

NAFEMS

Mit Stellenmarkt

Online-Magazin

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

Sonderteil ab Seite 23:

www.CAE-Stellenmarkt.de

Das neue Jobportal speziell für CAE-Ingenieure

Vergleich und Bewertung von Methoden zur Vorhersage von herstellungsinduzierter Residualspannungen und Verformungen von CFK-Strukturen

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Moderne Kopplungsmethoden – Ist Co-Simulation beherrschbar?

Kompetenzzentrum – Das Virtuelle Fahrzeug Forschungsgesellschaft (ViF)

Kalibrierung eines thermischen Motormodells durch natural analoge Optimierungsverfahren

Volkswagen / TU Braunschweig

Numerische Simulation des Spritzlackierens: Vorhersage von Overspray- und Lösemittelausbreitung

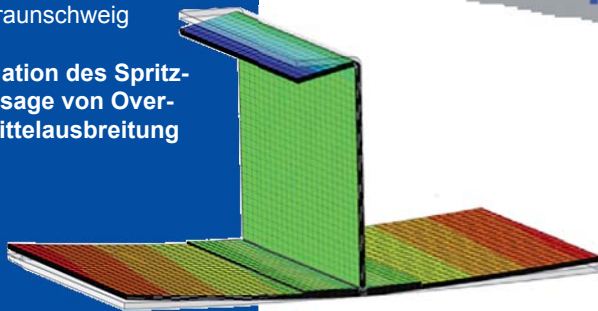
Fraunhofer - IPA

Neuigkeiten

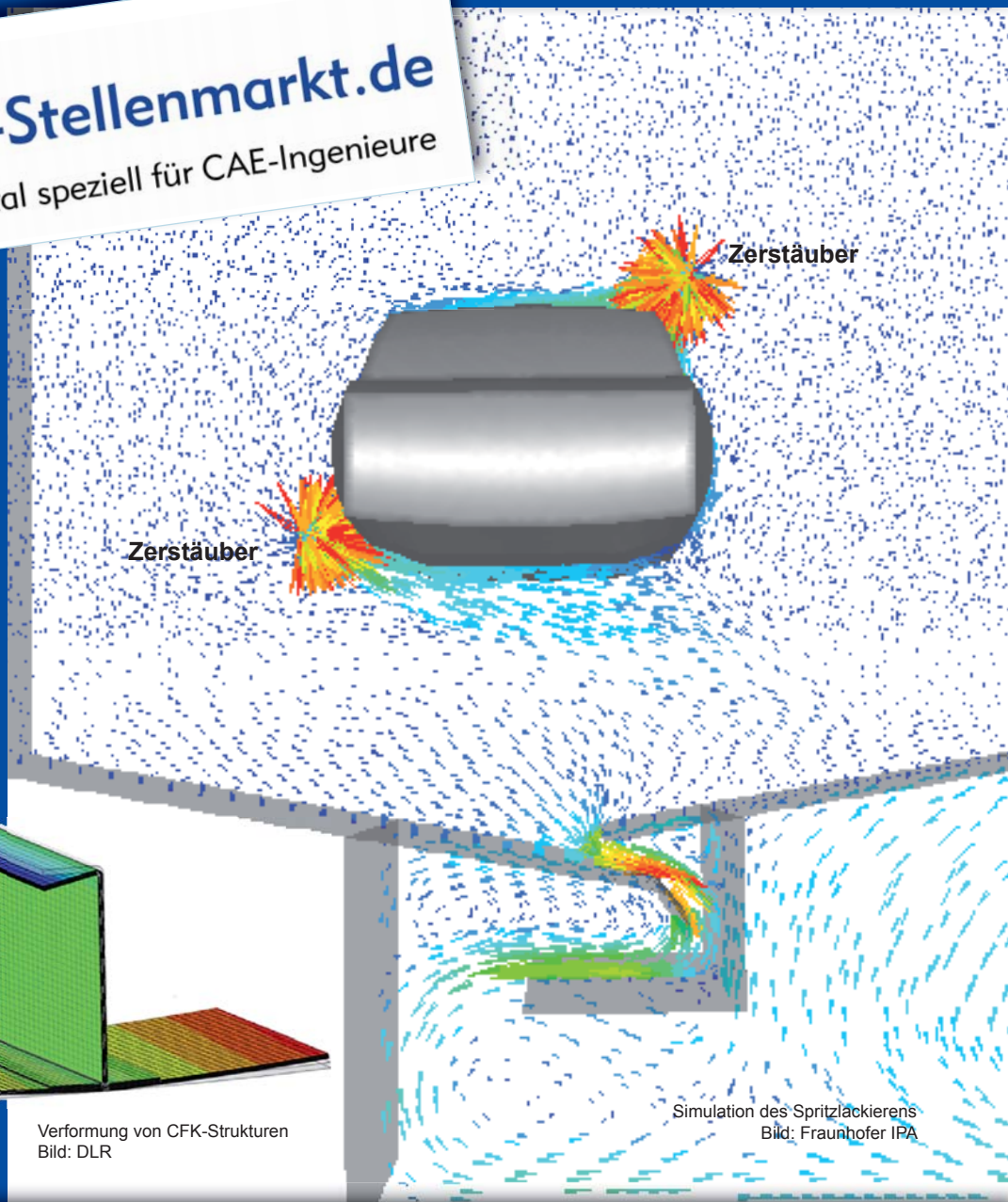
Stellenmarkt

Veranstaltungskalender

Schulungen



Verformung von CFK-Strukturen
Bild: DLR



Simulation des Spritzlackierens
Bild: Fraunhofer IPA

NAFEMS European Conference
**MULTIPHYSICS
SIMULATION2012**

16 - 17 October 2012 Frankfurt | Germany



nwc2013
NAFEMS WORLD CONGRESS

JUNE | SALZBURG | AUSTRIA

A WORLD OF ENGINEERING SIMULATION

including the International Conference

spdm

SIMULATION PROCESS AND DATA MANAGEMENT (SPDM)

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

Sehr geehrte Leserin,
sehr geehrter Leser,

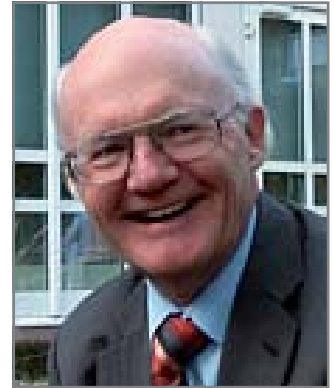
wenn Sie die Entwicklung des NAFEMS Online-Magazins aufmerksam verfolgt haben, wird Ihnen nicht entgangen sein, dass der Umfang der einzelnen Hefte erheblich zugenommen hat. Das erste Heft vom Juli 2005 kam noch mit ganzen 39 Seiten aus, das zehnte Heft vom Juli 2008 umfasste bereits 68 Seiten, das 21. Heft vom März/April dieses Jahres sogar 112 Seiten. Das zeigt einerseits, dass für solch eine Plattform eine steigende Nachfrage besteht, und darüber freue ich mich gemeinsam mit dem Herausgeber-Team. Andererseits wird das einzelne Heft mit steigender Seitenzahl zunehmend unübersichtlich. Um hier eine Abhilfe zu schaffen, haben wir uns entschlossen, künftig vier statt drei Hefte pro Jahr erscheinen zu lassen. Damit wird dann auch die Aktualität von Anzeigen und Stellenangeboten verbessert. Andererseits dürfen natürlich Qualität und Verständlichkeit der Beiträge nicht leiden.

Als wissenschaftlichen Kern des vorliegenden Heftes 22 hat die Redaktion vier Beiträge ausgewählt, die wiederum die große Bandbreite des Einsatzspektrums der numerischen Simulation verdeutlichen. Dabei wird zum einen herausgestellt, wie hilfreich die Simulation zum Verständnis und zur Lösung technischer Probleme sein kann. Zum anderen wird aber auch auf mögliche Fehler und Fallstricke hingewiesen. Aus dem Seminar „Fortschritte in der Simulation von Composites“ wird über Methoden zur Vorhersage von Residualspannungen und Verformungen von CFK-Bauteilen berichtet, die sich im Fertigungsprozess einstellen. Zwei Beiträge stammen aus dem Seminar „Die Rolle von CAE in der Systemsimulation“, wobei naturgemäß die Co-Simulation im Vordergrund steht. Es wird über häufig auftretende Probleme und typische Fehler berichtet; zudem wird eine automatische Kalibrierungsmethode für ein vereinfachtes thermisches Motormodell unter Verwendung eines naturanalogen Optimierungsverfahren vorgestellt. Aus dem Seminar „Die Integration von Strömungsberechnungen (CFD) in den Produktionsentwicklungsprozess“ wird über die numerische Simulation des Spritzlackierens mit einer Vorhersage von Overspray- und Lösungsmittelausbreitung informiert.

Ich bin davon überzeugt, dass mit diesem thematisch weit gefächerten Spektrum auch Ihr Interesse geweckt wird und wünsche Ihnen beim Studium viel Vergnügen und nützliche Erkenntnisse, die Sie in Ihrer Arbeit voranbringen.

Mit freundlichen Grüßen

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



*Prof. Dr.-Ing.
Klaus Rohwer*

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



www.altair.com



www.simulia.com/de



www.esi-group.com



www.friendship-systems.com



www.intes.de



www.mscsoftware.com



www.simpack.com

Über NAFEMS

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. Stavriniadis (Chairman), ESA, NL
M. Zehn (Vice Chairman), (TU Berlin / Femcos mbH), D
R. L. Dreisbach (The Boeing Company), USA
D. Ellis, Idac Ltd., UK
G. Miccoli, Imamoter, I
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
J. Wood, Strathclyde University, UK

Um die Aktivitäten von NAFEMS im deutschsprachigen Raum neutral zu leiten und die nationalen Belange innerhalb der NAFEMS zu vertreten, wurde ein Lenkungsausschuss etabliert.

Mitglieder des deutschen NAFEMS Steering Committees

Dr.-Ing. W. Dirschmid (Consultant), Chairman
Dr.-Ing. A. Gill (Ansys Germany GmbH)
Dr.-Ing. R. Helfrich (Intes GmbH)
Dipl.-Ing. G. Müller (Consultant, ehemals Siemens AG)
Dr.-Ing. G. Müller (CADFEM GmbH)
Dipl.-Ing. W. Moretti (Schindler Elevator Ltd)
Dipl.-Ing. F. A. Muggli (Sulzer Innotec)
Dipl.-Ing. F. J. H. Peeters (Abaqus Europe BV)
Dipl.-Ing. A. Pfaff (MSC Software GmbH)
Prof. Dr.-Ing. K. Rohwer (DLR)
Dr. A. Svobodnik (Konzept-X)
Prof. Dr.-Ing. habil. M. Zehn (TU Berlin / Femcos mbH)

Mitglied bei NAFEMS?

NAFEMS hat weltweit über **1.000 Mitgliedsunternehmen und -Institutionen**.

NAFEMS Mitglieder erhalten unter anderem:

- Benchmark (Internationales FEM-Magazin)
- Literatur
- Freie Seminarplätze
- Ermäßigungen für Trainingskurse, Kongresse und Literatur
- Zugriff auf passwortgeschützten Webbereich mit Kontaktmöglichkeiten und Informationen
- Kontakt zu über 1.000 Organisationen weltweit

Werden auch Sie Mitglied !



Benchmark, das internationale NAFEMS Magazin, behandelt in der Juli-Ausgabe folgende Themen:

- CFD Supported Design of Lifeboats
- Engineering Design Optimisation
- Predictive Lifecycle Assessment
- North American Conference 2012
- Previous NAFEMS Regional Conferences
- ... sowie regelmäßige Rubriken und Features: The CAE Guy, CAE news, events, ...

Die nächste Ausgabe erscheint noch im Juli 2012.

Jetzt abonnieren – für Mitglieder natürlich frei!

www.nafems.org

Impressum

Editor-in-Chief

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

Redaktioneller Beirat

Gerhard Müller
Consultant, ehem. Siemens AG
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 01.01.2012

Verteilung / Bezug

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

Copyright © 2012, 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.

Vorwort des Editor-in-Chief.....	2
Sponsoren	3
NAFEMS Übersicht	4
Inhalt / Impressum	5
NAFEMS Training	
Schulungstermine	7
e-Learning Kurstermine.....	7
Werden Sie NAFEMS Trainer	7
Trainingskurs: Einführung in die praktische Anwendung der FEM.....	8
Trainingskurs: Introduction to CFD Analysis: Theory & Applications.....	9
NAFEMS Veranstaltungen	
Rückblick: Deutschsprachige Konferenz 2012.....	10
Einladung: European Multiphysics Simulation Conference.....	11 - 13
Call for Papers: Akustik.....	14
NAFEMS World Congress 2013	15 - 17
NAFEMS Int. Conference SPDM	18
NAFEMS Mitgliedschaft im Detail.....	19
Literatur	
NAFEMS Literaturangebot: Connection Collection, Bestellvorgang ...	20
Buchbesprechung: Predictive Lifecycle Assessment	21
Das neue Jobportal für Ingenieure: www.CAE-Stellenmarkt.de	23 - 25
Stellenanzeigen	
Aktuelle unter www.CAE-Stellenmarkt.de	26 - 28
P+Z Engineering GmbH / DYNAmore GmbH	29 - 30
Neuigkeiten.....	31 - 45
Veranstaltungskalender.....	46 - 47
Fachbeitrag zu Composites	
Vergleich und Bewertung von Methoden zur Vorhersage	
von herstellungsinduzierter Residualspannungen und	
Verformungen von CFK-Strukturen	48 - 62
T. Wille, S. Freund, R. Hein	
(Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR))	
Fachbeiträge zu CAE in der Systemsimulation	
Moderne Kopplungsmethoden	
– Ist Co-Simulation beherrschbar?	63 - 74
M. Benedikt, J. Zehetner, D. Watzenig, J. Bernasch	
(Kompetenzzentrum – Das Virtuelle Fahrzeug	
Forschungsgesellschaft mbH (ViF))	
Kalibrierung eines thermischen Motormodells durch	
naturanaloge Optimierungsverfahren	75 - 86
D. Münning, C. Lund (Volkswagen AG);	
B. Tilch, P. Eilts (TU Braunschweig)	
Fachbeiträge zu Strömungsberechnungen (CFD)	
Numerische Simulation des Spritzlackierens:	
Vorhersage von Overspray- und Lösemittelausbreitung	87 - 91
Q. Ye, B. Shen, O. Tiedje (Fraunhofer-Institut für	
Produktionstechnik und Automatisierung (IPA))	
Rückmeldeformular	92 - 93
Werbeanzeigen	
Cadferm GmbH	33
Kommunikation für Ingenieure	22
NAFEMS	6



Creating Awareness | Delivering Education | Stimulating Standards



NAFEMS is the International Association for the Engineering Analysis Community: an independent, not-for-profit, international membership association, owned by its members. The scope of its activities encompasses all simulation technology, including Finite Element Analysis and Computational Fluid Dynamics. As new application areas and techniques constantly evolve, NAFEMS becomes involved to create awareness and deliver appropriate education and training.

NAFEMS publications and benchmarks are widely regarded within the engineering analysis community as the most authoritative source of information available. The areas covered by NAFEMS are expanding year by year with the growth in membership, and people increasingly view NAFEMS as a one-stop shop for all aspects of information on engineering analysis.

For engineering analysts, NAFEMS offers an excellent platform for continuous professional development.

**Get Involved.
Join NAFEMS Today.**

www.nafems.org

Schulungstermine

Einführung in die praktische Anwendung der FEM

Wiesbaden, D

Inhalte und Infos auf Seite 8

www.nafems.org/events/nafeems/2012/dach-fea3/

3. - 5. September

Introduction to CFD Analysis: Theory and Applications

Wiesbaden, D

Inhalte und Infos auf Seite 9

www.nafems.org/events/nafeems/2012/cfd-nov12/

26. - 27. November

e-Learning Kurstermine

E-Learning ermöglicht schnelle, höchst effektive und kostengünstige Trainings. Hier werden Grundlagen vermittelt, die für die sichere und zuverlässige Anwendung kommerzieller Softwareprogramme wichtig sind.

Structural Optimization

12. Juli, 4 Wo.

Practical Introduction to CFD

28. August, 4 Wo.

Basic Dynamic FE Analysis

siehe Web

Advanced Dynamic FE Analysis

siehe Web

Non-Linear Analysis

siehe Web

Elements of Turbulence Modeling

siehe Web

Essentials of Fluid Mechanics for CFD

siehe Web

Fatigue & Fracture Mechanics

siehe Web

Composite FE Analysis

siehe Web

Basic Dynamic FE Analysis

siehe Web

Basic FE Analysis

siehe Web

FEM-Grundlagen für Konstrukteure - Basis für „Einführung in FEM“

www.nafems.org/e-learning

Werden Sie NAFEMS Trainer



NAFEMS Course Tutors Required

Due to an expansion in training activities at NAFEMS, we currently require additional tutors to work with our current team on presenting and running a number of NAFEMS FEA training courses.

