

# Online-Magazin

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

## Fachbeiträge in dieser Ausgabe

### Leichtbau mit Faserverbunden

- Werkstoff- und bauweisengerechte Simulationsstrategien zur numerischen Struktur- und Prozessanalyse im compositeintensiven Leichtbau
- Leichtbau in der Fahrzeugentwicklung: Simulationsbasierte Lösungen für Verbundwerkstoffe

### Crash-Simulation

- Robustheitsanalyse – Signifikante Reduzierung der Streuung

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

Alle bisherigen Ausgaben kostenlos zum Download unter:  
[www.nafems.org/magazin](http://www.nafems.org/magazin)

## Quick-Info

### Trainingskurse

#### Simulation und Analyse von Composites

6. - 7. Okt., Wiesbaden

#### Einführung FEM

16. - 18. Nov., Wiesbaden

#### Einführung CFD

25. - 26. Nov., Wiesbaden

#### NEU: Non-Linear Finite Element Analysis

25. - 26. Nov., München

#### Verification & Validation of Models and Analyses

2. - 3. Dez., Wiesbaden

#### e-Learning-Kurse

u. a. zu Fatigue & Fracture, Connections, ...

### Seminare und Konferenzen

#### European Conf.: Coupled MBS-FE Applications

20. - 21. Okt., Turin, Italien

#### Seminar: Strukturdynamik

10. - 11. Nov., Wiesbaden

#### Seminar: Composite Materials and Structures

17. - 18. Nov., Stockholm, Schweden

#### European Conf.: SPDM

2. - 3. Dez., München

#### European Conf.: CFD

2. - 3. Dez., München

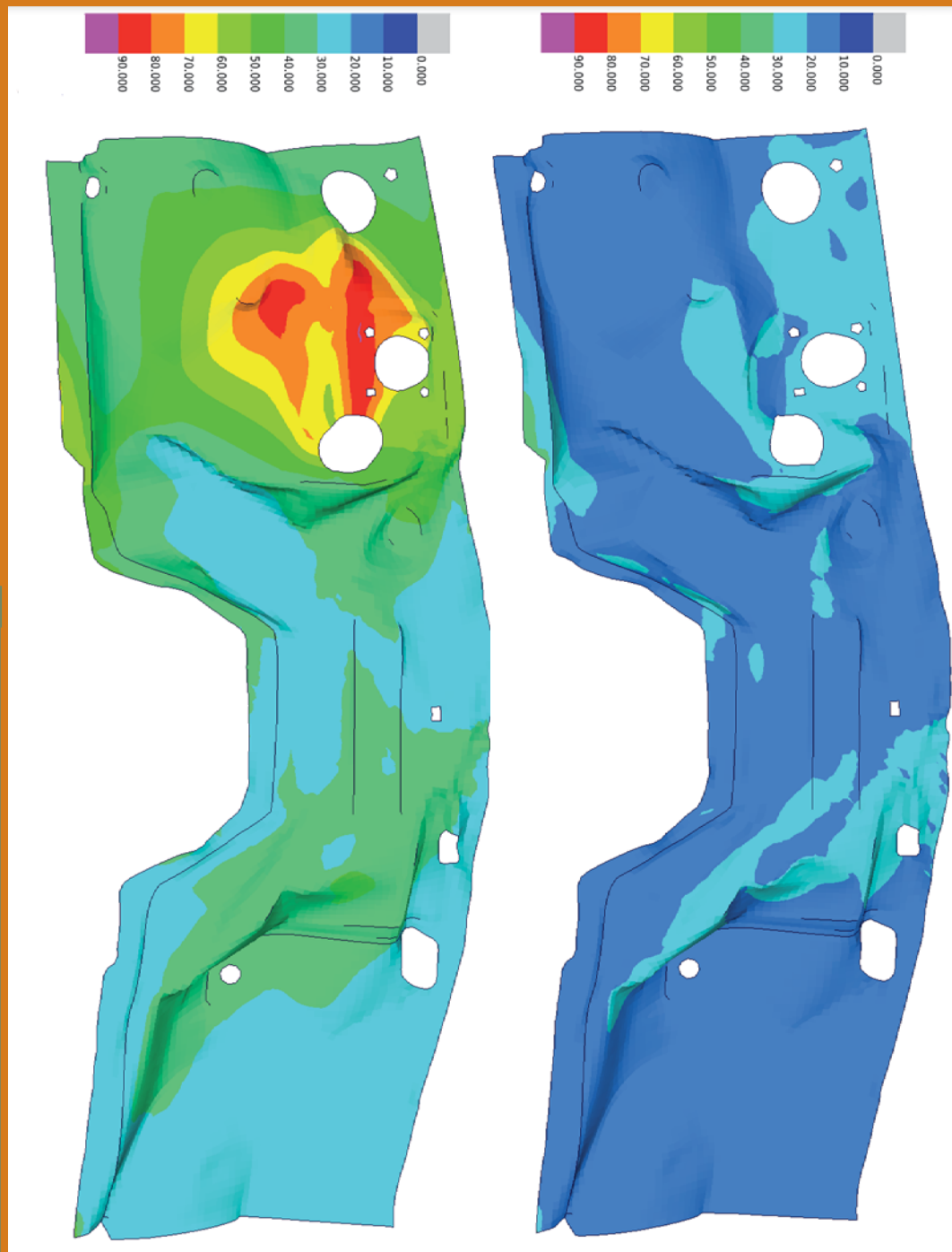
### Bitte Termin vormerken:

#### Deutschsprachige NAFEMS Konferenz

25. - 27. April 2016, Bamberg

#### Weitere Termine für 2015 finden Sie unter

[www.nafems.org/events](http://www.nafems.org/events)



Werden Sie Mitglied in unserer NAFEMS-Gruppe bei XING!

Sponsoren dieser Ausgabe:



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

Sehr geehrte Leserin, sehr geehrter Leser,

die Modellbildung ist ein wesentlicher, oft sogar der entscheidende Schritt in der numerischen Simulation. Hiermit werden die Weichen gestellt, damit die Ergebnisse schließlich die gewünschten Aussagen liefern. Zwei Entwicklungslinien zeichnen sich ab:

Zum einen werden Modelle immer detaillierter; man versucht, immer mehr Einzelheiten in das Modell zu integrieren. Um den Rechenaufwand nicht ins Unermessliche wachsen zu lassen, werden deshalb oft Ansätze in unterschiedlichen Skalen verwendet. Ein erster Fachbeitrag in diesem Heft stellt solche Strategien vor, um damit Strukturen und Prozesse für den Faserverbund-Leichtbau zu analysieren. So unterschiedliche Anwendungen wie eine hybride Radialwelle zur Leistungsübertragung, der prozessbedingten Struktur einer automobilen Außenhaut oder der fügeelementfreien Verbindungstechnologie des Thermoclinchens werden demonstriert. Auch der zweite Fachbeitrag beschreibt Mehrskalenmodelle, wie sie in unterschiedlichen Anwendungsfeldern von Faserverbundwerkstoffen im Fahrzeugbau eingesetzt werden können.

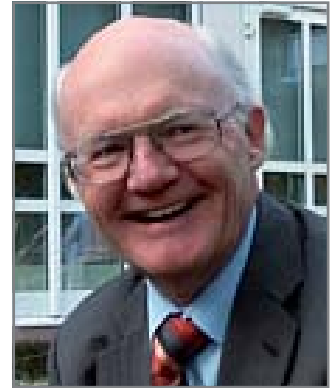
Zum anderen werden Metamodelle entwickelt, das sind Modelle zum Aufbau von Modellen. Als Beispiele für eine Meta-Modellierung sei auf die Beiträge von Rhein, B. et al.: Eine effiziente Methodik für die robuste Optimierung bei der Bauteildimensionierung, NAFEMS Magazin 30, 52-59, oder Kunath, S. et al: Kalibrierung von Messdaten und Simulationen als eine Optimierungsaufgabe mit Signalen, NAFEMS Magazin 31, 71-81 verwiesen. Damit lassen sich die Modelle effizienter gestalten, sodass in der Berechnung das gewünschte Ziel schneller erreicht wird. Ähnliche Effekte erzielt man auch mit einer Hauptkomponentenanalyse, die im dritten Fachbeitrag dieses Heftes zum schnellen und sicheren Auffinden von Streuungsursachen und deren Reduzierung in Crashfällen verwendet wurde.

Beide Entwicklungslinien haben ihren Sinn, und das Magazin wird Fortschritte auf diesem Gebiet sorgfältig beobachten und gegebenenfalls angemessen darüber berichten.

Das vorliegende Heft 34 ist mit Sorgfalt und Bedacht gestaltet. Ich hoffe und wünsche mir, dass es auch für Sie interessante und lehrreiche Beiträge enthält.

Mit freundlichen Grüßen

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



*Prof. Dr.-Ing.  
Klaus Rohwer*

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



[www.puz.de](http://www.puz.de)



[www.dynamore.de](http://www.dynamore.de)



[www.esi-group.com](http://www.esi-group.com)



[www.intes.de](http://www.intes.de)



[www.mscsoftware.com](http://www.mscsoftware.com)



[www.FunctionBay.de](http://www.FunctionBay.de)

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

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

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

**Mitglieder des internationalen NAFEMS Councils**

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

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

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

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

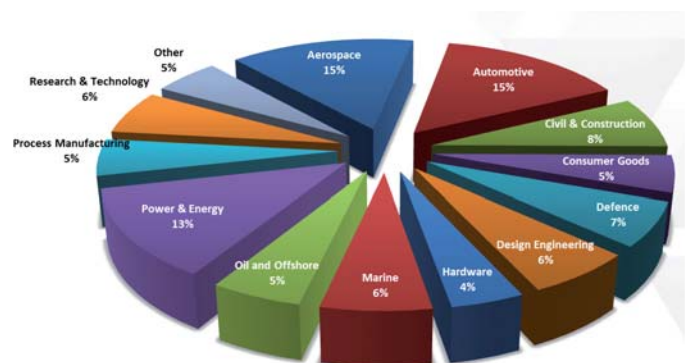
**Die Mitglieder des NAFEMS Steering Committees für Deutschland, Österreich und Schweiz sind:**

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

**Mitglied bei NAFEMS?**

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

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



**Werden auch Sie Mitglied !**  
[www.nafems.org/involved](http://www.nafems.org/involved)



**Impressum**

**Editor-in-Chief**

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

**Redaktioneller Beirat**

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

**Redaktion**

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

**Gestaltung / Layout / Anzeigen**

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

**Bezugspreis / Aboservice**

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

**Anzeigenpreise**

Preisliste vom 01.01.2014

**Verteilung / Bezug**

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

**Copyright © 2014, Werbos GbR.**

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

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

**ISSN 2311-522X**

Vorwort des Editor-in-Chief..... 2  
Sponsoren ..... 3  
Über NAFEMS..... 4  
Inhalt / Impressum ..... 5

**NAFEMS Events**

**Übersicht** ..... 6 - 7

**Trainingskurse**

Einführung in die praktische Anwendung der FEM ..... 8  
Introduction to CFD Analysis: Theory & Applications ..... 9  
Verifikation und Validierung (V&V) ..... 10 - 11  
Simulation und Analyse von Composites ..... 12  
**Neu:** Practical Introduction to Non-Linear Finite Element Analysis ..... 13

**Seminare**

Praktische Aspekte in der Strukturodynamik ..... 14 - 15

**European Conferences**

Coupled MBS-FE Applications: From Classical Design  
to System Engineering ..... 16  
Computational Fluid Dynamics (CFD) – Beyond the Solv ..... 17  
Simulation Process and Data Management (SPDM) ..... 18 - 19

**Nordic:**

Simulating Composite Materials and Structures ..... 19

**Literatur**

Invitation to tender ..... 20  
e-library / Benchmark / Bestellvorgang ..... 21

**Professional Simulation Engineer PSE** ..... 22 - 27

**NAFEMS Mitgliedschaft** ..... 28

**NAFEMS World Congress 2015** ..... 29 - 30

**Neuigkeiten** ..... 31 - 49  
Veranstaltungskalender ..... 50 - 51

**Fachbeiträge**

**Leichtbau mit Faserverbunden**

**Werkstoff- und bauweisengerechte Simulationsstrategien  
zur numerischen Struktur- und Prozessanalyse im  
compositeintensiven Leichtbau** ..... 52 - 58  
M. Gude, H. Jäger, A. Freund (TU Dresden)

**Leichtbau in der Fahrzeugentwicklung:  
Simulationsbasierte Lösungen für Verbundwerkstoffe** ..... 59 - 68  
M. Hack, L. Farkas, C. Liefoghe, M. Bruyneel, A. Sztatecsny  
(Siemens PLM Software)

**Crash-Simulation**

**Robustheitsanalyse  
– Signifikante Reduzierung der Streuung** ..... 69 - 75  
D. Borsotto, R. Strickstroock, C. A. Thole (Sidact GmbH)

**Werbeanzeigen**

ISKO engineers AG ..... 31  
NAFEMS Mitgliedschaft im Detail ..... 28  
BENCHmark ..... 49



## Trainings

Titel	Termin	Infoseite
<b>Simulation und Analyse von Composites</b> Wiesbaden <a href="http://www.nafems.org/events/nafems/2015/comp-course2/">www.nafems.org/events/nafems/2015/comp-course2/</a>	06. - 07. Okt.	12
<b>Einführung in die praktische Anwendung der FEM</b> Wiesbaden <a href="http://www.nafems.org/events/nafems/2015/dach-fea2e/">www.nafems.org/events/nafems/2015/dach-fea2e/</a>	16. - 18. Nov.	8
<b>Introduction to CFD Analysis: Theory and Applications</b> Wiesbaden <a href="http://www.nafems.org/events/nafems/2015/cfd-course2/">www.nafems.org/events/nafems/2015/cfd-course2/</a>	25. - 26. Nov.	9
<b>NEU: Non-Linear Finite Element Analysis</b> München <a href="http://www.nafems.org/events/nafems/2015/non-linear-munich/">www.nafems.org/events/nafems/2015/non-linear-munich/</a>	25. - 26. Nov.	13
<b>Verification &amp; Validation of Models and Analyses (V&amp;V)</b> Wiesbaden <a href="http://www.nafems.org/events/nafems/2015/vandv2/">www.nafems.org/events/nafems/2015/vandv2/</a>	02. - 03. Dez.	10 - 11

## Konferenzen

<b>European: Coupled MBS-FE Applications: From Classical Design to System Engineering</b> Turin, Italien <a href="http://www.nafems.org/mbs2015">www.nafems.org/mbs2015</a>	20. - 21. Okt.	16
<b>Praktische Aspekte in der Strukturdynamik</b> Wiesbaden <a href="http://www.nafems.org/2015-struct">www.nafems.org/2015-struct</a>	10. - 11. Nov.	13
<b>Simulating Composite Materials and Structures</b> Stockholm, Schweden <a href="http://www.nafems.org/2015-stock">www.nafems.org/2015-stock</a>	17. - 18. Nov.	19
<b>European Conference: Simulation Process and Data Management</b> München <a href="http://www.nafems.org/spdm2015">www.nafems.org/spdm2015</a>	02. - 03. Dez.	18 - 19
<b>European Conference: Computational Fluid Dynamics (CFD) – Beyond the Solve</b> München <a href="http://www.nafems.org/cfd2015">www.nafems.org/cfd2015</a>	02. - 03. Dez.	17
<b>Bitte Termin vormerken: Deutschsprachige NAFEMS Konferenz</b> Bamberg, D – Inhalte und Infos folgen in Kürze <a href="http://www.nafems.org/2016/dach/">www.nafems.org/2016/dach/</a>	25. - 27. April 2016	

Informationen zu allen NAFEMS Veranstaltungen finden Sie unter [www.nafems.org/events](http://www.nafems.org/events)

## e-Learning Kurse

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

Folgende Themen werden regelmäßig angeboten

- **Practical Modelling of Joints and Connections**
- **Practical Computational Fluid Dynamics**
- **Fluid Dynamics Review for Computational Fluid Dynamics**
- **Basic Finite Element Analysis**
- **Basic Dynamic Finite Element Analysis**
- **Elements of Turbulence Modeling**
- **Computational Fluid Dynamics for Structural Designers and Analysts**
- **Fatigue & Fracture Mechanics in Finite Element Analysis**
- **Advanced Dynamic Finite Element Analysis**
- **Fluid Dynamics Review for Computational Fluid Dynamics**
- **Composite Finite Element Analysis**
- **Structural Optimization in Finite Element Analysis**
- **Practical Computational Fluid Dynamics**

Aktuelle Termine und weitere Infos unter [www.nafems.org/e-learning](http://www.nafems.org/e-learning)

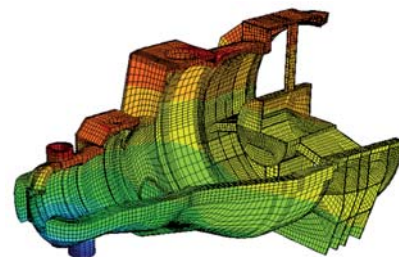
## Werden Sie NAFEMS Trainer

NAFEMS erweitert kontinuierlich das Kursangebot regional und international und sucht Ingenieure aus Industrie und Hochschule, die gerne als Referenten für NAFEMS arbeiten möchten.

Bei Interesse senden Sie bitte eine e-mail an [info@nafems.de](mailto:info@nafems.de).

## NAFEMS Trainingskurse FEM

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



16. - 18. November 2015 in Wiesbaden / auch als Inhouse-Kurs buchbar

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

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

### Inhalte

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

### Referent



*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.*

### Kurs Sprache

Deutsch

### Inhouse-Kurs

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

[www.nafems.org/events/nafeems/2015/dach-fea2e](http://www.nafems.org/events/nafeems/2015/dach-fea2e)

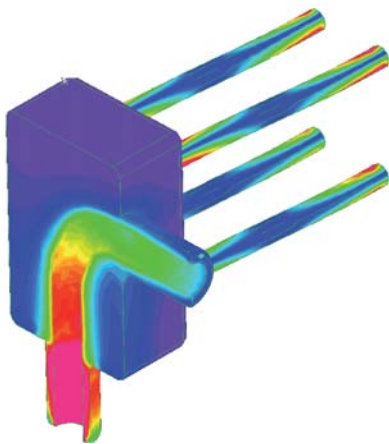


## NAFEMS Trainingskurs CFD

# Introduction to CFD Analysis: Theory and Applications

25. - 26. November 2015 in Wiesbaden / auch als Inhouse-Kurs buchbar

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



### Inhalte

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

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

### Kursprache

Englisch / Deutsch, falls nur deutschsprachige Teilnehmer.

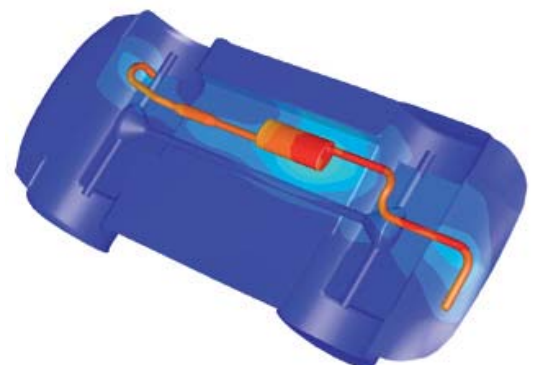
### Inhouse-Kurs

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

### Referent



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



[www.nafems.org/events/nafems/2015/cfd-course2](http://www.nafems.org/events/nafems/2015/cfd-course2)

## NAFEMS Trainingskurs V&V (englischsprachig)

# Verification & Validation of Models and Analyses

02. - 03. Dezember in Wiesbaden / auch als Inhouse-Kurs buchbar

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

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

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

### The Course

#### Participants of this master class will:

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

### Who Should Attend?

#### This master class course is designed for:

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

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

### Program

#### Introduction

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

#### Validation, Qualification & Certification of Industrial Products

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

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

### V&V and Simulation Management

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

### Realistic Simulation

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

### V&V Fundamentals and Standards

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

### Verification

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

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

### Uncertainty Quantification

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

### V&V Implementation Strategies

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

### Course Language

Englisch

### Tutors



Jean-Francois Imbert

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



Philippe Pasquet

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

[www.nafems.org/events/nafems/2015/vandv2](http://www.nafems.org/events/nafems/2015/vandv2)

## NAFEMS Trainingskurs

# Simulation und Analyse von Composites

6. - 7. Oktober 2015 in Wiesbaden / auch als Inhouse-Kurs buchbar

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

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

### Training

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

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

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

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

### Wer sollte teilnehmen

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

### Inhalte

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

### Referent



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

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

### Kurssprache

Deutsch

### Inhouse-Kurs

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

[www.nafems.org/events/nafems/2015/comp-course2](http://www.nafems.org/events/nafems/2015/comp-course2)



## NAFEMS Trainingskurs

# Practical Introduction to Non-Linear Finite Element Analysis

25. - 26. November 2015 in München / auch als Inhouse-Kurs 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.

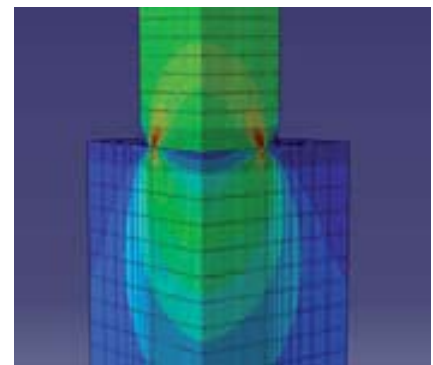
### Who Should Attend

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 procedures, 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, NAFEMS*

### 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.

[www.nafems.org/events/nafems/2015/non-linear-munich/](http://www.nafems.org/events/nafems/2015/non-linear-munich/)



## NAFEMS Konferenz

## Praktische Aspekte in der Strukturmechanik Vibration, Dämpfung, ...

10. - 11. November 2015, Wiesbaden

Call for Papers:  
Termin zur Einreichung von Abstracts  
bis 15. Sept. verlängert!

Strukturmechanische Berechnungen auf allen Stufen der Produktentwicklung und der Forschung gehören zum Standardprogramm in fast allen Bereichen der Industrie. Höhere Betriebslasten, Geschwindigkeiten, Drehzahlen, Leichtbaustrukturen, extreme Einsatzanforderungen (Naturkatastrophen, Unfälle und Anschläge), Komforteigenschaften (Akustik und Schwingungen), etc. erfordern eine sichere und wirtschaftliche Auslegung von Maschinen, Bauteilen, Anlagen und Bauten mit Hilfe strukturmechanischer Untersuchungen. Neben den Funktions-, Komfort- und Sicherheitsaspekten sind es auch strengere Arbeitsschutzvorschriften, die Anlass für strukturmechanische Analysen von Konstruktionen geben.

Theorie-, Soft- und Hardwareentwicklungen haben der Strukturmechanik viele Möglichkeiten für realitätsnahe Modellierungen und Simulationen erschlossen. Insbesondere die Kombination von FEM-, MKS- und Akustikprogrammen unter Einbeziehung unterschiedlichster physikalischer Einflüsse hat die Möglichkeiten der Abbildung realer Verhältnisse erheblich erweitert. So können beispielsweise Schwingungsberechnungen zur Simulation der Körperschallausbreitung schon in frühen Phasen der Konzeptstudien und an virtuellen Prototypen durchgeführt werden, und zu wesentlichen Verbesserungen der Produkteigenschaften beitragen.

Die Simulation und Analyse zeitveränderlicher Beanspruchungen für reale Strukturen ist in der Regel mit einem erheblichen Berechnungsaufwand verbunden, speziell, wenn Vorgänge über einen größeren Zeitraum oder in einem breiten Frequenzband zu untersuchen sind und immer detailliertere – auch nichtlineare – Modelle benutzt werden. Modellvereinfachungen und -reduktionen werden erforderlich. Lasten, Randbedingungen, Parameter und Materialmodelle sind zu bestimmen, die ebenfalls mit der Zeit veränderlich sein können. Eine Reihe der Eingangsgrößen der Strukturmechanik ergeben sich selbst erst als Ergebnisse aus separaten bzw. gekoppelten Berechnungen zur Kinematik und Kinetik der Maschinen und Anlagen oder aus Messungen. Damit ist die Auswahl der für eine Aufgabenstellung geeigneten Vorgehensweisen, numerischen Verfahren und Modelle für die erreichbare Ergebnisqualität und den Aufwand der Berechnungen entscheidend.

Die zweckentsprechende Modellierung der Dämpfung wirft immer wieder Probleme auf (unter dem Oberbegriff Dämpfung werden sehr verschiedenartige physikalische Phänomene der Energiedissipation zusammengefasst). Aus der Messung ermittelt man oft nicht reproduzierbare Werte und detaillierte Dämpfungsmodellierungen sind aufwendig und anspruchsvoll. Andererseits ist nicht immer und auch nicht in allen Bereichen der Strukturen eine detaillierte Dämpfungsbeschreibung erforderlich.

Experimente und Messungen waren und sind unverzichtbare Bestandteile strukturmechanischer Untersuchungen. Beide Welten, Simulation und Messung, sind eine Symbiose eingegangen, die neue Möglichkeiten erschließt (Hardware-in-the-Loop; Software-in-the-Loop), aber auch neue Anforderungen an die Systementwicklung, den Anwender und die Ausbildung stellen.

Entwicklungen in der Theorie, Soft- und Hardware erschließen der Strukturmechanik immer neue Möglichkeiten für realitätsnahe Simulationen. So werden Virtual-Reality-Entwicklungen für die Simulationen des Strukturverhalten in quasi Echtzeit möglich. Auch die Verbindung von FEM und MKS ist weiter vorangeschritten, um elastische Mehrkörper realitätsnahe einzubeziehen zu können und die Vorteile der Mehrkörperdynamik weiterhin zu nutzen. Diese hier nur angedeutete Vielfalt, der für die Strukturmechanik zu bedenkenden Probleme und neuen Möglichkeiten, macht es dem Anwender oft schwer, die richtigen Entscheidungen zu treffen. Fehlentscheidungen können nicht nur zu erheblichen Zeitverlusten und kostenintensiven Fehlläufen führen, sondern auch scheinbar plausible Ergebnisse produzieren, deren Nutzung folgeschwer sein kann.

Das Seminar soll mit Beiträgen aus der Forschung, industriellen Anwendung und zu Entwicklungen in der Software einen Überblick über aktuelle Methoden und Verfahren für eine bestmögliche Auslegung geben. Mit dem Seminar will NAFEMS dazu beitragen, sicherer und effizienter mit den CAE-Werkzeugen für strukturdynamische Untersuchungen umzugehen. 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 Softwareausstellung, die einen Überblick über verfügbare kommerzielle Lösungen gibt.

Wir freuen uns über Ihre Vortrageinreichung.

Prof. Dr.-Ing. Manfred Zehn  
TU Berlin / Vice Chairman of  
NAFEMS

Dr. Alfred J. Svobodnik Konzept-X  
GmbH / Mitglied NAFEMS DACH  
SC

#### Termin

10. Nov. 2015  
voraussichtlich 13.00 - 19.00 Uhr  
11. Nov. 2015  
voraussichtlich 08.30 - 16.00 Uhr

#### Einreichung von Vortragsvorschlägen

Bitte senden Sie einen 1/2-seitigen Abstract an [info@nafems.de](mailto:info@nafems.de) bis spätestens

**15. September 2015 (verlängert)**

#### Sprache / Manuskript / Vortragsdauer

Der mündliche Vortrag (25 min.) sollte in deutscher Sprache gehalten, das Manuskript in englischer Sprache verfasst werden.

#### Publikation

Es ist beabsichtigt, nach einer Rezension einzelne Vorträge im NAFEMS Benchmark Magazin und/oder im deutschsprachigen NAFEMS Online-Magazin zu veröffentlichen.

#### Veranstaltungsort / Hotel

Hotel Oranien Wiesbaden  
Platter Straße 2  
D-65193 Wiesbaden  
[www.hotel-oranien.de](http://www.hotel-oranien.de)

#### Teilnahmegebühren

Nicht-Mitglieder:  
Euro 590,— / Person  
NAFEMS-Mitglieder:  
frei\*

\* NAFEMS Mitglieder erhalten sechs „seminar credits“ pro Jahr. Für dieses Seminar werden drei credits je Teilnehmer benötigt. Falls bereits verwendet, können NAFEMS Mitglieder zu einem reduzierten Preis teilnehmen:

Euro 410,— / Person  
Vortragende entrichten die reguläre Teilnahmegebühr.

#### Hard- und Softwareausstellung

Eine begleitende Ausstellung von Softwareanbietern und Dienstleistern ist geplant. Bitte fordern Sie Informationen an.

#### Tagungssprache

Deutsch (in Ausnahmen in englischer Sprache)

[www.nafems.org/2015-struct](http://www.nafems.org/2015-struct)

## NAFEMS 2<sup>nd</sup> European Conference

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

20 - 21 October 2015, Turin, Italy

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

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

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

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

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

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

### Conference agenda

The agenda will be published in the next couple of days. Please have a look at the website.

### Conference language

English

### Conference format

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

### Conference venue

NH Ambasciatory, Turin, Italy

### Exhibition and sponsoring

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

### Organizer

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

- **Computational Structural Mechanics Working Group**  
[www.nafems.org/tech/csm/](http://www.nafems.org/tech/csm/)
- **Multi-body Dynamics Working Group**  
[www.nafems.org/tech/mbd/](http://www.nafems.org/tech/mbd/)
- **Systems Modeling & Simulation Working Group**  
[www.nafems.org/tech/systems\\_modeling](http://www.nafems.org/tech/systems_modeling)

### Registration fees

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

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

All plus VAT if applicable.

### Contact and further information

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

[www.nafems.org/mbs2015](http://www.nafems.org/mbs2015)

## NAFEMS 1<sup>st</sup> European Conference

Call for Papers:  
Abstract submission deadline  
extended to 15 September!

# Computational Fluid Dynamics (CFD) – Beyond the Solve

The complete CFD activity chain across all industries from geometry to final conclusions – best practice methods and tools, automation, optimisation, verification and validation.

2 - 3 December 2015, Munich, Germany

Nowadays Computational Fluid Dynamics methods are a well-established and accepted development tool used in a wide range of industries. Since CFD achieved this level of acceptance, the expectations towards CFD regarding turn-around time, ease-of-use, process robustness, automation and standardization have changed rapidly. In response, recently there has been a strong focus on CFD Workflow Management.

The European NAFEMS CFD Conference will offer a unique forum where experts from different industries, academia, software vendors will share their knowledge regarding CFD Workflow Management concepts and solutions covering the following topics:

### Reduce the turn-around time and ease-of-use of CFD process via:

- CFD workflow process automation: Preprocessing – Simulation – Postprocessing - CFD process standardization

### Improve the robustness of CFD analysis via:

- Integration with Product Data Management (PDM) systems
- Integration with Simulation Data Management (SDM) systems
- Advanced material data management concepts

### Improved usability of CFD processes via:

- Integration in optimization workflows
- Integration in multi-disciplinary simulation processes

### Verification and correlation in the design process

NAFEMS is looking for your expertise! If you are interested in talking to the CFD community about the CFD workflow management and the management of new challenging CFD applications in your organization and sharing your thoughts about future trends you are invited to submit a presentation for the 1st European NAFEMS CFD conference. The conference welcomes participation from every type of organization – large and small, across all sectors.

The 'CFD – Beyond the Solve' event is being run in parallel with the 'NAFEMS Simulation Process and Data Management' European Conference. Delegates will be free to attend sessions of their choice in both events in order to exploit the synergies between these two technical areas.

Please submit abstracts of approximately 300 words, including title and author contact information, by 15 September 2015 to [roger.oswald@nafems.org](mailto:roger.oswald@nafems.org)

We are looking forward to meeting you in Munich.

NAFEMS DACH CFD Advisory Board (CAB) / NAFEMS CFD Working Group

**Conference language**  
English

### Conference format

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

### Conference venue

Dolce Munich Unterschleißheim  
[www.DolceMunich.com](http://www.DolceMunich.com)

### Exhibition and sponsoring

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

### Organizer

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

- **DACH CFD Advisory Board**  
[www.nafems.org/about/tech/cfd/cab](http://www.nafems.org/about/tech/cfd/cab)
- **NAFEMS CFD Working Group**  
[www.nafems.org/about/tech/cfd](http://www.nafems.org/about/tech/cfd)
- **and other NAFEMS Working Groups**  
[www.nafems.org/about/tech](http://www.nafems.org/about/tech)

### Registration fees

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

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

All plus VAT if applicable.

### Contact and further information

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

[www.nafems.org/cfd2015](http://www.nafems.org/cfd2015)

## NAFEMS 3<sup>rd</sup> European Conference

# Simulation Process and Data Management – SPDM

Call for Papers:  
Abstract submission deadline  
extended to 15 September!

2 - 3 December 2015, Munich, Germany

Simulation Data Management is now established as the essential Enterprise Application for the management of simulation-based virtual engineering processes. SDM was first deployed in Munich by a team based in Munich so it is appropriate for NAFEMS to return to the home of SDM for this European SPDM conference.

The European NAFEMS SPDM Conference will offer a unique forum where experts from different industries, academia, consultancies and software vendors will share their knowledge regarding Simulation Process and Data Management concepts and solutions covering the following topics:

### Deployment of SDM solutions:

- Examples of deployments in industrial companies and elsewhere
- Examples of SDM deployments for the management of CFD data and processes
- Methodologies for the deployment of SDM solutions
- Best Practices for SDM deployment

### Business Processes implemented in SDM

- Robust design using SDM
- Verification and Validation using SDM
- Collaborative concept and product development using SDM

### Business Value of SDM solutions

- Examples of Business Benefits obtained with SDM

### Standards based approaches in SDM

- Standards for exchange and collaborative working
- Standards for Long Term Archival of Simulation data sets

### Essential components of an SDM solution:

- Simulation Process Management solutions
- Design of Experiments/ Design Space Exploration tools
- Data translation and visualisation solutions
- Data compression solutions

### Data and Process Integration tools:

- Integration with Product Data Management (PDM) systems
- Integration with Product Lifecycle Management
- Integration with Materials Data Management (MDM) systems

### Platforms for the deployment of industrialised/democratised simulation processes

NAFEMS is looking for your expertise and experience. If you are interested in talking to the SDM community about the the Simulation Process and Data Management Projects in your organization and sharing your thoughts about future trends you are invited to submit a presentation for this European NAFEMS SPDM conference. The conference welcomes participation from every type of organization – large and small, across all sectors.

The 'NAFEMS Simulation Process and Data Management' event is being run in parallel with the 'CFD – Beyond the Solve' European Conference. Delegates will be free to attend sessions of their choice in both events in order to exploit the synergies between these two technical areas.

Please submit abstracts of approximately 300 words, including title and author contact information, by 15 September 2015 to [roger.oswald@nafems.org](mailto:roger.oswald@nafems.org)

We are looking forward to meeting you in Munich.

NAFEMS SDM Working Group

### Conference language

English

### Conference format

Day 1:

9:00 - 17:30

Keynotes/presentations

17:30 - 20:00

Get together

Day 2:

8:30 - 15:30

Keynotes/presentations

### Conference venue

Dolce Munich Unterschleißheim  
[www.DolceMunich.com](http://www.DolceMunich.com)

### Exhibition and sponsoring

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



Call for Papers:  
Abstract submission deadline extended to 15 September!

