reference	Error,%	Value	Reference	Error,%
SG Normal Force 1	[N]	7,068	7,072	0,05	8,672	8,661	0,13	9,688	9,659	0,29
SG Normal Force (X) 1	[N]	4,989	5,001	0,25	7,502	7,501	0,02	9,360	9,330	0,32
SG Normal Force (Y) 1	[N]	-5,007	-5,000	0,15	-4,349	-4,330	0,45	-2,498	-2,500	0,08
SG Force 1	[N]	7,068	7,072	0,05	8,672	8,661	0,13	9,688	9,659	0,29
SG Force (X) 1	[N]	4,989	5,001	0,25	7,502	7,501	0,02	9,360	9,330	0,32
SG Force (Y) 1	[N]	-5,007	-5,000	0,15	-4,349	-4,330	0,45	-2,498	-2,500	0,08
SG Torque (Z) 1	[N*m]	0,357	0,354	0,88	0,252	0,250	1,00	0,133	0,129	2,71
V top jet (Vtj)	[m/s]	1,00212	1,00000	0,21	1,00315	1,00000	0,31	0,99600	1,00000	0,40
V bottom jet (Vbj)	[m/s]	0,96735	1,00000	3,27	0,97739	1,00000	2,26	0,98165	1,00000	1,83
B top jet (Btj)	[m]	0,08528	0,08535	0,07	0,07471	0,07500	0,29	0,06274	0,06294	0,20
B bottom jet (Bbj)	[m]	0,01433	0,01465	0,32	0,02403	0,02500	0,97	0,03841	0,03706	1,35

4.1.2 2D-Fontänenstrahl

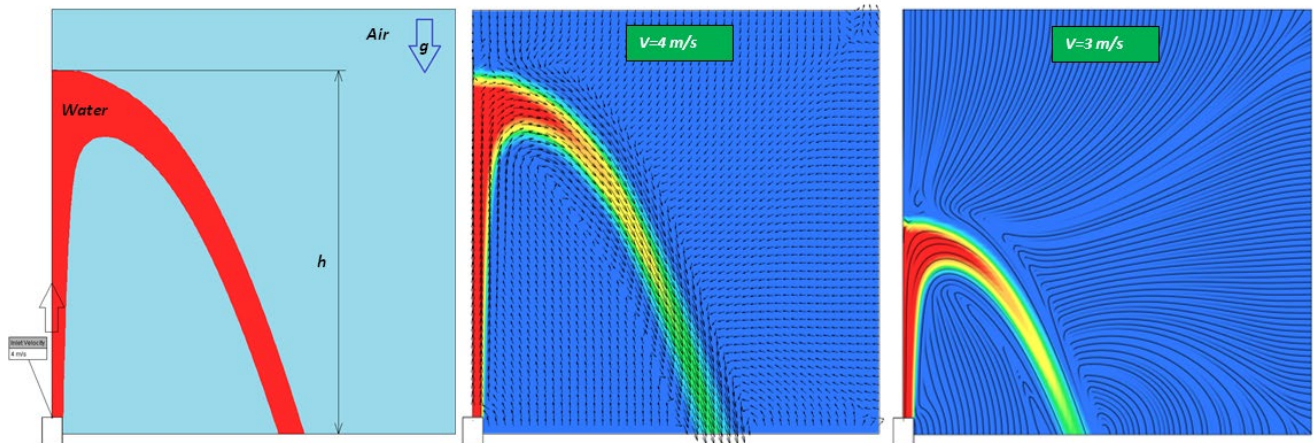


Abb. 2: 2D-Fontänenstrahl

Goal Name	Unit	V=3 m/s			V=4 m/s		
		Value	Reference	Error, %	Value	Reference	Error, %
Fountain Height (VOF)	[m]	0,477	0,459	3,95	0,834	0,815	2,32
Fountain Height (Velocity)	[m]	0,478	0,459	4,20	0,835	0,815	2,44

4.1.3 3D-Steg Benchmark

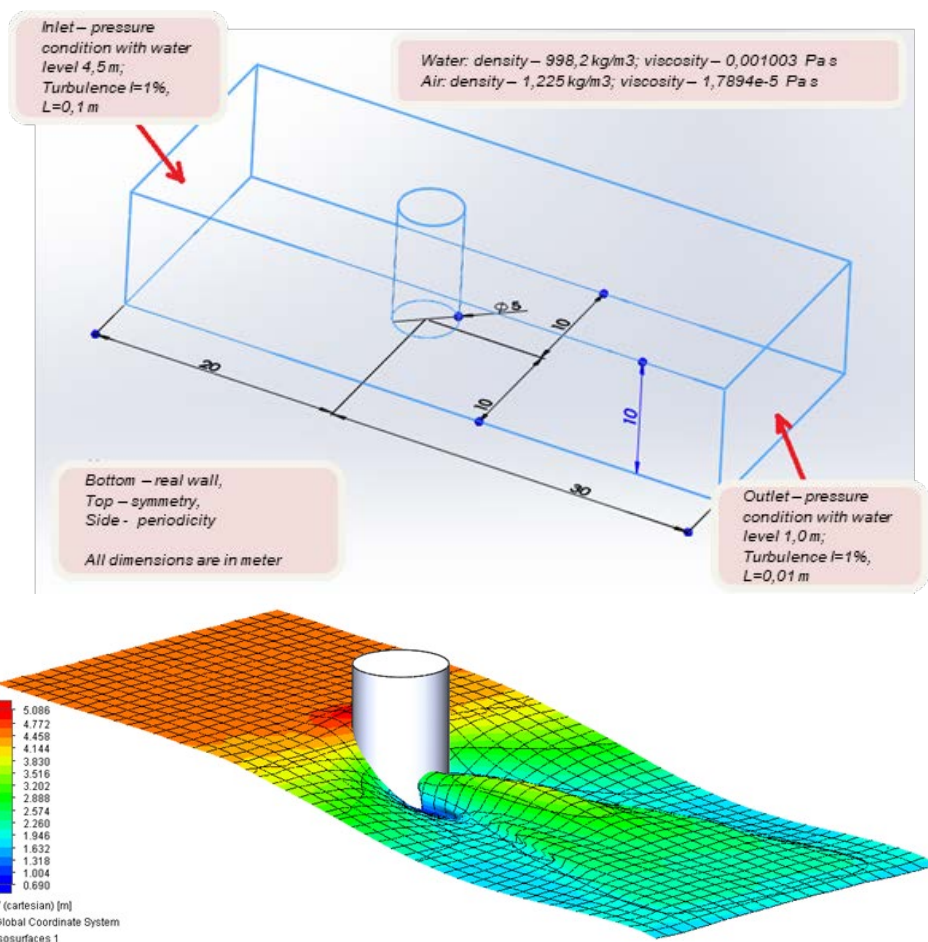
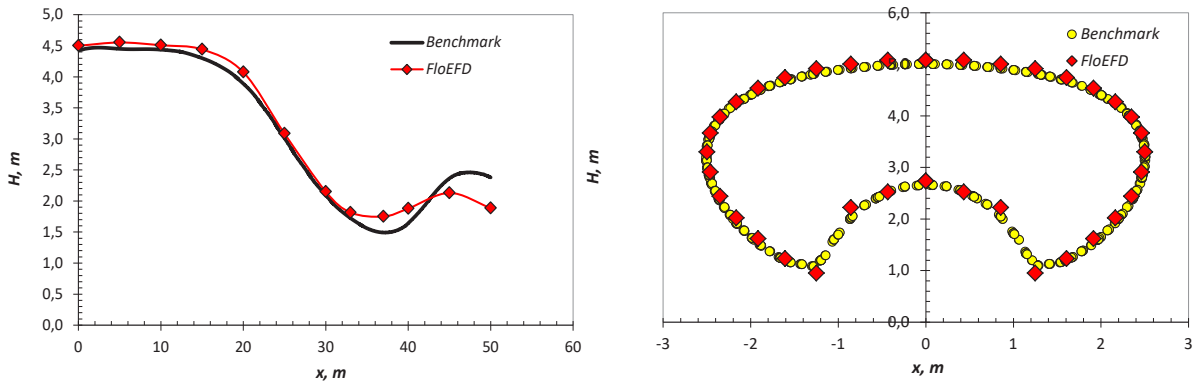