A typical tutor will be well-experienced in FEA across a range of industrial sectors. The tutor will be able to draw on direct experience to relate to the training material and the way it is presented. The Tutor should have a background in teaching in either Industry or Academia. The right candidate will have a passion for FEA and have the ability to impart that to attendees.

Full details are available at www.nafems.org/tutors

NAFEMS wird das Kursangebot regional und international ausbauen und sucht Ingenieure aus Industrie und Hochschule, die gerne (nebenbei) als Referenten arbeiten möchten.

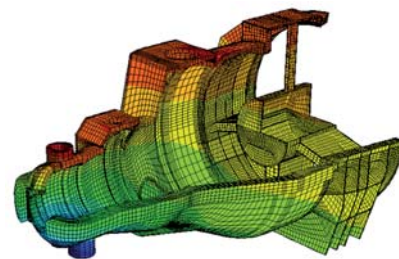
Bei Interesse senden Sie bitte eine e-mail an info@nafems.de

www.nafems.org/tutors

3-tägiger NAFEMS Trainingskurs FEM

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

3. - 5. September 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 strukturellem Basiswissen, welches für das Verständnis und für die kompetente Auswertung von FE-Berechnungen unerlässlich ist, wird auf leicht verständliche Art erklärt, wie die FE-Programme arbeiten. Zahlreiche einfach gehaltene, anwendungsspezifische Beispiele aus der Industrie unterstützen die Diskussion um Voraussetzungen für adäquate Modellbildung und liefern wertvolle Tipps für die professionelle Darstellung und Interpretation der Ergebnisse.

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

Inhalte

- Einführung, Grundbegriffe und Prinzipien
 - Freiheitsgrade / Lagerung / Freischneiden / Gleichgewichtsbetrachtung
 - Innere Kräfte / Beanspruchung / Schnittgrößen
 - Spannungszustände / Hauptspannungen
- Typische Beanspruchungsfälle
- Werkstoffparameter / Versagenshypothesen / Sicherheitsfaktor
- Wechsel- und Dauerfestigkeit, Ermüdung und Kerbwirkung

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

Referent



Dr. sc. techn. ETH/SIA
Yasar Deger

Herr Deger hat langjährige, breitgefächerte Erfahrung in der Praxis der FEM und in der Angewandten Mechanik. Er ist als Dozent für Technische Mechanik und FEM an der HSR, Hochschule für Technik Rapperswil, in der Schweiz tätig und erteilt ausserdem seit 1992 Weiterbildungskurse / Workshops für Konstrukteure und Ingenieure in der Industrie. Sein Buch „Die Methode der Finiten Elemente“ erscheint beim Expert Verlag in der 5. Auflage und ist Teil der Kursunterlagen.

Kurssprache

Deutsch

Inhouse-Kurs

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

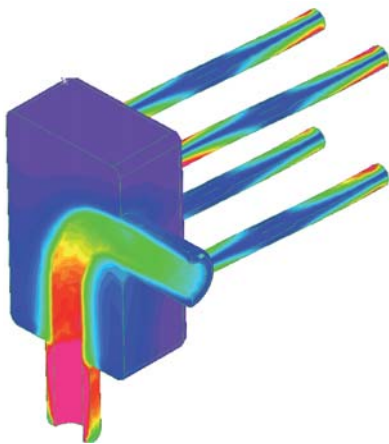
www.nafems.org/events/

2-tägiger NAFEMS Trainingskurs CFD

Introduction to CFD Analysis: Theory and Applications

26. - 27. November 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

Kurssprache

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 unter Verwendung des Rückmeldeformulars auf der vorletzten Seite an.

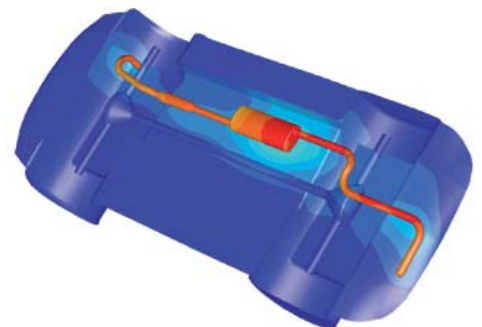
www.nafems.org/events/

Referent



Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.
Uwe Janoske

Herr Janoske hat langjährige, breitgefächerte Erfahrung in der Praxis auf dem Gebiet der Strömungsberechnung. An der Bergischen Universität Wuppertal vertritt er das Fachgebiet für Strömungsmechanik und ist über zahlreiche Forschungsprojekte und Industriekooperationen in unterschiedlichsten Anwendungen der Strömungsberechnung aktiv.



Rückblick

NAFEMS DEUTSCHSPRACHIGE **KONFERENZ** '12 8. – 9. MAI | **BAMBERG, DEUTSCHLAND** **BERECHNUNG UND SIMULATION – ANWENDUNGEN, ENTWICKLUNGEN, TRENDS**

Am 8. und 9. Mai 2012 fand in Bamberg die erste deutschsprachige NAFEMS CAE-Konferenz „Berechnung und Simulation – Anwendungen, Entwicklungen, Trends“ statt.

Mit 96 Fachvorträgen zu FEM, CFD, MKS, SDM etc., mit Keynote-Vorträgen von Dr.-Ing. Ralph Sundermeier (Volkswagen AG) und Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Wriggers (Leibniz Universität Hannover) sowie mit einer umfangreichen Hard- und Softwareausstellung mit fast 30 Ausstellern bot die Veranstaltung ein einzigartiges, neutrales, übergreifendes und umfassendes Informationsangebot.

Über 240 Teilnehmer nutzten diese Möglichkeit, um intensiv und auf breiter Basis erfolgreiche Anwendungen und Trends mit Spezialisten aus Hochschule, Forschung und im besonderen Maße aus der Industrie zu diskutieren.

Die Teilnahme war gleichsam offen für NAFEMS Mitglieder und Nichtmitglieder, wobei NAFEMS Mitglieder im Rahmen ihrer Mitgliedschaft kostenlos teilnahmen.

Auf Grund des großen Erfolges und des extrem positiven Feedbacks der Teilnehmer soll die deutschsprachige NAFEMS CAE-Konferenz künftig regelmäßig zwischen dem zweijährlich stattfindendem NAFEMS World Congress (www.nafems.org/congress) durchgeführt werden.



Plenarvorträge von Dr.-Ing. Ralph Sundermeier (Volkswagen AG) und Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Wriggers (Leibniz Universität Hannover)

Wir danken den Sponsoren für die Unterstützung

Platin

Gold

Silber

Medienpartner

Einladung

NAFEMS European Conference **MULTIPHYSICS SIMULATION**2012

16 - 17 October 2012 Frankfurt | Germany

NAFEMS is pleased to announce the first European Multiphysics Conference. The aim of the conference is to give an overview of advances in state-of-the-art methods and to demonstrate the benefits to industry of Multiphysics Simulation within the context of CAE. The conference will address the development of numerical methods for strongly coupled physical processes in industrial and advanced research applications.

Conference contributions deal with coupling of physical models, but also realisation of multi-scale models, combinations of 1D and 3D simulations and extending multiphysics simulation to system levels. The ultimate goal is to bring together the multiphysics community consisting of researchers from academia, engineers from industry and commercial solution providers to discuss the current status and to drive the future of multiphysics and multi-scale simulations.

The conference will be organized by NAFEMS in collaboration with Fraunhofer NUSIM and The International Society of Multiphysics.

The conference will include keynotes, exhibits and breakout sessions with user presentations.

Scientific committee

Henrik Nordborg, Chair
HSR Rapperswil, Switzerland
Klaus Wolf, Vice-chair,
Fraunhofer SCAL, Germany
Moji Moatamedi, Vice-chair,
Narvik University, Norway
Alfred J. Svobodnik, Vice-chair,
Konzept-X, Germany

Exhibition and sponsoring

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

Conference language

English

Conference venue

Holiday Inn Frankfurt Airport-North
Isenburger Schneise 40
D-60528 Frankfurt, Germany
www.frankfurt-airport-hi-hotel.de
Easy access from Frankfurt Airport by free hotel shuttle service. Delegates traveling by train can travel to Frankfurt airport and use free hotel shuttle service.

Accommodation

Please book your hotel accommodation for reduced room rates by using the keyword „NAFEMS“.

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.
NAFEMS member without seminar credits: 460 Euro.
Non NAFEMS members: 690 Euro.

The registration fee includes conference attendance, proceedings, lunches, break refreshments and attendance at the evening function on the first day. Hotel accommodation is not included. All plus VAT if applicable.

Contact and further information

NAFEMS Deutschland, Österreich, Schweiz GmbH
Osterham 23, D-83233 Bernau, Germany
Tel. +49 (0) 80 51 - 96 59 3 49
Fax +49 (0) 80 51 - 96 74 3 37
e-mail: roger.oswald@nafems.org

More information

www.nafems.org/MP2012

Agenda >>

Tuesday, 16th October 2012

09:00 Registration and exhibition opening

Session 1 - Welcome / Keynotes

- 10:45 am **Welcome and NAFEMS Introduction**
Conference Scientific Committee
T. Morris (NAFEMS)
- 11:00 am **Moisture, Temperature and Deformation Interaction in Liquid Food Packaging Systems**
J. Tryding (Tetra Pak, SWE)
- 11:35 am **Multiphysics Trends in Aerostructures Subjected to Blast Loading**
C. Soutis (Univ. Sheffield, GBR)
- 00:10 pm Lunch break

Session 2 - Fluid-Structure- Interaction A

- 01:25 pm **Simulation of Radial Tilting Pad Journal Bearings in Consideration of Fluid-Structure-Interaction and a Cavitating Multiphase Flow**
C. Schemmann, N. Kluck, M. Geller
(FH Dortmund, GER)
- 01:50 pm **Numerical Simulation of Fluid-Structure Interaction in the Design Process of a Novel Axial Hydraulic Pump**
T. Zawistowski (Academy of Science, PL); L. Osiecki, P. Patrosz (Univ. Gdansk, POL); B. Landvogt (Fraunhofer SCAI, GER); J. Piechna (Univ. Warsaw, POL); B. Zylinski (Bandak Engineering, NOR)
- 02:15 pm **Durability Analysis of HD Engine Exhaust Manifold using CFD-FE Coupling**
S. Eroglu (Ford, TUR)
- 02:40 pm **Time Domain Linear and Nonlinear FSI Simulation of the AGARD 445.6 Wing using a Structural-CFD Coupled Solution**
F. G. Di Vincenzo (MSC.Software, ITA)
- 03:05 pm Coffee break

Session 4 - Extended CFD

- 03:45 pm **A Dynamic Body Fluid Interaction Simulation of a Fracture Initiation**
D. Jamieson (Prospect, GBR)
- 04:10 pm **Fluid-Porous Structure Interaction (FPSI) in the Context of Simulations of Filtration Processes**
R. Kirsch, H. Andrä, D. Iliev, O. Iliev, M. Kabel
(Fraunhofer ITWM, GER)
- 04:35 pm **CoRheoS: Multiphysics Solver Framework and Simulation Infrastructure for Complex Rheologies**
S. Schmidt, D. Niedziela, H. Zausch
(Fraunhofer ITWM, GER)
- 05:00 pm Coffee break

Session 6 - Extended CFD / MBS / Mechatronics

- 05:45 pm **Stationary and Transient Sensitivity Analysis of a Highly Nonlinear Glass Forming Process**
C. Janya-anurak, H. Birkhofer, T. Bernard
(Fraunhofer IOSB, GER)
- 06:10 pm **Integrated Simulation for Virtual Test of High Lift System**
A. Frenzel (EADS GmbH, GER);
F. Thielecke (TU Hamburg-Harburg, GER)
- 06:35 pm **Co-Simulation Driven Design of Complex Vehicle Dynamic Control Systems**
M. Benedikt, P. Wimmer, J. Zehetner (Kompetenz-zentrum - Das virtuelle Fahrzeug mbH, AUT)
- 07:00 pm End of day 1

Session 3 - Electromagnetics

- Coupling Applications for the Conception of a Steam Generator**
D. Depeyras (Ingeliance, FRA)
- Simulation of Electric Arcs Using a Coupled STAR-CD4 - JMAG Approach**
P. Bayrasy (Fraunhofer SCAI, GER); H. Sano (Motohito-Hirose-JSOL Corp., JAP); C. Capron (Powersys, FRA)
- Implementation of a Micromagnetic Modeling and Simulation Package and a Customized User Interface in Comsol Multiphysics**
L. Teich, C. Schröder (Univ. of Applied Sciences Bielefeld, GER); A. Hütten (Univ. Bielefeld, GER)
- Electro-Mechanical Co-Simulation of Electro-Magnetically Actuated Medium-Voltage Reclosers**
O. Craciun, C. Simonidis, V. Biagini, R. Schmoll (ABB AG, GER)

Session 5 - Electrical / Thermal

- Hybrid Thermal-Electric Battery Cell Model**
W. Becker, T. Frölich, C. Freytag, M. Wolter
(Fraunhofer IKTS, GER)
- Finite Element Modeling of Coupled Induction Heating Structural Analyses**
H. Cleveringa (MSC.Software Benelux B.V, NED)
- Design of Mechatronic Devices by Electro-Thermal FE Analysis Coupled to CFD Analysis**
J. Marchesini, R. Helfrich (Intes, GER);
M. Henner (Valeo, FRA)

Session 7 - Acoustics

- Multi-Field Vibration Analysis of Electric Motors**
D. Bachinski-Pinhal (Cadferm GmbH, GER)
- Coupled CFD and Acoustic Simulation of an Automotive Muffler Accounting Manufacturing Tolerances**
R. Wohlgethan, G. Buccilli, G. Koottakara (EnginSoft GmbH, GER); J. Silvestri, J. Zenker (Gamma Technologies Inc. USA)
- Incompressible Numerical Large Eddy and Unsteady Reynolds-Averaged Navier-Stokes Simulations Coupled With Acoustic Solver for Combustion Instability Prediction**
S. R. Chakravarthy, C. Balaji, A. Nath, R.K.R. Katreddy
(Indian Institute of Technology Madras, IND)

Wednesday, 17th October 2012

08:15 am Exhibition opening

Session 8 - Thermal

- 08:30 am **Conjugate Heat Transfer Analysis (CHT) of Diesel Engine Head and Block System**
S. Guryuva (Ford, TUR)
- 08:55 am **Conjugate Heat Transfer Analysis of a Cooled Turbine Blade**
E. Lorriaux, F. Thirifay (Cenaero ASBL, BEL)
- 09:20 am **Multiphysics Simulation of Molding Tools for Qualified Designers and Engineers**
M. Mahler (Siemens Industrie Software GmbH, GER);
R. Schmidt (Schmidt Ges. f. Werkzeug- u. Formentech-nik mbH, GER)
- 09:45 am **A Time Dependent Crack Growth Law for High Temperature Conditions**
R. Chandwani, C. Timbrell (Zentech Int.Ltd., GBR);
D. W. MacLachlan, S.J. Williams (Rolls-Royce, GBR)
- 10:10 am Coffee break

Session 9 - Methods

- Iterative Coupling of Physically-based and FEM Simulation**
F. Distel, D. Hofmann, H. Hongrong, R. Gunther (TU München, GER)
- Divide And Conquer? On the Future of 1D-3D CFD**
M. Jenkins (Mentor Graphics, GBR)
- Coupled Multiphysics for Performing More Realistic Simulations**
A. Kurkchubasche (Dassault Systemes Simulia, USA)
- Coupling Possibilities in LS-DYNA: Development Status and Sample Applications**
N. Karajan (DYNAmore GmbH, GER)

Session 10 - Fluid-Structure-Interaction B

- 10:55 am **FSI Simulation of Pouring Flow from Tetra Brik Aseptic**
D. Apparuti (Tetra Packaging Solutions Spa, ITA)
- 11:20 am **Numerical Study of Fluid-Structure Interaction for a Water Filled Plastic Bottle During Drop Tests Analysis**
F. Carneiro (Univ. Minho, POR)
- 11:45 am **Multiphysics Analysis of Shell Structures Subjected to Water Shock Wave**
H. Khawaja, M. Moatamedi (Univ. Narvik, NOR);
R. Messahel, M. Souli (Univ. Lille, FRA)
- 00:10 pm **A Multiphysics Engineering Design Process for the Marine Environment**
J. White (Prospect, GBR)
- 00:35 pm Lunch break

Session 11 - Chemical / Electrochemical

- Swelling of Rubbery Seals by Applying Coupled Physico-Chemical Modelling in Finite Element Analysis**
M. Achenbach (Parker Hannifin Manufacturing GmbH & Co.KG, GER)
- Multiscale Physicochemistry-Based Simulation for Lithium Ion Battery Applications**
C. Wieser (Adam Opel AG, GER)
- Robust Integrated Simulation of Coupled Problems with a Focus on Fluid-Structure Interaction and Electrochemistry**
V. Gravemeier, W. A. Wall (AdCo Engineering GmbH, GER)
- Multiphysics Simulation of PEM Electrolyzers**
I. Tari, E. Ozden (METU, TUR)

Session 12 - Multiphysics Trends

- 01:40 pm **Nuclear Reactors as Multi-Physics and Multi-Scale Systems**
C. Demaziere (Chalmers Univ. of Technology, SWE)
- 02:05 pm **Trends in Multiphysics**
K. D'Souza (Dassault Systemes Simulia, USA)
- 02:30 pm **Code-Coupling: Validation, Application and Trends**
M. Heinz, D. Hallwachs, H. Grashof (Tecosim Technische Simulation GmbH, GER)
- 02:55 pm **Cosimulation in Automotive Applications**
K. Wolf (Fraunhofer SCAI, GER)
- 03:20 pm **Wrap-up / Farewell**
Conference Scientific Committee
- 03:30 pm End of conference

Gold Sponsor



— Mechanical Analysis

Silver Sponsor



Call for Papers und Ankündigung

Schallentstehung und -ausbreitung in Festkörpern und Fluiden

– Moderne Analysemethoden in der Akustik

6. - 7. November 2012, Wiesbaden

Für viele Produkte werden Komforteigenschaften, und damit auch das Thema Akustik und Schwingungen (Körperschall), immer wichtiger. Was früher Sekundärmerkmal war, gilt heute als wesentliche Produkteigenschaft, die über den Markterfolg entscheidet. Auf der anderen Seite leiden immer mehr Menschen unter hoher Lärmbelastung. Strengere Regulierungen führen hier zu produktseitigen Veränderungen.