## NORDIC Conference

# Simulating Composite Materials and Structures

17 – 18 November 2015, Stockholm, Sweden

### Organizer

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

- **NAFEMS SDM Working Group**  
[www.nafems.org/about/tech/sdmwg](http://www.nafems.org/about/tech/sdmwg)
- **and other NAFEMS Working Groups**  
[www.nafems.org/about/tech](http://www.nafems.org/about/tech)

### Registration fees

- NAFEMS members: Free  
NAFEMS members can use seminar credits towards free attendance at this event. This event will charge four seminar credits per delegate.
  - Members without seminar credits: 490 Euro
  - Non members: 695 Euro
- The registration fee includes conference attendance, proceedings, lunches, break refreshments and get together. Hotel accommodation is not included.  
All plus VAT if applicable.

### Contact and further information

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

[www.nafems.org/spdm2015](http://www.nafems.org/spdm2015)

Composite structures or components are increasingly use as primary load carrying structures in nearly all fields of our society, taking advantage of the increased structural strength and stiffness to weight ratios, corrosion resistance, or more innovative design capability that composites bring. The nature of the composite used can range from cheap and freely available glass fiber reinforced systems to exotic and specifically tailored carbon, aramid or even metal/matrix systems, with many forms of manufacturing process available. The design may include thick composite sections with large numbers of plies, there may be regions of significant ply drop off, sandwich construction and also bonded joints. In this case the strength prediction may become very difficult and can often only be solved with the incorporation of advanced experimental tests.

The successful application of FE methods for the design of components and structures which are made of modern materials strongly depends on the ability of the designer to choose the correct lay up, fiber orientation etc. The development of numerical methods and faster computers, better design criteria etc. makes it much more economically efficient than experimental testing although that experimental test in some extent is still needed. Embedded in the quest to computerize composite designs is also a challenge of capturing global as well as local effects. In fact, understanding of the micro scale failure scenarios, i.e. brittle and ductile fracture, progressive cracking, debonding, delamination, etc, is a prerequisite to enable building of macro scale modeling techniques which can readily be used in product

development. It is anticipated that an increased use of these materials, together with advanced FE analysis methods to predict the limits of structural integrity more precisely, lies ahead.

The seminar is intended as a forum for experts in the area of prediction and modeling of composite structures by using FEA. The event is accompanied by an exhibition of engineering software, computer systems, and related consultancy services. A comprehensive review of the current state-of-the-art and trends as well as of future challenges will thus be accessible to participants.

Please submit abstracts of approximately 300 words, including title and author contact information, by 15 September 2015 to [roger.oswald@nafems.org](mailto:roger.oswald@nafems.org)

We are looking forward to meeting you in Stockholm.

### NAFEMS NORDIC Steering Group

### Conference language

English

### Exhibition and sponsoring

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

### Contact and further information

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

[www.nafems.org/2015-stock](http://www.nafems.org/2015-stock)

# invitation<sup>2</sup>TENDER



NAFEMS currently has several open invitations to tender, which can be viewed at [nafems.org/tender](http://nafems.org/tender)

## How to Undertake a Contact and Friction Analysis

The Computational Structural Mechanics Working Group (CSM-WG) wishes to commission an update of the existing document "How to Undertake a Contact and Friction Analysis". The original work was issued by NAFEMS in the year 2000 and was authored by Albert Konter of MARC Europe.

The updated book will form part of the "How to..." series of NAFEMS documents. The Why Do/ How To series of publications is designed to guide both new and experienced analysts. The booklets are written to introduce various analysis methodologies to engineers and engineering managers, in a straightforward and informative manner.

## Development of On-line Assessments for the PSE Core FEA Technical Area

The NAFEMS Education and Training Working Group wishes to commission a series of on-line assessments covering the competencies in the PSE Tracker Educational Base Core FEA module.

These on-line assessments will in the first instance be aimed at self-assessment by FEA users engaged in self-learning and possibly considering applying for the PSE Qualification. In time it is expected that such an assessment framework may be extended to formal examination of competencies in lieu of, or to complement, the attestation of competencies by the applicant's referees.

An exemplar self-test assessment is included with the tender document online. While this assessment is rich in graphics, it is realised that simple text questions and model answers may also represent an appropriate compromise wrt timescale and cost. This issue is left to your discretion. It may also be noted that the exemplar was not designed to specifically address the NAFEMS Tracker Core FEA Competencies, although some may be useful for this purpose.

## An Introduction to Thermal Analysis in Solid Structures (Re-issued)

The NAFEMS Education and Training Working Group wishes to commission a new book in the "WHY DO" series on Thermal FE analysis. This book should be aimed at a graduate level industrial user who is familiar with basic linear FE analysis, but is inexperienced in advanced FE analysis, who wishes to start analysing thermal problems.

The book should cover all modern aspects of FE thermal analysis in solid structures. The following topics are expected to be covered:

- Heat transfer mechanisms; conduction, convection, radiation
- Steady state and transient problems
- Thermal boundary conditions, e.g. temperatures and heat transfer coefficients
- Linear and non-linear thermal analysis
- Thermal material properties
- Thermal stresses (and associated structural properties and loading)
- Sequential and coupled thermal-stress analysis.

[www.nafems.org/tender](http://www.nafems.org/tender)



## NAFEMS reference library at the click of a button

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

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

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

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

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

### Find out about subscription today

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

[www.nafems.org/publications/e-library](http://www.nafems.org/publications/e-library)

## Benchmark July 2015

Die internationale NAFEMS Zeitschrift „Benchmark“ erschien in der Druckauflage zuletzt im July 2015 mit dem Schwerpunktthema: **Composites**

Folgende Fachbeiträge befinden sich im Heft:

- The SIMULIA Living Heart Project
- Focus on composites
- Composites Technical Working Group Overview
- Composites Research on the Rise
- The CDMHUB
- Composites Simulation Tools Review
- Capturing Material Properties from 3D Composites Data
- Nonlinear Multi-scale modelling of composites
- Composite Process Simulation
- Accounting for Dimensional change by Simulation
- Addressing Automotive Composite Challenge
- Damaging Analysis of Composite Structures

Download (nur für Mitglieder) und Informationen zum Abonnement finden Sie unter:

[www.nafems.org/publications/benchmark](http://www.nafems.org/publications/benchmark)



## NAFEMS Publikationen auch über NAFEMS GmbH bestellen

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

[www.nafems.org/publications](http://www.nafems.org/publications)



# PSE

Professional Simulation Engineer



## A New Standard for Simulation Engineers

## Certification

# Professional Simulation Engineer



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

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

### About the PSE Competency Tracker

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

#### Browsing PSE Competencies

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

#### Educational Resources

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

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

### Measuring & Tracking Competency

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

**The PSE Competency Tracker can be accessed by NAFEMS members at**

[www.nafems.org/pse/competencytracker](http://www.nafems.org/pse/competencytracker).

### About PSE Certification

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

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

**Apply online for PSE Certification at [www.nafems.org/pse](http://www.nafems.org/pse).**

More Information on page on the following pages.



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

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

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

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

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

**PSE Modules include:**

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



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

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

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



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

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

There are three main functions of the PSE Competency Tracker:

#### Access PSE Competencies

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

#### Browse Educational Resources

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

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

#### Measure & Track Competency

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

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

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

## Key Features

### For Individual Analysis & Simulation Engineers...

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

### For Team Managers...

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

### For Technical Leaders & Human Resource Managers...

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

## Benefits

### For Individuals....

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

### For Companies....

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



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

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

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

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

## PSE Certification Standard

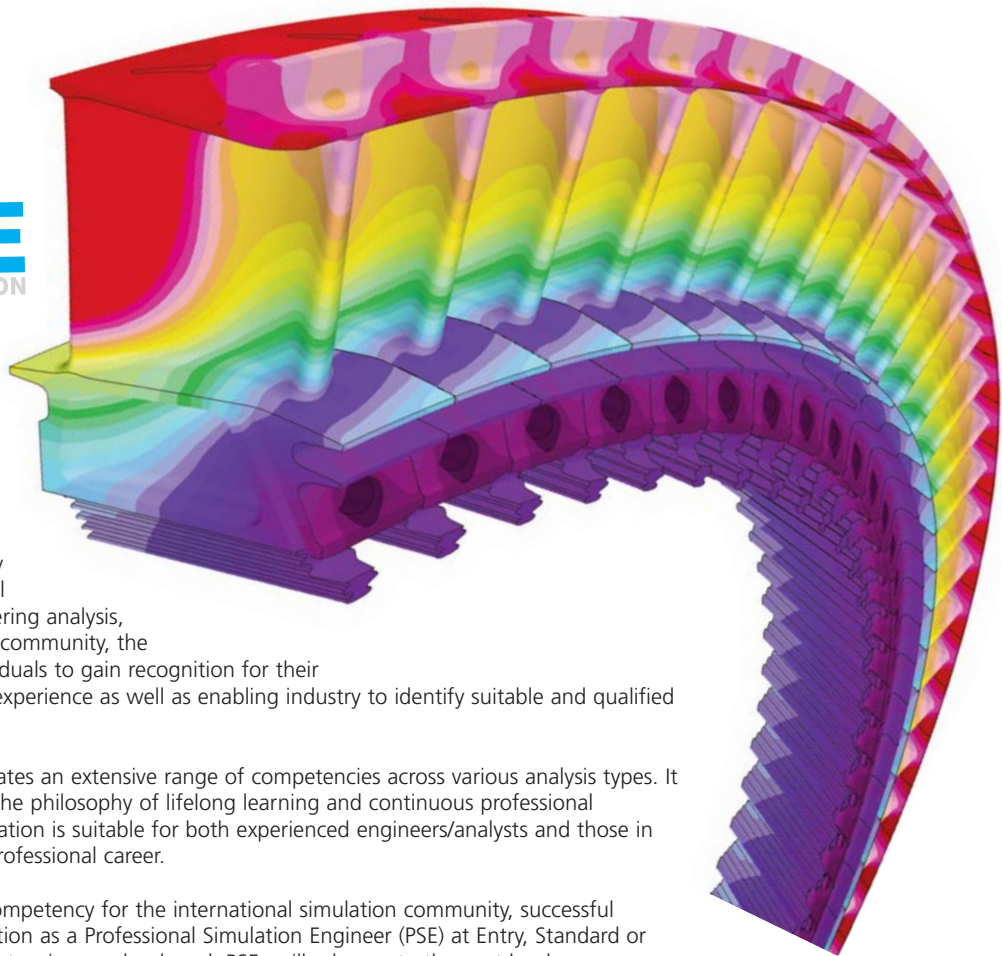
PSE Certification is based on the simple concept that the 'Professional Simulation Engineer' certificate is achieved by an independent assessment of workplace competency.

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

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

### PSE Certification has been designed to:

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



## Certification Levels

Applicants can gain certification in any number of technical areas.

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

### Entry Level

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

### Standard Level

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

### Advanced Level

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

## Benefits

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

### Benefits for Individuals...

For individuals some of the benefits of PSE certification include:

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

### Benefits for Companies...

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

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

## who should apply?

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

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

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



## Membership to suit you

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

### Site membership

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

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

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

### Corporate membership

*Tailored membership for large companies with multiple locations*

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

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

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

### Small company membership

*Cost-effective membership for small to medium sized enterprises*

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

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

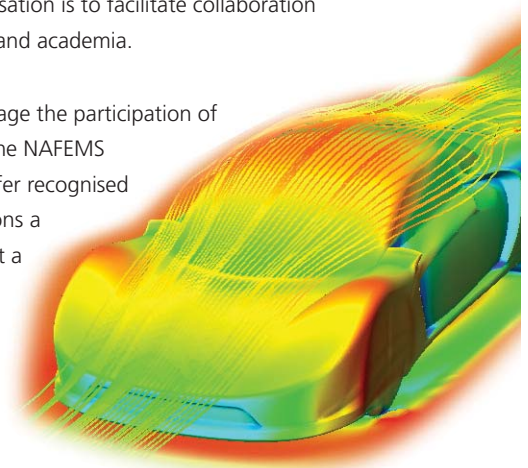
### Academic membership

*Offering the benefits of site membership to recognised academic institutions*

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

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

[www.nafems.org/involved](http://www.nafems.org/involved)







**NAFEMS World Congress 2015 - A World of Engineering Simulation!**

**Die Engineering Modelling, Analysis and Simulation Community traf sich in San Diego!**

Vom 21. - 24. Juni 2015 fand in San Diego, CA, USA, der NAFEMS World Congress & Int. SPDM Conference statt. Es ist geplant, in einer der folgenden Ausgaben einen ausführlichen Beitrag zu veröffentlichen.

Vorab ein paar Fakten:

- 575 Teilnehmer aus 33 Ländern
- +300 technische Präsentationen und Workshops
- Hochkarätige Keynotes und „invited speaker“
- 35 Hard- und Softwareaussteller
- Einzigartiges Gala-Dinner
- ... und so vieles mehr!

Sponsoren



... und Bilder – siehe nächste nächste Seite!





...mehr dazu in einer der nächsten Ausgaben! Weitere Infos und Bilder unter: [www.nafems.org/congress](http://www.nafems.org/congress)



## ALTAIR ENGINEERING

### Ford Motor Company erhält den Altair Enlighten Award 2015 für Innovationen im automobilen Leichtbau

Altair und das Center for Automotive Research (CAR) geben heute bekannt, dass die Ford Motor Company den dritten Altair Enlighten Award gewonnen hat. Ford erhält den jährlich vergebenen Award für den Einsatz verschiedener Leichtbaumaterialien, die zu Gewichtsreduzierungen beim 2015er Ford F-150 geführt haben. Der Award wurde am 3. August, während des CAR Management Briefing Seminars (MBS) 2015 in Traverse City, Mich., vergeben und ist das erste Award-Programm der Automobilindustrie, das Innovationen im automobilen Leichtbau auszeichnet.

Der Ford Beitrag, eine von insgesamt 17 Nominierungen für den Award, wurde als Gewinner ausgewählt, weil das Unternehmen beim Ford F-150 eine Gewichtsreduzierung von 700 Pfund (318 kg), bei gleichzeitigen Leistungs-, Sicherheits- und Effizienzverbesserungen, erzielen konnte. Die Ford Ingenieure verwendeten beim gesamten Design des Fahrzeuges, darunter Rahmen, Fahrzeugaufbau, Antriebsstrang, Batterie und Innenraumelemente wie Sitze, fortschrittliche Materialien und verfolgten so einen ganzheitlichen Ansatz zur Gewichtsreduzierung. Die Gewichtseinsparungen ermöglichen eine höhere Zug- und Transportlast des Transporters, eine bessere Beschleunigung und kürzere Bremswege und tragen insgesamt zu einer besseren Treibstoffeffizienz bei.

Beim F-150 wurden erstmals durchgehend hochfeste, militärischen Standards entsprechende, Aluminiumlegierungen verwendet, mit denen bei der Fahrzeugkarosserie etwa 400 Pfund (181 kg) Gewicht eingespart werden konnte. Die Entwicklungs-, Forschungs- und Fertigungsteams bei Ford meisterten mit diesem Projekt die Herausforderung des Wechsels von einer traditionellen Stahlkarosserie zu einer modernen Aluminiumfertigung. Dies ist ein bemerkenswertes Beispiel für

den Einsatz von Aluminium in einer Großserienanwendung.

### Altair bietet HPC Cloud-Lösungen auf Microsoft Azure an

Altair hat heute eine geschäftliche Zusammenarbeit mit Microsoft angekündigt, im Rahmen derer eine High-Performance Computing (Lösung) auf der Azure Cloud Computing Plattform erstellt und angeboten werden soll. Dies folgt direkt der Entscheidung Microsofts, die Altair PBS Works™ Suite als die bevorzugte Workload Management Suite für Azure Kunden aus der Fertigung zu benennen.

Im Rahmen der Zusammenarbeit wird Altair eng mit Microsoft daran arbeiten, schlüsselfertige Lösungen zu entwickeln, mit denen Anwender von jedem internetfähigen Gerät aus auf die High Performance Computing (HPC) Ressourcen in der Cloud zugreifen können. Diese Lösungen nutzen Altairs PBS Works Plattform in Azure, um einen intuitiven Web-Portal Zugriff und ein Workload Management zu ermöglichen und damit einen schnellen und skalierbaren Zugriff auf die Azure HPC Ressourcen sicher zu stellen.

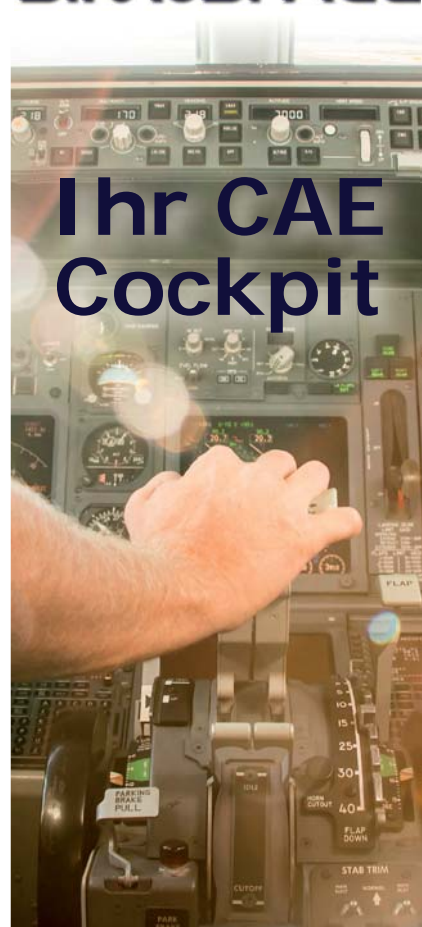
Die ersten Lösungen werden darauf ausgelegt sein, den wachsenden Bedarf an HPC der Fertigungsindustrie abzudecken, um rechenintensive Simulationen, wie numerische Strömungsmechanik (CFD), Crash- und Sicherheitsanalysen, Optimierungen und Elektromagnetik, durchzuführen.

### Altair kündigt HPC Cloud Computing Wettbewerb an

Altair hat heute einen neuen Wettbewerb für High-Performance Computing (HPC) in der Cloud angekündigt, der die Technologien von Amazon Web Services (AWS) und Intel nutzt. Der Wettbewerb soll die Vorteile der Cloud-Nutzung bei umfangreichen Designuntersuchungen im Bereich Computer-Aided Engineering (CAE) aufzeigen.

CAE Anwender sind aufgefordert, ihre Projektideen beim ausführenden Team von Altair, AWS und Intel einzureichen. Aus den eingegangenen Vorschlägen wird das Team die Projekte auswählen, die sich für das

# SIMuSPACE



**Kontrolle über  
Prozesse, Ressourcen  
und Daten**

**Das flexible  
CAE-Management-  
System für den  
Mittelstand**

**Professional CAE Solutions**  
powered by



www.isko-engineers.de  
Fon: +49 89 37062-0

Programm qualifiziert haben. Altair stellt allen akzeptierten Teilnehmern für die Wettbewerbsdauer Software, Rechenressourcen und Produktsupport zur Verfügung.

Der Wettbewerb zielt darauf ab, die ressourcenbasierenden Barrieren für hochkomplexe Entwicklungsaufgaben zu senken und so moderne CAE Werkzeuge einer noch größeren Anwendergruppe zugänglich zu machen. Altair, AWS und Intel ermöglichen CAE Anwendern Zugriff auf eine höhere Leistung, Flexibilität und Skalierbarkeit bei einem erschwinglichen Preis und fördern so simulationsgetriebene Innovation.

Die Teilnehmer können sich für eine von sechs verschiedenen Konfigurationen der Altair HyperWorks Unlimited (HWUL) Virtual Appliance, eine schlüsselfertige Lösung für High Performance Computing in der Cloud, entscheiden. Der Zugriff ist kostenfrei und die Teilnehmer können die Virtual Appliance für sieben oder mehr Tage nutzen, um die Entwicklungsaufgaben ihres Projektes für den Wettbewerb abzuschließen. Die kleinste Konfiguration verfügt über 32 Rechenkerne der Intel Xeon Prozessor E5 Produktfamilie, die größte über 128 oder mehr Rechenkerne. Die freie Nutzung der Altair HWUL Virtual Appliance wird durch kostenfreie Credits von Amazon Web Services ergänzt.

### **PBS Professional 13.0 verfügbar**

Altair gibt heute die Verfügbarkeit von PBS Professional 13.0 bekannt, der neuesten Version der marktführenden Workloadmanagement Software für Cluster und Supercomputer. Die Version 13.0 wurde darauf ausgelegt, den Anforderungen von Kunden zu entsprechen, die den Einsatz von Supercomputern der Exascale Klasse planen. Diese Version ist das umfangreichste Release in der über zwanzigjährigen Geschichte von PBS Professional als kommerzielles Produkt. Neue Eigenschaften und Funktionen umfassen einen schnelleren Start von Jobs, eine komplette Healthcheck Infrastruktur und eine Skalierbarkeit von bis zu mehreren Millionen Jobs pro Tag.

### **Altair investiert in die FluidDyna GmbH für die Entwicklung GPU-gestützter CFD Technologie**

Altair gibt heute eine Investition in das in Garching ansässige Unternehmen FluidDyna GmbH, Entwickler einer GPU-gestützten Technologie für Strömungsmechanik und numerische Simulation, bekannt. Die Unternehmen werden gemeinsam daran arbeiten, GPU optimierte Computational Fluid Dynamics (CFD) Anwendungen für klassische Aerodynamik und Mehrphasenströmung in komplexen Geometrien zu entwickeln. Zusätzlich zu den bereits bestehenden Entwicklungsplänen dieses Jahres, die die Veröffentlichung eines neuen virtuellen Windtunnels vorsehen, wird Altair auch weltweit alleiniger Reseller der FluidDyna ultraFluidX und nanoFluidX CFD Technologien sein.

Für rechenintensive Disziplinen wie CFD nutzt FluidDyna Technologie Grafikprozessoren (GPUs) als massiv parallele Prozessoren, die wesentlich kostengünstiger und dabei schneller und deutlich energieeffizienter sind als Central Processing Units (CPUs). FluidDyna hat sich auf die Entwicklung und den Einsatz von GPU-optimierten numerischen Methoden spezialisiert, um so schnell komplexe strömungsmechanische und thermodynamische Aufgabenstellungen zu lösen. Das kommerzielle Produktangebot des Unternehmens umfasst Produkte wie ultraFluidX für Aerodynamiksimulationen und nanoFluidX für Partikel basierende Strömungsmechanik-Simulationen. Über den direkten Vertrieb von ultraFluidX und nanoFluidX hinaus wird Altair in Kürze seinen HyperWorks Kunden weltweit diese Technologien auch über sein bekanntes Altair Partner Alliance Programm zur Verfügung stellen.

[www.altair.de](http://www.altair.de)

### **ANSYS**

#### **Ansys 16.2 – Verbesserungen der Systementwicklungstechnologie steigern Produktivität**

Ansyes präsentiert die neue Version Ansys 16.2. Damit können virtuelle Prototypen kompletter Systeme erzeugt werden, was den Entwicklern vieler Branchen wichtige Fortschritte bei Innovationen und neuen Produktgenerationen ermöglicht. „Ansys 16.2 bietet wesentliche Verbesserungen bei der Systementwicklung durch Ansys AIM, die erste integrierte und umfassende Multiphysics-Simulationsumgebung für Entwickler, die Anfang des Jahres eingeführt wurde“, unterstreicht Dr.-Ing. Georg Scheuerer, Geschäftsführer von Ansys Germany. „AIM hat sich seitdem rasch weiterentwickelt, und diese Fortschritte sind in Ansys 16.2 realisiert. Einige der zahlreichen neuen Multiphysics- und Systemfähigkeiten sind Wärmeübergang und Wärmebelastung, kompressible Gasströmungen sowie nichtlineare Kontakte und thermische Fluid-Struktur-Interaktion.“

Die Optimierung des Wärmeübergangs und der thermischen Belastung spielt in vielen industriellen Entwicklungsanwendungen eine große Rolle, beispielsweise bei Wärmetauschern, Temperaturmischventilen, Motorbauteilen und elektronischen Schaltungen. In solchen Anwendungen ist eine genaue Bestimmung der Temperatur und des Wärmeübergangs von Flüssigkeiten und Festkörpern unabdingbar, um das Temperaturverhalten sowie die im Design auftretenden thermischen Belastungen exakt vorhersagen zu können. AIM enthält jetzt neue Funktionen zur Unterstützung einer umfassenden Analyse des gekoppelten Wärmetransportes und der Einwirkung von Flüssigkeiten auf Strukturen zur Berechnung der thermischen Belastung.

Die Vorhersage des korrekten Strömungsfeldes für Strömungen mit kompressiblen Gasen im Bereich unterhalb und über die Schallgeschwindigkeit ist ein kritisches Designproblem für viele verschiedene Anwendungen. Einsatzbereiche in der Industrie sind beispielsweise

schnelle Strömungen an Turbinenschaufeln oder Gondeln sowie Strömungen mit hohen Drücken in Erdgas-Pipelines und Ventilen. AIM unterstützt jetzt eine genaue Vorhersage des Strömungsfeldes, von Schwankungen der Gasdichte und des thermischen Verhaltens für alle Strömungen mit kompressiblen Medien, was für die Vorhersage der Design-Performance entscheidend ist.

In einer Reihe von Strukturanwendungen ist ein nichtlinearer Kontakt erforderlich, um Verformungen und Belastungen in Baugruppen, in denen mehrere Bauteile durch Presspassungen, Verschraubungen, Schweißnähte oder sonstige Fügungen miteinander verbunden sind, exakt vorherzusagen. AIM bietet ausgereifte Simulationsfähigkeiten für nichtlineare Kontakte mit fortschrittlicher Lösertechnologie für den Kontakt zwischen Flächen in Verbindung mit automatischer Kontaktflächen-Erkennung und automatischer nichtlinearer Lösungssteuerung.

AIM stellt alle diese Simulationsfunktionen sowohl für Fachleute in einem bestimmten physikalischen Bereich als auch für Produktentwickler, die in mehreren Disziplinen arbeiten, zur Verfügung. Damit werden die Simulationen für einen größeren Anwenderkreis in verschiedenen technischen Disziplinen zugänglich. Die Verfügbarkeit kundenspezifischer Vorlagen macht AIM zu einem Authoring-Tool für hochgradig automatisierte und detaillierte Simulationsprozesse. Diese Vorlagen decken den gesamten AIM-Workflow von der Geometrie bis zu den Ergebnissen ab und erfassen alle physikalischen Bereiche, die für den Simulationsprozess relevant sein können. Durch diese wichtige Eigenschaft können interdisziplinäre Teams effektiv zusammenarbeiten und innovative Merkmale in allen Disziplinen des Produktdesigns realisieren.

Ansys 16.2 bietet Anwendern jedoch auch Vorteile auf der Systemebene, können sie damit doch das Systemverhalten unter realen Einsatzbedingungen durch exakte, schnelle und zuverlässige Simu-

lation vorherbestimmen. Denn im gleichen Maße, wie die Komplexität der Produkte – von Krafffahrzeugen über Smartphones bis hin zu Wearables – zunimmt und immer kürzere Entwicklungszeiten gefordert werden, steigt auch die Notwendigkeit, komplette Systeme zu simulieren. Durch die Simulation können die Ingenieure die immer größeren Möglichkeiten optimal nutzen, die sich aus Innovationen bei Werkstoffen, elektronischen Komponenten und Prozessen bieten. Bisher konnten die Hersteller dabei das Design von Komponenten oder kleineren Teilsystemen optimieren, aber bis zu Ansys 16.2 existierte keine umfassende Lösung für die Simulation kompletter Systeme. Innerhalb von Systemen entsteht die Komplexität dadurch, dass die einzelnen Teile des Systems so miteinander verknüpft werden müssen, dass sie wie geplant zusammenarbeiten.

Durch die Entwicklung kompletter virtueller Prototypen können zukunftsorientierte Unternehmen Innovationssprünge realisieren und sich einen Vorsprung vor ihren Mitbewerbern erarbeiten. Der neue Simulationsansatz beruht zum Teil auf Verbesserungen in Ansys Simplorer, einer umfassenden Plattform für die interdisziplinäre Systemmodellierung. „In der neuen Version kann Simplorer elektrische, elektronische, strömungstechnische, mechanische sowie Embedded-Software-Komponenten zusammenstellen und simulieren“, erläutert Dr.-Ing. Georg Scheuerer. „Die Methodik bietet eine höhere 3D-Präzision und eine Modellierung mit einer niedrigeren Ordnung, wenn es um die Überprüfung der Systemleistung auf der Basis des Zusammenwirkens von Komponenten aus verschiedenen Bereichen („multi-domain“) geht.“

### Surfen in München – Rettung der Floßlände mit ANSYS CFD

Surfen in der Stadt? In München ist das nicht nur seit Anfang der 1970er-Jahre möglich, sondern die bayerische Landeshauptstadt ist auch noch bekannt dafür und gilt heute als ‚the Capital of Riversurfing‘. Schließlich ist die Floßlände in München-Thalkirchen bei Einheimischen und

Touristen gleichermaßen beliebt: Die Welle ist wunderschön gelegen mit Wiese und unter großen Bäumen am Campingplatz. Während die Surfer untereinander im Gespräch sind, verweilen viele Passanten, um dem Treiben eine Zeit lang zuzuschauen. Die Rahmenbedingungen an der Floßlände sind aber auch anderweitig optimal: Wenn die Welle steht, ist sie nahezu perfekt mit ausreichend Kraft für Surfer mit einem Körpergewicht zwischen 30 kg und 100 kg. Zudem ist sie sicher, da die Strömung wenige Meter nach der Welle in das Becken der Floßlände mündet und dadurch praktisch auf Null reduziert wird.

Diese (Surf-) Idylle mitten in der Großstadt erhielt jedoch in den letzten Jahren tiefe Risse. Denn zwischen 2005 und 2010 ist die Welle durch eingeschränkte Wassermengen und Umbaumaßnahmen stromaufwärts und -abwärts gestört worden, so dass kaum noch richtig gesurft werden kann. Mittlerweile ist die Welle nur noch eine Weißwasserwalze, die starke Turbulenzen aufweist und kaum Auftrieb hat, so dass Surfen gar nicht mehr möglich ist. Nicht zuletzt deshalb wurde im letzten Winter der Verein ‚Interessen Gemeinschaft Surfen in München e.V.‘ (IGSM) gegründet. Eines der Kernziele der Vereinsarbeit ist es, die Welle an der Floßlände wieder surfbar zu machen. In Gesprächen mit der Stadt München will der Verein nun eine Lösung finden. Dabei sind jedoch vielfältige Interessen zu berücksichtigen: Der Stadtwerke, die Strom produzieren wollen, der Bäder, denen die Strömung Angst macht, der Schwimmer, die den Flößerkanal im Sommer nutzen, der Flößer, der Kanuten und natürlich der Surfer. Eine wichtige Rolle bei der Erzeugung einer neuen stehenden Welle spielt die Simulationssoftware ANSYS CFD – zumal folgende Fixpunkte zu berücksichtigen sind: Die Welle ...

- ... soll mit festen Einbauten gestaltet werden.
- ... darf Schwimmer, Badende, Schlauchbootfahrer etc. nicht gefährden.
- ... darf die Flößer nicht behindern.



- ... sollte auch für Kajakfahrer interessant sein.
- ... sollte mit einer minimalen Wassermenge stabil grün sein:  $Q \leq 9,0 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- ... sollte auch für Surfer mit hohem Gewicht (ca. 100 kg) gut surfbar sein.

Nach der Voruntersuchung zum richtigen Setup sowie zur Gitterunabhängigkeit der Lösung wurden die für die Wellenerzeugung wesentlichen Parameter systematisch variiert: Diese sind Wassermenge, Unterwasserhöhe, Stufenhöhe und die Steilheit der Rampe. Wie nach der Theorie zu erwarten, reagiert die Welle sehr sensibel auf Parameterschwankungen. Ohne entsprechende Einbauten ist es schwierig, eine stabile wie ortsstabile druckstarke Welle zu erzeugen. Mit einem relativ einfachen Keil lässt sich diese hingegen umsetzen. Der Einbau wurde erfolgreich nach der Idee des ‚virtuellen Prototypen‘ bzw. des ‚Simulation Driven Product Design‘ entwickelt. In der Praxis zeigte der Einbau in den Ländenkanal Anfang Juli, dass die Welle perfekt surfbar und die Übereinstimmung zwischen CFD-Modell und Experiment sehr zufriedenstellend ist. Wichtig ist aber vor allem, dass die Flößer mit dem Einbau gut zurecht kommen und auch Schwimmer völlig problemlos darüber hinweg gleiten.

Die Welle ist jedoch leider nicht unter allen Bedingungen grün. Sie bricht zusammen, wenn der Unterwasserstand weiter angehoben wird – was für die Flößer erfolgen muss. Deshalb werden noch weitere Berechnungen zur bestmöglichen Positionierung des Einbaus unternommen – um den Wasserstand stromabwärts weiter anheben zu können und einen magischen Ort wieder zum Leben zu erwecken. Fazit: „Mit Hilfe von CFD und FEA konnte eine Geometrie gefunden werden, welche die Zielsetzung vollständig erfüllt. Die so als ‚virtueller Prototyp‘ gestaltete und ausgelegte Welle wurde installiert und getestet“, fasst Prof. Dr.-Ing. Robert Meier-Staude von der Hochschule München zusammen. „Die Übereinstimmung der CFD Resultate mit der tatsächlich erzeugten Welle sowie

bezüglich der anderen Rahmenbedingungen zur Stabilität der Welle ist hervorragend.“

### **Ansys AIM - integrierte Multiphysics-Simulationsumgebung**

Ansys, weltweit führender Anbieter von CAE- und Multiphysik-Software mit den Schwerpunkten Strömungs-(CFD), Strukturmechanik- (FEM) und Elektromagnetsimulation (EDA), hat mit Ansys AIM die erste integrierte, umfassende Multiphysics-Simulationsplattform, die für alle technischen Anwender ausgelegt ist, präsentiert. „Unternehmen entstehen heute hohe Kosten für die Evaluierung von Produktdesign-Varianten, da sie Ergebnisse von verschiedenen Simulations- und Designtools – von unterschiedlichen Herstellern – kombinieren müssen, um ein simulationsbasiertes Produktdesign zu erreichen“, erläutert Dr.-Ing. Georg Scheuerer, Geschäftsführer von AnsysGermany. „Ansys AIM bietet integrierte Multiphysics-Funktionalität, basierend auf erstklassigen Lösertechnologien, in einer neuen modernen, intuitiven Benutzerumgebung, die es den technischen Anwendern ermöglicht, das Produktdesign in allen Varianten zuverlässig zu untersuchen. Ansys-AIM ist nicht nur eine Simulationslösung für jeden Entwickler, sondern auch eine weitere Realisierung der Ansys Workbench-Strategie zur Unterstützung der simulationsbasierten Produktentwicklung.“

[www.ansys-germany.com](http://www.ansys-germany.com)

### **ARAS SOFTWARE**

#### **Bombardier RCS wählt Enterprise Product Lifecycle Management von Aras**

Aras gibt bekannt, dass die Division für Bahnsteuerungssysteme (RCS) von Bombardier zukünftig die Aras Innovator Suite verwenden wird. Der weltweit führende Flugzeug- und Zugerhersteller wird mit Aras das Konfigurationsmanagement, Change Management und die Compliance der gesamten Lieferkette straffen. In der Zusammenarbeit mit Minerva, zertifizierter Partner von Aras, wird

Bombardier RCS die Aras Innovator Plattform implementieren, um so Daten zwischen seinen Niederlassungen zusammenzuführen und die damit verbundenen Prozesse zu vereinfachen.