Abb. 3: 3D-Stegumströmung



Goal Name	Unit	Value	Reference	Error, %
PG Static Pressure 1	[Pa]	124571,6	123600	2,084
PG Static Pressure 2	[Pa]	124524,68	123600	1,986
SG Min Static Pressure 1	[Pa]	99437,642	100300	1,806
SG Max Static Pressure 1	[Pa]	149175,47	148060	2,336
SG Normal Force 1	[N]	410826,68	394000	4,271
SG Normal Force (X) 1	[N]	410824,22	394000	4,270
SG Force 1	[N]	412654,81	394000	4,735
SG Force (X) 1	[N]	412652,12	394000	4,734
SG Torque (Z) 1	[N*m]	-705949,33	-669000	5,523
SG Inlet Mass Flow Rate 1	[kg/s]	296396,08	289116	2,518
SG Outlet Mass Flow Rate 1	[kg/s]	-296081,43	-289116	2,409

Physical time [s]: 70

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Ergebnisse der VOF Simulationen sehr gut mit den theoretischen Ergebnissen übereinstimmen.

4.2 Anwendungsbeispiele

4.2.1 Zylindrischer Tank

Ein zylindrischer Tank, z.B. auf einem Lkw, ist zu 60% mit Wasser gefüllt. Ein Bremsvorgang beim Auffahren auf eine Rampe mit $g_x = 0,3 g$ und $g_y = 0,25 g$ wird durchgeführt. [5]

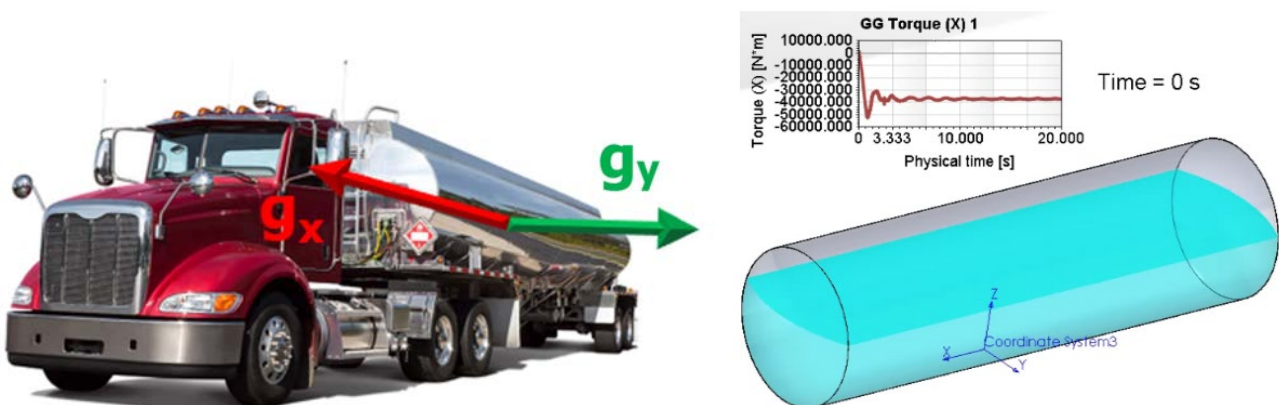


Abb. 4: Lkw Tank

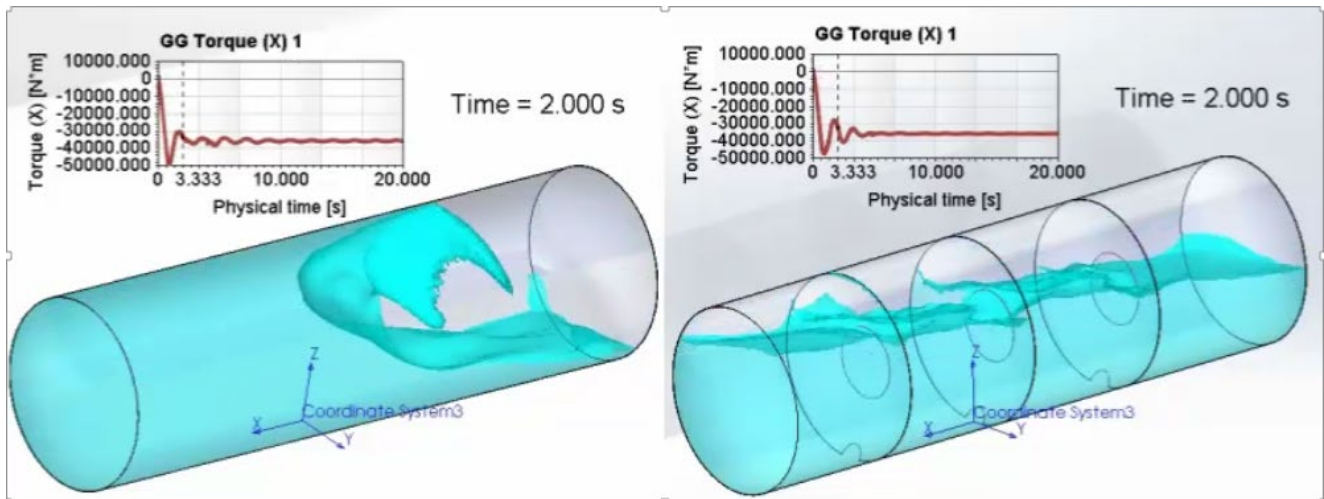


Abb. 5: Vergleich zwischen dem ursprünglichen Tank und einem mit Prallblechen ausgestatteten Tank

4.2.2 Tankanhänger

Dieses Beispiel veranschaulicht das Schwappverhalten von Wasser in einem Tankanhänger während eines Bremsvorgangs von 50 km/h bis zum Stillstand innerhalb von vier Sekunden.



