



Online-Magazin

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



Fachbeiträge

STRUKTURMECHANIK

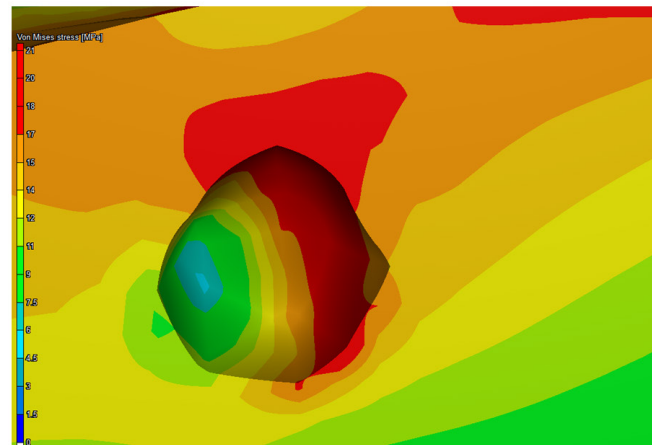
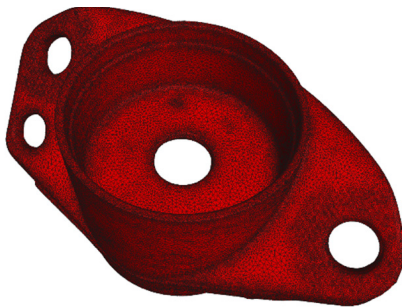
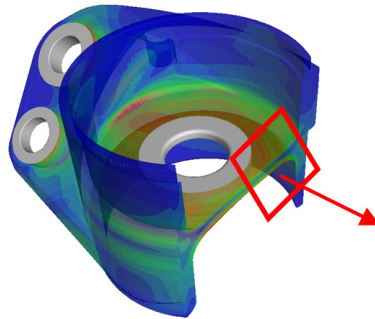
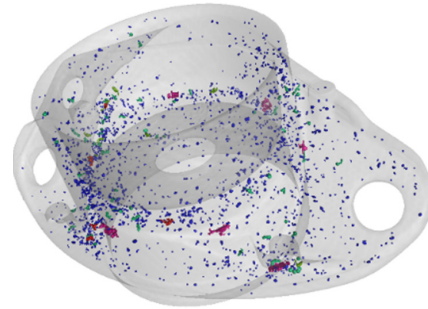
- Berücksichtigung von fertigungsbedingten Defekten in der strukturmechanischen Simulation

STRUKTURDYNAMIK

- Dynamische Finite-Elemente-Analyse von fremderregten Mehrmassensystemen
- Verbesserte Materialdämpfung in der Strukturmechanik

OPTIMIERUNG

- Machine Learning basierte Ansätze für globale Optimierung und interaktives Design



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,

die primäre Aufgabe in einer numerischen Simulation ist die Entscheidung für ein Modell, das die wesentlichen Aspekte des zu untersuchenden Problems mit hinreichender Genauigkeit beschreibt. Hierbei kann die Eulersche Betrachtungsweise benutzt werden, die das Geschehen von einem festen Raumpunkt beobachtet. Sie wird überwiegend für die Beschreibung von Fließvorgängen eingesetzt. Dagegen beobachtet die Lagrangesche Betrachtungsweise das Geschehen von einem bewegten Punkt der Materie aus und eignet sich damit für die Untersuchung des Verhaltens von Festkörpern. Nach der Entscheidung für ein Modell muss ein sinnvoller Weg zu dessen numerischen Umsetzung gefunden werden. Hierfür haben sich, unterstützt durch die beeindruckende Entwicklung der Rechnerkapazitäten, vor allem netzbasierte Verfahren etabliert. Gegenüber Ansätzen, die sich über den ganzen untersuchten Raum erstrecken, zeichnen sie sich durch hohe Flexibilität aus. Ausgefeilte Programmsysteme auf der Basis von Finiten Elementen oder Finiten Volumen sind verfügbar. Dagegen hat sich die Randelement-Methode nicht entscheidend durchsetzen können. Sie führt zwar zu kleineren Gleichungssystemen, weil nur der Randbereich diskretisiert wird, aber ihr Anwendungsspektrum ist begrenzt und die Systemmatrix wird unsymmetrisch. Als Alternative bietet sich eine Vielzahl von netzfreien Methoden an, bei denen der zu untersuchende Raum durch eine Punktwolke repräsentiert wird. Zur Lösung wird dabei die Interaktion zwischen den Punkten untersucht. In der Regel sind die netzfreien Methoden numerisch aufwändiger als die netzbasierten Methoden, aber sie haben nicht die Probleme mit degenerierten Netzen bei großen Deformationen oder bei der Rissausbreitung. Generell kann man feststellen, dass es für die numerische Umsetzung des gewählten Modells im Allgemeinen auch eine geeignete Methode gibt.



*Prof. Dr.-Ing.
Klaus Rohwer*

Vier aktuelle Fachbeiträge finden Sie in diesem Heft, die sich alle erfolgreich mit der numerischen Simulation einer speziellen Aufgabe auseinandergesetzt haben. In einer gefertigten Struktur können Defekte mit Hilfe der Computertomographie gefunden werden. Der erste Beitrag setzt die Immersed-Boundary-Finite-Elemente-Methode ein, um zu erkennen, welche Defekte kritisch sind. Nur diese werden dann bei der Modellierung berücksichtigt, um den Aufwand in der Festigkeitsanalyse gering zu halten. Der zweite Beitrag behandelt die Wirkung von Gegenschwingrahmen im Gebäude eines Schwingsiebförderers. In einer dynamisch transienten Analyse wird eine Lösung gefunden, die die Lagerkräfte signifikant reduziert, ohne die Funktion des Siebkastens zu beeinträchtigen. Um die Materialdämpfung von Bremsen realitätsnäher zu beschreiben, errechnet der dritte Beitrag für die Eigenmoden individuell jeweils die richtige äquivalente viskose Dämpfung. Damit können Quietschgeräusche mit der komplexen Eigenwertanalyse besser vorhergesagt werden. Um die im Rahmen einer Optimierung generierten Daten weitergehend sinnvoll zu nutzen, wird im vierten Beitrag der Einsatz von Reduced Order Models vorgeschlagen, wobei die Datenbasis in einem interaktiven Designwerkzeug zur Verfügung gestellt wird. Es wird demonstriert, wie mit der ersatzmodellbasierten Optimierung automatisiert die widerstandsärmste Kombination aus Spoilerposition und Heckdiffusorwinkel eines Pkw zu bestimmen ist.

Bei der Lektüre wünsche ich Ihnen neue Erkenntnisse und vielleicht auch den einen oder anderen Hinweis, der Ihnen in Ihrer aktuellen Problemstellung weiterhilft.

Mit freundlichen Grüßen

Prof. Dr.-Ing. Klaus Rohwer
Editor-in-Chief

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



www.beta-cae.com

The logo for CADFEM consists of the word "CADFEM" in a bold, blue, sans-serif font, with a registered trademark symbol (®) to the upper right of the "M".

www.cadfem.net/de



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, Schulungen, e-learnig Kurse5
 CFD-Methoden in der Entwicklung alternativer Antriebssysteme8
 Integration von Simulation und Test in der Produktentwicklung9
 NAFEMS World Congress 20217
 Simulation in the Automotive Industry11
 Physics-Based Digital Twins12

NAFEMS Student Award 2020-202114

NAFEMS Trainings
 Classroom online, E-learning, Learning Hub15
 Verification and Validation in Engineering Simulation18
 Festigkeitsnachweis mit der FKM-Richtlinie.....20
NEU: Festigkeitsnachweis FKM Nichtlinear21
 Praktische Anwendung der FEM und Ergebnisinterpretation.....22
NEU: Automatic Optimization for Efficient Development.....23
 Practical Introduction to Non-Linear Finite Element Analysis.....24
 Strömungssimulation (CFD): Theorie und Anwendung25

NAFEMS Literatur
 Invitation 2 Tender / Benchmark Magazin26

Analysis Agenda Survey.....29

Neuigkeiten29

Veranstaltungskalender32

Fachbeiträge
Strukturmechanik
Berücksichtigung von fertigungsbedingten Defekten in der strukturmechanischen Simulation41
 B. Lauterbach, J. Fieres, K.-M. Nigge (Volume Graphics GmbH)

Strukturdynamik
Dynamische Finite-Elemente-Analyse von fremderregten Mehrmassensystemen.....47
 F. Magerl (OTH Amberg-Weiden)
Verbesserte Materialdämpfung in der Strukturdynamik54
 B. Kirchgäßner, M. Klein (Intes GmbH)

Optimierung
Machine Learning basierte Ansätze für globale Optimierung und interaktives Design.....62
 J. Lohse, M. Bauer (Navasto GmbH)

Über NAFEMS
 Übersicht und Ziele70
 Mitglied werden71
 Mitgliedsmodelle72
 Technische Arbeitsgruppen74
 Veranstaltungen75
 PSE - Professional Simulation Engineer Zertifizierung69/77
 Training77
 Resource Centre78
 Publikationen.....79

Werbeanzeigen
 BETA CAE Systems35
 Carl Hanser Verlag37
 OST – Ostschweizer Fachhochschule33
 VMAP Projektergebnisse30

Impressum

Editor-in-Chief

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

Redaktioneller Beirat

Dr. Alfred Svobodnik
 Mvoid Technologies
 Prof. Dr. Manfred Zehn
 TU Berlin

Redaktion

Albert Roger Oswald
 Tel. +49 (0) 176 - 217 984 01
 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) 176 217 984 01
 magazin@nafems.de

Anzeigenpreise

Preisliste vom 01.01.2021

Verteilung / Bezug

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

Copyright © 2021, 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
 Einreichung 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

Konferenzen/Seminare in DACH und ausgewählte NAFEMS Regionen

CFD-Methoden in der Entwicklung alternativer Antriebssysteme

Spezielle neue Herausforderungen bei der Berechnung von E-Motoren, Batterien, Brennstoffzellen, Leistungselektronik uvm. 14. - 15. Juni 2021 Online-Interaktiv
www.nafems.org/simtest21

Integration von Simulation und Test in der Produktentwicklung 16. - 17. Juni 2021 Online-Interaktiv
www.nafems.org/simtest21

NAFEMS Americas: Simulation in the Automotive Industry: Creating the Next Generation Vehicle 16. - 18. März 2021 Online-Interaktiv
www.nafems.org/events

NAFEMS NORDIC: Physics-Based Digital Twins 23. - 24. März 2021 Online-Interaktiv
www.nafems.org/dt21



incorporating



www.nafems.org/congress

Abstracts bitte bis 16. April einreichen

25. - 29. Oktober 2021 Salzburg/Hybrid

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

Schulungen in DACH

Praktische Anwendung der FEM und Ergebnisinterpretation 10. -11. März 2021 Online
 2-tägig, Online, www.nafems.org/fem21-1

Festigkeitsnachweis mit der FKM-Richtlinie 17. - 18. März 2021 Online
 2-tägig, Online, www.nafems.org/fkm21-1

Verification and Validation in Engineering Simulation 23. - 25. März 2021 Online
 2,5-tägig, Online, www.nafems.org/vandv21-1

NEU: Festigkeitsnachweis FKM Nichtlinear 30. Juni - 1. Juli 2021 Online
 2-tägig, Online, www.nafems.org/fkm-nonlin21-1

Automatic Optimization for Efficient Product and Process Development 7. Juni 2021 Online
 1-tägig, Online, www.nafems.org/opt21-2

Strömungssimulation (CFD): Theorie und Anwendung Auf Anfrage Online
www.nafems.org

Practical Introduction to Non-Linear Finite Element Analysis Auf Anfrage Online
www.nafems.org

Eine Beschreibung der Schulungsinhalte finden Sie auf Seiten 18 - 25. Weitere Schulungen und Kurse, die web-basiert (e-learning bzw. Webinare) oder ausserhalb der deutschsprachigen Region stattfinden, finden Sie unter www.nafems.org/events.

NAFEMS Seminar

CFD-Methoden in der Entwicklung alternativer Antriebssysteme

Spezielle neue Herausforderungen bei der Berechnung von E-Motoren, Batterien, Brennstoffzellen, Leistungselektronik uvm.

14. - 15. Juni 2021, Online-Interaktiv

Alternative Antriebskonzepte gewinnen heute zunehmend an Bedeutung. Die Abkehr von fossilen Brennstoffen ist ein Trend, der weit über die Automobilbranche hinaus geht. Die Auslegung von Batterien, Brennstoffzellen aber auch Elektromotoren und kompakter Leistungselektronik sind Themenfelder, die für viele der betroffenen Anbieter neu sind. Die geringere Erfahrung und der hohe Innovationsdruck machen einen verstärkten Einsatz von Simulation hier unverzichtbar.

CFD-Simulation deckt heute weit mehr als reine Strömungen ab und kann bei vielen dieser Anforderungen helfen: Von der Thermal- auslegung der immer kompakter werdenden Komponenten bis zur Simulation mehrphasiger oder chemischer Vorgänge in Batterien oder Brennstoffzellen ist CFD bei der virtuellen Produktauslegung integraler Bestandteil. Auch die dabei auftretende Herausforderung unterschiedlicher Größen- und Zeitskalen kann heute durch gekoppelte Simulationen bewältigt werden.

Mangels Erfahrung sind Aspekte wie Lebensdauer oder sicherheitsrelevante Anforderungen ohne Simulation kaum einschätzbar und stellen bei innovativen Produkten ein hohes Risiko dar, dass durch Simulation kosteneffizient begrenzt werden kann.

Wir freuen uns über Ihre Beiträge zu diesem spannenden Thema. Dabei sind Beiträge zu Anwendungen von CFD für unterschiedliche Antriebskonzepte, Modellierung unterschiedlicher physikalischer Phänomene (Strömung, magnetische, thermische, elektrochemische Effekte, usw.) als auch gekoppelter Fragestellungen (auf unterschiedlichen Skalen) willkommen.

Wir freuen uns über Ihre Abstracteinsendung bis spätestens 26. März 2021 an info@nafems.de.

Ihr NAFEMS CFD Advisory Board (CAB)

**Abstracteinsendungen
bitte bis 26. März 2021**

Organisation

Teilnahmegebühren

Nicht-Mitglieder: Euro 380,- pP
NAFEMS-Mitglieder: frei*

* NAFEMS Mitglieder erhalten sog. „seminar credits“ pro Jahr. Für dieses Seminar werden zwei credits je Teilnehmer benötigt.

Falls bereits verwendet, können NAFEMS Mitglieder zu einem reduzierten Preis teilnehmen: Euro 230,- pP
Vortragende entrichten die reguläre Teilnahmegebühr.

Teilnahmegebühr für Studenten

Für Studenten steht ein begrenzte Anzahl an freien Seminarplätzen zur Verfügung. Die Annahme erfolgt in der Reihenfolge der Anmeldungen und setzt die Bereitschaft zur Mithilfe bei der Organisation vor Ort voraus - bitte Immatrikulationsbescheinigung beifügen.

Kosten für Stornierung

- Bis 6 Wochen vor Seminarbeginn: kostenfrei;
- bis 1 Woche vorher: 75 %;
- weniger als 1 Woche und bei Nichterscheinen: 100 %.

Ersatzteilnehmer können gestellt werden. Die Stornierung muß schriftlich erfolgen.

Tagungssprache

Deutsch (in Ausnahmen in englischer Sprache)

Virtuelle Fachausstellung und Sponsoring

Bitte fordern Sie Unterlagen an.

Alle Preis zzgl. ges. MwSt.

Informationen und Anmeldung

www.nafems.org/cfd21

NAFEMS Seminar

Integration von Simulation und Test in der Produktentwicklung

14. - 15. Juni 2021, Online-Interaktiv

**Abstracteinreichungen
bitte bis 26. März 2021**

Aufruf zur Vortragseinreichung „Wird die Simulation künftig den Test vollständig ersetzen?“ war eine Frage, die sich nach dem immer erfolgreicherem Einsatz und der rasanten Entwicklung numerischer Simulationsmethoden stellte. Heute wissen wir, dass sich beide Seiten sinnvoll in ihrer Kombination gegenseitig qualifizieren und ergänzen. Allerdings gibt es auch den immer wiederkehrenden Trend in Fach- und Managementkreisen und in der akademischen Ausbildung der Ingenieure, durch Simulationsmethoden teure Labore für experimentelle Untersuchungen zu reduzieren oder ganz einzusparen.

Beide Welten, Simulation und Test, sind eine Symbiose eingegangen, die immer neue Möglichkeiten erschließt, aber auch neue Anforderungen an die Systementwicklung, den Anwender und die Ausbildung stellt. Das Seminar soll einen Überblick geben zum Stand der Technik des Zusammenwirkens von Test und Simulation in der Produktentwicklung, das weit umfangreicher ist als die experimentelle Bestimmung von Parametern für die Simulation oder die reine Validierung der Ergebnisse. Die folgenden Fragestellungen:

- > Wie qualifizieren und ergänzen sich beide Seiten gegenseitig?
- > Wie und womit sollen der Informationsfluss und der Datenfluss auf verschiedenen Ebenen und die Dokumentation erfolgen?
- > Wie sehen produktspezifische Workflows aus (welche Elemente haben diese), die Simulation und physische Tests auf verschiedenen Produktebenen verbinden?
- > Welche Rolle spielen in diesem Zusammenhang Testmanagement-Systeme?
- > Wie müssen Datenablagen mit

den Workflows verzahnt sein, damit Anforderungen und Tasks in Test und Simulation abgesichert und für alle Rollen im Unternehmen verknüpft und transparent sind?

- > Wie gestaltet sich das Zusammenspiel zwischen Simulation und Versuch bei der Absicherung und dem Zuverlässigkeitsnachweis mechatronischer Systeme?
- > Können Prozess-Reifgradmessung, wie z. B. Automotive SPI-CE, sinnvolle Aussagen zum richtigen Zusammenspiel zwischen Simulation und Versuch liefern?

... sollen Denkanstöße geben, aber keinesfalls inhaltlich begrenzen; Fragen, deren Diskussion und Beantwortung uns näher an die optimale Einbindung von Simulation und Versuch in den Produktentwicklungsprozess bringen soll. Dazu erwarten wir Beiträge aus der industriellen Praxis und der Forschung sowie der Ausbildung und Qualifizierung der Ingenieure. Für das Seminar sind auch Beiträge erwünscht, die zeigen, wie Regelwerke, Standards, etc. das Zusammenwirken von Simulation und Test unterstützen. Ebenso von Interesse ist es, wie der Prozess in PDL-Systemen organisiert bzw. unterstützt wird. Natürlich sind Best-Practice-Beispiele aus dem Zusammenwirken von Test und Simulation sehr erwünscht. Ein nicht unbedeutender Teilaspekt ist, wie weit Fragen der Produkthaftung eine wesentliche Rolle spielen. Gerne würden wir im Seminar auch diskutieren, welche Anforderungen sich für die akademische Ausbildung unseres Ingenieur Nachwuchses aus der Symbiose von Test und Simulation ergeben.

Diese hier nur angedeutete Vielfalt, der zu bedenkenden Probleme

und neuen Möglichkeiten macht es dem Anwender oft schwer, die richtigen Entscheidungen zu treffen. Fehlentscheidungen können aber zu erheblichen Zeitverlusten und kostenintensiven Nachbesserungen führen. Mit dem Seminar will NAFEMS dazu beitragen, sicherer und effizienter mit den vorhandenen Werkzeugen umzugehen und auf Trends und wichtige Entwicklungen eingehen. Ziel ist es, den aktuellen Stand der Technik und Trends zu diskutieren und einen offenen Dialog von Anwendern, Forschern und Lösungsanbietern zu fördern. Abgerundet wird die Veranstaltung durch eine Ausstellung von Anbietern auf dem Gebiet von Simulation und Test, die einen Überblick über verfügbare kommerzielle Lösungen geben.

Wir freuen uns über Ihre Abstracteinreichung bis spätestens 26. März 2021 an info@nafems.de.

Ihre NAFEMS Deutschland, Österreich, Schweiz GmbH

Technische Leitung:

- > Prof. Dr.-Ing. Manfred Zehn
TU Berlin Vice Chairman of NAFEMS
- > Dipl.-Ing. Gerhard Göß
Schaeffler Technologies AG & Co. KG Mitglied SC NAFEMS DACH
- > Dipl.-Ing. Jens Krämer
Festo AG & Co. KG Mitglied SC NAFEMS DACH Organisation

Organisation

Identisch zum CFD-Seminar auf Seite 8.

Informationen und Anmeldung
www.nafems.org/simtest21



nwc 2021
NAFEMS WORLD CONGRESS

25-29 OCTOBER | SALZBURG | AUSTRIA

A WORLD OF ENGINEERING SIMULATION

THE FIRST HYBRID NAFEMS WORLD CONGRESS

On-site | Online | Get Involved

INCORPORATING

spdm INTERNATIONAL CONFERENCE
Simulation Process & Data Management

Multiphysics
Simulation
Conference 





NWC21 will be a hybrid event and the first of its kind in the simulation community.

Based around the Congress Hub in Salzburg, Austria, one of the most technologically advanced conference centres in Europe, we will be able to combine the face-2-face event with virtual online components.

This includes live video streaming (in/out) of keynotes and sessions, online pre-recorded presentations, online communication and discussion facilities, live blogs, video live channels, and the integration of social media tools. Interaction and networking will be possible through video, audio and chat. The exhibition will be on-site in Salzburg and online around the world with interactive opportunities.

The Congress will be genuinely accessible to every single member of the analysis and simulation community.

We will cover every aspect of engineering modelling, analysis and simulation. That includes core topics like FEA, CFD, and MBD, as well as examining the next steps for our community and the technology. We will also be hosting the 5th International SPDM conference, as well as our International Multiphysics Simulation conference as part of the event.

This is not just another conference. This is where the simulation world comes together as one, in an independent, international forum to push engineering analysis forward. We want you to be a part of it.

We're going again in 2021.

This is your community,
this is your Congress.



On-site | Online | Get Involved

Call for Papers

No matter how the international landscape looks, we'll be making sure that you can participate in the Congress. Either on-site in Austria, or if you are presenting online.

Submit your abstract today, safe in the knowledge that you will have the option to present no matter what restrictions are in place either in your country or at the Congress venue.

If restrictions prevent you from getting to Austria, we'll make sure you can present your paper online.

The important thing is that you are part of it.

We're looking for abstracts covering every aspect on engineering modelling, analysis & simulation. If you think it's relevant, *it probably is*.

We have put together an extensive list of relevant topics, but even this is not exhaustive. Take a look at nafems.org/congress

INCORPORATING

spdm INTERNATIONAL CONFERENCE
Simulation Process & Data Management

Multiphysics
Simulation
Conference



Abstracts for both the 5th International SPDM Conference, and the International Multiphysics Simulation Conference, should be submitted using the same process.

Submit your 300-word abstract before April 16th 2021

This will be a journey for NAFEMS and our community. Come with us.

Sponsorship and exhibition packages are also now available.
Visit the website for full details.

nafems.org/congress





**Simulation in the Automotive Industry:
Creating the Next Generation Vehicle**

March 16-18, 2021 | Online | Seminar

THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR THE ENGINEERING MODELLING, ANALYSIS AND SIMULATION COMMUNITY

Overview

The automotive engineering community is now confronting the largest technology transformation since its inception. The demand to manufacture cleaner, safer, and smarter vehicles, along with providing an overall enhanced driving and ride experience, has never been higher. As a result, engineering teams must discover, evaluate, and successfully implement leading-edge technology and methods to produce reliable, effective results.

Hence, the challenges for automotive engineers are enormous and require a significant increase in the upfront use of numerical simulation capabilities, methods, and processes such that they're able to efficiently design, manufacture and deliver these innovative technologies to market in greater speeds than ever before.

Description

NAFEMS Americas and invited speakers will cover these topics, and more, at, "Simulation in the Automotive Industry: Creating the Next Generation Vehicle." This virtual event, centered on engagement, aims to deliver information and insights on critical topic areas in a manner that maximizes the "take-away" value for attendees. An event agenda and concept championed by several leading figures in the automotive industry will provide the opportunity to learn about the latest technologies and practices, which attendees can later share and apply within their own organizations.

Topics may include, but not limited to:

- Cleaner
 - Manufacturing stage --> end of life of the vehicle
 - Electric vs. Petrol Electrification
- Safety
 - ADAS (Advanced Driver-Assistance Systems)
 - Cybersecurity
 - Crash
- Smarter
 - Connectivity
 - Data
 - Autonomous
- Experience
 - Comfort
 - Performance
 - Sharing – MaaS (Mobility as a Service)
 - Impact of COVID-19

Organisiert von



Vortragsprogramm, Informationen und Anmeldung

www.nafems.org/events/nafe/2021/simulation-in-the-automotive-industry-creating-the-next-generation-vehicle-2021/



Invitation

The concept of Digital Twins in industry could completely change the way we look at product maintenance and product development. By looking at the real world and its digital counterpart, combined as a cyber-physical system, it should be possible to predict not only future maintenance needs, but also the effects of off-design events on expected life time, and even custom spare part design - based on the actual environment the product is operating in.

Through ingenious algorithms and breakthrough engineering technologies we have come a long way, and since many years Digital Twins have been integrated in manufactured products as well as in energy and transport infrastructure, with examples such as aero engines, bridges and district heating systems. Needless to say, the concept aligns perfectly well with the Industry 4.0 idea.

However, the Digital Twin become something of a hype with its peak in 2018, at least according to Gartner who claims that we are now deep down in the “trough of disillusionment” phase. But although public interest may have waned, the business opportunity is still very much there and the engineering community is working hard to close the technology gaps.

In this conference we will revisit the definition of Digital Twins, ranging from the raw CAD models to high-fidelity connected twins, and their corresponding use cases.

Your NAFEMS NORDIC Steering Committee

Technical leaders:

F. Santandrea (RISE, Sweden, member of the NAFEMS NORDIC Steering Committee)

M. Oledal (EDRMedeso, Norway, collaboration partner)

Das Vortragsprogramm finden Sie auf der nächsten Seite >>>

In Kooperation mit



Organisiert von



Informationen und Anmeldung

www.nafems.org/dt21

Vortragsprogramm

Agenda, 23 March 2021 - time zone UTC+1

12:40 Welcome and NAFEMS Introduction

F. Santandrea (RISE, SWE; member of the NAFEMS Nordic Steering Committee);
A. Oswald (NAFEMS)

12:50 Introduction to the seminar

M. Oledal (EDRMedeso, NOR)

Session 1 - Concepts

13:00 How to Tell the Difference Between a Model and a Digital Twin

L. Wright (National Physical Laboratory, GBR)

13:25 The Lay of the Land: Opportunities and Challenges for the Digital Twin

D. Wu (Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH – IABG, GER)

13:50 At the Focal Point of Engineering: Combining CAE, Statistical Methods and Engineering Knowledge for Reliable Predictions with Limited Data

F. Halvorsen (EDRMedeso, NOR)

14:15 Break

Session 2 - Concepts

14:30 Challenges of the Digital Twin: Making Digital Continuity Work

M. Strietzel (PROSTEP, GER)

14:55 Title tba

A. Karl (Rolls-Royce Corporation, USA)

15:20 Democratisation of Digital Twins

F. Popielas (SMS Thinktank, USA)

15:45 Wrap-up day 1

M. Oledal (EDRMedeso, SWE)

16:00 End of day 1

Agenda, 24 March 2021 - time zone UTC+1

12:30 Welcome and Introduction to day 2

F. Santandrea (RISE, SWE); member of the NAFEMS Nordic Steering Committee)

Session 3 - Applications

12:40 Spacecraft Architecture Optimisation based on Digital Twin Approach

C. Ducamp (Airbus Defence and Space, FRA)

13:05 Real Time Digital Twin based Structural Health Monitoring

T. Rølvåg (Norwegian University of Science and Technology, NOR)

13:30 Break

Session 4 - Applications

13:40 Digital Twins for Product Development: Vision, Challenges and Opportunities from RISE to Swedish Industry

V. Kardeby (RISE, SWE)

14:05 Digital Twins for Audio Systems

A. J. Svobodnik (Mvoid Group, AUT); M. Dončev (Mvoid Group, GER)

14:30 Physics-Based Digital Twins of Welding Fabrication in Real-Time

M. Asadi, M. Mohseni, M. Tanbakuei Kashani, M. Fernandez, M. Smith
(Applus (SKC Engineering), CAN)

14:40 Break

Session 5 Live Panel Discussion

14:50 Live panel discussion on „Digital Twins: From Hype to Business Success“

Panelists: n.n. (GKN, NOR); F. Holvorsen (EDRMedeso, NOR); F. Santandrea (RISE, SWE); L. Wright (National Physical Laboratory, GBR); G. Baldesi (ESA – European Space Agency, NED); F. Popielas (SMS Thinktank, USA); ... others to be confirmed
Moderated by D. Nagy (BeyondCAE, USA)

15:50 Wrap-up / Farewell

M. Oledal (EDRMedeso, SWE); F. Santandrea (RISE, SWE; member of the NAFEMS Nordic Steering Committee)

16:00 End of conference

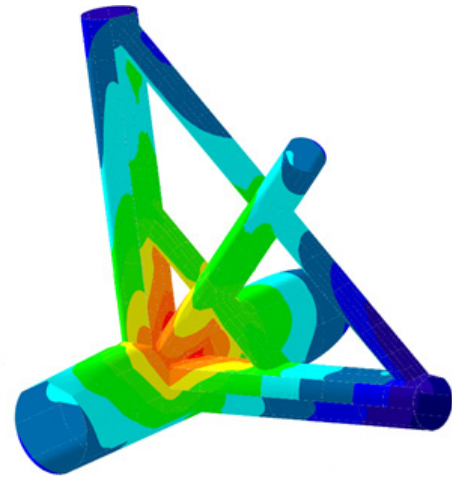
Preliminary agenda subject to iterations.