Das Entwicklungsszenario im Bereich Akustik war bisher relativ spät im Produktentwicklungsprozess angesiedelt. Das Verbesserungspotential von Akustik- und Schwingungseigenschaften war dadurch sowohl durch den Faktor Kosten als auch den Faktor Zeit relativ stark begrenzt.

Durch moderne, CAE-basierende Simulationsverfahren konnte in den letzten Jahren der Entwicklungszugang deutlich verändert werden. Zum einen können aufgrund der Fortschritte der Hardware und der Softwaresysteme Akustik- und Schwingungsberechnungen zur Simulation der Luft- und Körperschallausbreitung schon in der frühen Phase der Konzeptstudien und an virtuellen Prototypen durchgeführt werden. Andererseits wurden auch die Entwicklungsprozesse umgestellt, um die Wichtigkeit der Komforteigenschaften auch im Produktentwicklungsprozess widerzuspiegeln.

Das Thema Geräuschemission war in der Vergangenheit durch das Paradigma „leiser = besser“ geprägt. Idealerweise würde man dann gar keine Geräusche emittieren. Durch den Trend zu Hybrid- und Elektrofahrzeugen zeigt sich allerdings, dass es auch zu leise werden kann. Vermehrt beschäftigt man sich auch mit dem Thema Sound Design, das die Wertigkeit von Produkten erhöhen und damit einen Differentiator zum Wettbewerb herstellen soll.

Das Seminar soll mit Beiträgen aus der Forschung, industriellen Anwendung und zu Entwicklungen in der Software einen Überblick über aktuelle Methoden und Verfahren für die optimale Auslegung hinsichtlich Akustik- und Schwingungseigenschaften geben. Ziel ist es, den aktuellen Stand der Technik und Trends zu diskutieren und einen offenen Dialog von Anwendern, Forschern und Lösungsanbietern zu fördern.

Wir freuen uns auf die Einreichung Ihrer Vortragsangebote.

Dr. Alfred Svobodnik (Konzept-X) und
Prof. Dr.-Ing. Manfred Zehn (TU Berlin, Vice Chair des NAFEMS Councils)
– beide Mitglieder des deutschen NAFEMS Steering Committees

Vortragsvorschläge

Wir freuen uns auf Ihren 1/2-seitigen, deutschsprachigen Titel/Abstract per e-mail an info@nafems.de bis zum

5. September 2012

Publikation

Die Veröffentlichung einzelner Vorträge im NAFEMS Benchmark Magazin und/oder im deutschsprachigen NAFEMS Online-Magazin wird von den jeweiligen Herausgebern nach einer Rezension beabsichtigt.

Begleitende Ausstellung

Die Veranstaltung wird von einer Ausstellung von Hard- und Softwareunternehmen sowie von Dienstleistern begleitet. Wir bitten um baldige Anmeldung, da die Ausstellungsfläche ist begrenzt.

Veranstaltungsort / Hotel

Hotel Oranien Wiesbaden
www.hotel-oranien.de

Teilnahmegebühren

Nicht-Mitglieder:

Euro 540,— / Person

NAFEMS-Mitglieder:

frei*

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

Euro 390,— / Person

Alle Preise zzgl. ges. MwSt.

Seminarwebsite und Anmeldung

www.nafems.org/aku2012



nwc²⁰¹³

NAFEMS WORLD CONGRESS

JUNE | SALZBURG | AUSTRIA

A WORLD OF ENGINEERING SIMULATION

incorporating the 1st

spdm INTERNATIONAL CONFERENCE
Simulation Process & Data Management

The NAFEMS World Congress 2013 will be held in Salzburg, Austria in June 2013 and will be the only independent, global conference that focuses entirely on simulation and its impact on industry and beyond.

This, the 14th NAFEMS Congress, will be held in conjunction with a new NAFEMS event – the 1st International SPDM (Simulation & Process Data Management) Conference. Speakers, delegates and exhibitors will have access to both events, which will run simultaneously over the three days, giving all those attending an outstanding opportunity to participate in two international conferences under one roof.

As the international association dedicated to engineering analysis and simulation, NAFEMS has gained respect as being the independent voice of the CAE community, representing over 1000 member organisations worldwide including prominent software vendors, global manufacturing industry and leading academic institutions. The NAFEMS World Congress brings these organisations together with the wider simulation community for an unmissable event in the simulation calendar.

NWC13

In today's ever-changing climate, companies from a wide range of industries are increasing their focus in new solutions, technologies and process with the aim of reducing costs whilst producing innovative and efficient products. The Congress will showcase the most innovative and ground-breaking simulation in a truly impartial forum. Bringing the simulation community together to share their interests and experience, the

Congress provides a neutral platform like no other. Within this forum, attendees have the opportunity to share and learn from the experiences of likeminded individuals who are utilising simulation technologies across a wide range of industries.

As the only event that truly showcases the most innovative use of simulation, the NAFEMS World Congress 2013 is undoubtedly an event not to be missed. Open to everyone, the Congress offers an unparalleled opportunity for attendees to ensure they are making best use of simulation technologies.

The International SPDM Conference

Over the past three years, NAFEMS has held a series of dedicated conferences on the topic of simulation data and process management in both Europe and North America. The popularity of these has been such that the 1st International SPDM Conference has been launched, and will run alongside the NAFEMS World Congress in 2013. Bringing together industrial users, technology experts, academics and software vendors alike, this ground-breaking event will allow all those with an interest to take part in the first truly independent, international forum dedicated to SPDM.

Two Conferences – One Package

All registered attendees will have access to both events. The tracks for the SPDM conference will be scheduled in such a way that delegates can also take part in the NWC keynote sessions without missing out, and similarly, NWC delegates can take part in the SPDM agenda as and when they please.



A WORLD OF ENGINEERING SIMULATION

Call for Papers

Attendees from around the globe will take part in the 2013 Congress and SPDM Conference, from every industry involved in engineering simulation and analysis - making it the best platform to showcase how simulation is used in your organisation. NAFEMS invites you and your company to get involved in these events by submitting a paper for presentation in Salzburg.

Make sure you are a part of the event by submitting your abstract today at **www.nafems.org/congress**

Venue

Salzburg Congress
Auerspergstraße 6 5020 Salzburg, Austria

Salzburg Congress has established itself as a popular and internationally recognised venue for seminars, congresses, trade fairs and events of every kind. Two pillars of this success have most definitely been the versatility of the infrastructure and the modern architecture of the building. The five floors of the 'Convention Centre' have earned this facility its 'pole position' in the Mirabell Park at the heart of the city of Salzburg.

Located in the centre of the city, Salzburg Congress is easily accessible, and there is an abundance of suitable accommodation closely situated nearby.



Sponsorship & Exhibition

The co-location of both shows will provide an extensive exhibition area, including a specific area within this dedicated to SPDM. Sponsorship and exhibition packages cover both events, with a further specific sponsorship package for those companies who wish to sponsor only the SPDM conference.

There are numerous outstanding opportunities to sponsor and exhibit at the event, giving your company maximum exposure to a highly targeted audience of delegates who are all involved in simulation, analysis and design.

Visit **www.nafems.org/congress/sponsor** for full details, or contact Roger Oswald at **nwc13@nafems.org**

Congress Themes

The Congress will cover a wide range of topics, addressing every aspect of engineering simulation in a full 3-day program. NAFEMS invites papers from any area in simulation including, but not limited to, the following areas:

Structural Analysis Linear and Nonlinear Analysis Materials Characterisation Joints, Connections & Welding Contact Durability, Fatigue & Fracture Optimization Thermal Structural Analysis Metal Forming Molding Simulation	Simulation Data Management SDM Requirements SDM Strategies Scope of SDM Experience of SDM Systems Simulation Process Management Data Standards	Analysis Management Quality Assurance Measures of Agreement Automation of Analysis Virtual Testing in a Regulatory Environment
Computational Fluid Dynamics Turbulence Conjugate Heat Transfer Multiphase and Phase Change CFD Post-Processing Atmospheric Modelling Acoustics Mesh Solutions & Mesh Adaption Water Treatment High Performance Computing Optimization Fire Modelling	CAD CAE Integration CAE Interoperability Simulation Driven Design Meshing Integration of Analysis into the Design Process The Semantic Web CAD Representation of Manufacturing Features	Multiphysics Fluid-Structure Interaction Structure-acoustics Vibro-acoustics Multi-physics, Multi-scale, Multi-fidelity Modelling Benchmarking and Validation of Multiphysics
Dynamics & Testing Crash Simulation Durability Seismic Linear Dynamics Non-linear Dynamics Multi-body Simulation Combining Physical & Virtual Testing Impact	Composites Layup Optimisation Draping Composite Manufacture and Assembly Simulating As-Built and In-Service Conditions Multi-scale, Multi-fidelity Modelling Damage and Failure Criteria	Emerging Issues Current Industrial Applications Future Industrial Needs Business Benefits of CAE Solver Technology Virtual Reality Visualization High Performance Computing Nanotechnology OpenSource Codes
Analysis Management Quality Assurance Measures of Agreement Automation of Analysis Virtual Testing in a Regulatory Environment	Life Sciences Biomedical Biomechanics	Stochastics Sensitivity Analysis Taguchi Methods Variational Studies Robust Design Optimization
Business Issues The Business Case for Simulation The World Market for Simulation	Geotechnical and Foundation Engineering Constitutive Models for Civil Engineering Input Parameters for Geotechnical Models Using FEA with Eurocode 7 Soil-Structure Interaction	Education & Training Meshing Element Selection Methods Development Modelling Techniques Simulation Skills Management Qualifying the Analysts Results Interpretation Using FEA and CFD for Code Compliance
	Confidence in Results Verification & Validation Benchmarks & Test Cases Lessons Learnt from Round Robins High Confidence FEA and CFD	

All industry sectors are invited to submit papers.

Full details of the topics being considered, and further information about the World Congress and how to submit your paper can be found at www.nafems.org/congress.

SPDM Conference Themes

The 1st International Conference on Simulation and Process Data Management will address the breakthrough technology of SDM, and will help participants better understand the benefits gained from implementing a Simulation Data Management system and how to save time, reduce development costs, and improve time-to-market.



Expected presentations

- Examples and best practices in industry
- Requirements and use cases
- Solutions from software vendors
- Strategies, developments, trends and future of SDM



SUBMIT YOUR ABSTRACT FOR EITHER, OR BOTH EVENTS AT
WWW.NAFEMS.ORG/CONGRESS

spdm

INTERNATIONAL CONFERENCE
Simulation Process & Data Management

**The 1st International Conference
on Simulation Process and Data Management**

Salzburg, Austria June 2013

Running alongside the NAFEMS World Congress 2013, the NAFEMS International SPDM Conference will bring together industrial users, technology experts, academics and software vendors alike to explore best practice, industry requirements, software solutions and the future of Simulation Process and Data Management.

The first truly independent forum dedicated to Simulation Process and Data Management, this ground-breaking conference will address the breakthrough of SPDM and the benefits of employing a SPDM system.

Call for Papers Now Open – Submit your abstract today!

www.nafems.org/spdm



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.

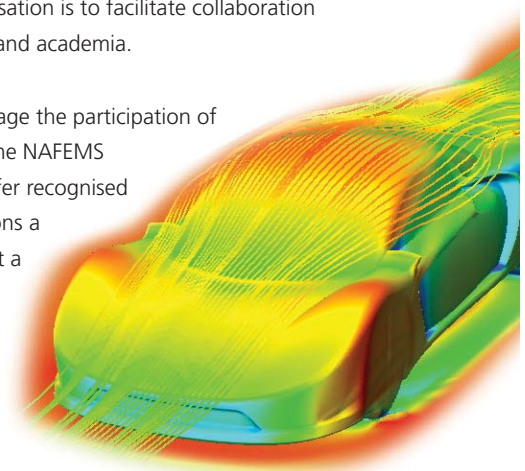
Academic membership

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/one



NAFEMS Literaturangebot

Connections Collection

Beim Kauf der „Connections Collection“ (drei Publikation) sparen Sie über 20% gegenüber den Einzelpreisen.



Procedural Benchmarks for Common Fabrication Details in Plate/Shell Structures

J. Wood
First Published - March 2005
Softback Report - 66 Pages

State of the Art Review - Weld Simulation Using Finite Element Methods

A. A. Becker
First Published - March 2005
Softback, 20 Pages

FEM Idealisation of Joints

Compiled by: Peter Hopkins
First Published - January 2012
Softback, 157 pages

Preis:
245 Euro zzgl. ges. MwSt. und Versand

Preis für NAFEMS Mitglieder:
113 Euro zzgl. ges. MwSt. und Versand

Angebot gültig im 31. Juli 2012 solange Vorrat verfügbar

Bestellungen unter
www.nafems.org/publications/

Bestellnummer: B05

NAFEMS Publikationen auch über NAFEMS GmbH bestellen

NAFEMS bietet für die Literaturbestellung die bequeme Möglichkeit über den Internet-Shop. Leider führt dies in manchen Unternehmen zu Schwierigkeiten, da eine Bestellung im Ausland umfangreichere Freigabeprozesse erfordert.

Sollten Sie Probleme damit haben oder sollte es schlichtweg einfacher für Sie sein, können Sie gerne Ihre NAFEMS Literaturbestellung über die NAFEMS GmbH in Deutschland abwickeln. Senden Sie uns einfach Ihre Bestellung mit Nennung entsprechenden Literaturnummern zu. Nach Erhalt der Bestellung senden wir Ihnen eine Rechnung zu. Nach Zahlungseingang wird die Literatur umgehend aus dem Zentrallager in UK an Sie versendet.

Wir hoffen, Ihnen damit den Bestellvorgang zu erleichtern.

Buchbesprechung

Predictive Lifecycle Assessment

Dr.-Ing. H. Sippel, Dr.-Ing. M. Küssner

Im neu erschienenen Buch „Predictive Lifecycle Assessment“ (ISBN 978-3-00-038577-3) weisen die Autoren Dr.-Ing. H. Sippel und Dr.-Ing. M. Küssner auf die Wichtigkeit einer kontextabhängigen Betrachtungsweise bei der Lebenszyklusabschätzung eines Produktes hin.

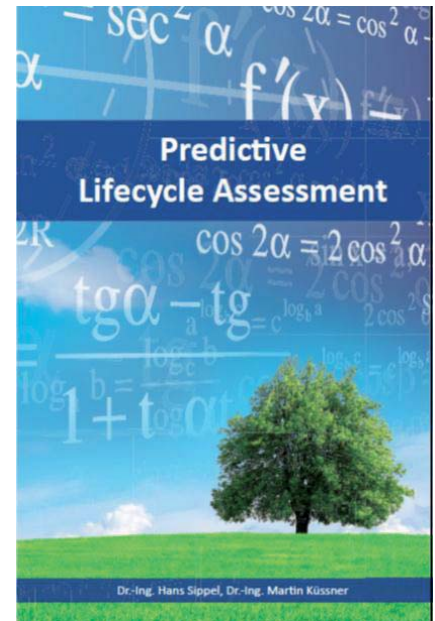
Als „Kontextabhängigkeit“ wird die Tatsache beschrieben, dass Prozessparameter oftmals keine vordefinierten statischen Größen sind sondern aus der jeweiligen Perspektive abgeleitet und beurteilt werden müssen. So sind Simulationsmodelle oder Materialbeschreibungen niemals „richtig“, sondern lediglich in gewissen Situationen - abhängig vom Abstraktionsgrad oder von der Belastung - hilfreich. Die Blickrichtung (Bild 1) ist hierzu ganz entscheidend („from cradle - to - grave“).

Auch Energie- und Emissionsbilanzen sind kontextabhängig. Den Städteplaner freut ein reduzierter CO₂- Ausstoß von Autos, für das Weltklima hingegen ist eine globale Abschätzung notwendig. Die CO₂-Emission eines Verbrennungsmotors kann durch Leichtbau

signifikant verbessert werden, im globalen Kontext des Weltklimas ist die Werkstoffaufbereitung sowie die Produktentsorgung in diese Betrachtungsweise aber mit einzubinden.