„Wir freuen uns darauf, mit Aras Innovator zu arbeiten“, bestätigt Patrik Höglund, Program Manager bei Bombardier RCS. „Das System lässt sich schnell implementieren und bietet die Flexibilität, die wir suchen, um all unseren Anforderungen gerecht zu werden, die breit gefächert sind und sich ständig verändern.“

Bombardier hat seinen Hauptsitz in Montréal, Kanada. Aktien werden an der Börse von Toronto (BBD) gehandelt und sind in den globalen und nordamerikanischen Dow Jones Sustainability Indexes gelistet. Im letzten Geschäftsjahr, das am 31. Dezember 2014 endete, konnte Bombardier einen Umsatz von 20,1 Milliarden Dollar erzielen. Mehr Informationen dazu gibt es unter <http://www.Bombardier.com/>.

„Bombardier treibt auch weiterhin die Entwicklung der Mobilität voran. Die Komplexität des Konfigurations- und Change Managements sowie der Compliance-Prozesse erfordert die Flexibilität, Skalierbarkeit und Anpassungsfähigkeit, die in diesem Ausmaß nur die Aras PLM Plattform-Technologie bietet“, erklärt Peter Schoer, CEO von Aras.

#### **Habasit Italiana baut Geschäft mit Aras Enterprise PLM aus**

Habasit Italiana, der italienische Zweig des weltweit führenden Anbieters von Transport- und Förderbändern sowie Antriebsriemen für Branchen wie Automobilbau, Textilverarbeitung, Lebensmittel, Produktion und Fördertechnik, hat den Einsatz der Aras Innovator Suite für Enterprise PLM erweitert. Das gibt Aras, führender Anbieter von Enterprise Product Lifecycle Management (PLM), bekannt. Durch die Erweiterung vereinfacht Habasit Italiana die Zusammenarbeit mit externen Entwicklungspartnern weltweit und verwaltet technische Entwicklungsdaten – vom ersten Entwurf bis hin zur Produktion. Die Aras Implementierung umfasst Projektmanagement und End-to-

End-Konfiguration sowie Change Management mit Produktdatenmanagement, Stücklisten, sicheres Speichern von Konstruktionsdaten und Integrationen in Autodesk Inventor, AutoCAD und SAP ERP.

Habasit Italiana arbeitet mit dem zertifizierten Aras Partner Focus PLM zusammen und hat mithilfe von Aras seine kollaborative Produktentwicklung standardisiert. Dies hat den Prozess für die Integration von Anregungen aus dem Netzwerk an weltweiten Zulieferern und Entwicklungspartnern vereinfacht, was den preisgekrönten Produktlinien von Habasit Italiana zugute kommt.

#### **Aras und Minerva bei Lockheed Martin**

Aras gibt bekannt, dass eine Sparte der Lockheed Martin Corporation, ein US-amerikanisches, weltweit tätiges Sicherheits- sowie Luft- und Raumfahrtunternehmen, zukünftig mit der Aras Innovator Suite arbeiten wird. Das Unternehmen setzt auf Aras, um Konfigurationsmanagement, Change Management sowie Wartung, Reparatur und Überarbeitung (MRO) Lieferkettenübergreifend zu rationalisieren.

Um die dazugehörigen Prozesse zu vereinfachen, wird das Unternehmen Aras Innovator mit der Minerva Quickstart-Lösung für MRO-Komponenten einführen. Minerva ist Partner von Aras mit Gold-Zertifikat. "Wir freuen uns darauf, Aras Innovator zu implementieren", erklärt Projektleiter Dominic DiDonato. "Die Aras Innovator Suite lässt sich viel schneller einführen als traditionelle PLM-Lösungen. Zudem adressiert sie flexibel unsere zahlreichen und wachsenden Anforderungen. Mithilfe der Minerva Quickstart-Lösung für MRO-Komponenten haben wir von Anfang an eine starke Ausgangsbasis."

[www.aras.com](http://www.aras.com)

#### **BETA CAE**

##### **Neue Version verfügbar**

Beta CAE gab die Veröffentlichung der Release ANSA / Epsilon / µETA v16.0.0 bekannt.

[www.beta-cae.gr](http://www.beta-cae.gr)

#### **CADFEM**

##### **Vielfalt der Simulation hoch im Norden**

Ende Juni fand die 33. Auflage der Ansys Conference & des CadfemUsers' Meeting statt, diesmal in Bremen – so hoch im Norden wie noch nie. Auf der Fachkonferenz zur Numerischen Simulation in der Produktentwicklung konnten die rund 850 Teilnehmer wieder einmal ein umfassendes Angebot an Vorträgen, Foren und Kompaktseminaren nutzen, um sich zielgerichtet und individuell in den unterschiedlichsten Bereich der Simulation weiterzubilden.

Zu den vielen fachlichen Höhepunkten der Tage in Bremen gehörte sicherlich neben den Ausführungen von Jim Cashman, CEO von Ansys Inc., der Plenarvortrag von BMW über die Entwicklung der elektrischen BMW i - Modelle i8 und i3, die beide auch in natura in der Ausstellung begutachtet werden konnten und so die Emotionen aus dem Vortrag bei vielen Teilnehmern noch verstärkten. Aber auch die Podiumsdiskussion zur Rolle der Simulation beim Thema Industrie 4.0, das Cadfem Forum zur Zusammenarbeit von Konstruktion und Simulation und die Vorstellung der integrierten Multiphysik-Lösung Ansys AIM hatten großen Zulauf und wurden mit viel Interesse verfolgt. AnsysAIM verbindet die Simulation mechanischer, strömungsmechanischer, thermischer und elektrischer Eigenschaften in einer neuen, intuitiven Oberfläche und einem über alle physikalischen Disziplinen gleichen Arbeitsprozess. Auf diese Weise kann die volle Breite physikalischer Fragestellungen nun auch direkt in der Produktentwicklung durch Konstrukteure und Entwicklungsingenieure genutzt werden, um ein ganzheitliches Produktverständnis zu erzielen.

Die Veranstaltung in Bremen war auch wieder eine ideale Plattform zum Gedankenaustausch und Netzwerken – in der mit 38 Organisationen ausgebuchten Fachausstellung oder beim Rahmenprogramm, das in diesem Jahr im und um das Klimahaus Bremerhaven an der Weser-

mündung stattfand. Einige Eindrücke von der Fachkonferenz zur Numerischen Simulation vermittelt ein 6-minütiger Film auf YouTube: <https://youtu.be/w8wdBnwGgYs> Weitere Informationen finden Sie auf [www.usersmeeting.com](http://www.usersmeeting.com).

##### **CAE-Daten als 3D-PDF-Modelle visualisieren**

Mit C.A.V.E. inside Ansys von Cadfem können riesige Ergebnisdateien von Ansys in wenigen Schritten auf 1 % und weniger ihrer Originalgröße verkleinert und dann viel leichter und schneller ausgetauscht, präsentiert und archiviert werden, ohne dass die Genauigkeit darunter leidet. Dabei können jetzt auch 3D-PDF-Modelle erstellt werden, die sich in PDF-Reports integrieren lassen.

C.A.V.E. steht für „Collaboration and Visualization Engine“. Auf Basis der Daten-Kompressionstechnologie von VCollab wurde von Cadfem die Engineering-Lösung C.A.V.E. inside Ansys entwickelt, um anhand der komprimierten Modelle die Diskussionen in verteilten Teams oder mit dem Kunden zu erleichtern. Die Informationen können den Projektbeteiligten per E-Mail oder Datentransfer unkompliziert und in kürzester Zeit zur Verfügung gestellt werden – ein in Office integrierbarer Viewer und ein PDF-Reader ist alles, was dazu benötigt wird. Zusätzlich bietet der Premium-Viewer VCollab Professional die Möglichkeit zur ausführlichen Analyse von Resultaten bis hin zu Virtual-Reality-Darstellungen.

VCollab überträgt nicht nur das 3D-Modell, deformierte Geometrien und Simulationsergebnisse, sondern auch eine Baumstruktur der enthaltenen Komponenten, Konturen der Simulationsergebnisse und die dazu gehörende Legende zum besseren Verständnis der Resultate. Die Erzeugung des 3D-PDF-Modells erfolgt durch ein optionales Zusatzmodul (Plug-In) für VCollab Professional. Damit lassen sich beliebige Berechnungsergebnisse, die in VCollab Professional ausgewählt wurden, als 3D-PDF-Modelle ablegen. Dadurch sind diese Ergebnisse für einen erweiterten Mitarbeiterkreis besser verfügbar, da sie sämtliche

Vorteile von 3D-Modellen gegenüber 2D-Darstellung, beispielsweise die Generierung von Schnitten, nutzen können.

[www.cadferm.ch](http://www.cadferm.ch)

## CD-ADAPCO

### STAR Academy beschleunigt die Lernkurve im Bereich multidisziplinärer Simulationen

CD-adapco hat die Veröffentlichung von STAR Academy, ihrer innovativen Trainingsplattform für Klassenraum und online Trainings bekannt gegeben. Durch STAR Academy lernen Kunden wie sie die Simulationssoftware von CD-adapco in ihrer eigenen multidisziplinären CAE-Arbeit einsetzen können. Zugang erhält man über das Steve Portal, CD-adapco's Online-Support Website.

STAR Academy ist eine revolutionäre neue Lernumgebung, die es Ingenieuren erlaubt die Anwendung von CD-adapco Produkten bequem an ihren eigenen Schreibtischen zu erlernen. STAR Academy bietet diverse Lernmöglichkeiten wie zum Beispiel e-Learning oder Weiterentwicklung technischer Fähigkeiten im STAR-Lab und gibt dem Benutzer dadurch mehr Möglichkeiten die gesamte Produktpalette von CD-adapco besser zu verstehen. Dieser innovative Trainingsansatz beinhaltet auch das „Flipped“ classroom Modell als fundamentalen Teil des Lernprozesses. Die Einführungsversion von STAR Academy konzentriert sich auf ihre beliebtesten Komponenten, die e-Learning Module, die angepasst an das eigene Benutzertempo abgeschlossen werden können und sowohl vor als auch nach einem klassischen Training eingeplant werden können.

„Wir bereiten unsere Kunden nicht nur darauf vor erfolgreich mit CD-adapco Produkten zu sein, sondern erhöhen zugleich ihr Wissen und den Einsatz multidisziplinärer Simulationen in ihrer alltäglichen Arbeit.“, sagt Aaron Bird, Ph.D., CD-adapco Senior Training & Instructional Design Manager. „Unser Trainingsansatz führt die Benutzer Schritt für Schritt vom fachlichen Anwender der

Software zum sachkundigen Experten aller CD-adapco Produkte.“ STAR Academy liefert Anwendern das nötige Wissen um für ihre Kunden oder ihre Firma von größtmöglichem Nutzen zu sein. Die Plattform bietet die Möglichkeit sich mit der Beherrschung von Schlüsselkonzepten und Methoden zur effektiven Anwendung fortgeschrittener multiphysischer und multidisziplinärer Simulation zu beschäftigen.

Anwender können Kurse in STAR Academy kaufen oder sich dafür registrieren und dann im selben Portal Zugriff auf e-Learning Module, Trainingsmaterial und andere Einzelheiten zu den Kursen erhalten. Kunden können sowohl ihre Fähigkeiten in der Anwendung der CD-adapco Produkte testen wie auch den eigenen Fortschritt hin zum Anwendungsspezialisten verfolgen.

### STAR-CCM+ v10.04 revolutioniert technische Simulationen

CD-adapco gab die Markteinführung der Version 10.04 von STAR-CCM+ bekannt, die bereits zweite aktualisierte Version seines Vorzeigeprodukts für Simulationen im Jahr 2015. Die jüngste Version bildet einen weiteren Meilenstein in der Umsetzung der Vision des Unternehmens, seinen Kunden mithilfe von MDX (Multidisciplinary Design eXploration) eine schnellere Entwicklung besserer Designs zu ermöglichen. Das Highlight der Version 10.04 ist der komplett neue „Finite Element Based Solid Stress Solver“, der die Arbeit mit numerischer Festkörpermechanik innerhalb von STAR-CCM+ ermöglicht. Dieser technische Durchbruch macht STAR-CCM+ zum ersten Tool auf dem Markt, das numerische Strömungsmechanik (CFD - Computational Fluid Dynamics) und numerische Festkörpermechanik (CSM - Computational Solid Mechanics) innerhalb einer einzigen, bedienungsfreundlichen und vollständig integrierten Umgebung anbietet. STAR-CCM+ bietet das effizienteste Verfahren zur Modellierung von Problemen im Bereich der Fluid-Struktur-Koppelung.

„Die Einführung der numerischen Festkörpermechanik in STAR-CCM+ ist ein besonders wichtiger Schritt

hinsichtlich der künftigen Ausrichtung technischer Simulationen“, sagte Jean-Claude Ercolanelli, Senior VP für Produktmanagement bei CD-adapco. „Die Ingenieure können nun problemlos die Lücke zwischen Strömungs- und Strukturanalysen schließen, und das mit einer einzigen Benutzerschnittstelle und Umgebung. Das war bisher nur mit Rückgriff auf mehrere Tools und verschiedene Kompetenzen mehrerer Teams möglich. Die Benutzer von STAR-CCM+ können nun den Umfang ihrer Applikationen erweitern und umgehend zum Einsatz bringen. Die neue Funktion für numerische Festkörpermechanik nutzt dieselbe Schnittstelle und benötigt keine zusätzliche Lizenz.“

STAR-CCM+ v10.04 setzt die Anstrengungen von v10 fort, Erweiterungen und Verbesserungen bereitzustellen, die die Wettbewerbsfähigkeit und Effizienz der Kunden in ihrer jeweiligen Branche nachhaltig fördern, wobei die drei Säulen Technologie, Erlebnis und Produktivität im Vordergrund stehen. Technologie: Neben der Einführung der numerischen Festkörpermechanik in STAR-CCM+ ist die Implementierung des „Adjoint Solver for Coupled Solid Energy“ in v10.04 als weiterer Höhepunkt zu nennen. Dieses Feature ermöglicht eine Empfindlichkeitsanalyse bei Problemen der Festkörper-Leitung. Dieser Löser kann gemeinsam mit dem Löser für adjungierte Strömungsberechnungen eingesetzt werden, um eine Empfindlichkeitsanalyse und Optimierung bei Problemen mit der konjugierten Wärmeübertragung durchzuführen. Dabei handelt es sich um eine einzigartige Funktion, die es den Ingenieuren ermöglichen wird, ihre Entwicklungsverfahren zu beschleunigen und zugleich die Auswirkungen der konjugierten Wärmeübertragung einzubeziehen. Mehr... Die Einführung des Referenzgeometrietransfers durch die STAR-CAD-Clients gestattet es den Anwendern nun, mehr Daten von ihren CAD-Paketen nach STAR-CCM+ zu übertragen, einschließlich Transferkoordinatensysteme und Bezugsebenen, wobei diese während der Updates automatisch synchronisiert werden.



Diese Funktionalität ermöglicht eine einfache Erstellung von Randbedingungen und eine Nachbearbeitung, die auf CAD-Referenzen basiert und die Stärken von STAR-CCM+ nutzt. Mehr...

Erlebnis: STAR-CCM+ v10.04 bietet 22 neue Farbtabelle, um die Visualisierungsabläufe weiter zu rationalisieren und den Benutzern ein besseres Verständnis ihrer Simulationsergebnisse mit einer überzeugenden wissenschaftlichen Visualisierung zu ermöglichen.

Um eine verbesserte Überwachung und Kontrolle während eines Design-Explorationszyklus zu gewährleisten, verfügt die Version 10.04 über eine vollkommen neue Registerkarte in der Optimate™-Schnittstelle, die es den Benutzern ermöglicht, während des Designprozesses Echtzeit-Updates zum Simulationsverlauf zu erhalten. Diese Funktion trägt zu Zeiteinsparungen im Engineering-Prozess bei, da ein unmittelbares Feedback zum Fortschritt des Designs bereitgestellt und falls nötig eine Fehlersuche und Behebung eingeleitet wird.

STAR-CCM+ v10.04 bietet zudem Verbesserungen bei den individuell angepassten Zusammenfassungen und Berichten. Die Benutzer können ansprechend formatierte, maßgeschneiderte Zusammenfassungen zu spezifischen Objekten innerhalb der Simulation erstellen. Damit können die Ingenieure die Inhalte von Simulationsdateien schnell überprüfen, ohne die Datei selbst öffnen zu müssen, und die Ergebnisse verschiedener Simulationen können einfacher überprüft werden.

Produktivität: Eine einzigartige Verbesserung der Produktivität der Version 10.04 besteht in der Einführung des sogenannten ‚Boundary Data Export‘ für den Simulationsverlauf. Diese Funktionalität reduziert die Größe der Verlaufsdateien zu Simulationen und verbessert die Gesamtleistung, indem nun die Möglichkeit besteht, Ergebnisse separat allein für Randbedingungen zu speichern. Eine weitere neue Funktion der Version 10.04, mit der die Produktivität der Lösung nachhaltig gesteigert wird, ist der Equilibrium DFBI Motion Type für Sink- und

Trim-Berechnungen im Schiffbau. Diese Funktion ist für Szenarien geeignet, in denen sich schließlich eine ausgeglichene Kräfte- und Momentbilanz einstellt, und führt zu einer deutlichen Kostenreduzierung bei Berechnungsverfahren im Vergleich zu zeitgenauen un stetigen Free-Motion-Simulationen. Mehr... STAR-CCM+ v10.04 enthält viele neue Funktionen, die auf Anregungen basieren, die über IdeaStorm, dem exklusiven Innovationsforum des Unternehmens für CD-adapco-Kunden, eingebracht wurden. Das Unternehmen hat für dieses Jahr drei bedeutende neue Versionen angekündigt, um seiner Vision von der Software und zugleich den Bedürfnissen seiner Kunden gerecht zu werden.

#### **DARS v2.10 Release verbessert die Benutzermöglichkeiten**

CD-adapco hat die Freigabe von DARS v2.10 bekannt gegeben. DARS ist ein eigenständiges Simulationswerkzeug für das Management sowie 0D und 1D-Analysen von chemischen Reaktionen. DARS v2.10 ist über das Steve Portal erhältlich ist, beinhaltet nun auch die Möglichkeit chemische Bibliotheken zu erzeugen, mit denen, die Kunden schnell neue Brennstoffzusammensetzungen und Betriebsbedingungen in Simulationen mit STAR-CD und STAR-CCM+ untersuchen können.

[www.cd-adapco.com](http://www.cd-adapco.com)

#### **CPU24/7**

#### **Vergleichbarkeit der Abrechnung bei HPC On Demand**

Transparenz ist ein gern verwendeter Begriff im Zusammenhang mit High Performance Computing (HPC) on Demand. Für Technologiekunden bezieht er sich auf gleich mehrere Berücksichtigungsfaktoren der ausgelagerten hochperformanten Rechenleistung: Es geht u.a. um Sicherheitsaspekte, Performance und Ressourcen. Im Zusammenhang mit dem Thema Abrechnungskosten erscheinen interessierten Kunden Abrechnungsmodalitäten vieler HPC-Serviceanbieter oftmals noch immer intransparent. Angebote

sind oft nicht diversifiziert und am Ende immer wieder mit versteckten Kosten verbunden. Bei fast allen HPC-Providern wird die Nutzung hochperformanter Rechenleistung in Einheiten abgerechnet.

Dabei ist die Abrechnung pro Core pro Stunde ein gängiges Vorgehen für die Kalkulation von HPC On Demand Services. Doch Core ist nicht gleich Core: Prozessorkern, Core oder CPU – Kunden verwenden häufig verschiedene Begriffe für den einzelnen Kern eines Prozessors (CPU). Daneben nutzen viele Anbieter selbstdefinierte Einheiten, um eine Vergleichbarkeit zu schaffen. Doch welche scheinbare Leistungsfähigkeit sich hinter der Basiseinheit verbirgt, ist oft nicht eindeutig nachvollziehbar. CPUs der aktuellen Intel Xeon Generation (E5-2690 v3) haben zum Beispiel mehr als das Doppelte der Leistungsfähigkeit ihrer Vorgänger (E5-2690 v2) – ein doch sehr deutlicher Anstieg innerhalb von knapp zwei Jahren.

Doch neben dem Preis pro Core-Stunde ist die theoretische Leistungsfähigkeit des Cores eine wesentliche Information für Nutzer von HPC On Demand. Aussagekräftiger, einfacher nachvollziehbar, kalkulierbarer und damit transparenter für den Kunden ist allerdings die Abrechnung nach der Formel: Euro pro TFLOPS pro Stunde.

Der Unterschied für den Kunden besteht darin, dass in diesem Berechnungsverfahren die Leistungsfähigkeit der Prozessoren über den gesamten Projektzeitraum berücksichtigt (projektkostenbezogen) wird. Kunden fragen einen Cluster häufig mit einer Gesamt-TFLOPS-Leistung an. Je nachdem, welche CPU-Generation hierfür eingesetzt wird, kann die Leistung in einem Vielfachen der Cores bereitgestellt werden. So können 30 TFLOPS zum Beispiel in rund 2.600 Cores (in Intel Xeon E5-2690 v3) oder auch in rund 700 Cores (in Intel Xeon X5670) zur Verfügung stehen.

Alexander Heine, Dipl. Informatiker und COO bei CPU 24/7: „Für unsere Services ist ein hohes Maß an Kundenvertrauen sozusagen schon Bestandteil der Verträge. Wir geben u.a. den Preis pro TFLOPS

pro Stunde an, um unseren Kunden von Beginn an zu zeigen, dass es uns um Offenheit und userorientierte Services geht. Die Kosten für den speziellen Bedarf jedes einzelnen Kunden sind je nach Projekt höchst unterschiedlich, mit dieser Form der Berechnung aber maximal transparent. Damit sind wir in unserer Branche absolute Vorreiter. Bei uns sehen die Kunden das Preis-Leistungsverhältnis eines Cores auf den ersten Blick und ganz konkret. Wir werden die Berechnungsmethode auch zukünftig in unseren öffentlich zugänglichen Preistabellen zeigen.“ Detaillierte Informationen hierzu gibt es direkt bei CPU 24/7.

### Industrielle CAE-Anwendungen mit HPC in der UberCloud lösen

Typische Einstiegsbarrieren auf Anwenderseite, mit denen sich HPC-On-Demand-Provider immer wieder konfrontiert sehen, sind unflexible Lizenzmodelle, eine langsame Datenübertragung und eine unzureichende Datensicherheit sowie Performance. Ein überzeugender und anschaulicher Umgang mit dieser Problematik ist das HPC-Experiment – besser bekannt als die UberCloud. Die UberCloud ist eine Austauschplattform für Ingenieure und Wissenschaftler mit dem Ziel, mögliche Bedenken und Hindernisse der Industrie in punkto cloud-basiertem Engineering zu identifizieren und bestenfalls zu revidieren. Ein Team, bestehend aus Industriekunde, Software-Anbieter, HPC-Ressourcen-Provider und HPC-Experte, löst interdisziplinär ein zuvor definiertes Anwendungsproblem in der CAE-Cloud. Im HPC-Experiment werden die einzelnen Prozessschritte, von der Durchführung des Experiments bis hin zum Review der Ergebnisse, durchlaufen. Der Prozessbericht wird anschließend auf der UberCloud-Homepage und im UberCloud Compendium veröffentlicht. Das Team der UberCloud Case Study 170 bestand aus dem End-User/FEM-Experten Dr. Stefan Castravete, General Manager bei Caelynx Europe, Rumänien, aus dem Software-Provider DYNAMore, vertreten durch Prof. Dr. U. Göhner sowie aus Thomas Gropp, Alexan-

der Heine und Christian Unger von CPU 24/7, die als Resource-Provider und HPC-Experten fungierten. Aufgabe war es, einen Frontalaufprall gegen eine starre Wand mit dem vollständigen Modell eines Toyota Yaris Sedan mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode\* (FEM) mit der Software LS-DYNA zu simulieren. In das vorhandene Modell wurde zudem ein Front-Airbag integriert. Dieses FEM-Modell, bestehend aus 1479087 Knoten und 1517933 Elementen, wurde unter Einsatz einer ansteigenden Zahl an CPU-Cores, auf 2x12 Core-Maschinen aus dem CPU 24/7-Ressourcen-Pool analysiert.

Im Fokus des Projektes stand die Usability, die Skalierbarkeit und die Performance (Datentransfer) in einer CAE-Cloud-Umgebung im Vergleich zu einer für Ingenieure gängigen Workstation-Umgebung. Testergebnisse überzeugen immer seit mehr als 170 Case Studies kommen die UberCloud und die jeweiligen Teams neben aussagekräftigen Messwerten in den meisten Fällen zu der gleichen Erkenntnis: Cloud-basiertes Engineering funktioniert und lohnt sich in allen Ressourcenfragen, insbesondere bezüglich Hardware, Zeit, Manpower und Wirtschaftlichkeit. Dr. Stefan Castravete, General Manager, Caelynx Europe: „Cloud-Ressourcen eignen sich sehr gut für die Durchführung fortgeschrittener Rechenexperimente, die einerseits hohe technische Ansprüche haben und andererseits leistungsfähige Hardware-Ressourcen erfordern, um die Simulationsexperimente durchzuführen. Die Kombination aus HPC-Cloud, dem CPU 24/7-Support sowie die Skalierbarkeit des LS-Dyna-Codes führten hier zu einer enormen Beschleunigung der Simulation.“

[www.cpu-24-7.com](http://www.cpu-24-7.com)

### DASSAULT SIMULIA

#### Wissenschaftlich genaues 3D-Herzmodell

Dassault Systèmes gab bekannt, dass das erste Herzmodell aus dem „Living Heart“-Projekt seit Ende Mai

2015 kommerziell verfügbar ist. Der kommerziell nutzbare, hochgenaue und wissenschaftlich validierte 3D-Simulator für ein menschliches Herz mit vier Kammern wurde mit den Anwendungen zur realistischen Simulation auf der 3DExperience Plattform von Dassault Systèmes entwickelt und ist das erste Produkt seiner Art. Mit diesem Modell können Gerätehersteller, Forscher und Mediziner virtuelle Tests durchführen und Herzreaktionen in einer Weise visualisieren, die mit herkömmlichen physischen Tests bislang nicht möglich waren.

Das „Living Heart“-Modell stellt ein normales gesundes Herz dar. Es eignet sich zur Untersuchung angeborener Fehler oder Herzkrankheiten durch Modifikation der Form und Gewebeeigenschaften in einem bedienerfreundlichen Softwareeditor. Zudem kann die Einführung medizinischer Geräte simuliert werden und damit untersucht werden, wie diese die Herzfunktionen beeinflussen, wie wirksam sie sind und wie zuverlässig sie unter verschiedenen Betriebsbedingungen sind. Beispielsweise lassen sich so koronare Stents zur Erzielung der bestmöglichen Leistung auf optimale Bauform, Größe und Anordnung evaluieren.

„Ich wusste um die Fortschritte in der Simulationstechnik, war mir aber vor Beginn des „Living Heart“-Projekts nicht darüber im Klaren, dass ich damit Antworten auf die Fragen erhalte, vor denen ich als praktizierender Kardiologe und Lehrender stehe“, sagte Robert Schwengel, MD, FACC und Clinical Assistant Professor of Medicine an der Alpert Medical School, Brown University, Rhode Island, USA. „Nachdem ich mich mit den 3D-Anwendungen vertraut gemacht habe, bin ich davon überzeugt, dass ein derartiges Produkt sehr hilfreich bei der Unterweisung von Patienten, Studenten und medizinischen Fachleuten sein kann. Auch die Diagnosemöglichkeiten und die Personalisierung medizinischer Therapien könnten sich damit verbessern.“

Das 2014 angekündigte „Living Heart“-Projekt nutzt das Know-how seiner derzeit 45 Teilnehmer zur



Erstellung von Modellen, wobei das geistige Eigentum jedes Teilnehmers geschützt bleibt. Zu den Teilnehmern zählen reguläre wissenschaftsorientierte Institutionen, wie die US-Gesundheitsbehörde (FDA) und das Medical Device Innovation Consortium (MDIC), sowie Technologieanbieter, Kardiologen, Gerätehersteller, wie beispielsweise das St. Jude Medical, oder Krankenhäuser, wie die Mayo Clinic. Dieser einzigartige Crowdsourcing-Ansatz hat eine unabhängige Prüfung des Herzmodells und eine Vorabbesprechung in wissenschaftlichen Fachzeitschriften durch die Projektteilnehmer ermöglicht. Dassault Systèmes konnte somit das erste kommerzielle Produkt aus diesem Projekt schneller verfügbar machen. Der Erfolg unterstreicht die Effektivität des Projektkonzepts und bestätigt die Möglichkeiten der Simulation zur Bewältigung wichtiger Herausforderungen im Bereich der kardiovaskulären Krankheiten.

„Die Verfügbarkeit des ersten kommerziell nutzbaren, physikalisch exakt simulierten Herzens stellt einen Meilenstein in der Entwicklung der digitalen medizinischen Werkzeuge dar. Dies wird die kardiovaskuläre Wissenschaft voranbringen und unmittelbaren Einfluss auf die Lebensqualität der Patienten haben“, sagte Scott Berkey, CEO, SIMULIA, Dassault Systèmes. „Das ‚Living Heart‘-Projekt ist der Beleg dafür, dass unsere Technologie das Zeug hat, den künftigen Kurs der Therapie durch Simulation des menschlichen Körpers zu ändern. Wir werden die Zusammenarbeit mit der biomedizinischen Community und unseren Partnern fortsetzen und hierzu Technologien und Anwendungen bereitstellen, die das Leben der Herzpatienten verbessern helfen.“ Das „Living Heart“-Modell umfasst wohldefinierte anatomische Details des Herzens sowie des proximalen Gefäßsystems, wie beispielsweise Aortenbogen, Lungenarterien und obere Hohlvene. Das dynamische Ansprechverhalten des Herzmodells unterliegt realistischen, elektrischen, strukturellen und strömungstechnischen Gesetzmäßigkeiten. Neben der allgemeinen Verfüg-

barkeit des Herzsimulators haben die Teilnehmer des „Living Heart“-Projekts gemeinsam die kardiovaskulären Anwendungen von höchster Priorität und die damit verbundenen technologischen Fortschritte ermittelte. Das wird dazu beitragen, die Funktionalität künftiger Versionen des Simulators zu definieren. Mehr über das „Living Heart“-Projekt unter [www.3ds.com/heart](http://www.3ds.com/heart).

[www.3ds.com](http://www.3ds.com)

## ESI

### **ESI-Xplorer, die in die Visual-Environment-Plattform integrierte Lösung zur Systemmodellierung**

ESI Group gab die Veröffentlichung von ESI-Xplorer, einer neuen, in ESIs anwendungsübergreifende Simulations-Plattform Visual-Environment integrierten Lösung zur Systemmodellierung, bekannt. ESI-Xplorer wurde entwickelt, um den Bedarf von Systemingenieuren nach Systemdesigns und -analysen schon früh im Produktentwicklungsprozess abzudecken. ESI-Xplorer bietet eine vollständige, modellbasierte Entwicklungsplattform, welche die zugrunde liegende Physik berücksichtigt und so Ingenieuren die genaue Verifizierung und Validierung von Systemarchitekturen ermöglicht. Die Einbindung des Produktes in ESIs kollaborative Plattform Visual-Environment ermöglicht Herstellern, die Lücke zwischen Systemmodellierung (0D-1D) und Produktvalidierung (3D) zu schließen.

### **ProCAST: 25 Jahre hervorragende Leistung in der Gießerei-Simulation**

Dieses Jahr feiert ESI stolz das 25-jährige Bestehen seiner branchenführenden Gieß-Simulations-Software ProCAST. Seit den frühen 1980er Jahren, als Gussentwickler bei der Simulation darauf begrenzt waren, ein komplettes Gussteil anhand primitiver zweidimensionaler Analysen einiger kritischer Bereiche zu untersuchen, hat die Gießprozessmodellierung einen langen Weg zurückgelegt. In der Anfangszeit lag der Fokus auf dem einfachen

Bestreben, Hot Spots im Gussteil zu identifizieren. Mit der Weiterentwicklung von Computer-Aided-Design (CAD) und der numerischen Simulationssoftware wurde es für den Gießerei-Ingenieur möglich, schnell Änderungen am Gießsystem vorzunehmen und somit potentielle Defekte relativ leicht zu beheben. Heute ermöglicht ESIs ProCAST die komplette Kopplung von Thermischen-, Strömungs- und Stress-Analysen und die Evaluierung sämtlicher Gießverfahren für alle gießfähigen Legierungen. Hierbei umfasst das Lösungsangebot die Vorhersage von Fehlstellen im Guss, Eigenspannungen, des Bauteilverzugs, der Mikrostruktur sowie der mechanischen Eigenschaften. Darüber hinaus werden auch andere gussrelevante Fertigungsverfahren, wie das Kernschießen und die Wärmebehandlung, von der Lösung abgedeckt.

ProCAST wird heute als stärkste, umfangreichste und genaueste industrielle Gieß-Simulationslösung angesehen. Nicht nur die ersten Anwender, die ProCAST schon seit seiner Einführung einsetzen, sind auch heute noch geschätzte Kunden. Nahezu 1000 weitere Unternehmen haben sich seitdem für ProCAST entschieden, darunter General Electric, PCC Airfoils, Rolls Royce, Amcast Automotive (Heute General Aluminum) and Howmet (inzwischen ein Bereich von Alcoa). Das amerikanische Unternehmen PCC Airfoils LLC, ein Hersteller von hochpräzisen Feingussteilen für hauptsächlich in der Luftfahrt- und der Energieindustrie eingesetzte Turbinen, war im Jahr 1990 einer der ersten ProCAST-Kunden. Kathy Bell, Simulation Engineering Manager, war eine frühe Erstanwenderin der Gieß-Simulation und wählte ProCAST als PCCs primäre Gießerei-Analyse-Lösung aus. 25 Jahre später ist sie sicher, dass dies die richtige Entscheidung war und bleibt: „Die Anwendung von ESIs ProCAST hat PCC Airfoils viele direkte Vorteile gebracht, so u. a. die (frühzeitige) Erkennung und Vermeidung von Defekten in Serienteilen und die Senkung von Zeit und Kosten für den Anlauf von neuen Teilen. Einer

der größten Vorteile ist jedoch die Reputation, die wir als ein Vorreiter in der Anwendung von Simulationstechnologien bei unseren Kunden entwickelt haben.“

Im Dezember 2002 akquirierte ESI Group ProCAST und Calcom SA. Für ESI Group als führendem Anbieter von Virtual Prototyping-Softwarelösungen für die herausfordernden Produktentwicklungs- und Herstellungsanwendungen stellte dieser Schritt die perfekte Ergänzung des bestehenden Produktportfolios dar. Die Akquisition beschleunigte die Verbreitung des ProCAST-Markennamens ebenso wie den Ausbau des Teams, das mittlerweile über 100 Gießerei-Spezialisten aus 40 Ländern umfasst. Diese Partnerschaft integriert die Gießprozess-Modellierung in den Fertigungsprozess und den Produkt-Lebenszyklus, so dass Kunden die richtige Entscheidung während des Produkt-Entwicklungszyklus treffen können. Kathy Bell von PCC kommentiert: „Wir begrüßen die partnerschaftliche Kommunikation und Arbeit mit ESI bei dem Bestreben, eine nützliche, genaue und zuverlässige Lösung in unserem Analyse-Werkzeugkasten zu haben. Dies hilft uns, die Physik, die benötigt wird, um Gussformen von ständig zunehmender Komplexität zu produzieren, besser zu simulieren und zu analysieren.“

Unter Ausnutzung der Potenziale immer leistungsfähigerer und schnellerer Computer können ESIs ProCAST-Simulationen verteilt auf mehrere Kerne, Prozessoren und sogar auf mehreren Computern laufen und so Simulationszeiten von Tagen und Wochen auf Minuten und Stunden reduzieren. Im Jahr 2012 wurde ProCAST in ESIs Visual-Environment mit seiner hochmodernen grafischen Benutzeroberfläche migriert. Für Dr. Antton Melendez, ProCAST-Anwender seit über 20 Jahren und heute als Foundry and Steelmaking Project Manager bei Technalia in Spanien tätig, ist die Einbindung in Visual-Environment von allen Entwicklungen der letzten zwei Jahrzehnte die größte und nutzbringendste Verbesserung. Anwender haben nun die Möglichkeit, durch

die Nutzung einer gemeinsamen Plattform für alle CAE-Bedürfnisse, von Preprocessing und Vernetzung bis hin zur Ergebnisdarstellung, Effizienz zu gewinnen.