NAFEMS DACH Student Award 2020-2021

Auszeichnung für hervorragende studentische Arbeiten: Berechnung und Simulation im Bereich der Ingenieurwissenschaften

Auch in diesem Jahr wird NAFEMS den Studierendenwettbewerb starten, um begabte Studierende zu fördern und für eine weitere Tätigkeit auf dem Gebiet der Berechnung und Simulation im Bereich der Ingenieurwissenschaften zu motivieren. Damit wird gleichzeitig auch die Bedeutung der akademischen Institutionen für die Weiterentwicklung der numerischen Simulation in Lehre und Forschung gewürdigt.

Die Auszeichnung richtet sich an Studierende, die Abschlussarbeiten (Bachelorarbeit, Masterarbeit, u. ä.) im Bereich Berechnung und Simulation (z. B. Strukturfestigkeit und -dynamik, Strömung, Optimierung, Elektromagnetismus, etc.) in einem Gebiet der Ingenieurwissenschaften angefertigt haben.



Abgabetermin: 26. März 2021

1. Preis: 1.000 Euro*

* Preisgeld mit freundlicher Unterstützung der Mvoid Group (www.mvoid-group.com)

Der NAFEMS Student Award wird in verschiedenen NAFEMS Regionen ausgeschrieben. Aus den Siegern der Regionen wird wiederum ein Gesamtgewinner ausgewählt, der dann kostenlos am NAFEMS World Congress 2021 teilnimmt und die Arbeit einem internationalen Fachpublikum präsentiert (www.nafems.org/congress).

Informationen zur Online-Einreichung sowie Teilnahmebedingungen finden Sie in Kürze unter: www.nafems.org/professional-development/student-awards/dach/



Virtual Classroom Training

The Same Training – Delivered Online

We've transitioned our face to face classroom training courses to our online platforms, to make sure you can still access the training you need.

Sometimes, you want a complete course delivered in full or half day sessions over the course of one or more days. You know, like training courses used to be.

Get up-close and personal with NAFEMS training using our new virtual classroom delivery. The only thing that's different is that you have to make your own lunch.

We can also create custom classes for you and your company, delivered in a secure online environment, covering whatever topics you need in a way that suits you.

Contact tricia.hughes@nafems.org for more information, or visit the website.

Praktische Anwendung der FEM und Ergebnisinterpretation

March 10th – 11th 2021

The Complete Guide to Automatic Design Optimization

March 15th – 16th 2021

Festigkeitsnachweis mit der FKM-Richtlinie

March 17th – 18th 2021

Verification and Validation in Engineering Simulation


March 23rd – 25th 2021

Festigkeitsnachweis FKM Nichtlinear

June 30th – July 1st 2021

nafems.org/training

Traditionelle Trainingsmethoden ändern sich. NAFEMS stellt sich der Herausforderung und bietet Ihnen eine Reihe von Schulungsoptionen, die vorwiegend online verfügbar sind und dieselben internationalen, unabhängigen Standards einhalten.

<h3>e-learning</h3> <p>WORLD-CLASS ONLINE TRAINING FROM THE EXPERTS ON A RANGE OF TOPICS. YOU AND YOUR TEAM CAN USE A COMBINATION OF LIVE SESSIONS, DISCUSSION FORUMS, AND RECORDED SESSIONS TO LEARN .</p> <p>VIEW YOUR OPTIONS</p>	<h3>virtual classrooms</h3> <p>OUR BEST-IN-CLASS PUBLIC TRAINING COURSES, NOW BEING DELIVERED ENTIRELY ONLINE. COMPLETE COURSES DELIVERED IN FULL DAY SESSIONS OVER THE COURSE OF ONE OR MORE DAYS.</p> <p>FULL DETAILS</p>	<h3>custom classes</h3> <p>OUR CUSTOM CLASSES COVER WHATEVER TOPICS YOU NEED, WITH EXAMPLES RELATED TO YOUR INDUSTRY, IN A PRIVATE, ONLINE DELIVERY FORMAT THAT SUITS YOU AND YOUR TEAM PRECISELY.</p> <p>CREATE YOUR COURSE</p>
<h3>learning modules</h3> <p>ONLINE, SELF-PACED LEARNING WITH TUTOR SUPPORT. LEARN AT YOUR OWN PACE, WITH EXPERIENCED GUIDANCE ON-HAND ALL THE WAY.</p> <p>VIEW THE MODULES</p>	<h3>learning hub</h3> <p>GUIDED LEARNING, EXCLUSIVE TO NAFEMS MEMBERS. FROM KEY CONCEPTS TO DETAILED LEARNING, THERE'S SOMETHING FOR EVERYONE.</p> <p>Access the Hub (members only)</p>	
<p>3 Mar 2021</p> <p>Next Steps with Multibody Dynamics Simulation</p> <p>eLearning, Online eLearning</p>	<p>4 Mar 2021</p> <p>Metals Material Modelling: Creep</p> <p>eLearning, Online eLearning</p>	<p>5 Mar 2021</p> <p>Introduction to Dynamics using FEA</p> <p>eLearning, Online eLearning</p>
<p>10 Mar 2021</p> <p>Online-Kurs: Praktische Anwendung der FEM und Ergebnisinterpretation</p> <p>Online, Online Training Course</p>	<p>10 Mar 2021</p> <p>CFD for Structural Designers & Analysts</p> <p>eLearning, Online eLearning</p>	<p>15 Mar 2021</p> <p>Online-Course: The Complete Guide to Automatic Design Optimization</p> <p>Online, Online Training Course</p>
<p>17 Mar 2021</p> <p>Online-Kurs: Festigkeitsnachweis mit der FKM-Richtlinie</p> <p>Online, Online Training Course</p>	<p>23 Mar 2021</p> <p>Online-Course: Verification and Validation in Engineering Simulation</p> <p>Online, Online Training Course</p>	<p>25 Mar 2021</p> <p>Metals Material Modelling: Welding Simulation and Residual Stresses</p> <p>eLearning, Online eLearning</p>
<p>6 Apr 2021</p> <p>Composite Finite Element Analysis</p> <p>eLearning, Online eLearning</p>	<p>8 Apr 2021</p> <p>Non-Linear FEA</p> <p>eLearning, Online eLearning</p>	<p>14 Apr 2021</p> <p>Introduction to Practical CFD</p> <p>eLearning, Online eLearning</p>
<p>23 Apr 2021</p> <p>Advanced Dynamic FEA</p> <p>eLearning, Online eLearning</p>	<p>11 May 2021</p> <p>Fatigue & Fracture Mechanics in FEA</p> <p>eLearning, Online eLearning</p>	<p>17 May 2021</p> <p>10 Steps to Successful Explicit Dynamic Analysis</p> <p>eLearning, Online eLearning</p>
<p>27 May 2021</p> <p>Practical Modelling of Joints and Connections</p> <p>eLearning, Online eLearning</p>	<p>28 May 2021</p> <p>Structural Optimization in FEA</p> <p>eLearning, Online eLearning</p>	<p>7 Jun 2021</p> <p>Online course: Automatic Optimization for Efficient Product and Process Development</p> <p>Online, Online Training Course</p>



NAFEMS
LEARNINGHUB
 Your Central Location ::
 for Continuous Professional Development

NAFEMS Learning Hub delivers online guided learning, ranging from quick courses aimed at explaining key concepts, to more in-depth learning.

Available exclusively to NAFEMS members, the Learning Hub is your central location for continuous professional development.

available courses

Extended Courses:

- **Complex Pressure-Related Flow Phenomena in CFD**
- **FEM vs. Numerical Simulation: Fundamentals of Simulation Governance**
- **Getting Started with FEA**
- **Sheet Metal Formability - Material Properties, Failure, and Simulation**

Quick Courses:

- **Basics of Credibility in Engineering Simulation**
- **Basics of Business Challenges in Engineering Simulation**
- **Basics of Generative Design**
- **Basics of Engineering Simulation Digital Twins**
- **Basics of Integration of Systems and Detailed Sub-Systems Simulations**
- **Basics of Democratization of Engineering Simulation (DoES)**
- **Basics of Aligning Commercial, Government And Research Engineering Simulation Efforts**



Get started today at
nafe.ms/learninghub

NAFEMS Schulung

Dieser Kurs wurde bereits über 50 Mal in ganz Europa gehalten!

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

23. - 25. März 2021, online (Webex) / 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/vandv21-1

NAFEMS Schulung

Festigkeitsnachweis in die FKM-Richtlinie

17. - 18. März 2021 online (Webex) / 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/fkm21-1

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 Kirchoff, 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 Kirchoff 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

Festigkeitsnachweis in die FKM-Richtlinie Nichtlinear



30. Juni - 1. Juli 2021 online (Webex) / auch als Inhouse-Schulung buchbar

Rechnerischer Bauteilfestigkeitsnachweis unter expliziter Erfassung nichtlinearen Werkstoff-Verformungsverhaltens

Für die Bewertung der Festigkeit von Maschinenbauteilen wird vom Forschungskuratorium Maschinenbau (FKM) Anfang 2019 eine neue Richtlinie „Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile unter expliziter Erfassung nichtlinearen Werkstoffverformungsverhaltens“ herausgegeben. Diese Richtlinie erweitert die Anwendung der FKM-Richtlinien in den niederzyklischen Bereich, erlaubt das Ausnutzen von Reserven beim statischen Nachweis und kann Reihenfolgeeffekte bei Lasten berücksichtigen.

In der Richtlinie sind Nachweise der statischen Festigkeit und der Betriebsfestigkeit geregelt. Beim statischen Nachweis ist gefordert, dass an keiner Stelle des Bauteils eine werkstoffspezifische Grenzdehnung überschritten wird. Die vorhandenen Dehnungen sind mit Hilfe der Methode der Finiten Elemente unter Beachtung physikalischer und geometrischer Nichtlinearität zu bestimmen.

Der Betriebsfestigkeitsnachweis basiert auf dem Örtlichen Konzept (Kerbdehnungskonzept), auf welches detailliert eingegangen wird. Das Örtliche Konzept versetzt den Anwender in die Lage, auf Basis rein elastizitätstheoretischer Finite-Element-Berechnungen einen Betriebsfestigkeitsnachweis unter expliziter Erfassung des elastisch-plastischen Materialverhaltens zu führen. Der Nachweis ist sowohl im LCF als auch im HCF Bereich anwendbar und führt für Stahl, Stahlguss und Aluminium-Knetlegierungen zu statistisch abgesicherten Anrisslebensdauern.

Zielgruppe:

Das Seminar wendet sich primär an Ingenieure, die Probleme der statischen und der Betriebsfestigkeit in Versuchs- oder Berechnungsabteilungen bearbeiten oder die Lebensdauer von Anlagen überwachen und die dabei bisher nur die traditionellen Konzepte, wie zum Beispiel die „FKM-Richtlinie linear“, einsetzen.

Ihr Nutzen:

In diesem Seminar werden Hintergrundinformation zur neuen Richtlinie vermittelt und ihre Anwendung demonstriert. Die Teilnehmer werden in die Lage versetzt, Nachweise unter Zugrundelegung der Richtlinie durchführen zu können.

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.

Informationen und Anmeldung
www.nafems.org/fkm-nonlin21-1

Praktische Anwendung der FEM und Ergebnisinterpretation

10. - 11. März 2021 online (Webex) / 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 / Versagenshypothesen / Sicherheitsfaktor
- Wechsel- und Dauerfestigkeit, Ermüdung und Kerbwirkung

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

Referent



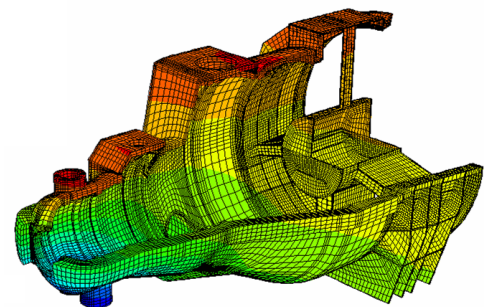
Prof. Dr.-Ing. Armin Huß verfügt über mehr als 30 Jahre Erfahrung auf dem Gebiet der Technischen Mechanik, Technischen Schwingungslehre und der Anwendung der Finiten Elemente Methode, davon über 20 Jahre Praxis-Erfahrung als freiberuflicher Ingenieur für die Anwendung der FEM in den unterschiedlichsten 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.



Informationen und Anmeldung

www.nafems.org/fem21-1

Automatic Optimization for Efficient Product and Process Development

7. Juni 2021 online (Webex)/ auch als Inhouse-Schulung buchbar

Recognise next level design methodologies utilizing simulation results to explore the whole design space. Some people consider that optimization is part of an engineer's basic job. In general, no one will accept a project if they think it can be improved in any way. However, usually there are restrictions such as time and cost not to mention the number of technical restrictions.

Computers and software came to the rescue such that we now have software that cleverly controls other software to run process simulations and automatically repeat them in order to improve the design or the concept that we have defined. This requires smart algorithms that determine trends and make the best decisions to come up with an optimal design. In this way the sequence of simulations in the design process is configured by the engineer, who then defines an optimization strategy for the computer to do the work using software algorithms. This saves time and effort, but there are issues and possibly time is wasted in some cases.

The course provides an extensive overview of process simulation and optimization methods so that engineers can enhance their working methods by defining optimization strategies be they single- or multi-objective, single- or multi-disciplinary using determinate, continuous or statistical variables and including restrictions and decision making. Generic algorithms are discussed, advice is provided and problematic issues are highlighted to guide engineers in the creation of successful, efficient optimization strategies.

Interaction is encouraged throughout the course. Questions and

class participation are encouraged, as this is one of the key aspects of making this a unique and positive experience for each attendee.

Who should attend

Engineers who are interested in the next level of design methodologies utilizing simulation results to explore the whole design space and improve designs by using appropriate optimization tools and methods.

Course Program

This course combines information, examples, case-studies and time for open discussion of the concepts presented:

- Design cycles
 - Optimization within a design cycle
- Simulation Process Integration
 - Design windows
- Optimization
 - Basics
 - Single- and Multi-objective optimization
 - Basic methodologies
- Topology Optimization
 - Concepts, methods, and examples
- Design of Experiments (DoE)
 - Concepts, uses, guidance
 - Typical algorithms
- Parameter Optimization
 - Concepts and guidance
 - Methods (gradient, GA, evolution, others)
 - Decision making tools
- Response Surface/Meta-model methods
 - Methods and algorithms
 - Real-life/Experimental information
- Robust design methodologies
 - Sensitivity
- Examples in many sectors are distributed throughout the course

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.

Informationen und Anmeldung

www.nafems.org/opt21-2

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

Strömungssimulation (CFD): Theorie und Anwendung

Auf Anfrage / auch als Inhouse-Schulung buchbar

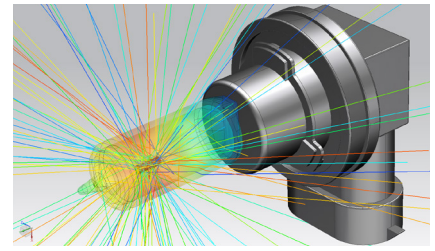
Die Schulung vermittelt praxisorientiert und programmunabhängig die Grundlagen der numerischen Strömungsberechnung (CFD). Neben der Funktionsweise von Programmen, die anhand zahlreicher einfacher Beispiele erläutert wird, steht die Vermittlung des gesamten Lösungsprozesses im Vordergrund. Mit Hilfe von 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



Referent



Prof. Dr.-Ing. Gangolf Kohnen hat über 25 Jahre Erfahrung mit CAE-Anwendungen mit Schwerpunkten auf dem Gebiet

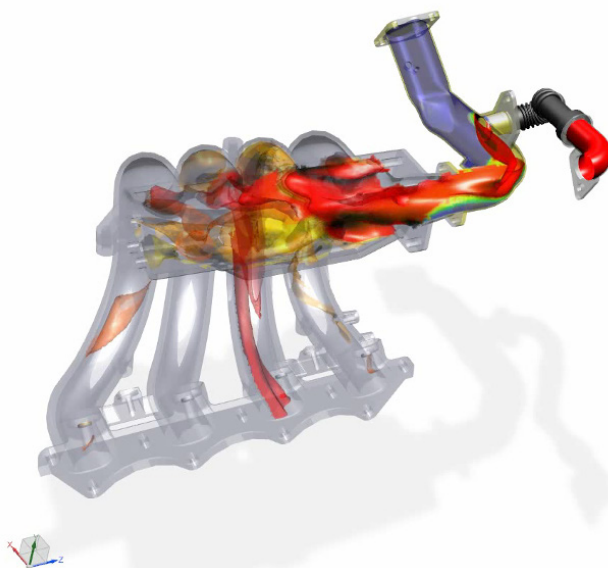
der Strömungsberechnung CFD in Lehre, Forschung und Industrie. Herr Kohnen leitet den Bereich Maschinenbau und Virtual Engineering an der Hochschule Baden-Württemberg Mosbach.

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.



invitation²TENDER



Code Verification Exemplars

The NAFEMS Simulation Governance & Management Working Group (SGMWG) would like to commission two separate "Code Verification Exemplars", one in the field of Solid Mechanics, the other in Computational Fluid Dynamics.

The purpose of the exemplars is to demonstrate the methodology for performing rigorous simulation code verification.

The details in this Invitation to Tender specifically relate to the Solid Mechanics exemplar.

Goal of the Completed Exemplar

The goal of the exemplar problem is to describe best practice in performing rigorous code verification. The exemplar should go beyond the traditional NAFEMS benchmarks by determining the observed convergence order of the numerical solution.

Code Verification Exemplar Properties, Testing and Reporting

There is a preference to adapt an existing NAFEMS benchmark for the exemplar problem; however this is not a requirement.

1. State the physical problem to be tested, i.e., the system of interest, to be simulated computationally. The problem is to be static (non-time-dependent, no temperature variation), linear material response, small displacements, and 2D or 3D geometry. The problem would preferably be based on an available closed-form theoretical solution, rather than one based on a "Manufactured Solution."
2. The physical problem definition should include the definition of all relevant input data enabling the formulation of the conceptual model. There is a preference for the model to include geometric complexity; such as a curved boundary geometry.
3. State the assumptions made to formulate the conceptual model of the system as described in Steps 1 and 2.
4. State the assumptions and approximations made to formulate the mathematical model of the system.
5. State the mathematical model of the system.
6. State the analytical solution to the mathematical model of the system in terms of displacements and stresses for a range of boundary conditions. The analytical solution should be given such that the loading conditions are parameters as opposed to specific values. The physical problem definition should include selection of the required local and global quantities of interest (QOI), for the steps below. These QOIs should include displacements, stress/strain components, and force resultants.
7. State various numerical approximations, e.g., discretisation of the problem and what types of finite elements and their shape functions that will be tested as part of code verification. A curved boundary that is not aligned with the analysis coordinate system, for example, has the advantage of more rigorous testing.
8. Generate a structured mesh over the solution domain with appropriate mesh clustering. For instance, the mesh may be inadequate for coarse mesh cases, e.g., due to the use of low-order linear element geometries when modelling a curved boundary.
9. Compute the numerical solution of the various discretisation options on a series of uniformly refined meshes. The refinement of the mesh should be discussed and should include comments on the influences of any curved boundaries; element shapes; and uniform discretisation refinement.
10. Compute the local numerical error for each mesh, i.e., the local difference between the numerical solution on each mesh and the analytical solution. The global numerical error over the solution domain should be computed using three vector norms, L_1 , L_2 , and L_∞ .
11. Plot the numerical error on each mesh versus the mesh size on a log-log scale so that the observed order of convergence can be determined.
12. Discuss characteristics of the convergence and link to the nature of the finite elements (e.g., whether displacement or equilibrium formulations are used).
13. Discuss non-monotonic or irregular convergence when appropriate and how this manifests itself on log-log curves.
14. Provide the achieved value of convergence rate and any other desired metrics. The objective of the exemplar problem is not to compare solutions derived by using different types of finite elements or different solvers. It is desirable that the problem be solved using either one of the primary commercially-available software packages or an academically-available solver.

The objective of the exemplar problem is not to compare solutions derived by using different types of finite elements or different solvers. It is desirable that the problem be solved using either one of the primary commercially-available software packages or an academically-available solver.

Competencies to be Identified by Exemplar

The proposal should identify which competencies from the Verification and Validation Technical Area of the NAFEMS Professional Simulation Engineer scheme will be addressed by the exemplar problem. A list of these competencies can be obtained from technical@nafems.org.

Format

The project involves defining a test problem; performing a sequence of sample solutions; and writing up the problem definition and analysis of the solution results. The format for the writeup of the problem should follow the format of the existing NAFEMS benchmark problems; followed by discussion of the solution of the sample problem; and a discussion of the outcome. The document should clearly identify what numerical solution features are specifically tested. The finite element data should be provided in a neutral format. Model input and output data should be provided in CSV files;

Cost / Timescale / Expected Length

The total cost is not expected to exceed £4K (GBP), and it is expected that the document will be completed within 6 months from NAFEMS approval.

Guidance for Proposals

Each proposal should consist of:

- The proposed structure of the final report document with the titles of the sections to be developed,
- Work plan including milestones and interim deliveries for early review,
- Cost,
- The authors' credentials, curriculum vitae, etc. Proposals from single authors and consortia will be considered.

It should be noted that the content outline provided above is that suggested by the SGMWG, but the prospective author may suggest changes based on their own experience.

All proposals should be sent to NAFEMS at sgmwg@nafems.org to arrive no later than 1st March 2021.

Further details are available from the NAFEMS Technical Officer at technical@nafems.org and SGMWG chairman who are contactable using sgmwg@nafems.org.

For full details visit nafe.ms/tenders or contact the NAFEMS Technical Officer technical@nafems.org

Internationales NAFEMS Magazin

Benchmark Magazin, Ausgabe Januar 2021

Die internationale NAFEMS Zeitschrift „Benchmark“ erschien zuletzt im Januar 2021.
Download für Mitglieder und Abonnenten sowie Informationen zum Abonnement finden Sie unter:

www.nafems.org/publications/benchmark





nafems.org/agenda
THE ANALYSIS AGENDA

What Next for Engineering Simulation?

Engineering Data Science

The Fourth Paradigm

Process Simulation

Predicting & Optimising Systems

Simulation Supporting Certification

Relying Less on Test

Simulation Data Management

Making the Data Work

Generative Design

Making the Impossible a Reality

Code Verification

Keeping you Accurate

Communicating Complexity

Ensuring Simulation is Understood

Autonomous Things

Artificial Intelligence becomes Real

The Digital Twin

Connecting Virtual with Physical

The Failure Test

Modelling Structural Failure

Simulating Tomorrow

Ensuring a Sustainable Future

Rapid Manufacturing

Towards Distributed Digital Production

Simulation Governance

Building a Simulation Capability

Multiscale Simulation

Analysis Great and Small

Designer-Oriented Simulation

Putting Simulation Upfront

Systems Level Simulation

Modelling the Sum of the Parts

Diffusion of Innovation

Crossing the Chasm

[NAFEMS.ORG/AGENDA](https://nafems.org/agenda)



Project Results

VMAP

A global first in CAE data storage standardisation

EXECUTIVE SUMMARY

The goal of the ITEA project VMAP was to create the first open vendor-neutral standard for computer-aided engineering data storage, thereby enhancing the interoperability of software tools and reducing costs and effort for companies. An open standardisation community will help push this into domains beyond the scope of the project, guaranteeing these benefits in both the short and long term.

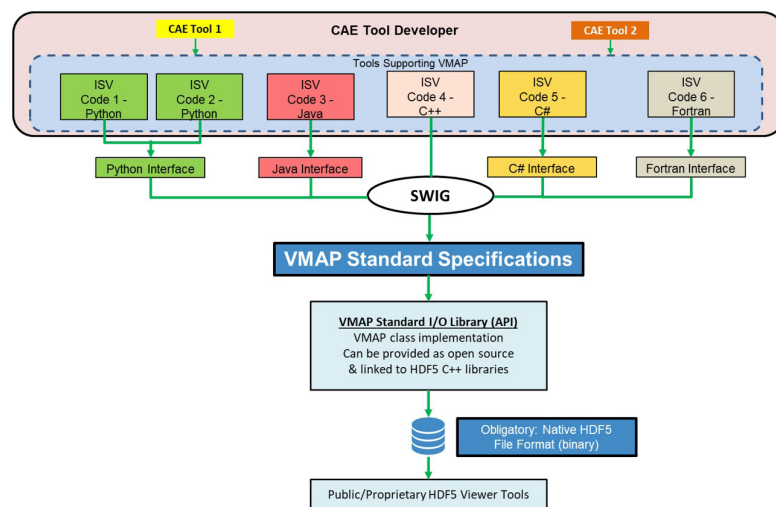
PROJECT ORIGINS

A wide range of computer-aided engineering (CAE) software tools already enable virtual material and product design, virtual manufacturing and machining process parameterisation and virtual product testing of high-tech materials. However, these tools are rarely interoperable and contain multiple native formats for storing the CAE data to be transferred between simulation codes, such as geometrical information, simulation results and metadata. The corresponding lack of standardisation means that companies have to implement customised data transfer solutions – a huge effort in terms of both time and money.

The VMAP (A new Interface Standard for Integrated Virtual Material Modelling in Manufacturing Industry) project has filled this gap by creating the world's first CAE workflow interface standard. This is vendor-neutral, cost-free and completely open to any interested party, helping to maximise its uptake amongst companies of all sizes. Input/output (I/O) routines have also been provided for easy implementation. With the uptake of this standard, VMAP's end-users will enjoy a faster time to market and lower production costs through a decrease in the amount of manual work and corresponding human error in their CAE workflows.

TECHNOLOGY APPLIED

The starting point for VMAP is the identification of the main groups among unorganised CAE data, such as time steps and coordinate systems. The data can then be aligned into a hierarchal



structure of the different fields involved in CAE simulation: geometry, variables, systems and material parameters. Commonalities across different forms of software have been used to build the data storage standard, which is implemented in a number of software tools. This is based on the Hierarchical Data Format (HDF5), an open-source file format which supports large amounts of heterogeneous data in a structure similar to a file directory. Companies can connect their own application programming interfaces to VMAP through the Simplified Wrapper and Interface Generator (SWIG) software architecture, which links C and C++ to high-level languages like Java. VMAP's I/O Library and large number of parameters

for (material) models then enable end-users to read and write VMAP data files and exchange these between simulation codes.

Crucially, the commonalities uncovered by VMAP will enhance interoperability across diverse sectors, as demonstrated in its six use-cases: blow moulding; composites in lightweight vehicles; injection moulding; additive manufacturing of plastics; hybrid modelling of consumer products; and composites in aerospace. In composites for lightweight vehicles, for instance, VMAP's material data storage supports the transfer and eases the mapping of parameters such as fibre orientations, allowing companies to complete their workflow

chain. A similar process occurs with the storage of elements and points at the part level for both blow forming and composites in aerospace. Given the vast nature of the domain, future work will focus on expanding standardisation and normalisation within each sub-field of CAE simulation.

MAKING THE DIFFERENCE

VMAP's major result is simple: computer-aided engineering is now quicker and easier than ever before. One clear example of this has been observed at Philips, where the innovation speed of highly complex parts has increased by almost 50%. Similarly, the time spent on strength assessments in the moulding of plastic parts has been reduced by 42% and the set-up time for virtual process chains for lightweight automotive components with composites fell by 40%. By eliminating the need for customised solutions, delays caused by human errors are also greatly reduced. Overall, VMAP offers a far more cost-effective approach to CAE.

A standard is only as strong as its users. Having so far implemented VMAP in the CAE tools of twelve consortium partners and seven external parties, the project is now taking the unique step of establishing a legal entity called the

VMAP Standards Community. This not-for-profit open standards community will push for further standardisation by contacting vendors and end-users in industry. Early dissemination has already proven successful; the VMAP International Conference, for instance, saw 584 registrations in October 2020. The VMAP community now contains 143 entities, including large players such as Bosch and Philips, and has good links with other groups such as Modelica/FMI and the European Material Modelling Council.

As mentioned, VMAP is the first ever CAE workflow interface standard. One of its biggest strengths is therefore its rich potential, which the community seeks to exploit by extending the standard into technical domains beyond simulation for manufacturing parts. Another ITEA project, VMAP Analytics, has already been formed to apply these innovations to AI analytics and sensor data. VMAP thus represents the tip of the iceberg: as the number of organisations involved in the community increases, so too will the number of engineering domains which can benefit from the faster processes and reduced costs of CAE interoperability.

MAJOR PROJECT OUTCOMES

Dissemination

- Participation in 45 conferences worldwide.
- NAFEMS World Congress 19 had VMAP Interoperability sessions.
- VMAP International Conference on Interoperability received over 400 registrations.
- 6 technical magazine articles and 9 technical papers.
- VMAP Community meetings organised every 3 months during the project.

Exploitation (so far)

New Standard:

- VMAP is a vendor-neutral standard for CAE data storage.
- VMAP Standard Specifications published on the VMAP website:
<https://www.vmap.eu.com/vmap-release/>

New Software:

- All project partner softwares support VMAP Standard format.
- VMAP Standard I/O Library implemented for 7 codes external to the project.
- VMAP Standard import and export wrappers developed for Abaqus & ANSYS.

New System:

- Engineering workflows completed using VMAP Standard – blow moulding, composites, additive manufacturing etc.

Standardisation & Spin-offs

- Creation of VMAP Standards Community (SC) e.V.: The VMAP-SC is a non-profit association, established in Germany, which will work on the dissemination of VMAP Standard, including development and maintenance of a uniform library.

ITEA is a transnational and industry-driven R&D&I programme in the domain of software innovation. ITEA is a EUREKA Cluster programme, enabling a global and knowledgeable community of large industry, SMEs, start-ups, academia and customer organisations, to collaborate in funded projects that turn innovative ideas into new businesses, jobs, economic growth and benefits for society.