Die Simulation hat die Vorhersagefähigkeit bereits inne, und somit wird diesem Thema in verschiedenen Aspekten Raum gegeben. Es umfasst die Methodenentwicklung sowie das Simulationsdaten - und Prozessmanagement. Neue Technologien wie z.B. Potentiale im Bereich Cloud - Computing, welche eine größere Flexibilität und / oder Kostensenkungen erschließen, werden erläutert. Ausgewählte Fallbeispiele aus den Bereichen • Automobiltechnik • Erneuerbare Energien • Konsumgüter (Hygienebereich) vermitteln einen Einblick in die ganzheitliche Betrachtungsweise.

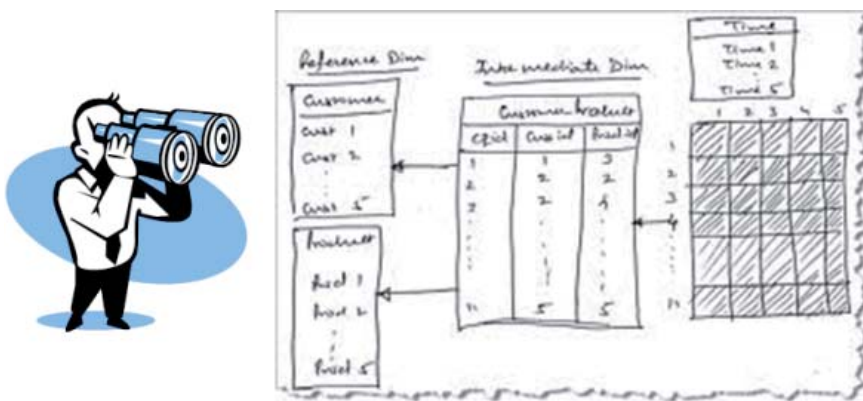
Zur Verdeutlichung dieser Aspekte fließt zudem ein Interview zum Thema Personalentwicklung ein, welches dem Menschen in diesem Prozess eine zentrale Rolle zuweist. In dem immer stärker vernetzten Produktentwicklungsprozess ist die jeweilige kontextabhängige



Predictive Lifecycle Assessment
Dr.-Ing. H. Sippel,
Dr.-Ing. M. Küssner
ISBN 978-3-00-038577-3

Bewertung durch Menschen ein zentraler Teil der Lebenszyklusabschätzung. Nur funktionierende und vielschichtig ausgerichtete Unternehmensorganisationen ermöglichen essentielle Erkenntnisse zur Steuerung und Erhaltung im Produktentwicklungsprozess: Der Mensch steht im Mittelpunkt.

Das Buch kann direkt über die Firma CAEvolution bezogen werden (siehe www.caevolution.de).



Ganzheitliche Betrachtungsweise

Wenn es gelingt, durch eine geeignete Kommunikation dafür zu sorgen, dass Missverständnisse frühzeitig erkannt werden oder gar nicht erst entstehen, ist es möglich, Fehler oder Änderungsvorschläge so frühzeitig in den Produktentwicklungsprozess einzubringen, dass enorme Kosteneinsparungen möglich werden.

Georg Schöpf (Freier Trainer)
georg.schoepf@sags-einfach.at
Tel. +43-660-5550359

Entweder in Ihrem Hause oder auch extern. Für einen effizienten Seminarablauf sollte die Teilnehmerzahl auf 12 Personen beschränkt werden.

22



www.CAE-Stellenmarkt.de

Das neue Jobportal speziell für CAE-Ingenieure

Das neue Jobportal www.CAE-Stellenmarkt.de ist seit dem 1. Mai 2012 online. Speziell zugeschnitten auf den Bereich CAE (Computer Aided Engineering) richtet das Portal an CAE-Berechnungsingenieure sowie an CAE-Consultants, Projektingenieure usw. aus Industrie, Forschung, Entwicklung und Lehre.

Auf diesem Portal bieten wir Ihnen attraktive Preise sowie ein einfaches Online-Eingabesystem für Ihre Stellenausschreibungen. Die aktuelle Preisliste finden Sie auf Seite 25. Das Portal entstand in Kooperation mit dem NAFEMS Online-Magazin. Durch die enge Kooperation erreichen Stellenanbieter speziell CAE-Ingenieure – vom Einsteiger bis zum Spezialisten.

Um den internationalen Markt zu bedienen, wird in Kürze auch eine englischsprachige Version zur Verfügung stehen. Zudem werden wir die Funktionalität kontinuierlich durch neue Features erweitern.

Und so einfach geht's:

The screenshot shows the homepage of the CAE job portal. At the top, there's a navigation bar with links: 'AKTUELLE STELLENANZEIGEN', 'STELLENANZEIGEN AUFGEBEN', and 'STELLENANZEIGEN SUCHE'. The main content area is divided into several sections:

- Willkommen beim CAE-Stellenmarkt:** A welcome message mentioning the portal's focus on CAE (Computer Aided Engineering) and its cooperation with NAFEMS Online-Magazin.
- Neue Stellenanzeigen:** A list of job categories including:
 - Berechnungs- / Simulationsingenieur (m/w) FEM
 - Berechnungs- / Simulationsingenieur (m/w) CFD
 - Ingenieur/-in Technische Berechnung Elektromaschinen
 - Berechnungsingenieur/in NVH/Akustik
 - Ingenieur/-in Technische Berechnung Strukturmekanik
- Stellenanzeigen suchen:** A search section with a text input field for 'Ihr Suchbegriff:' and a 'los' button. Below it, a link says '>>> Hier kommen Sie zur Detail-Suche ...'.
- Stellenausschreibung aufgeben:** A section for posting jobs, with a link '>>> Hier können Sie Ihre Stellenausschreibung aufgeben ...'.
- Stöbern nach Haupt-Kategorien / Stöbern nach Sub-Kategorien:** Two buttons at the bottom for browsing categories.
- JOBANBIETER:** A sidebar section for employers, including:
 - A link to 'Schalten Sie hier Ihre Stellenausschreibung und erreichen Sie CAE-Ingenieure vom Einsteiger bis zum Profi'.
 - A link to 'Buchen Sie einfach über die online-Eingabemaske Ihre textbasierte Ausschreibung mit Firmenlogo (Standard) oder laden Sie dort ein von Ihnen gestaltetes pdf der Ausschreibung hoch (Individuell)'.
 - Text about cooperation with NAFEMS Online-Magazin.
 - A link to 'Agenturen' with a note about a 15% AE-Vergütung.
 - A logo for 'IN KOOPERATION MIT NAFEMS Online-Magazin'.

Willkommens-Bildschirm:

Hier finden Sie einen Überblick über die Möglichkeiten und Angebote.

www.CAE-Stellenmarkt.de
Das neue Jobportal speziell für CAE-Ingenieure

AKTUELLE STELLENANZEIGEN STELLENANZEIGEN AUFGEBEN STELLENANZEIGEN SUCHEN

Stellenanzeige aufgeben

Kontaktdaten

Bitte geben Sie hier Ihre Kontaktdaten, an die sich die Bewerber wenden können. Die Daten werden nicht veröffentlicht. Ebenfalls senden wir an diese Daten die Rechnung.

Vorname*

Nachname*

Firmenname*

E-Mail-Adresse*

Telefon*

Stellenanzeige

Bitte geben Sie hier die Einzelheiten Ihrer Anzeige an. Geben Sie Ihren Anzeigentext selbst ein (Standardanzeige), oder laden Sie das von Ihnen gestaltete PDF hoch (Individuelle-Anzeige).

Laufzeit der Anzeige* ☐ 30 Tage – Standard-Anzeige (220 Euro)
☐ 90 Tage – Standard-Anzeige (300 Euro)
☐ 30 Tage – Individuelle-Anzeige (310 Euro)
☐ 90 Tage – Individuelle-Anzeige (480 Euro)

Stellenanzeige aufgeben:

Hier können Sie selbst Text und Logo (Standard) oder ein gestaltetes pdf (Individuell) hochladen. Je nach Auswahl leiten Sie Eingabemasken durch das Menü.

www.CAE-Stellenmarkt.de
Das neue Jobportal speziell für CAE-Ingenieure

AKTUELLE STELLENANZEIGEN STELLENANZEIGEN AUFGEBEN STELLENANZEIGEN SUCHEN

Detail-Suche

Hier können Sie detailliert nach Ihrem Job suchen

Suchbegriff:

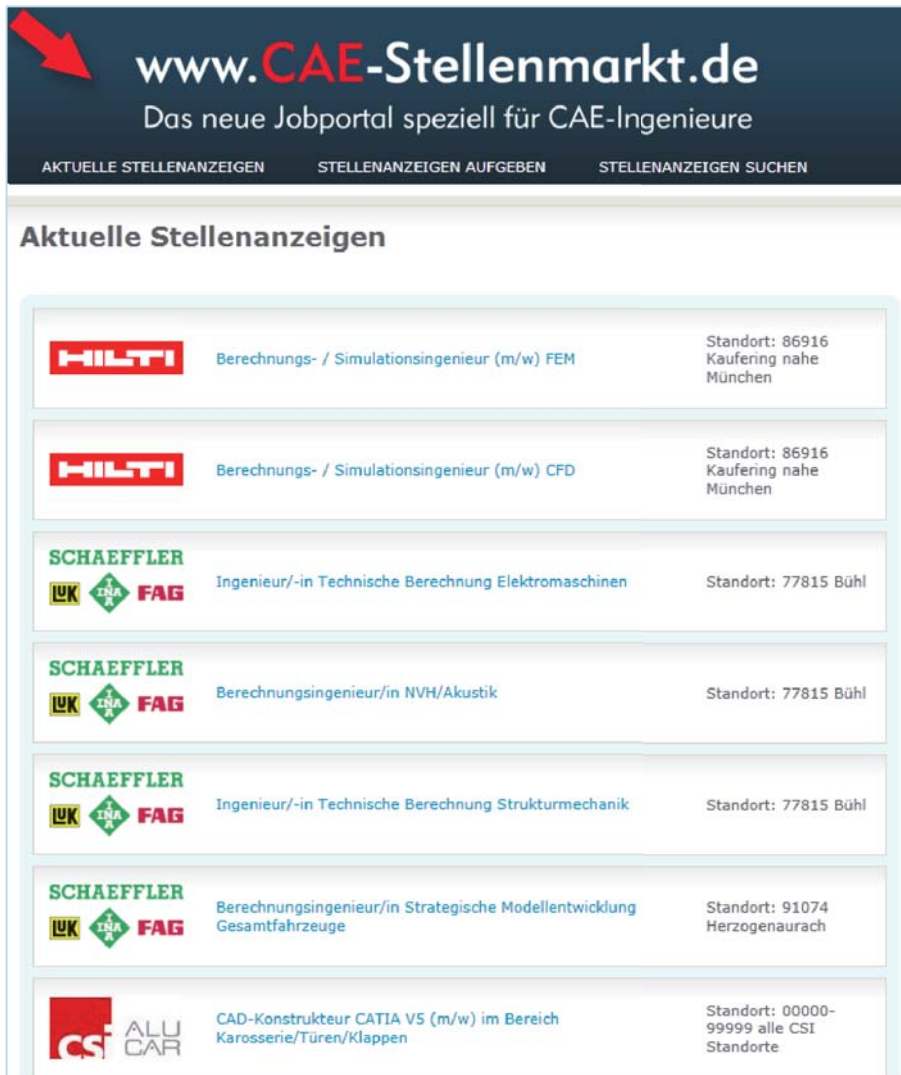
Postleitzahl: Umkreis:

Belegte Hauptkategorie:

- ☐ Antriebs- und Elektrotechnik
- ☐ Automatisierungstechnik
- ☐ Automotive
- ☐ Bauwesen
- ☐ Chemie/ Kunststoffe
- ☐ Elektronik/ Elektrotechnik
- ☐ Erneuerbare Energie/ Umwelttechnik / Versorgungstechnik
- ☐ Geotechnik
- ☐ Hochschule/Universität
- ☐ Industrie allgemein
- ☐ Ingenieurbüro / Dienstleister
- ☐ IT / EDV/ Telekommunikation
- ☐ Konsumgüter
- ☐ Luft- und Raumfahrt
- ☐ Maschinenbau / Anlagenbau
- ☐ Mechatronik
- ☐ Messtechnik /Regeltechnik
- ☐ Metallindustrie
- ☐ Mikrosystemtechnik
- ☐ Regelungstechnik
- ☐ Softwareunternehmen/Handel
- ☐ Steuerungstechnik
- ☐ Transport
- ☐ Verfahrenstechnik
- ☐ Wissenschaft / Forschung

Stellenangebote suchen:

Verschiedene Suchkriterien und -optionen erleichtern die Suche.



www.CAE-Stellenmarkt.de
Das neue Jobportal speziell für CAE-Ingenieure

AKTUELLE STELLENANZEIGEN STELLENANZEIGEN AUFGEBEN STELLENANZEIGEN SUCHEN

Aktuelle Stellenanzeigen

HILTI	Berechnungs- / Simulationsingenieur (m/w) FEM	Standort: 86916 Kaufering nahe München
HILTI	Berechnungs- / Simulationsingenieur (m/w) CFD	Standort: 86916 Kaufering nahe München
SCHAEFFLER LUK INA FAG	Ingenieur/-in Technische Berechnung Elektromaschinen	Standort: 77815 Bühl
SCHAEFFLER LUK INA FAG	Berechnungsingenieur/in NVH/Akustik	Standort: 77815 Bühl
SCHAEFFLER LUK INA FAG	Ingenieur/-in Technische Berechnung Strukturmechanik	Standort: 77815 Bühl
SCHAEFFLER LUK INA FAG	Berechnungsingenieur/in Strategische Modellentwicklung Gesamtfahrzeuge	Standort: 91074 Herzogenaurach
CSI ALU CAR	CAD-Konstrukteur CATIA V5 (m/w) im Bereich Karosserie/Türen/Klappen	Standort: 00000- 99999 alle CSI Standorte

Aktuelle Stellenanzeigen:

Hier werden alle aktuellen Stellenanzeigen als Vorschau mit Logo, Titel und Standort gelistet.

Preise und Konditionen**Stellenanzeige**

Online-Eingabe, je
Individuell (pdf), je
Refresh je 50 Euro

Euro /
30 Tage Euro /
90 Tage

220 300
310 480

Praktikanten

Online-Eingabe, je
Individuell (pdf), je

30 –
50 –

Mengenstaffel

Bei gleichzeitiger Buchung:

Online-Eingabe: 3 - 4 Anzeigen, je
5 und mehr Anzeigen, je
Individuell (pdf): 3 - 4 Anzeigen, je
5 und mehr Anzeigen, je

200 275
175 240
280 435
250 385

Bannerwerbung (30/90 Tage)

Banner Leaderboard:

Top: 300/800, Bottom: 250/670

Banner Box:

Top: 220/590, Bottom: 200/540

Kombianzeige mit NAFEMS**Online-Magazin**

Bei gleichzeitiger Buchung einer Stellenanzeige im NAFEMS Online-Magazin erhalten Sie 25% Ermäßigung auf die Magazin-Stellenanzeige.

Agenturrabatte

15% AE-Vergütung für individuelle (pdf) Anzeigen.

Preise pro Buchung pro Unternehmen, zzgl. ges. MwSt. Pro Stellenanzeige kann nur eine Stelle ausgeschrieben werden. Preisliste vom 31. Mai 2012. Angebote freibleibend. Es gelten unsere allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB).