Abb. 6: Tankanhänger ohne Prallbleche



Abb. 7: Tankanhänger mit Prallblechen ausgestattet

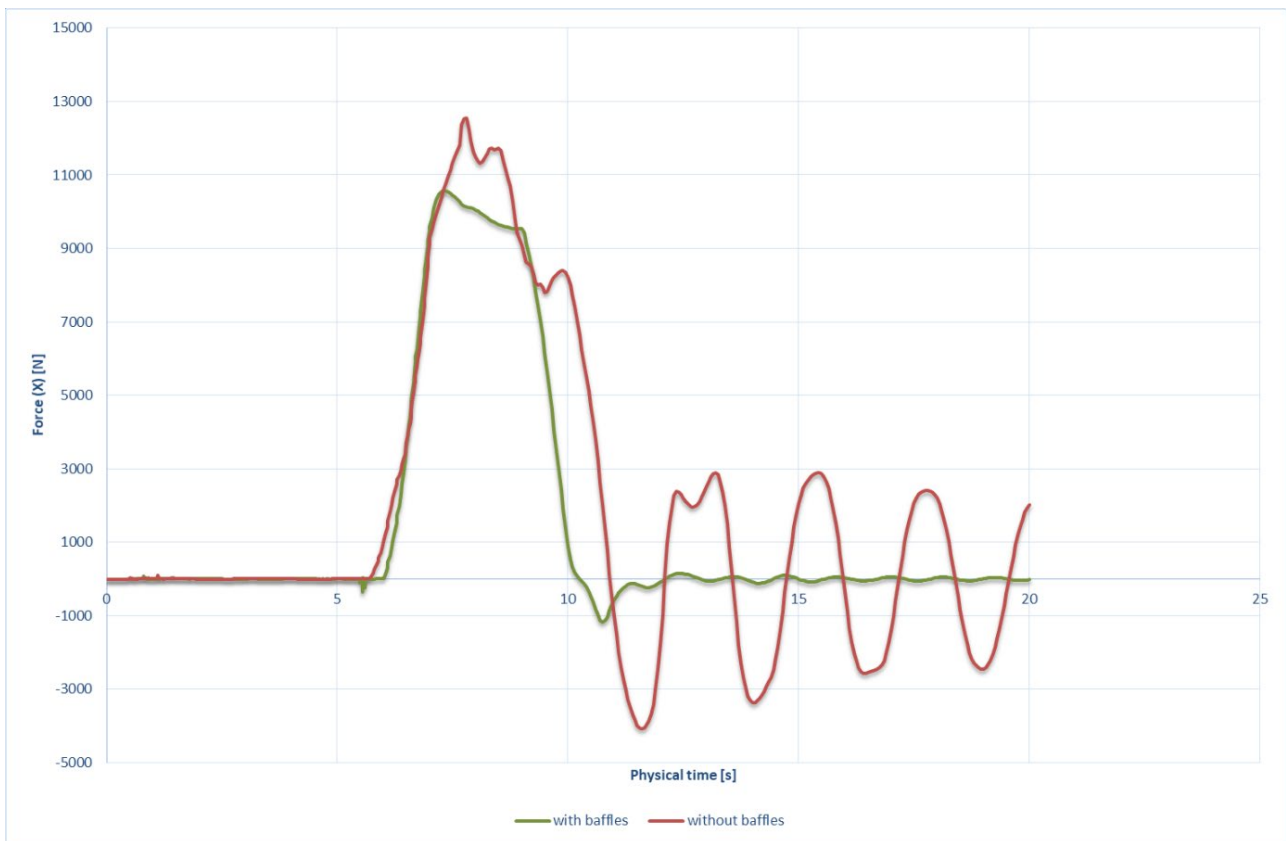


Abb. 8: Vergleich des Tankanhängers mit Prallblechen und ohne Prallbleche

Für beide Beispiele ist das unterschiedliche transiente Schwappverhalten für einen Tank mit Prallblechen und ohne Prallbleche dargestellt.

5 Literatur

- [1] Hanna K., Weinhold I., „The Democratization of CFD – is it possible?“, NAFEMS World Congress 2017
- [2] Sabeur M., Gruetzmacher M., Hanna K., Sobachkin A., „Frontloading CFD – Required Technologies“, NAFEMS World Congress 2017
- [3] Harlow, F.H. and Welch, J.E. “Numerical Calculation of Time-Dependent Viscous Incompressible Flow of Fluid with Free Surface” The Physics of Fluids, Volume 8, 1965
- [4] C. W. Hirt and B. D. Nichols, “Volume of Fluid (VOF) Method for the Dynamics of Free Boundaries”, Los Alamos Scientific Laboratory, 1979
- [5] T. Kandasamy, S. Rakheja and A.K.W. Ahmed “An Analysis of Baffles Designs for Limiting Fluid Slosh in Partly Filled Tank Trucks”, The Open Transportation Journal, 2010, 4, 23-32

Prozesssimulation drahtbasierter additiver Fertigungsverfahren

Simon Brötz, Stefan Scheibelhofer

LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH

Derzeit liegt bei additiven Fertigungsverfahren, oder *Additive Manufacturing (AM)*, der Fokus vorrangig auf pulverbett-basierten Methoden. Während dieser Herstellungsprozess sehr feine Strukturen erlaubt, liegt der Nachteil sowohl im beschränkt verfügbaren Bauraum, als auch in geringen Aufbauraten. Im Gegensatz dazu stehen drahtbasierte additive Fertigungsverfahren, oder *wire-based Additive Manufacturing (WAM)*, zur Verfügung. Diese zeichnen sich durch eine hohe Aufbaurate und gleichzeitig durch eine theoretisch unlimitierte Baugröße aus. Bei beiden Verfahren ist die Kenntnis des Temperaturhaushalts, der resultierenden Deformationen des Bauteils und intern aufgebaute Eigenspannungen bei der Fertigung von großer Wichtigkeit, um eine endkonturnahe Herstellung zu erzielen und Materialeigenschaften vorhersagen zu können.

Die derzeit am Markt befindlichen Softwareprodukte zur Simulation von AM befassen sich hauptsächlich mit pulverbett-basierten Prozessen. Aufgrund der stark abweichenden Prozessparameter eignen sich diese nicht zur Simulation von WAM. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung eines numerischen Modells zur Simulation von WAM Prozessen. Als Basis dient ein Finite Elemente Modell in LS-DYNA, das mit Python Modulen erweitert und ergänzt wird. Mit Hilfe der eigens programmierten Module wird die Wärmeeinbringung in das Modell kontrolliert und der additive Prozess nachgebildet, indem kontinuierlich Elemente in das Modell eingefügt werden (Dynamic Mesh Technique [1]). Gegenüber der verbreiteten Methode der Elementaktivierung wird dadurch Rechenzeit gespart. In der vorliegenden Arbeit wird eine Wand-Testgeometrie simuliert und aufgezeigt wie sich beim Prozess schichtweises Einfügen der Elemente im Vergleich zu einem stückweisen Aufbau der Bauteilschichten auf den Wärmehaushalt und die Eigenspannungen auswirken. Die Ergebnisse der thermo-mechanischen Prozesssimulation zeigen starke Unterschiede bei der Temperatur- und Spannungsverteilung für beide Methoden. Weitere Möglichkeiten zur Verbesserung des numerischen Modells in Richtung komplexerer Pfadabfolge und Einbringung der Prozesswärme werden diskutiert.