<https://itea3.org>

VMAP 16010

Partners

Austria

4a engineering
Wittmann Battenfeld

Belgium

MSC Software Belgium

Canada

Convergent Manufacturing Technologies

Germany

Audi

Dr. Reinold Hagen Stiftung

DYNAmore

EDAG Engineering

ESI Software Germany

Fraunhofer SCAI

Hagen Engineering

inuTech

Karlsruhe Institute of Technology (KIT)

Kautex Maschinenbau

NAFEMS

RIKUTEC Richter Kunststofftechnik

Robert Bosch

Simcon Kunststofftechnische Software

Netherlands

Delft University of Technology

DevControl

In Summa Innovation

KE-works

Materials innovation institute M2i

MSC Software Benelux

Philips

Reden

University of Groningen

Switzerland

BETA CAE Systems International

Sintratec

Project start

September 2017

Project end

October 2020

Project leader

Klaus Wolf, Fraunhofer SCAI

Project email

klaus.wolf@scai.fraunhofer.de

Project website

<https://www.vmap.eu.com/>

ALTAIR

Design-Funktionen für elektronische Systeme

Altair kündigt mit dem Release des 2021er Updates seiner Simulationssoftware aktualisierte Solver-Technologien und verbesserte Benutzerfreundlichkeit an. „Neben einer beschleunigten Simulation der realen Produktleistung und der erweiterten Funktionalität für Simulation-Driven Design for Manufacturing bietet diese Version unseren Kunden ein robustes, durchgängiges Toolset zur Entwicklung elektronischer Systeme“, sagte James Scapa, Gründer und Chief Executive Officer von Altair. „Die aktuellen Neuerungen unserer Simulationssoftware ermöglichen es unseren Kunden, komplexe Produkte profitabler zu entwickeln, indem sie die 5G Konnektivität, die Leistung von Leiterplatten, moderne Fertigungsprozesse und vieles mehr simulieren können.“

Altair und Rolls-Royce Germany bündeln ihre Kräfte

Altair hat die Unterzeichnung einer Absichtserklärung (Memorandum of Understanding – MOU) mit Rolls-Royce Deutschland bekannt gegeben. Ziel ist es, gemeinschaftlich künstliche Intelligenz (KI) und Engineering zu verbinden, um daraus einen geschäftlichen Mehrwert für Rolls-Royce im Engineering, im Versuch und in der Konstruktion von Triebwerken für die Luftfahrt abzuleiten.

www.altair.de

ANSYS

Ansys Release 2021 R1 ist da!

Ansys, Inc. hat am 26. Januar 2021 das neue Release Ansys 2021 R1 frei gegeben. Es enthält wie gewohnt eine Vielzahl an Neuerungen und Weiterentwicklungen über das gesamte Einsatzspektrum der Ansys Programmfamilie hinweg.

www.ansys.com

CADFEM

Ansys Release 2021 R1 ist da!

Ansys, Inc. hat am 26. Januar 2021 das neue Release Ansys 2021 R1 frei gegeben. Über die gesamte Breite der Ansys Programmfamilie sind in der Version 2021 R1 viele Funktionen hinzugekommen, die Ingenieure unterstützen, die Produkte von morgen optimal zu entwickeln. Hier ein kleiner Auszug an Highlights aus den Bereichen Strukturmechanik, Strömung und Elektromagnetik. Automatisierung und Customization sind in Ansys Mechanical dank der jetzt verfügbaren Aufzeichnungsfunktion von Skripten und den neuen Möglichkeiten zum Debugging für jeden Anwender zugänglich. Durch neue Workbench-Features werden auch piezoelektrische, modale und harmonische gekoppelte Analysen machbar. „Bottom-up Substructuring“, also der effiziente Import und Export von Substrukturen, ist eine sehr wertvolle neue Funktion. Mit den vielen weiteren nützlichen Neuerungen in Mechanical, aber auch in den Paketen LS-Dyna, Motion, SpaceClaim, Additive Solution und Sherlock setzt Ansys 2021 R1 ein Ausrufezeichen im Bereich der Strukturmechanik.

Im Bereich Strömung und CFD gibt es in Ansys Fluent unter anderem Neuigkeiten bei der Benutzeroberfläche: automatisch generierte Reports, Verbesserungen im Handling und weitere neue Features wie automatische Schnittebenen, erweiterter Video- und Bildexport und ein übersichtliches Fenstermanagement erleichtern die Bedienbarkeit. Bei den Funktionen gehört sicher das überarbeitete Battery-AddOn mit angepasster Quellterm-Verwaltung, virtuellen Konnektoren und spezifischen UDF-Standardfunktionen zu den Highlights.

Auf dem Gebiet der Elektromagnetik ist die Integration des Electronic Desktops in die Minerva Plattform erfolgt, zudem können innerhalb des Programms nun auch thermische und modale Analysen durchgeführt werden. In Ansys Maxwell ist nun der A-Phi-Solver für transiente Berechnungen verfügbar, zudem können jetzt Sektormodelle aus

3D Rotationsmodellen (z.B. Motoren) einfacher vernetzt und erstellt werden. Darüber hinaus wurde das Machine Toolkit erweitert. Da auch Ansys Motor-CAD einige neue Features erhalten hat, steht insbesondere für die Entwicklung effizienter elektrischer Antriebe eine einzigartige Infrastruktur zur Verfügung. Ansys HFSS bietet eine neue Mesh-Assembly-Funktionalität zum Verknüpfen verschiedener Meshing-Methoden in einem Design. Dies ist ein Durchbruch in der FEM-Solver-Technologie - derzeit noch in der Beta-Version.

Bitte beachten Sie: Dies ist nur ein kleiner Ausschnitt der vielen Neuheiten von Ansys 2021 R1, zu deren Highlights sicher auch noch der VRXperience Sound Composer zur Auralisierung von Simulationen oder die Fluid-Struktur-Temperaturkopplung in Discovery gehört. Und, und, und – einen genaueren Einblick erhalten Sie in der folgenden Feature-Übersicht und natürlich in den Cadfem Ansys 2021 Update-Webinaren zur Strukturmechanik, CFD und Elektromagnetik (niederfrequent und hochfrequent).

www.cadferm.de

CARHS

Automotive SafetyCompanion

Der SafetyCompanion 2021 von carhs gibt Ihnen nicht nur einen Überblick über unser Trainingsprogramm. Er ist gleichzeitig ein wertvolles Nachschlagewerk für alle, die sich mit dem Thema Fahrzeugsicherheit beschäftigen. Im SafetyCompanion 2021 ist aktuelles Expertenwissen kompakt dargestellt. Der SafetyCompanion 2021 von carhs...

- > ist interaktiver denn je: Direkte Links zu den Gesetzestexten und Protokollen auf SafetyWissen.com
- > informiert detailliert über mehr als 110 Seminare und Konferenzen zur Fahrzeugsicherheit und Simulation.
- > unterstützt Sie mit über 80 Seiten mit vielen interessanten und aktuellen Fachinformationen (dem



Start:
30.9.2021



In Zusammenarbeit mit:

CADFEM



Jetzt weiterbilden.

CAS Computational Fluid Dynamics

Umfassendes Fachwissen für die erfolgreiche Anwendung von Strömungssimulationen – wissenschaftlich fundiert und praxisorientiert.

ost.ch/cas-cfd

sogenannten SafetyWissen) bei der täglichen Arbeit, z. B. zu den Themen: NCAP-Tests, Fußgängerschutz, Frontal-, Seiten- und Kopfaufprall, Dummies, AEB Tests u. a.

- bietet neue SafetyWissen Themen 2021: z. B. Global NCAP, i-VISTA Rating, Einstellungen für Hochgeschwindigkeitskameras
- hat rund 50 aktualisierte SafetyWissen Seiten mit neuen und geänderten Anforderungen zur Fahrzeugsicherheit
- ist zeitsparend durch übersichtliche und hilfreiche Aufstellungen fachlich wichtiger Abkürzungen und Internetseiten.

Der SafetyCompanion 2021 sichert Ihnen den entscheidenden Wissensvorsprung!

www.carhs.de

CPU24/7

CPU 24/7 stellt neues Public-Cloud-Angebot vor

CPU 24/7 managt ab sofort auch Enterprise-Public-Cloud-Umgebungen auf Amazon Web Services (AWS) und Microsoft Azure. Die Lösung wird als Managed Public Cloud Service angeboten und stellt eine Alternative zum bisherigen Private Cloud-Ansatz dar. Die Potsdamer Cloud-Experten setzen dafür angepasste Public-Cloud-Lösungen auf und kümmern sich unter anderem um die Themen Einrichtung, Anbindung, Verfügbarkeit und Compliance der Services. Ein oder mehrere Kunden-Accounts werden zentral und aus einer Hand von CPU 24/7 verwaltet. Als Cloud- und DevOps-Partner in der Engineering-Branche unterstützt CPU 24/7 Entwickler und Ingenieure umfassend auf Infrastruktur-, Plattform und Software-Ebene.

Christian Unger, Head of Service Delivery bei CPU 24/7, erläutert

mögliche Anwendungsfälle: „Wir bearbeiten hinsichtlich der Bereitstellung bestimmter Services in der Public Cloud vermehrt Anfragen von Enterprise-Kunden. Das betrifft insbesondere die Abbildung von kurzfristigen Workloads für das Computer-Aided Engineering, die zum Teil auf Windows basieren. Plattform-/Software-as-a-Service-Lösungen und das Management kompletter Cloud-Lösungen für das gesamte Unternehmen gehören ebenfalls zu den Schwerpunkten. Unsere Kunden wollen zudem auch eigene digitale Services in der Public Cloud vermarkten.“

Gründe für die gestiegene Inanspruchnahme von gemanagten Public Cloud Services sieht Unger vor allem in dem Bedarf vieler Unternehmen nach unbegrenzter Skalierbarkeit und globaler Verfügbarkeit mit lokalen Eintrittspunkten nahe beim Kunden. Ein weiterer Punkt ist der hohe Verwaltungsaufwand einer Public-Cloud-Lösung. Gerade Themen wie die Architektur-

Auswahl, Setup, sichere Anbindung an die eigenen Kundensysteme, Betrieb, Abrechnung, Monitoring und IT-Sicherheit können komplex, undurchsichtig und zeitraubend sein. „Wir erleben oft, dass Kunden hier auf sich allein gestellt sind. Durch unseren „Managed-Service-Ansatz“ ermöglichen wir Ingenieuren und Entwicklern, sich auf die eigene Kernkompetenzen zu fokussieren.“, betont Unger.

Christoph Wagner, Lead Enterprise Architect beim renommierten Automobildienstleister IAV GmbH, hat die Lösung von CPU 24/7 bereits getestet: „Die Lösung von CPU 24/7 eröffnet jedem Ingenieur und Entwickler neue Möglichkeiten. Unser zentraler IAV-Masteraccount wird durch unsere IAV-Tochter CPU 24/7 betreut und verwaltet. Entwicklern der IAV wird es möglich sein, mit eigenem Knowhow selbständig auf AWS zu agieren, aber auch die durch CPU 24/7 betriebenen Managed Services (z.B. CAE as a Service, Engineering Web Services) auf AWS in Anspruch zu nehmen, oder diese eben gemeinsam mit CPU 24/7 zu entwickeln.“

Christian Unger lädt Firmen dazu ein, die selbst gerade mit Public-Cloud-Lösungen für das Ingenieurwesen liebäugeln, das neue Angebot zu testen. „Kommen Sie gerne auf uns zu – wir schauen uns Ihre individuellen Pain Points und Anforderungen an und finden eine gute Cloud-Lösung, egal ob es sich um Managed Public, Hybrid oder letztendlich doch um Private Cloud Services handelt.“

<https://engineeringcloud.io>

DYNAMore

Leiter der Prozesssimulation Dr.-Ing. André Haufe zum Honorar-Professor an der Universität Stuttgart ernannt

Die DYNAMore GmbH freut sich, dass der Leiter des Kompetenzfeldes Prozesssimulation sowie des DYNAMore Material Competence Center (MCC) Herr Dr.-Ing. André Haufe zum Honorar-Professor an der Universität Stuttgart ernannt wurde.

Die Professur unterstreicht die außerordentliche Kompetenz, die Herr Haufe in seinem Fachgebiet auszeichnet. Seine fachlichen Schwerpunkte sind Material-, Versagens- und Schädigungsmodelle von Stählen und Kunststoffen bzw. Kunststoffverbunden im Bereich der Kurzzeitdynamik (z. B. Fahrzeugcrash, Falltests, Explosionsschutz etc.), sowie die Modelltechnik, insbesondere zur Simulation von Verbindungsmitteln und deren Herstellungsprozessen, wie zum Beispiel der Blechumformung, Schneidsimulation, Schweißverzug, aber auch Flecht- und Infiltrationssimulation von Harzsystemen für lang- und endlosfaserverstärkte Polymere.

Seit 2002 ist Herr Haufe Mitarbeiter der DYNAMore GmbH und zwischenzeitlich Gesellschafter des Unternehmens. Er vertritt DYNAMore im Bereich der Prozesssimulation sowie bei F&E-Aktivitäten. Im Laufe der Jahre hat Herr Haufe viele technologische Entwicklungen in LS-DYNA vorangetrieben und zahlreiche Schulungsgebiete aufgebaut. Darunter zum Beispiel Kurse zu den Gebieten Airbagsimulation mit FSI (ALE und Partikelmethode), Blechumformsimulation (elektrothermo-mechanisch-gekoppelt), Werkstoffmodellierung, Modellbildung von Verbindungsmitteln, Versagens- und Schädigungsmodelle sowie seit 2013 Elementformulierungen und nichtlineare Aspekte der Struktursimulation.

Außerdem ist Herr Haufe in zahlreichen Arbeitskreisen der Industrie- und Hochschulforschung (FOSTA, EFB, AiF, FAT) aktiv und betreut leitend für die DYNAMore GmbH durch das BMBF, das BMWi und die EU geförderte Forschungsvorhaben. Hierunter fällt seit 2013 auch die Mitarbeit im Forschungscampus der Universität Stuttgart (ARENA2036) innerhalb des BMBF-geförderten Startprojekts „DigitPro“ bzw. nunmehr „Digital Fingerprint“.

Seit 2006 unterrichtet Herr Haufe als Lehrbeauftragter des Instituts für Statik und Dynamik der Luft- und Raumfahrtkonstruktionen der Universität Stuttgart für das Fach „Theorie und Anwendung Expliziter Finiter Elemente Verfahren“. Seit

2014 ist er auch Lehrbeauftragter des Instituts für Umformtechnik der Universität Stuttgart: Dort lehrt er das Fach „Prozesssimulation in der Umformtechnik“.

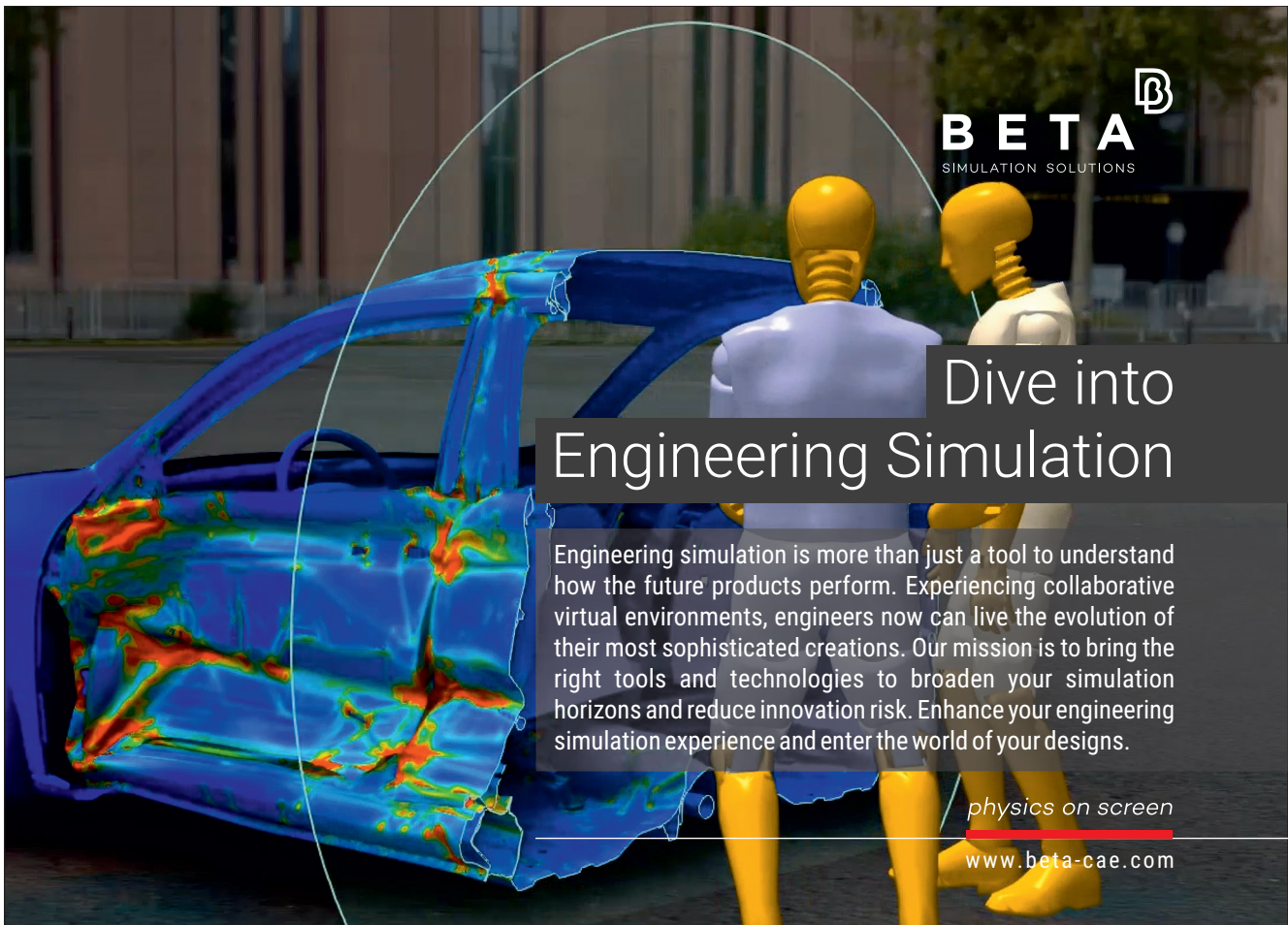
„Die Ernennung zum Professor von Herrn Haufe ist für die DYNAMore GmbH etwas ganz Besonderes“, erklärt Dr. Thomas Münz, Geschäftsführer des Unternehmens. „Wir können uns sehr glücklich schätzen, dass Herr Haufe Teil der DYNAMore GmbH ist. Das Unternehmen profitiert in hohem Maße von seiner Kompetenz und seinem Netzwerk und wir hoffen, auch in Zukunft weitere Erfolge mit ihm feiern zu können, zum Beispiel beim weiteren Ausbau des Material Competence Center“, so Münz weiter.

Neben Professor Dr. André Haufe stehen bei DYNAMore zahlreiche weitere Spezialisten für LS-DYNA und LS-OPT zur Verfügung und freuen sich, bei Fragen behilflich zu sein.

DYNAMore bewirbt sich erfolgreich an Forschungsprojekt zu KI im Bereich der Werkstoffmodellierung

Für die Entwicklung zukünftiger, effizienzoptimierter und emissionsarmer Fahrzeugkonzepte ist der Einsatz zuverlässiger und präziser Simulationsmethoden von fundamentaler Bedeutung. Das Ziel des Forschungsvorhabens Artificial Intelligence for Material Models (AIMM) ist es, die klassische modellbasierte Werkstoffbeschreibung durch eine alternative, datengetriebene Materialmodellierung zu ergänzen bzw. zu ersetzen.

Insbesondere vor dem Hintergrund des Einsatzes neuer Werkstoffe, deren Werkstoffverhalten zunehmend komplexer wird, sollen damit die Grenzen konventioneller Materialbeschreibung überwunden werden. In AIMM wird durch eine beschleunigte Beschreibung für CAE-Anwendungen der schnellere Einsatz neuer Werkstoffe, die Entwicklung zugehöriger, neuer Versuchskonzepte zur Erzeugung der notwendigen Trainingsdaten und die Verkürzung der Charakterisierungs- und Modellierungsphase durch Automatisierung der Prozesse im Fokus stehen.



BETA
SIMULATION SOLUTIONS

Dive into Engineering Simulation

Engineering simulation is more than just a tool to understand how the future products perform. Experiencing collaborative virtual environments, engineers now can live the evolution of their most sophisticated creations. Our mission is to bring the right tools and technologies to broaden your simulation horizons and reduce innovation risk. Enhance your engineering simulation experience and enter the world of your designs.

physics on screen
www.beta-cae.com

DYNAMore wird sich mit seiner Expertise in der Simulation dynamischer Problemstellungen der Strukturmechanik insbesondere über das Material Competence Center (MCC) sehr stark in dem vom Projektträger TÜV Rheinland administrierten Projekt engagieren. Weitere industrielle Konsortialpartner sind die Mercedes-Benz AG, die ElringKlinger AG, die GOM GmbH und die renumics GmbH. Auf Seiten der Forschungseinrichtungen beteiligen sich das Ernst-Mach-Institut der Fraunhofer Gesellschaft, das Institut für Softwaretechnik und Theoretische Informatik (IDA) der Technischen Universität Berlin, sowie die Universität Stuttgart mit den Instituten für Flugzeugbau und Umformtechnik an dem mit 2,9 Mio. EUR vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags geförderten Projekt.

Dazu Professor André Haufe, Leiter des DYNAMore MCC: „Die

Möglichkeiten mittels Methoden der Künstlichen Intelligenz CAE-Prozesse zu unterstützen, zu optimieren oder sogar zu ersetzen sind vielfältig. Als Spezialisten für die Werkstoffbeschreibung sehen wir gerade auf diesem Gebiet neue und spannende Herausforderungen zu deren Lösung die Projektpartner in AIMM hervorragend aufgestellt sind. Ein maßgebliches Projektrisiko liegt in der Tatsache, dass eine industrielle Anwendung deutlich höhere Anforderungen an eine robuste Umsetzung sowohl auf der datentechnischen Seite zur Gewinnung von Trainingsdaten als auch auf der Auswertungsseite stellt. Wir sehen dem Projektbeginn deshalb mit Spannung entgegen und freuen uns auf eine intensive und fruchtbare Zusammenarbeit.“

DYNAMore Material Competence Center (MCC):

Als Software- und Entwicklungsdienstleister bietet DYNAMore ein Produktportfolio an, das die Finite-Elemente Software LS-DYNA, den

Pre- und Postprozessor LS-PrePost, die Optimierungssoftware LS-OPT sowie zahlreiche FE-Modelle für die Crashesimulation (Dummy-, Barrieren-, Fußgänger-, und Menschmodelle) umfasst. Die Simulationssuite LS-DYNA wird von der DYNAMore GmbH mit- und weiterentwickelt. DYNAMore hat langjährige Projekt- und Entwicklungserfahrung in Modellentwicklung und Simulation (Prozesssimulation, Insassenschutz, Fahrzeugcrash) in allen Bereichen der Mobilität (Luft- und Raumfahrt, Schienen- und Kraftfahrzeuge). Einen besonderen Schwerpunkt im jüngst mit neuen, größeren Räumlichkeiten ausgestatteten DYNAMore Material Competence Center (MCC) bildet die Entwicklung von Werkstoffmodellen (Metalle, Kunststoffe und Composite-Materialien) und die Ableitung von Methoden zu deren prognosefähiger Bedatung und Validierung.

www.dynamore.de

FLUIDON

Fluidon veröffentlicht neue DSH-plus Version mit FMI-Standard 2.0

Fluidon GmbH, der erfahrene Dienstleister für Simulation und Analyse von fluidtechnisch-mechatronischen Systemen, hat die neue Version 3.12 seiner Simulationsumgebung DSH-plus am 30. November veröffentlicht. Schwerpunkte sind Neuerungen im Schnittstellenbereich Functional Mock-up Interface (FMI) nach Standard 2.0. So ermöglicht der neu hinzugekommene FMI-Import DSHplus Anwendern, Modelle aus beliebigen Simulationsprogrammen in DSHplus-Modelle einzubetten und macht DSHplus damit zum Co-Simulations-Master. Die im Folgenden genannten Upgrades stehen dem Anwender ab sofort - ohne zusätzliche Lizenzgebühren – zur Verfügung.

Import von Functional Mock-up Units (FMU) nach FMI 2.0

Neben dem schon bestehenden FMI-Export für DSHplus-Modelle können jetzt auch FMU aus beliebigen Simulationsprogrammen in DSHplus-Modelle eingebettet werden. Die nun in beide Richtungen gegebene FMI-Kompatibilität ermöglicht einen Modellaustausch mit Projektpartnern und Kunden. In der Funktion als Co-Simulations-Master unterstützt DSHplus die Abbildung komplexer Systeme. Um die Rechenzeit großer Modelle mit mehreren FMU erheblich zu verkürzen, kann die Berechnung parallelisiert erfolgen.

Editierbare Parameter von DSH-plus-FMU

Um Anpassungen am System auch nach erfolgtem Export durchzuführen, können die Parameter, der von DSHplus exportierten FMU, im importierenden Tool bearbeitet werden. Dadurch entfällt der Aufwand für einen erneuten Export.

Export mehrerer Parametersätze zur externen Batch-Verarbeitung
Beim Export von DSHplus-Modellen für die Berechnung mit DSHcalc ist es jetzt möglich, mehrere Parametersätze gleichzeitig mit zu exportieren. Das Modell ist dann ohne weitere Bearbeitung bereit für

eine automatisierte Simulation aller Parametersätze, um Variantenrechnungen durchzuführen.

„Wir freuen uns unseren Kunden, das neue Release 3.12 von DSHplus ab sofort zur Verfügung stellen zu können“, sagt Oliver Breuer, Head of Software Engineering der Fluidon GmbH. „Besonders stolz sind wir über die gelungene Performance der neuen FMI-Standard 2.0 Funktionalitäten für DSHplus und dem Entschluss diese kostenfrei mit jeder Professional Edition auszuliefern. Wir sind überzeugt, dass die Anwenderinnen und Anwender begeistert sein werden von den Möglichkeiten der neuen Import- und Export Funktionen, wobei insbesondere die von DSHplus losgelöste Modellnutzung ohne zusätzliche Lizenzgebühren großes Potenzial beinhaltet.“

Das neue Release DSHplus 3.12 kann ab sofort im Downloadbereich der Fluidon Webseite heruntergeladen werden: www.fluidon.com/downloads.

www.fluidon.com

FRIENDSHIP SYSTEMS

Friendship Systems veröffentlicht Caeses 5

Friendship Systems hat eine neue Hauptversion seiner Plattform für Geometriemodellierung und Formoptimierung Caeses 5 veröffentlicht. Caeses 5 bietet nicht nur ein neues Erscheinungsbild, es bietet zahlreiche Verbesserungen und die neuesten Entwicklungen auf dem Gebiet der RBF-Morphing- und Dimensionsreduktionsmethoden. Alle Details einschließlich Versionshighlights, neuer Funktionen und Download finden Sie auf den Caeses-Produktseiten:

www.friendship-systems.com

INTES

Serie von fünf Posts über die Permas Kontaktanalyse auf LinkedIn

Einige Herausforderungen der Kontaktanalyse: Die Kontaktanalyse kann verschiedene Einschränkungen mit sich bringen. Ist die Ge-

nauigkeit Ihres Simulationsmodells ausreichend? Ist die Modellgröße ein begrenzender Faktor? Rechenzeit: Kennen Sie die Methode der Vorkonditionierung für iterative Lösungsalgorithmen? Dieses Konzept wird angewendet, z.B. innerhalb von Optimierungsschleifen oder für Modellvarianten

Alle fünf Seiten mit vielen Informationen zur Kontaktanalyse finden Sie auf unserem Kontaktanalyse Flyer. Ein weiterer Flyer bietet Informationen zur Geschwindigkeit und Genauigkeit der Permas-Kontaktanalyse.

Möchten Sie lieber die herausragenden Eigenschaften der Permas Kontaktanalyse in einem Video vorgeführt bekommen? Schauen Sie das Video Next Generation Contact Analysis.

Neuer Permas Vertriebspartner in China

Intes freut sich auf den neuen Permas Vertriebspartner in China, die Numeritec China technology Co, Ltd.

www.intes.de

INSTAL

Instal-News

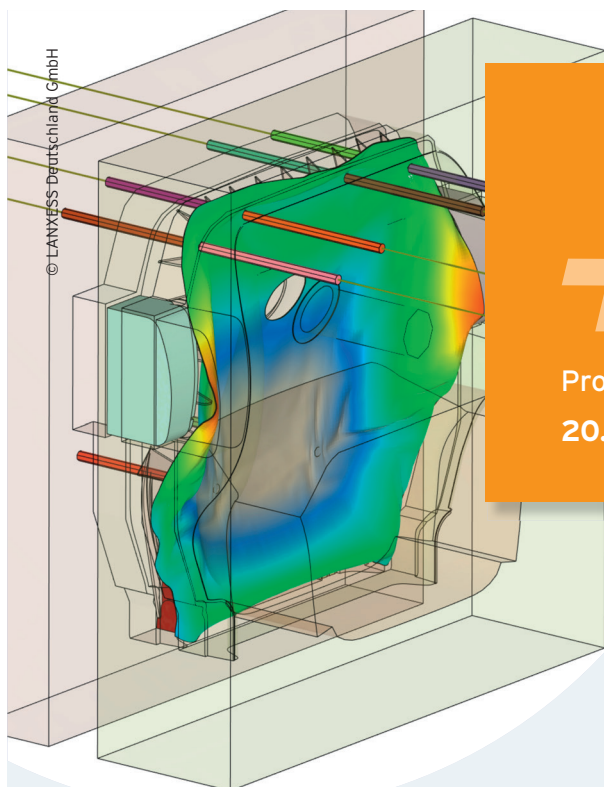
Das Informations- und Expertenportal www.4innovative-engineers.com bietet interessante Informationen und einen regelmäßigen Newsletter. Schauen Sie mal vorbei.

www.4innovative-engineers.com

HEXAGON - MSC Software

e-Xstream engineering ermöglicht Herstellern, die Produktionskosten für den 3D-Druck von Verbundwerkstoffen abzuschätzen

e-Xstream engineering, Teil des Hexagon-Geschäftsbereich Manufacturing Intelligence, hat die Verfügbarkeit neuer Funktionen seiner Plattform Digimat für die Simulation und virtuelle Fertigung bekanntgegeben. Damit sind Anwender in der Lage, die Produktionskosten für polymerbasierte, additiv gefertigte Teile gegenüber herkömmlichen



© LANXESS-Deutschland GmbH

Kunststoffe + SIMULATION

Prozess- und Bauteiloptimierung durch Simulation

20. - 21. April 2021

Sicher - Informativ - Interaktiv
Jetzt digital teilnehmen!