Aktuelle Stellenanzeigen auf www.CAE-Stellenmarkt.de:



Berechnungs- / Simulationsingenieur (m/w) FEM

Standort: 86916
Kaufering nahe
München



Berechnungs- / Simulationsingenieur (m/w) CFD

Standort: 86916
Kaufering nahe
München

SCHAEFFLER



Ingenieur/-in Technische Berechnung Elektromaschinen

Standort: 77815 Bühl

SCHAEFFLER



Berechnungsingenieur/in NVH/Akustik

Standort: 77815 Bühl

SCHAEFFLER



Ingenieur/-in Technische Berechnung Strukturmechanik

Standort: 77815 Bühl

SCHAEFFLER



Berechnungsingenieur/in Strategische Modellentwicklung
Gesamtfahrzeuge

Standort: 91074
Herzogenaurach



CAD-Konstrukteur CATIA V5 (m/w) im Bereich
Karosserie/Türen/Klappen

Standort: 00000-
99999 alle CSI
Standorte



Berechnungsingenieur/Simulation (m/w)

Standort: 74172 und
85080 Ingolstadt und
Neckarsulm



CAD-Konstrukteur (m/w)

Standort: 00000-
99999 alle CSI
Standorte



Praktikant, Bachelorand oder Berufseinsteiger (m/w)

Standort: 00000-
99999 alle CSI
Standorte



Berechnungsingenieur für Insassenschutzsysteme m:w

Standort: 63743
Aschaffenburg



Berechnungsingenieur Bauteilentwicklung m/w (NVH / Akustik)

Standort: 89081 Ulm



Berechnungsingenieur (m/w) Pumpenentwicklung

Standort: 51429
Bergisch
Gladbach/Dortmund



Ingenieur (m/w) Simulation / Berechnung für verschiedene Bereiche

Standort: 85080
Gaimersheim bei
Ingolstadt



Ingenieur (m/w) Berechnung Crash,
Insassenschutz/Fußgängerschutz

Standort: 85080
Gaimersheim bei
Ingolstadt



Ingenieur / Projektleiter (m/w) Technische Berechnung

Standort: 85080
Gaimersheim bei
Ingolstadt



CAE Spezialist Fußgängerschutz (m/w)

Standort: 85080
Ingolstadt
(Gaimersheim) und
Stuttgart



Gruppenleiter NVH und Festigkeit (m/w)

Standort: 70563
Stuttgart



Teamleiter Strukturmechanik Aerospace (m/w)

Standort: 80939
München, Augsburg



Berechnungsingenieur (m/w)

Standort: 76131
Karlsruhe



CAE-/CFD Vertriebsingenieure / Sales Representatives (w/)

Standort: 64295
Darmstadt und
Otterfing


Berechnungsingenieur Fahrwerk / Fahrdynamik (m/w)

Standort: 50769 Köln



Berechnungsingenieur „Fatigue & Damage Tolerance“ (m/w)

Standort: 80939
München und Bremen


Berechnungsingenieur MKS Antriebsstrang (m/w)

Standort: 80939
München


Berechnungsingenieure für NVH und Festigkeit (m/w)

Standort: 85080
Ingolstadt
(Gaimersheim)


Ingenieure (m/w) für Finite-Elemente-Berechnungen

Standort: 85049
Ingolstadt,
Neckarsulm


FEM-Berechnungsingenieure/-innen Strukturmechanik

Standort: 99423
Weimar


Technischen Consultant CAE (m/w)

Standort: 85049
Ingolstadt


Software-Entwickler, Informatiker (Hochschule) (m/w)

Standort: 01069
Dresden


ABAQUS Technical Specialist (m/w)

Standort: 1120 Wien



Extreme
Belastbarkeit



Technische Berechnung & Simulation

P+Z Engineering GmbH ist ein führender Anbieter für Entwicklungsdienstleistungen. Seit über 40 Jahren begleiten und unterstützen wir unsere Kunden in unseren Kompetenzbereichen Konstruktion, Technische Berechnung & Simulation, Erprobung & Versuch, Elektrik & Elektronik sowie Projekt- & Qualitätsmanagement.

P+Z Engineering ist mit zweihundert Ingenieuren im Kompetenzbereich **Technische Berechnung & Simulation** einer der größten Anbieter von CAE-Dienstleistungen in der virtuellen Produktentwicklung und bietet seinen Mitarbeitern seit drei Jahrzehnten erstklassige Entwicklungsmöglichkeiten auf diesem Gebiet.

Um unsere Aktivitäten an unseren Standorten in München, Ingolstadt, Stuttgart, Köln, Bremen, Wolfsburg und Augsburg weiter auszubauen und unsere technologische Entwicklung weiter voran zu treiben, suchen wir:

- **Berechnungsingenieure – Experte Crash Berechnung (m/w)**
- **Entwicklungsingenieure Simulation Strukturmechanik (m/w)**
- **Berechnungsingenieure Fahrwerk / Fahrdynamik (m/w)**
- **Berechnungsingenieure Mehrkörpersimulation (m/w)**
- **Berechnungsingenieure CFD / Thermische Analysen / Klimatisierung (m/w)**
- **Berechnungsingenieure „Fatigue & Damage Tolerance“ (m/w)**
- **Berechnungsingenieure NVH (m/w)**
- **Team-/ Gruppenleiter NVH und Festigkeit (m/w)**

Haben wir Ihr Interesse geweckt? Dann senden Sie uns bitte Ihre Unterlagen mit Angabe Ihres bevorzugten Standortes, Ihres Themenschwerpunktes und folgender Referenznummer M-400-400 via E-Mail an karriere@puz.de.

Weitere Stellenangebote finden Sie unter: www.puz.de/karriereportal/

Weitere Informationen zur Stelle, unserem Unternehmen und Ihren Entwicklungsmöglichkeiten erhalten Sie bei unserem HR-Team (Tel.: +49 (0)89 / 3 18 57-501) oder unter www.puz.de



P+Z Engineering GmbH · Anton-Ditt-Bogen 3 · 80939 München
Tel.: + 49(0)89/318 57- 501 · Fax: + 49(0)89/318 57- 355 · karriere@puz.de · www.puz.de
We are a key member of the ARRK global network.



Die DYNAmore GmbH ist als internationales Unternehmen Entwicklungspartner führender Automobilfirmen im Bereich Softwareentwicklung und Simulation. DYNAmore steht seit vielen Jahren für Innovation, Kreativität sowie für zuverlässiges und serviceorientiertes Arbeiten. Unsere Schwerpunkte sind: Ingenieur- und IT-Dienstleistung, Methodenentwicklung, Finite-Elemente Softwareentwicklung, Schulungen sowie Softwarelösungen für CAE Prozess- und Datenmanagement.

Zum nächst möglichen Termin suchen wir:

CAE Ingenieure / Informatiker (m/w)

Technischer Consultant CAE – Ingolstadt

Ihre Aufgaben:

Beratung, Konzeption und Planung für neue Softwarelösungen im Bereich Prozess- und Datenmanagement für Finite-Elemente Simulationen. Anforderungsanalyse bei Automobilkunden und Koordination der Umsetzung mit Softwareentwicklern. Planung und Durchführung von Optimierungsprojekten im Kundenauftrag. Eigenständige Koordination und Begleitung von Kundenanfragen sowie Konfiguration, Betrieb und Support für DYNAmore IT-Lösungen.

Ihr Profil:

Abgeschlossenes Studium mit oder ohne Promotion als Ingenieur oder Informatiker. Erfahrung im Umgang mit Finite-Elemente-Programmen, vorzugsweise LS-DYNA, Nastran, PAM-Crash oder Abaqus, sind wünschenswert. Verantwortungsbereitschaft, selbstständiges Arbeiten und kommunikative Fähigkeiten. Berufserfahrung ist wünschenswert aber nicht Voraussetzung.

Softwareentwickler/Informatiker – Dresden

Ihre Aufgaben:

Entwurf und Realisierung von Softwarelösungen für Großkunden aus der Automobilbranche im Bereich Prozess- und Datenmanagement im Umfeld der virtuellen Fahrzeugentwicklung.

Ihr Profil:

Abgeschlossenes Informatik-Hochschulstudium. Erfahrung in objektorientierter Softwareentwicklung (z. B. Python, Java, C, C++, C#) in Linux/Windows Systemumgebungen. Kommunikationsfähigkeit, Zielorientierung und hohes Engagement. Berufserfahrung ist wünschenswert aber nicht Voraussetzung.

Finite-Elemente Berechnungsingenieur – Ingolstadt und Neckarsulm

Ihre Aufgaben:

Mitarbeit in anspruchsvollen Methoden- und Entwicklungsprojekten der Automobilindustrie.

Ihr Profil:

Abgeschlossenes Studium als Bau-, Maschinenbau-, Luft-/Raumfahrtingenieur oder Mathematiker und Beschäftigung mit der Finite-Elemente-Methode im Studium. Erfahrung im Umgang mit kommerziellen Finite-Elemente-Programmen und deren Pre- und Postprozessorumfeld. Verantwortungsbereitschaft, eigenständiges Arbeiten und Flexibilität.

Haben wir Ihr Interesse geweckt?

Bitte senden Sie Ihre Bewerbungsunterlagen elektronisch oder per Post an:
DYNAmore GmbH, Personalabteilung, Industriestr. 2, D-70565 Stuttgart,
E-Mail: bewerbung@dynamore.de

Haben Sie Fragen?

Für Auskünfte steht Ihnen Herr Dr. Müllerschön unter der Tel. +49 (0)711-459600-20 gerne zur Verfügung. Informationen zu DYNAmore finden Sie unter www.dynamore.de.

ALTAIR ENGINEERING

Neue Features in Altairs Radioss

Altair Engineering, Inc., gab die Veröffentlichung des automated multilevel substructuring eigenvalue solver (Amses) bekannt, ein Eigenwert Solver mit automatischer Substrukturierungstechnologie, der die erforderliche Zeit für Eigenwertanalysen zum Beispiel bei Noise, Vibration und Harshness (NVH) Berechnungen deutlich senkt. Amses wurde als Update von Altairs HyperWorks 11.0 CAE Suite veröffentlicht und ist Teil des Finite Elemente Solvers Radioss. Diese Innovation ist besonders für die Automobil- und die Luft- und Raumfahrtindustrie wichtig, in denen die Ingenieure die Möglichkeit haben müssen, größere Modelle zu optimieren und Vollfahrzeugsimulationen durchzuführen. Darüber hinaus wird Amses unter der allgemeinen Altair HyperWorks Lizenz angeboten, so dass für die Nutzung des Werkzeuges keine weiteren Kosten oder ein zusätzlicher HyperWorks Unit Bedarf entsteht. Amses, der sowohl für Windows als auch für Linux Betriebssysteme verfügbar ist, berechnet Eigenwerte von vollständig verbundenen und nicht verbundenen Strukturen bei NVH Simulationen und hilft, die Analysezeit sehr stark zu reduzieren. So hat beispielsweise, Van-Rob Kirchhoff Automotive, ein Tier1 Zulieferer der Automobilindustrie mit Sitz in Aurora, Ontario, mit Altair zusammen gearbeitet, um Amses beim Design von strukturellen Baugruppen von Instrumententafeln einzusetzen. So konnte die Laufzeit der Eigenwertberechnung von vormals 3,75 Stunden auf nunmehr lediglich eine halbe Stunde reduziert werden. Die Berechnung wurde auf einem 8-Core PC durchgeführt.

Acer vertreibt Altairs Lastverteilungssystem PBS Professional

Acer und Altair Engineering, Inc. kündigten eine Kooperation bei Altairs marktführendem Lastverteilungssystem PBS Professional an. Die Acer Gruppe wird PBS Professional als autorisierter Reseller weltweit vertreiben. Als einer der führenden Anbieter für weltweites

Businesscomputing bietet Acer PBS Professional nun als Standardoption auf seinen HPC Systemen an. Diese integrierte Lösung steigert die Betriebseffizienz und ermöglicht signifikante Kosteneinsparungen für die Nutzer.

LeanNova und Altair ProductDesign: Strategische Partnerschaft

Altair gab bekannt, dass sich die neugegründete LeanNova, ein Ingenieurdienstleister in der Automobilindustrie, für Altair ProductDesign als strategischen Partner zur Durchführung verschiedener Projekte in der Automobilindustrie entschieden hat, um Altairs Kompetenzen in den Bereichen Optimierung, Leichtbau, Simulation und Fahrzeugentwicklung zu nutzen. LeanNova Engineering AB wurde von einem Management Team gegründet, das aus ehemaligen Saab Automotive AB Mitarbeitern besteht. Das Unternehmen bietet große Erfahrung im Bereich Automobilsysteme verbunden mit einem tiefgehenden Wissen darüber, wie die verschiedenen technischen, rechtlichen und kundenrelevanten Aspekte der Automobilindustrie in optimierten Endprodukten umgesetzt werden können. LeanNova Engineering gehört zu Fouriertransform, einem staatlich geführten und finanzierten Risikokapitalunternehmen, das LeanNova zu einem etablierten und anerkannten Ingenieurdienstleistungsunternehmen für die Automobilindustrie weiter entwickeln wird. LeanNova kann umfassende OEM Erfahrung in der Entwicklung und Integration kompletter Fahrzeugsysteme aufweisen, und verwendet dabei einen stark mathematischen und auf Simulation ausgerichteten Prozess. Der Ingenieurdienstleister bietet zudem Prototypenbau und physikalische Tests und verfügt über weitreichende Erfahrungen im anspruchsvollen globalen Automobilmarkt.

HWP: Anaglyph Composite- und Laminat-Analysesoftware

Altair gab bekannt, dass die Softwarewerkzeuge LAP und CoDA des Unternehmens Anaglyph dem Angebot der über die HyperWorks Partner Alliance (HWP) verfügbaren

Applikationen hinzugefügt wurden. LAP und CoDA werden vor allem in der ersten Designphase eines neuen Produktes genutzt, um damit Strukturbauteile aus Verbundmaterialien zu analysieren und zu optimieren. Altair HyperWorks Kunden können auf LAP und CoDA über die HWP zugreifen. Die HWP ist eine Suite von Anwendungen von HyperWorks Partnern, auf die über die gleichen Units zugegriffen werden kann, über die auch HyperWorks Produkte genutzt werden.

HyperWorks Computer-Aided Engineering Suite für Mac OS X

Altair Engineering veröffentlichte am 16. Mai die erste Version seiner bekannten HyperWorks Computer-Aided Engineering Suite für Mac OS X Plattformen. Die Mac Version bietet die gleichen hochwertigen CAE Eigenschaften und die gleiche intuitive Anwenderoberfläche wie die originalen Windows und Linux Versionen von HyperWorks und ermöglicht es dem Mac Anwender darüber hinaus, das moderne Speichermanagementsystem, die robuste Plattform und das schnelle Unix-basierende Betriebssystem des Macs zu nutzen. Obwohl Windows-basierende Systeme einige Werkzeuge zur Verfügung stellen, die eine Unix-artige Umgebung nachahmen, bestehen doch oft Einschränkungen in den Nutzungsmöglichkeiten, insbesondere bei der Verwendung großer Dateien. HyperWorks für Mac bietet den Anwendern nun eine größere Flexibilität. Sie können sich für ihre CAE Analysen die Plattform ihrer Wahl aussuchen, ob Windows, Linux oder Mac OS X. Des Weiteren öffnet die HyperWorks Mac Version die CAE Welt nun auch für Industriebereiche und Berufszweige, die traditionell mit Mac Systemen arbeiten.

HWP: Converse zur Analyse glasfaserverstärkter Bauteile

Altair gab bekannt, dass die Software Converse der Part Engineering GmbH der HyperWorks Partner Alliance (HWP) hinzugefügt wurde. Damit steht den HyperWorks Nutzern nun auch ein spezialisiertes Werkzeug für die Prozess-Struktur-

Kopplung von spritzgegossenen Kunststoffbauteilen zur Verfügung. Bestehende HyperWorks Partner Alliance Kunden können auch auf dieses Angebot ohne zusätzliche Kosten zugreifen. Converse stellt Ingenieuren ein einfach handhabbares Werkzeug zur Verfügung, das die Lücke zwischen Spritzguss- und mechanischer Simulation schließt, indem die Ergebnisse einer anderen Spritzguss-Simulationssoftware importiert, weiterbearbeitet und dann wieder in eine weitere mechanische FEM Software exportiert werden. Diese Vorgehensweise verbessert die Qualität der anschließenden Simulationsergebnisse.

HWPA: ESAComp Composite Modellierungswerkzeug

Altair gab bekannt, dass nun auch ESAComp, das Composite Modellierungswerkzeug des finnischen Unternehmens Componeering Inc., über die HyperWorks Partner Alliance (HWPA) verfügbar ist. Die Software ESAComp von Componeering Inc. ist ein Modellierungswerkzeug für Verbundwerkstoffe und unterstützt Ingenieure bei der Auslegung und der Strukturanalyse von Verbundwerkstoffen. Altair HyperWorks Kunden können auf ESAComp über die HWPA, eine Suite von Drittanbieterprodukten der HyperWorks Partner, zugreifen.

HWPA: Wärmetechnologie mit C&R Technologies

Altair gab bekannt, dass nun auch die C&R Technologies Softwareprodukte Sinaps und Sinda/Fluint für wärmetechnische Berechnungen und Strömungsdesign über die HyperWorks Partner Alliance (HWPA), die bereits jetzt eine große Auswahl an Produkten umfasst, erhältlich sind. Die Kombination aus Sinaps und Sinda/Fluint ist ein umfassendes Finite-Differenzen, Lumped Parameter-Werkzeug für wärmetechnische Berechnungen und Strömungsanalysen in komplexen Systemen. Weltweit wird es von über 500 Firmen genutzt, darunter Unternehmen aus der Luft- und Raumfahrt, Elektroindustrie, dem Bereich Biomedizin, der petrochemischen Industrie und der Automobilindustrie.

Sinaps ermöglicht die Abstraktion und Vereinfachung komplexer Modelle für die Strömungsanalyse. Altair HyperWorks Kunden können auf Sinaps und Sinda/Fluint über die HWPA, eine Suite von Drittanbieterprodukten der HyperWorks Partner, zugreifen.