Loic Calba, Product Manager Casting Solutions bei ESI Group glaubt, dass sich die Gießprozess-Modellierung auch in den nächsten 25 Jahren deutlich weiterentwickeln wird: „Wir arbeiten mit großem Engagement daran, die Physik in unseren Produkten weiter zu verbessern, um so Funktionalität, Qualität und Leistung zu erweitern. Ein großes Thema wird in der Zukunft auch die engere Interaktion mit CAD sein. Die derzeitige Einführung integrierter Optimierungs- und Entwicklungslösungen ist dazu ein erster Schritt.“

Im Jahr 2006 erhielt ESIs ProCAST den Frost & Sullivan Technology Leadership Award in digitaler Simulation für seinen Beitrag zur Rationalisierung der Gießprozess-Entwicklung. Geehrt durch die Anerkennung der hervorragenden Leistung, bleibt ESIs Fokus unverändert: Jedem einzelnen Kunden zu helfen, beispiellose Produkte zu entwickeln. Wenn Sie in einem Flugzeug geflogen sind, in einem Auto gefahren sind, Ihr Haus beheizt haben, Ihre Hände gewaschen haben oder einfach einen gemütlichen Sonntag damit verbracht haben, Motorsport zu schauen – dann haben Sie wahrscheinlich die Vorzüge eines Qualitätsproduktes genossen, das mit Hilfe von ESIs ProCAST entwickelt wurde.

#### **ESIs Virtual Prototyping trägt zum von Zodiac Seats France geleiteten Projekt „Passenger Seats of the Future“ bei**

ESI Group gibt die Teilnahme am Projekt „Passenger Seats for the Future“ bekannt. Das von Zodiac Seats France unter Beteiligung französischer industrieller, akademischer und institutioneller Partner durchgeführte Projekt hat das Ziel, innovative Lösungen zu identifizieren, die den Erwartungen von Fluglinien und Passagieren an Flugzeugsitze gleichermaßen gerecht werden.

Im hart umkämpften Geschäft der Zivilluftfahrt sind Sitze für die Fluggesellschaften ein Schlüsselele-

ment, um durch die Optimierung der Nutzlast die Einnahmen zu maximieren. Sitze stellen darüber hinaus ein zentrales Differenzierungsmerkmal einer Fluggesellschaft dar: sie sind die Flaggschiff-Komponenten der Kabinenausstattung und damit ein wichtiges Argument, Kunden anzulocken und zu halten. Der Einsatz der richtigen Sitze ist somit ein echter Wettbewerbsvorteil. Entsprechend gewinnen Flugzeugsitze zunehmend an Bedeutung. Dies wird auch durch die Maßnahmen der Air France dokumentiert, die derzeit ihre Langstreckenflotte aufrüstet und zwischen Juni 2014 und Juli 2016 an Bord von 44 Flugzeugen über 10.000 neue Economy Class-Sitze installiert.

Abgesehen von der Notwendigkeit, den wachsenden Komfortansprüchen der Passagiere gerecht zu werden, müssen zukünftige Flugzeugsitze den Herausforderungen hinsichtlich einer Gewichtsreduktion gerecht werden, um es Fluglinien zu ermöglichen, erhebliche Mengen an Treibstoff zu sparen. All dies muss ohne negative Auswirkungen auf die Sicherheit der Passagiere und in Übereinstimmung mit den kontinuierlich wachsenden Sicherheitsbestimmungen erreicht werden. Zukünftige Flugzeugsitze müssen leichter und bequemer sein und darüber hinaus neue Bordaktivitäten ermöglichen (z.B. Telefongespräche, Internet-Nutzung, medizinische Versorgung).

Außerdem müssen Sitze der veränderten Morphologie der Passagiere angepasst werden, da unsere Bevölkerung altert und an Größe und Gewicht zunimmt. Sitzentwickler und -hersteller müssen deshalb bei ihren Produkten alle Typen von Passagieren berücksichtigen, unabhängig von Alter, Gewicht oder körperlichen Beeinträchtigungen.

Um die Forschung nach Lösungen, die eine optimale Balance zwischen Passagierkomfort, Sitzgewicht und morphologischen Veränderungen bieten, zu beschleunigen, leitet Zodiac Seats France das Projekt „Passenger Seats for the Future“. Das Labor LAMIH, UMR CNRS 8201 der Universität Valenciennes und Hainaut-Cambrésis beteiligt sich

zusammen mit dem Labor LBMC, UMR - T 9406 von IFSTTAR und der Universität Claude Bernard Lyon 1 an dem Projekt. Auf der industriellen Seite beteiligen sich Taxisense, ein auf Hi-Tech-Sensoren spezialisiertes französisches Unternehmen und ESI an dem Projekt, zusammen mit mehreren Tochtergesellschaften der Zodiac Gruppe: Zodiac Aerotechnics, Zodiac Aerosafety Systems und Zodiac Actuation systems. ESI bringt in dieses Projekt eine Fülle von Erfahrungen im Virtual Prototyping und der Vorhersage von Sitzkomfort mit ein und adressiert dabei speziell den statischen und den thermischen Sitzkomfort sowie die Vibrationsdämpfung in den verschiedenen Flugphasen – für unterschiedliche Bevölkerungsgruppen. Diese Erfahrungen sind in ESIs Software Virtual Seat Solution verkörpert, die speziell für die virtuelle Konstruktion, Fertigung und Verhaltensvorhersage von Sitzen entwickelt wurde und dabei Materialphysik, Fertigungsprozesse und das Verhalten des menschlichen Körpers für alle Morphologien berücksichtigt. Dank seiner Präzision ermöglicht Virtual Seat Solution die Entwicklung virtueller Sitz-Prototypen und die Auswertung und Beurteilung der Sitzeigenschaften bereits in frühen Konstruktionsphasen. Virtual Seat Solution ermöglicht Sitz-Spezialisten, schnell verschiedene innovative Designs mit vertretbaren Kosten zu erforschen und letztendlich Entwürfe vorzuzertifizieren, bevor ein physischer Prototyp überhaupt gebaut wird.

[www.esi-group.com](http://www.esi-group.com)

## FRIENDSHIP SYSTEMS

### Caeses 4.0 veröffentlicht

Die Friendship Systems AG hat die Veröffentlichung von Caeses 4.0 bekannt gegeben. Die Upfront CAE-Software Caeses dient der schnellen Durchführung von Design Studien und der Formoptimierung von um- sowie durchströmten Produktkomponenten. Dabei gehören vor allem CFD-Anwender in der Pre-CAD Phase zur Zielgruppe. Caeses ist unabhängig von der eingesetzten

CFD-Software, der Anwender kann das eigene CFD-Tool in wenigen Minuten einbinden. Mit Caeses lassen sich beispielsweise über automatisierte Formvariationen und den dazugehörigen Performance-Auswirkungen zügig Produktempfehlungen abgeben. Die neue Version bringt neben der spezialisierten CAD-Komponente nun auch Free Form (Box) Deformationen mit, anhand derer sich importierte Geometrien schnell und intuitiv automatisiert verformen lassen. Hierbei können auch Nebenbedingungen wie Raumbeschränkungen berücksichtigt werden. Zusätzlich wurden in Caeses 4.0 neue 2D Charts eingeführt, die Korrelationen zwischen Design Variablen und Zielfunktionen visualisieren. Die vollparametrische Modellierung von Schaufeln im Turbomaschinenbereich wurde ebenso ausgebaut, so dass sich nun auch radiale Impeller sowie Axial-schaufeln schneller erzeugen sowie automatisiert verändert lassen. Ein weiteres Highlight ist die nahtlose Anbindung und GUI-Integration der freien Optimierungssoftware Dakota (von Sandia National Labs). Die Software und deren Methoden können nun direkt von Caeses aus genutzt werden. Vorkonfigurierte Algorithmen wie etwa Response-Surface basierte Optimierungen können vom Caeses Nutzer ohne Vorwissen direkt gestartet werden, wobei Caeses die komplette Dakota-Steuerung sowie das Variantenmanagement übernimmt. Für Caeses 4.0 steht auf der Website von Friendship Systems zusätzlich eine freie Version zur Verfügung, die auch für kommerzielle Zwecke genutzt werden kann.

[www.caeses.com](http://www.caeses.com)

## FUNCTIONBAY

### Neues Softwareprodukt für Ansys Anwender: „MBD for Ansys – Powered by RecurDyn“

Die FunctionBay GmbH freut sich bekannt zu geben, dass ab jetzt das neue Softwareprodukt „MBD for Ansys – powered by RecurDyn“ offiziell freigegeben ist und sofort

zum Download bereitsteht.

Bei „MBD for Ansys powered by RecurDyn“ handelt es sich um eine Integration von RecurDyn/Professional in die Ansys Workbench Umgebung. Hiermit können Ansys Anwender/innen schnell und unkompliziert dynamische Mehrkörpersimulationen durchführen, ohne ihre gewohnte Ansys Workbench Berechnungsumgebung verlassen zu müssen. Zielsetzung bei der Anwendung des Programmes ist zum einen die funktionelle Überprüfung der Bewegungsabläufe von Mechanismen auf Baugruppenebene sowie die Berechnung und Übergabe von Lasten an Ansys Workbench für eine nachgeschaltete Spannungsanalyse der einzelnen Komponenten.

Im Vergleich zum Funktionsumfang von RecurDyn/Professional weist „MBD for Ansys powered by RecurDyn“ zwar einige Einschränkungen auf, dennoch enthält die Software eine auf die Zielanwender/innen zugeschnittene Auswahl von MKS – Elementen (Gelenkbibliothek, Kraftelemente, Kontakte, ...) mit denen selbst komplexe MKS – Simulationen durchgeführt werden können. Falls jedoch später einmal speziellere Funktionen benötigt werden, können die erzeugten Modelle direkt an RecurDyn/Professional übergeben werden. Hier stehen dann auch alle weiteren RecurDyn/Toolkits für flexible Strukturen, Ketten- und Riemtrieb etc. zur Verfügung.

Zur Produkteinführung startet FunctionBay sowohl für Firmen als auch für Hochschulen und Lehranstalten eine bis zum Jahresende befristete Promotion-Aktion in der Hoffnung, bei möglichst vielen Ansys Anwender/innen das Interesse am Thema „Mehrkörpersimulation“ wecken zu können. Unter <http://www.functionbay.org/> erfahren Sie mehr über die Einführungsaktion. Detaillierte Informationen zu „MBD for Ansys powered by RecurDyn“ erhalten Sie über folgenden Link: <http://mbd4a.functionbay.com/>. Selbstverständlich können alle Interessenten die Möglichkeiten nutzen und die Software unverbindlich vier Wochen lang testen.

[www.functionbay.de](http://www.functionbay.de)



## GRANTA DESIGN

### Granta Design veröffentlicht 'Granta MI:Collaborate'

Granta Design gab die Veröffentlichung von Granta MI:Collaborate, ein Cloud-gehostetes Softwarepaket, das die gemeinsame Entwicklung, Verwaltung und Nutzung von Materialdaten bei Gemeinschaftsprojekten mit vielen Beteiligten vereinfacht, bekannt. Die Lösung basiert auf Erfahrungen, die Granta bei vielen Partnerprojekten, wie dem EU geförderten Projekt im Bereich additive Fertigung Amaze oder dem Hitea Industriekonsortium zum Ersatz gefährlicher Beschichtungen in der Luft- und Raumfahrt, gemacht hat. Für solche Projekte ist es normalerweise nötig, spezialisierte Materialdaten zugriffskontrolliert zwischen den Partnern auszutauschen, so dass diese die Daten zusammenführen, analysieren und das gemeinsame Wissen vorteilhaft nutzen können. Darüber hinaus kann es wichtig sein, Daten und Ergebnisse weiteren Beteiligten oder der Öffentlichkeit über einen längeren Zeitraum zur Verfügung zu stellen, um so den Projektwert auch nach Projektende zu erhalten. Diese Art der Verwaltung von intellektuellem Eigentum wird zunehmend von den Fördergeldgebern verlangt und MI:Collaborate kann sie sicherstellen.

MI:Collaborate nutzt die Technologie von Granta MI™, der führenden Software im Bereich Materialinformationsmanagement in vielen großen Unternehmen. Ein unterstütztes Projekt wird mit einer in der Cloud gehosteten Version des Granta MI Datenbanksystems sowie mit entsprechendem Support ausgestattet. Dies ermöglicht die Modifizierung der Datenbankstruktur, was für den Umgang mit den jeweils speziellen Projektdaten erforderlich ist (z. B. mit Ergebnissen von Materialtests oder Materialmodellen, die in der Simulation genutzt werden). Sofort nutzbare Datenbanktemplates, z. B. für die Verwendung von Metallen, Verbundwerkstoffen, verbotenen Substanzen und Materialien aus dem Bereich additive Fertigung, beschleunigen den Prozess. Einfache

Web-Werkzeuge ermöglichen es den Nutzern Daten hochzuladen, zu durchsuchen und zu vergleichen, während stabile Sicherheitseinstellungen garantieren, dass Anwender nur die Daten sehen, für die sie eine Zugriffsberechtigung haben. Als Standardeinstellung garantiert das Paket die Speicherung und den Zugriff auf die Daten für 10 Jahre nach Projektabschluss - auch alternative Vereinbarungen sind möglich.

Dieses Software- und Servicepaket, in Kombination mit einer kosteneffektiven Preisstruktur macht es sehr einfach, MI:Collaborate in Projekte einzubinden, für die öffentliche Fördermittel beantragt werden sollen - z. B. bei nationalen Agenturen wie der US National Science Foundation oder internationalen Programmen wie dem European Union's Horizon 2020. Projektmanager, die daran interessiert sind, diese Option in ihren Antrag einzubinden, sollten sich über die unter <http://www.grantadesign.com/contact/> gelisteten Kontaktdaten mit Granta in Verbindung setzen.

[www.grantadesign.com](http://www.grantadesign.com)

## HBM

### nCode 11 jetzt verfügbar

HBM freut sich Ihnen mitteilen zu können, dass nCode 11 veröffentlicht wurde und zum Download bereit steht! Erfahren Sie mehr zu den neuen Features und erweiterten Möglichkeiten der neuen Softwareversion von nCode DesignLife und nCode GlyphWorks.

[www.hbmncode.com](http://www.hbmncode.com)

## INSTAL

### Instal-News erschienen

Die neue Ausgabe 09/2015 des Instal Newsletters ist soeben erschienen.

[www.instal-online.de](http://www.instal-online.de)

## IPH Hannover

### Algorithmen in der Umformtechnik: Software bestimmt optimale Vorform

Schmiedeunternehmen könnten Stadienfolgen künftig wesentlich schneller auslegen als bisher. Forscher des Instituts für Integrierte Produktion Hannover (IPH) arbeiten gemeinsam mit der Industrie an einer Software, die automatisch die optimale Vorform ermittelt. Evolutionäre Algorithmen unterstützen die Konstrukteure so bei einer äußerst zeitaufwendigen Aufgabe, die derzeit oft nach dem Prinzip Versuch und Irrtum abläuft. Das Transferprojekt „Vorformoptimierung“ wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert, die Ergebnisse sollen von der Hammerwerk Fridingen GmbH in der Praxis getestet werden.

Schmiedeteile wie Pleuel oder Kurbelwellen für Motoren werden in mehreren Stufen hergestellt – vom rohen Stahlteil über eine oder mehrere Vorformen bis zum Fertigteil. Derzeit ist es äußerst arbeitsintensiv und zeitaufwendig, diese sogenannte Stadienfolge auszulegen. Die Konstruktionsingenieure gehen dabei nach dem Prinzip Versuch und Irrtum vor: Sie erstellen die Vorformen nach ihrem Erfahrungswissen und überprüfen sie dann per FEM-Simulation oder mit Probeschmiedungen. Wenn die geschmiedeten Bauteile fehlerhaft sind – also wenn sich beispielsweise Falten bilden oder die Form nicht richtig ausgefüllt wird – dann müssen die Ingenieure die Vorformen anpassen und sie erneut testen. Ein Prozess, der gerade bei komplizierten Bauteilen sehr lange dauern kann.

Künftig soll eine Software binnen Minuten die optimale Vorform finden und so den Ingenieuren die Arbeit erleichtern. Daran arbeiten Wissenschaftler des Instituts für Integrierte Produktion Hannover (IPH) gemeinsam mit der Hammerwerk Fridingen GmbH. Die Konstruktionsingenieure sollen künftig lediglich die gewünschte Fertigform sowie die Form des Rohteils in die Software eingeben. Die Stadienfolge wird dann automatisch ermittelt.

### Kimulation: Forscher entwickeln schnelle Alternative zur FEM-Simulation

Umformprozesse auszulegen dauert lange. Das liegt vor allem an den aufwendigen FEM-Simulationen, mit denen der Prozess vorab durchgespielt wird: Sie können Stunden oder gar Tage dauern und müssen mehrfach wiederholt werden. Forscher des Instituts für Integrierte Produktion Hannover (IPH) wollen das beschleunigen: Ein Algorithmus soll das Ergebnis der Simulation in Sekundenschnelle vorhersagen.

FEM-Simulationen werden in der Massivumformung genutzt, um Schmiedeprozesse vorab am Computer zu testen. In der Software können Bauteile wie Kurbelwellen oder Kolben als ein Netz aus zahlreichen Punkten dargestellt werden. Um die Umformung zu simulieren, berechnet die Software eine Verschiebung dieser Punkte und berücksichtigt dabei die Materialfestigkeit, die Geometrie des Gesenks und des Rohteils sowie viele weitere Faktoren. Diese Berechnungen können Stunden oder sogar Tage dauern. Und mit einem Durchgang ist es nicht getan: Oft ergibt die Computersimulation, dass bei der Umformung Fehler auftreten – dass etwa die Form nicht vollständig gefüllt ist oder Falten entstehen. Dann passen die Ingenieure den Schmiedeprozess an und starten die Simulation erneut. Bis sie zum optimalen Ergebnis gelangen, dauert es sehr lange.

Am Institut für Integrierte Produktion Hannover (IPH) werden fast täglich Schmiedeprozesse simuliert. Die Ingenieure wissen also aus eigener Erfahrung, wie zermürend langsam FEM-Simulationen ablaufen – und wollen nun eine wesentlich schnellere Alternative entwickeln. Im Forschungsprojekt „Kimulation – KI-basierte Prognose der Ergebnisse von Massivumformsimulationen“ arbeiten Umformexperten interdisziplinär mit Spezialisten für Künstliche Intelligenz zusammen. Gefördert wird das Forschungsvorhaben von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), in drei Jahren sollen die Ergebnisse vorliegen.

Das Ziel der Forscher: Sie wollen

einen selbstlernenden Algorithmus programmieren, der die Ergebnisse von FEM-Simulationen vorhersagen kann und in möglichst kurzer Zeit eine möglichst genaue Vorschau liefert. Das nötige Wissen dafür soll sich der Algorithmus mittels Data Mining selbst aneignen, indem er Datensätze von FEM-Simulationen analysiert und darin Muster erkennt, die er anschließend auch auf andere Umformprozesse anwenden kann. Nach dem Willen der Forscher soll der Algorithmus in weniger als 60 Sekunden das Umformergebnis vorhersagen – mit einer Prognosegenauigkeit von mindestens 95 Prozent.

Detaillierte FEM-Simulationen lassen sich mit dieser Methode zwar nicht vollständig ersetzen, aber auf ein Minimum reduzieren. Zumal ein weiterer Arbeitsschritt entfallen soll: Bisher konstruieren die Ingenieure ihre Schmiedeteile in CAD-Programmen und importieren sie für die Simulation in ein FEM-Programm. Mithilfe des Algorithmus, den die Forscher entwickeln, soll künftig eine Vorschau direkt aus dem CAD-Programm heraus möglich sein. Außerdem soll das Programm später in der Lage sein, automatisch komplette Versuchsreihen durchzuspielen und zu analysieren – also beispielsweise die Umformung von Rohteilen mit unterschiedlicher Länge und unterschiedlichem Durchmesser bei verschiedenen Umformkräften und -temperaturen zu testen.

So müssten die Ingenieure nicht für jede Variante eine neue FEM-Simulation starten, sondern könnten sich auf jene Parameterkombinationen konzentrieren, die in der Vorschau am vielversprechendsten wirken. „Damit könnten wir die zeitaufwendige Probier-Phase enorm verkürzen“, sagt Neelam Rasche, Umformtechnik-Expertin am IPH. „Das wäre eine wahnsinnige Erleichterung“ – nicht nur für die Forscher am IPH, sondern auch für Ingenieure in Schmiedeunternehmen.

[www.iph-hannover.de](http://www.iph-hannover.de)

### MSC SOFTWARE

#### Mit MSC Apex 10-mal schneller von der Modellierung zur Validierung

MSC Software hat eine neue Version von MSC Apex vorgestellt. MSC Apex ist eine von Grund auf neu programmierte, vollständig integrierte und generative Simulationsumgebung. Die Computer Aided Engineering (CAE)-Plattform ist einfach zu bedienen und schnell zu erlernen. Die neue Version MSC Apex Diamond Python beinhaltet inkrementelle Methoden zum Erzeugen von Mittelflächen und beschleunigt die Bearbeitung von Finite Elemente (FE)-Modellen.

Die MSC Apex Diamond Python Version beinhaltet:

- die vierte Version MSC Apex Modeler. Diese Lösung für CAE-spezifische Modellierung und Vernetzung vereinfacht die Geometriebereinigung und beschleunigt den Prozess vom CAD-Modell zum fertigen Netz. Neu ist die Smart Midsurface™ Technologie - eine Methode um FE-Modelle für dünnwandige Strukturen aus Metallen, Kunststoffen und Composites schneller zu erstellen.
- die zweite Version MSC Apex Structures. Als Ergänzung zum MSC Apex Modeler macht dieses Modul MSC Apex zu einer voll integrativen und generativen Lösung für Strukturanalysen.

Die neue Smart Midsurface Technologie im MSC Apex Modeler umfasst:

- Inkrementelle Methoden zum Erzeugen von Mittelflächen: Die neue inkrementelle Methode zum Erzeugen von Mittelflächen beschleunigt den Prozess um das zehnfache. In der neuen Version macht MSC Apex einen Vorschlag zwischen welchen Paaren von Solid-Faces Mittelflächen erzeugt werden sollen. Der Anwender kann diese Auswahl so lange bearbeiten, bis die optimalen Mittelflächen gefunden sind. Die Methode eignet sich beispielsweise für kompliziert gefräste Bauteile.
- Methoden zum Extrahieren von Mittelflächen: Neue Methoden



zum Extrahieren von Mittelflächen sind jetzt auch für Solids mit schrägen und gekrümmten Wänden verfügbar, zum Beispiel für Spritz- oder Metallgussteile. Dazu passend wurde die automatische Wandstärkenzuweisung erweitert und funktioniert auch für variable Wandstärken - egal ob diese abgeschrägt, kurvig, symmetrisch oder asymmetrisch sind.

- Schnelle Erzeugung von Modellen: In MSC Apex Diamond Python wurde die Vernetzung von Mittelflächen-Geometrien und die Definition von Materialien und Querschnittswerten extrem verbessert. Neu ist der 2.5D Hexmesher und der ‚Mapped Mesher‘, der ein gleichmäßiges Schalennetz erzeugt.

MSC Apex Structures bietet Anwendern eine vollständig integrierte Simulationsumgebung für Strukturanalysen. Während die Anwender noch an den Modellen arbeiten, werden die Analysedaten bereits automatisch überprüft. So wird bereits vor der Rechnung verifiziert, ob das Modell lauffähig ist oder noch etwas fehlt. Bei Änderungen von Geometrie, Netz, Lasten, Randbedingungen oder Wandstärke wird diese Prüfung automatisch neu gestartet. Auch die Rechenergebnisse können Anwender praktisch mit einem Mausklick aktualisieren. Dies reduziert den Trial-and-Error Prozess und beschleunigt die Zeit von der Modellierung zur Validierung.

[www.msccsoftware.com](http://www.msccsoftware.com)

## NVIDIA

### Nvidia OpenACC Toolkit

Nvidia veröffentlichte sein neues OpenACC Toolkit, eine kostenlose All-In-One Suite mit verschiedenen parallelen Programmier-Tools. Das Toolkit vereinfacht die parallele Programmierung von wissenschaftlichen Applikationen, so dass deutlich mehr Wissenschaftler den OpenACC-Programmierstandard einsetzen können. Im Nvidia OpenACC Toolkit ist die PGI Accelerator Fortran/C Workstation Compiler Suite für Linux enthalten, die Ope-

nACC 2.0 unterstützt. Erstmals ist der Compiler durch das OpenACC Toolkit für Entwickler und Forscher kostenlos erhältlich. Außerdem ist der NVProf Profiler Bestandteil des OpenACC Toolkit. Er gibt Orientierungshilfen, an welchen Stellen „OpenACC-Direktiven“ eingefügt werden sollen und einfache Compiler-Tipps, um den Code zu beschleunigen. Zusätzlich bietet er Code-Beispiele als Starthilfe in die OpenACC-Programmierung. Weitere Informationen gibt es auf der OpenACC Toolkit Website. Beim Einsatz von OpenACC bleibt bereits bestehender CPU-Code intakt und nutzbar. Daher ist in der Vergangenheit geleistete Programmierarbeit nicht umsonst gewesen. Im Gegenteil: Der Compiler kann erstmals auch OpenACC-Code nicht nur auf GPUs, sondern auch auf x86-Mehrkern-CPU's beschleunigen. Dadurch erhalten auch reine CPU-basierte Systeme einen deutlichen Leistungsschub. Ist allerdings eine GPU im System vorhanden, parallelisiert der Compiler den Code für die GPU. Das Resultat ist eine fünf- bis zehnfache Leistungssteigerung als mit Mehrkern-CPU's. Kostenloser Download: [www.nvidia.com/openacc](http://www.nvidia.com/openacc).

### Nvidia fliegt mit Audi zum Mond

Bereits seit 2012 unterstützt Nvidia die deutsche Wissenschaftlergruppe „Part-Time Scientists“ (PTS) bei ihrer Teilnahme am „Google Lunar X Prize“ (GLXP). Das Ziel des von der X Prize Foundation ins Leben gerufenen Wettbewerbs ist es, eine zu 90 Prozent privat finanzierte Mondmission zu realisieren und einen unbemannten Rover auf dem Mond abzusetzen.

Jetzt kündigt auch Audi seine Unterstützung für die Mission an. Der Automobilhersteller liefert technische Hilfe und lässt sein Know-How in die Entwicklung des Mond-Rovers „Audi lunar quattro“ fließen - vom quattro-Allradantrieb über Leichtbau und Elektromobilität bis zum Pilotierten Fahren. Mehr Info unter: [https://digital.audi-presskit.de/de/mission\\_to\\_the\\_moon](https://digital.audi-presskit.de/de/mission_to_the_moon)

[www.nvidia.com](http://www.nvidia.com)

## P+Z Engineering

### Entwicklungskonzepte real erproben: ARRK|P+Z Engineering eröffnet neue Werkstatt- und Versuchsfläche

So wichtig technische Berechnungen für die effiziente und differenzierte Ausarbeitung neuer Fahrzeug- oder Industriekomponenten auch sind, alles lässt sich nicht in einer Simulation ermitteln. Bei der Lebensdauerbetrachtung beispielsweise oder bei individuell menschlichen Eindrücken, wie etwa in der Akustik, stoßen die Computermodelle noch an ihre Grenzen und Versuche mit realen Objekten werden nötig. Diese Gründe haben u.a. dazu geführt, dass einer der führenden Entwicklungsdienstleister, ARRK|P+Z Engineering, jetzt in eine eigene, über 1.100 m<sup>2</sup> große Werkstatt- und Versuchshalle investiert. Die konkrete Gestaltung der weiten Fläche kann je nach Bedarf angepasst werden und ermöglicht das Implementieren und Prüfen neuer Komponenten-Prototypen oder Steuersoftware ebenso wie verschiedene Werkstofftests. Eröffnet wird die neue Halle bereits Anfang Juni. Sie steht dann sowohl Projektkunden des Unternehmens aus den Branchen Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrtindustrie, Sonder- und Nutzfahrzeugbau sowie Maschinen- und Anlagenbau offen als auch weiteren Interessenten entlang der gesamten Lieferantenkette. „Eigene Versuchsflächen und -kompetenzen werden von Kunden vor dem Hintergrund immer größerer Projekte mit gesamtheitlicher Verantwortung inzwischen oft zur Bedingung gemacht, weshalb diese Investition ein logischer Schritt in unserer strategischen Weiterentwicklung war“, erklärt Daniel Plum, Abteilungsleiter Erprobung und Versuch bei ARRK|P+Z Engineering. Auf insgesamt 1.140 m<sup>2</sup> bietet die neue Werkshalle jetzt Platz für Freiflächen, verschiedene Versuchsanlagen und für bis zu 14 Hebebühnen zum mechanischen und elektrisch-elektronischen Hochrüsten von Gesamtfahrzeugen. Damit können unter anderem Prototypen mit Messtechnik aufgerüstet und

zur Durchführung von Test- und Absicherungsumfängen in reelle technische Umgebungen eingebaut werden. Die Aufteilung und Nutzung der Fläche erfolgt jeweils bedarfsorientiert, wenn nötig, können einzelne Bereiche sogar abgekapselt werden. Zur Untersuchung von Gesamt- oder Subsystemen umfasst die Halle eine vollständige Werkstattausstattung mit Schwerpunkt Fahrzeughochrüstung sowie einen weiteren eigenen Bereich für die Ausführung sämtlicher mechanischer Arbeiten von der Probenerstellung für Materialanalysen über Schweißarbeiten bis hin zur Anfertigung von Haltern. Für die Realisierung von mechanischen Materialanalysen wird zudem eine Universalprüfmaschine zum Einsatz kommen, die unterschiedlichste, quasistatische Messungen – etwa zum Zug-, Druck- und Dehnungsverhalten – sowie Drei- und Vierpunktmessungen erlaubt. Die Ingenieure sind damit in der Lage, vor Ort Vorentwicklungsfragen hinsichtlich der Werkstoffwahl zu untersuchen und Materialprüfungen durchzuführen. Darüber hinaus werden Flashplätze für Softwareupdates auf der neuen Fläche bereitgehalten, die in Zusammenhang mit der Erprobung neuer Hardware anfallen. Zukünftig ist außerdem u.a. eine Erweiterung des Versuchsbereichs um eine Klimakammer sowie ein System für Lebensdauertests geplant, um das Leistungsspektrum zu vergrößern und die bereits bestehenden Kompetenzen, insbesondere in akustischen Fragestellungen, weiter einzubinden.

Mit den Möglichkeiten der eigenen Werkstatt- und Versuchsfläche schafft ARRK|P+Z Engineering die Rahmenbedingung, um Projekte künftig über die gesamte Entwicklungsdauer bis in die Serienproduktion betriebsintern zu begleiten. So können die gestiegenen Anforderungen, vor allem der Automobilhersteller, an eine ganzheitliche Entwicklungsbegleitung bestens erfüllt werden. Selbst Testfahrten sind bei unkritischen Veränderungen am Fahrzeug, die eine Straßenzulassung nicht einschränken, aufgrund der günstigen Lage des Standorts sowohl im Stadtverkehr als auch

auf der Autobahn problemlos möglich. Bei größeren Eingriffen in die Technik kann dagegen weiterhin auf allgemeine Testgelände oder Teststrecken der Kunden ausgewichen werden.

Einer der ersten Aufträge, die in der Werkstatt- und Versuchshalle von ARRK|P+Z Engineering umgesetzt werden, befasst sich mit der thermischen Betriebssicherheit von Fahrzeugen. Hierzu werden gegenwärtig Fahrzeuge für Testfahrten mit der notwendigen Sensorik ausgestattet. „Ein anderes großes Thema wird vermutlich E-Mobility sein, z.B. mit Tests von Range-Extendern, wobei die strategische Ausrichtung der neuen Fläche schwerpunktmäßig auf akustischen sowie werkstofftechnischen Fragestellungen liegt“, so Plum. Mit der Nutzung modernster Maschinen sollen zukünftig wichtige Entwicklungsaufgaben wie z.B. die Durchführung von Lebensdauertests, die Analyse von Schwingungsverhalten, die Getriebeerprobung sowie -applikation oder die Bestimmung von Materialkennwerten in das Aufgabenportfolio übernommen werden.

#### **Im Käfer hat keiner die Lüftung gehört“: Leisere Technik und verringerte Masse stellen Entwickler vor ganz neue Akustik-Probleme**

Vor allem Leichtbauwerkstoffe und zunehmend leisere Antriebe haben dazu geführt, dass heute unerwünschte Geräusche an Geräten oder Fahrzeugen immer stärker auffallen. Kleine Nachbesserungen reichen längst nicht mehr aus, um den gestiegenen Anforderungen gerecht zu werden. Akustische Fragestellungen müssen stattdessen schon in einem sehr frühen Konzeptstadium betrachtet werden, wenn die Entwicklung wirtschaftlich und das Produkt erfolgreich sein soll. Bei der P+Z Engineering GmbH, einem der führenden Entwicklungsdienstleister Deutschlands, kümmert sich ein interdisziplinäres Expertenteam bereits in den frühen Konzept- und Entwicklungsphasen um das Thema Akustik. So werden etwa in der Störgeräuschbeseitigung die Simulation und der Versuch eng miteinander

verknüpft, neue Berechnungstools für die Aeroakustik geschaffen oder die Schalleigenschaften neuartiger Materialien untersucht.

„Die Anforderungen des Endkunden und damit auch des Herstellers an die Akustik von Fahrzeugen und Maschinen sind mittlerweile sehr hoch“, berichtet Dr. Marinus Luegmair, Senior Engineer Akustiksimulation und Leiter des Center of Competence (CoC) Akustik bei P+Z Engineering. Hauptgrund dafür ist, dass jeder Nutzer Geräusche wahrnehmen und subjektiv beurteilen kann – während man beispielsweise für die Crashesicherheitsbewertung eines Fahrzeugs schon fachlicher Experte sein muss. Durch immer leisere Antriebe, insbesondere Elektromotoren, treten heute bislang übertönte Geräuschquellen plötzlich in den Vordergrund, so Luegmair: „Im VW Käfer etwa hätte das Surren der Lüftung niemanden gestört, man hätte es gar nicht hören können.“ Hinzu kommt, dass Leichtbaumaterialien wie Composite-Werkstoffe oder Aluminium, die hinsichtlich Gewicht und Verbrauch neue Maßstäbe setzen, für die Geräuschentwicklung ein Problem darstellen können. „In der Akustik ist mehr Masse in der Regel besser. Für den Leichtbau müssen daher bisherige Konstruktionsstandards neu bewertet und passende Lösungen gefunden werden“, erklärt der Gruppenleiter Technische Berechnung und Simulation, Florian Seifferth, der ebenfalls zum Kompetenzteam gehört.