 Digitales Event

Jetzt zur Tagung anmelden: www.hanser-tagungen.de/simulation



Verfahren zu analysieren und zudem ihre virtuellen Planungsprozesse stetig zu verbessern, indem sie die Mikrostruktur der Verbundwerkstoffe mithilfe von CT-Scans der gefertigten Teile überprüfen.

Die additive Fertigung mit Verbundwerkstoffen gewinnt Zuspruch im Markt, da sie nicht nur eine automatisierte Produktion stabilerer und leichter Komponenten als bei metallbasierten Verfahren ermöglicht, sondern auch eine zielgenau konfigurierte Leistungsfähigkeit des Grundwerkstoffs sichert (z.B. mittels endlosfaserverstärkter Polymere). Mit der neuesten Digimat-Version können Unternehmen den 3D-Druckprozess simulieren und die Gesamt-Produktionskosten für jedes einzelne Bauteil vorausberechnen – inklusive Material- und Energieverbrauch, Arbeitsaufwand, sowie erforderlicher Nachbearbeitung.

Mithilfe dieses Tools erhalten Ingenieure einen ganzheitlichen Blick auf die Produktions- und Nachbearbeitungsprozesse, um daraus die opti-

male fertigungstechnische Prozesskette zu ermitteln. Außerdem kann Digimat auch für die Optimierungen von Batch-Abläufen genutzt werden, um möglichst viele Teile parallel zu drucken, sodass Produktionskapazitäten steigen und die Vorlaufzeit reduziert wird. Ein weiteres Einsatzgebiet ist die Produktionsplanung, wobei die Gesamtkosten der Maschinen und deren Amortisierung bezogen auf die erwarteten Produktionsmengen betrachtet werden. Die Visualisierung dieser Informationen erfolgt über Kurvendiagramme und Tortendiagramme, sodass die Kostenaufschlüsselung äußerst einfach für wechselnde Szenarios analysiert werden kann.

Nach Analystenmeinung wird die weltweite Nachfrage nach Verbundwerkstoffen im 3D-Druck bis 2030 auf 1,7 Milliarden US-Dollar (~1,4 Mrd. Euro) ansteigen, die Einsatzfelder sind jedoch aufgrund technischer Hindernisse bislang begrenzt. Der Umstand, dass sich die Ausrichtung der Fasern in den

verschiedenen Bereichen eines Teils ändern kann, wirkt sich im erheblichen Maße auf dessen mechanische Leistungsfähigkeit aus. Die Kenntnis dieser Informationen kann Ingenieuren dabei helfen, Qualitätsprobleme zu beheben und ermöglicht zudem deutlich genauere Vorhersagen zum Leistungsvermögen der Teile. Jetzt können Hersteller ein Bauteil einem CT-Scan unterziehen und das dreidimensionale RAW-Bild importieren, um anschließend in Digimat ein Finite-Elemente-Modell von dessen zweiphasiger Mikrostruktur (z. B. kohlefaserverstärktes Polymer) zu erstellen und das Verhalten zu modellieren. Durch die Einbettung dieses validierten Werkstoffmodells in ihre CAE-Tools (Computer Aided Engineering) können Konstrukteure Analysen durchführen, die Schwankungen innerhalb eines gefertigten Teils berücksichtigen – sei es, um den Materialverbrauch zu reduzieren oder um potentielle Schwachstellen zu vermeiden.

Die Kombination aus physikalischen

Messungen und virtuellen Tests verbessert die Genauigkeit der ICME-Verfahren (integrierte computergestützte Materialentwicklung), wenn ein neues Materialsystem eingeführt wird. Die Leistungsfähigkeit eines Bauteils kann mit dem simulierten Prozess verglichen werden, um das Materialmodell zu validieren und zu zertifizieren. Zudem unterstützt die Validierung per CT-Scan die Materialexperten dabei, ihre manuell erstellten Mikrostrukturmodelle zu verfeinern, um die Genauigkeit zukünftiger Simulationen weiter zu verbessern.

Bei der Optimierung neuer Fertigungsprozesse können Anwender im Rahmen des Material Lifecycle Management alle relevanten Informationen über das Bauteil, das verwendete Material, den 3D-Drucker oder den Prozess sowie die physischen Tests erfassen. Die Software MaterialCenter von e-Xstream engineering erstellt daraus eine rückverfolgbare, validierte Datenbank dieser belastbaren Materialeigenschaften, sodass sie in der Planungsphase eines Produkts genutzt werden können. Mit Hilfe dieses Material-Lebenszyklus-Managements können Informationen komfortabel innerhalb multidisziplinärer Teams dokumentiert und im gesamten Unternehmen ausgetauscht werden, um wertvolles Wissen für die Wiederverwendung durch autorisierte Benutzer zu erfassen. Die Prognose des Materialverhaltens einer CT-gescannten Mikrostruktur ist ein rechenintensiver Prozess. Es kann beispielsweise mehrere Tage in Anspruch nehmen, um ein komplexes Verhalten wie das Kriechen zu analysieren, wenn dazu ausschließlich die zentralen Recheneinheiten (CPUs) genutzt werden. Durch die Optimierung dieser Prozesse für Grafikprozessoren (GPUs) können einige dieser Aufgaben jetzt jedoch interaktiv durchgeführt werden, da die Ergebnisse in Minutenschnelle vorliegen. Vergleichstests zeigen, dass die erforderliche Zeit zur Steifigkeitsanalyse eines Werkstoffs auf diese Weise um 98 % reduziert wird. Diese kurzen Rechenzeiten, kombiniert mit der Einführung einer Befehlszeilen-

Schnittstelle, ermöglichen zudem die Verwendung von Finite-Elemente-Modellen aus Digimat innerhalb automatisierter, cloud-basierter Optimierungs-Workflows auf Hochleistungs-Rechenplattformen.

Bei der Produktion von Hochleistungsstrukturen, beispielsweise Komponenten aus Verbundwerkstoffen für die Luft- und Raumfahrt, ermöglicht das Modell der progressiven Versagensanalyse (PFA) die Definition von Sicherheitsmargen für eine Struktur und gewährleistet eine optimale Nutzung der kostenintensiven Materialien und Prozesse. Die neueste Version von Digimat führt diese komplexen Modellanalysen nach Camanho doppelt so schnell aus, sodass eine parametrische Studie erfolgen kann, um zulässige Fehlertoleranzen zu definieren und den Produktionsertrag zu maximieren.

www.mscsoftware.com

SICOS-BW

Supercomputing Akademie: 2021 bietet erweitertes Angebot rund um High Performance Computing

Die Supercomputing-Akademie (SCA) hat ihr Modulangebot für 2021 noch einmal vergrößert. Mit neuen Modulen wie „Simulation: Grundlagen und CFD“, „HPC-Cluster: Aufbau & Betrieb“ oder „Visualisierung“ startet die Akademie ab März in ihr erstes kommerzielles Angebotsjahr. Die SCA richtet sich dabei an Anwender (Berechnungsingenieure, Entwickler, Konstrukteure) und IT-Verantwortliche aus Industrie und Forschung. Unternehmen, denen es bislang an internem Know-how rund um das High Performance Computing fehlt, sollen befähigt werden, von dessen Vorteilen zu profitieren. Unter diese fallen die verbesserte Simulation in der Produktentwicklung, das Senken von Entwicklungskosten und optimierte Prognosegrundlagen. → Alle Module 2021 im Überblick: <https://www.supercomputing-akademie.de/unser-angebot/>

www.sicos-bw.de

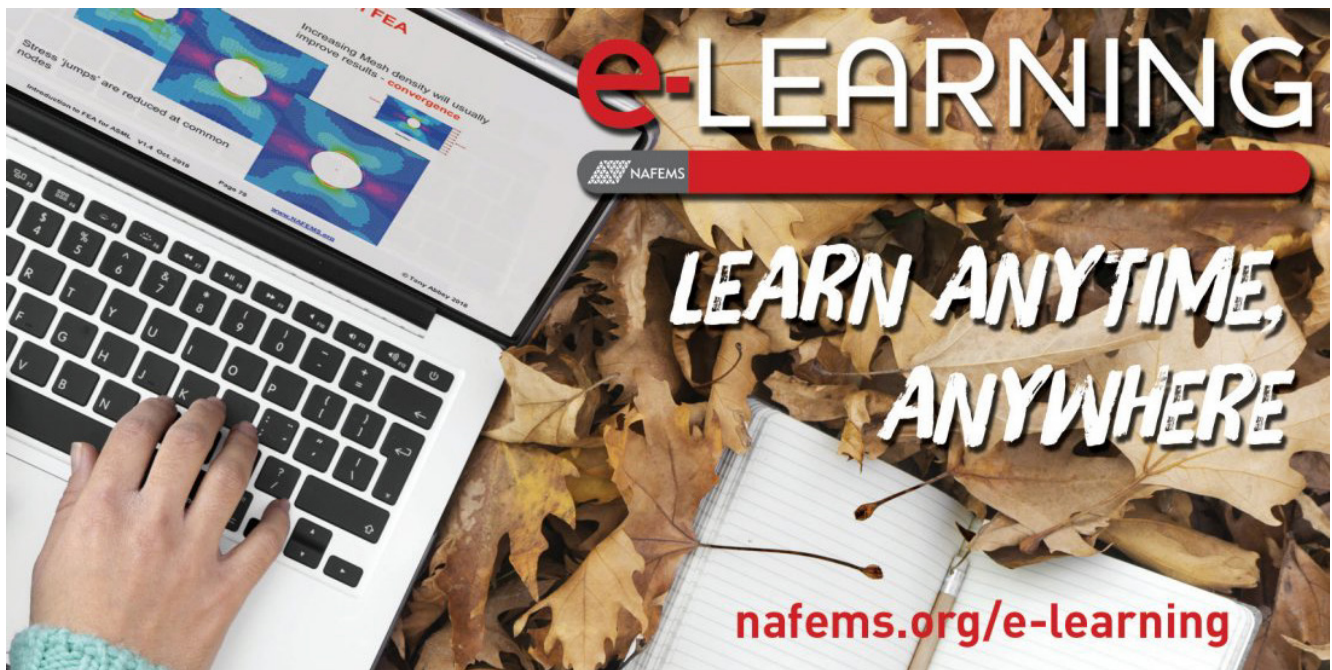
SIEMENS PLM

Siemens optimiert mit neuer Version von Simcenter Testlab die Testproduktivität und Zusammenarbeit

Siemens Digital Industries Software stellt die neueste Version der Software Simcenter Testlab vor. Sie gehört zum Portfolio der Simcenter Simulations- und Testlösungen als Teil des übergeordneten Portfolios integrierter Software von Siemens Xcelerator. Die neue Version bringt Updates von Simcenter Testlab Neo, verbessert modellbasierte Systemtests mit Model Based System Testing (MBST), führt Digitale Bildkorrelation (DIC) als neue Technologie für Strukturmechanik ein und ermöglicht frühere Analysen von Akustik und Schwingungsverhalten (NVH) des Gesamtfahrzeugs im Designprozess. Test- und Simulationsingenieure profitieren von dieser neuesten Version für multidisziplinäres, testbasiertes Performance Engineering ebenso wie die Leiter von Testkampagnen, weil sie speziell ihren Teams neue Möglichkeiten bietet, intelligente Produkte produktiver zu innovieren.

Die neuesten Entwicklungen in der Industrie bedeuten Innovationen, bringen aber auch neue Anforderungen und Erfordernisse mit sich. Dazu zählt auch die Notwendigkeit, realistische und vorhersehbare Ergebnisse effizienter denn je zu erzielen. Testteams arbeiten nun eng mit den Simulationsteams zusammen, weil immer weniger Prototypen zur Verfügung stehen und digitale Zwillinge bereits in den ersten Entwicklungsphasen erforderlich werden. Gleichzeitig besteht da auch die Notwendigkeit, größtmögliche Vorteile aus enormen Datenmengen zu ziehen, die im Verlauf der Simulation erzeugt und bei Tests erfasst werden.

Mit Simcenter Testlab können Testingenieure auf neue Technologien zugreifen, die bei der Erfassung und Verarbeitung von Daten die Produktivität steigern. Der Aufwand für das Vergleichen und Korrelieren von Test- und Simulationsergebnissen wird minimiert, und validierte Simulationsmodelle - digitale Zwillinge



- generieren bei physischen Tests wertvolle zusätzliche Daten. Gleichzeitig bietet Simcenter Testlab den direkten Datenzugriff auf Simulationsergebnisse in vielen Formaten. Damit können Simulationsingenieure sowohl die Datenverarbeitungsmöglichkeiten der Software nutzen als auch die Vergleichbarkeit der Verarbeitungsfunktionen und Parameter zwischen den physischen und virtuellen Tests sicherstellen. Allein die Charakterisierung des Verhaltens von Werkstoffen und Strukturen unter Last trägt schon wesentlich dazu bei, Konstruktionen zu verbessern und Hochleistungsprodukte zu entwickeln. Durch die neuen Entwicklungen in der Digitalkameratechnik in Verbindung mit hochperformanter digitaler Bildkorrelation (Digital Image Correlation, DIC) kann der Anwender eine Vollfeld-3D-Geometrie, Verschiebungs- und Dehnungsinformationen unter jeder Last und für fast jeden Werkstoff extrahieren - und all das bei begrenztem Messtechnikeinsatz. DIC kann dann dazu genutzt werden, Werkstoffeigenschaften zu ermitteln, numerische Modelle zu validieren und die Festigkeit von Werkstoffen

und Komponenten zu beurteilen, aber auch Strukturschwingungen und das dynamische Ansprechverhalten zu analysieren. Damit lassen sich die Entwicklungszyklen schneller und bedarfsorientierter gestalten. Mit der komponentenbasierten Transferpfadanalyse in Simcenter Testlab können die Fahrzeugeigenschaften bereits im frühen Entwicklungsstadium bewertet werden. Diese einzigartige und umfassende Lösung sorgt für die optimale Nutzung der verfügbaren Informationen über Subsysteme und Komponenten, die in Form von Messdaten oder Simulationsergebnissen vorliegen. Sie berechnet genaue und durchgängige NVH-Modelle von Komponenten und stellt diese bereit. Dem Anwender bietet sie optimierte Methoden zur Charakterisierung von Komponenten und eine vorausschauende NVH-Synthese, die die Bewertung von Akustik und Schwingungsverhalten virtueller Prototypen unterstützt. Die neue Software-Version Simcenter Testlab 2021.1 führt diese und viele andere Verbesserungen für Test- und Simulationsteams in einer Lösung zusammen, die physisches

Testen und virtuelle Simulation über den gesamten Entwicklungszyklus verbindet und damit neue Möglichkeiten schafft, intelligente Produkte effizienter zu innovieren. Weitere Informationen über die Technologie-Updates in der neuesten Version Simcenter Testlab 2021.1, finden Sie unter: https://blogs.sw.siemens.com/simcenter/simcenter-testlab-2021_1/.

www.siemens.com/plm

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

NAFEMS Kurs: Praktische Anwendung der FEM und Ergebnisinterpretation			
10.-11.03.	Online	www.nafems.org/fem21-1	NAFEMS
NAFEMS Kurs: Festigkeitsnachweis mit der FKM-Richtlinie			
17.-18.03.	Online	www.nafems.org/fkm21-1	NAFEMS
NAFEMS Kurs: Verification and Validation in Engineering Simulation			
23.-25.03.	Online	www.nafems.org/vandv21-1	NAFEMS
NAFEMS Seminar: Simulation in the Automotive Industry			
16.-18.03.	Online	www.nafems.org/events	NAFEMS
NAFEMS Seminar: Physics-Based Digital Twins			
23.-24.03.	Online	www.nafems.org/dt21	NAFEMS
NAFEMS Seminar: AI, Data Driven Models & Machine Learning			
28.-29.04.	Online	www.nafems.org/events	NAFEMS
Cadferm Ansys Anwenderkonferenz			
29.04.-02.12.	Online (tageweise)	www.simulation-conference.com	Cadferm/Ansys
ECS Simulation Conference			
19.-20.05.	Online	www.ecs-simulation-conference.com	ECS
Graz Symposion Virtual Vehicle GSVF			
01.-02.06.	Graz, A	www.v2c2.at	ViF
Norddeutsches Simulationsforum			
10.06.	Online	www.cae-forum.com	CAE-Forum
NAFEMS Seminar: CFD-Methoden in der Entwicklung alternativer Antriebssysteme			
14.-15.06	Online	www.nafems.org/cfd21	NAFEMS
NAFEMS Seminar: Integration von Simulation und Test in der Produktentwicklung			
16.-17.06	Online	www.nafems.org/simtest21	NAFEMS
Weimarer Optimierungs- und Stochastiktage			
17-18.06.	Online	www.dynardo.de	Ansys
NAFEMS Kurs: NEU: Festigkeitsnachweis FKM Nichtlinear			
30.06.-01.07	Online	www.nafems.org/fkm-nonlin21-1	NAFEMS
NAFEMS Kurs: NEU: Automatic Optimization for Efficient Development			
07.06	Online	www.nafems.org/opt21-2	NAFEMS
Europäische LS-DYNA Konferenz			
04.-07.10.	Ulm, D	www.dynamore.de	DYNAMore
CAE Grand Challenge			
19.-20.10.	Hybrid/Hanau, D	www.carhs.de	Carhs
OpenFOAM Conference			
19.-21.10	Berlin, D	www.esi-group.com	ESI Group



incorporating



25.-29.10. Hybrid/Salzburg, A www.nafems.org/congress NAFEMS

incorporating



26.-27.10. Hybrid, Salzburg, A www.nafems.org/congress NAFEMS

Weitere Veranstaltungen: www.nafems.org/events

Berücksichtigung von fertigungsbedingten Defekten in der strukturmechanischen Simulation

B. Lauterbach, J. Fieres, K.-M. Nigge (Volume Graphics GmbH)

Mikrostrukturelle Defekte in einem Bauteil können dessen Belastbarkeit signifikant reduzieren, da sie eine Quelle für Spannungskonzentrationen darstellen. Daher ist es für die Bewertung der mechanischen Bauteileigenschaften auf der Grundlage strukturmechanischer Simulationen von Bedeutung, die vorhandenen Defekte zu kennen und zu berücksichtigen.

Mittels Computertomographie können geometrische Abweichungen zwischen dem konstruierten und dem gefertigten Bauteil erfasst werden. Neben Schwindung und Verzug können so auch Defekte an der Bauteiloberfläche sowie im Bauteil detektiert werden. Diese geometrische Information kann für eine strukturmechanische Simulation zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit des gefertigten Bauteils genutzt werden.

Insbesondere Bauteile, die durch additive Fertigungsverfahren oder Gussverfahren hergestellt wurden, weisen in der Regel eine Vielzahl mikrostruktureller Fehlstellen auf. Mittels einer klassischen FEM ist die Bewertung aller Bauteildefekte mit sehr hohem Aufwand sowohl für die Modellerstellung als auch für die anschließende Simulation verbunden. Dieser Aufwand reduziert sich deutlich, wenn nur die kritischen Defekte in der strukturmechanischen Simulation berücksichtigt werden. Auf der Grundlage einer Vorsimulation mit einer effizienten und im Modellierungsaufwand deutlich reduzierten Methode, der Immersed-Boundary-Finite-Elemente-Methode, können diese kritischen Defekte identifiziert und die Voraussetzung für die Simulation mit einer klassischen FE-Methode geschaffen werden.

1 Identifikation von mikrostrukturellen Defekten mittels Computertomographie

Die Computertomographie erlaubt die zerstörungsfreie Prüfung eines Bauteils. Hierbei werden Röntgenbilder eines rotierenden Bauteils aufgenommen und mittels geeigneter Software zu einem 3D-Bild des Bauteils rekonstruiert. Das Bauteil sowie die es umgebende Luft werden durch Voxel (Datenpunkte in einem dreidimensionalen Gitter, die als graue Würfel im CT-Scan erscheinen) dargestellt, deren Grauwert abhängig von der lokalen Dichte des Materials erscheint. Aus der Analyse der lokalen Grauwertunterschiede in benachbarten Voxeln können Grenzflächen zwischen Materialien unterschiedlicher Dichte in einem Bauteil sowie der Luft ermittelt werden. Die so bestimmte Oberfläche ist subvoxelgenau, d.h. sie folgt nicht der Treppenstufenkontur der Voxel, sondern schneidet die Voxel.

Somit können basierend auf den Dichteunterschieden nicht nur Strukturen auf der Oberfläche eines Bauteils, sondern auch innere Strukturen, wie z. B. Defekte oder Einschlüsse erkannt werden. Im Rahmen einer Oberflächenbestimmung auf der Basis der aufgenommenen Bilder können innere sowie äußere Bauteilkonturen beschrieben und einer Simulation zugänglich gemacht werden.

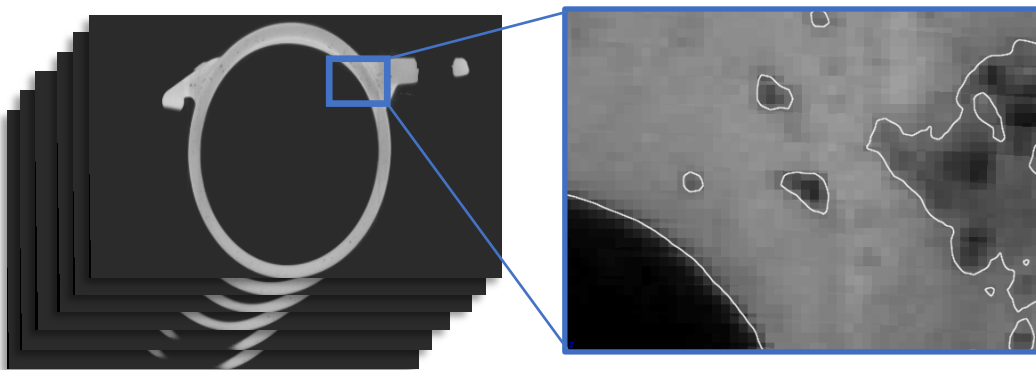


Abb. 1: Identifikation innerer und äußerer Bauteilkonturen auf Basis eines CT-Scans

2 Simulation direkt auf dem CT-Scan mit der Immersed-Boundary-Finite-Elemente-Methode

Immersed-Boundary-Finite-Elemente-Methoden eignen sich sehr gut für die Simulation von Strukturen mit komplexen Geometrien, weil sie im Gegensatz zu klassischen Finite-Elemente-Methoden keine geometriekonforme Vernetzung benötigen. Der Unterschied zwischen diesen beiden Methoden ist in Abb. 2 illustriert. Hierbei ist die zu berechnende Komponente in Blau und die sie umgebende Luft in Gelb dargestellt. Während in der klassischen FEM die Komponente mit einem Netz, das der Bauteilkontur folgt, überzogen wird, wird in der Immersed-Boundary-FEM die Simulation auf einem regulären Hexaedernetz durchgeführt, in welches das Bauteil eingebettet wird. Dabei entstehen Elemente, die vollständig mit Material gefüllt (blau), und Elemente, die vollständig mit Luft gefüllt sind (gelb), sowie gemischte Elemente (in Abb. 2 durch schwarze Punkte markiert). Diese Elemente bedürfen einer speziellen Integration, bei der die Information über die Materialgrenzen aus der mathematischen Beschreibung der Oberflächenbestimmung verwendet wird.

Filigrane Strukturen, wie z. B. Oberflächenrauigkeiten oder Porositäten, können mittels der Immersed-Boundary-FEM mit einer hohen Genauigkeit der geometrischen Abbildung in der Simulation ohne signifikanten Modellierungsaufwand abgebildet werden. Somit wird die Berechnung des Spannungsfeldes eines Realbauteils unter Berücksichtigung aller identifizierten Mikrodefekte und der durch sie induzierten Spannungskonzentrationen möglich. Für linear-elastisches Materialverhalten und einfache, quasi-statische Lastfälle ist ein solches Modul z. B. in der Software VGSTUDIO MAX der Firma Volume Graphics implementiert. Damit wird ein kontinuierlicher Workflow von der Rekonstruktion der aufgenommenen Bilder zu einer 3D-Struktur über die Oberflächenbestimmung bis zur strukturmechanischen Simulation direkt auf dem CT-Scan fast ohne Verlust an geometrischer Information ermöglicht.

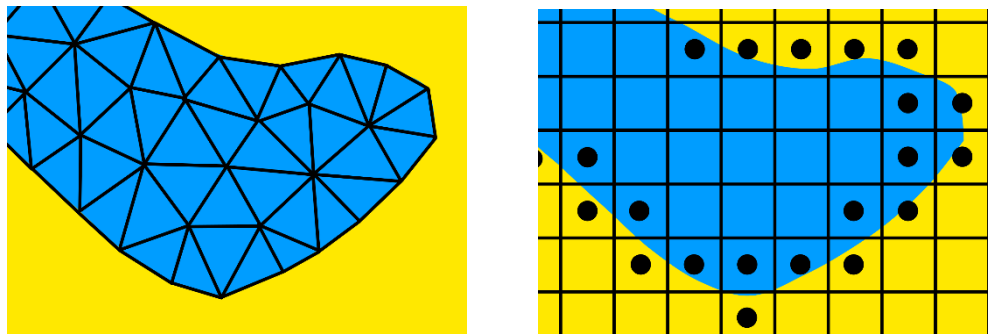


Abb. 2: Diskretisierung einer Komponente (blau) für die klassische FEM (links) sowie für die Immersed-Boundary-FEM (rechts)

Abb. 3 zeigt die Ergebnisse der linear-elastischen, quasistatischen Simulation eines Bauteils aus Aluminiumdruckguss mit dem Modul Strukturmechanik-Simulation (SMS) in VGSTUDIO MAX. Es wurde eine Simulation auf dem idealen konstruierten Bauteil sowie eine auf dem gescannten Realbauteil durchgeführt.

Im linken Bild ist der simulierte Lastfall dargestellt. Die roten Bereiche zeigen die Einspannung, und der grüne Bereich stellt die Lasteinleitung dar. Die berechnete von-Mises-Spannung auf Basis des defektfreien CAD-Datensatzes ist im mittleren Bild zu sehen. Das rechte Bild zeigt die von-Mises-Spannung, basierend auf dem CT-Scan, unter Berücksichtigung von mehr als 1900 Defekten, die mittels Computertomographie im gefertigten Bauteil identifiziert wurden (s. Abb. 4). Die Spannungskonzentrationen aufgrund der Porosität lassen sich somit berechnen und mit dem konstruierten Bauteil vergleichen. Es zeigen sich lokal signifikante Spannungserhöhungen infolge der Porosität im Realbauteil. Da die Immersed-Boundary-Finite-Elemente-Methode auf den aufgenommenen Bildern arbeitet, ist eine hohe Auflösung des Spannungsfeldes inhärent gegeben (s. Abb. 5).