1 Einleitung und Motivation

Bei der additiven Herstellung metallischer Bauteile werden meist pulverbettbasierte Methoden verwendet. Während deren Fertigungsgrößen stark eingeschränkt sind, bieten drahtbasierte (wire-based) Additive Manufacturing (WAM) Verfahren die Möglichkeit zur Herstellung großvolumiger Bauteile. Dabei besteht unter Nutzung von Schweißrobotern theoretisch keine Bauraumbeschränkung. Zusätzlich liegt die Abschmelzleistung von WAM Methoden (2-5 kg/h [2]) deutlich höher als bei pulverbettbasierten Methoden [3].

Bei allen AM Verfahren wird es zukünftig wichtig, Vorhersagen über die Bauteilqualität bezüglich Verformungen und Eigenspannungen machen zu können. Außerdem ist das Temperaturmanagement im Bauteil eine Schlüsselgröße, die für die Stabilität des Prozesses und der finalen Bauteil-Endgeometrie maßgeblich ist. Erhöhte Temperaturen über längere Zeit können zu Prozessinstabilitäten führen, sodass die mechanischen oder geometrischen Anforderungen nicht mehr erfüllt werden können. Kommt es durch zu geringe Wärmeabfuhr zu einem lokalen Wärmestau, so treten Unregelmäßigkeiten in der Geometrie, oder aber Verzug beim Fertigen auf. Wie zu erkennen in Abb. 1, verlieren dabei die Profilwände an Stabilität und bilden seitliche Unebenheiten aus. Im Extremfall wird die bereits gefertigte Geometrie durch das zu langsam erstarrende Material neu aufgeschmolzen und das Bauteil dadurch geschädigt.

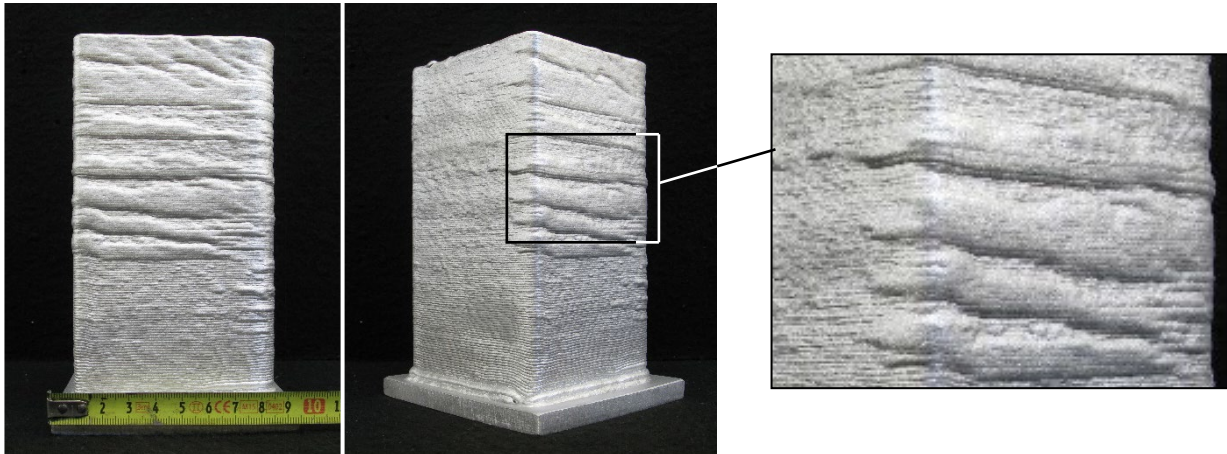


Abb. 1: Seiten- und Schrägansicht eines mittels WAM gefertigten Profils mit Rechteckquerschnitt

Prozesssimulation bietet die Möglichkeit, auftretende Probleme, wie etwa zu hohen Temperaturen, Eigenspannungen und Verformungen, numerisch vorherzusagen und untersuchen zu können. So kann in der Simulation eine zu geringe Wärmeabfuhr ermittelt werden, bevor dies beim Schweißprozess in der Realität auftritt. So wird die Anzahl der kostenintensiven experimentellen Versuche verringert, um die Herstellung zeit- und kosteneffizienter zu gestalten. Dafür werden die Schweißparameter im Idealfall vor dem ersten Experiment angepasst. Vorausgesetzt dafür ist, dass das Prozessmodell hinreichend genau ist.

Derzeitige Softwareprodukte für AM (z.B. Amphyon von Additive Works, Virfac von GeonX) fokussieren hauptsächlich auf pulverbettbasierte AM Methoden. In Voruntersuchungen hat sich jedoch gezeigt, dass diese Softwarelösungen nicht für Simulation der WAM-Technologie geeignet sind. Die Prozesse unterscheiden sich, neben den stark unterschiedlichen Prozessparametern und den daraus resultierenden Verhältnissen der Lagendicke zur maximalen Bauteildimension. Auch variieren sie in den Randbedingungen hinsichtlich Energieeintrag, minimaler Wandstärken und Schichtdicken.

Es besteht speziell für WAM Verfahren die Notwendigkeit der Entwicklung einer wirtschaftlichen Prozesssimulation, um die Simulation von größeren Bauteilen zu unterstützen. Ziel ist der Aufbau einer Technik, um physikalische Vorgänge und deren Wechselwirkungen im Modell bei der Herstellung untersuchen zu können. Daraus soll eine Prozessstrategie resultieren, um gemäß „first-time-right“ endkonturnahe Bauteile bei der Fertigung zu erhalten.

2 Methode

Die für WAM entwickelte Simulation basiert auf einem thermo-mechanisch gekoppelten Finite Elemente (FE) Modell in LS-DYNA. Das grundlegende Simulationskonzept beruht darauf, Elemente sukzessive in das Modell einzufügen, wodurch das Aufschweißen, beziehungsweise Einbringen von Material nachgebildet wird. Diese Methode steht im Kontrast zur Elementaktivierung, die bei AM-Simulationen häufig verwendet wird [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

Der zeitliche Ablauf des additiven Prozesses wird durch einzelne Berechnungsschritte realisiert. Mit Hilfe von Restarts werden dabei einzelne Simulationen aneinandergehängt und in den Zwischenschritten die Input Daten mit Hilfe von Python-Routinen aufbereitet. Neben dem Einfügen von Elementen in das Mesh File, bedarf es der Berücksichtigung der realitätsgetreuen Wärmeeinbringung in das Modell, wie in den folgenden Absätzen erläutert, sowie die Anpassung der thermischen Randbedingungen. Neben der Steuerung der Restarts wird auch die zum Postprocessing benötigte Verknüpfung der Berechnungsergebnisse mit Python-Routinen realisiert.