Um diesem neuen, sich ständig erweiternden Aufgabenfeld fachkundig begegnen zu können, setzt der Entwicklungsdienstleister P+Z Engineering auf Interdisziplinarität: Im Kernteam des CoC Akustik tauschen sich Spezialisten aller Bereiche von Simulation bis Versuch, von Strukturmechanik bis Sounddesign aus, so dass Know-how und Kompetenzen der verschiedenen Abteilungen ineinander greifen. Schnittstellen und die damit verbundenen Informationsbrüche werden auf diese Weise vermieden, wodurch Projekte schneller und gleichzeitig umfassender realisiert werden können. „Bei einem Auftrag für einen Nutzfahrzeughersteller trat beispielsweise

zwischen Simulation und Versuch eine Abweichung um den Faktor 100 auf“, erzählt Seifferth. „Meist würde in einem solchen Fall lange an den Ergebnissen gezweifelt und nach Fehlern gesucht. Bei uns hat sich dagegen in der Teambesprechung schnell herausgestellt, dass die Sensoren im Versuch auf speziellen Trägern stehen. Nachdem die Berechnung entsprechend ergänzt wurde, stimmten die Daten überein.“ Ein Hauptthema in der Praxis der Akustikexperten ist die Störgeräuschvermeidung, da unerwünschte Geräusche meist mit mangelhafter Qualität verbunden werden und so das Produkt abwerten können. Derartige Probleme erst kurz vor der Serienproduktion beseitigen zu wollen, zieht in der Regel hohe Kosten für Werkzeugänderungen und Nacharbeiten nach sich. Allein eine klappernde Autotür mit Filz nachträglich zu dämpfen, würde bei 150.000 Türen pro Jahr Mehrkosten von rund 1,6 Millionen Euro bedeuten. Um das zu vermeiden, sollte die Akustik möglichst früh in der Entwicklung, idealerweise noch vor dem ersten Prototypen, betrachtet werden. „Durch unseren interdisziplinären Ansatz können wir hier Simulation und Versuch sehr eng verknüpfen und somit frühzeitig Feedback an die Konstrukteure geben“, erklärt Daniel Plum, Gruppenleiter bei P+Z Engineering, der innerhalb des CoC Akustik für die Versuchs-/Projektbetreuung verantwortlich ist. Wenn man etwa eine Wandung dünner gestalten möchte, lassen sich mit der Simulation verschiedene Varianten durchspielen und bewerten. Um die daraus resultierenden Ergebnisse abschließend validieren zu können, wird jedoch noch immer der klassische Versuch benötigt. Die Verbindung der beiden, sonst oft zeitgleich divergierenden Entwicklungsbereiche hat so den Vorteil, dass jegliche Änderung, aber auch prozessbedingte, geometrische Probleme frühzeitig betrachtet werden können: „Beispielsweise werden in den werksinternen Lackierprozessen die Rohkarossen innerhalb eines Tauchbades lackiert (KTL:Kathodische Tauchbad Lackierung). Um hier für eine ordentliche

Beschichtung, aber auch für einen abschließenden Abfluss von Restbeständen zu sorgen, verbleiben innerhalb der Karosserie Kernlöcher, die dieses begünstigen. Diese führen innerhalb der weiteren Fahrzeugentwicklung jedoch zu akustischen Problemstellungen, die es zu lösen gilt“, so Plum.

Ein anderes, noch relativ junges Themenfeld beschäftigt sich mit Psychoakustik und Sounddesign. Fragestellungen, wie welche Geräusche vom Nutzer wahrgenommen werden, wie sich Eindrücke objektivieren lassen und welche Töne vielleicht sogar erwartet werden, gewinnen für die Hersteller durch die generell leiser werdende Technik zunehmend an Bedeutung – nicht nur in der Automobilindustrie. „Auch das Weiße-Ware-Segment befasst sich inzwischen mit Sounddesign. Fehlt beim Einschalten der Waschmaschine das Klicken, kann das den Anwender verunsichern und an der Zuverlässigkeit und/oder Wertigkeit des Geräts zweifeln lassen“, erklärt Plum.

Je nach Situation entwickeln die Akustikexperten daher auch Strategien, um Geräusche künstlich zu erzeugen. Anhand psychologischer Beurteilungen lässt sich dabei ein zum Einsatzgebiet passendes, angenehmes Schallspektrum finden, das die Erwartungen des Kunden erfüllt.

Daneben engagieren sich die Akustik-Spezialisten bei P+Z Engineering derzeit stark in der Aeroakustik, also der Betrachtung aerodynamisch erzeugter Geräusche. Dieser Bereich wurde bislang hauptsächlich universitär behandelt und findet erst jetzt Eingang in die Industrie. Da das Thema noch sehr neu ist, müssen für derartige Projekte zunächst zielführende Methoden entwickelt werden. „Versuche im Windkanal wären sehr teuer, weshalb eher die Simulation das Mittel der Wahl werden wird“, so CoC-Leiter Luegmair. „Allerdings müssen die Strömungsberechnungen hierfür um mehrere Zehner-Potenzen genauer sein als für andere Anwendungen. Um dennoch vertretbare Rechenzeiten zu erzielen, untersuchen wir momentan, inwieweit hier mit Näherungen

gearbeitet werden kann und welche Aspekte vielleicht wegfallen können.“ Erste Projekte laufen bereits, so wurde etwa eine CFD-Simulation eines ganzen Fahrzeugs erstellt, um das Fahrzeug im aktuellen Entwicklungsstand bewerten und Verbesserungen ableiten zu können.

Gleichzeitig wird an der Integration neuer Werkstoffe gearbeitet. In diesem Rahmen optimieren die Ingenieure beispielsweise ein CFK-Bauteil akustisch oder erstellen Materialkarten zu den Reaktionen verschiedener Stoffe untereinander. Das CoC Akustik kooperiert dabei eng mit den P+Z-Expertenrunden für Composite und Interieur. „Durch diese Know-how-Vernetzung können wir auch vollständige Lösungen anbieten, anstatt nur Teilaspekte abzudecken“, fasst Seifferth zusammen. Das gesammelte Wissen und die gewonnenen Erfahrungen werden zudem in Inhouse-Vorträgen wie auch in Zusammenarbeit mit Fachhochschulen und Universitäten in München und Ingolstadt an die Mitarbeiter sowie an interessierte Studenten weitergegeben, um den Ingenieur Nachwuchs für das vielseitige Thema Akustik zu gewinnen.

[www.puz.de](http://www.puz.de)

## SIEMENS PLM SOFTWARE

### Daimler schließt Migration zu NX ab

Daimler hat bekannt gegeben, dass die große, unternehmensweite Migration hin zur NX Software von Siemens abgeschlossen ist. Seit dem Beginn der Migration 2012 wurden mehr als 6.200 Anwender auf der Software für Computer Aided Design, Manufacturing und Engineering (CAD/CAM/CAE) geschult. NX hat damit CATIA V5 von Dassault komplett ersetzt. Die Umstellung auf NX und der unternehmensweite Einsatz der Teamcenter Software von Siemens für das Produktdaten- und Lifecycle Management machen Softwaretechnologie von Siemens zum integralen Bestandteil der umfassenden Digitalisierung von Produktentwicklungsprozessen bei



Daimler. Daimler hat sich für das Smart Innovation Portfolio entschieden, um Effizienz und Nachhaltigkeit zu verbessern. Die derzeit für die Verwaltung von Produktdaten eingesetzte Software lässt sich mit dem CAD-System integrieren. Die Software bildet so das IT-Gerüst für alle Prozesse in der Entwicklung und Produktplanung.

### **LMS Samtech Tea Pipe für die Software NX**

Laut Bekanntgabe durch Siemens PLM Software ist LMS Samtech Tea Pipe für die Software NX auf dem Markt erhältlich. LMS Samtech Tea Pipe ist ein neues umfassendes Softwarepaket für die nicht lineare mechanische Simulationsanalyse von Kabeln, Rohr- und Schlauchleitungen (zum Beispiel Bremsschläuche beim Fahrzeug oder Luft- und Wasserschläuche für einen Motor). Die Entwicklung flexibler Kabel, Rohr- und Schlauchleitungen ist für Entwickler und Ingenieure besonders schwierig. Fehler beim Design können in kostspieligen Rückrufaktionen enden. Durch den rechnergestützten Entwicklungsprozess (CAE) der neuen Software LMS Samtech Tea Pipe können Probleme mit Befestigungen, Kollisionen, Ovalisierung und Verformen/Verbiegen der Kabel simuliert werden, bevor teure Prototypen gebaut werden. Um Ermüdungsphänomene vorzubeugen, müssen in der Kabelstruktur auch Torsionsschwingungen begrenzt werden.

LMS Samtech Tea Pipe ist als eigenständiges Produkt oder in NX Version 9 oder höher eingebettet erhältlich. Das Modul NX Motion berechnet die Bewegungen des Subsystems, in dem die Leitung angebracht ist. Durch die nahtlose Übertragung dieser Ergebnisse kann die Verformung der Leitung für alle kinematischen Positionen simuliert werden. Dank dieser kompletten Umgebung lassen sich dann die Simulationen der Rohr- und Schlauchleitungen in CAE-basierte Entwicklungsprozesse integrieren. Ein großer OEM der Automobilindustrie konnte mithilfe von LMS Samtech Tea Pipe die Entwicklung für einen Bremsschlauch von meh-

renen Wochen auf nur wenige Tage verkürzen.

### **Benutzeroberfläche mit Touch-Modus bietet jederzeit und von überall aus Zugriff auf NX**

Die aktuelle Version der Software NX von Siemens, NX 10, bietet mit neuen Funktionen mehr Flexibilität bei der Produktentwicklung und sorgt für eine bis zu dreimal höhere Produktivität. Neue Tools, wie die Lösung für Konzeptentwicklung in 2D, machen es einfacher und schneller, Konstruktionen zu erstellen. Mit vielen Neuerungen in der Applikation NX Realize Shape, einer voll integrierten Umgebung für Subdivision-Modellierung, ist es für Konstrukteure noch leichter, einzigartige Formdefinitionen zu erzeugen. Der neue, optionale Touch-Modus in der Benutzeroberfläche bietet erweiterten Zugriff auf alle Konstruktionsfunktionen von NX. Die enge Einbettung der Active Workspace-Umgebung, die neue Teamcenter-Lösung für das Product Lifecycle Management (PLM) von Siemens, verkürzt wesentlich die Zeit bei der Informationssuche. NX 10 enthält darüber hinaus zahlreiche weitere Verbesserungen über die gesamte Computer Aided Design, Manufacturing und Engineering (CAD/CAM/CAE)-Lösung hinweg.

### **Verbesserte Konstruktionsdatenverwaltung und Bedienoberfläche**

Das aktuelle Release der Solid Edge Software von Siemens, Solid Edge ST7, beschleunigt mit neuen Funktionen die Produktkonstruktion erheblich. Verbesserungen bei der 3D-Modellierung und beim Rendering machen es möglich, bestimmte Aufgaben bis zu fünfmal schneller zu erledigen als mit der Vorgängerversion. Die zusätzliche Produktivität und Effizienz wird durch eine verbesserte und optimierte Benutzeroberfläche erreicht. Im Zusammenhang mit der Veröffentlichung von Solid Edge ST7 erweitert Siemens PLM Software auch sein Portfolio an selbst entwickelten Apps und Anwendungen von Drittanbietern. Mit diesen Apps wächst der Funktionsumfang von Solid Edge über den Kernbereich

Konstruktion hinaus. Die Software verfügt damit über integrierte Lösungen für Standardbauteilbibliotheken, Simulation, Fertigung und die Unterstützung von mobilen Endgeräten.

### **Toyota dehnt Einsatz von Teamcenter aus**

Die Toyota Motor Corporation setzt ihr System zur Verwaltung von Fahrzeugsicherheits-Informationen verstärkt ein. Es basiert auf der Teamcenter-Software von Siemens. Die Software ist bei Toyota seit Januar 2013 im Rahmen einer umfangreichen Initiative zur Produktion sicherer Fahrzeuge für seine Kunden in Gebrauch. Teamcenter wurde aufgrund der nachweislich erfolgreichen Technologie sowie seiner weltweiten Nutzung in der Fertigungsindustrie ausgewählt. Die Marktanforderungen hinsichtlich der Sicherheit von Fahrzeugen steigen stetig. 2011 veröffentlichte die Internationale Organisation für Normung (ISO) die funktionale Sicherheitsnorm ISO 26262. Sie definiert die Sicherheit für die Ausrüstung von Fahrzeugen, wie sie im Lebenszyklus aller elektronischen und elektrischen Systeme der Automobilbranche zu erfüllen ist. Um die Einhaltung mit ISO 26262 zu gewährleisten, entschied sich Toyota für ein neues, PLM-basiertes Informationssicherheitssystem, das Prozesse über verschiedene Unternehmensbereiche hinweg standardisiert. In einem Auswahlverfahren entschied sich Toyota unter verschiedenen PLM Software-Systemen für Teamcenter von Siemens. Wichtige Faktoren für diese Entscheidung sind die breite Präsenz der Lösung in der Fertigungsindustrie sowie die offene Architektur. Die Einführung von Teamcenter ermöglicht eine vertiefte Zusammenarbeit verschiedener Bereiche und eine verbesserte Rückverfolgbarkeit. Dadurch können die funktionalen Sicherheitsstandards leichter erfüllt werden.

[www.siemens.com/plm](http://www.siemens.com/plm)

## SIMUFACT ENGINEERING

### Simufact.forming 13 am Start

Simufact hat das neue Produktrelease Simufact.forming 13 veröffentlicht. Die neue Produktversion verspricht neben einer Reihe von funktionalen Erweiterungen Verbesserungen beim Postprocessing, also der Auswertung und Darstellung der Simulationsergebnisse, der Ergebnisgenauigkeit, der Stabilität der Software sowie der Leistungsfähigkeit in punkto Geschwindigkeit. Über eine benutzerfreundliche mathematische Formelsprache kann der Anwender nun aus allen Ergebnisgrößen der Simulation eigene, neue Ergebnisgrößen berechnen. Diese neue Funktion erspart in vielen Fällen die Programmierung von Subroutinen (Unterprogrammen). Für die Darstellung der Ergebnisgrößen definiert der Benutzer eigene Farblegenden und erschließt sich damit eine standardisierte Bewertung der Simulationsergebnisse nach eigenen Kriterien. Die Funktion vereinfacht vor allem das Post-Processing bei der Untersuchung von Varianten im Auslegungprozess. Routineauswertungen können zeitsparend automatisiert bewertet werden; der Weg zu der besten Auslegungsvariante für den Fertigungsprozess wird verkürzt. Die Partikelrückverfolgung über Post Particles hilft bei der Ursachenfindung für typische Fehler in der Massivumformung. Post Particles sind benutzerdefinierte Messstellen der Ergebnisgrößen, die der Anwender nach der eigentlichen Simulation beim Postprocessing definieren und über beliebig viele Umformstufen hinweg, also prozessstufenübergreifend, vorwärts und rückwärts verfolgen kann. Wird durch eine Simulation ein Fehler wie eine Faltenbildung oder eine Unter- oder Überfüllung im Gesenk sichtbar, legt der Anwender im Postprocessing Messstellen zur Ursachenfindung fest. Er setzt zum Beispiel bei einer nicht vollständig gefüllten Gesenkgravur (Unterfüllung) an den unterfüllten Stellen Markierungspunkte und kann zurückverfolgen, an welcher Stelle zu wenig Werkstoff in der Ausgangsgeometrie gewesen

ist und kann auf diese Weise den Prozess zielgerichtet optimieren.

Anwender, die Simufact.forming für die Simulation von mechanischen Fügeprozessen einsetzen, dürfen sich auf wichtige Weiterentwicklungen im Applikationsmodul Mechanical Joining freuen: So werden in der neuen Version die speziellen Verbindungskennwerte beim Fügeverfahren „Hohlstanznieten“ am Ende der Simulation automatisiert erfasst und ausgegeben. Das ermöglicht eine schnelle praxisnahe Bewertung des Fugesimulationsergebnisses auf „Knopfdruck“. Darüber hinaus unterstützen nun vordefinierte Templates den Nutzer beim Aufbau von Stanznietprozessen. Weitere Neuerungen und Informationen finden Sie auf der Website.

[www.simufact.de](http://www.simufact.de)

## TECOSIM

### Tecosim erneut Top Innovator

Tecosim wurde auf dem Deutschen Mittelstands-Summit in Essen erneut als eines der innovativsten Unternehmen im deutschen Mittelstand ausgezeichnet. Vorstandsmitglied Dr. Torben Birker nahm das renommierte Siegel gemeinsam mit den beiden Tecosim-Innovationsbeauftragten Dr. André Backes und August Sattler aus den Händen von Wissenschaftsjournalist Ranga Yogeshwar entgegen. Zuvor hatten sich die Spezialisten für Computer Aided Engineering (CAE) einem zweistufigen wissenschaftlichen Analyseverfahren unterzogen. Tecosim erhält den Preis nach 2011 zum zweiten Mal.

Beim Innovationswettbewerb „Top 100“ überzeugte das Engineering-Unternehmen die Jury unter anderem mit seinem Innovationsklima. „Wir nutzen die kollektive Intelligenz, die in unserer Firma vorhanden ist“, sagt Vorstandsmitglied Udo Jankowski. Den neuen Innovationsprozess SIM|PULS plante und benannte das Managementteam von Tecosim daher in Workshops und Ideenwettbewerben gemeinsam mit Mitarbeitern. „Bei der Ausarbeitung des Prozesses haben wir viele Meinungen und Blickwinkel berücksichtigt“, erläutert

Jankowski. Da es hierdurch in den einzelnen Abteilungen bereits Botschafter für das neue Konzept gab, ließ es sich gut verankern.

„Unser interner Prozess hat die Bedeutung von Innovationen stärker ins Bewusstsein von uns allen gerückt“, erklärt Dr. Torben Birker. „Wir investieren viel Zeit und Aufwand in unser Innovationsmanagement und setzen dabei auf den Ideenreichtum aller Mitarbeiter. Ihnen gebührt unser Dank – nicht nur für das Erreichen der ‚Top 100‘-Auszeichnung sondern auch für zahlreiche Verbesserungen und neue Produktideen.“ Der selbst definierte Anspruch eines Innovationstreibers in der virtuellen Fahrzeugentwicklung trägt neben dem SIM|PULS Prozess zu zahlreichen Neuentwicklungen bei. Zu den jüngsten Coups der Ingenieure gehört die rechnergestützte Entwicklungsmethode TEC|Concept. Der Prozess ermöglicht bereits in einer frühen Phase des Automobilesdesigns eine Vielzahl von Optimierungsoptionen und schließt Lücken zu bisherigen Verfahren. Ein weiteres Beispiel ist die Ende vergangenen Jahres eingeführte Software TEC|WRX, die die täglichen Arbeiten eines Berechnungsingenieurs beim Modellaufbau erheblich vereinfacht und beschleunigt.

Grundlage der Auszeichnung mit dem „Top 100“-Siegel ist eine zweistufige Analyse, die Prof. Dr. Nikolaus Franke und sein Team vom Lehrstuhl für Entrepreneurship und Innovation der Wirtschaftsuniversität Wien entwickelt haben. Die Wissenschaftler untersuchen das Innovationsmanagement und den Innovationserfolg der mittelständischen Unternehmen anhand von über 100 Parametern in fünf Kategorien. Wer letztlich mit dem „Top 100“-Siegel ausgezeichnet wird, entscheidet die wissenschaftliche Leitung.

Tecosim ist ein weltweit führender Entwicklungspartner für Computer Aided Engineering (CAE). Der Spezialist für numerische Berechnung und Simulation beschäftigt weltweit rund 400 Mitarbeiter. Die international tätige Gruppe hat ihren Hauptsitz in Rüsselsheim und ist mit sechs Niederlassungen in Deutschland sowie Gesellschaften in Großbri-



tannien, Indien und Japan vertreten. Tecosim unterstützt Kunden aus den Geschäftsfeldern Mobilität, Energie, Industrie & Technik sowie Gesundheit. Die Ingenieure bearbeiten anspruchsvolle Aufgabenstellungen aus den Bereichen Struktursimulation, Strömungssimulation, Mehrkörpersimulation und Systemsimulation. Als Innovationstreiber setzt Tecosim richtungsweisende Verfahren ein und berät umfassend – von ersten Konzepten bis hin zu serienreifen Komplettlösungen. Software-Tools und Methoden zur Prozessoptimierung runden das Angebot ab.

[www.tecosim.com](http://www.tecosim.com)


## TRANSVALOR

### Forge International User Meeting 2015 ein voller Erfolg

Am 1. und 2. Juni 2015 fand im Novotel Montfleury in Cannes das von Transvalor veranstaltete 20. Forge International User Meeting statt, die Jahreskonferenz rund um die Flaggschiff-Software des Unternehmens, die Anwender aus aller Welt versammelt. Transvalor nutzte diesen Anlass, um die aktuellsten Produktneuerungen vorzustellen und den angereisten Anwendern die Gelegenheit zum Erfahrungsaustausch und Aufbau eines Netzwerks hochkarätiger Experten im Gebiet der numerischen Simulation zu geben. Für ausführlichere Informationen über die Software Forge und die Vorträge der Jahreskonferenz schreiben Sie uns bitte an: [octavia.reibold@transvalor.com](mailto:octavia.reibold@transvalor.com).

[www.transvalor.com](http://www.transvalor.com)

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



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

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

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

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

**Subscribe now!**

**September**

<b>NAFEMS e-Learning Kurs: Practical Modelling of Joints and Connections</b>			
14.09.	Internet	<a href="http://www.nafems.org/e-learning">www.nafems.org/e-learning</a>	NAFEMS
<b>VDI-Fachkonferenz „Additive Manufacturing“</b>			
15.-16.09.	Duisburg, D	<a href="http://www.vdi.de/additive">www.vdi.de/additive</a>	VDI
<b>NAFEMS e-Learning Kurs: Practical Computational Fluid Dynamics</b>			
16.09.	Internet	<a href="http://www.nafems.org/e-learning">www.nafems.org/e-learning</a>	NAFEMS
<b>NAFEMS e-Learning Kurs: Fluid Dynamics Review for Computational Fluid Dynamics</b>			
19. 09.	Internet	<a href="http://www.nafems.org/e-learning">www.nafems.org/e-learning</a>	NAFEMS
<b>Euromold</b>			
22.-25.09.	Düsseldorf, D	<a href="http://www.euromold2015.com">www.euromold2015.com</a>	Demat
<b>Composites Europe</b>			
22.-24.09.	Stuttgart, D	<a href="http://www.composites-europe.com">www.composites-europe.com</a>	Reed Exh.

**Oktober**

<b>Adams/Car User Meeting</b>			
06.-07.10.	Frankfurt, D	<a href="http://www.mssoftware.com">www.mssoftware.com</a>	MSC Software
<b>ESI DACH Forum</b>			
07.-08.10.	Bamberg, D	<a href="http://www.esigmbh.de/EDF2015">www.esigmbh.de/EDF2015</a>	ESI Group
<b>Simpack Wind and Drivetrain Conference</b>			
07.10.	Hamburg, D	<a href="http://www.simpack.com">www.simpack.com</a>	Simpack
<b>NAFEMS e-Learning Kurs: Basic Finite Element Analysis</b>			
06.10.	Internet	<a href="http://www.nafems.org/e-learning">www.nafems.org/e-learning</a>	NAFEMS
<b>NAFEMS Trainingskurs: Simulation und Analyse von Composites</b>			
06.-07.10.	Wiesbaden, D	<a href="http://www.nafems.org/events/nafems/2015/comp-course2">www.nafems.org/events/nafems/2015/comp-course2</a>	NAFEMS
<b>NAFEMS e-Learning Kurs: Basic Dynamic Finite Element Analysis</b>			
08.10.	Internet	<a href="http://www.nafems.org/e-learning">www.nafems.org/e-learning</a>	NAFEMS
<b>NAFEMS e-Learning Kurs: Elements of Turbulence Modeling</b>			
14.10.	Internet	<a href="http://www.nafems.org/e-learning">www.nafems.org/e-learning</a>	NAFEMS
<b>NAFEMS European Conference: Coupled MBS-FE Applications</b>			
20.-21.10.	Turin, I	<a href="http://www.nafems.org/mbs2015">www.nafems.org/mbs2015</a>	NAFEMS

**November**

<b>Blechexpo/Schweisstec</b>			
03.-06.11.	Stuttgart, D	<a href="http://www.blechexpo-messe.de/blechexpo">www.blechexpo-messe.de/blechexpo</a>	P. E. Schall
<b>NAFEMS e-Learning Kurs: Computational Fluid Dynamics for Structural Designers and Analysts</b>			
04.11.	Internet	<a href="http://www.nafems.org/e-learning">www.nafems.org/e-learning</a>	NAFEMS
<b>Weimarer Optimierungs- und Stochastiktage</b>			
05.-06.11.	Weimar, D	<a href="http://www.dynardo.de/wost">www.dynardo.de/wost</a>	Dynardo
<b>NAFEMS Seminar: Practical Aspects of Structural Dynamics</b>			
10. - 11.11.	Wiesbaden, D	<a href="http://www.nafems.org/2015-struct">www.nafems.org/2015-struct</a>	NAFEMS
<b>Deutsche Simulia Konferenz</b>			
12.-13.11.	Aachen, D	<a href="http://www.3ds.com">www.3ds.com</a>	3DS
<b>NAFEMS Trainingskurs: Einführung in FEM</b>			
16.-18.11.	Wiesbaden, D	<a href="http://www.nafems.org/events/nafems/2015/dach-fea2e">www.nafems.org/events/nafems/2015/dach-fea2e</a>	NAFEMS
<b>NAFEMS Seminar: Simulating Composite Materials and Structures</b>			
17.-18.11.	Stockholm, S	<a href="http://www.nafems.org/2015-stock">www.nafems.org/2015-stock</a>	NAFEMS
<b>NAFEMS e-Learning Kurs: Fatigue &amp; Fracture Mechanics in Finite Element Analysis</b>			
17.11.	Internet	<a href="http://www.nafems.org/e-learning">www.nafems.org/e-learning</a>	NAFEMS
<b>Formnext: Neue Potenziale für den Herstellungsprozess</b>			
17.-20.11.	Frankfurt, D	<a href="http://www.mesago.de/de/formnext/">www.mesago.de/de/formnext/</a>	Mesago
<b>NAFEMS e-Learning Kurs: Advanced Dynamic Finite Element Analysis</b>			
19.11.	Internet	<a href="http://www.nafems.org/e-learning">www.nafems.org/e-learning</a>	NAFEMS
<b>Multiphase Flow Conference</b>			
24.-26.11.	Dresden, D	<a href="http://www.multiphase-conference.com">www.multiphase-conference.com</a>	Ansys
<b>Simvec Spezial – Simulation von gefügten Komponenten in der automobilen Anwendung</b>			
24.-25.11.	Baden-Baden, D	<a href="http://www.vdi.de/simulation-fuegen">www.vdi.de/simulation-fuegen</a>	VDI
<b>NAFEMS Trainingskurs: Einführung in CFD</b>			
25.-26.11.	Wiesbaden, D	<a href="http://www.nafems.org/events/nafems/2015/cfd-course2">www.nafems.org/events/nafems/2015/cfd-course2</a>	NAFEMS

**NAFEMS Trainingskurs: Non-Linear Finite Element Analysis**  
 25.-26.11. München, D [www.nafems.org/events/nafems/2015/non-linear-munich](http://www.nafems.org/events/nafems/2015/non-linear-munich) NAFEMS

**Dezember**

**NAFEMS European Conference: Computational Fluid Dynamics (CFD) – Beyond the Solve**  
 02.-03.12. München, D [www.nafems.org/cfd2015](http://www.nafems.org/cfd2015) NAFEMS

**NAFEMS European Conference: Simulation Process and Data Management (SPDM)**  
 02.-03.12. München, D [www.nafems.org/spdm2015](http://www.nafems.org/spdm2015) NAFEMS

**NAFEMS Trainingskurs: Verification & Validation of Models and Analyses (V&V)**  
 02.-03.12. Wiesbaden, D [www.nafems.org/events/nafems/2015/vandv2](http://www.nafems.org/events/nafems/2015/vandv2) NAFEMS

**NAFEMS e-Learning Kurs: Fluid Dynamics Review for Computational Fluid Dynamics**  
 02.12. Internet [www.nafems.org/e-learning](http://www.nafems.org/e-learning) NAFEMS

**NAFEMS e-Learning Kurs: Composite Finite Element Analysis**  
 17.12. Internet [www.nafems.org/e-learning](http://www.nafems.org/e-learning) NAFEMS

**NAFEMS e-Learning Kurs: Structural Optimization in Finite Element Analysis**  
 29.12. Internet [www.nafems.org/e-learning](http://www.nafems.org/e-learning) NAFEMS

**2016 - Vorschau**

**NAFEMS e-Learning Kurs: Practical Computational Fluid Dynamics**  
 06.01.2016 Internet [www.nafems.org/e-learning](http://www.nafems.org/e-learning) NAFEMS

**STAR Global Conference**  
 07.-09.03. Prague, CZ [www.cd-adapco.com](http://www.cd-adapco.com) CD-adapco

**Permas-Anwenderkonferenz**  
 14.-15.04. Stuttgart, D [www.intes.com](http://www.intes.com) Intes

**Regional NAFEMS Conference 2016**  
 25.-27.04.2016 Bamberg, D [www.nafems.org/2016/dach](http://www.nafems.org/2016/dach) NAFEMS

**Ansys Conference & 33. CADFEM Users' Meeting**  
 05.-07.10. Nürnberg, D [www.usersmeeting.com](http://www.usersmeeting.com) Ansys/Cadferm

**LS-DYNA Forum**  
 10.-12.10. Bamberg, D [www.dynamore.de](http://www.dynamore.de) DYNAMore

**Weitere Veranstaltungen:** [www.nafems.org/events](http://www.nafems.org/events)



# Werkstoff- und bauweisengerechte Simulationsstrategien zur numerischen Struktur- und Prozessanalyse im compositeintensiven Leichtbau

Prof. Dr.-Ing. habil. Maik Gude, Prof. Dr. rer. nat. Hubert Jäger, Dipl.-Ing. Andreas Freund  
Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK), TU Dresden

## 1 Motivation

Faser-Kunststoff-Verbunde (FKV) mit ihren hervorragenden spezifischen Werkstoffeigenschaften und großen Designfreiheiten bieten ein bisher nicht ausgeschöpftes Anwendungspotential für den Einsatz in energie- und materialeffizienten Leichtbaustrukturen. Die zielgerichtete Entwicklung, Optimierung und technologische Umsetzung von beanspruchungsgerechten Faserverbundstrukturen erfordert für die Strukturanalyse und für die Prozesssimulation zuverlässige Berechnungsmodelle. Dabei ist sowohl der Heterogenität und der Anisotropie als auch der Geschwindigkeitsabhängigkeit und Inelastizität im Werkstoffverhalten von FKV Rechnung zu tragen. Zudem resultieren aus der Kombination von FKV- und Metallkomponenten in Mischbauweisen weitere Herausforderungen etwa im Hinblick auf das thermomechanische Strukturverhalten.

Skalenübergreifende Simulationsstrategien bieten hier die Möglichkeit zur Vorhersage des effektiven Deformationsverhaltens sowie des sukzessiven Schädigungsverhaltens und sind damit eine wichtige Basis für die virtuelle Optimierung von Faserverbundstrukturen auf der Werkstoff- und Strukturebene. An aktuellen Beispielen, wie etwa einer hybriden Antriebswelle, einer Thermoclinchverbindung für endlosfaserverstärkte Thermoplastverbund-Metall-Strukturen und einer Textil-Thermoplastverbund-Struktur für Außenhautanwendungen werden neue Gestaltungs- und darauf abgestimmte Simulationsmethoden zur Struktur- und Prozessanalyse dargestellt und noch notwendige Weiterentwicklungen aufgezeigt.

## 2 Hybride Radialwelle

Faserverbundwerkstoffe haben im Gegensatz zu ihren metallischen Pendanten eine viel kürzere Historie in der industriellen Anwendung. Vorreiter war hier die Luftfahrt, wo sie seit Mitte der 80er Jahre nicht mehr wegzudenken sind. Angefangen bei Seitenleitwerken werden mittlerweile große Strukturteile moderner Passagierflugzeuge wie etwa Nasen, Verkleidungen, Flügelemente und Klappen von Fahrwerksschächten aus endlosfaserverstärkten Duromeren gefertigt. Vor allem dünnwandige metallische Strukturen ließen sich bisher leicht durch Faserverbundbauteile substituieren. Eine relevante Reduzierung der Dicke geht jedoch mit einer vergrößerten Beulgefahr einher, so dass an dieser Stelle die Faserverbunde lediglich ihren Dichtevorteil ausspielen können. Neben den dünnwandigen eher gering belasteten Strukturen existiert eine Vielzahl von Bauteilen, die einen sehr kompakten Bauraum mit einer enormen Lastdichte kombiniert. Diese dickwandigen Strukturen sind mit etablierten Auslegungs- und Designansätzen häufig nicht in Faserverbund umsetzbar.

Der anhaltende Trend zu größer werdenden Triebwerksdurchmessern erfordert neue Lösungsansätze zur Leistungsübertragung über eine Radialwelle zum außen liegenden Generator. Die kritische Lage im Luftstrom führt zur Forderung geringstmöglicher Durchmesser bei gleichzeitig erhöhter biegekritischer Drehzahl. Metallische Bauweisen für Wellen stoßen hier an ihre Grenzen und machen oft ein weiteres teures und schweres Stützlager notwendig. Faserverbundwellen eröffnen hier eine neue Leistungsklasse bezogen auf den Durchmesser. Die Fragestellung nach dem geeigneten textilen Aufbau der Verstärkungsstruktur konnte frühzeitig durch Einheitszellensimulationen geklärt werden, womit die versagensrelevanten Mechanismen klar identifiziert werden konnten (vgl. *Abb. 1*). Der Gefahr des Ausknickens der unter Druckbeanspruchung stehenden ondulierten Faserbündel wurde in der technologischen Umsetzung durch die Verwendung sehr flacher und breiter Rovings begegnet.