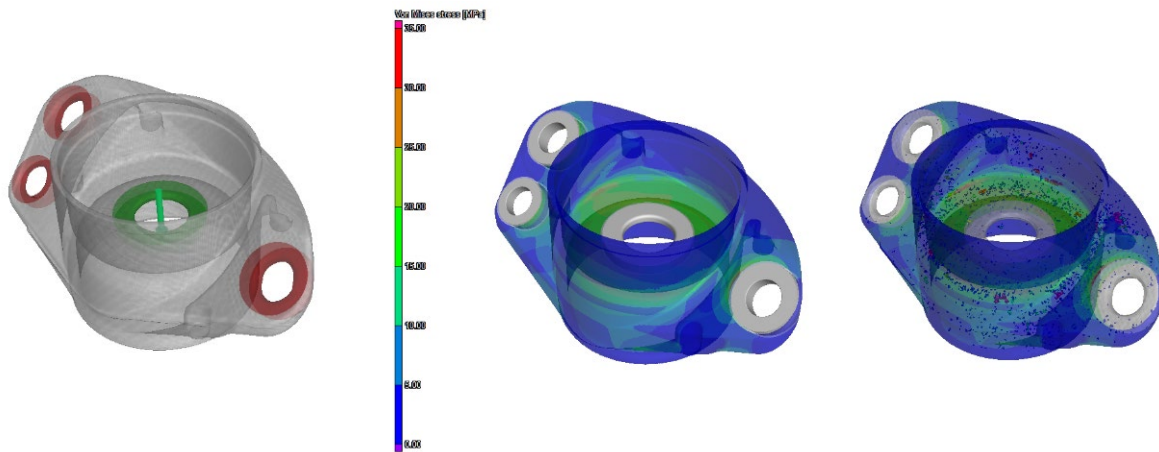


Abb. 3: Simulation einer Komponente aus Aluminiumdruckguss mittels der Immersed-Boundary-Finite-Elemente-Methode: simulierter Lastfall (links), von-Mises-Spannung basierend auf CAD-Modell (Mitte), von-Mises-Spannung basierend auf CT-Scan (rechts)

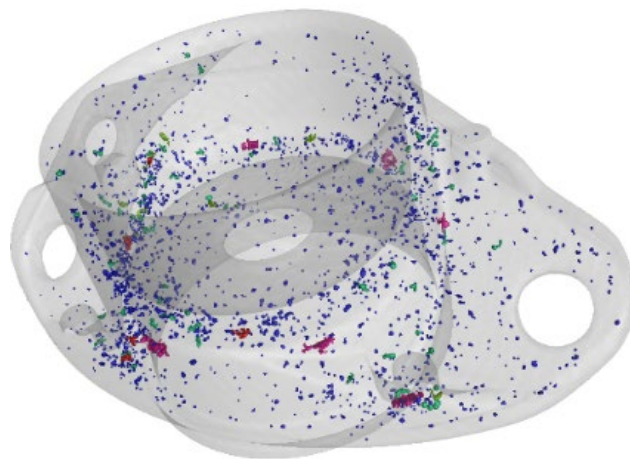


Abb. 4: Detektierte Porosität in einem Aluminiumdruckgussbauteil (Anzahl der inneren Defekte > 1900)

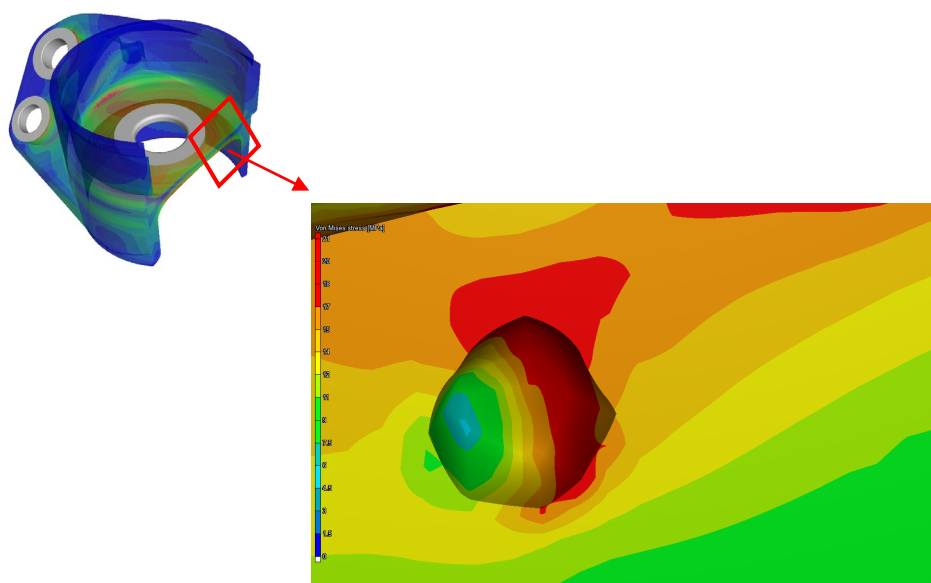


Abb. 5: Berechnetes Spannungsfeld an einer Pore im Bauteil

3 Simulation mittels klassischer Finite-Elemente-Methode

Für eine Vielzahl praktischer Anwendungsfälle ist die Nutzung der umfangreichen Funktionalitäten einer klassischen FE-Simulationssoftware notwendig, wie z. B. die Nutzung nichtlinearer Materialmodelle. Wie bereits erläutert, ergeben sich dabei große Herausforderungen bzgl. der Modellbildung und der Größe des Rechenmodells, wenn alle Defekte und Oberflächenimperfectionen eines Realbauteils berücksichtigt werden sollen. Für eine adäquate geometrische Abbildung ist eine sehr feine Vernetzung im Bereich der Defekte notwendig. Zur Erfassung des Spannungsgradienten muss dieser fein vernetzte Bereich um den Defekt herum ausgedehnt werden. Somit ergeben sich schnell für ein Realbauteil Rechenmodelle mit mehreren Millionen Volumenelementen.

Da nicht jede Pore im Bauteil das Spannungsfeld signifikant beeinflusst, könnte das Simulationsmodell für eine nichtlineare Finite-Elemente-Simulation auf die geometrische Abbildung nur der kritischen Defekte beschränkt werden. Die Auswahl der kritischen Defekte aus der Gesamtzahl der im CT-Scan detektierten Defekte kann auf Grundlage einer Vorsimulation mit der Immersed-Boundary-Finite-Elemente-Methode erfolgen. Wie bereits erläutert, ist die Erstellung eines Simulationsmodells für die Immersed-Boundary-Finite-Elemente-Methode sehr schnell und einfach, und somit erzeugt dieser, der eigentlichen Simulation vorgeschaltete Simulationsschritt, wenig Aufwand beim Nutzer. Mit diesem Vorgehen lässt sich jedoch die Modellgröße für die finale Simulation mit einer klassischen FE-Software deutlich reduzieren.

Die mit dieser Methode als unkritisch für die Vernetzung herausgefilterten Poren können die lokale Steifigkeit des Bauteils beeinflussen. Um diesen Effekt zu berücksichtigen, kann die mittlere Porosität pro Element als skalarer Wert auf das FE-Modell gemappt werden und in der Simulation z. B. für die lokale Steifigkeitsreduktion verwendet werden (Abb. 6).

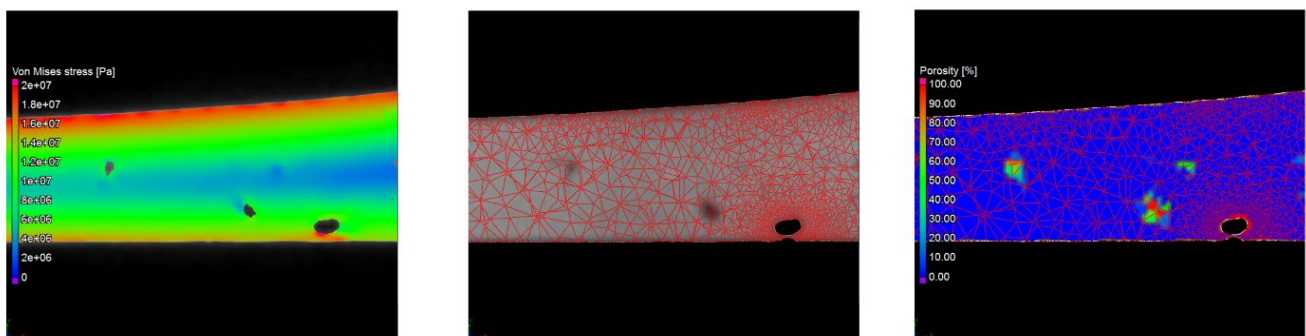


Abb. 6: Von-Mises-Spannung aus der Vorsimulation mit der Immersed-Boundary-Finite-Elemente-Methode (links), Tetradernetz mit reduzierter Porosität (Mitte) und Mapping des skalaren Porositätswertes auf das FE-Netz (rechts)

Die Erstellung von Finite-Elemente-Netzen auf der Basis von CT-Scans erfolgt häufig in Software, die für die Arbeit auf CAD-Datensätzen entwickelt wurde. In der Regel wird dazu aus der CT-Software ein Oberflächennetz der Komponente exportiert, welches im Folgenden die Grundlage für die Volumenvernetzung in kommerzieller Vernetzungssoftware bildet. Dieser Workflow ist relativ arbeits- und zeitintensiv, da häufig manuelle Arbeitsschritte zur Reparatur und Bereinigung des Volumens benötigt werden, bevor die Vernetzung durchgeführt werden kann. Außerdem ist die beim Export gewählte Genauigkeit des Oberflächennetzes entscheidend für die geometrische Genauigkeit des erzeugten Volumennetzes. Sie kann nachträglich nicht mehr geändert werden, sollte sich die Genauigkeit als unzureichend erweisen.

Diese ungünstige Entkopplung der Vernetzung von den Scan-Daten kann vermieden werden, wenn die Vernetzung in der CT-Software erfolgt. Dies kann z. B. mit Hilfe des Moduls Volumenvernetzung der Firma Volume Graphics erfolgen. Dieses Modul ist auf die Vernetzung von Realbauteilen mit unregelmäßigen Strukturen abgestimmt. Es benötigt kein Oberflächennetz, sondern arbeitet direkt auf den Volumendaten. Dies ermöglicht eine hohe geometrische Genauigkeit bei gleichzeitig hoher Qualität der Tetraederelemente in Kombination mit einer sehr einfachen Bedienbarkeit (Abb. 7). Eine Überprüfung der geometrischen Genauigkeit der Vernetzung ist jederzeit einfach möglich. Eine nachträgliche Netzverfeinerung basiert auf der gescannten Geometrie, und somit ist eine hohe geometrische Genauigkeit in jedem Arbeitsschritt gewährleistet.

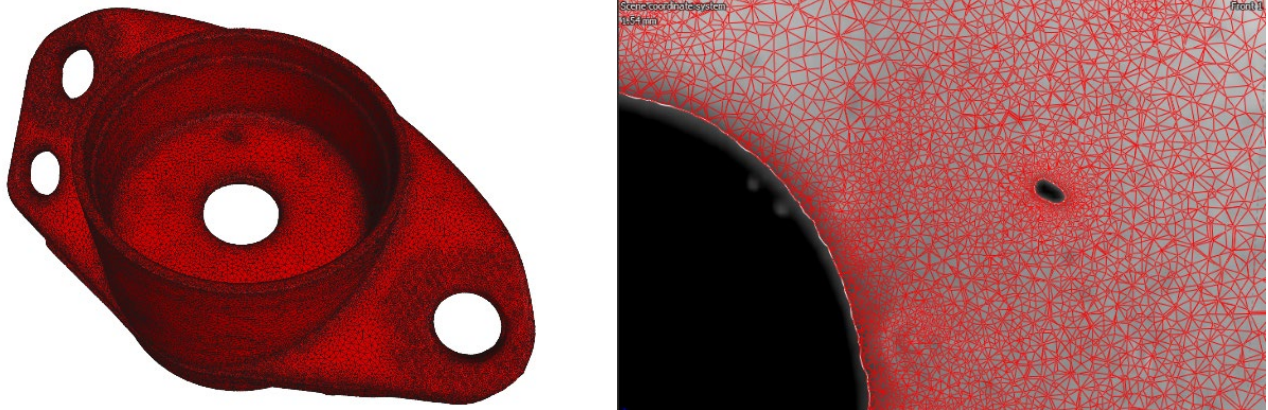


Abb. 7: Vernetztes Bauteil (links) mit lokaler Netzverfeinerung um eine Pore (rechts)

Abb. 8 zeigt den Ausschnitt eines Tetraedernetzes, das mit dem Modul Volumenvernetzung von Volume Graphics erzeugt wurde, um eine Pore. Auf Grundlage dieses Tetraedernetzes wurde eine elastisch-plastische Simulation mit ANSYS durchgeführt. Die berechneten plastischen Dehnungen um die Pore sind ebenfalls in Abb. 8 dargestellt.

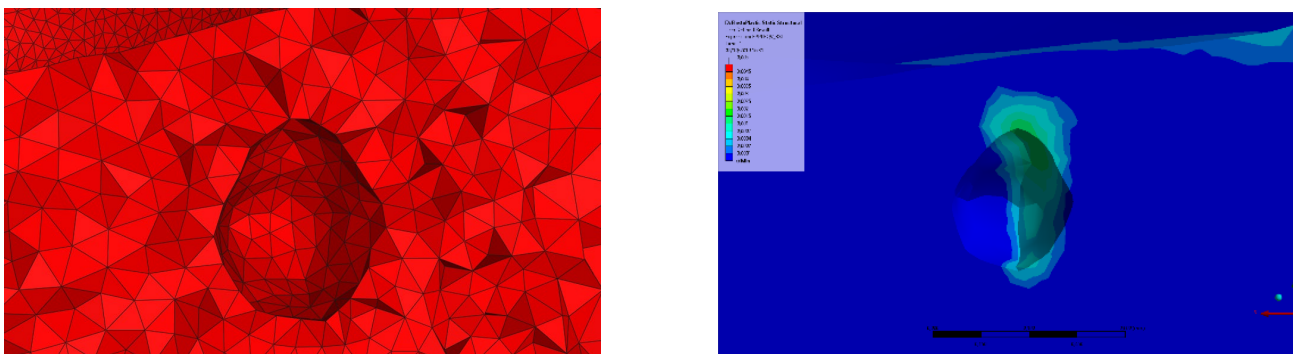


Abb. 8: Detail der Vernetzung um eine Pore (links) und berechnete plastische Dehnung (rechts)

4 Schlussfolgerungen

Mittels einer effizienten Vorsimulation ist es möglich, mikrostrukturelle Defekte in einer klassischen Finite-Elemente-Simulation zu berücksichtigen. Dazu wurde der folgende Workflow durchgeführt (s. Abb. 9):

Die Computertomographiebilder werden zu einem Volumen rekonstruiert, und es wird eine Oberflächenbestimmung der äußeren und inneren Konturen durchgeführt. Daraufhin wird die Porosität des Realbauteils ermittelt. Diese Informationen werden für eine linear-elastische Vorsimulation direkt auf dem CT-Scan verwendet, und kritische Poren werden basierend auf der Bewertung von Spannungskonzentrationen identifiziert. Unter Berücksichtigung der auf die kritischen Poren reduzierten Porosität kann nun ein handhabbares FE-Netz mit Tetraederelementen erzeugt und eine effiziente nichtlineare Simulation mit klassischen FE-Softwarepaketen (hier ANSYS) durchgeführt werden. Optional kann der mittlere Effekt der Porosität der nichtvernetzten Poren auf das FE-Netz gemappt und zur Reduktion der lokalen Steifigkeit herangezogen werden.

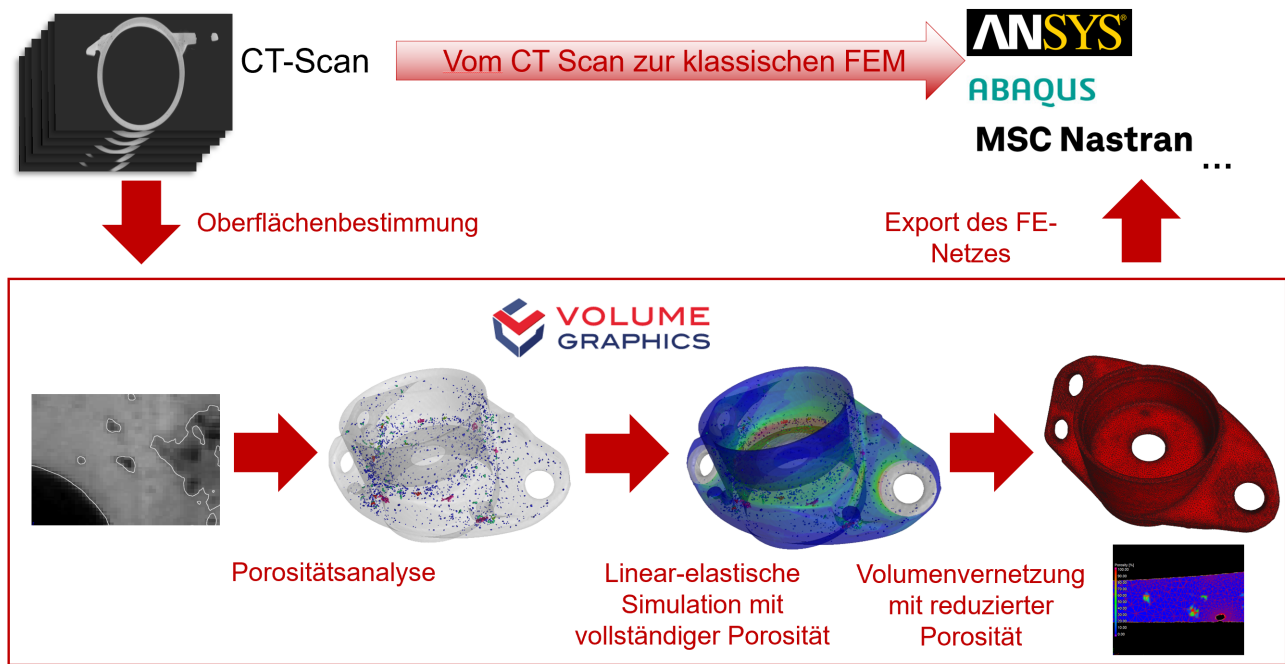


Abb. 9: Vorgestellter Workflow von der Computertomographie eines Bauteils mit signifikanter Anzahl an inneren Defekten zu einer klassischen FE-Analyse

5 Literatur

- [1] Schillinger, D., Ruess, M. (2015): The Finite Cell Method: A Review in the Context of Higher-Order Structural Analysis of CAD and Image-Based Geometric Models, in: Arch. Comp. Meth. Engin., 22(3), 391–455.
- [2] Fieres, J., Schumann, P., Reinhart, C. (2018): Predicting failure in additively manufactured parts using X-ray computed tomography and simulation, in: Procedia Engineering, 2013 (2018), 69–78.
- [3] Nigge, K.-M., Fieres, J., Schumann, P., Reinhart, C.: Virtual Stress Tests Directly on CT Scans, in: 15th Asia Pacific Conference for Non-Destructive Testing (APCNDT2017), 13. – 17. November 2017, Singapore, Contribution ID 51.
- [4] Fieres, J., Esposito, F.: Fast and Accurate Simulation of Manufactured Parts with Defects, Tech Briefs May 2019, Vol. 43 (5)

Dynamische Finite-Elemente-Analyse von fremderregten Mehrmassensystemen

Franz Magerl (OTH Amberg-Weiden)

Zur Minimierung der prozessbedingten Anregungen der Gebäudestruktur beim Betrieb von Schwingsiebmaschinen wurde die Integration eines Gegenschwingrahmens in das Gesamtsystem untersucht. Diese Gegenschwingmasse führt durch eine im Betrieb entstehende Kompensationsbewegung zu einer Verringerung der Kraftübertragungen auf das Fundament. Durch eine dynamische Finite-Elemente-Analyse wurden existierende Einmassen- und Zweimassensysteme von Schwingsiebförderern untersucht und bewertet. Zur Optimierung des Gesamtsystems wurden, basierend auf der Variation der Parameter „Masse des Gegenschwingrahmens“, der „Federsteifigkeiten“ und der „Dämpfungskennwerte der Schwingungsdämpfer“, praktikable Optimierungsvorschläge erarbeitet. Die mittels der Finite-Elemente-Analysen erzielten Ergebnisse wurden anschließend konstruktiv umgesetzt und experimentell untersucht und bewertet.

1 Einleitung

Im Betrieb von Schwingsiebmaschinen entstehen prozessbedingt Kraftübertragungen auf das Fundament des Gebäudes, die die gesamte Gebäudestruktur in Schwingungen versetzen können. Zur Einschränkung dieser Erscheinungen erfolgt die Lagerung einer Siebmaschine klassischerweise direkt am Fundament, wodurch eine einfache und kostengünstige Verbindung mit der Gebäudekonstruktion gegeben ist. Ist das Siebsystem jedoch in einem Gebäude mit schwingungsempfindlicher Bausubstanz oder in einer für das Gebäude in Bezug auf Schwingungen ungünstigen Lage montiert, können diese entstehenden Schwingungen zu Schäden oder Bauteilversagen führen. Die hohen Reaktionskräfte und die Vibrationsübertragungen können zur Materialermüdung in der Stahlbaustruktur und von elektrischen Komponenten, zu einem erhöhten Instandhaltungsaufwand und zu einer Beeinträchtigung der Arbeitsweise von benachbarten Maschinen führen. Zusätzlich wird die Arbeit des Bedienungspersonals bei einem längeren Aufenthalt auf den verschiedenen Plattformen und Arbeitsbühnen erschwert.

Bei filigranen Stahlbaustrukturen sind somit bei der Aufstellung von Schwingsiebmaschinen hochisolierende und möglichst reaktionsneutrale und den Auslauf kontrollierende Lagerungen gefordert, da während des Siebauslaufes im Resonanzfrequenzbereich zusätzliche hohe Beanspruchungen auf das Gesamtsystem entstehen können.

Bei solchen Stahlbaustrukturen kann deshalb bei der Schwingsieblagerung ein zusätzlicher, energieabsorbierender Gegenschwingrahmen unter die eigentliche Schwingsiebmaschine integriert werden. Diese Gegenschwingmasse führt durch eine im Betrieb entstehende Kompensationsbewegung zu einer Verringerung der Kraftübertragungen auf das Fundament. Diese Einbringung einer zweiten Masse führt jedoch zu erhöhten Kosten und einer zusätzlichen statischen Belastung der Stahlbaustruktur, weshalb eine Montage oftmals nur in Sonderfällen vorgenommen wird.

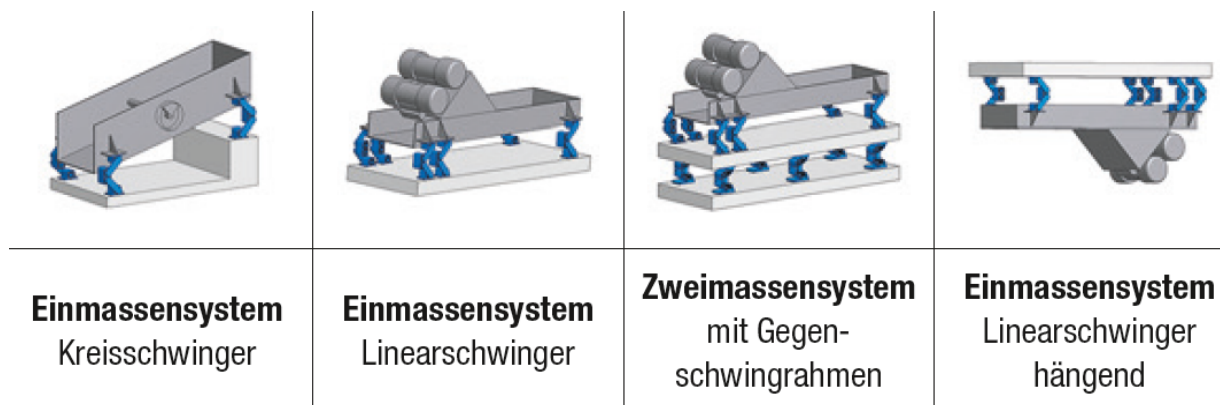


Abb. 1: Klassische Schwingsiebsysteme [1]

Die Lagerung des Schwingsiebes steht auf der ebenfalls elastisch gelagerten Gegenschwingmasse, was die Schwingweite der Siebmaschine reduzieren kann, jedoch einen Großteil der resultierenden, dynamischen Beschleunigung mittels Gegenbewegung abbaut. Erfahrungsgemäß wiegen diese Gegenschwingrahmen zwischen 50 % und 100 % der eigentlichen Schwingsiebmaschine. Aufgrund der großen Massenträgheit der Schwingsiebmaschine kompensiert die Gegenschwingmasse nur einen relativ kleinen Bruchteil der effektiven Schwingweite des Schwingsiebes. Zusätzlich muss beachtet werden, dass die modifizierten Schwinglagerungen hierbei das Gewicht der Schwingsiebmaschine und des zusätzlichen Gegenschwingrahmens tragen müssen.

2 Aufgabenstellung

Die Zielsetzung dieser Ausarbeitung war die Reduzierung der in das Maschinenfundament und dem Stahlbau eingeleiteten dynamischen Lagerkräfte und den dadurch resultierenden Beanspruchungen für die Gebäudestruktur. Weiterhin musste eine Bewertung durchgeführt werden, wie sich die zusätzliche Gegenschwingmasse auf den existierenden Stahlbau auswirkt. Der Untersuchung lag natürlich die Prämisse zugrunde, dass die Betriebsfunktion der Schwingsiebmaschine bezüglich der Schwingweite bzw. der Durchsatzmenge nicht negativ beeinflusst werden darf.

Durch eine dynamisch transiente Finite-Elemente-Analyse wurde das mit Fliehkraft angeregte reale Gesamtsystem des Schwingsiebförderers untersucht und bewertet. Zur Optimierung des Gesamtsystems wurde durch die Variation der dominierenden Einflussparameter, der Masse des Gegenschwingrahmens, der Federsteifigkeit und die Dämpfungskennwerte der Schwingungsdämpfer, ein Trend herausgearbeitet. Anhand dieses Trends wurde ein optimiertes Modell erstellt, das die gewünschte Verringerung der dynamischen Lagerkräfte aufweist. Dieses Modell wurde anhand einer Finite-Elemente-Analyse mit dem Realsystem verglichen und die resultierende Optimierung wurde in Bezug auf die Validität experimentell untersucht und bewertet.

3 Modellsystem zur Durchführung von Grundsatzuntersuchungen

Für Voruntersuchungen wurden mehrere Beispiele aus der klassischen Literatur herangezogen. Das Ziel war neben der Nachrechnung, dass durch eine Parametervariation die ersten Schlussfolgerungen gemacht werden konnten. Da die Modellsysteme Eigenschaften beinhalten, die denen des Gegenschwingrahmens eines Schwingsiebförderers ähneln, lassen sich damit überschaubare Parametervariationen durchführen, aus denen sich Kenntnisse und Schlussfolgerungen ohne lange Rechenzeiten für die Simulation des Realsystems gewinnen lassen.

In Abbildung 2 sind die Verläufe der Amplituden X_1 und X_2 in Abhängigkeit von der Erregerfrequenz Ω qualitativ dargestellt. An den Stellen $\Omega = \omega_1$ und $\Omega = \omega_2$ sind im ungedämpften Fall die Amplituden unbeschränkt. Nimmt die Erregerfrequenz Ω den Wert $\Omega_T = \sqrt{c_2/m_2}$ an, so wird $X_1 = 0$ und die Masse m_1 ist in Ruhe und nur die Masse m_2 schwingt. Diesen Effekt der Schwingungstilgung/-isolierung kann man ausnutzen, wenn man die Ausschläge der Masse m_1 bzw. die von den Federn auf den Boden übertragenen Kräfte klein halten will. In diesem Fall hängt m_2 an der ruhenden Masse m_1 und sie schwingt mit der Eigenfrequenz $\sqrt{c_2/m_2}$, die dann mit der Erregerfrequenz übereinstimmt.

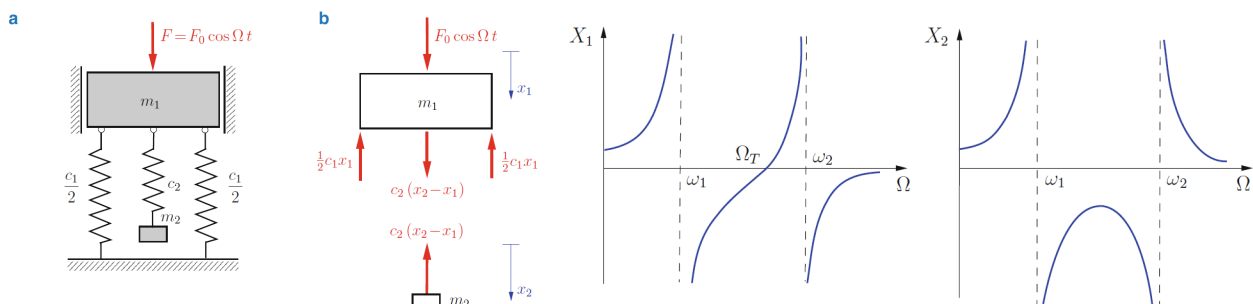


Abb. 2: Erzwungene Schwingungen – Systeme mit zwei Freiheitsgraden [2]

Um den Einfluss der systemrelevanten Parameter auf das Verhalten des Vibrationstisches zu erschließen, wurden Simulationen mit veränderten Parametern durchgeführt und bewertet, wobei die Unwuchtkraft nicht verändert wurde. Die Hauptzielsetzung war das Verständnis der Anregungsschwingungen mit einem besonderen Fokus auf die Amplitude und Frequenz für den beweglichen Tisch und dem Reaktionskräfteverlauf der Wandlagerung.

Der erste betrachtete Parameter, der zur Optimierung hilfreiche Informationen liefert, war die Masse des Tisches und des Rahmens und deren Massenverhältnis zueinander. Jedoch lässt sich nicht in jedem System die Masse einer Komponente so drastisch verändern, da bauliche und funktionale Bedingungen einzuhalten sind. Neben der Ausgangsmasse wurden die Masse des Gegenschwingrahmens für die Simulation verdoppelt und halbiert; die Simulationen wurden also mit den Massenverhältnissen 1:1, 1:2 und 2:1 bei unveränderten Feder-Dämpfer-Eigenschaften durchgeführt.

Nachfolgend wurde der Fokus auf die Systemparameter Federsteifigkeit und Dämpfungskonstante gelegt. Zur Bewertung des Einflusses des Feder-Dämpfer-Systems wurden die Federsteifigkeiten und Dämpfungswerte entsprechend modifiziert. Es konnte hierbei eine erhebliche Verringerung der auftretenden Lagerkräfte beobachtet und die dynamischen Lagerbeanspruchungen um ca. 60 % reduziert werden. Beide Optimierungsmethoden in einer Simulation angewandt, verglichen mit dem Ausgangszustand, zeigte das Optimierungspotential für das Schwingisystem auf. Hierbei musste jedoch auch die Funktionalität des Gesamtsystems berücksichtigt werden, da die Tischbewegung nicht zu sehr verringert werden durfte.