HWPA: Fahrdynamiksoftware CarSim, TruckSim und BikeSim

Altair gab bekannt, dass nun auch die Simulationswerkzeuge für Fahrdynamik der Mechanical Simulation Corporation über die umfassende HyperWorks Partner Alliance (HWPA) verfügbar sind. Mit den Produkten der Mechanical Simulation Corporation CarSim, TruckSim und BikeSim kann das Verhalten von Automobilen, LKWs, Motorrädern und anderen Fahrzeugen hinsichtlich Fahrdynamik, Handling, Steuerungsentwicklung und Prüftechnikensimulationen simuliert werden. Altair HyperWorks Kunden können auf VehicleSim über die HWPA, eine Suite von Drittanbieterprodukten der HyperWorks Partner, zugreifen.

www.altair.de

ANSYS

Praktische und effiziente Batterien für Elektroautos

Ein Jahr nach Beginn des Projekts „Computer Aided Engineering for Electric Drive Vehicle Batteries“ (Caebat) haben Ansys und seine Projektpartner General Motors LLC, das National Renewable Energy Laboratory (NREL) und ESim technischen Simulationsverfahren, mit denen die Leistung von Batterien für Elektro- und Hybridfahrzeuge optimiert werden kann, weiter Schwung gegeben. Das Team erreichte im Rahmen dieses Projekts, das vom amerikanischen Energieministerium (Department of Energy, DOE) gefördert wird, im vergangenen Jahr bereits einige maßgebliche Meilensteine. Das Hauptziel des Caebat-Projektes ist es, bestehende und neue Batteriemodelle in technische Simulationssoftware zu integrieren, um die Entwicklungszyklen zu verkürzen und die

Batterien im Hinblick auf höhere Leistungsfähigkeit, Sicherheit und Lebensdauer zu optimieren. Durch das Projekt soll die Entwicklung innovativer Elektrofahrzeuge (Electric Vehicles, EV) vorangetrieben werden. In diesem Zusammenhang beauftragte GM Ansys mit der Entwicklung von Batterie-Softwaretools, mit denen dieser Vorgang beschleunigt werden soll. Das Projekt ist das Ergebnis einer DOE-Ausschreibung über das NREL im vergangenen Jahr, bei der die Projektpartner als eines von drei Teams ausgewählt wurden (<http://www.nrel.gov/news/press/2011/1472.html>). Die Leistungen des Teams GM/Ansys/ESim während des vergangenen Jahres umfassen das Prototyping und die Validierung von drei elektrochemischen Modellierungsansätzen. Zusätzlich entwickelten die Partner das Modell einer Co-Simulationsfunktion, die Multiphysics- und Systemsimulationstechnologien für Batterien miteinander verknüpft. Hierdurch wird es den Entwicklern ermöglicht, die Simulation durch Weglassen unnötiger Details effizienter zu machen, ohne dass die Genauigkeit des Modells in Frage gestellt wird. „Traditionell wurde beim Prototyping und bei der Herstellung von Batterien für Elektrofahrzeuge überwiegend das kosten- und zeitaufwendige ‚design-build-test-break‘-Verfahren angewandt“, sagte Jan Aase, Leiter des Forschungslabors für Fahrzeugentwicklung bei GM Global R&D. „Nach und nach hat sich dann jedoch die virtuelle Entwicklung technischer Produkte als ein effektives Mittel erwiesen, um zahlreiche Design-Alternativen zu prüfen. Die besondere Team-Konstellation basiert daher auf der nachgewiesenen Fähigkeit der Unternehmen, in ihren jeweiligen Spezialgebieten zuverlässige Technologien zu realisieren, die zu effizienten Produkten führen.“ Das Team wird durch die umfassende Erfahrung des NREL in der Multiphysics-/Multiscale-Modellierung von Lithium-Ionen-Batteriesystemen unterstützt. Die resultierenden Design-Tools werden durch Ansys zu kommerziellen Produkten weiterentwickelt. GM will das Modell validieren und für seine

in Entwicklung befindlichen Elektrofahrzeuge verwenden. „Ansys ist bekannt für seine zuverlässige Simulationstechnologie, die eine nachhaltige Produktentwicklung in zahlreichen Industriebereichen unterstützt, unter anderem in der Automobilindustrie“, sagte Sandeep Sovani, Manager of Global Automotive Strategy, Ansys. „Die aktuellen Forderungen der Kunden nach einer praktischeren Gestaltung der Fahrzeuge führen in Verbindung mit den staatlichen Vorschriften zu einer beispiellosen Innovation in der Automobilindustrie. Wir bei Ansys sind stolz darauf, bei diesem Innovationschub ganz vorne mit dabei zu sein, indem wir Softwaretools entwickeln, welche die Realisierung sicherer, zuverlässiger, leistungsfähiger und langlebiger Lithium-Ionen-Batterien für Elektrofahrzeuge beschleunigen und dazu beitragen werden, die Fahrzeuge noch kraftstoffeffizienter und nachhaltiger zu machen.“ Das NREL erwartet, dass die aus dem Projekt hervorgehenden Systeme in ungefähr zwei Jahren bis zur Marktreife entwickelt werden können. Diese Initiative wird durch das „Vehicle Technologies Program“ des DOE im „Office of Energy Efficiency and Renewable Energy“ gefördert.

Ansys, Inc. unterzeichnet definitive Vereinbarung zur Übernahme von Esterel Technologies

Ansys, Inc. und Esterel Technologies S.A. („Esterel“), Anbieter von Embedded-Softwarelösungen für aufgabenkritische Anwendungen, schlossen eine definite Vereinbarung, gemäß der ANSYS die Firma Esterel Technologies für einen Barkaufpreis von ca. 42 Millionen Euro übernimmt. Die genaue Summe richtet sich nach bestimmten, noch durchzuführenden Arbeitskapital-Anpassungen. Die Vereinbarung sieht auch die Weiterbeschäftigung wichtiger Führungskräfte und Mitarbeiter vor. Esterel hat seinen Sitz in Elancourt (Frankreich), beschäftigt ca. 80 Mitarbeiter und erzielte im Geschäftsjahr 2011 einen Umsatz von ca. 15 Millionen Euro. Die Übernahme wird voraussichtlich im dritten Quartal 2012 abgeschlossen und unterliegt noch den üblichen



Berufsbegleitend zum Master of Engineering

Applied Computational Mechanics

- Sie sind** ▶ Berechnungsingenieur, Konstrukteur oder Bachelorstudent
- Sie wollen** ▶ sich fachlich weiterqualifizieren oder mehr über die Theorie und Anwendung der computergestützten Simulation lernen
- Wir bieten** ▶ Ihnen ein zweijähriges berufsbegleitendes, akkreditiertes Studium. Sie erwerben praxisorientiertes Wissen in allen CAE-Disziplinen und profitieren von einer intensiven Lernatmosphäre in kleinen, internationalen Studiengruppen.
- Wir sind** ▶ zwei profilierte deutsche Hochschulen mit dem Fokus auf angewandte Wissenschaften im Verbund mit einem renommierten Anbieter für CAE-Weiterbildung
- Mehr Infos** ▶ Anja Vogel
Tel. +49 (0) 80 92 / 70 05 - 52
oder www.esocaet.com/studium

HOCHSCHULE
FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFTEN FH
INGOLSTADT



esocaet
european school of
computer aided engineering
technology

Abschlussbedingungen und gesetzlichen Vorgaben. Die Scade-Lösung von Esterel erlaubt Software- und Systementwicklern die Erstellung, Simulation und Produktion von Embedded-Software. Derartige SteuerCodes sind in der Elektronik von Flugzeugen, Schienenfahrzeugen, Kraftfahrzeugen, energietechnischen Systemen, medizinischen Geräten und anderen industriellen Produkten zu finden, die einen Zentralprozessor (CPU) enthalten. Moderne Produkte sind zunehmend komplexe Systeme aus Hardware, Software und Elektronik. So enthalten die heutigen Flugzeuge, Schienenfahrzeuge und Kraftfahrzeuge oft zig Millionen Zeilen von „eingebettetem“ Softwarecode, der beispielsweise für Flugsteuersysteme und Cockpit-Anzeigen, Motorsteuerungen und Fahrerassistenzsysteme benötigt wird. Esterel ist oft der bevorzugte Anbieter, wenn die Embedded-Software eine entscheidende Rolle für die Sicherheit und die Einhaltung von Vorschriften spielt. Esterel gibt Software- und Systementwicklern eine Lösung an die Hand, um das Verhalten des Embedded-Softwarecodes exakt zu modellieren und zu simulieren und damit bereits in einem frühen Stadium des Entwicklungsprozesses wichtige Erkenntnisse zu gewinnen und die Einhaltung der Entwicklungsvorgaben sicherzustellen. Die von Esterel angebotenen Lösungen können auch den Zeit und Kostenaufwand für das Engineering verringern, indem sie automatisch zertifizierten und verlässlichen Embedded-Softwarecode anhand dieser realitätsnahen Modelle erzeugen. Die zertifizierten Codegeneratoren von Esterel erfüllen derzeit bereits mehr als 10 Zertifizierungsstandards, z. B. für Luft- und Raumfahrt, Verteidigungswesen, Schienenverkehr, Automobilbau, Industriesysteme und Atomkraftwerke. Durch die Übernahme von Esterel ergänzt Ansys seine Softwarelösungen und erweitert seine Simulation Driven Product Development-Vision, die damit sowohl Hardware- als auch Softwaresysteme umfasst. Eine kombinierte Lösung kann den Kunden verbesserte Einblicke in das

Verhalten der Embedded-Software im Zusammenspiel mit der Hardware (der „physischen Anlage“), also mit elektrischen, mechanischen und fluidtechnischen Teilsystemen, liefern. Die komplementäre Kombination ist dazu geeignet, die Entwicklung und Realisierung neuer, innovativer Produkte für den Markt zu beschleunigen und gleichzeitig die Entwicklungs- und Engineering-Kosten für die Kunden zu reduzieren und die Produktsicherheit zu erhöhen. Die Kombination dieser beiden branchenführenden Anbieter unterstreicht das Engagement von ANSYS zur Realisierung richtungsweisender, kundenorientierter Lösungen.

Ansys-Simulationssoftware bringt noch mehr Speed für das Speedo Fastskin Racing System

Leistungsschwimmer können in diesem Sommer ihre Leistung weiter optimieren: Möglich macht dies das revolutionäre Fastskin Racing System von Speedo, für dessen Entwicklung technische Simulationssoftware von Ansys verwendet wurde. Als komplettes System kann diese Kombination aus Fastskin-Schwimmanzug, Schwimmkappe und Schwimmbrille den passiven Ganzkörper-Wasserwiderstand um bis zu 16,6 Prozent verringern, die Sauerstoffausnutzung um bis zu 11 Prozent verbessern (wodurch der Schwimmer mehr Kraft über längere Strecken freisetzen kann), und den aktiven Wasserwiderstand um bis zu 5,2 Prozent verringern. „Die technische Simulation hat bei der Realisierung dieses weltweit einzigartigen Konzepts eine absolut entscheidende Rolle gespielt“, sagte Tom Waller, Leiter von Aqualab, der globalen hausinternen Forschungs- und Entwicklungsabteilung von Speedo. „Zum ersten Mal steht Leistungsschwimmern eine ganzheitliche hydrodynamische Lösung zur Verfügung, die sie mit der höchstmöglichen Effizienz im Wasser voranbringt. Bei der Entwicklung des Fastskin Racing System konnten wir dank der Software von Ansys darauf vertrauen, dass unsere Designs unter realen Bedingungen die erwartete Leistung

bringen würden - hierdurch konnten wir einen enormen Aufwand einsparen, der uns normalerweise durch physische Tests entstanden wäre.“ Bei der technischen Auslegung der drei Komponenten zu einem Gesamtsystem konnte Aqualab auf Daten aus mehr als 1.200 einzelnen Simulationsläufen mit der Multiphysics-Software von Ansys zurückgreifen. Durch exakte Reproduktion der dynamischen Druckverhältnisse beim Leistungsschwimmen in einer risikofreien virtuellen Entwicklungsumgebung unterstützten diese Simulationen die Entwickler dabei, Verwirbelungseffekte und den Wasserwiderstand zu minimieren, den Aufprall beim Eintauchen ins Wasser abzumildern, die Schwimmbrillen-Konstruktion maximal zu stabilisieren und weitere praxisorientierte Gestaltungsaspekte optimal zu lösen. Im Anschluss an die Entwicklungsarbeiten unterzog Speedo den neuen Schwimmanzug einer Reihe von Tests auf der Schwimmstrecke, an denen professionelle Wettkampfsportler wie Natalie Coughlin, Ryan Lochte und Michael Phelps aus den USA mitwirkten. Speedo ist bereits langjähriger Kunde von ANSYS; für die Entwicklung der neuen Schwimmsportbekleidung kam jetzt jedoch eine erweiterte Multiphysics-Perspektive zum Einsatz, die sowohl strömungsdynamische als auch strukturmekanische Analysen umfasste. So lieferten die Lösungen von Ansys beispielsweise Aufschluss darüber, welche Strukturkräfte von allen Richtungen auf die Schwimmbrille einwirken, welches leichte Material diesen Kräften am besten widerstehen kann und welche formbedingten Wirbelbildungen sich im weiteren Körpervverlauf des Schwimmers negativ auf die Leistung auswirken könnten. Dieser umfassendere Ansatz steht im Einklang mit dem neuen, zukunftsweisenden Produktportfolio, mit dem Speedo dem Bedarf der Schwimmer an einer leistungssteigernden Ausstattung für den ganzen Körper Rechnung tragen will. „Ansys blickt rund um die Realisierung erfolgreicher Produkte auf eine lange Zusammenarbeit mit führenden Unternehmen zurück - dies können

wie in diesem Fall Schwimmanzüge sein, die einem Wettkampfschwimmer den entscheidenden Sekundenbruchteil-Leistungsvorsprung verschaffen, oder aber eine Batterie für Hybridfahrzeuge, die optimale Merkmale im Hinblick auf Kosten, Zuverlässigkeit, Energienutzung und Sicherheit bietet. Wir freuen uns, dass wir gemeinsam mit Speedo ein weiteres richtungsweisendes Produkt entwickeln konnten“, sagte Jim Cashman, President und CEO, Ansys. Das Fastskin Racing System umfasst eine Auswahl von Produkten - Schwimmkappen, Schwimmbrillen und Schwimmanzüge -, aus denen die Schwimmsportler die Kombination zusammenstellen können, die am besten zu ihnen passt und ihre Leistung am besten unterstützt. Von einer Verbesserung beim passiven Wasserwiderstand kann der Schwimmer in der eintauchenden Gleitphase jedes Schwimmzuges profitieren, was besonders nach dem Start und bei jeder Wende eine große Rolle spielt. Die Sauerstoffausnutzung bezieht sich auf den Wirkungsgrad des Schwimmers und seinen Sauerstoffverbrauch während des Schwimmvorgangs. Der aktive Wasserwiderstand (oder Oberflächenwiderstand) beeinflusst den Schwimmer während der aktiven Phase jedes Schwimmzuges an der Wasseroberfläche. Er entsteht durch die vom Schwimmer erzeugten Wellen, der ständigen Veränderung der Körperform und der Kraft der Wasserströmung an der Körperoberfläche. Die resultierenden statistischen Forschungsergebnisse wurden anhand einer Kombination aus der Speedo Fastskin3 Schwimmkappe, der Super Elite-Schwimmbrille und dem Super Elite-Schwimmanzug als Komponenten des Fastskin Racing System zusammengestellt: Reduzierung des passiven Ganzkörper-Wasserwiderstandes um bis zu 16,6 Prozent im Vergleich zu einer flachen Silikon-Schwimmkappe, einer Speedo Aquasocket-Schwimmbrille und einem Standard-Schwimmanzug bei einem männlichen Schwimmsportler; Verbesserung des Sauerstoffverbrauchs um 11 Prozent und Verringerung des aktiven Wasserwiderstandes um

5,2 Prozent im Vergleich zur flachen Silikon-Schwimmkappe, der Speedo Aquasocket-Schwimmbrille und des Standard-Schwimmanzugs

www.ansys-germany.com

ANSYS USER CLUB

Ansys User Club e. V. Treffen 2012 Das diesjährige Treffen des Ansys User Clubs e. V. fand Ende April 2012 in Essen statt. Drei Impulsvorträge eröffneten die lebhaften Diskussionen der vorgetragenen Themen in Arbeitsgruppen. Die Themen waren: Fluid-Struktur-Interaktion, Vernetzung in Ansys-Workbench und Python-Programmierung als Ansys Skriptsprache. Weitere Vorträge wurden von Ansys Germany und Cadfem gehalten zu Neuigkeiten über Ansys wie z. B. die strategische Entwicklung der Software, die neue Postprocessor Software VCollab, die von Cadfem als C.A.V.E. - Produkt (Compression And Visualization Engine), vertrieben wird und die Möglichkeit der Behandlung von Themen der Regelungstechnik mit den Ansys-Produkten. Alle Vorträge stehen den Teilnehmern und Mitglieder im login-Bereich der AUC-Homepage zur Verfügung (www.auc-ev.de). Den Abschluß bildete die Diskussion neuer Anforderungen der Anwender, die mit Cadfem und Ansys diskutiert werden und deren Umsetzung vom AUC verfolgt wird. Neben der fachlichen Veranstaltung fand auch die Vorstandssitzung und eine Mitgliederversammlung statt. Die Protokolle sind ebenfalls auf der Internetseite verfügbar.

www.auc-ev.de

AUTODESK

Auszeichnung als einer der besten Arbeitgeber in Europa

Autodesk wurde zu einem der besten Arbeitgeber in Europa ernannt. Das Unternehmen kam in der jährlichen Studie zur Arbeitsplatzqualität des Great Place to Work Instituts in der Kategorie Multinationale Firmen auf Platz 13. Die Studie identifiziert

die Top 100 Unternehmen in Europa mit den besten Arbeitsbedingungen. Die gute Platzierung von Autodesk in den Great Place to Work® Rankings in Deutschland, Großbritannien und der Schweiz ist die Basis für die Auszeichnung, die gestern Abend in Berlin verliehen wurde. Daneben erzielte Autodesk auch beim US Fortune 100 Award sowie bei Chinas Top-Arbeitgeber 2012 des CRF Instituts hervorragende Ergebnisse. Die europäische Studie nennt den Fokus auf Innovation und Kooperation als wichtigen Grund für den Erfolg von Autodesk. Die Software von Autodesk ermöglicht es Konstrukteuren und Ingenieuren, ihre Ideen auf einem Bildschirm virtuell zu erleben und zu testen, bevor sie real gebaut werden. Das Unternehmen möchte seinen Kunden helfen, bestmögliche Arbeit zu leisten und ist der Ansicht, dass der erste Schritt dazu ein gutes Klima für Zusammenarbeit zwischen den Mitarbeitern ist, in dem sich neue Ideen frei entfalten können.

www.autodesk.de

BETA CAE SYSTEMS

Neues µETA Release

Beta CAE System hat die Verfügbarkeit des neuen Releases µETA v6.8.1 ab 1. Juni 2012 bekannt gegeben.

www.beta-cae.gr

CADFEM

Cadfem ist Mitglied des KoSim in Dortmund

Anfang Juni 2012 hat sich Cadfem mit der Geschäftsstelle Dortmund dem Kompetenznetzwerk Simulation (KoSim) in Dortmund angeschlossen. Die in Dortmund und der Region vorhandenen wissenschaftlichen und technischen Kompetenzen aus dem Bereich der Computersimulation werden im „Kompetenznetz Simulation Dortmund“ (KoSim) gebündelt und für Unternehmen bedarfsorientiert nutzbar gemacht. Das Netzwerk bietet Dienstleistungen im Produktentwicklungsprozess, beginnend von der Konzeption bis hin zur

Fabriksimulation an. Die Cadfem Geschäftsstelle in Dortmund ist seit wenigen Wochen Teil dieses Netzwerkes.