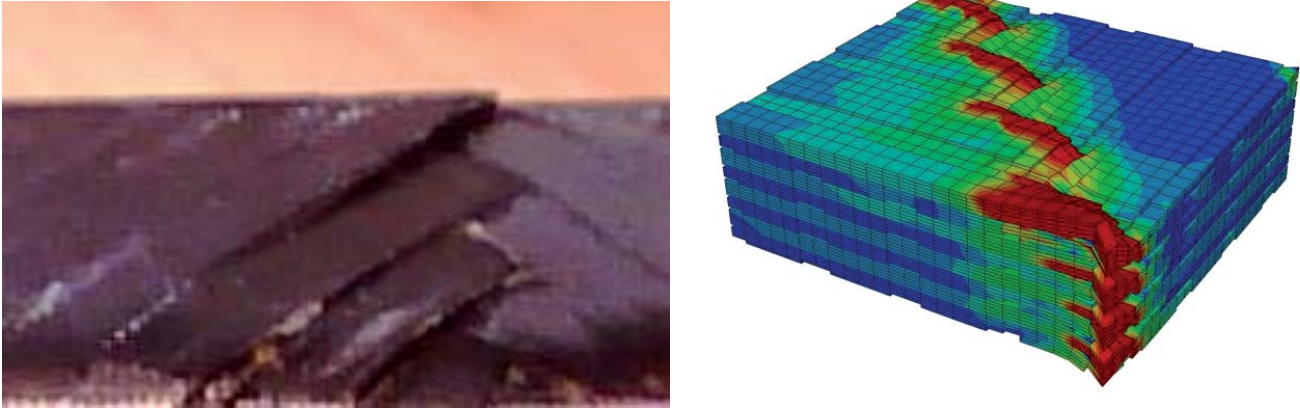


Abb. 1: Vergleich der realen Versuchsergebnisse mit den Simulationsergebnissen; Stabilitätsversagen des Faserbündels

Die hohe Lastdichte bei gleichzeitig geforderter hoher Biegesteifigkeit resultiert in einem beanspruchungsgerecht gestalteten gradierten Aufbau [1]. Höchstfeste Fasern übernehmen dabei in  $\pm 45^\circ$ -Anordnung die Aufgabe der Übertragung des Drehmomentes. Höchststeife Fasern in Wellenlängsrichtung sorgen für die Biegesteifigkeit. Hierbei wurden erstmalig Fasern eingesetzt, deren Elastizitätsmodul bei 900 GPa liegt, so dass die resultierende Verbundsteifigkeit deutlich über denen einer Stahllösung liegt

### 3 Automobile Außenhautanwendung

Neben den bereits etablierten duromeren Matrixsystemen rücken zunehmend thermoplastische Matrixsysteme in den Fokus der Automobilentwickler, da sich vor allem die Fertigungszeiten als größter Kostenfaktor verkürzen lassen. Mit der Ökologie als wichtigster Triebfeder in Form des Wunsches, ansprechende Fahrleistungen mit einem geringen Energieverbrauch zu kombinieren, kommt neben innovativen Ansätzen in der Elektromobilität vor allem dem Leichtbau mit seiner inhärenten Material- und Energieeffizienz eine besondere Bedeutung zu.

Dazu ist es jedoch notwendig, die werkstoffspezifischen Nachteile infolge der ausgeprägten Wärmedehnung zu beherrschen. Eine zentrale Herausforderung bei der Entwicklung von Leichtbaustrukturen für Außenhautanwendungen ist hier die Gewährleistung einer den metallischen Bauteilen äquivalente Oberflächenqualität insbesondere ohne Durchzeichnung der Struktur der Verstärkungslagen als feine Welligkeit [2]. Die Kenntnis der werkstoffspezifischen Anisotropie und Heterogenität sowie die Interaktion der einzelnen Verstärkungslagen im Schichtaufbau ermöglicht die Vermeidung dieser unerwünschten „Orangenhaut“. Die große Vielfalt verfügbarer Faser-Matrix-Kombinationen und textiler Halbzeuge und die damit einhergehende hohe Designfreiheit erfordert den Einsatz neuer Simulationsstrategien und effizienter Simulationsverfahren.

Über eine durchgängige Simulations- und Bewertungsstrategie konnten die relevanten Werkstoffeigenschaften als auch die notwendigen Prozessrandbedingungen erfasst und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die resultierende Oberflächenqualität bewertet werden. Beginnend auf der Mikroebene wurden die effektiven thermomechanischen Eigenschaften der infiltrierten Faserbündel ermittelt und auf der nächsthöheren Größenskala im sog. Mesomodell verwendet (Abb. 2). Die Heterogenität infolge örtlich schwankender thermischer Schwindungen führt zu charakteristischen Einfallstellen an der Oberfläche – den Faserdurchzeichnungen. Diese werden trotz einer Profiltiefe im Bereich weniger Mikrometer durch das periodische Auftreten in Bruchteilen von Sekunden subjektiv wahrgenommen.

Die thermisch induzierten Verschiebungen zeigen erwartungsgemäß ausgeprägte Abhängigkeiten von den kombinierten Werkstoffen. Allerdings hat der verwendete Schichtaufbau eine ebenso starke Signifikanz, d.h. ein geeigneter Schichtaufbau kann trotz vermeintlich ungünstiger Werkstoffkombination zu einer weitgehend ebenen Oberfläche führen. Anhand umfangreicher numerischer Parameterstudien konnten zielführende Kombinationen aus Werkstoffen und Schichtaufbauten ermittelt werden, mit denen eine Class-A-Oberflächenqualität mit presstechnisch hergestellten Textil-Thermoplastverbunden erreichbar ist.

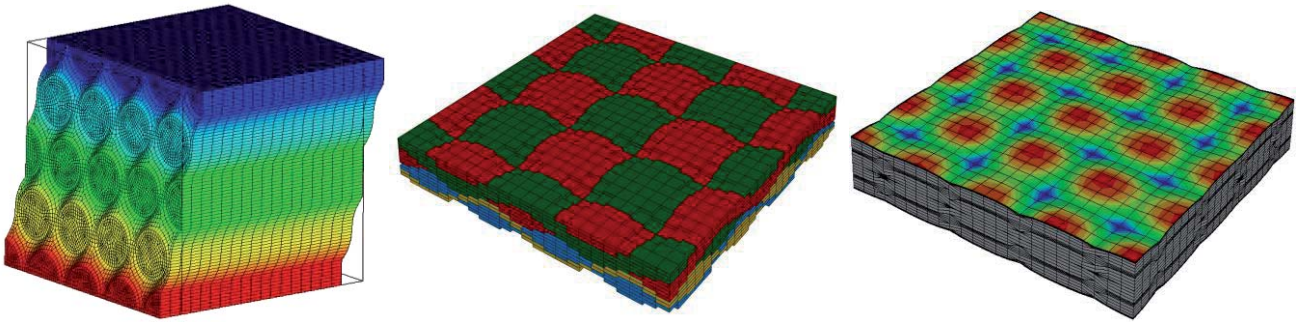


Abb. 2: Skalenübergreifende Simulation mit mikromechanischem Modell (links), Mesomodell (Mitte) und Oberflächenwelligkeit infolge thermischer Schwindung (rechts)

Eigens gefertigte Probekörperplatten wurden hinsichtlich ihrer Oberflächenwelligkeit experimentell untersucht und begleitend numerisch analysiert (Abb. 3). Der Vergleich eines Laserprofilometerscans mit den numerisch ermittelten Verschiebungen entlang charakteristischer Pfade (Matrixlinie = entlang der Einfallstellen; Faserlinie = mittig zwischen den Einfallstellen) zeigt eine hervorragende Übereinstimmung, sowohl für die Wellenlänge als auch für die Amplituden.

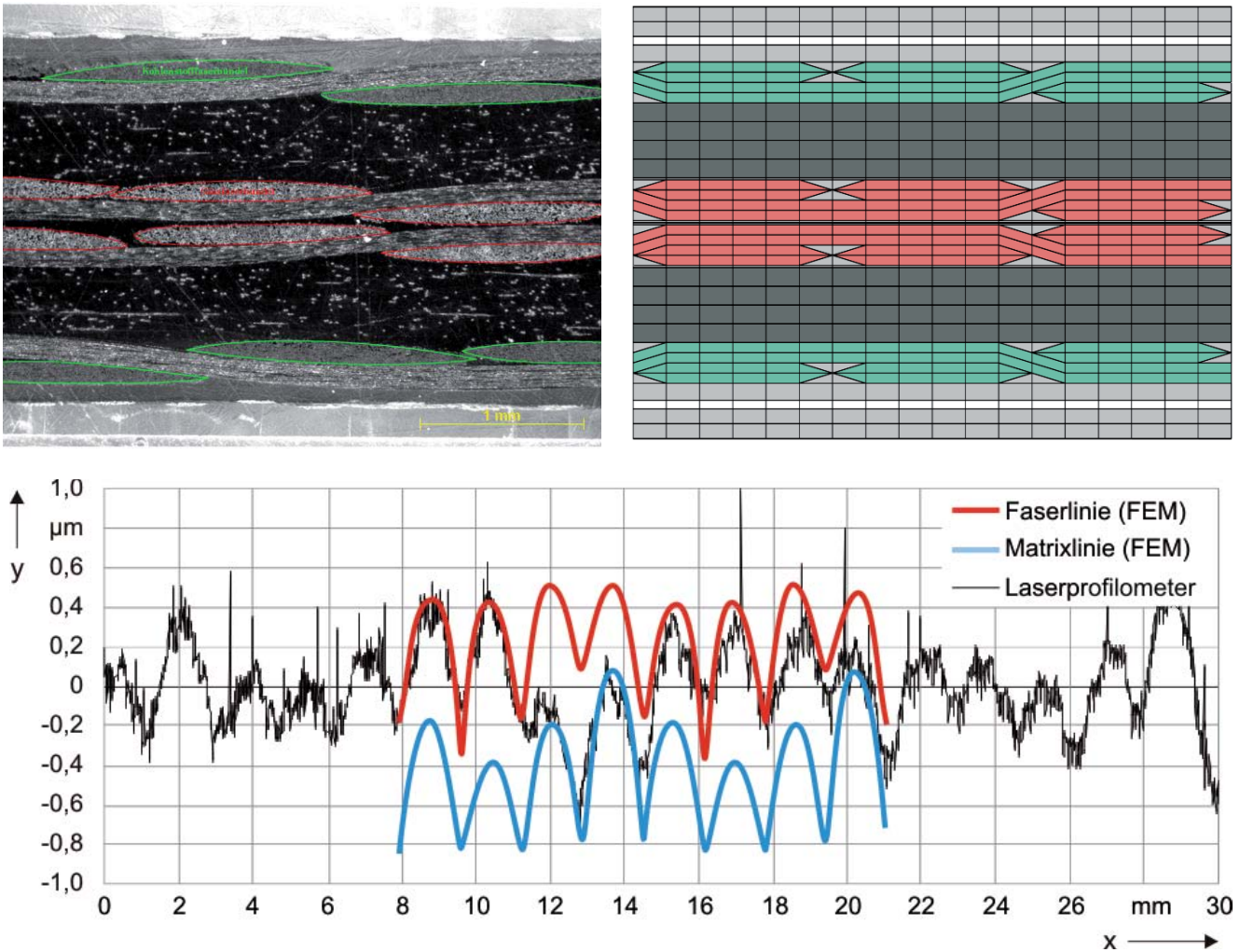


Abb. 3: Schliffbild (oben links) und Meso-FE-Modell (oben rechts) eines hybriden GF-CF-Schichtaufbaus sowie der Vergleich des Laserprofilometerscan mit den FE-Ergebnissen

#### 4 Thermoclinchen

Im Rahmen des Schwerpunktprogrammes SPP 1640 „Fügen durch plastische Deformation“ wird die fügeelementfreie Verbindungstechnologie „Thermoclinchen“ für Mischbauweisen mit textilverstärkten Thermoplastverbunden in theoretischen und experimentellen Untersuchungen entwickelt, erprobt und bewertet. Neben der Prozessentwicklung stehen die Erarbeitung von Simulationsmodellen zur Prozesssimulation und Ableitung von Prozessparametern im Vordergrund der Untersuchungen [4]. Das Thermoclinchen sieht einen umformtechnischen Prozess vor, bei dem die Faserverbundstruktur partiell erwärmt, durch das Vorloch im metallischen Fügepartner durchgesetzt und zu einem Hinterschnitt ausgeformt wird. Somit vereint die entwickelte Füge-technologie Merkmale des Thermoplastnietens und des Durchsetzfügens mit Vorloch.

Die erhöhte Prozesstemperatur im Schmelzbereich der thermoplastischen Matrix erfordert eine genaue Kenntnis des temperaturabhängigen Werkstoffverhaltens. Insbesondere bei hohen Temperaturen ist die Anwendung klassischer Methoden zur Werkstoffprüfung problematisch, so dass hier Verfahren zur virtuellen Werkstoffcharakterisierung ergänzend herangezogen wurden. Für die numerischen Vorstudien zur Materialmodellierung wurde auf die am ILK umfassend dokumentierten Kennwertfunktionen von Polypropylen Moplen HP501L zurückgegriffen.

Zur Vorhersage der werkstoffmechanischen Eigenschaften des infiltrierten GF/PP-Rovings werden analytische mikromechnische Modelle herangezogen. Im Unterschied zu den bekannten Mischungsregeln wird dabei ein Ansatz zur Berechnung der richtungsabhängigen nichtlinearen Spannungs-Dehnungs-Kurven verwendet [3]. Die ermittelten Kurven zeigen eine gute Übereinstimmung mit eigens durchgeführten FE-Simulationen auf der Mikro-Skala bei zugrunde gelegter hexagonaler Filamentanordnung.

Begleitend zur Prozessentwicklung werden neue Simulationswerkzeuge erarbeitet, da vorhandene numerische Verfahren etwa aus der Massivumformung aufgrund fehlender Modelle für anisotrope Werkstoffe oder Schnittstellen für Benutzerrouninen nicht oder nur schwer auf die zu untersuchende Problemstellung anpassbar sind. Zudem sind Modelle notwendig, die aufbauend auf den Umformsimulationen eine nachfolgende Spannungs- und Versagensanalyse zulassen.

Erste virtuelle Umformversuche werden mit Hilfe des expliziten ABAQUS-Solvers für unverstärkte PP-Platten mit spritzrichtungsbedingter Anisotropie durchgeführt, um die Möglichkeit zu bewerten, eine spätere Faserverschiebung über die Texturänderung abzubilden (Abb. 4). Dabei zeigt sich, dass die auftretenden Deformationsgrade zu Elementlöschungen führen und adaptive Netzglättungsmethoden erfordern. Der damit einhergehende Verlust der detaillierten Texturinformationen und der Abbildung von relevanten Effekten großer Deformation wie etwa Faltenbildung, inter-laminare Schubgleiten oder signifikante Änderungen des lokalen Faservolumengehaltes erfordert jedoch die Entwicklung neuer Simulationsstrategien.

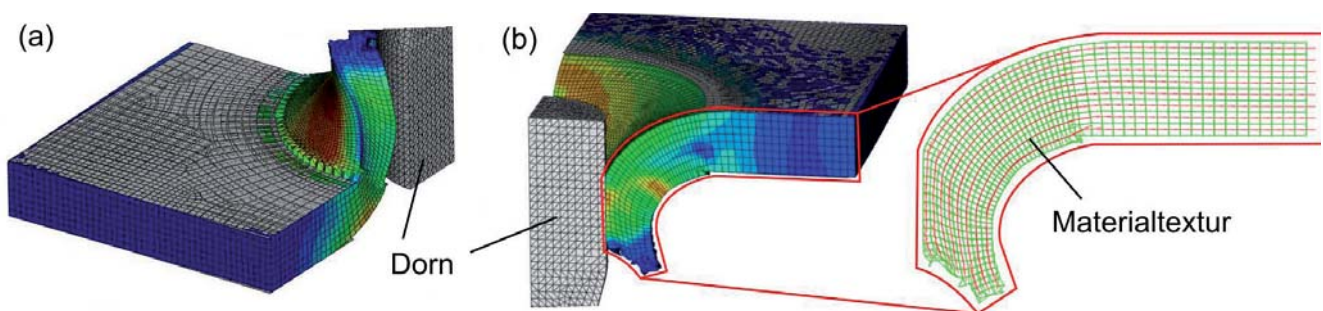


Abb. 4: Numerische Deformationsanalyse des unverstärkten Matrixmaterials:  
(a) matrixseitig und (b) dornseitig mit Detailansicht der Materialtextur im Halsbereich

Die Möglichkeit der Einbettung von LAGRANGE-Elementen mit anisotroper Materialformulierung für den Roving in ein EULERSches Fluidnetz für isotropes Matrixmaterial lässt eine realitätsnahe Abbildung der physikalischen Phänomene in der Umformzone erwarten. Während der Eindringphase des Dorns werden die Roving-Elemente zunächst verformt und geringfügig verdrängt (Abb. 5). Die Simulationsrechnungen zeigen jedoch, dass die großen Umformunterschiede zwischen Matrix und Roving mit zunehmender Dorneindringtiefe zu massiven Konvergenzproblemen führen.



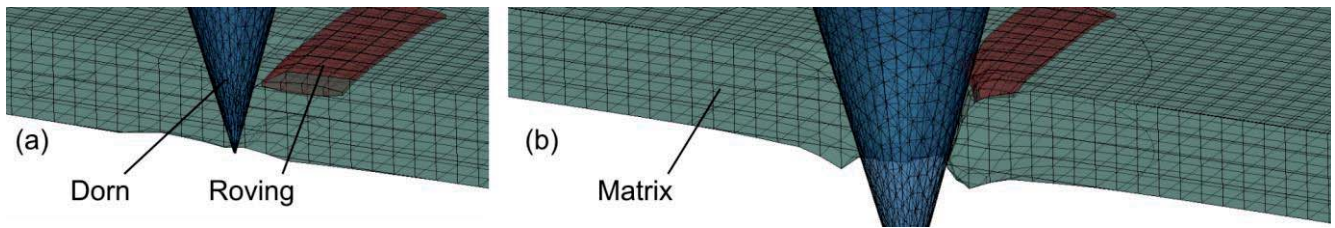


Abb. 5: Verformungszustand des Matrixmaterials mit eingebettetem Roving (a) zu Beginn des Dorndurchstoßvorgangs durch die Matrix und (b) mit deformiertem Roving

Die beobachteten kleinen Verformungswege und Strömungsgeschwindigkeiten legen es nahe, die Matrix aus weiterführenden Umformsimulationen auszublenden und jeden Roving unabhängig zu modellieren. Die Interaktion der Rovings untereinander erfolgt über reibungsbehaftete Kontaktformulierungen, die unter der Voraussetzung anisotroper Plastizität sowohl die Abbildung des Abgleitens der textilen Einzellagen als auch der Deformation der Querschnitte erlauben. Für erste orientierende Simulationen (Abb. 6) wird ein repräsentativer Ausschnitt (90 x 90 mm) mit 144 Einzelrovings modelliert, die im Fügebereich quer zu ihrer Hauptrichtung Einschnitte aufweisen. Ein glockenförmiges Temperaturfeld mit Schmelztemperatur im Zentrum der Fügezone und Raumtemperatur am Rand bildet die Temperaturverteilung infolge lokaler Erwärmung des Umformbereiches ab. Nacheinander erfolgt das Eindringen des Dorns mit dem Durchsetzen der Rovings in den Halsbereich und deren Umfalten in Folge des rückseitigen Matrizenvorschubs zur Ausformung des Hinterschnittes (vgl. Abb. 6).

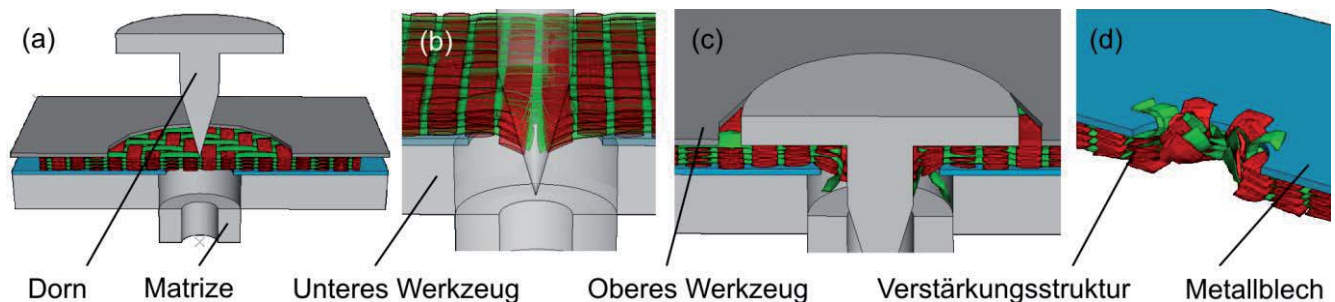


Abb. 6: Numerische Deformationsanalyse mittels RVE mit Darstellung von: (a) schematischem Testaufbau, (b) Eindringphase des Dorns, (c) Volldurchstoß des Dorns und (d) umgefalteten Rovings durch die Matrize

Ein erster Vergleich der Simulationsergebnisse verschiedener Teilumformungen (Abb. 7 unten) mit computer-tomographischen Aufnahmen (Abb. 7 oben) zeigt eine prinzipielle Übereinstimmung der umforminduzierten Faserverläufe. Nach erfolgreicher Validierung ermöglicht das hier entwickelte Simulationsmodell ein vertieftes Prozessverständnis und bildet eine sehr gute Grundlage für weiterführende Prozesssimulationen zur effizienten Sensitivitätsanalyse geometrischer und werkstofflicher Randbedingungen. Zudem dient das Modell als Basis für weiterführende rechnerische Untersuchungen zum Tragverhalten hybrider Thermoclinch-Verbindungen. Erste experimentelle Analysen zum Tragverhalten der Thermoclinch-Verbindungen unterstreichen das hohe Anwendungspotenzial der Fügetechnologie [5].



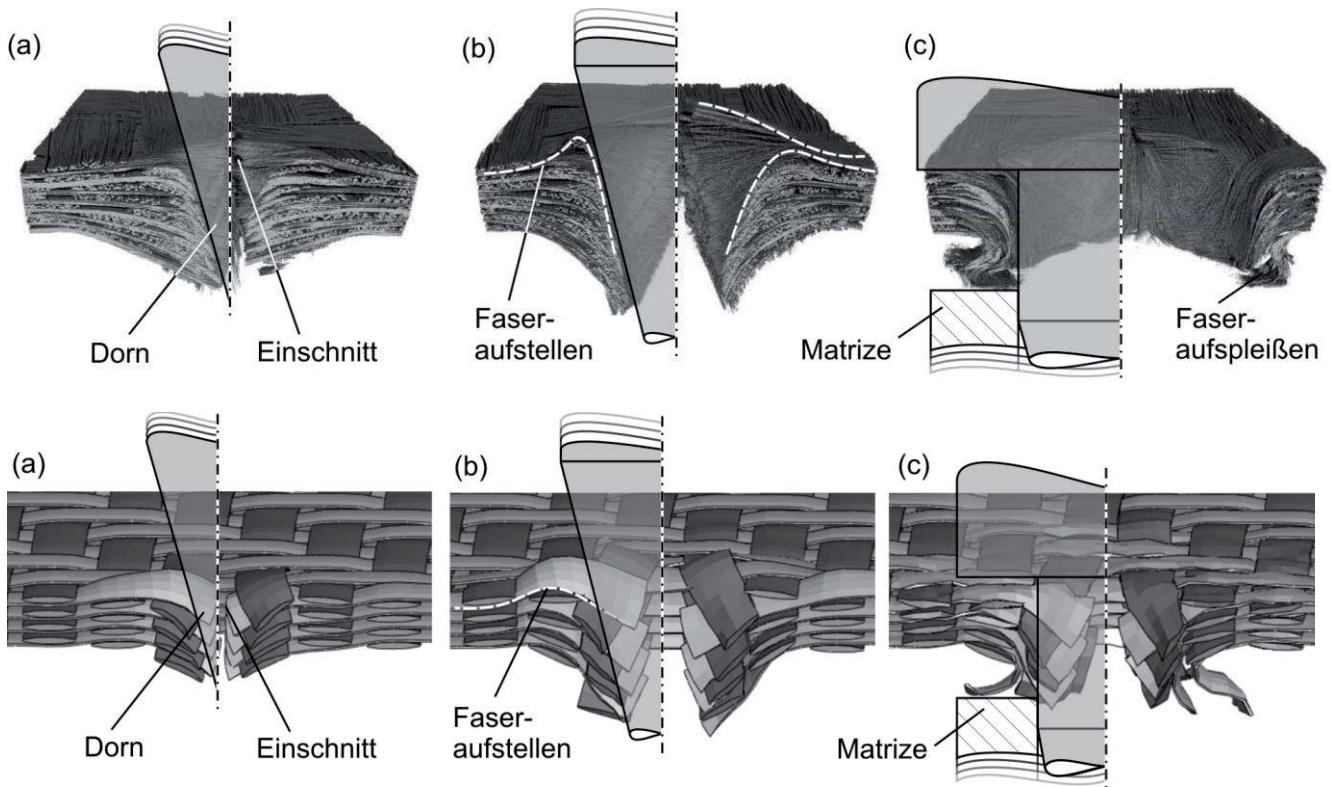


Abb. 7: Gegenüberstellung der computertomographischen Analysen (oben) und der FE-Simulationen (unten) der Teilumformungen bei: (a) 10 mm und (b) 20 mm Eindringtiefe des Dorns, sowie (c) Volldurchstoß des Dorns und anschließender Verdichtung durch die Matrize

## 5 Zusammenfassung

Das Anwendungspotential faserverstärkter Kunststoffe in energie- und materialeffizienten Leichtbaustrukturen kann erst durch den Einsatz zuverlässiger Berechnungsmodelle ausgeschöpft werden. Etablierte Simulationsmethoden ohne Berücksichtigung der materialinhärenten Schädigungs- und Versagensphänomene führen oft zu stark überdimensionierten Strukturen. Moderne skalenübergreifende Simulationsansätze bieten hier ein hervorragendes Werkzeug zur Identifikation und Quantifizierung der relevanten Charakteristika. Weiterhin ermöglichen sie ein tiefgreifendes Werkstoffverständnis und somit erst eine werkstoffgerechte Bauteilentwicklung. Eine enge Verzahnung mit der experimentellen Werkstoffcharakterisierung in Form von über alle Größenskalen angepassten Versuchsanordnungen stellt die Ermittlung der notwendigen Kennwertfunktionen sicher.

### Danksagung

Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Unterstützung der Arbeiten zur Entwicklung des Thermoclinchverfahrens im Rahmen des Schwerpunktprogramms SPP 1640.

## 6 Literatur

- [1] Renner, O.; Beyer, J.; Freund, A.: „Kompakte CFK-Hochleistungsstrukturen für die Luftfahrt“, 18. Internationales Dresdner Leichtbausymposium (Dresden, 26./27. Juni 2014)
- [2] Kurz, H.J.: „Zum Einsatz endlosfaserverstärkter Thermoplast-Schichtverbunde in automobilen Außenhautanwendungen mit hoher Oberflächenqualität“, Dissertation, TU Dresden, 2009
- [3] Huang, Z.M.: “A unified Micromechanical Model for the Mechanical Properties of Two Constituent Composite Materials, Part II: Plastic Behavior”, Journal of Thermoplastic Composite Materials 13 (2000), S. 344-362
- [4] Gude, M.; Hufenbach, W.; Freund, A.; Kupfer, R.; Vogel, C.: “Simulation of a novel joining process for fiber reinforced thermoplastic composites and metallic components” Angenommen für: Mechanics of Composite Materials (2014)
- [5] Gude, M.; Hufenbach, W.; Vogel, C.; Freund, A.; Kupfer, R.: “Thermoclinching – a novel joining process for lightweight structures in multi-material design”, Angenommen für: Composites Theory and Practice (2014)

# Leichtbau in der Fahrzeugentwicklung: Simulations-basierte Lösungen für Verbundwerkstoffe

Michael Hack, Lazslo Farkas, Christophe Liefoghe, Michaël Bruyneel, Alexander Sztatecsny  
Siemens PLM Software

Verbundwerkstoffe haben im Leichtbau in der Automobilindustrie ihren Siegeszug bereits angetreten. Weil aber herkömmliche CAE-Lösungen für diese Materialien meist nicht ausreichen, müssen sie in aufwendigen Testreihen geprüft werden. Aufbauend auf jahrzehntelanger Erfahrung in der Luft- und Raumfahrt und im Fahrzeugbau entwickelt Siemens PLM Software leistungsstarke Simulationslösungen für Versagens- und Ermüdungsverhalten, NVH und Crashesicherheit, um das makromechanische Verhalten von Leichtbaumaterialien zu berechnen.

Bei Versagensanalysen müssen verschiedene Belastungsarten geprüft werden: Schäden aus statischer Beanspruchung, Ermüdungsschäden bis hin zum Crash. Hierfür kommen Modelle fortschreitender Schädigung (progressive damage) zum Einsatz. Vor dem Einsatz von Verbundwerkstoffen steht die Entwicklung von Versuchsprogrammen, mit denen sich die Materialeigenschaften effizient bestimmen lassen – eine große Herausforderung.

Für statische Belastungen lassen sich das intra- und interlaminare Versagensverhalten bei komplexen Verbundwerkstoffen modellieren und simulieren. Mithilfe eines hier vorgestellten Modells können fortschreitende Schädigungen innerhalb der Schichten (Faserbrüche, Matrixrisse und Faser-Matrix-Risse) analysiert werden. Auf der anderen Seite lassen sich Delaminationsprozesse unter Einsatz kohäsiver Elemente untersuchen. Diese Modelle beruhen auf der Kontinuumsschädigungsmechanik. Die Prozesse der Schädigungsmechanik und der Parameterermittlung wurden gemeinsam mit Partnern aus der Industrie validiert.

Die Eigenschaften von Verbundwerkstoffen hängen nicht nur von den beteiligten Materialien, sondern auch von ihrer Fertigung ab. Deshalb müssen bei der Simulation auch die Herstellungsprozesse einbezogen werden. Hierfür wird gezeigt, wie die Drapierung das Schwingungsverhalten einer Struktur beeinflusst.

## 1 Einführung

In den letzten Jahrzehnten ist der ökologische Fußabdruck der Menschheit immer größer geworden. Und er wird weiter zunehmen. Mit Umweltschutzaktionen soll das Fortschreiten dieses globalen sozioökonomischen Problems gebremst werden. Das betrifft auch die Hersteller im Fahrzeugbau, die den ökologischen Fußabdruck ihrer Produkte immer weiter reduzieren und die strengeren Emissionswerte der EU und weltweite Normen einhalten müssen. Hier kommen insbesondere in der Luft- und Raumfahrt und in der Automobilindustrie moderne Leichtbauteile ins Spiel. Mit den neuen Verbundwerkstoffen lässt sich enorm Gewicht sparen, was wiederum zu höherer Energieeffizienz und weniger Emissionen führt. Neben umweltfreundlicheren Fahrzeugen sind neue Verbundwerkstoffe auch für andere sozioökonomische Aspekte wie Produktsicherheit und Zuverlässigkeit von Bedeutung.

## 1.1. Hintergrund

## ► Lightweight potential of metals and CFRP

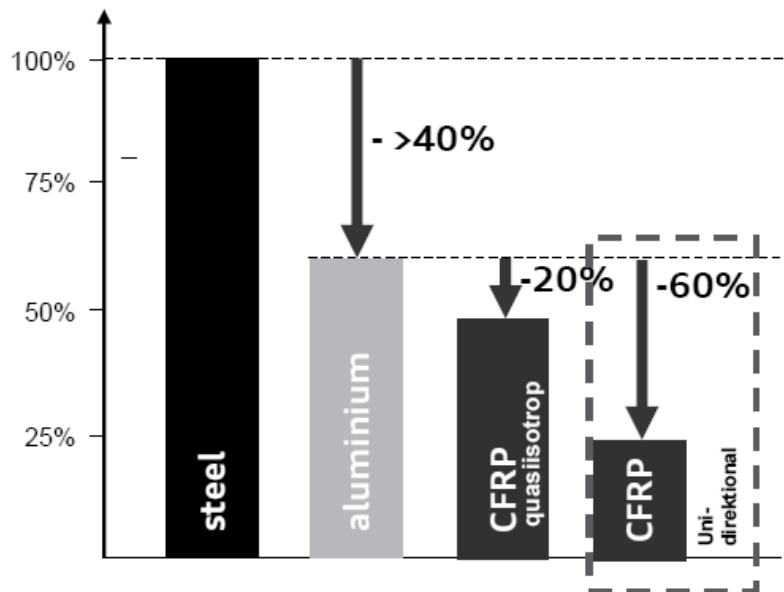


Abb. 1 ©Audi, IQPC Conference Automotive Composites, München, Deutschland, 7./8. Dezember 2011

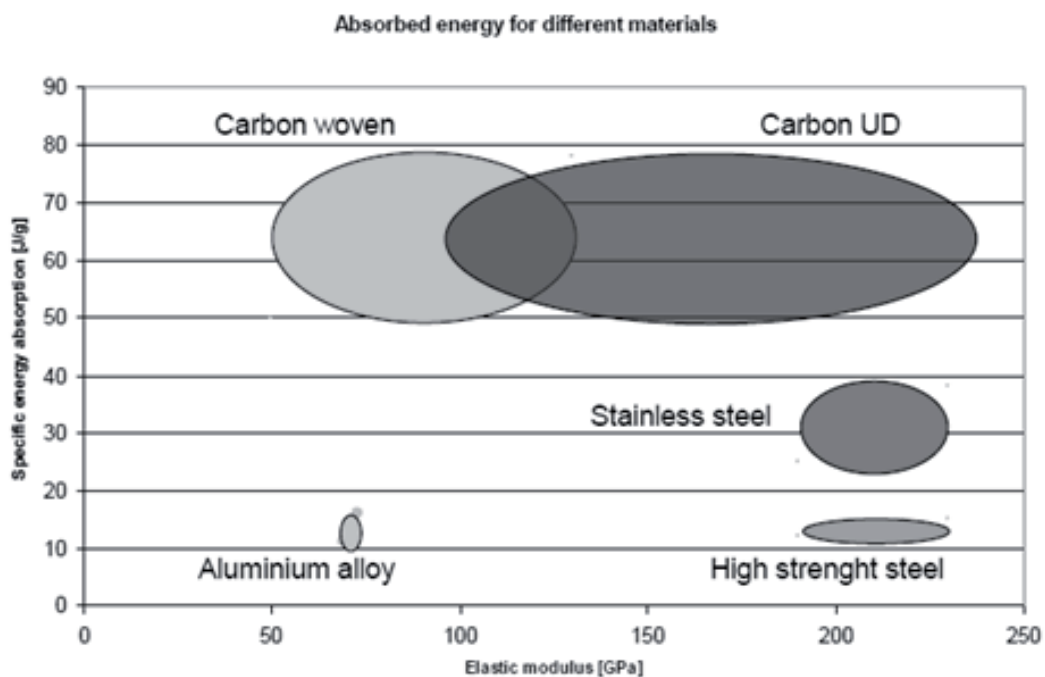


Abb. 2 ©Dallara, Altair Americas HTC – Detroit, USA, 16. Mai 2012

Folgt man den Angaben von Fahrzeugherstellern, so könnte mit Verbundwerkstoffen an der Rohkarosserie rund 60 % Gewicht gespart werden (siehe Abb. 1). Dieser entscheidende Vorteil ist den hohen Steifigkeiten und Festigkeiten (oder der Energieabsorptionsfähigkeit) von Verbundwerkstoffen zuzuschreiben (siehe Abb. 2).

Derzeit werden Leichtbaumaterialien im Fahrzeugbau aus drei Hauptgründen noch nicht flächendeckend eingesetzt:



1. Der Herstellungsprozess dieser Materialien erreicht bei Weitem nicht die Produktionsraten von Metallstrukturen und ist im Vergleich dazu extrem teuer. Daher müssen die Herstellungsprozesse und Verfahren für den Zusammenbau (z. B. mit anderen Bauteilen) für den Einsatz in der Industrie noch optimiert werden.
2. Für Auslegungs- und Entwicklungsprozesse fehlen die geeigneten Tools zur Modellierung und Berechnung, die das Verhalten von Leichtbaustrukturen exakt nachbilden können. Dieser Aspekt tritt vor allem bei Produkteigenschaften wie Crashesicherheit und Ermüdungsverhalten zutage, bei denen die Materialeigenschaften, die über das elastische Verformungsverhalten hinausgehen (Festigkeit und Schädigungsverhalten bei dynamischer Belastung), analysiert werden müssen. Hier ist die Industrie nach wie vor auf aufwendige Versuchsreihen angewiesen, deren Ergebnisse erst spät in der Produktentwicklung vorliegen. Des Weiteren kann das ganze Potenzial der Leichtbauweise nicht genutzt werden, da die Unsicherheiten bei der Berechnung meist durch Sicherheitsfaktoren kompensiert werden. Das Ergebnis: Überdimensionierte Bauteile mit unnötigen Leistungsmerkmalen und nur geringer Gewichtseinsparung.
3. Die Einbindung von Berechnungstools in die Simulations- und Herstellungsprozesse, durch die ein effizienter Einsatz neuer Materialien im Produktionsprozess möglich wird.