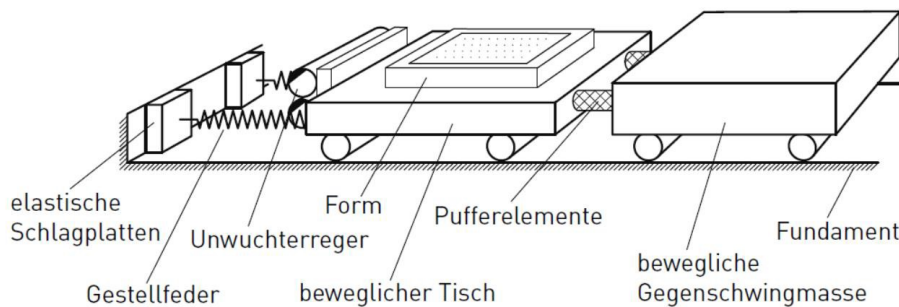


Abb. 3: Skizze eines Vibrationstisches [3]

4 Analyse des Realsystems

Im Vorfeld wurde zur Vorauswahl kommerziell verfügbarer Feder-Dämpfer-Systeme eine 1-D-Analyse des Gesamtsystems vom Feder-Dämpfer-Lieferanten durchgeführt

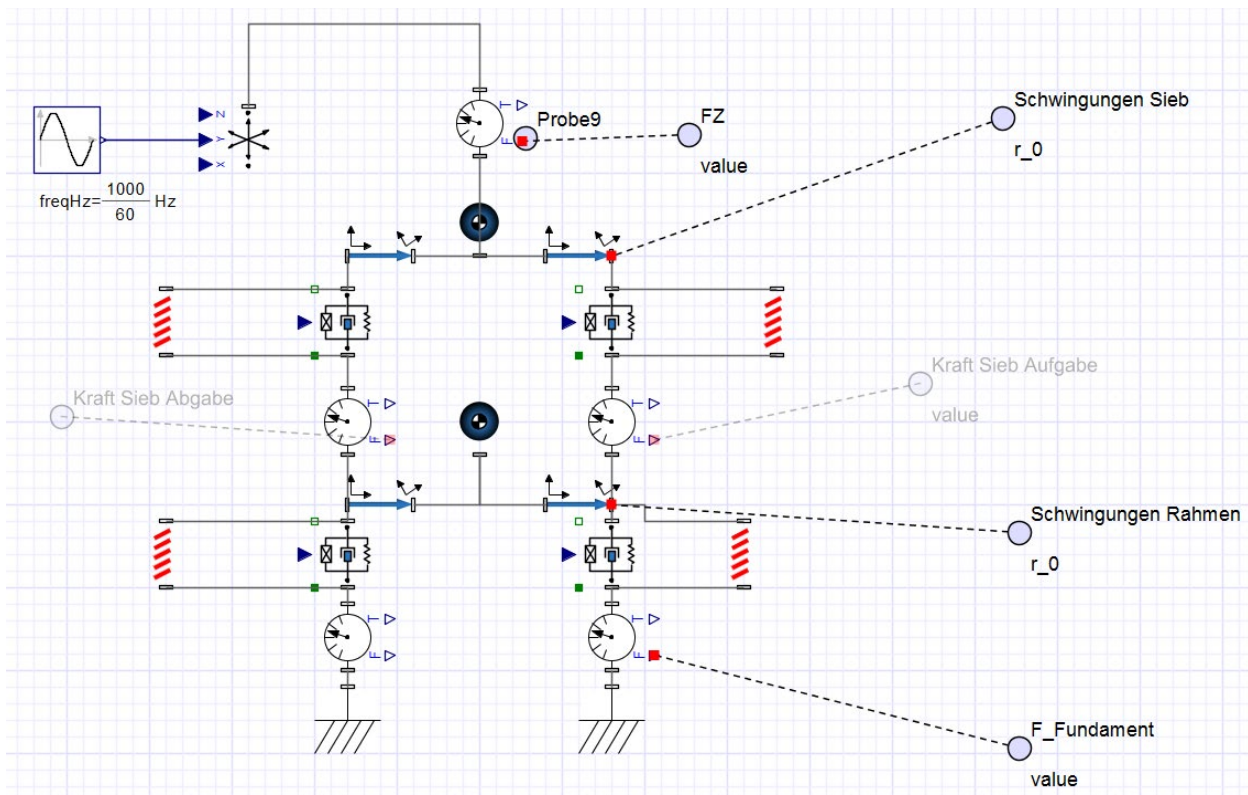


Abb. 4: 1D-Modellierung des Gesamtsystems

Für das Realsystem wurden dann die relevanten Parameter und Randbedingungen für die Simulationsgrundlage übernommen, die als Referenzkennwerte für die Optimierung dienten.

- Abmessungen der Maschine
- Drehzahl und resultierende Unwuchtkraft der Motoren
- Kennwerte der eingesetzten Schwingungsdämpfer
- Lagerungsbedingungen
- Massenbelegung der Schwingsiebmaschine und Masse der Schwingsiebmaschine
- Masse des Gegengewichtsrahmens

Ergänzend wurde für die Schwingsiebmaschine eine MKS-Simulation ohne und mit Gegenschwingrahmen durchgeführt und mit der transienten Finiten-Elemente-Analyse abgeglichen.

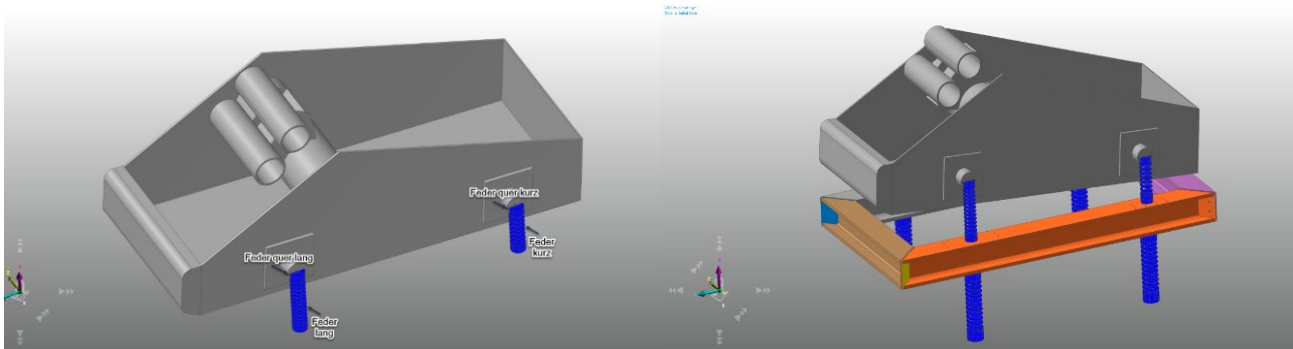


Abb. 5: MKS-Modell ohne und mit Gegenschwingrahmen

Die Analyse des Realsystems erfolgte – wie oben bereits ausgeführt – ohne und mit Gegenschwingrahmen. Weiterhin war zu quantifizieren, wie sich durch derartige Maßnahmen die wirkenden Beanspruchungen auf den existierenden Stahlbau auswirken; der Fokus wurde hierbei auf die Hauptstützen und deren Verbindungselemente gesetzt. Wie den Abbildung 6 zu entnehmen ist, sind die Tragkonstruktion und der Gegenschwingrahmen parallel zum Fundament montiert und der Siebkasten ist in einem Winkel von 3,5° zum Boden angebracht. Im Realsystem wird die Verbindung zwischen dem Siebkasten und dem Gegenschwingrahmen durch insgesamt acht Feder-Dämpfer-Kombinationen an vier Befestigungspunkten am Rahmen und am Siebkasten mit Federsteifigkeiten in vertikaler und horizontaler Richtung realisiert. Um eine Förderung des Siebgutes zu gewährleisten, sind an der Oberseite des Siebkastens zwei synchron laufende Unwuchtmotoren angebracht, deren kombinierte Leistung den Siebkasten in Bewegung versetzt. Diese Bewegung führt zur Schwingung des Siebes. Durch die gleiche Antriebsfrequenz ohne Phasenverschiebung entsteht eine harmonische Bewegungsform mit der gewünschten Krafrichtung.

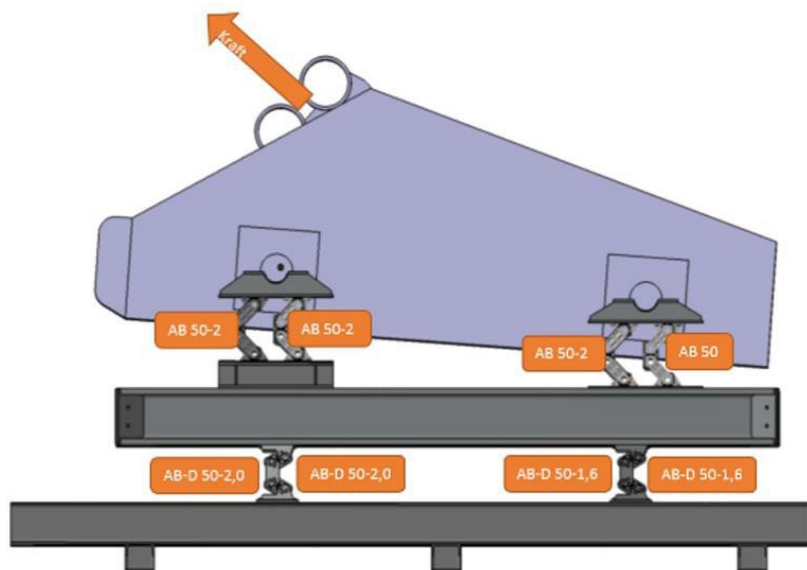


Abb. 6: Schwingfördersystem mit Gegenschwingrahmen und den Kenndaten der Feder-Dämpfer-Kombination

Der Siebkasten der Anlage wiegt 4000 kg; wenn dieser mit einer betriebsüblichen Menge an zu entwässertem Sand gefüllt ist, müssen weitere 1200 kg berücksichtigt werden. Diese Gesamtmasse von 5200 kg wird in der Modellierung durch Weglassen des Siebgutes dem Siebkasten zugewiesen. Der direkt darunter angebrachte Gegenschwingrahmen wiegt weitere 3000 kg. Für die Simulation werden zwei hintereinander geschaltete Lastfälle verwendet. Der erste Lastfall ist der statische Lastfall und stellt den Einfluss der Lagerungen und der Gravitation auf das System dar und setzt die Anlage in einen statischen Gleichgewichtszustand.

Der zweite Lastfall bringt die Unwuchtkraft in das System ein. Dieser Lastfall beschreibt den laufenden Zustand der Anlage mit aktivierten Unwuchtmotoren und lässt einen kurz- und langzeitlichen Effekt des Betriebs der Anlage erkennen. Die Zeitschrittweite der Simulation für das Gesamtsystem wurde basierend auf der klassischen Literatur bestimmt und in Anbetracht der Rechenzeit und der maximal erreichbaren Genauigkeit optimiert.

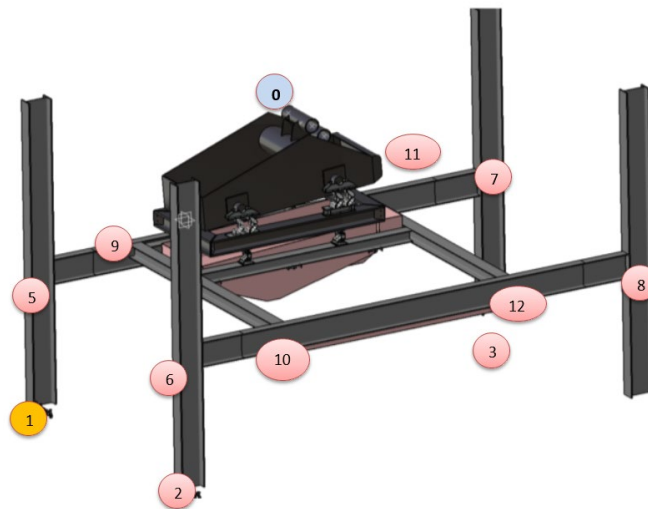


Abb. 7: Schwingsiebmaschine mit Gegenschwingrahmen und den relevanten Messpunkten für den Stahlbau

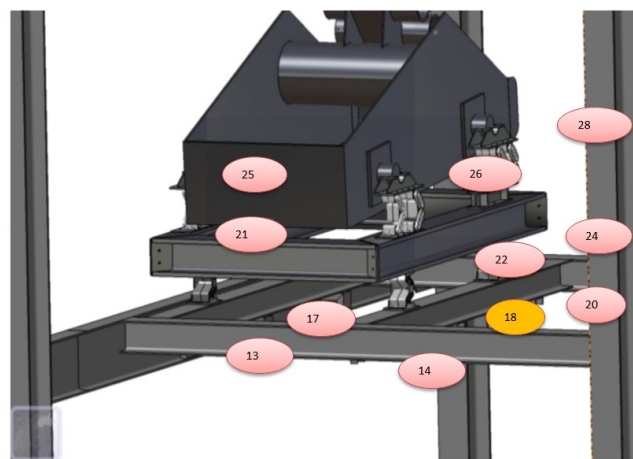


Abb. 8: Schwingsiebmaschine mit Gegenschwingrahmen und den relevanten Messpunkten

Anschließend wurde die FE-Simulation durchgeführt, bei der der Gegenschwingrahmen aus dem Gesamtsystem entfernt wurde. Die Feder-Dämpfer-Kombination, die den Gegenschwingrahmen mit der Tragkonstruktion verbinden, wurde ebenfalls entfernt und der Siebkasten direkt mit seiner Feder-Dämpfer-Kombination an die Stahlbaukonstruktion angebunden.

Für die Bewertung der Simulationsergebnisse wurden in Abstimmung mit dem Baustatiker ausgewählte Messpunkte betrachtet, da an diesen Stellen konstruktionsbedingt die höchsten Beanspruchungen auftreten. Die Position 0 kennzeichnet den Punkt der Krafteinleitung in die Siebmaschine (Schwingungserreger).

Nach einer Zeitdauer von ca. 95 s hat sich das System eingeschwungen und weist keine merkliche Abschwächung der Schwingungsauslässe mehr auf. Bei allen Überlegungen, die Übertragung der Lagerkräfte auf das

Fundament zu minimieren, darf die Primärfunktion der Siebanlage nicht beeinträchtigt werden. Der Hauptaufgabenbereich des Schwingsiebssystems ist das Siebfördern von Schüttgut, welches durch die Wurfweite des Substrats erreicht wird. Hierfür wird die Siebplatte durch die Arbeit der Unwuchtmotoren in Schwingungen versetzt, die das Fördergut über kurze Distanzen voran wirft. Zur Analyse der entstehenden Vibrationen werden ausgewählte Messpunkte bzw. Knotenpunkte des Siebbodens zur genaueren Betrachtung herangezogen.

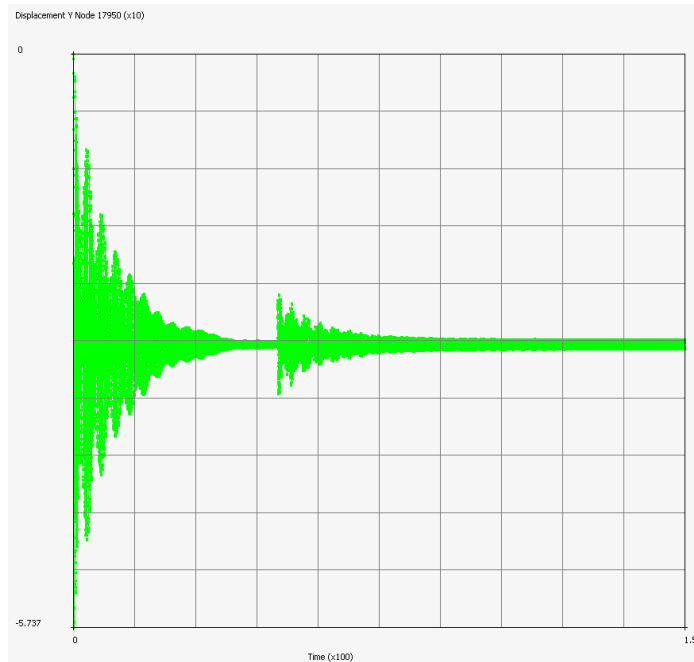


Abb. 9: Exemplarische Darstellung der statischen und dynamischen Auslenkung

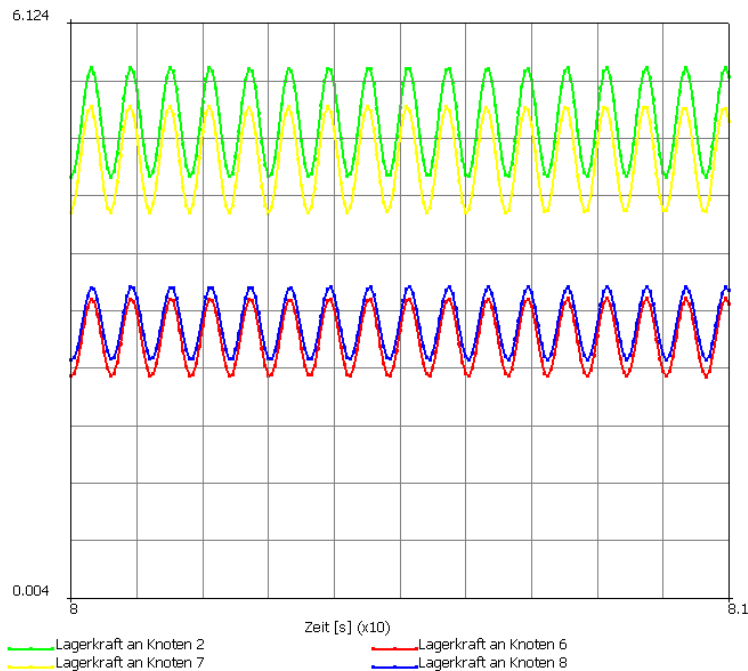


Abb. 10: Lagerkräfte an den Fundamentlagern ohne Gegenschwingrahmen, Darstellung des eingeschwungenen Zustandes

Die Anwendung der Trenderkenntnisse auf das Realsystem führte zu der Erstellung eines optimierten Systems, dessen Vergleich mit dem Realsystem die bisher gefundenen Optimierungstrends bestätigte. Dies zeigt sich in den Abbildungen 10 und 11, in der der Vergleich der Lagerkraftamplituden der beiden Varianten dargestellt ist. Es zeigt sich eine signifikante Verringerung der dynamischen Lagerkräfte an allen vier Fundamentknoten mit einer

geringeren Lager- und Vibrationsbelastung der Fundamentknoten beim Betrieb des Gesamtsystems. Ein Nebeneffekt dieser Optimierung ist infolge des zusätzlichen Gewichtes des Gegenschwingerahmens die Erhöhung der statischen Belastung der Tragstruktur, welche jedoch baulich zu bewältigen war.

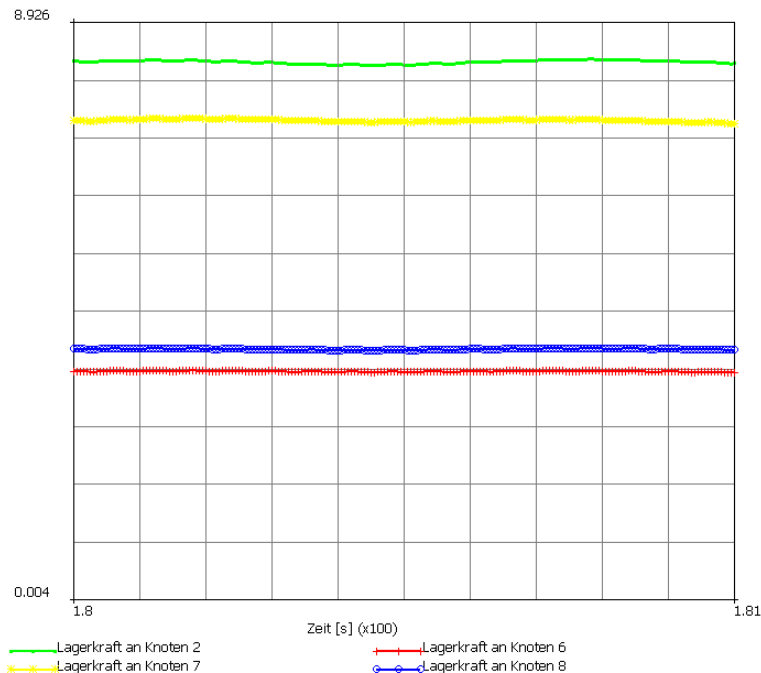


Abb. 11: Lagerkräfte an den Fundamentlagern des modifizierten Gesamtsystems, Darstellung des eingeschwungenen Zustandes

5 Zusammenfassung

- Die Anwendung der Trenderkenntnisse basierend auf den Referenzaufgaben auf das Realsystem führte zu der Entwicklung eines optimierten Schwingsiebssystems mit einer Gegengewichtsrahmenmasse von 3000 kg und einer angepassten Feder-Dämpfer-Kombination, dessen Vergleich mit dem Realsystem die bisher gefundenen Optimierungstrends bestätigten. Es zeigte sich eine signifikante Verringerung der dynamischen Lagerkräfte und damit einer geringeren dynamische Lager- und Vibrationsbelastung bei der Anbindung zum Stahlbau. Ein Nebeneffekt dieser Optimierung war die Erhöhung der statischen Belastung der Tragstruktur, welche jedoch baulich zu bewältigen war.
- Die Betriebsfunktion des Siebkastens wurde durch die Optimierungsmaßnahmen nicht eingeschränkt. Im Gegenteil – es haben sich die Bewegungsamplituden der Siebkastenbodenknoten leicht erhöht, d.h. die Schwingweite wurde durch die Optimierung leicht verstärkt.
- Die Betriebssicherheit des Systems in Bezug auf Resonanz wurde durch die Optimierung nicht gefährdet. Die Erregungsfrequenz befindet sich durch die Veränderung der Federsteifigkeit und Masse weiter von den Eigenfrequenzen entfernt als im Realsystem. Als Fazit konnte schlussgefolgert werden, dass durch die Veränderung der Systemparameter die beabsichtigte Optimierung des Gesamtsystems in Bezug auf einer deutlichen Reduzierung der dynamischen Lagerkräfte ohne einer negativen Beeinflussung der Betriebsfunktion erreicht wurde.

6 Literatur

- [1] www.rosta.de
- [2] Gross D., Hauger W., Schröder J., Wall, W.A.: Technische Mechanik 3 Kinetik, Springer Verlag, 2019
- [3] Beitel Schmidt M., Dresig H.: Maschinendynamik – Aufgaben und Beispiele, Springer Verlag, 2017

Verbesserte Materialdämpfung in der Strukturdynamik

Bertold Kirchgäßner, Michael Klein (INTES GmbH)

Simulationsmethoden für das Bremsenquietschen sind in der Industrie etabliert. Der Ansatz über die komplexe Eigenwertanalyse (KEA) wird seit Jahren erfolgreich zur Vorhersage von Bremsenquietschen eingesetzt. Der Einsatz dieser Simulationemethode zu einem frühen Zeitpunkt der Produktentwicklung reduziert die Markteinführungszeit, spart Kosten und verbessert das physikalische Verhalten des Bremssystems.

Die präzise Darstellung von Steifigkeit, Masse und Dämpfung sind die Hauptaufgaben des FE-Modells [1]. Die Modellierung der Steifigkeit und der Masse ist in heutigen Modellen mit mehreren Millionen Freiheitsgraden bereits unkompliziert und sehr genau. Die Abbildung der Dämpfung ist in Berechnungsmodellen wesentlich schwieriger. Verschiedene Dämpfungseffekte müssen mit unterschiedlichen Methoden in Berechnungsmodellen berücksichtigt werden. Der dominierende Dämpfungseffekt für die NVH-Analyse von Bremssystemen ist, neben der Dämpfung im Reibinterface zwischen Bremsbelag und Bremsscheibe [2], die Materialdämpfung. Die Materialdämpfung ist jedoch nur für harmonische Bewegungen definiert. Daher sind weitere Maßnahmen erforderlich, um die Materialdämpfung in der KEA zu verwenden. Stand der Technik ist es, die Materialdämpfung durch eine äquivalente viskose Dämpfung zu ersetzen, die bei einer einzigen vorgegebenen Referenzfrequenz die gleiche Dämpfungskraft erzeugt. Dies führt zu einer zu geringen Dämpfung für niedrigere Frequenzen und zu einer zu starken Dämpfung für höhere Frequenzen.

Vorgestellt wird eine neue Methode, bei der die Materialdämpfung für die Eigenmoden individuell jeweils in die richtige äquivalente viskose Dämpfung umgerechnet wird [3]. Durch diesen Ansatz werden sowohl ein Überschätzen als auch ein Unterschätzen der Dämpfungskraft vermieden. Die Genauigkeit der Materialdämpfungsdarstellung wird folglich erheblich verbessert.

Die Ergebnisverbesserungen werden anhand eines realistischen Bremsmodells gezeigt. Die Qualität der Vorhersage von Quietschgeräuschen durch KEA wird verbessert. Das Auftreten zusätzlicher möglicher Quietschmodi und die Unterdrückung zuvor ermittelter möglicher Quietschmodi ist dadurch möglich. Insgesamt verbessert die neue Methode die Genauigkeit und Vorhersagequalität der KEA-Methode weiter, ohne dass sich dies nachteilig auf die Laufzeit auswirkt.

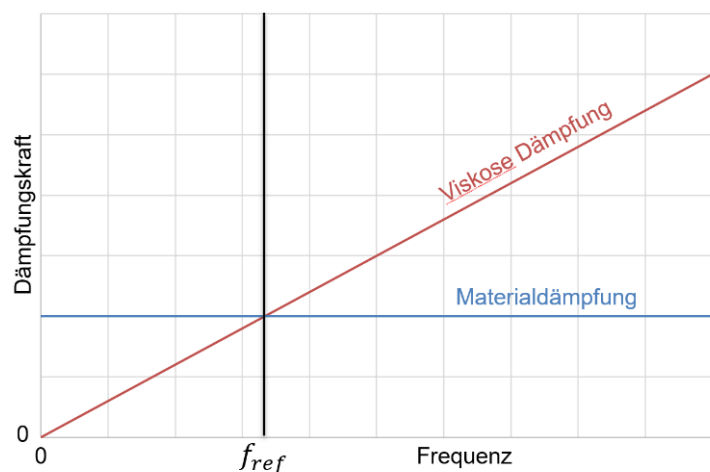
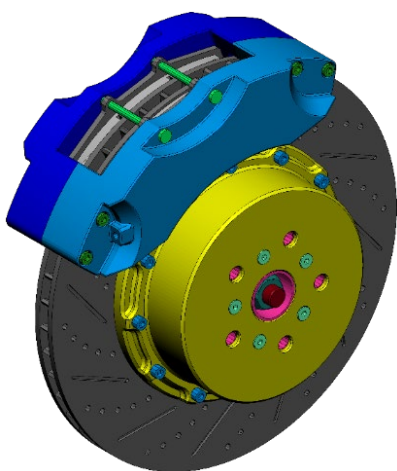


Abb. 1: Bremsenmodell, Dämpfungskraft über der Frequenz

1 Neue Methode für die Materialdämpfung

1.1 Motivation

Steifigkeit und Masse werden im FEM-Modell für die Komplexe Eigenwerte Analyse (KEA) sehr gut abgebildet. Dämpfungsmechanismen sind deutlich aufwändiger zu modellieren, da sie schwieriger zu messen sind und unterschiedliche Ursachen haben können, wie z.B. Mechanismen, Materialeigenschaften und Geometrie. Deshalb wird die Dämpfung häufig vernachlässigt. Bessere Methoden erlauben es allerdings, die Ergebnisgenauigkeit zu erhöhen und so die Vorhersagequalität der Simulation zu verbessern. Dadurch können „falsche“ potentielle Quietschfrequenzen ausgeschlossen werden und eine insgesamt gesteigerte Ergebnisgüte z.B. für das viskose Vergleichsdämpfungsverhältnis erzielt werden.

1.2 Materialdämpfung für die komplexe Eigenwerteanalyse

Es gibt viele verschiedene Dämpfungsmodelle: Rayleigh-Dämpfung, Materialdämpfung, viskose Dämpfung, modale Dämpfung, Dämpfung durch Reibung (Interfaces). Dabei hat neben der Dämpfung in der Reibfläche zwischen Belag und Scheibe die Materialdämpfung den größten Einfluss. Die Materialdämpfung wird durch einen komplexen E-Modul beschrieben, der einen imaginären Beitrag zur Steifigkeit liefert. Bisher wird die Materialdämpfung aber nur selten eingesetzt, da sie nur für harmonische Schwingungen definiert ist. Gedämpfte Eigenschwingungen sind aber nicht mehr harmonisch, deshalb ist eine direkte Verwendung in der KEA nicht zulässig und würde auf physikalisch unsinnige Ergebnisse führen. Wenn Materialdämpfung vorhanden ist, wird sie für die KEA deshalb durch viskose Dämpfung ersetzt, indem bei einer einzigen spezifischen Frequenz, der Referenzfrequenz f_{ref} , die viskose Dämpfung so bestimmt wird, dass die Dämpfungskraft identisch ist (Abb. 1).

Die viskose Dämpfungskraft ist proportional zur Geschwindigkeit mit dem Dämpfungskoeffizienten d :

$$F_{D,visc} \sim 2\pi f d$$

Die Materialdämpfungskraft ist proportional zur Dehnung (Verschiebung) mit der Steifigkeit k und dem Materialdämpfungsfaktor g :

$$F_{D,g} \sim g k$$

Mit Hilfe der folgenden Gleichung wird für eine Referenzfrequenz die viskose Dämpfungskraft so bestimmt, dass die Dämpfungskraft mit der Materialdämpfungskraft identisch ist:

$$f_{ref} = kg/2\pi d$$

Wenn nun die Eigenfrequenz höher ist als die Referenzfrequenz, dann ist die resultierende Dämpfung zu hoch, wenn die Frequenz niedriger ist, dann ist die resultierende viskose Dämpfung zu gering.

Bei einem Bremssystem können mehrere mögliche Quietschfrequenzen auftreten. Dann stimmt die aus der Materialdämpfung abgeleitete Dämpfungskraft nur für die Quietschfrequenzen im Bereich der Referenzfrequenz. Und selbst an den komplexen Eigenmoden im Bereich der Quietschfrequenzen sind reelle Eigenmoden beteiligt, deren Eigenfrequenzen weiter entfernt von der Referenzfrequenz liegen und somit eine Ungenauigkeit aus der Dämpfungskraft einfließen lassen (Abb. 2).