Für die Simulation werden aus einem vorab prozessgerecht vernetzten Bauteil Elementblöcke entnommen und in das eigentliche Modell übergeführt. In Abb. 2 ist schematisch dargestellt, wie die Elemente stückweise in das Input-Mesh File des LS-DYNA Modells eingefügt werden. Der Vektor ist der vordefinierte Pfad, der dem

Simulationsmodell als Input gegeben wird. Auf dieser Verbindungslinie werden Elementblöcke mit einer fest definierten Länge vom Python-Algorithmus aus dem vorvernetzten Bauteil ausgeschnitten. In der Abbildung links sind drei in das Input-Mesh eingefügte Elementblöcke, durch rote Pfeile gekennzeichnet, zu sehen. Nach jedem neuen Block wird eine Simulation gestartet und deren Ergebnisse als Startbedingungen für die nächste Simulation verwendet. In Abb. 2 rechts sind alle Blöcke auf der Strecke von A bis B bereits eingefügt. Die Art des Pfad-Inputs ist modernen RoboterCodes nachempfunden.

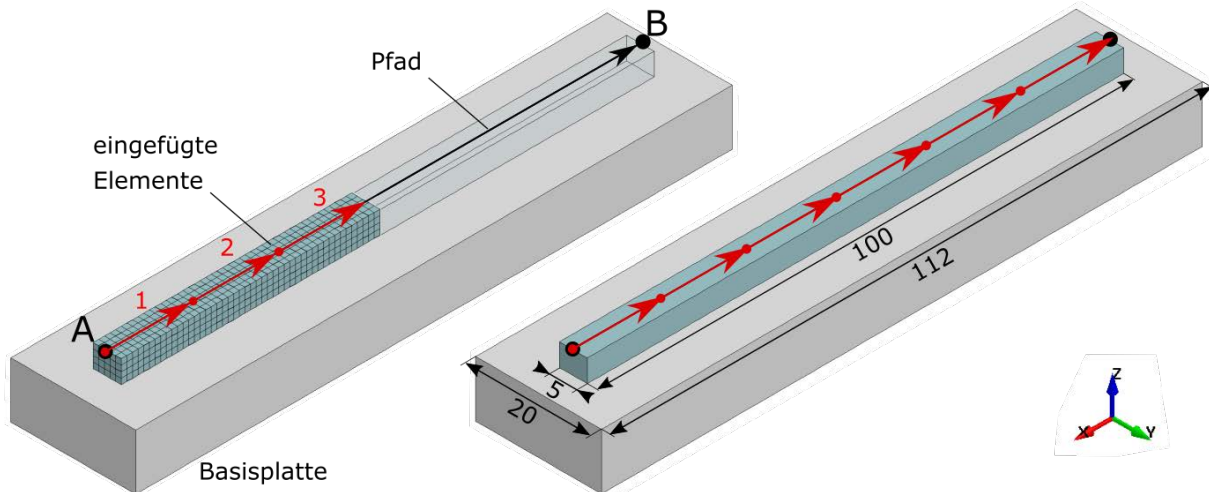


Abb. 2: Schematische Darstellung des Pfad-Inputs und dem Einfügen der Elemente in das Input-Mesh File des LS-DYNA Simulationsmodells

Essenziell sind die Abb. maßgeblicher Prozessvorgänge und das Übersetzen relevanter Prozessparameter in für die Simulation relevante Größen. Eine dieser Größen ist die Energie des Schweißprozesses (Streckenenergie W_s), die beim Schweißen und WAM Verfahren in das Bauteil eingebracht wird. Diese ist direkt von der eingebrachten elektrischen Arbeit abhängig und der daraus resultierenden Streckenenergie. W_s errechnet sich, wie in Formel 2.1 dargestellt, aus der Spannung U_s und Stromstärke I_s der Schweißquelle, sowie der Schweißgeschwindigkeit v_s . [11]

$$W_s = \frac{U_s * I_s}{v_s} \quad (2.1)$$

W_s kann jedoch nicht automatisch mit der ins Bauteil eingebrachten Wärmeenergie Q gleichgesetzt werden. Der Zusammenhang dieser Größen wird allgemein über den thermischen Wirkungsgrad η des entsprechenden Schweißprozesses beschrieben, siehe Formel 2.2. [11]

$$Q = W_s * \eta \quad (2.2)$$

Aus der Wärmeenergie Q und dem Volumen des jeweiligen Elementblocks errechnet sich der Energieeintrag, der in das Modell durch die initiale Temperatur der neu eingefügten Elemente eingebracht wird.

LS-DYNA stellt diverse Materialmodelle für die Simulation zur Verfügung, um verschiedene Werkstoffverhalten zu beschreiben. Im vorliegenden Prozessmodell kommt eine thermisch, elasto-plastische Materialkarte für Aluminium AA 6061 zum Einsatz, in der neben der temperaturabhängigen Fließkurve, der Ausdehnungskoeffizient, die Wärmeleitfähigkeit und die spezifische Wärmekapazität des Werkstoffs hinterlegt sind.

Bei der vorliegenden Simulation wird untersucht, wie sich schichtweises Einfügen der Elemente im Vergleich zum stückweisen Aufbau des Bauteils auf den Temperaturhaushalt beim Prozess und die Eigenspannungen im Bauteil auswirken. Dazu wird als Testgeometrie die wie in Abb. 2 dargestellte Wand mit gleichen Abmessungen herangezogen. Die Geometrie wird bis zu einer Aufbauhöhe von 26 mm simuliert, wobei eine Elementkantenlänge von 0.5 mm bei einer Schichtdicke von 1 mm gewählt wird. Dadurch ergeben sich zwei Elemente über die Schichtdicke und eine Anzahl von 13 Schichten. Beim schichtweisen Einfügen wird ein

Elementblock mit der Länge der Entfernung von A nach B gewählt. Beim stückweisen Einfügen beträgt die Länge eines Blockes 4 mm, wodurch sich 25 Teilstücke ergeben, schematisch gezeigt durch rote Pfeile. Die Richtung des Pfades A-B-B-A wird bis zur finalen Aufbauhöhe wiederholt. Basis für den Aufbau der Geometrie ist eine unterseitig eingespannte Platte, zu sehen in grauer Farbe. Die initiale Temperatur der Platte ist 20 C°. Für den Wärmeübergang zwischen Basisplatte und Bauteil wird ein thermischer Kontakt definiert. Die Wärmeabfuhr von Bauteil, beziehungsweise Basisplatte an die Umgebung wird über konvektive Randbedingungen abgebildet.

Im Vordergrund der Simulation steht die Ermittlung der Temperaturverteilung im Bauteil, die sich einerseits durch das Einbringen der Schweißenergie Q und andererseits durch die Temperaturableitung in die Basisplatte und an die Umgebung ergibt. Aus dem errechneten Temperaturhaushalt können resultierende Verformungen und Eigenspannungen in der Testgeometrie bestimmt werden. In Abschnitt 3 wird ein qualitativer Vergleich zur schichtweisen und stückweisen Einbringung der Elemente in der Simulation gegeben.

3 Ergebnis

Abb. 3 und Abb. 4 zeigen die Temperaturverteilungen der beiden Simulationsmodelle bei ähnlicher Laufzeit beziehungsweise Aufbauhöhe. Die Aufbauhöhe beträgt 26 mm, wobei bei der stückweisen Methode die oberste Schicht noch nicht vollständig aufgebracht ist. Zur besseren Sichtbarkeit der jeweiligen Temperaturwerte werden für beide Abbildungen unterschiedlichen Skalen verwendet.