Um die Probleme im Bereich des CAE (Computer Aided Engineering) zu lösen, verbindet Siemens die Erfahrungen mit Verbundwerkstoffen in der Luft- und Raumfahrt und die Erfahrung von LMS (jetzt Simulation and Testing Solutions (STS) in Siemens PLM) in Disziplinen des Fahrzeugbaus wie NVH (Noise, Vibration & Harshness) und Lebensdaueranalysen. Siemens PLM arbeitet mit Partnern aus Wissenschaft und Forschung und den Endverbrauchern zusammen, um leistungsstarke Lösungen für Schädigungs- und Ermüdungsverhalten, NVH und Crashesicherheit zu entwickeln. Zugleich werden die Herstellungsprozesse wie in Abb. 3 vollständig eingebunden.

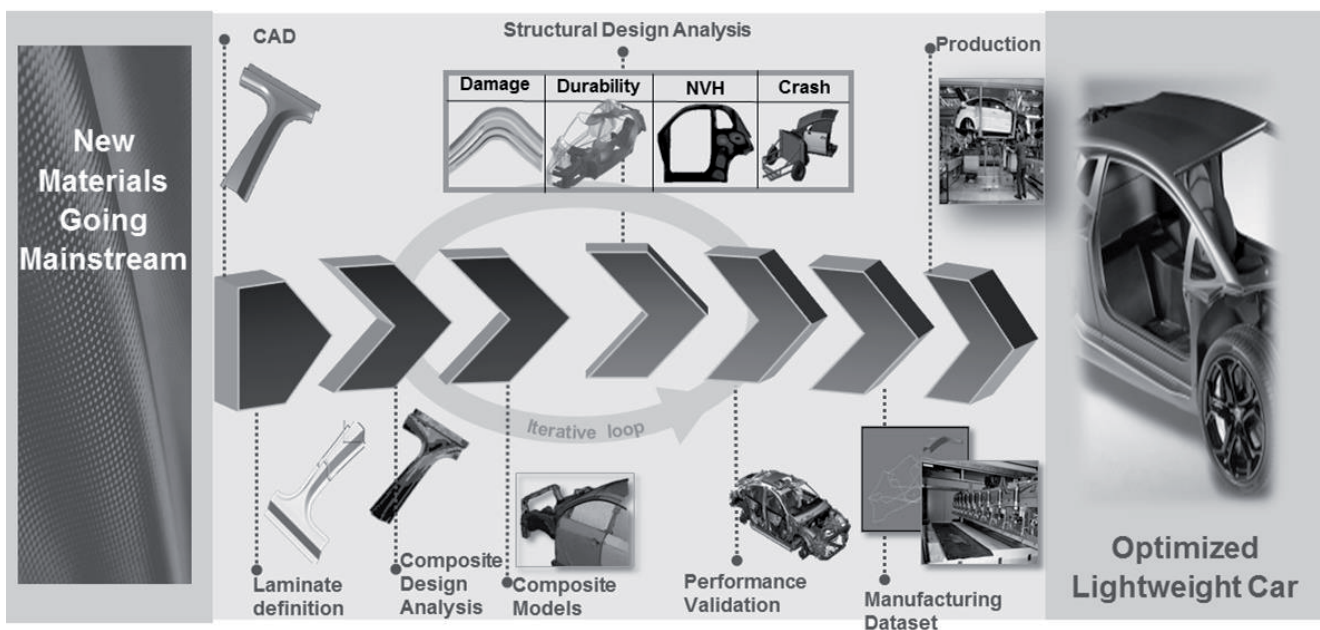


Abb. 3 Integrierter Entwicklungsprozess für karbonfaserverstärkte Verbundwerkstoffe

## 2. Aktueller Stand der Technik

Für die Simulation der einzelnen Fahrzeugeigenschaften müssen die grundlegenden physikalischen Phänomene im Verhalten des Verbundwerkstoffs bekannt sein. Nur durch genaue Berechnungen der Steifigkeit sowie des Ermüdungs- und Versagensverhaltens kann ein virtueller CAE-basierter Entwicklungsprozess für Fahrzeuge mit intensivem Einsatz von Verbundwerkstoffen erreicht werden. Modelle für Steifigkeitsberechnungen sind bereits weit entwickelt, zuverlässig und auf dem Markt erhältlich. Berechnungen für Festigkeit und Versagensverhalten hingegen stehen noch immer am Anfang der Entwicklung und beschreiben die jeweiligen Phänomene nur näherungsweise.

Derzeit laufen große Forschungsprojekte, in denen das mechanische Verhalten von Verbundwerkstoffen aus unterschiedlichen Perspektiven beleuchtet wird:

- Auf mikromechanischer Ebene werden die physikalischen Phänomene der Fasern und des Faser-Matrix-Verbunds analysiert.
- Die mesomechanische Ebene befasst sich mit den Details eines repräsentativen Volumenelements (RVE) oder einer Einheitszelle.
- Auf makromechanischer Ebene steht das homogenisierte Kontinuum im Mittelpunkt.

Bei der typischen Anwendung in der Fertigungsindustrie kann allein mit der makromechanischen Modellierung das Verhalten komplexer Strukturen wie einer Karosserie, die in Millionen finiter Elemente diskretisiert wird, praktikabel nachgebildet werden. Da homogenisierte Finite-Elemente-Modelle das mechanische Verhalten nur mit begrenzter Detailtiefe abbilden, sind die Verfasser überzeugt, dass sich mit Multiskalenmodellen ein Durchbruch im CAE von Verbundwerkstoffen erreichen lässt.

### 2.1. Schädigungsmodelle

Für die Berechnung des Schädigungsverhaltens von Verbundwerkstoffen ist die Kontinuumsschädigungsmechanik (CDM) der aktuelle Standard. Auf der Grundlage der CDM-Theorien lassen sich die komplexen Phänomene der Entstehung und Ausbreitung von Schädigungen bei statischer oder dynamischer Belastung an einer homogenisierten Zelle effizient modellieren. Dieser makromechanische Modellansatz erfasst das intralaminare und interlaminare Versagensverhalten gemäß der Abnahme der Steifigkeit. Abb. 4 zeigt die typischen Versagenszustände im CDM-Modell für Schädigungen der einzelnen Schicht (intralaminar). Die interlaminare Schädigung (Delamination) erfasst die Abnahme der Steifigkeit an der Verbindung zweier Schichten (siehe Abb. 5).

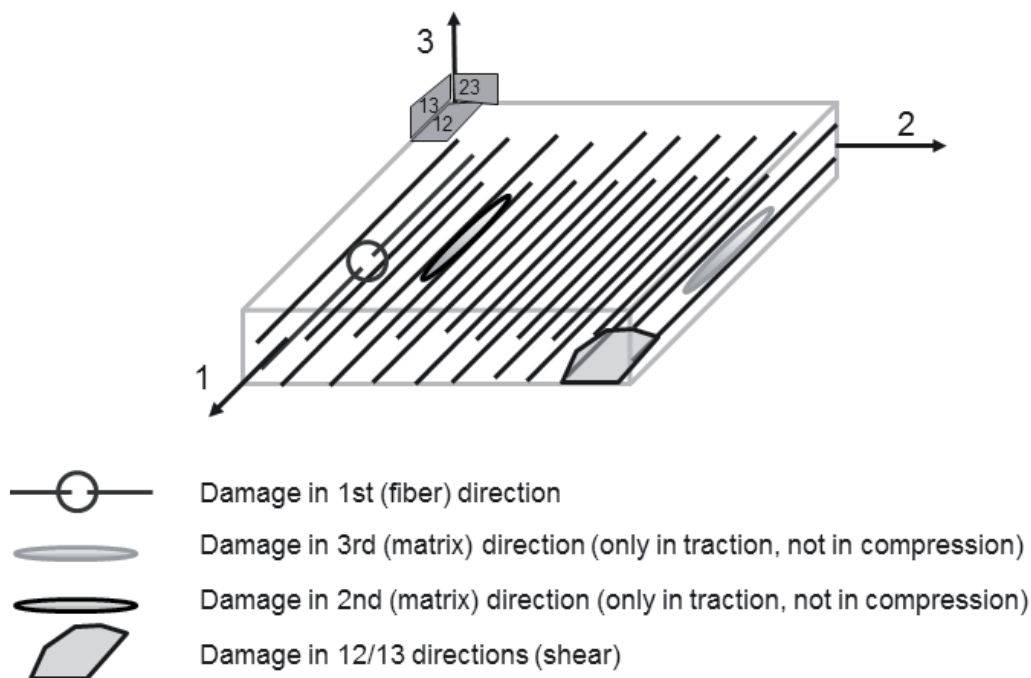


Abb. 4 Schädigung innerhalb einer Schicht

Funktionen für Schädigungsmodelle sind in Finite-Elemente-Solver-Technologien wie LMS SAMCEF (integriert in Siemens NX CAE) integriert. Hier muss das intra- und interlaminare Versagensverhalten bei komplexen Verbundwerkstoffen einbezogen werden. Mithilfe besonderer Modelle, die in SAMCEF zur Verfügung stehen, kann das fortschreitende intralaminare Schädigungsverhalten [2]–[3], nämlich Faserbrüche, Matrixrisse und Faser-Matrix-Risse, analysiert werden. Auf der anderen Seite lassen sich Delaminationsprozesse unter Einsatz kohäsiver Elemente untersuchen [4]. Diese Modelle beruhen auf der Kontinuumschädigungsmechanik. Vor kurzem wurde ein neues Modell entwickelt, das diese beiden Schädigungsarten koppelt. Das bedeutet: Die intralaminaren Mikrobrüche haben ebenso Auswirkungen auf Delaminationsprozesse an der Verbindung zweier Schichten [5]. Diesem neuen Modell zufolge treten Delaminationsprozesse bei einer bestimmten Belastungsintensität früher auf – dieses Ergebnis entspricht den physischen Tests. Die verfügbare Lösung für nicht lineare Schädigungsmodelle wurde anhand unterschiedlicher Strukturen validiert [6]–[8].

Wichtig zu erwähnen ist, dass alle CDM-Verfahren Materialparameter benötigen, die sich nur im Versuch ermitteln lassen. Der korrekte Versuchsaufbau und die Durchführung sind für eine erfolgreiche Parameterermittlung ausschlaggebend und deshalb auch entscheidend für gute Simulationsergebnisse. Nur die Kombination aller drei Schritte ermöglicht eine gute Vorhersage in der Simulation. [9]–[11]

Das Materialverhalten und damit die Materialparameter werden in hohem Maße durch die Herstellungsprozesse beeinflusst. In Zukunft dürften virtuelle Testverfahren einen Großteil der physischen Tests ersetzen.

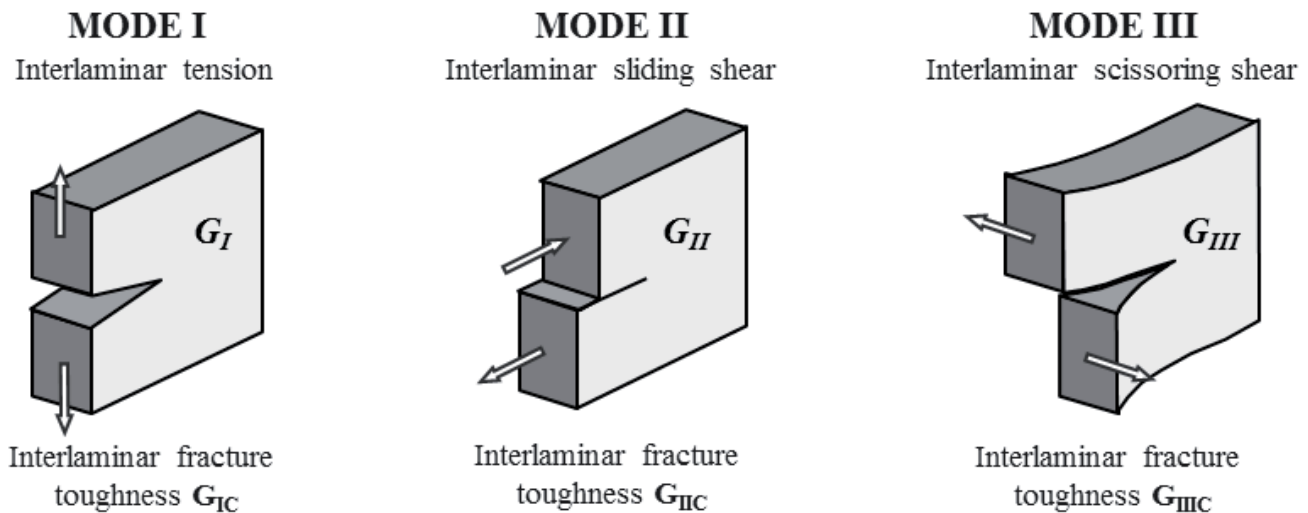


Abb. 5 Schädigung zwischen den Schichten

## 2.2. Ermüdungsmodelle

Angesichts der Analysen in [12]–[15], die den Stand der Technik widerspiegeln, lässt sich feststellen, dass Ermüdungsmodelle für Verbundwerkstoffe noch in den Kinderschuhen stecken. Die wichtigsten Ansätze basieren auf Wöhlerkurven, einem Verfahren aus dem Metallbereich. Grundlage sind meist Ermüdungsversuche in der Hauptrichtung der Belastung. Ermüdungsmodelle für Laminate und vor allem für Textil-Verbundwerkstoffe sind problematisch, weil alle Modelle auf Testdaten für das komplette Laminat beruhen. Das heißt: Jede Änderung der Laminatstruktur zieht teure Versuchsprogramme nach sich.

An Versagensmodellen für das Ermüdungsverhalten von Verbundwerkstoffen wird zunehmend geforscht. Die entsprechenden Publikationen verweisen auf Schädigungsmodelle, die auf dem CDM-Ansatz beruhen [16]–[18]. Variablen zum Versagensstatus entwickeln sich in Abhängigkeit der Ermüdungslast und sind meist mit der Verschlechterung der elastisch orthotropen Eigenschaften der Schichten verbunden. Dieser Ansatz hat gegenüber den klassischen Wöhlerverfahren etliche Vorteile:

- Darstellung des korrekten globalen Verhaltens gemäß Abnahme der Steifigkeit
- Die Simulation kann der gesamten Lebensdauer der Bauteile folgen, was durch das meist gute Ermüdungsverhalten von Verbundstrukturen begünstigt wird.
- Überlagernde Einflüsse können berücksichtigt werden (mehraxial).
- Eine Umverteilung der Spannung kann während des Zyklus berücksichtigt werden.
- Für Änderungen des Laminataufbaus (bei gleichen Eigenschaften der Schichten) sind keine neuen Tests erforderlich.

Hauptproblem des Ansatzes: Für die industrielle Anwendung muss die Berechnungseffizienz erhöht werden. Alle modernen Implementierungen (wie N-Jump) sind auf vereinfachte Blockbelastungen begrenzt. Siemens hat deshalb ein neues Verfahren zur Simulation des Ermüdungsverhalten und der Abnahme der Steifigkeit bei Verbundwerkstoffen implementiert. Diese gelten für Anwendungen mit Kurzfasern und Langfasern und verbinden fortschreitende Schädigungsmodelle mit Hysterese-Operatoren mit nichtlinearer Schädigungsakkumulation. Damit können sowohl genau als auch effizient Lebensdauerberechnungen für Verbundstrukturen mit den typischen komplexen, mehraxialen Belastungszyklen der Automobilindustrie für Gesamtfahrzeuge und Karosserien durchgeführt werden [19].

Die Schädigungsmodelle für das Ermüdungsverhalten beruhen im Prinzip auf derselben CDM wie bei Schäden aus statischer Beanspruchung. Daher wird für Materialversuche und Parameterermittlung ein ähnlicher Prozess verwendet. Die elastischen Eigenschaften auf Schichtebene können nach deren Ermittlung für das Versagensverhalten bei statischer Beanspruchung wiederverwendet werden.

### 2.3. NVH-Modelle

Im NVH-Bereich konzentrieren sich aktuelle Forschungen auf

- die Analyse der Auswirkungen der komplexen Materialgeometrie (z. B. Faserrichtung in Kurzfaserverbundstrukturen, mikromechanische Materialstrukturen bei poroelastischen Materialien)
- die Steifigkeitseigenschaften und das vibroakustische Verhalten von Leichtbauwerkstoffen
- die dynamische Korrelation und die Aktualisierung numerischer Modelle von Leichtbauwerkstoffen durch Versuchsdaten
- die Simulation der vibroakustischen Eigenschaften komplexer Leichtbauwerkstoffe einschließlich der Auslegung des Akustik- und Schwingungsverhaltens.

Das Kernstück der LMS-Lösungen für alle NVH-Aspekte bei Verbundwerkstoffen bilden die Funktionen für die strukturelle Modellerstellung von SAMCEF (LMS Samtech). Das darin gesammelte Know-how und Wissen kann direkt für die NVH-Eigenschaften genutzt werden. Durch Simulationen der Herstellungsprozesse (siehe Abschnitt 2.5) lassen sich exakte Modelle für die Steifigkeitseigenschaften von Verbundbauteilen einbinden. So werden vibroakustische Berechnungen numerischer Modelle noch genauer. Um die Wiedergabetreue dynamischer Modelle oft komplexer Baugruppen aus Verbundbauteilen zu erhöhen, können Verfahren zur numerisch-experimentellen Korrelation und Modellaktualisierung eingesetzt werden. So können die Auswirkungen schwer nachzubildender Merkmale wie komplexer Gelenke und Herstellungsmängel in die numerischen Modelle einfließen. Im nächsten Schritt lassen sich diese Modelle z. B. in vibroakustische Modelle auf Systemebene integrieren.

Die Leichtbauweise von Verbundstrukturen stellt Akustikingenieure vor zusätzliche Herausforderungen. Aufgrund ihrer Leichtigkeit sind die akustischen Übertragungseigenschaften dieser Strukturen erheblich herabgesetzt. Außerdem wird ihr Dynamikverhalten durch Akustikverkleidungen wegen des geringeren Gewichts weit mehr beeinflusst als bei Metallstrukturen. Diese Beobachtungen stehen hinter der Entwicklung spezieller Tools für das Virtual Prototyping, um poroelastische Anwendungen zur Schalldämpfung effizient und genau in dynamische Modelle zu integrieren. Hierfür stehen drei verschiedene Modellstrategien zur Verfügung:



- Mithilfe von analytisch ermittelten Verhältnissen der Transferadmittanz lassen sich mehrschichtige Anwendungen zur Schalldämpfung aus poroelastischen, viskoelastischen und fluiden Schichten ohne zusätzlichen Berechnungsaufwand in vibroakustische Modelle auf Systemebene einbinden [20].
- Für poroelastische Materialien, die entweder ein sehr hartes oder weiches Skelett haben, können entsprechende Fluidmodelle verwendet werden, um poroelastische Bauteile als akustische Fluide mit repräsentativen frequenzabhängigen Materialeigenschaften darzustellen [21].
- Schließlich können effiziente Formeln der vollständigen Biot-Gleichungen wie das (U,p)-Modell [22] eingesetzt werden. Diese Modelle erfordern zwar einen erheblichen Berechnungsaufwand, beschreiben aber die ganze Komplexität der Interaktionen zwischen zwei Bestandteilen solcher Materialien.

In einer Publikation [24] wurde die Anwendbarkeit dieser Formeln auf zwei Prüfständen für die NVH-Analyse von Fahrzeugverkleidungen experimentell validiert. In den vergangenen Jahrzehnten wurden in großem Umfang Verfahren zur modalen Darstellung eingesetzt, um den Modellumfang bei Dynamikanalysen auf Bauteil- und Systemebene zu verkleinern. Dieser Ansatz ist mittlerweile Industriestandard für Dynamikanalysen. Viele moderne Materialien (wie zum Beispiel auf Kunstharz basierende Verbundwerkstoffe) zeigen aber ein extrem frequenzabhängiges Verhalten, wofür sich solche Ansätze nicht eignen. Außerdem lassen sich auch mit dem Verfahren der modalen Superposition keine exakten dynamischen Darstellungen struktureller Bauteile erzielen, wenn Elemente zur Schall- oder Schwingungsdämpfung wie viskoelastische Verkleidungen lokal angebracht werden oder wenn viele Verbundbauteile durch Verfahren zusammengebaut werden, deren Eigenschaften frequenz- und positionsabhängig sind. An diesen Problemen wird mit Hochdruck gearbeitet: Man versucht, effiziente Direktlösungen zu finden, und in zahlreichen Forschungsprojekten werden innovative nicht-modale Strategien zur Modellverkleinerung entwickelt [23].

#### 2.4. Crashmodelle

In der Automobilindustrie ist die Crashesicherheit einer der zentralen Punkte in der Fahrzeugentwicklung im Allgemeinen und in der Entwicklung von Leichtbaufahrzeugen im Besonderen. Die Zielkonflikte zwischen Gewicht, Schlagfestigkeit und Energieabsorptionsfähigkeit müssen optimal gelöst werden. Im Fahrzeugbereich gehören zur Crashesicherheit im Prinzip zwei erwartete Verhaltensweisen: Bauteile für optimales Crashverhalten und Bauteile für optimales Knautschverhalten. Die Fahrgastzelle soll den Insassen ausreichend Schutz bieten und deshalb auch bei hohen Aufprallkräften stabil bleiben. Das bedeutet: Die strukturelle Integrität wird bei einem Unfall (weitestgehend) erhalten. Sie sollte also optimales Crashverhalten aufweisen. Auf der anderen Seite soll die hohe kinetische Energie bei einem Unfall absorbiert werden. Dies wird meist durch optimales Knautschverhalten von Deformationselementen im Front- und Heckbereich erreicht.

Prädiktives CAE von Verbundwerkstoffen in Szenarien zur Crashesicherheit steht für den industriellen Einsatz noch nicht zur Verfügung. Deshalb müssen Hersteller auf teure Testreihen zurückgreifen, bei denen die Ergebnisse erst spät in der Produktentwicklung vorliegen. International wurde und wird viel geforscht, um das Verhalten von Verbundwerkstoffen und Verbundstrukturen bei Schlagbelastung nachzuvollziehen und zu simulieren. Verschiedene Aspekte machen die Simulation von Verbundwerkstoffen unter dynamischer Belastung noch komplexer, wodurch die notwendige Vorhersagbarkeit extrem schwierig wird. Das Verhalten von Verbundwerkstoffen und Verbundstrukturen unter Aufprallbelastung wird intensiv analysiert [25]–[28]. Es herrscht jedoch die allgemeine Überzeugung, dass für den industriellen Einsatz geeignete Tools zur genauen Simulation der Auswirkungen eines Aufpralls derzeit noch in den Kinderschuhen stecken. Im Automobilsektor sagen Hersteller wie Mercedes-Benz beispielsweise *„dass der Stand der Technik der Vorhersagegenauigkeit bezogen auf Lebensdauer und Crashesicherheit bei CAE-Tools für Verbundwerkstoffe am niedrigsten ist“* [29]. Ebenso bestätigt Volvo, dass *„bessere CAE-Lösungen für karbonfaserverstärkte Kunststoffe erforderlich sind, weil die bisherigen Lösungspakete für die Crashsimulation ursprünglich für Metallstrukturen entwickelt wurden. Für Aluminium und Sicherheit haben wir alle Tools, die wir brauchen, und können das Crashverhalten berechnen, aber bei KFK sieht die Lage anders aus: Die Fähigkeiten des CAE lassen sehr zu wünschen übrig. Wir haben dafür keine Tools – sie sind einfach noch nicht ausgereift“* [30]. Je nach Aufprallart kann die Situation in anderen Branchen wie der Luft- und Raumfahrt oder der Rüstungsindustrie etwas anders sein, aber die allgemeinen Aussagen gelten auch dort [31].

Die dynamische Simulation von Verbundstrukturen wird durch die hohe Komplexität der Versagensmechanismen, der geometrischen Nichtlinearitäten mit Kontakten, der vielen Materialkombinationen und Schichtfolgen erschwert. Außerdem sind die vielen Belastungsarten (z. B. laterale oder axiale Aufprallbelastung oder Stauchbelastung), die sich in zahllosen möglichen Versagensarten äußern (z. B. Faser-Matrix-Debonding, Faser-

Zugversagen und Beulen, interlaminare Delamination), durch eine Vielzahl von zugehörigen modellspezifischen physikalischen oder nichtphysikalischen Variablen (z. B. Faser-Matrix-Zugfestigkeit, Koeffizienten der Dehnrate, Kopplungskoeffizient bei Delamination) gekennzeichnet.

Die Berechnungen bestehender numerischer Modelle sind meist nicht genau genug und beruhen auf Parametern, die nicht mit einer sorgfältig definierten Versagensmechanik verbunden sind und die bei jeder Änderung der Bestandteile des Verbundwerkstoffs, der Verbundarchitektur oder der Modellgeometrie durch Tests kalibriert werden müssen. Solche Modelle werden oft bei Verformungssimulationen für die Energieabsorption verwendet, bei denen die Verformungsbereiche künstlich behandelt werden. Beispiele dafür sind der SOFT-Parameter in MAT54 in LS-DYNA [32] oder das empirische Verformungsmodell von CZone in ABAQUS [33].

Siemens arbeitet eng mit F&E-Partnern aus Wissenschaft und Industrie zusammen, um die Fragen im Zusammenhang mit den Aufprallszenarien aus der Automobilindustrie zu beantworten. Ein Hauptbestandteil ist das umfangreiche Know-how von (früher) LMS Samtech für intra- und interlaminare Schädigungsmodelle (siehe Abschnitt 2.1), die eine solide Grundlage für Crash- und Verformungssimulationen bilden. Außerdem geht Siemens anders vor als bei den derzeit verfügbaren Verformungsmodellen auf empirischer Basis, die nach dem Trial-and-Error-Prinzip kalibriert werden müssen.

## 2.5. Simulation der Herstellungsprozesse

Damit die virtuelle CAE-Entwicklung für moderne Leichtbaumaterialien wie Verbundwerkstoffe vollständig abgedeckt ist, müssen die Herstellungsprozesse bei der Simulation berücksichtigt werden. Für die einzelnen Materialien für Anwendungen, die bestimmte Eigenschaften, Kosten und Zykluszeiten erfordern, werden unterschiedliche Fertigungsmethoden eingesetzt. Die große Vielfalt der Herstellungsprozesse beeinflusst die mechanischen Eigenschaften der Verbundwerkstoffe maßgeblich. Die entwickelte Mikrostruktur des Verbunds wird durch die Fertigung oft verändert, die zu Streuungen wie Abweichungen lokal begrenzter Materialeigenschaften, Faserverzerrung oder kleineren Mängeln wie Einschlüssen und Hohlräumen führt. Diese Faktoren haben entscheidende Auswirkungen auf das mechanische Verhalten. Deshalb ist es für die genaue Einbindung der oft komplexen Mikrostruktur von Verbundwerkstoffen in deren Steifigkeits- und Festigkeitsverhalten von zentraler Bedeutung, die Herstellungsprozesse für diese Strukturen mit ihren berechneten mechanischen Eigenschaften zu verknüpfen. Hierfür arbeitet Siemens eng mit seinem Technologiepartner PART Engineering zusammen. Das vorhandene Know-how und Funktionsangebot von Siemens, der neuen Muttergesellschaft von LMS, werden hierzu optimal genutzt.



Abb. 6 Simulation der Drapierung in FiberSim

Durch die Verbindung der multidisziplinären CAE-Suite LMS Virtual.Lab mit der Converse-Software für die Interaktion von Prozessstrukturen wird die Lücke zwischen Spritzgussergebnissen und Steifigkeitseigenschaften bei Kurzfaserverbundwerkstoffen geschlossen. FiberSim von Siemens PLM wiederum liefert exakte Daten zur Faserrichtung aus Bandlegevorgängen, der Faseranordnung oder der Drapierung, die in den dynamischen Modellen verwendet werden können (siehe Abb. 6). Diese Tools liefern zwar zuverlässige Berechnungen der (lokalen) Steifigkeits- und Trägheitseigenschaften von Verbundstrukturen. Aber über die Einbindung der komplexen Dämpfungseigenschaften ist weit weniger bekannt. Hier wird weiterhin aktiv geforscht.

### 3. Fazit und Ausblick

#### 3.1. Fazit

Die Leichtbauweise im Fahrzeugbau erfordert eine ganz neue Herangehensweise. Es reicht nicht aus, einfach nur Metall durch Verbundwerkstoffe zu ersetzen (auch als „Black-Metal-Prinzip“ bezeichnet). Dem flächendeckenden Einsatz stehen derzeit zwei technologische Hürden entgegen: Es fehlen erstens effiziente, kostengünstige Herstellungsprozesse und zweitens geeignete CAE-Verfahren und -Tools. Wenn diese Probleme gelöst sind, wird der flächendeckende Einsatz von Verbundstrukturen möglich. Außerdem können die vielen Vorteile der Leichtbauweise aufgrund genauerer Berechnungen bestmöglich genutzt werden.

Die Herausforderungen beim effizienten und genauen CAE von Fahrzeugen mit intensivem Einsatz von Verbundwerkstoffen können nur durch Fortschritte in der Grundlagenforschung, in der Hochskalierung und auf Anwendungsebene überwunden werden. Diese wiederum werden nur durch jahrzehntelange Erfahrung mit komplexen Simulationen von Verbundwerkstoffen in der Luft- und Raumfahrt und Partnerschaften mit F&E-Partnern aus Wissenschaft und Industrie möglich. Dann lassen sich auch die Risiken der Leichtbauweise im Fahrzeugsektor erheblich verringern.

#### 3.2. Ausblick

Mit den Fortschritten in der Multiskalenmodellierung ist ein Durchbruch bei der Simulation komplexer Verbundwerkstoffe zu erwarten. Die physikalischen Phänomene können korrekt erfasst werden, wenn die Mechanismen hinter dem Materialverhalten in unterschiedlichen Skalen vollständig bekannt sind. Die homogenisierten Makromodelle bei der FE-Modellierung beruhen auf empirischen und phänomenologischen Thesen. Ein Multiskalenkonzept hingegen verlangt die detaillierte physikalische Darstellung des Materials für Fasern, Matrix und Faser-Matrix-Verbund.

Weit entwickelte Geometriemodelle von Textilverstärkungen bilden die Grundlage für Finite-Elemente-Modelle von Textil-Verbundwerkstoffen auf mesomechanischer Ebene [34]–[36]. Die vorhandenen Verfahren und Tools auf meso- und mikromechanischer Ebene unterstützen die Steifigkeitsberechnungen effizient und genau. Der Multiskalenansatz für Festigkeits- und Schädigungsberechnungen wird derzeit entwickelt. Weitere Fortschritte in der Multiskalenmodellierung werden die bestehenden Vorteile noch vergrößern. Zum einen geht man davon aus, dass die komplexen und teuren Tests für die Parameterermittlung für Makromodelle in Zukunft noch weniger benötigt werden. Zum anderen werden die Berechnungen durch Simulationen auf kleinerer Ebene mit einer höheren physikalischen Auflösung immer zuverlässiger.

#### Danksagung

Die Verfasser danken dem IWT Vlaanderen (Institut für Innovationsförderung) und Strategic Initiative Materials (SIM, siehe <http://www.sim-flanders.be>) für die freundliche Unterstützung. Außerdem danken sie den Partnern aus der Wissenschaft für die Zusammenarbeit: KULeuven (Belgien), UGent (Belgien), LMT-Cachan (Frankreich) und Faserinstitut Bremen (Deutschland). Abschließend danken sie der Europäischen Kommission für die freundliche Unterstützung der EC-FP7-Marie-Curie-Projekte ITN 290050 „GRESIMO“ („Best Training for Green and Silent Mobility“, siehe <http://www.gresimo.at/>) und IAPP 285808 „INTERACTIVE“ (siehe <http://www.fp7interactive.eu>).

### 4. Literatur

- [1] Bruyneel, M., Delsemme, J.P., Jetteur, Ph. und Remouchamps A. „SAMCEF for composites: innovative numerical methods for analysis and optimisation“, Proc. NAFEMS NORDIC Seminar: „Simulating Composite Materials and Structures“, Esbjerg, Dänemark, 2./3. Februar 2010.
- [2] Ladevèze P. und Le Dantec E. (1992). „Damage modelling of the elementary ply for laminated composites“, Composite Science and Technology, 43, S. 252–267.
- [3] Hochard et al. (2007). „A ply scale non-local fibre rupture criterion for CFRP woven ply laminated structures“, Composite Structures, 80, S. 321–326.
- [4] Lévêque D. (1998). „Analyse de la tenue au délaminage des composites stratifiés“, Doktorarbeit, LMT-Cachan, Frankreich.
- [5] Lubineau G. und Ladevèze P. (2008). „Construction of a micromechanics-based intralaminar mesomodel, and illustrations in Abaqus/Standard“, Computational Materials Science, 43, S. 137–145.