Nichts dem Zufall überlassen

Beim klassischen Einsatz von FEM-Simulationen erhält der Anwender eine punktuelle Aussage für eine ganz bestimmte Situation, und zwar das Berechnungsergebnis für eine genau festgelegte (deterministische) Geometrie-, Material- und Belastungskonfiguration. Aber was passiert, wenn Geometrieabmessungen innerhalb ihrer Toleranzgrenzen oder Materialkennwerte innerhalb der Lieferbedingungen streuen? Welchen Einfluss haben diese kleinen Modifikationen von einzelnen Geometrieabmessungen oder Materialdaten? Ist der Produktentwickler mit seiner Konfiguration dann immer noch auf der sicheren Seite? Mit der neuen Version optiSLang inside ANSYS Workbench werden die Stärken der beiden Software-Pakete so miteinander verbunden, dass nichts mehr dem Zufall überlassen wird. Die Stärken von Ansys Workbench – multidisziplinäre, vollständig parametrische, automatisierte CAE-Berechnungsprozesse – werden gekoppelt mit den Stärken von optiSLang – hoch effiziente, automatische Workflows der Robust Design Optimierung – um möglichst frühzeitig die Leistung und Qualität des zukünftigen Produktes unter besonderer Berücksichtigung von Streuungen und Toleranzen abzusichern. Mit optiSLang inside Ansys Workbench stehen die bewährten optiSLang-Algorithmen der CAE-basierter Sensitivitätsanalyse, Optimierung und Robustheitsbewertung allen Anwendern von Ansys Workbench zur Verfügung. Die von der Dynardo GmbH entwickelte Software optiSLang stellt durch eine automatische und systematische Analyse des Design-Raums selbstständig sicher, dass die wichtigen Parameter identifiziert und Zusammenhänge zwischen Eingangs- und Ausgangsgrößen nachvollziehbar werden. Dabei wird automatisch ein optimiertes Metamodell generiert, welches eine quantifizierbare Prognosefähigkeit liefert, so dass das

Abscannen des Design-Raums mit einer minimalen Anzahl von Solver-Aufrufen gewährleistet werden kann. Der Abgleich von Simulation und Versuch wird erheblich erleichtert, da die verschiedenen physikalischen und numerischen Einflüsse unterscheidbar sind. Außerdem erhält der Entwickler ein tiefergehendes Verständnis für die Funktionen und Zusammenhänge in Variationsräumen des zukünftigen Produktes. Zur Vorstellung von optiSLang inside Ansys Workbench führt Cadfem in den nächsten Monaten mehrere Webinare durch. Dabei wird anhand von Live-Beispielen gezeigt, wie die neue Software-Version verwendet wird, um einen Designraum möglichst effizient systematisch zu untersuchen, Sensitivitäten zu ermitteln, eine Optimierung mit konkurrierenden Zielen durchzuführen und die Funktion bei streuenden Einflüssen sicherzustellen. Die Termine für die kostenfreien Webinare sowie die detaillierte Agenda und ein Anmeldeformular sind auf der Cadfem Homepage verfügbar, unter www.cadfem.de/seminare/optislang.html.

www.cadfem.de

CD-ADAPCO

Neue Releases

Unter dem Motto „Accelerate, Understand, Improve“ hat CD-Adapco kürzlich das neue Release der Software STAR-CCM+ v7.04 sowie die Version v4.18 von STAR-CD und es-ice IC Engine freigegeben.

www.cd-adapco.com

CONTACT SOFTWARE

Neuer Gesamtvertriebsleiter bei Contact Software

Contact Software verstärkt sein Management-Team, um das starke Wachstum in der DACH-Region abzusichern und die internationale Expansion des Unternehmens weiter voranzutreiben. Mit Stephan Roth hat der Anbieter von Lösungen für den Innovationsprozess und

das Product Lifecycle Management (PLM) nun einen neuen Gesamtvertriebsleiter an Bord. Der 42-jährige Manager kommt vom PSA Peugeot Citroen Konzern, und bringt langjährige Führungserfahrung sowie ein fundiertes Wissen in der Marken- und Marktstrategie und im Aufbau von Vertriebsnetzen mit. Roth studierte nach einer kaufmännischen Ausbildung an der europäischen Wirtschaftshochschule ESCP-EAP in Paris, Oxford und Berlin. Dort hat er ein Doppeldiplom im Bereich Betriebswirtschaft mit den Schwerpunkten Marketing, Wirtschaftsinformatik und internationale BWL erworben. Nach seinem European Master im Management nahm der gebürtige Bochumer in den letzten 12 Jahren national und international verschiedene Führungspositionen im PSA Konzern im Bereich Produktmanagement und Vertrieb wahr. Vor seinem Wechsel zu Contact war er als Leiter der strategischen Standortplanung und -verwaltung bei PSA verantwortlich für Fragen zu Investitionen, Budgetierung und der systematischen Marktabdeckung der eigenen Handelsnetze des PSA Peugeot Citroen Konzerns in Deutschland. Roth hat Anfang April seine Arbeit am Contact -Hauptsitz in Bremen aufgenommen. Im Laufe der nächsten Monate wird er sukzessive die Vertriebsleitungsaufgaben von Geschäftsführer Karl Heinz Zachries übernehmen.

www.contact.de

COMSOL

Comsol Multiphysics Version 4.3

Die Comsol Multiphysics GmbH kündigte das Release 4.3 von Comsol Multiphysics an, der branchenführenden Entwicklungsumgebung für die Modellierung und Simulation physikalisch-basierter Systeme. Comsol Multiphysics 4.3 bietet Ingenieuren, Forschern und Wissenschaftlern leistungsstarke Modellierungswerkzeuge und schnelle Simulationen. Damit wird sich Comsol weiter als führender Innovationstreiber bei Simulationen von elektrischen, mechanischen,

strömungs- und verfahrenstechnischen Anwendungen etablieren. Zu den wichtigsten neuen Funktionen in Version 4.3 gehören drei neue anwendungsspezifische Zusatzmodule, schnelle und leistungsstarke Vernetzung, ein neuer „Double Dog-leg“ Löser für mechanischen Kontakt und hoch nichtlineare Simulationen sowie zahlreiche Erweiterungen, mit denen Comsol auf Kundenwünsche reagiert. Comsol Multiphysics 4.3 ist ab sofort weltweit bei allen COMSOL Niederlassungen erhältlich.

www.comsol.de

DASSAULT SYSTÈMES

Abaqus 6.12

Abaqus 6.12 ist mittlerweile freigegeben. Der registrierte Administrator aus Ihrem Unternehmen kann sich die Software über unser Online-Supportsystem herunterladen oder von dort eine DVD bestellen. Zum Betrieb von Abaqus 6.12 benötigen Sie auch neue Lizenzen. Fragen Sie hiernach unsere Administration in Aachen oder Ihren vertrieblichen Ansprechpartner.

Isight 5.7

Isight 5.7 ist freigegeben und bietet einiges an Neuerungen und Erweiterungen in den Bereichen Modell- und Simulationsintegration, Algorithmen und Postprocessing.

www.3ds.com

DIVIS

Prüfen, Modellieren, Optimieren

Ende 2011 startete ein gemeinsames Forschungsprojekt der beiden Firmen divis intelligent solutions und P+K Maschinen- und Anlagenbau GmbH mit den Forschungsinstituten Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V. (GFaI) und dem Zentrum für Brennstoffzellen Technik GmbH (ZBT). Ziel des Projektes ist eine ganzheitliche Lösung zur prozessauglichen Qualitätskontrolle spritzgegossener graphitischer Bipolarplatten (BPP) für Brennstoffzellen. Bipolarplatten versorgen die

einzelnen Zellen eines sog. Stacks, ein Stapel von Zellen, über Strömungskanäle mit den Reaktionsgasen Wasserstoff und (Luft-)Sauerstoff, führen die Reaktionsprodukte ab (Wasser) und übernehmen die Kühlfunktion. Außerdem fungieren sie als Stromleiter: Der Kontakt zu Anode und Kathode benachbarter Zellen wird ebenfalls über die Bipolarplatten hergestellt. Serientaugliche Produktionsprozesse mit einer gesicherten Qualität sind eine notwendige Voraussetzung für eine größere Marktdurchdringung. Nur mit geeigneten Methoden der prozessnahen Qualitätssicherung lassen sich Produktionsprozesse so automatisieren, dass eine reproduzierbar hohe Qualität gewährleistet werden kann. Ziel der Kooperation ist die Optimierung der Produktionsprozesse und der Ausbeute. Dafür gilt es einerseits Lösungen für eine prozess- und prüftaugliche Handhabung und Positionierung von Bipolarplatten zu entwickeln. Mittels optischer Qualitätskontrollen und digitaler Bildverarbeitung sollen in der Prüfstation Qualitätsdaten akquiriert und analysiert werden, die eine Identifizierung, Klassifizierung und Quantifizierung wesentlicher Qualitätsmerkmale ermöglichen. Die Daten aus dem Produktionsprozess und die Prüfdaten werden in einem geschlossenen Qualitätsregelkreis miteinander verknüpft (prozessnahe Qualitätsregelung). Im Ergebnis soll ein besseres Verständnis für die Prozesse und die wesentlichen Parameter erarbeitet werden, um letztlich die Qualität und Wirtschaftlichkeit des Produktionsverfahrens zu optimieren. Die divis intelligent solutions GmbH unterstützt das Projekt mit ihren Kompetenzen auf dem Gebiet der datengetriebenen Prozessoptimierung auf der Grundlage moderner statistischer Verfahren zur Modellbildung. Dafür wird die von divis entwickelte Software ClearVu Analytics und ClearVu Optimizer eingesetzt.

www.divis-gmbh.de

E-XSTREAM

Neues Release Digimat 4.3.1

e-Xstream engineering, The Material Modeling Company, kündigt die Verfügbarkeit des neuen Digimat Release 4.3.1 an.

www.e-xstream.com

ESI GROUP

ESI Group unterzeichnet internationale Kooperation mit der TU Dresden

Die ESI Group gab bekannt, dass man mit der Fakultät Maschinenwesen der Technischen Universität Dresden einen unbefristeten internationalen Kooperationsvertrag abgeschlossen hat. Gegenstand der Kooperation werden gemeinsame Forschungsprojekte sein, durch die der Einsatz von Leichtbaulösungen in der Industrie erleichtert und gefördert werden soll. Mit der im Februar 2012 unterzeichneten Vereinbarung zwischen der TU Dresden und ESI Group wird die bisherige Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Simulation von Leichtbaustrukturen aus Verbundwerkstoffen und Hybrid-Verbunden weiter intensiviert. Prof. Dr.-Ing. habil. Volker Ulbricht, Direktor des Instituts für Festkörpermechanik der Fakultät Maschinenwesen: „Von dieser Kooperation werden beide Seiten profitieren. Die Fakultät Maschinenwesen und damit natürlich die gesamte Technische Universität Dresden versprechen sich von dieser Partnerschaft gemeinsame Projekte auf dem anspruchsvollen Gebiet der numerischen Simulation. Die ESI Group gewinnt sehr gut ausgebildete und hochmotivierte Fachkräfte, die durch Praktikums- und Diplomplätze bestens mit der Software der ESI Group vertraut sind.“ Einer der Schwerpunkte der gemeinsamen Aktivitäten wird beim Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E.h. Dr. h.c. Werner Hufenbach liegen, wo umfangreiche Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet beanspruchungsgerechter

Leichtbaustrukturen und -systeme durchgeführt werden. Neben den entsprechenden expliziten und impliziten Berechnungsprogrammen verfügt man hier über eine umfassende experimentelle Ausstattung, um u. a. Berechnungsergebnisse validieren zu können. Ergänzend zu den gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten werden Gastvorträge organisiert sowie Praktikums- und Diplompätze geschaffen. Studenten der TU Dresden können für ihre Arbeit verstärkt die ESI-Simulationssoftware nutzen und so ihr Wissen über Grundlagen und Einsatz der numerischen Simulation erweitern. ESI kann im Gegenzug von gut ausgebildeten Nachwuchswissenschaftlern profitieren, die über umfassende Kenntnisse im Herstellungsprozess und im Testen verfügen.

ESI verdoppelt 2011 die Umsätze im Bereich Verbundwerkstoffe

Die ESI Group hat bekannt gegeben, dass sich die Lizenz- und Service-Umsätze des Unternehmens im Bereich Virtual Manufacturing & Performance von Verbundwerkstoffen in den letzten zwei Jahren verdoppelt und in den letzten drei Jahren verdreifacht haben. Dieser Erfolg ist das Ergebnis der fortlaufenden Investition von ESI in die Forschung und Entwicklung und die Schaffung eines Software- und Dienstleistungsportfolios, das erfolgreich die Anforderungen der Verbundwerkstoffe verarbeitenden Industrie abdeckt. Die Composites Simulation Suite von ESI, einschließlich der Software-Tools PAM-FORM und PAM-RTM, ermöglicht Kunden die vollständige Planung und Bewertung ihrer Fertigungsprozesse von Verbundwerkstoffteilen, während mit der Virtual Performance Solution das Verhalten und die Leistung dieser Teile im realen Einsatz vorhergesagt werden kann. Ein weiterer Aspekt, der zu dem Erfolg beiträgt, ist die weltweite Verfügbarkeit der ESI-Expertise. Seit der Eröffnung eines eigenen Forschungs- und Entwicklungszentrums in der Nähe von Bordeaux hat das Unternehmen durch wichtige Partnerschaften mit Universitäten und führenden Unter-

nehmen der Branche immer wieder seinen Einsatz für den Wissensausbau im Bereich Verbundwerkstoffe manifestiert. So hat die vor Kurzem geschlossene Partnerschaft zwischen ESI und der University of Nottingham zu einer Erweiterung der Composites Simulation Suite von ESI durch eine Permeabilitätsdatenbank geführt, die es Benutzern ermöglicht, von den jahrelangen Forschungsprojekten auf diesem Sektor zu profitieren.

www.esi-group.com

FE-DESIGN

Neue Version Tosca Structure 7.2. für Herbst 2012 geplant

Die Vorbereitungen für die neue Version Tosca Structure 7.2. laufen auf Hochtouren. FE-Design will zu diesem Zeitpunkt noch nicht zu viel verraten, nur so viel vorab: Neue und verbesserte Fertigungsrestriktionen werden implementiert, bspw. in Tosca Structure.shape funktionieren zukünftig auch Symmetriebedingungen auf unsymmetrischen Netzen. Die neuesten FE-Solver Versionen werden unterstützt. Auch was Tosca Structure.report angeht, erwarten den Nutzer tolle Neuerungen. Neu dazu kommt auch ein 'Report Builder', der automatisch Reports mit Optimierungsergebnissen für MS Office- und html-Dokumente generiert. In der Topologieoptimierung ist FE-Design einem vielfachen Kundenwunsch nachgekommen, der die Einsatzmöglichkeiten von Tosca Structure.topology signifikant erweitert. Man darf gespannt sein.