Beim schichtweisen Modell ist ein relativ homogener Temperaturverlauf in den obersten Schichten zu erkennen. Zwischen Testgeometrie und Basisplatte tritt ein Sprung, im Übergang der Farbe von grün nach blau, auf. Generell zeigt das Simulationsmodell, dass die, mit jeder Schicht neu eingebrachte, Wärmeenergie relativ rasch in Richtung Basisplatte, sowie an die Umgebung abgegeben wird. Auch ist die Temperaturverteilung symmetrisch. Die Basisplatte besitzt an ihren äußeren Rändern die geringste Temperatur, während sie hin zur Mitte wärmer wird. Sie hat sich zu diesem Zeitpunkt von einer Umgebungstemperatur von 20°C auf eine Temperatur von mindestens 155°C aufgeheizt.

Bei der stückweisen Methode lässt sich ein Temperaturverlauf erkennen, der sehr unterschiedlich zur schichtweisen Methode ist. Die Verteilung ist durch die punktweise Einbringung der Wärme nicht homogen, sondern weist eine elliptisch gezogene Konzentration um/hinter jener Stelle auf, an der neue Elemente inklusive Wärmeeintrag eingebracht werden. Die Basisplatte ist wärmer, als beim Vergleichsmodell und besitzt eine gleichmäßige Temperaturverteilung. Zu sehen ist auch, dass das Bauteil in negativer Pfadrichtung, also vor der Stelle, an der die Elemente eingefügt werden, wärmer ist.

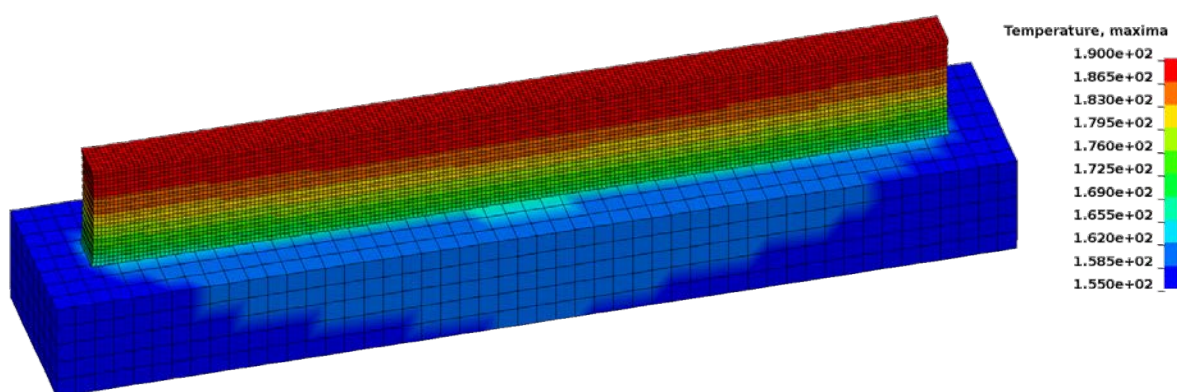


Abb. 3: Temperaturverteilung in °C bei schichtweisem Einbringen der Elemente

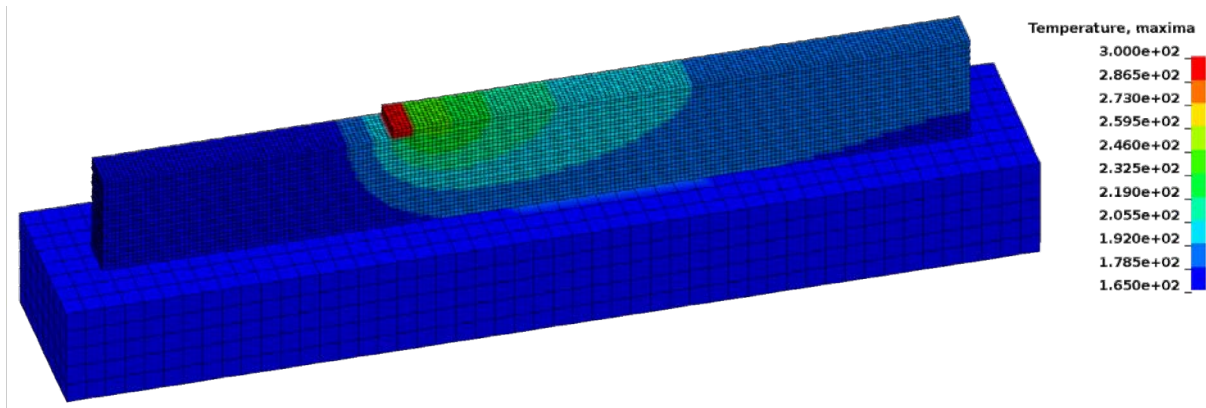


Abb. 4: Temperaturverteilung in °C bei stückweisem Einbringen der Elemente

Die Spannungsanalyse zeigt in beiden Simulationen Vergleichsspannungen im Bereich von 228 MPa. Zu erkennen ist, dass die größten Belastungen an den äußeren Ecken des Bauteils in der Nähe des Kontakts zur Basisplatte auftreten. Während das Modell mit der schichtweisen Elementeinbringung, Abb. 5, eine symmetrische Spannungsverteilung aufweist, ist mit stückweiser Einbringung, Abb. 6, dieser Effekt nicht zu erkennen. Hier sind am linken Ende der Geometrie die Spannungen geringer als rechts. Gleichzeitig ist die Temperatur bei der stückweisen Methode auf der linken Seite höher. Dieser Unterschied kann sich nicht aus der simulierten Prozesszeit ergeben, da diese in beiden Fällen ident ist und weiters keine Abkühlzeit des Bauteils nach dem Schweißen beinhaltet. Abgesehen davon sind bei beiden Abbildungen hohe Spannungen auf der Unterseite der Basisplatte, also im Bereich der Einspannung zu erkennen. Allerdings zeigt die Spannungsanalyse bei der stückweisen Elementeinbringung über die Länge der Wand verteilte Spannungsspitzen, die mit der Größe der eingebrachten Elementgruppen übereinstimmen.