- [6] Bruyneel M., Delsemme J.P., Degenhaerd R. „An industrial solution to simulate postbuckling and damage“. JEC Compos. Mag., 48, 38–39 (2009).
- [7] Bruyneel M., Delsemme J.P., Jetteur P., Germain F. „Modelling inter-laminar failure in composite structures: illustration on an industrial case study“. Appl. Compos. Mater. 16(3), 149–162 (2009).
- [8] Bruyneel M., Delsemme J.P., Jetteur Ph. und Mertens T. (2011). „Recent results in damage modelling of composites“, NAFEMS World Congress, 23.–26. Mai 2011, Boston, USA.
- [9] Bruyneel M., Delsemme J.P., Goupil A.C., Jetteur P., Lequesne C., Naito T., Urushiyama Y. (2014). „Damage modeling of laminated composites : validation of the intra-laminar damage law of SAMCEF at the coupon level for UD plies“, Europäische Konferenz zu Verbundwerkstoffen, ECCM16, Sevilla, Spanien, 22.–26. Juni 2014.
- [10] Bruyneel M., Delsemme J.P., Goupil A.C., Jetteur P., Lequesne C., Naito T., Urushiyama Y. (2014). „Damage modeling of laminated composites : validation of the inter-laminar damage law of SAMCEF at the coupon level for UD plies“, Weltkongress Computational Mechanics, WCCM11, Barcelona, Spanien, 20.–25. Juli 2014.
- [11] Urushiyama, Y; Naito, T. „Strength Calculation of Composite Material Considering Multiple Progress of Failure by Ladevéze Model“, JSAE, Beitrag JSAE\_397-20145205, 2014
- [12] Talreja, R. und C. V. Singh (2012). „Damage and Failure of Composite Materials“. Cambridge, Cambridge University Press.
- [13] Jain , A.; Verpoest, I; Hack, M. Lomov, S. Adam, L.; van Paepegem, W. „Fatigue Life Simulation on Fibre Reinforced Composites - Overview and Methods of Analysis for the Automotive Industry“, SAE 2012 - World Congress, Detroit, USA, 24.–26. April 2012
- [14] Rohwer, K.: „Predicting fiber composite damage and failure“, Journal of Composite Materials online veröffentlicht am 26. September 2014, DOI: 10.1177/0021998314553885
- [15] Jain, A., Hack, M., Lomov, S., Abdul, Y., Van Paepegem, W., & Verpoest, I. (2013). „Micromechanics and fatigue life simulation of random fiber reinforced composites“. NAFEMS World Congress, Salzburg, 2013.
- [16] Degrieck, J. and Van Paepegem, W. (2001). „Fatigue Damage Modelling of Fibre-Reinforced Composite Materials: Review“, Applied Mechanics Reviews, 54(4): 279–300.
- [17] Van Paepegem, W. (2010). „Fatigue damage modeling with the phenomenological residual stiffness approach“. In: Vassilopoulos, A.P. (Hrsg.). Fatigue life prediction of composites and composite structures. Woodhead Publishing, United Kingdom, Juli 2010 (ISBN 978-1-84569-525-5), S. 102–138.
- [18] Nouri, H., Meraghni, F. und Lory, P. (2009). „Fatigue damage model for injection-molded short glass fibre reinforced thermoplastics“. International Journal of Fatigue, 31(5), 934–942.
- [19] Hack, M.; Nuhn, P.; Liefoghe, C.; Sträßler, S.; Bruyneel, M.; Donders, S.: A „Process for calculating fatigue and fatigue failure of structures“, Patentantrag läuft.
- [20] M. Tournour, F. Kosaka, H. Shiozaki: „Fast Acoustic Trim Modeling using Transfer Admittance and Finite Element Method“. SAE 2007 Noise and Vibration Conference and Exhibition, St. Charles (IL), USA, 2007
- [21] J.F. Allard, N. Atalla: „Propagation of sound in porous media“, Wiley, 2009
- [22] M.A. Hamdi, N. Atalla, R. Panneton. „Enhanced weak integral formulation for the mixed (u,p) poroelastic equations“, J. Acoust. Soc. Am. 109 (6), 3065-3068, 2001
- [23] Lenzi, M., Lefteriu, S., Beriot, H., Desmet, W. (2013). „A fast frequency sweep approach using Padé approximations for solving Helmholtz finite element“. Journal of Sound and Vibration, 332 (8), 1897–1917
- [24] Van Genechten, B., Geslain, A., Tournour, M., Bruyneel, M., Hack, M.: „Finite Element-based simulation approaches for NVH assessment of lightweight system“, SIA-Konferenz zu Leichtbau- und Akustikmaterialien in Fahrzeugen, 22. Oktober 2013, Compiègne, Frankreich
- [25] Karim, M.R. (2005). „Constitutive Modeling and Failure Criteria of Carbon-fiber Reinforced Polymers Under High Strain Rates“. Doktorarbeit. University of Akron, Department of Mechanical Engineering.
- [26] Palanivelu, S., Van Paepegem, W., Degrieck, J., Kakogiannis, D., Van Ackeren, J., Van Hemelrijck, D., Wastiels, J., et al. (2010). „Parametric study of crushing parameters and failure patterns of pultruded composite tubes using cohesive elements and seam, Part I: Central delamination and triggering modelling“. Polymer Testing, 29(6), 729–741.
- [27] Palanivelu, S., Van Paepegem, W., Degrieck, J., Van Ackeren, J., Kakogiannis, D., Wastiels, J., Van Hemelrijck, D., et al. (2010). „Parametric study of crushing parameters and failure patterns of pultruded composite tubes using cohesive elements and seam: Part II – Multiple delaminations and initial geometric imperfections“. Polymer Testing, 29(7), 803–814.
- [28] Batra, R.C., Gopinath, G., Zheng, J.Q. (2012). „Damage and failure in low energy impact of fiber-reinforced polymeric composite laminates“, Composite Structures, Band 94, Ausgabe 2, Januar 2012, Seiten 540–547.
- [29] Kögl, M. (Daimler AG). „Influence of fibre waviness on the stiffness and strength of CFRPs“, Automotive Composites 2011.
- [30] Fermer, M. (Volvo). „Volvo demands better CAE tools for carbon composites“, AE, Juli 2012.



- [31] Qiao P., Mijia Y., Bobaru F., 2008. „Impact Mechanics and High-Energy Absorbing Materials: Review“, JOURNAL OF AEROSPACE ENGINEERING, 235–248.
- [32] Feraboli, P. (2006). „Current efforts in standardization of composite materials testing for crashworthiness and energy absorption“. 47. AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC-Konferenz zu Strukturen, Strukturodynamik und Material (S. 1–18).
- [33] Barnes, G, Nixon, S., Schrank, M. (2009). „Composite Crush Simulation - Emerging Technologies and Methodologies“. NAFEMS World Congress 2009. Kreta, Griechenland.
- [34] Lomov, S. et al. „Meso-FE modelling of textile composites: Road map, data flow and algorithms“, Composite Science and Technology, Bd. 67, Nr. 9, S. 1870–1891, 2007.
- [35] Verpoest, I. und Lomov, S. „Virtual textile composites software WiseTex: integration with micro-mechanical, permeability and structural analysis“. Composite Science and Technology, Bd. 65, Nr. 15–16, S. 2563–74, 2005.
- [36] Jacques, S. und Van Paepegem, W. „New approach for the construction of meso-scale finite element models of textile composites with periodic boundary conditions“, TexComp-11, 19./20. September 2013, Leuven, Belgien.

# Robustheitsanalyse

## – Signifikante Reduzierung der Streuung

Dominik Borsotto, Robin Strickstroek, Clemens A. Thole  
SIDACT GmbH

Die hier beschriebenen Untersuchungen beziehen sich auf das instabile Verhalten von Crash-Simulationen als Folge kleinster Änderungen innerhalb eines FE Modells. Werden bspw. einzelne Parameter wie Blechdicken nur minimal variiert, sollte man bei einem robusten Modell immer noch vorhersagbare Ergebnisse erhalten. Dies ist jedoch häufig nicht der Fall, und als Konsequenz auf solche kleinste Änderungen können die daraus resultierenden Simulationsergebnisse zu unvorhersehbaren Ergebnissen führen. Die Ursachen hierfür können wiederum unterschiedlicher Natur sein: z.B. Modellierungsfehler, Kontaktprobleme, numerische Instabilitäten oder physikalische Instabilitäten.

Das Ziel liegt nun darin, solche Streuungsursachen zu identifizieren, um Maßnahmen dagegen ergreifen zu können. Hierfür werden die Ergebnisse unter anderem mit Hilfe der Berechnung und Darstellung der maximalen Streuung analysiert und zusätzlich für ausgewählte Bauteile die Streuungs-Moden erzeugt. Letztgenannte basieren auf der Hauptkomponentenanalyse (PCA) und liefern virtuelle Crash-Ergebnisse welche die möglichen Extrema der geometrischen Verformungen darstellen. Hierdurch wird der Prozess zum Auffinden von Streuungsursachen sowohl beschleunigt als auch verbessert.

Zur Veranschaulichung dient eine Robustheitsanalyse des öffentlich zugänglichen Modells des Chevrolet Silverado vom National Crash Analysis Center (NCAC) der George Washington University. Dafür wurden 30 Simulationsläufe erzeugt, basierend auf einer zufälligen Blechdickenvariation, welche die auftretenden Fertigungstoleranzen repräsentiert. Als sicherheitsrelevantes, zu analysierendes Zielbauteil wurde die Stirnwand ausgewählt, deren Streuungsursachen identifiziert werden sollen. Als Ergebnis der Untersuchungen zeigen sich dann zwei Hauptursachen verantwortlich für die Streuung an der Stirnwand: der Bremskraftverstärker in Interaktion zur Federung und der linke Längsträger. Beide zeigen eine starke Korrelation zur auftretenden Streuung an der Stirnwand. Die softwarebasierte Vorhersage bestätigend werden zudem exemplarische Designanpassungen des Modells an den gefunden Ursachen vorgenommen, was zu einer signifikanten Reduzierung der Streuung führt. Die beschriebenen mathematischen Methoden sind Teil der hier verwendeten Software DIFFCRASH.

### 1 Hintergrund

Während der letzten 5 Jahre ist ein zunehmendes Bewusstsein bzgl. der Variabilität und Streuung bei CAE Berechnungen entstanden, welches weiterhin zunimmt. Angesichts der Tatsache, dass Variabilität ein natürlicher, der Natur angeborener Effekt ist, so muss man dies auch bei der Produktfertigung und in diesem Fall der Fahrzeugherstellung berücksichtigen. Hinzu kommt, dass man Aufgrund der hohen Kosten in der Automobilindustrie häufig nur einen, die FE Simulation bestätigenden Crashtest („verification test“) pro Lastfall durchführen kann. Da solch ein Test wiederum von vielen Parametern, wie z.B. Fertigungstoleranzen des verwendeten Fahrzeugs aber auch den Parametern des Crashtests selbst abhängig ist, steigt die Wahrscheinlichkeit, dass man hier unerwartete Ergebnisse bekommt, welche nicht durch die CAE Berechnungen repräsentiert bzw. abgedeckt werden. In einem solchen Fall kommt es dann häufig zu teuren und ineffizienten Designanpassungen am Ende der Entwicklungsphase.

Um diesem Fall entgegenzuwirken, sollte es sich bei dem CAE Modell um ein robustes Modell handeln, welches nicht empfindlich gegenüber kleineren Variationen ist und dabei auch vorhersagbare Ergebnisse erzielt. Deshalb empfiehlt es sich, zuerst für die Robustheit des Modells zu sorgen, bevor Designoptimierungen durchgeführt werden.

Betrachtet man den hoch komplexen Event eines Fahrzeugcrashs im Detail, so können viele Ursachen ausgemacht werden, warum minimale Variationen bereits zu starken Streuungen führen können. Man stelle sich vor wie Bauteile mal in die eine, mal in die andere Richtung knicken oder aber wieder andere Bauteile sich mal

verhaken oder im anderen Fall aneinander vorbeigleiten. Resultierend daraus liegt ein Ansatz, um ein robustes Design zu erzeugen darin, eben solche Events (häufig auch als Bifurkationen bezeichnet) ausfindig zu machen und das Design dahingehend anzupassen, dass es mit kleinen Variationen umgehen kann und trotzdem noch vorhersagbare Ergebnisse liefert.

Eine Möglichkeit, das zu erreichen basiert größtenteils auf der Hauptkomponentenanalyse, ergänzt durch statistische Berechnungen, welche im vorliegenden Beispiel Fall des Chevrolet Silverado vom NCAC angewendet wurden.

## 2 Hauptkomponentenanalyse von Crash Simulationsergebnissen

Basierend auf der Tatsache, dass für eine Robustheitsanalyse, wie sie hier durchgeführt wird, ein Satz von 25 oder mehr Läufen empfehlenswert ist, ist der Gebrauch von dimensionsreduzierenden Methoden von Vorteil. In unserem Fall wird die Hauptkomponentenanalyse verwendet, um schneller und einfacher an die wichtigsten Informationen über das Crashverhalten im gesamten Satz von Simulationen heranzukommen.

### 2.1 Hauptkomponentenanalyse für Crash Simulationen [1]

Gemäß [2], wurde die Hauptkomponentenanalyse (PCA) von Pearson im Kontext biologischer Phänomene [3] eingeführt und von Karhunen im Kontext von stochastischen Prozessen [4].

In [5] wurde die PCA dann auf komplette Crash Simulationsergebnisse angewandt. Mit  $(p, t)$  als Deformation von Simulationslauf  $i$  (von  $n$  Simulationsläufen) am Knoten  $p$  und zur Zeit  $t$ . Wenn  $\bar{X}(p, t)$  der Durchschnitt aller Simulationsläufe ist, kann die Kovarianzmatrix  $C$  wie folgt definiert werden

$$C := [c_{ij}]_{1 \leq i, j \leq n} \quad \text{und} \quad c_{ij} := \langle X_i - \bar{X}, X_j - \bar{X} \rangle_2$$

Die Eigenvektoren  $v_i$  von  $C$  bilden eine neue Basis (Hauptkomponenten) und die  $\lambda_i$  (Quadratwurzeln der Eigenwerte von  $C$ ) liefern ein Maß für die Wichtigkeit jeder einzelnen Hauptkomponente.

Wenn diese Methode auf Crash Simulationsergebnisse angewendet wird, müssen  $n^2$  Skalarprodukte zwischen den Simulationsläufen der Länge  $3 * \#P * \#T$  berechnet werden ( $\#P$  Anzahl der Knoten,  $\#T$  Anzahl der Zeitschritte.)

Aus

$$\hat{X}(a) := \sum_{i=1}^n a_i X_i \quad ,$$

folgt das

$$\lambda_i = \|\hat{X}(v_i)\|_2 \quad .$$

$\hat{X}(v_i)$  zeigt die Haupttrends der Unterschiede zwischen den Simulationsläufen. Die Koeffizienten der Eigenvektoren  $v_i$  entsprechen der Verteilung von  $\hat{X}(v_i)$  zu  $X_i - \bar{X}_i$  und kann für die Clusteranalyse und zur Korrelation mit Input-Parametern verwendet werden. Wenn die Input-Parameter für die unterschiedlichen Simulationsläufe verändert werden, zeigt die Korrelationsanalyse somit, wie bestimmte Trends geschwächt oder verstärkt werden können, wenn die Input-Parameter angepasst werden (z.B. Blechdicken) (vgl. [1], Kapitel 2.4 für die generellen Eigenschaften der Hauptkomponentenanalyse).

Die Hauptkomponentenanalyse ist dabei eine rein mathematische Methode, welche mathematische Trends ermittelt, im Gegensatz zu physikalischen.

Im Detail:  $\lambda$ , die Quadratwurzel des maximalen Eigenwerts von  $C$ , kann wie folgt ermittelt werden

$$\lambda = (\max_v \|\hat{X}(v)\| \mid \|v\| = 1)$$

und ist somit generell eine Mischung aus mehreren physikalischen Effekten, wie z.B. Knicken.

## 2.2 „Difference PCA“ [1]

Anstatt die kompletten Simulationsergebnisse miteinzubeziehen, können Kovarianzmatrizen auch für die Ergebnisse an einzelnen Bauteilen des Modells zu bestimmten Zeitschritten aufgestellt werden. Wenn  $P$  ein Bauteil des Modells und  $T$  eine Untermenge an Zeitschritten ist, dann kann  $C$  wie folgt definiert werden:

$$C_{P,T} := [c_{i,j}^{P,T}]_{1 \leq i,j \leq n} \quad \text{und} \quad c_{i,j}^{P,T} := \frac{1}{N_{P,T}} \sum_{p \in P, t \in T} (X_i(p, t) - \bar{X}(p, t)) * (X_j(p, t) - \bar{X}(p, t)).$$

( $N_{(P,T)}$  bezeichnet die Größe von  $P$  mal der Größe von  $T$ .)

Die intrinsische Dimension von dem Satz an Simulationsergebnissen kann als Anzahl der unterschiedlichen Hauptkomponenten definiert werden (für detailliertere Definitionen vgl. [1], Kapitel 3).

Knicken oder jede andere lokale Instabilität im Modell oder dem numerischen Verfahren erhöht die intrinsische Dimension der Simulationsergebnisse an den Bauteilen, die davon betroffen sind, verglichen mit solchen, die es nicht sind. Somit sind im Kontext der Robustheit für Crash Simulationsergebnisse jene Bauteile mit einer höheren intrinsischen Dimension von größerem Interesse.

Ausgewertet werden kann dies durch die Bestimmung der Eigenvektoren und Eigenwerte von

$$C_{P_1, T_1} - \tau C_{P_2, T_2}$$

für die Kovarianzmatrix der Simulationsergebnisse an zwei unterschiedlichen Bauteilen  $P_1$  und  $P_2$  und zu zwei unterschiedlichen Zeitspannen  $T_1$  und  $T_2$ . Wenn für eine bestimmte Wahl von  $\tau$  (welches Rauschen von tatsächlichen Signalen trennt) positive Eigenwerte vorhanden sind, zeigen die Simulationsergebnisse bei  $(P_1, T_1)$  zusätzliche Effekte im Vergleich zu denen bei  $(P_2, T_2)$ . Wenn  $v_{P_1, T_1}$  der dazugehörige Eigenvektor ist, dann zeigt  $\hat{X}(v_{P_1, T_1})$  den Effekt sowohl auf  $(P_1, T_1)$  als auch auf alle anderen Bauteile im Modell. Vergleichbare Methoden können auch verwendet werden, um jene Effekte von den Ergebnissen zu entfernen, welche  $(P_1, T_1)$  nicht direkt beeinflussen.

Für dieses Verfahren wurde von der Fraunhofer Gesellschaft München ein Patent beim Deutschen Patentamt (DPMA Nummer 10 2009 057 295.3) beantragt.

## 3 Stirnwand Beispiel

Wie schon in Kapitel 1 beschrieben, sollte ein robustes Modell in der Lage sein, mit kleineren Variationen umzugehen und trotzdem noch vorhersagbare Ergebnisse liefern. Daher ist es auch generell bei Produktentwicklungen üblich, die Fertigungstoleranzen zu berücksichtigen, so dass auch wir hier diesem Ansatz folgen. Die beim Produktionszyklus anfallende Variabilität kann dabei unterschiedlichste Ursprünge haben. So tragen hier beispielsweise Materialtoleranzen, Unsicherheiten beim Fertigungsprozess (wie z.B. beim Umformprozess) und viele weitere Faktoren dazu bei. Dies führt dazu, dass am Ende des Fertigungsprozesses leichte Unterschiede/Variationen für praktisch alle Bauteile bzgl. ihrer Spezifikationen vorhanden sind. Aus diesem Grund liefert eine Integration dieser produktions-basierenden Schwankungen ein besseres Abbild der realen Welt und erlaubt es uns, die Robustheit des Modells zu verbessern. Des Weiteren verstehen wir durch diesen Ansatz auch mehr über das Crashverhalten des Modells, wie im weiteren Verlauf deutlich wird. Letzten Endes wird hierdurch dann auch das Risiko minimiert, am Ende des Entwicklungszyklus bei der Durchführung des abschließenden Verifikationstests unerwarteten Überraschungen gegenüber zu stehen.

Insbesondere bei der Analyse von Front-Crash Ergebnissen stellt die Intrusion der Stirnwand einen wichtigen Sicherheitsparameter dar. Aus diesem Grund sollte gerade hier an der Stirnwand auch ein vorhersagbares Crashverhalten vorhanden sein, um die nötigen Sicherheitstests zu bestehen. In unserem Fallbeispiel beschäftigen wir uns aus diesem Grund auch mit der Streuung an der Stirnwand im Detail. Bei dem hier analysierten Modell handelt es sich um einen Chevrolet Silverado vom National Crash Analysis Center (NCAC) der George Washington University, welches öffentlich zugänglich ist.

Basierend auf dem zuvor beschriebenen Ansatz werden 30 Simulationsläufe erzeugt, bei denen jeweils zufällig alle Blechdicken im Bereich von  $\pm 3\%$  variiert wurden. Dies ist ein einfach zu realisierender und gleichzeitig



zweckmäßiger Ansatz, um die Fertigungstoleranzen für Blechdicken näherungsweise zu simulieren. Im Rahmen einer ersten statistischen Analyse wird dann unter anderem die maximale Variation unter allen Simulationsläufen berechnet und als Kontur-Plot auf der Geometrie dargestellt (vgl. Abbildung 1).

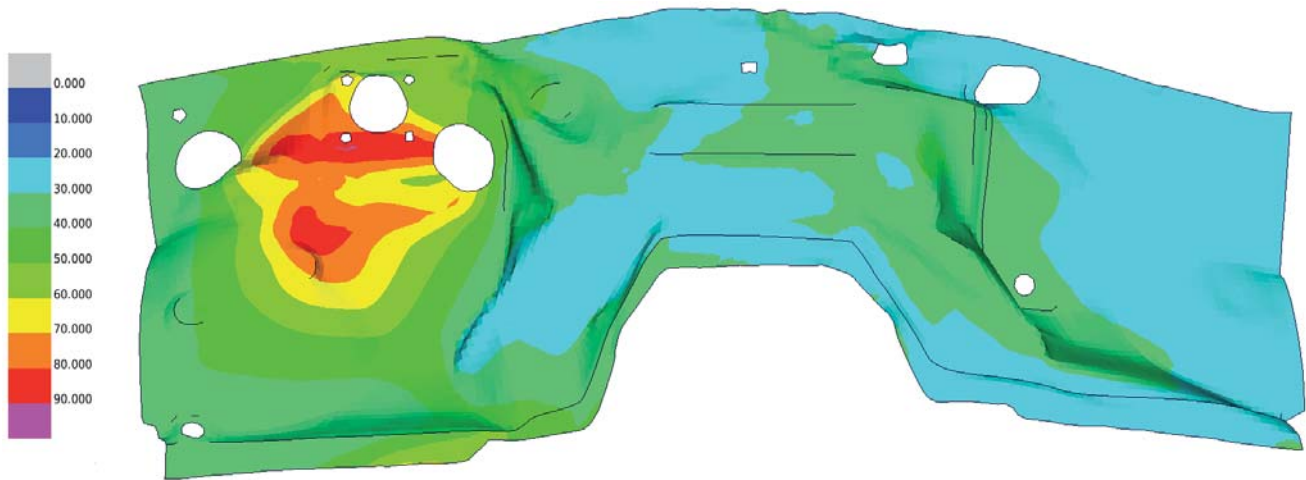


Abb. 1: Streuung von 30 Simulationsläufen auf der Stirnwand für das ursprüngliche Design in [mm]

Wie man sehen kann, variieren die 30 Simulationsläufe in Teilbereichen der Stirnwand bis zu 90[mm], obwohl nur minimale Blechdickenvariationen durchgeführt wurden. Produktionsschwankungen können hier also bereits einen erheblichen Einfluss auf die Simulationsergebnisse haben. Mit der Absicht, die Robustheit des Modells zu verbessern, liegt der nächste Schritt darin, herauszufinden woher diese Streuung der Ergebnisse kommt. Was sind die Schlüsselereignisse innerhalb des Modells, welche diese Streuung an der Stirnwand hervorrufen? Anstatt jetzt alle 30 Simulationsläufe miteinander zu vergleichen, liefert uns die Hauptkomponentenanalyse die wichtigen Streuungs-Moden. Diese sind in Abbildung 2 und 3 für die Region um den Bremskraftverstärker und den Längsträger dargestellt und beinhalten das dominierende, charakteristische Verhalten unter allen 30 Läufen für den jeweiligen Bereich. Wie man in den Abbildungen erkennt, enthält der Mode die Information über das unterschiedliche geometrische Deformationsverhalten.

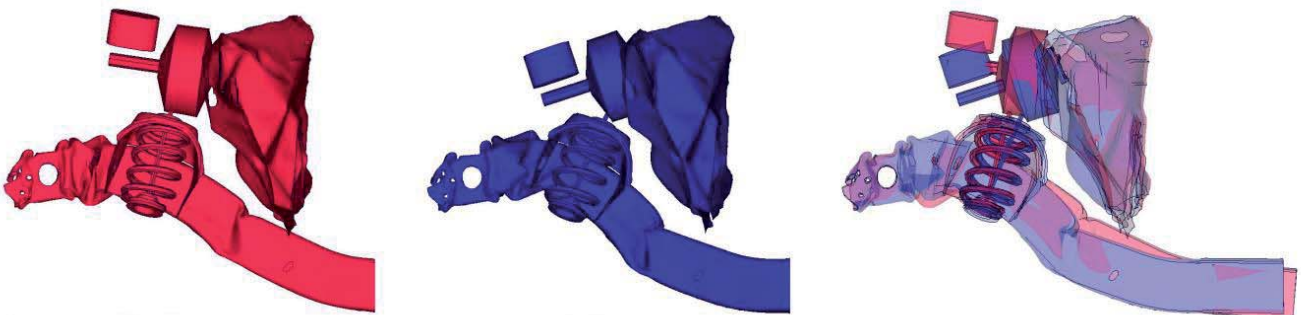


Abb. 2: Deformations-Formen des Streuungs-Moden für die Stoßdämpfer – Bremskraftverstärker Interaktion



Abb. 3: Deformations-Formen des Streuungs-Moden für den Längsträger

Der Stoßdämpfer verhakt sich entweder mit dem Bremskraftverstärker (Abb. 2, Mitte) oder aber gleitet unter diesem hindurch (Abb. 2, Links). Während letzteres eher unbedenklich für die Stirnwand ist, führt ersteres dazu, dass der Bremskraftverstärker direkt in die Stirnwand gedrückt wird und dementsprechend starke Schäden verursacht.

Am Längsträger (Abb. 3) greift die Sollknickstelle nicht wie beabsichtigt für alle 30 Simulationen, so dass der Längsträger in einem Teilbereich steif bleibt. Dies hat zur Folge, dass der Längsträger verstärkt wie ein Hebelarm wirkt, welcher am hinteren Teil des Längsträgers den Bereich mit Stoßfänger und Federung anhebt und somit den zuvor beschriebenen Effekt aus Abb. 2 noch unterstützt. Weitere Untersuchungen diesbezüglich haben zudem gezeigt, dass das Knickverhalten am Längsträger allein nicht ausreicht, um ein Verhaken des Bremskraftverstärkers mit dem Stoßdämpfer vollständig zu verhindern. Um diesen Bifurkationen entgegenzuwirken, wurden nun exemplarisch Designanpassungen vorgenommen. Zum einen wurde der Stoßdämpfer an der Spitze geglättet und gekürzt, so dass ein Verhaken kaum noch möglich ist. Zum anderen wurde die Kontaktmodellierung so angepasst, dass die Bauteile aneinander abgleiten können. Des Weiteren wurde die Modellierung des Längsträgers dahingehend geändert, dass die Sollknickstelle besser greift und zu einem konsistenteren Knickverhalten führt.

Um nun diese Anpassungen zu verifizieren, wurden, basierend auf dem angepassten Modell, erneut 30 Simulationsläufe mit zufällig variierten Blechdicken auf Basis der Fertigungstoleranzen erzeugt und diese dann erneut unter statistischen Aspekten analysiert. Das Ergebnis sieht man in Abbildung 4. Die Designanpassungen führten zu einer signifikanten Reduzierung der Streuung an unserem Zielbauteil der Stirnwand. Während vorher noch Streuung von bis zu 90[mm] vorhanden waren, zeigt das verbesserte Design lediglich Streuungen im Bereich von 20[mm].

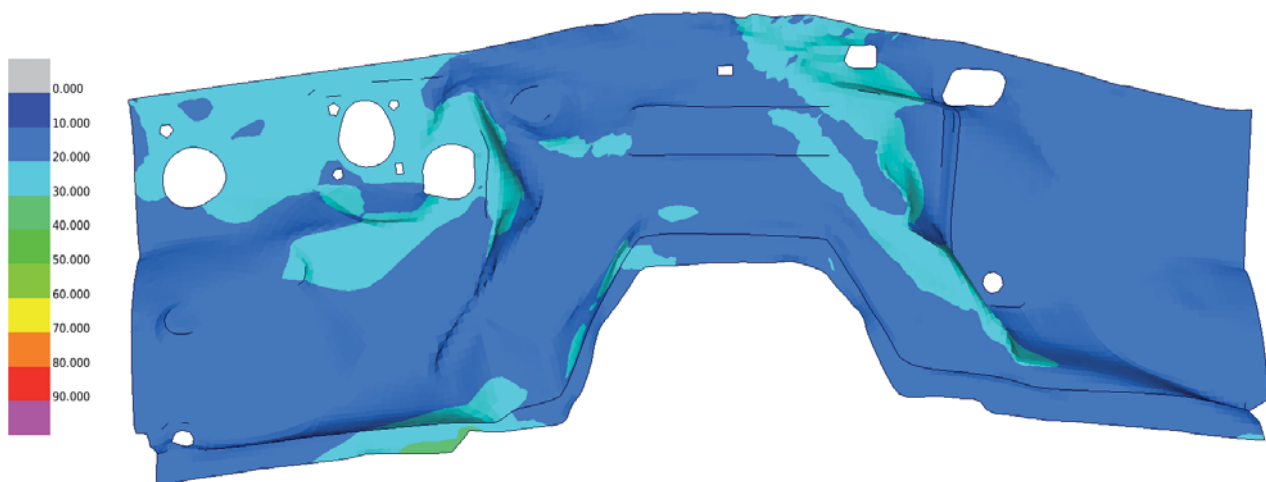


Abbildung 4: Streuung von 30 Simulationsläufen auf der Stirnwand für das verbesserte Design in [mm]

Die Streuungsmoden ermöglichten es uns folglich, die Streuungsursachen (im Bereich des Bremskraftverstärkers und am Längsträger) genau zu lokalisieren, ohne dabei jedoch die einzelnen 30 Simulationen betrachten zu müssen, was einer enormen Zeitersparnis entspricht.

#### 4 Zusammenfassung

Die Verbesserung der Robustheit von Crash Modellen ist nach wie vor eine Herausforderung und ist insbesondere wichtig bevor Optimierungsverfahren angewendet werden. Ein Ansatz basierend auf Streuungs-Moden abgeleitet aus der Hauptkomponentenanalyse wurde hier vorgestellt, welcher es ermöglicht, Instabilitäten innerhalb des Modells zu lokalisieren und Designanpassungen abzuleiten. Die Kombination von statistischen Methoden, um Regionen mit starken Streuungen hervorzuheben auf der einen Seite, kombiniert mit den aus der Hauptkomponentenanalyse gewonnenen Streuungs-Moden, beschleunigt und verbessert den Prozess der Robustheitsanalyse und liefert eine Methode, um die Robustheit von Modellen zu verbessern.

## 5 Literatur

- [1] Thole C.A., Nikitina Lialia, Nikitin Igor, Clees T.: "Advanced Mode Analysis for Crash Simulation Results", 9. LS-DYNA Forum, Bamberg, 2010
- [2] Lee M., Verleysen J.: „Nonlinear Dimension Reduction“, Information Science and Statistics, Springer Science+Business Media,2007
- [3] Pearson K.: "On lines and planes of closest fit to systems of points in space", philosophical Magazine,1901,2:559-572
- [4] Karhunen K: "Zur Spektraltheorie stochastischer Prozesse", Ann. Acad. Sci. Fennicae, 1946,34
- [5] Ackermann S., Gaul L., Hanss M., Hambrecht T.: „Principal component analysis for detection of globally important input parameters in nonlinear finite element analysis“, In Optimisation and Stochastic Days 5.0 dynardo-dynamic software & engineering, Weimar, 2008

Bitte per Post oder Fax senden:

Tel.: +49 (0) 80 51 - 96 59 3 49

Fax: +49 (0) 80 51 - 96 74 3 37

e-mail: [magazin@nafems.de](mailto:magazin@nafems.de)

Adresse für Fensterkuvert



NAFEMS GmbH  
Osterham 23

D-83233 Bernau am Chiemsee  
Germany

## Rückantwort: NAFEMS Magazin, Ausgabe (2/2015)

Bitte senden Sie mir nähere Informationen zu folgenden Themen:

- NAFEMS Mitgliedschaft
- NAFEMS e-learning
- NAFEMS Magazin „Benchmark“
- Professional Simulation Engineer PSE
- NAFEMS Seminare
- Internationale Arbeitsgruppen
- NAFEMS Trainingskurse
- NAFEMS World Congress

Bitte nehmen Sie mich in Ihren Verteiler auf.

Senden Sie das NAFEMS Magazin bitte auch an meine/n Kollegen/in (Adresse unten).

Ich möchte folgendes zum NAFEMS Magazin anregen:

\_\_\_\_\_

Ich interessiere mich für Werbe-/Stellenanzeigen - bitte senden Sie uns die Mediadaten zu.

Ich interessiere mich für [www.CAEjobsite.com](http://www.CAEjobsite.com). Bitte kontaktieren Sie uns.

Absender

Bitte senden Sie das NAFEMS Magazin auch an:

Firma: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Abt.: \_\_\_\_\_

Abt.: \_\_\_\_\_

Titel, Vor-/Nachname: \_\_\_\_\_

Titel, Vor-/Nachname: \_\_\_\_\_

Straße: \_\_\_\_\_

Straße: \_\_\_\_\_

PLZ-Ort: \_\_\_\_\_

PLZ-Ort: \_\_\_\_\_

Tel.: \_\_\_\_\_

Tel.: \_\_\_\_\_

Fax: \_\_\_\_\_

Fax: \_\_\_\_\_

e-mail: \_\_\_\_\_

e-mail: \_\_\_\_\_



Bitte per Post oder Fax senden:

Tel.: +49 (0) 80 51 - 96 59 3 49

Fax: +49 (0) 80 51 - 96 74 3 37

e-mail: [magazin@nafems.de](mailto:magazin@nafems.de)

Adresse für Fensterkuvert



**NAFEMS GmbH**  
**Osterham 23**

**D-83233 Bernau am Chiemsee**  
**Germany**

## Rückantwort: NAFEMS Magazin, Ausgabe (2/2015)

Bitte senden Sie mir nähere Informationen zu folgenden Themen:

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> NAFEMS Mitgliedschaft      | <input type="checkbox"/> NAFEMS e-learning                    |
| <input type="checkbox"/> NAFEMS Magazin „Benchmark“ | <input type="checkbox"/> Professional Simulation Engineer PSE |
| <input type="checkbox"/> NAFEMS Seminare            | <input type="checkbox"/> Internationale Arbeitsgruppen        |
| <input type="checkbox"/> NAFEMS Trainingskurse      | <input type="checkbox"/> NAFEMS World Congress                |

Bitte nehmen Sie mich in Ihren Verteiler auf.

Senden Sie das NAFEMS Magazin bitte auch an meine/n Kollegen/in (Adresse unten).

Ich möchte folgendes zum NAFEMS Magazin anregen:

---

Ich interessiere mich für Werbe-/Stellenanzeigen - bitte senden Sie uns die Mediadaten zu.

Ich interessiere mich für [www.CAEjobsite.com](http://www.CAEjobsite.com). Bitte kontaktieren Sie uns.

**Absender**

Firma: \_\_\_\_\_

Abt.: \_\_\_\_\_

Titel, Vor-/Nachname: \_\_\_\_\_

Straße: \_\_\_\_\_

PLZ-Ort: \_\_\_\_\_

Tel.: \_\_\_\_\_

Fax: \_\_\_\_\_

e-mail: \_\_\_\_\_

**Bitte senden Sie das NAFEMS Magazin auch an:**

Firma: \_\_\_\_\_

Abt.: \_\_\_\_\_

Titel, Vor-/Nachname: \_\_\_\_\_

Straße: \_\_\_\_\_

PLZ-Ort: \_\_\_\_\_

Tel.: \_\_\_\_\_

Fax: \_\_\_\_\_

e-mail: \_\_\_\_\_



## Online-Magazin

NAFEMS Deutschland, Österreich, Schweiz GmbH  
Osterham 23  
D-83233 Bernau am Chiemsee, Germany

Tel. +49 (0) 80 51 – 96 59 3 49  
Fax +49 (0) 80 51 – 96 74 3 37  
e-mail: [info@nafems.de](mailto:info@nafems.de)

[www.nafems.org/magazin](http://www.nafems.org/magazin)

ONE  
ASSOCIATION  
1 0 0 0 M E M B E R  
O R G A N I S A T I O N S

ONE  
VISION  
3 0 0 T E C H N I C A L  
G R O U P P A R T I C I P A N T S

ONE  
COMMUNITY  
O V E R 3 0 0 0  
E V E N T A T T E N D E E S

ONE  
NAFEMS  
T H E I N T E R N A T I O N A L  
A S S O C I A T I O N F O R  
T H E E N G I N E E R I N G  
A N A L Y S I S C O M M U N I T Y



[www.nafems.org](http://www.nafems.org)