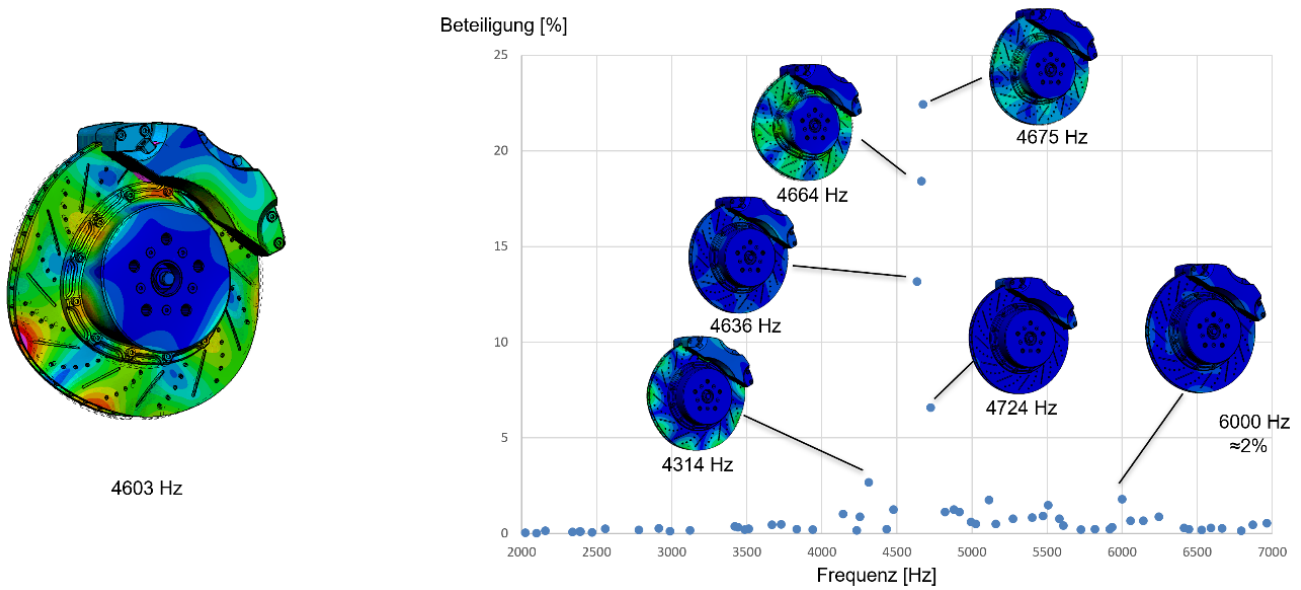


Abb. 2: Quietschmode und die zugehörige Beteiligung reeller Eigenmoden über der Frequenz aufgetragen

Ein Beispiel, bei dem nur zwei komplexe Quietschmoden, einer bei ca. 1.062 Hz und einer bei ca. 4.695 Hz, betrachtet werden, zeigt anschaulich die Bandbreite der Abweichung. Abb. 3 zeigt den Stabilitätskurvenvergleich für die zwei Quietschmoden. Es wurden zwei Rechenläufe mit zu den Quietschfrequenzen passenden Referenzfrequenzen von 1.000 Hz und 4.500 Hz durchgeführt.

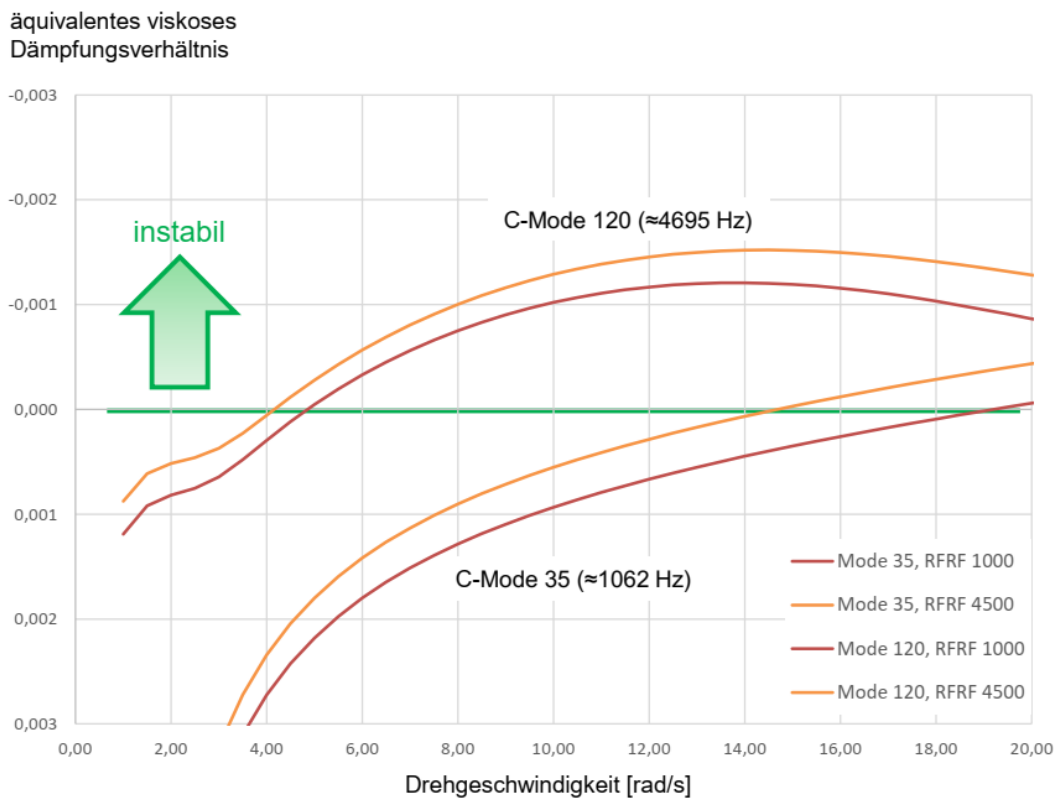


Abb. 3: Stabilitätskurvenvergleich für zwei komplexe Moden

Abhängig von der Referenzfrequenz für die Umrechnung der Materialdämpfung in viskose Dämpfung ergeben sich für das äquivalente viskose Dämpfungsverhältnis über den gesamten betrachteten Drehzahlbereich deutlich unterschiedliche Ergebnisse. Aus dem Diagramm in Abb. 4 mit dem Dämpfungskraftkurvenvergleich ist ersichtlich, dass für die höhere Referenzfrequenz die viskose Dämpfung deutlich geringer ist.

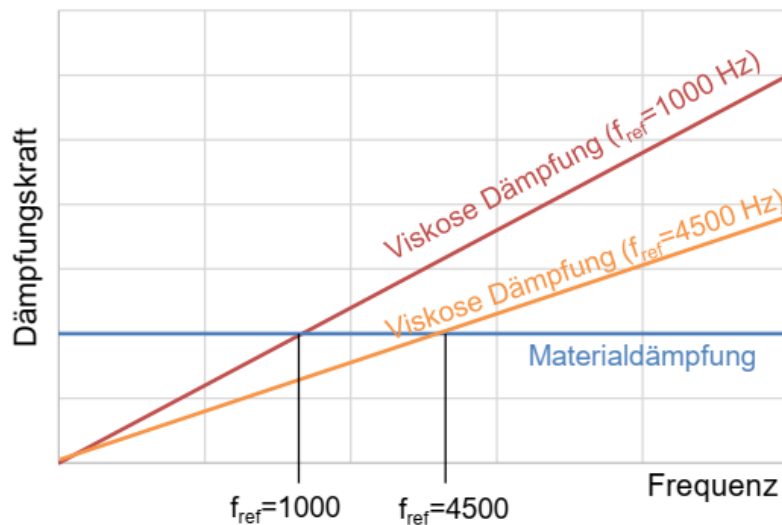


Abb. 4: Dämpfungskraftkurvenvergleich

Für jede Quetschfrequenz bildet nur jeweils die Kurve mit der passenden Referenzfrequenz das richtige Ergebnis ab, für den C-Mode 35 also die untere rote Kurve und für den C-Mode 120 die obere orange Kurve. Für die korrekte Berücksichtigung der Materialdämpfung ist deshalb für jeden zu betrachtenden Quetschmode eine eigene Berechnung durchzuführen. Dies hat dazu geführt, dass häufig die bedeutende und bekannte Materialdämpfung vernachlässigt wurde.

1.3 Genaue Methode für die Materialdämpfung

Zur Verbesserung wurde eine eigenfrequenzbasierte Umrechnung der Materialdämpfung in eine äquivalente viskose Dämpfung entwickelt, bei der die Materialdämpfung jeder Eigenmode mit einer individuellen Referenzfrequenz umgerechnet wird, die sich aus der jeweiligen reellen Eigenfrequenz ergibt. Die Beiträge der einzelnen Eigenmoden zur gesamten Dämpfung der Struktur werden damit wesentlich besser getroffen, Über- oder Unterschätzung der Dämpfung weitgehend vermieden. Dieses Verfahren wird im Folgenden als "frequenztreue Konversion der Materialdämpfung" bezeichnet.

Abb. 5 zeigt am Beispiel von zwei potenziellen Quetschmoden bei ca. 1.062 Hz und 4.695 Hz, dass mit der neuen Methode der frequenztreuen Konversion der Materialdämpfung für beide Moden genaue Ergebnisse erzielt werden (blaue Punkte). Die Kontrolle geschieht durch den Vergleich mit den zwei Berechnungen, die mit der klassischen Methode und angepassten Referenzfrequenzen durchgeführt wurden. Es wurden also nicht nur genauere Ergebnisse erzielt und die Anpassung der Referenzfrequenz eingespart, sondern auch noch die Rechenzeit, die ansonsten durch mehrfache Rechenläufe deutlich länger ist, reduziert. Das Einsparpotential steigt dabei mit der Anzahl der potenziellen Quetschfrequenzen, da ansonsten für jede ein eigener Rechenlauf durchgeführt werden muss, um die genaue Dämpfung zu berücksichtigen.

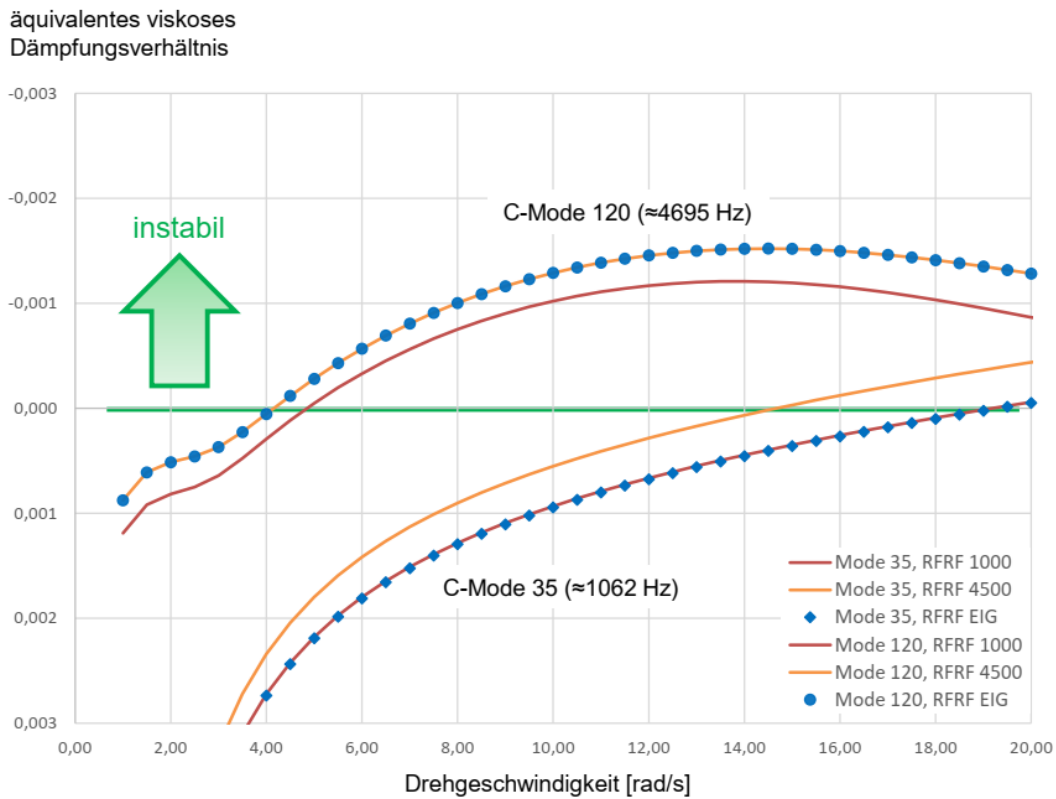


Abb. 5: Stabilitätskurvenvergleich für zwei komplexe Moden zwischen festen Referenzfrequenzen und der frequenztreuen Konversion der Materialdämpfung

1.4 Beispielanwendung

Die Beispielanwendung wird mit dem in Abb. 1 und 2 gezeigten Bremsenmodell durchgeführt. Das Modell ist mit ca. 1 Million Elemente diskretisiert und hat 3,8 Millionen Freiheitsgrade. Es werden jeweils 40 Drehgeschwindigkeiten analysiert und dabei immer die reellen Eigenwerte bis 10.000 Hz berechnet und die damit berechneten komplexen Eigenwerte bis 7.000 Hz ausgewertet. Bei der erhöhten Genauigkeit durch die frequenztreue Konversion der Materialdämpfung ist jetzt sogar eine Untersuchung der Dicke der Elastomerbeschichtung der Shims und deren Materialdämpfung durch Sampling [4] sinnvoll. Ziel sind Erkenntnisse über den Einfluss der Parameter auf das Quietschverhalten. Durch das Sampling werden hier Bauteileigenschaften parametrisiert, anstatt wie in [5] die Bauteile für die Untersuchung auszutauschen.

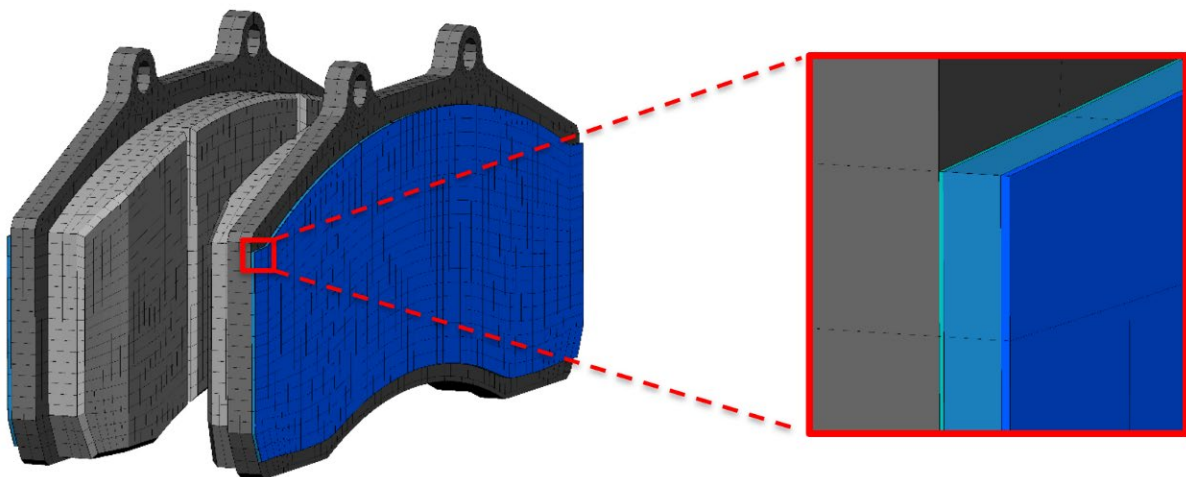


Abb. 6: Bremsklötze und Detail des untersuchten Shim-Bereichs

In Abb. 6 ist ein Detail des untersuchten Shims abgebildet. Es werden die innere und äußere Beschichtung unabhängig voneinander variiert. Sowohl die Änderung der Dämpfung als auch die jeweilige Beschichtungsstärke werden untersucht.

Die folgenden vier Designvariablen werden definiert:

- Materialdämpfung
 1. Beschichtung zur Rückplatte ($g = 0,5$) $\pm 50\%$
 2. Beschichtung zum Bremskolben ($g = 0,05$) $\pm 50\%$
- Dicke der Shim-Schichten
 - Gesamtdicke wird beibehalten
 - 3. Beschichtung zur Rückplatte (0,05 mm) $\pm 0,01$ mm
 - 4. Beschichtung zum Bremskolben (0,1 mm) $\pm 0,01$ mm

Um schnelle Antwortzeiten zu erreichen, ist der Sampling-Ablauf flexibel definierbar. Nur die notwendigen Schritte liegen innerhalb der häufig durchlaufenen Schleife. In der Beispielanwendung wird die Dämpfung variiert, deren Änderung hat keinen Einfluss auf die Ergebnisse der statischen nichtlinearen Kontaktanalyse. Des Weiteren wird die Beschichtungsstärke unter Beibehaltung der Gesamtdicke des Shims variiert. Diese Änderung hat nahezu keinen Einfluss auf diese Ergebnisse. Damit kann die Schleife, wie in Abb. 7 gezeigt, auf die Schritte 2 und 3 der Analyse begrenzt werden. Es ergibt sich eine deutliche Ersparnis an Rechenschritten ohne Einbußen bei der Präzision der Ergebnisse.

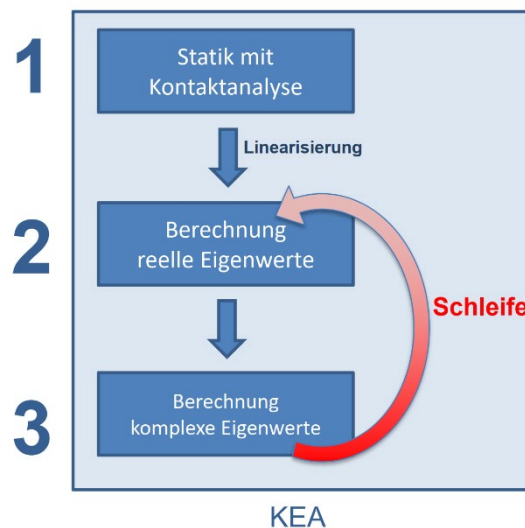


Abb. 7: Sampling-Schleife im Berechnungsablauf

Deutlich wird hier auch der große Vorteil durch die Integration der Sampling-Methoden in die Berechnungssoftware. Zu den oben gezeigten Prozessvorteilen kommt noch hinzu, dass das wiederholte Lesen der Modelldaten entfällt, ebenso wie die Konsolidierung und das Aufstellen der Matrizen sowie alle üblichen Schnittstellenprobleme.

Alle Kombinationen der Parameter werden automatisch verwendet. Bei vier Parametern und der Beschränkung auf deren Minimal- und Maximalwerte ergeben sich 16 Samples. Zur Kontrolle dienen xy-Verlaufdiagramme der Werte der Entwurfsvariablen über die Samples wie in Abb. 8 dargestellt.

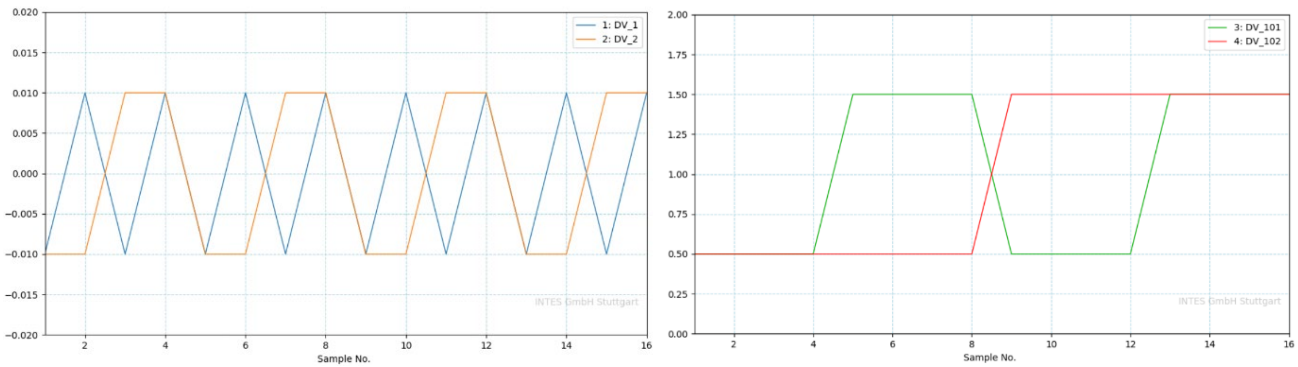


Abb. 8: Kombinationen der Parameter über die Samples (links Dickenänderung; rechts Änderung Materialdämpfung)

Das Standard-Sampling erfolgt in verschachtelten Schleifen, wobei die erste Variable mit der kleinsten Nummer zur innersten (schnellsten) Schleife gehört usw. Die Wechselhäufigkeit der Variablen nimmt von der ersten bis zur letzten Entwurfsvariable also ab.

Für jeden Lauf wird die Summe über das äquivalente Dämpfungsverhältnis für die sechs niedrigsten Quietschmoden gebildet und verglichen. Mit PERMAS benötigt eine Analyseschleife nur 12 Minuten.

In Abb. 9 ist das äquivalente viskose Dämpfungsverhältnis als Indikator für das Quietschen über die Samples dargestellt. Es zeigt sich, dass die Dickenänderung der Elastomerbeschichtung zur Rückplatte den größten Einfluss hat und die Ergebnisse dominiert. Dies ist die erste Variable, die ihren Wert in jedem Sample wechselt, und führt deshalb zu dem Alternieren des Ergebnisses über die Samples. Die Dickenänderung der äußeren Beschichtung hat nahezu keinen Einfluss. Dies ist daran zu erkennen, dass das 1. und 3. Ergebnis nahezu gleich sind, das 2. und 4. usw. Die Änderungen der Materialdämpfung auf der Innen- und Außenseite haben jeweils ähnlich großen Einfluss, da die Änderung nach jedem 4. und jedem 8. Sample die gleiche Größenordnung haben.

Die Tendenz zum Quietschen ist am geringsten bei dicker Beschichtung zur Rückplatte mit großer Dämpfung für beide Beschichtungen, wobei die Dicke der Beschichtung auf der Innenseite keinen Einfluss hat. Abb. 9 zeigt, dass sich diese Kombination bei den Samples 13 und 15 ergibt.

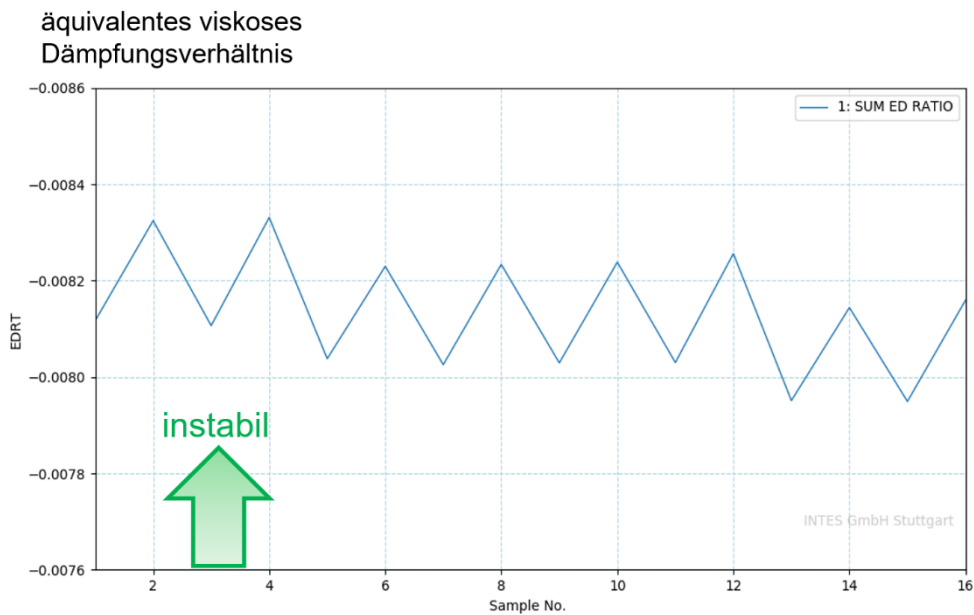


Abb. 9: Summe der äquivalenten viskosen Dämpfungsverhältnisse für die 16 Samples

2 Zusammenfassung

Eine genaue Abbildung der Materialdämpfung in der Simulation ist wichtig, damit keine Über- oder Unterschätzung des Quietschverhaltens auftritt. Der neue Ansatz zur Berücksichtigung der Materialdämpfung in der KEA zeigt eine verbesserte Genauigkeit für alle Frequenzen gleichzeitig. Die Wiederholung der KEA mit unterschiedlichen Referenzfrequenzen ist dadurch nicht mehr erforderlich. Es wird also deutlich an Laufzeit gespart. Eine mögliche Reduzierung potenzieller Quietschmoden durch Simulation erleichtert die Identifizierung der „wahren“ Quietschmoden. Eine bessere Vorhersagequalität wird erreicht.

Die Anpassung des Dämpfungsverhaltens des Shim-Materials durch die KEA ist jetzt sinnvoll. Zusätzlich reduziert das in PERMAS integrierte Sampling die Laufzeit im Gegensatz zu separaten Lösungen (z. B. Modelleingabe nur einmal, nur kleine, interne Schleife).

3 Literatur

- [1] Gräbner, N.; Hochlenert, D.; Klein, M.; von Wagner, U.: Steps towards silent brakes: Advances in simulation of brake squeal. EuroBrake, Dresden, 2013
- [2] Carvajal, S.; Wallner, D.; Klein, M.; Wagner, N.: Excellent Brake NVH Comfort by Simulation – Creating a Stability Map Using Advanced Methods. EuroBrake, Lille, 2014
- [3] PERMAS Version 18 User's Reference Manual, INTES Publication No. 450, Stuttgart, 2020
- [4] Carvajal, S.; Wallner, D.; Klein, M.: Excellent Brake NVH Comfort by Simulation – Systematic Approach to Reduce Squeal Noise by Optimization. EuroBrake, Dresden, 2015
- [5] Klein, M: Efficient Part Replacement for Nonlinear Simulation Models with Focus on Brake NVH Behavior; 36th Brake Colloquium & Exhibition, Palm Desert, California, USA

Machine Learning basierte Ansätze für globale Optimierung und interaktives Design

Dr.-Ing. Jakob Lohse, Dr.-Ing Matthias Bauer (NAVASTO GmbH)

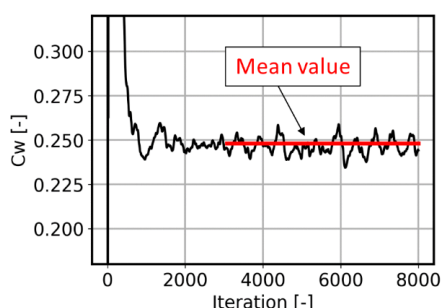
Methoden des maschinellen Lernens (ML) haben das disruptive Potenzial, industrielle Entwicklungsprozesse von Grund auf zu verändern. Im vorliegenden Beitrag werden wir am Beispiel eines realitätsnahen Fahrzeugmodells darlegen, wie diese Methoden für globale Optimierung und darüberhinausgehend für interaktives Design genutzt werden können, ohne dass dafür etablierte und validierte Simulationsprozesse verändert werden müssen.

1 Einleitung / Motivation

Ersatzmodellbasierte Optimierungsverfahren haben sich als de-facto Standard für die Lösung einer Vielzahl von Industrieproblemen etabliert, da diese es erlauben, mit einer wirtschaftlich vertretbaren Anzahl an Auswertungen (z.B. CFD-Simulationen) das Optimum in einem mehrdimensionalen Parameterraum zu identifizieren. Naheliegender Wunsch ist der Wunsch, die im Rahmen der Optimierung generierten Daten weitergehend sinnvoll zu nutzen. Eine Möglichkeit dazu ist der Einsatz von *Reduced Order Models (ROM)*, um die Datenbasis in einem interaktiven Designwerkzeug für die Entwicklung zur Verfügung zu stellen [1]. In diesem Beitrag demonstrieren wir am Beispiel des DrivAer-Modells, wie mit ersatzmodellbasierter Optimierung zunächst die widerstandsgünstigste Spoilerstellung in Kombination mit dem variablen Heckdiffusorwinkel ermittelt werden kann. Im Anschluss erläutern wir den Prozess zur Berechnung eines ROMs mittels Proper Orthogonal Decomposition (POD) und zeigen unser Softwaretool für die interaktive Auswertung der Daten.

2 Numerisches Setup

Für die Berechnung der Fahrzeugumströmung um das DrivAer-Modell wurde der Löser simpleFoam mit dem k-omega-SST Turbulenzmodell der quelloffenen CFD-Software OpenFOAM¹ verwendet. Die DrivAer-Geometrie repräsentiert ein realistisches Fahrzeug und ist für Forschungszwecke frei verfügbar². Die von uns verwendete Fließheck-Variante mit glattem Unterboden berücksichtigt Details wie Radumströmung und Außenspiegel und wurde um einen Heckspoiler erweitert. Um den Rechenaufwand für diesen Demonstratorfall in Grenzen zu halten, verzichten wir jedoch auf eine Abbildung der Motorraumdurchströmung. Dies erlaubt es uns, eine zufriedenstellende räumliche Diskretisierung des Simulationsfalls mit ca. 19 Millionen Zellen zu realisieren. Den Widerstandsbeiwert c_w , welcher als Zielgröße für die Optimierung verwendet wird, berechnen wir durch Mittelung der letzten 5000 Iterationen der RANS Simulation. In Abb. 1 ist gut zu erkennen, dass die Zielgröße in der Simulation konvergiert (links) und deren Absolutwert zudem mit den Ergebnissen aus experimentellen Untersuchungen in zufriedenstellender Weise übereinstimmt.



	c_w
NAVASTO RANS	0,247
Experiment Audi	0,251
Experiment TUM ASME	0,247
Experiment TUM SAE	0,243

Abb. 1: Widerstandsbeiwert c_w aus Simulation (links) und Vergleich mit experimentellen Untersuchungen³ (rechts)

¹ <https://www.openfoam.com/releases/openfoam-v1906/>

² <https://www.mw.tum.de/aer/forschungsgruppen/automobilaerodynamik/drivaer/>

³ <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/219217/219217.pdf>

Für die globale Optimierung hinsichtlich des Widerstandsbeiwerts c_w werden vier geometrische Parameter ausgewählt, vgl. Abb. 2. Die Parameter P1 bis P3 beschreiben die Positionierung des Heckspoilers, welche durch Translation bzw. Rotation der Bauteilgeometrie umgesetzt wird. Der Parameter P4 beschreibt den Winkel des Heckdiffusors. Um diesen zu variieren, nutzen wir ein Verfahren zur Netzdeformation (Morphing), welches wir auf die Basisgeometrie des DrivAers anwenden. Jede so erzeugte Geometrievariante wird automatisiert mit dem OpenFOAM-nativen Netzgenerator snappyHexMesh vergittert und anschließend numerisch berechnet. Der damit aufgespannte Parameterraum ist der Suchraum für den von uns verwendeten ersatzmodellbasierten Optimierer.