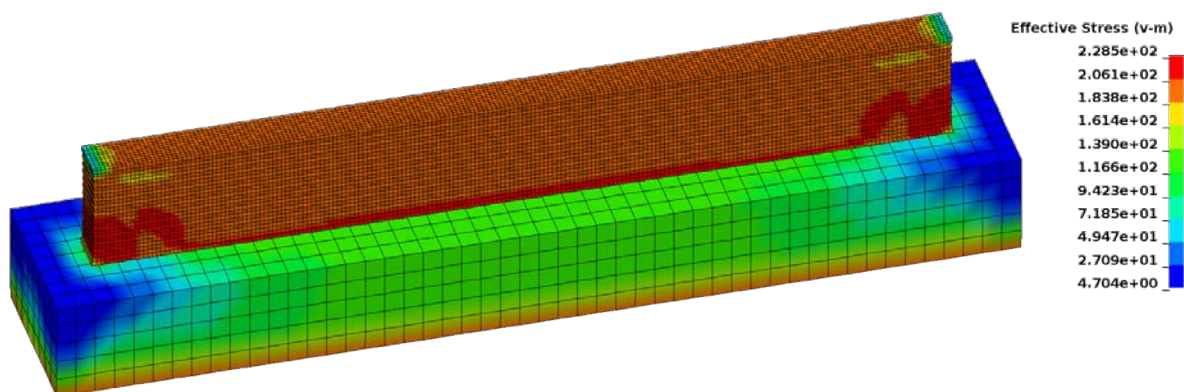


Abb. 5: Kontour-Plot der Spannungen in MPa beim schichtweisen Einbringen von Elementen

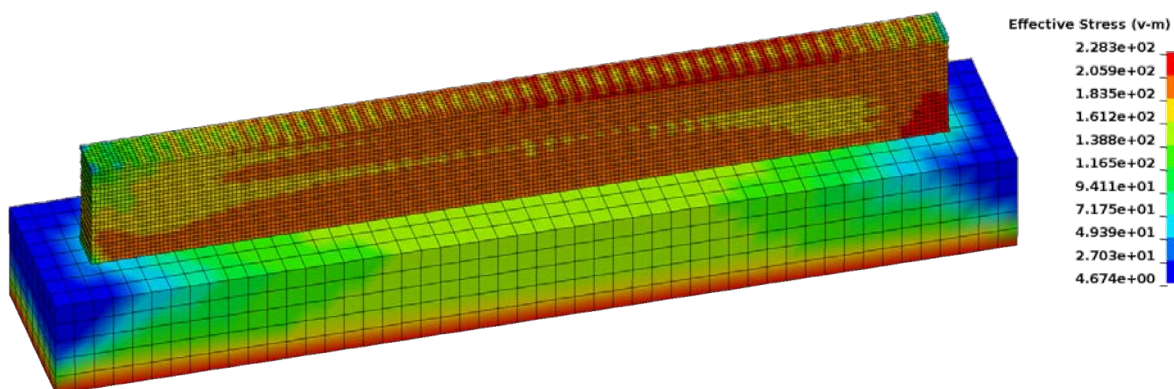


Abb. 6: Kontour-Plot der Spannungen in MPa beim stückweisen Einbringen von Elementen

4 Diskussion

Die hier vorgestellte Methode für die Modellierung des WAM Prozesses arbeitet mit einer Technik, welche ein Netz dynamisch aufbaut [1]. Das heißt, es werden keine Elemente aktiviert oder deaktiviert. Dieser Simulationsansatz bietet den Vorteil, dass sie, gegenüber herkömmlichen Methoden, weniger Rechenzeit benötigt, da der Solver nur aktive Elemente berechnen muss. Die Methode besitzt nicht den Nachteil, dass eine Ableitung von Wärmeenergie in nichtaktivierte Elemente stattfindet, wie Israr *et al.* sie in [12] zeigen.

Die Wärmeeinbringung in die Simulationsstruktur erfolgt über die Temperatur der eingefügten Elementblöcke. Obwohl die Temperatur auf die Schweißparameter und das Volumen bezogen ist, bleibt unklar, wie realitätsgetreu die geometrische Form der Wärmequelle abgebildet wird. Eventuell schafft hier die Kombination der beschriebenen stückweisen Elementeinbringung und einer Goldak Quelle [10] die Verbindung von geringer Rechenleistung mit der zur Abbildung des Prozesses notwendigen Genauigkeit.

Der schichtweise Aufbau der Geometrie im Simulationsmodell stellt für die Abbildung der tatsächlichen Temperaturverteilung eine zu starke Vereinfachung dar. Mit dieser kann der sich wiederholende Abkühlungs- und Wiederaufheißvorgang, der bei einer Pfadabfolge des realen WAM-Verfahrens für bereits aufgeschweißte und bestehende Schichten im Bauteil auftritt, nicht abgebildet werden. Insbesondere die Temperaturhistorie und die realgetreue Abbildung der lokalen Temperaturgradienten ist für die Vorhersage der Materialeigenschaften notwendig. Die pfadabhängige Einbringung der Elemente, die der Schweißgeschwindigkeit des realen Prozesses nachempfunden ist, liefert hier einen besseren Einblick.

Abb. 6 zeigt ein regelmäßiges Muster mit erhöhten Spannungen an der Oberfläche der Geometrie. Dies sind Bereiche, an denen eingefügte Elementblöcke aufeinandertreffen. Dieses Muster ist ein numerischer Effekt, der auf den großen Temperaturgradienten, der zwischen den neu eingefügten Elementen und den in vorherigen Berechnungsschritten eingefügten Elementen auftritt, und damit auf die räumliche und zeitliche Auflösung zurückzuführen ist. Dieses Verhalten sowie der Einfluss der zeitlichen und räumlichen Diskretisierung muss in den fortführenden Fragenstellungen weiter untersucht werden. Einerseits könnte hier eine feinere Auflösung sowie eine gleichmäßigere Energieeinbringung mit Hilfe der Goldak Wärmequelle Abhilfe schaffen und den Prozess exakter abbilden. Andererseits ermöglicht die Anpassung des Volumens der eingefügten Elemente einen Kompromiss zwischen Rechendauer und Ergebnisqualität des Simulationsmodells.

Die thermische Analyse der Simulationen zeigt, dass die Wärmeleitfähigkeit des Materials sehr schnell Energie von der Schweißnaht, oder der obersten Schicht, abführt, was zu einer Erwärmung des Bauteils und der Basisplatte führt. Die Größe der Basisplatte im Modell ist relativ klein im Vergleich zur gewählten Testgeometrie, was eine schnelle Aufheizung des Gesamtsystems begünstigt. Die Herausforderung der notwendigen Wärmeabfuhr beim realen Prozess wird dadurch verdeutlicht, dass vor allem bei fortgeschrittenen Simulationszeiten die Temperatur in Basisplatte und Bauteil stark ansteigt. Dies ist gleichzeitig eine der größten Stärken der Prozesssimulation bei der Unterstützung des realen WAM-Verfahrens, da zu hohe Bauteiltemperaturen frühzeitig aufgezeigt und Gegenmaßnahmen getroffen werden können.

5 Ausblick

Um in Zukunft komplexere Geometrien simulieren zu können, wird das vorgestellte Modell für einen flexiblen Pfadinput erweitert, damit Querschnitte, wie in Abb. 7 gezeigt, simuliert werden können. Das Format des Pfades sollte aus Kompatibilitätsgründen leicht adaptierbar auf den Robotercode sein, um mit gleichem Pfad-Input sowohl Simulationsmodell als auch Schweißroboter bedienen zu können.