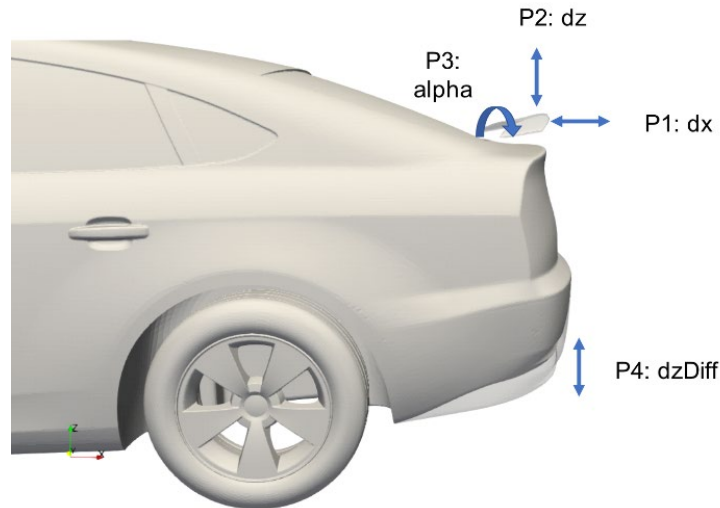


Abb. 2: Parameterdefinition für die ersatzmodellbasierte Optimierung

3 Globale Optimierung

Der prinzipielle Ablauf einer ersatzmodellbasierten Optimierung unterteilt sich in zwei Schritte. Im ersten Schritt ist keine Information über die Topologie des Parameterraums hinsichtlich der Zielfunktion vorhanden. Folglich werden mit einer geeigneten Strategie unterschiedliche Kombinationen der Parameter P1 bis P4 derart ausgewählt, dass diese möglichst raumfüllend (engl. „space-filling“) verteilt sind. Im hier gezeigten Beispiel geschieht dies mit der pseudozufälligen Halton-Sequenz [2]. Für jede ausgewählte Parameterkombination wird anschließend die Zielfunktion ausgewertet, d.h. ein numerischer Fall entsprechend der jeweiligen Parameterkombination wird vorbereitet und simuliert. Da in diesem Schritt keine Abhängigkeiten zwischen den Auswertungen bestehen, können diese – entsprechende Rechenkapazitäten vorausgesetzt – vollständig parallel durchgeführt werden. Die nach Abschluss dieses Schritts bekannte Korrelation aus Parameterkombinationen und Zielfunktionswerten wird für den nächsten Schritt mit geeigneten Methoden modelliert. Diese sogenannten Ersatzmodelle sind namensgebend für die hier vorgestellte Optimierungsstrategie und bieten den entscheidenden Vorteil, dass diese sehr viel schneller und günstiger ausgewertet werden können als die eigentliche Zielfunktion.

Die hier vorgestellte globale Optimierung nutzt das Ersatzmodell, um die sogenannte „Erwartete Verbesserung“ (engl. „Expected Improvement, EI“) [3] zu berechnen. Diese Größe setzt sich aus dem geschätzten Zielfunktionswert und dem aus der mathematischen Modellierung ableitbaren, geschätzten statistischen Fehler zusammen. Die EI ist dort hoch, wo einerseits niedrige Zielfunktionswerte im Ersatzmodell vermutet werden und gleichzeitig ein großer Abstand zu umliegenden Stützpunkten besteht. Diejenige Parameterkombination, welche die größte EI aufweist, wird in einer weiteren numerischen Simulation nachgerechnet und damit der tatsächliche Zielfunktionswert an dieser Stelle im Parameterraum ermittelt.

Mit dem neu ermittelten, wahren Zielfunktionswert wird das Ersatzmodell aktualisiert und der Ablauf von:

- Ermittlung einer geeigneten Parameterkombination auf Basis EI
- Überprüfung in der Simulation

wird so oft wiederholt, bis ein nutzerspezifiziertes Abbruchkriterium erreicht ist.

Prinzipiell sind zwei mögliche Szenarien für die Suchphase der Optimierung denkbar:

- Wird angestrebt, die Optimierung mit der geringstmöglichen Anzahl an Auswertungen durchzuführen, ist eine strikt sequenzielle Bestimmung und Berechnung jeweils eines neuen Samples sinnvoll. Die Bestimmung einer Parameterkombination erfolgt in diesem Fall ausschließlich auf Basis bereits berechneter Zielfunktionswerte und dem daraus resultierenden Ersatzmodell.
- Dem gegenüber steht der Ansatz auch während der Suchphase mehrere Zielfunktionsauswertungen parallel durchzuführen.

In der Zusammenarbeit mit unseren Kunden haben wir regelmäßig festgestellt, dass weniger die Minimierung des numerischen Aufwands als vielmehr die Minimierung der Turn-Around Zeit einer Optimierung die wirtschaftlich sinnvollere Entscheidung darstellt. In diesen Fällen nutzen wir nach der ersten Identifikation eines Kandidaten für das Optimum ein geschicktes Update des Ersatzmodells, ohne dafür unmittelbar eine tatsächliche Funktionswertermittlung durchzuführen, um weitere vielversprechende Parameterkombinationen auszuwählen. Bei Vorhandensein ausreichender Rechenressourcen können alle diese Samples dann gleichzeitig ausgewertet werden, um insgesamt die Suchphase deutlich zu verkürzen.

In der nachfolgenden Abb. 3 werden der Ablauf der Optimierung wie oben beschrieben sowie der Verlauf der Entwicklung des Zielwerts über die Auswertungen dargestellt.

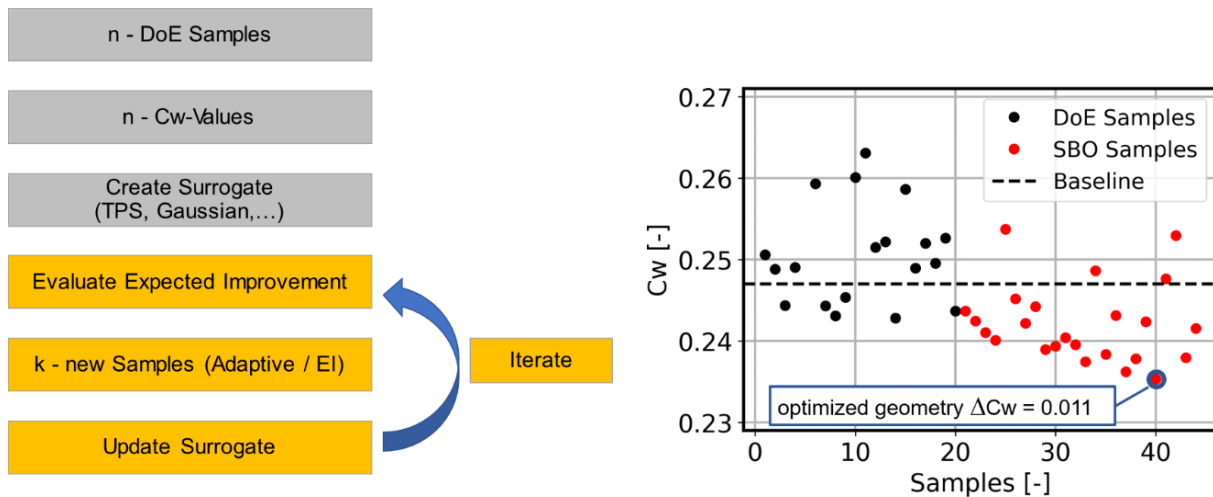


Abb. 3: Schematischer Ablauf (links) und Ergebnis der Optimierung (rechts)

Für den vierdimensionalen Parameterraum wurden zunächst 20 Parameterkombinationen gemäß der Halton-Sequenz ausgewählt und entsprechende Simulationen durchgeführt (schwarze Punkte in Abb. 3 rechts). Die Berechnung des Ersatzmodells erfolgt mit Kriging. Für jede Iteration der Suchphase wurden vier Samples ausgewählt und simultan in der CFD ausgewertet. Diese Auswertungen sind mit roten Punkten repräsentiert. Augenscheinlich identifiziert der Optimierungsalgorithmus bereits im ersten Schritt ein Parameterkombination, die hinsichtlich des Zielwerts günstiger ist als alle Kombinationen, welche im Rahmen des DoEs ausgewertet wurden. Das globale Optimum im Parameterraum wurde mit der 20. Auswertung in der Optimierungsphase gefunden. Dies entspricht dem vierten Iterationsschritt. Insgesamt wurden bis dahin 40 Samples berechnet. Im Gegensatz zu beispielsweise „hill-climbing“ Algorithmen, bei denen ein mehr oder minder monotoner Konvergenzverlauf erwartet werden kann, weist die Konvergenz bei ersatzmodellbasierten Verfahren auch in der Suchphase große Sprünge auf. Dies widerspiegelt den globalen Charakter der Optimierung: die Einbeziehung des Fehlerterms in das Suchkriterium führt dazu, dass im Optimierungsverlauf auch Regionen, in denen im Modell schlechte Funktionswerte vermutet werden, jedoch eine hohe Unsicherheit besteht (da nur dünn gesampelt), durch Nachrechnung überprüft werden. Dies verhindert das „Festfressen“ der Optimierung in einem lokalen Minimum innerhalb des Parameterraums.

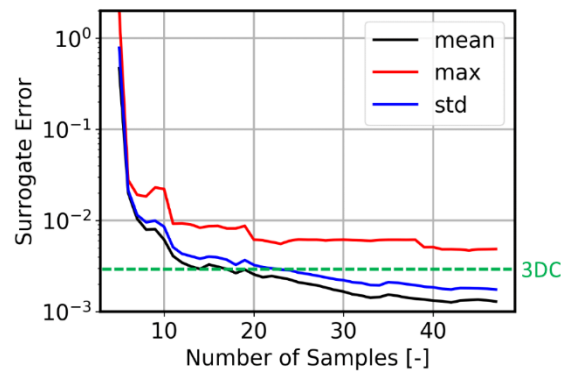


Abb. 4: Fehler des Vorhersagemodells in Abhängigkeit der Anzahl der enthaltenen Samples

Da es sich bei den Ersatzmodellen um sogenannte „black box“ Modelle handelt, die damit abgebildeten Zusammenhänge also nicht auf einer physikalischen Beschreibung des Prozesses, sondern auf den berechneten Zielfunktionswerten für ausgewählte Parameterkombinationen beruhen, stellt sich regelmäßig die Frage nach der Güte des Modells. In Abb. 4 beantworten wir diese Frage mithilfe einer „Leave-one-out“-Kreuzkorrelation. Dafür wird jeweils ein berechnetes Sample bei der Berechnung des Ersatzmodells ausgeschlossen und für die Parameterkombination dieses Samples dann eine Vorhersage des Zielwerts getätigt. Dies geschieht für alle möglichen Permutationen. Die Differenz zwischen Vorhersage des Ersatzmodells und dem aus der Simulation bekannten, wahren Wertes ist der Vorhersagefehler. In Abb. 4 ist jeweils der mittlere Fehler, der maximale Fehler und die Standardabweichung der Fehler für unterschiedliche Sampleanzahlen aufgetragen. Daraus geht hervor, dass für den spezifischen Parameterraum in Bezug auf die gewählte Zielfunktion der mittlere Fehler der Vorhersage bereits nach 20 Auswertungen lediglich drei Widerstandspunkte ($\Delta C_w = 0,003$) beträgt. Nach 40 Auswertungen sinkt der mittlere Fehler der Vorhersage bis auf einen Widerstandspunkt ab, was dem Bereich der numerischen Genauigkeit entspricht.

Eine häufig anzutreffende Frage im industriellen Kontext ist, wie die einmal aufwändig berechneten Daten jenseits der Identifikation des Optimums genutzt werden können. Im einfachsten Fall kann dies geschehen, indem das Ersatzmodell genutzt wird, um die Topologie eines Funktionswertverlaufs im Parameterraum zu visualisieren. Dies ist beispielhaft in Abb. 5 gezeigt, in der fein aufgelöst der durch das Ersatzmodell vorhergesagte Funktionswert über die drei Freiheitsgrade des Heckspoilers dargestellt wird, während der vierte Parameter konstant verbleibt.

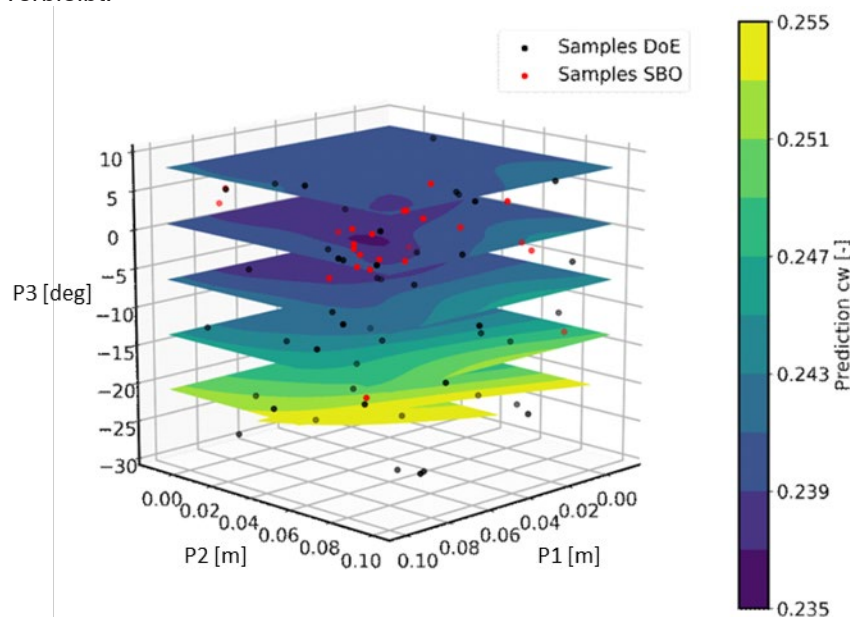


Abb. 5: Darstellung des Ersatzmodells für drei Parameter

Gleichzeitig wird an dieser Stelle jedoch auch die Limitierung dieser statischen Visualisierung deutlich: Nicht nur ist die 3D-Darstellung für Detailanalysen zu unübersichtlich – diese Darstellung ist zudem auf höchstens drei Parameter begrenzt. Eine alternative Form der Datennutzung in Form eines interaktiven Designwerkzeugs soll deshalb im folgenden Abschnitt vorgestellt werden.

4 Interaktives Design

Die nach Abschluss der Optimierung vorhandenen Simulationsergebnisse stellen in aller Regel eine breite Datenbasis dar, welche die – nicht an einen Zielwert gebundene - Exploration des Parameterraums erlaubt. Dazu nutzen wir neben den oben ausführlich beschriebenen Ersatzmodellen für skalare Größen zusätzlich Methoden zur Modellordnungsreduktion (engl. Reduced Order Model, ROM). Diese ROM erlauben zusammen mit geeigneten Interpolationsverfahren die numerisch günstige Vorhersage von Feldlösungen für unbekannte Parameterkombinationen. In der Praxis bedeutet dies, dass binnen weniger Sekunden beispielsweise ein Geschwindigkeitsfeld im Volumengitter und ein Wandschubspannungsfeld auf einem Oberflächengitter für eine beliebige Parameterkombination berechnet und visualisiert werden können. Zusammen mit der quantifizierbaren Vorhersagegüte ermöglicht diese Performanz einen tatsächlich interaktiven Entwurfsprozess. Die Modellreduktion führen wir mit den Verfahren POD [4] oder Isomap [5] durch. Ersteres nutzt eine Singulärwertzerlegung, zweiteres identifiziert niederdimensionale Strukturen in hochdimensionalen Datensätzen. Die Wahl des ROM-Typus erfolgt in Abhängigkeit der Eigenschaften der Lösungen: So können kontinuierliche Felder sehr gut mittels POD abgebildet werden und die Möglichkeit zur Modenreduktion erlaubt zudem die Minimierung der Datenmenge ohne wesentlichen Qualitätsverlust bei gleichzeitiger Beschleunigung der Vorhersagegeschwindigkeit. Felder, die durch Diskontinuitäten wie beispielsweise aerodynamische Stöße oder strukturelle Brüche dominiert sind, werden besser mit der Isomap-Methode abgebildet, da diese die Samples, die dem Vorhersagepunkt räumlich näherliegen, höher gewichtet.

Untenstehende Abb. 6 zeigt exemplarisch das Frontend für das interaktive Designwerkzeug. Typische Nutzerworkflows sind beispielsweise:

- Direkte Anwahl von Parameterkombinationen mit dem Ziel, die Geometrie visuell zu beurteilen, relevante skalare Kenngrößen im Blick zu behalten und angesichts der Feldlösung zu verstehen, wo potenzielle Probleme wie Strömungsablösungen ihre Ursachen haben.
- Visualisierung von Sensitivitäten auf Oberflächen für eine konkrete Parameterkombination zur Beantwortung der Frage, in welchem Bereich eine Geometrieänderung die größte Änderung in den skalaren Kenngrößen hervorruft.
- Ausgabe alternativer Designvarianten mit ähnlichen Performanzwerten, z.B. unterschiedliche Kombinationen von Parametern, die den identischen Widerstandsbeiwert haben.
- Bestimmung optimaler Parameterkombinationen hinsichtlich skalarer Größen und Feldgrößen unter Berücksichtigung von Nebenbedingungen.

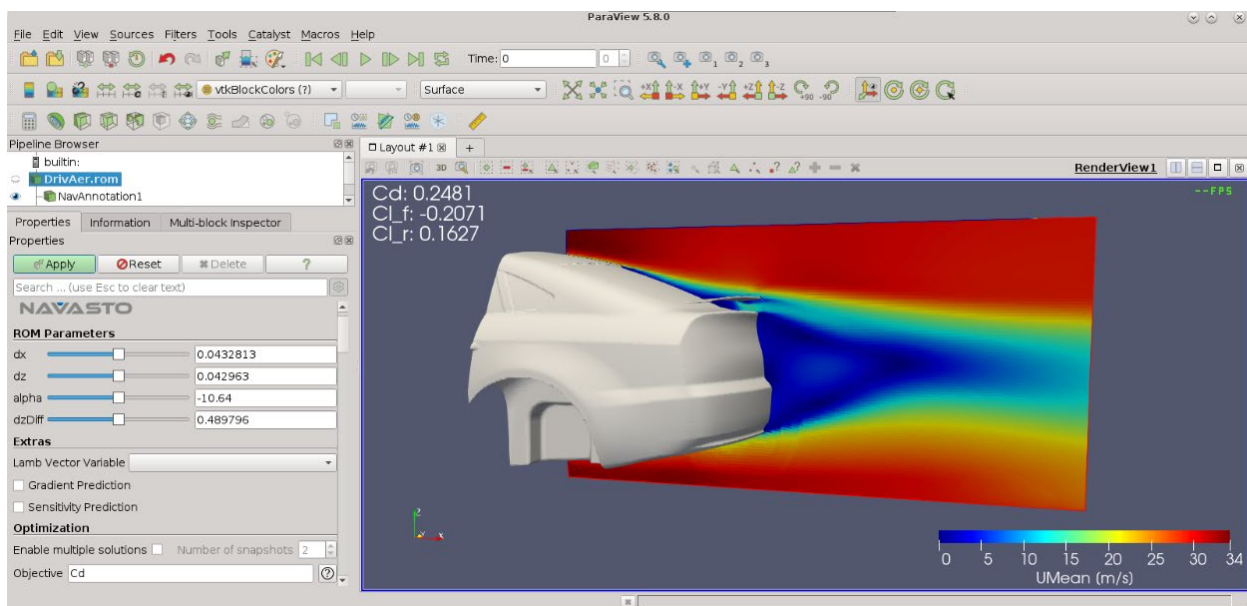


Abb. 6: Interaktives Design Frontend navDesign

Interessierte Leser können sich in diesem Video⁴ ein konkreteres Bild von der interaktiven Arbeit mit ROM und Ersatzmodellen verschaffen.

Entscheidend für die Nützlichkeit aller bis hierhin beschriebenen Ansätze und Methoden ist deren Integrierbarkeit in bestehende Prozesse. Eine Änderung der Entwicklungsherangehensweise, die mit der Entscheidung zur Nutzung von ML-Methoden einhergeht, ist das Arbeiten mit parametrisierten Modellen. Ein zweiter Unterschied ist die Unterscheidung zwischen einer „offline“-Phase, in der aufwändig Daten generiert und Modelle berechnet werden und einer „online“-Phase, in der die datenbasierten Modelle genutzt werden. Da Entwickler:innen lediglich in der „online“-Phase mit den Modellen interagieren, bedeutet diese Vorgehensweise eine Entlastung der Ingenieur:innen auf Kosten eines größeren numerischen Aufwands im Vorfeld von Entscheidungsprozessen. Am Simulationsprozess selbst sind wiederum keine Änderungen notwendig. Idealerweise muss der bestehende, üblicherweise validierte oder zertifizierte numerische Prozess nicht verändert werden, um beispielsweise interaktives Design nutzen zu können. Im Folgenden soll skizziert werden, wie der Workflow zur ROM-Berechnung an existierende Simulationsprozesse angeschlossen werden kann. Der Ablaufplan dazu ist in Abb. 7 für das hier gezeigte Beispiel dargestellt.

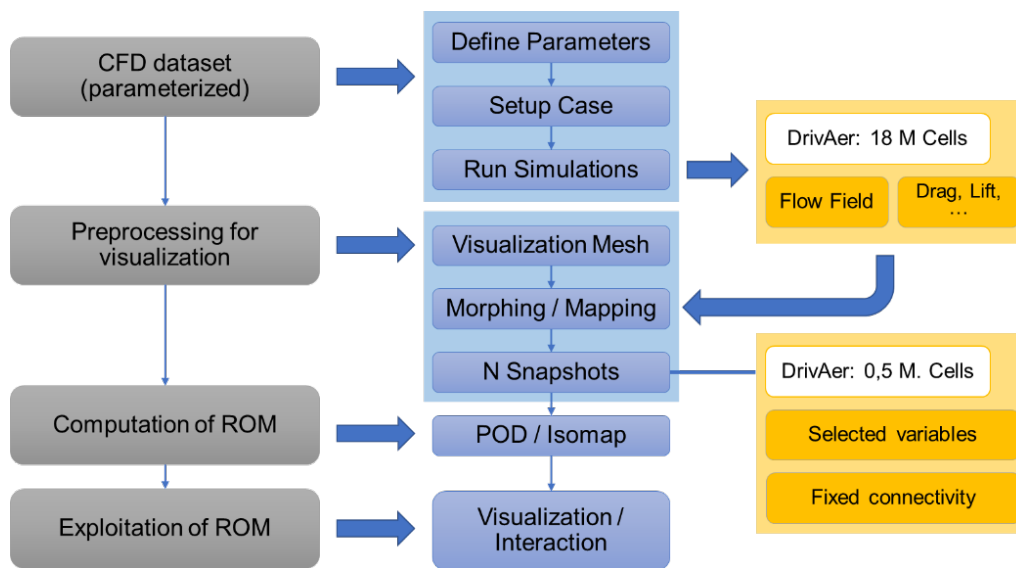


Abb. 7: Workflow für interaktives Design

Der Ausgangspunkt für die Berechnung von ROM und Ersatzmodellen ist ein parametrisierter (CFD) Datensatz, der alle für die Entwickler:innen relevanten physikalischen Informationen enthält. Um diesen zu generieren, muss im ersten Schritt die relevante Parametrisierung des Entwurfs vorgenommen werden. Entsprechend eines Best Practices wird dann ein DoE definiert, welches entweder ein raumfüllendes Design nutzt oder auf adaptives Sampling zurückgreift. Die eigentliche Case-Erzeugung und Simulation findet dann mit dem Standard-Simulationsprozess statt. Als Ausgangsdatenformat bietet sich ein wohldefiniertes Format wie das EnSight®-Format⁵ an, welches von allen gängigen Simulationsprogrammen unterstützt wird. Mit Abschluss dieses Schritts ist die notwendige Datenbasis vorhanden. Da numerische Rechengitter für die Visualisierung in aller Regel unnötig groß und in irrelevanten Regionen stark verfeinert sind (z.B. Grenzschichtzellen), wird für die Visualisierung ein weiteres Gitter mit dem Standard-Vernetzer erzeugt, welches lediglich diejenigen Regionen fein auflöst, die für eine spätere Betrachtung von Interesse sind. Dieses Referenzgitter wird im Rahmen des Preprocessings für die ROM Visualisierung ggf. durch morphing so verformt, dass Rechengitter und Referenzgitter geometrisch identisch sind. Ist dies erreicht, können die relevanten Variablen der jeweiligen Einzelsimulationen auf das Referenzgitter übertragen werden (mapping). Damit wird nicht nur die Datenmenge reduziert, sondern alle auf das Referenzgitter übertragenen Datensätze (sog. Snapshots) weisen auch die gleiche Anzahl an Zellen und die identische Konnektivität auf. Ist diese Voraussetzung erfüllt, kann das ROM berechnet, visualisiert und interaktiv ausgewertet werden. Der Workflow zur Erzeugung eines ROMs greift also nicht in den etablierten Simulationsprozess ein, sondern augmentiert diesen um weitere Schritte.

⁴ <https://www.navasto.de/softwareprodukte/navdesign/>

⁵ <https://www.ansys.com/de-de/products/fluids/ansys-ensight>

5 Zusammenfassung

Am Beispiel eines in vier Dimensionen parametrisierten DrivAer-Modells wurde gezeigt, wie ersatzmodellbasierte Optimierung im Entwicklungsprozess dazu genutzt werden kann, automatisiert die widerstandsärmste Kombination aus Spoilerposition und Heckdiffusorwinkel zu bestimmen. Die dabei erzeugten Simulationsdaten können mit nur geringem Mehraufwand derart aufbereitet werden, dass mit Isomap oder POD ein ROM berechnet werden kann. Dieses ROM erlaubt die sehr schnelle Abschätzung von Strömungslösungen für unbekannt Parameterkombinationen. In Verbindung mit der vorgestellten Auswertesoftware kann dieser Modellreduktionsansatz dazu genutzt werden, interaktiv den Parameterraum zu erkunden und Entwurfsalternativen zu generieren bzw. zu bewerten. Damit ermöglicht die Nutzung der machine-learning Verfahren nicht nur die konsequente Weiternutzung einmal erzeugter Daten, sondern hat das Potenzial, neue Formen der interdisziplinären Kooperation zu erschließen: An die Stelle von tagelangen numerischen Simulationen treten hochqualitative Abschätzungen, die in Sekundenschnelle berechnet werden und so eine weit bessere Entscheidungsfindung während Arbeitstreffen ermöglichen.

6 Literatur

- [1] A. Bertram, C. Othmer, R. Zimmermann, "Towards Real-time Vehicle Aerodynamic Design via Multi-fidelity Data-driven Reduced Order Modeling", 2018 AIAA/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference, AIAA 2018-0916, 2018
- [2] I. Sobol, "On the Systematic Search in a Hypercube ", Siam Journal on Numerical Analysis - SIAM J NUMER ANAL, Bd. 16, pp. 790-793, 10 1979
- [3] A. Forrester, A. Sobester, and A. Keane, "Engineering Design via Surrogate Modelling - A Practical Guide.", Wiley, (2008)
- [4] L. Sirovich, „Turbulence and the dynamics of coherent structures. III. Dynamics and scaling,“ Quarterly of Applied Mathematics, Bd. 45, p. 583–590, 1987.
- [5] J. B. Tenenbaum, V. De Silva und J. C. Langford, „A global geometric framework for nonlinear dimensionality reduction,“ Science, Bd. 290, p. 2319–2323, 2000.



Professional Simulation Engineer

It's Time
to Get Certified

nafems.org/pse

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 (Cadferm)
- 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
- Education and Training
- Geotechnics
- High Performance Computing
- Impact, Shock & Crash
- Manufacturing Process Simulation
- Multibody Dynamics
- Multiphysics
- Optimisation
- Simulation Data Management
- Simulation Governance and Management
- Stochastics
- Systems Modeling & Simulation

Ogleich 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 to 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

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

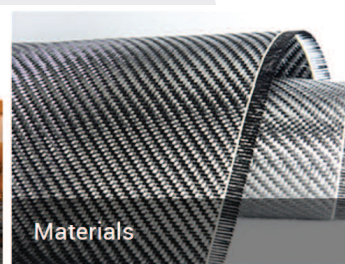
There are currently over 1,500 resources in the centre with this number growing weekly. NAFEMS Members have access to numerous types of resource as part of their membership, including presentations from previous events, conference papers, webinar archives, and much more.



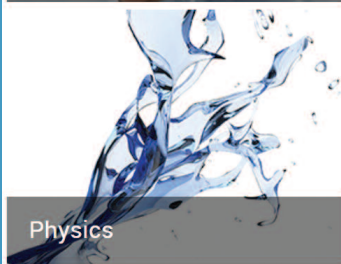
Analysis Management



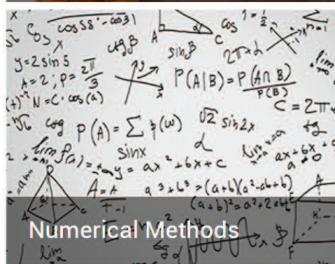
Industry & Products



Materials



Physics



Numerical Methods



All

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.