Zur Validierung des Simulationsmodells wird bereits ein Experiment geplant, bei dem an einer geeigneten Geometrie eine Temperaturmessung während des Schweißvorganges durchgeführt wird. Daraus werden Erkenntnisse über die Prozessparameter und Prozessführung gewonnen werden. Gleichzeitig wird aufgezeigt, wie genau die Simulation den Schweißvorgang nachbildet. Die Validierung wird Aufschluss darüber geben, ob eine Anpassung der thermischen Randbedingungen notwendig ist. Ist dies der Fall, so kann zusätzlich zur Konvektion der Wärmeübergang aufgrund von Strahlung implementiert werden. Rückführend kann durch die Erkenntnisse über den Temperaturhaushalt im Bauteil die Pfadführung verbessert werden, um zum Beispiel Deformationen oder Eigenspannungen zu minimieren. Beim Aufbau des Bauteils sollen Zonen mit Temperaturerhöhung vermieden und weiteres Material an entfernteren Positionen aufgebracht werden, um Abkühlung lokal zu ermöglichen.

Ein weiteres Simulationsmodell, das die Wärmeeinbringung mit Hilfe einer Goldak Quelle realisiert und dabei mit der Methode der Elementeinbringung kombiniert wird, kann im Vergleich mit dem Experiment zeigen, ob diese Weise der Energieeinbringung besser zur Abbildung des Prozesses geeignet ist, als die vorgestellte Variante.

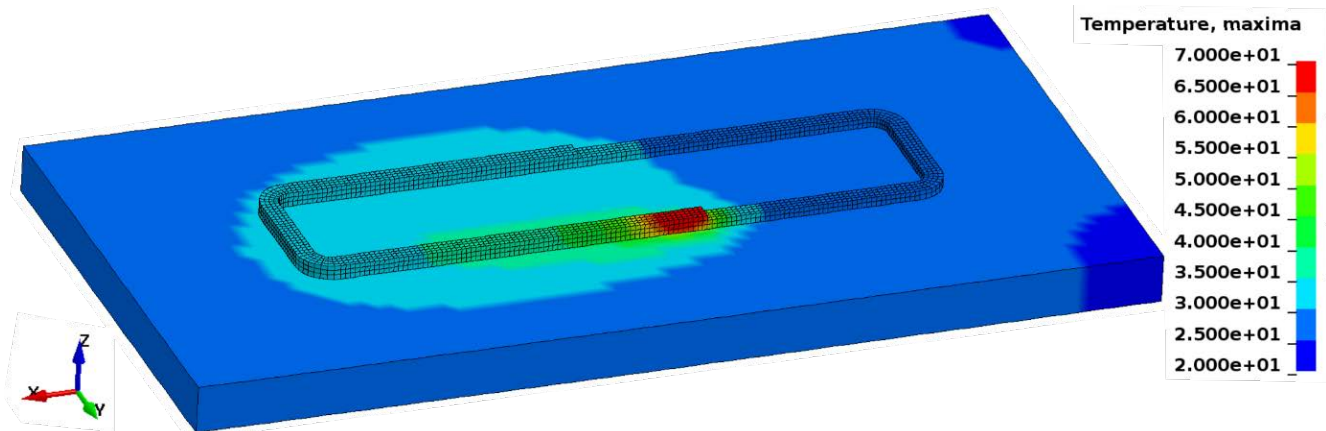


Abb. 7: Ausblick Simulation

6 Acknowledgement

Die Autoren danken der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft FFG für die finanzielle Unterstützung dieser Arbeit im Projekt SAM (Projektnummer 861075) im Rahmen der TakeOFF-Ausschreibung 2016.

7 Literatur

- [1] A. Horr, J. Kronsteiner, C. Mühlstätter and S. Scheiblhofer, "Recent Advances in Aluminium Casting Simulation: Evolving Domains & Dynamic Meshing," in *Aluminium 2000 conference*, Verona, Italy, 2017.
- [2] H. J. Fahrenwaldt, V. Schuler and J. Twrdek, *Praxiswissen Schweißtechnik 5. Auflage*, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014.
- [3] K. Höfer, C. Teichgräber, P. Mayr and M. Berger, "Generative Fertigung mit Lichtbogenprozessen - 3D-Plasma-Metal-Deposition," in *FüMoTeC*, Chemnitz, 2017.
- [4] N. Keller and V. Ploshikhin, "New Method for fast predictions of residual stress and distortion of AM parts," in *Solid Freeform Fabrication Symposium*, Austin, Texas, 2014.
- [5] N. Keller, F. Neugebauer, H. Xu and V. Ploshikhin, "Thermo-mechanical Simulation of Additive Layer Manufacturing of Titanium Aerospace structures," in *EURO LIGHTMAT*, Bremen, 2013.
- [6] J. Lindwall, A. Lundbäck and L.-E. Lindgren, "Thermal FE-simulation of PBF using adaptive meshing and time stepping," in *Simulation for Additive Manufacturing*, Sinam 2017, Munich, Germany, October 2017.
- [7] A. Lundbäck and L.-E. Lindgren, "Modelling of metal deposition," *Finite Elements in Analysis and Design*, vol. 47, pp. 1169-1177, 2011.
- [8] F. Montevicchi, G. Venturini, A. Scippa and G. Campatelli, "Finite element modelling of Wire-Arc-Additive-Manufacturing process," in *5th CIRP Global Web Conference Research and Innovation for Future Production*, 2016.

- [9] S. Simunovic, A. Nycz, M. W. Noakes, C. Chin and V. Oancea, "Metal Big Area Additive Manufacturing: Process Modeling and Validation," in *Conference: Science in the Age of Experience*, Chicago, 2017.
- [10] S. Tripathy, C. Chin, V. Oancea, T. London and U. Ankalkhope, "Process Modeling and Validation of Powder Bed Metal Additive Manufacturing," in *NAFEMS World Congress*, Stockholm, 2017.
- [11] Fronius International GmbH, "Verfahren zum Steuern eines Schweißgerätes und Steuervorrichtung hierfür". Europäisches Patent EP 1098729B2, 14 05 1999.
- [12] R. Israr, J. Buhl and M. Bambach, "Simulation of different path strategies for wire-arc additive manufacturing with Lagrangian finite element methods," in *LS-DYNA Forum*, Bamberg, 2018.

Bitte per Post oder E-Mail an:
magazin@nafems.de

Adresse für Fensterkuvert



NAFEMS Deutschland,
 Österreich, Schweiz GmbH
 Griesstr. 20
 D-85567 Grafing b. München,
 Germany

Rückantwort: NAFEMS Magazin, Ausgabe (2/2019)

- Bitte senden Sie mir nähere Informationen zu folgenden Themen:**
- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> NAFEMS Mitgliedschaft | <input type="checkbox"/> CFD Seminar im November in Wiesbaden |
| <input type="checkbox"/> NAFEMS Magazin „Benchmark“ | <input type="checkbox"/> E-Motor Seminar im November in Wiesbaden |
| <input type="checkbox"/> NAFEMS Seminare | <input type="checkbox"/> NAFEMS Nordic Seminar im November in Billund |
| <input type="checkbox"/> NAFEMS Trainingskurse | <input type="checkbox"/> V&V Master Trainingskurs im November in München |
| <input type="checkbox"/> NAFEMS e-learning | <input type="checkbox"/> FKM Trainingskurs im November in Wiesbaden |
| <input type="checkbox"/> Professional Simulation Engineer PSE | <input type="checkbox"/> NAFEMS World Congress 2019, Quebec, CAN |
| <input type="checkbox"/> Internationale Arbeitsgruppen | |
- 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.**

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: _____