www.fe-design.de

HOCHSCHULE RAPPERSWIL

Cloud Power

– Made in Switzerland

Numerische Simulationen sind zum festen Bestandteil der modernen Produktentwicklung geworden. Kein Unternehmen kann es sich heute leisten, auf die Vorteile dieser neuen Technologie zu verzichten. Ein begrenzender Faktor ist jedoch

häufig der Zugang zur geeigneten Infrastruktur und Rechenleistung. Dies ist auch für kleinere Simulationen ein Thema, da für ein typisches Projekt hunderte davon durchgeführt werden müssen. Es muss also möglich sein, mehrere Berechnungen auf einfache Art parallel zu starten, was für die Beschaffung eines Rechenclusters spricht. Für viele Unternehmen kommt eine solche Investition aber nicht in Frage, da die volle Rechenleistung nur gelegentlich genutzt werden könnte. In den USA setzen sich Organisationen wie das National Center for Manufacturing Sciences und das Department of Energy dafür ein, dass auch kleinere Unternehmen Zugang zu High-Performance Computing (HPC) erhalten. Diese Initiativen sind von der Idee getragen, dass kleinere Unternehmen genau den gleichen Bedarf haben, komplexe physikalische Vorgänge zu simulieren wie Grosskonzerne. Was wäre wenn Sie auf einfache Art Zugang zu Rechenleistung erhielten? Um dies zu ermöglichen, haben sich Microsoft, HSR; Fujitsu und GIB-Solutions für den Aufbau eines Rechenzentrums für technische Berechnungen in der Schweiz entschieden. Diese Cloud soll von Mitarbeitern des Microsoft Innovation Centers in Rapperswil konfiguriert und gewartet werden und für die Anforderungen typischer Simulationstools, wie CFD und FEM, optimiert sein. Zusammen mit den Softwareherstellern wird dafür gesorgt, dass die wichtigsten Simulationstools auf dem Cluster installiert und zum Einsatz bereit sind.

www.mictc.hsr.ch

HOCHSCHULE TUTTLINGEN

Industrial Virtual Engineering am Hochschulcampus Tuttlingen

Die Bevölkerung wird immer älter. Das liegt an der guten medizinischen Versorgung und an den neuen Möglichkeiten, die die Technik bietet. Ob bei der Entwicklung von Prothesen, Implantaten oder im Bereich der minimalinvasiven Verfahren: Virtual Engineering wird für die Medizintechnikbranche zu-

nehmend wichtiger. Darauf hat der Hochschulcampus Tuttlingen der Hochschule Furtwangen reagiert und den Studiengang „Industrial Virtual Engineering“ ins Leben gerufen. Interessierte können sich nach 2011 bereits zum zweiten Mal für diesen Berufsweg entscheiden. Der Studiengang Industrial Virtual Engineering bereitet Studierende auf die Aufgaben in Entwicklungsabteilungen, unter anderem der medizinischen Industrie, vor.

www.hfu-campus-tuttlingen.de

HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK

nCode Software zertifiziert durch GL Renewables Certification

nCode DesignLife wurde kürzlich durch GL Renewables Certification (GL RC) zertifiziert. DesignLife ist damit die erste Software für Strukturintegrität, die von GL RC für die Konstruktion von gegossenen und geschmiedeten Maschinenkomponenten in Windenergieanlagen zertifiziert wurde. „Dieses Zertifikat beweist, dass die Software für die Berechnung der Ermüdungsdauer von gegossenen und geschmiedeten Maschinenkomponenten in Windenergieanlagen eingesetzt werden kann“, sagt Mike Woebeking, Vice President and Head of Certification Body, GL Renewables Certification. Es gibt Anwendern die Sicherheit ihre Analysen von Komponenten konform mit der Richtlinie für die Zertifizierung von Windenergieanlagen 2010 von GL RC durchzuführen.

nCode 8 ISR1 jetzt verfügbar

HBM gab die Verfügbarkeit der neuen Version nCode 8 ISR1 bekannt. Umfangreiche neue Funktionalitäten werden mit diesem In-Service Release eingeführt, u.a. nCode DesignLife: Assistent für Auto-Elimination, Ermüdungsanalysen für kurzfaserverstärkte Verbundwerkstoffe mit Ansys, verbesserte Validierung vor der Berechnung, verbessertes Speicher-Management; nCode GlyphWorks: Neue verfügbare Glyphs

(PSD zu Rainflow, Weibull-Analyse, Trend-Entfernung), verbesserte Benutzerfreundlichkeit im Fenster „Verfügbare Daten“, Zusätzlich unterstützte Dateiformate: Moog SmartTEST Data Acquisition ACS_DUMP, Moog AeroTEST Suite .dat und .hdr Dateien und Dewetron d7d jetzt auch für Windows 64-bit Systeme.

www.hbmncode.com

IBM

IBM CEO-Studie: Bekenntnis zum offenen Unternehmen

CEOs setzen auf mehr Offenheit und Transparenz in ihren Unternehmen. Sie erweitern die Entscheidungsspielräume ihrer Mitarbeiter und verlangen von ihnen eine hohe Bereitschaft zur Vernetzung nach innen wie nach außen. Der Einsatz von Technologie wird dabei immer wichtiger, wobei sich die Bedeutung und Nutzung sozialer Medien in den Unternehmen in den nächsten drei bis fünf Jahren verdreifachen wird. Hingegen schwindet nach Ansicht vieler CEOs der Einfluss von Marktentwicklungen und makroökonomischen Faktoren auf die individuelle Unternehmensperformance. Damit ist die Wirtschaftskrise nicht mehr das Hauptthema. Für deutsche CEOs sind Mitarbeiterqualifikation (75 Prozent) und Kundenbeziehungen (71 Prozent) darüber hinaus entscheidend für den unternehmerischen Erfolg. Für die Studie wurden über 1700 CEOs aus 60 Ländern und 18 Branchen befragt.

Übernahme von Vivisimo

IBM hat eine endgültige Vereinbarung über den Kauf von Vivisimo bekannt gegeben, einem führenden Anbieter von Software für Informationszugriff und Discovery. Diese ermöglicht es Organisationen, unternehmensweit über mehrere Systeme hinweg auf große Datenmengen zuzugreifen und diese zu analysieren. Vivisimo ist ein privat geführtes Unternehmen mit Sitz in Pittsburgh, Pennsylvania (USA). Finanzielle Details wurden nicht offen gelegt.

IBM stellt neue PowerLinux-Strategie vor

IBM kündigte neue Power System- und PureFlex System-Angebote an, die Kunden dabei unterstützen können, die Kosteneffizienz von Linux und Virtualisierung für geschäftskritische Workloads zu nutzen. IBM PowerLinux-Lösungen integrieren Linux-spezifische Hardware mit PowerR7-Prozessoren und Linux-Software von Red Hat und SUSE zur Analyse von Big Data, Nutzung von branchenspezifischen Anwendungen und Bereitstellung von Open-Source-Infrastruktur-Services. Zielgruppe sind mittelständische und größere Unternehmen. Diesen bieten die PowerLinux-Lösungen mehr Leistung und Zuverlässigkeit bei gleichzeitig geringerem Zeit- und Gesamtkostenaufwand im Vergleich zu x86-Plattformen.

www.ibm.com

ISKO ENGINEERS

ISKO engineers AG wird Vertriebspartner von MSC Software

Die ISKO engineers AG hat eine Vertriebspartnerschaft mit der MSC Software GmbH geschlossen. Damit erweitert der bekannte Münchner Anbieter von CAE-Lösungen sein Softwareportfolio um die führenden Simulationslösungen von MSC. Als Engineering-Dienstleister hat ISKO langjährige Expertise in anspruchsvollen Berechnungen u.a. mit MSC Nastran (Finite-Elemente-Analyse) und Marc (Nichtlineare Analyse und Multiphysik). Von diesem Know-how profitiert seit April 2012 der Lösungsvertrieb von MSC. ISKO hat in den letzten Jahren sein Leistungsportfolio kontinuierlich vom Engineering-Dienstleister zum CAE-Lösungsanbieter ausgebaut, um seine Kunden umfassend in der virtuellen Produktentwicklung betreuen zu können. Hierzu gehört seit jeher die Automobilindustrie. Aber auch in anderen Branchen mit moderner Produktentwicklung hat sich ISKO längst einen Namen gemacht mit hochqualifizierten CAE-Dienstleistungen und individuell abgestimmten CAE-Lösungen. Hierzu zählen: Ma-

schinen- und Anlagenbau, Energie-, Elektronik-, Konsumgüterindustrie, Verfahrenstechnik sowie der Luft- und Raumfahrtindustrie. Für die leistungsfähigen Lösungen von MSC hat ISKO sich entschieden, da diese den Standard in der virtuellen Produktentwicklung bilden und die Ingenieure bereits weitreichende Erfahrungen damit haben. Die Simulationsexperten von ISKO haben sich in der Industrie vor allem in den Disziplinen Nichtlineare Dynamik, Festigkeit und Akustik einen hervorragenden Ruf erarbeitet. Von diesen Erfahrungen und Kompetenzen wird jetzt die Betreuung von MSC-Lösungen profitieren: MSC Nastran (Standard in der Automobil- und Luftfahrtindustrie), Marc (robuste Nichtlineare Analysen), Adams (führende Mehrkörperdynamik Simulation) und Actran (leistungsfähige Akustik Simulation).

www.isko-engineers.de

LMS

Release Rev 11 von LMS Virtual.Lab macht virtuelle Simulation noch realistischer

LMS präsentiert das Release von LMS Virtual.Lab Rev 11, einer rundum erneuerten Version der 3D-Lösung für Performance Engineering. Mit der multidisziplinären Entwicklungsplattform LMS Virtual.Lab lassen sich strukturelle Integrität, Mehrkörperdynamik, Akustik- und Schwingungsverhalten sowie Betriebsfestigkeit genau, schnell und effizient auslegen. LMS Virtual.Lab umfasst eine skalierbare Lösung zur Strukturmodellierung und analyse mit modernsten Tools, um Modelle von Bauteilen, Subsystemen und Gesamtsystemen effizient zu

erstellen und zu bearbeiten. Dabei steht Innovation zur Steigerung der Benutzerfreundlichkeit an erster Stelle. Im Bereich Mehrkörpersimulation bietet Rev 11 erweiterte Customizing-Funktionen für die vorlagenbasierte Simulation, eine Anwendung für Fahrdynamik und die nahtlose Integration mechatronischer Subsysteme. Zu den neuen Hauptfunktionen im Bereich Akustik gehören die erstklassigen vibroakustischen Solver, die leistungsstarken Erweiterungen in der Aeroakustik und die Funktionen für Analysen des gesamten Frequenzbereichs in Kabinen und geschlossenen Räumen durch Ray-Tracing. Im Hinblick auf die Betriebsfestigkeit ermöglicht Rev 11 eine genauere und effizientere Simulation von Schweißverbindungen. Viele kundenorientierte Erweiterungen von Virtual.Lab Structures für generische Baugruppen und Pre-/Postprocessing der Solver mit Schwerpunkt auf großen Kollisionsmodellen und SOL200-Pre-/Postprocessing. LMS Virtual.Lab Motion steht für kontinuierliche Innovation. Die Software umfasst den neuen LMS Virtual.Lab Composer, mit dem sich Benutzeroberflächen per Drag-&Drop-Funktion erstellen und branchenspezifische Anwendungen ganz einfach anpassen lassen. So wird die Simulation der Mehrkörperdynamik zu einem äußerst effizienten Prozess. Mit der Benutzeroberfläche für die Fahrdynamik auf der Grundlage des LMS Virtual.Lab Composer lassen sich sämtliche Fahrdynamikanalysen effizient durchführen. Die Anwendung mit vollständig parametrisierten Subsystemvorlagen sorgt für optimierte Fahrzeugsysteme und eine bessere Fahrdynamik. Integrierte multidisziplinäre Subsysteme sind inzwischen aus der Produktentwick-

lung nicht mehr wegzudenken. LMS Virtual.Lab Rev 11 bietet modernste Schnittstellen zur Koppelung von Simulationsverfahren zu LMS Imagine.Lab AMESim (für Modelle von hydraulischen, pneumatischen oder elektrischen Subsystemen) und Simulink (für Steuerungen). Für Analysen des Akustik- und Schwingungsverhaltens bietet Rev 11 einen umfassenden, führenden FEM-Solver (von Samtech, unserer letzten Übernahme) für vollständig gekoppelte vibroakustische Analysen. Vibroakustische Simulationen leichter Dämmstrukturen, z. B. von Verbundstoffen, Kunststoffen oder komplexem Laminat, lassen sich mit Rev 11 vollständig, effizient und exakt ausführen. Die aeroakustischen Funktionen für strömungsinduzierte Akustikanwendungen wurden umfassend erweitert. Diese lassen sich nun in Verbindung mit den ersten ultraschnellen akustischen FEM-Solvern, die mit AML-Technologie verbessert wurden, effizienter und zuverlässiger durchführen. Außerdem umfasst der Ray-Akustiksolver ATV-Technologien und unterstützt Akustikanwendungen in hohen Frequenzbereichen. Akustiksimulationen bis zum hörbaren Frequenzbereich werden damit exakter und einfacher als jemals zuvor, beispielsweise bei der Entwicklung von Soundsystemen in Fahrzeugen. LMS Virtual.Lab Durability sorgt durch neue Technologien für genauere, schnellere Simulationen von Schweißverbindungen. Hierbei lassen sich Größeneffekte einbeziehen und alle typischen Strukturen von Schweißnähten in einem FE-Netz automatisch ermitteln. Mit der Lösung müssen Schweißverbindungen nicht mehr aufwendig manuell modelliert werden. Große verschweißte Baugruppen lassen sich deutlich



www.CAE-Stellenmarkt.de

Das neue Jobportal speziell für CAE-Ingenieure

schneller simulieren. Unter www.realworldready.com können Sie das innovative Release in Kurzvideos vorab kennenlernen.

www.lmsintl.com

MSC.SOFTWARE

MSC.Software präsentiert neue Lösung Adams/Machinery

Die MSC.Software Corporation hat Adams/Machinery vorgestellt. Mit der neuen Lösung können virtuelle Prototypen im Bereich Maschinenbau modelliert und simuliert werden. Dazu gehören mechanische Systeme und Komponenten aus der Robotik, Förderanlagen, Landwirtschafts- oder Industriemaschinen. Adams/Machinery löst die System- oder Bauteilspezifischen Problemstellungen mit Hilfe der Mehrkörperdynamik. Simulationsprozesse können zudem automatisiert werden. Adams/Machinery ist vollständig in Adams integriert. Adams, kurz für Automatic Dynamic Analysis of Mechanical Systems, ist die weltweit am häufigsten eingesetzte Software für die Simulation mechanischer Systeme mit starren und flexiblen Körpern und die Berechnung der Mehrkörperdynamik. Mit der neuen Lösung werden Anlagen- und Maschinenhersteller in der Lage sein, mechanische Komponenten mit wenig Aufwand in einer modernen Computer Aided Engineering (CAE)-Umgebung zu entwickeln, zu modellieren und auszuwerten. Zu den wesentlichen Produkteigenschaften von Adams/Machinery gehören leistungsstarke Simulation mechanischer Teile wie Getriebe, Riemen und Ketten, automatisierter, assistentengesteuerter Prozess zur Modellierung, einfache Auswertung von Ergebnissen in Adams/Postprocessor und hohe Produktivität dank schlanker Prozesse und kurzer Rechenzeiten. Ingenieure können in Adams/Machinery Modelle sehr schnell erstellen. Zeitraubende Aktivitäten wie beispielsweise Geometrierstellung und die Einrichtung von Subsystemverbindungen sind automatisiert und erlauben ein zügiges Preprozessing. Auch im Postprozess-

sing sind Plotten und Ergebnisauswertung automatisiert. Das erleichtert Anlagenherstellern und ihren Zulieferern die Kommunikation der Systemperformance. Für die Modellierung verschiedener Komponenten gibt es verschiedene Module: Gear-Modul: Modelliert und wertet das Verhalten von Getriebepaaren für eine Vielzahl von Getriebearten aus wie etwa Stirnrad-, Schraubenrad- und Kegelradgetriebe; Belt-Modul: Untersucht das ebene, dynamische Verhalten von Zahnriemensystemen für zahlreiche Riemenarten wie etwa glatte Bänder, Poly-V-Riemen und trapezförmige Zahnriemen; Chain-Modul: Modelliert und wertet die Dynamik sowohl für Walzen als auch für Evolventen (leise Kettenarten) aus. Mit den Modulen und dem Preprozessing von Ketten, Getrieben und Riemenkomponenten bietet Adams/Machinery ein benutzerfreundliches Interface mit einer Inline-Hilfe und nützlichen Informationen über die Komponenten, ihre Verbindungen und Optionen. Assistenten helfen Anwendern beim Navigieren durch das Modell-Setup und bieten die Möglichkeit, Modellierungsoptionen schnell zu bearbeiten, zu modifizieren oder zu ändern. Die Adams/Machinery-Komponenten sind parametrisiert und kompatibel mit Multirun-Optionen für Designstudien und Optimierungssimulationen, bei denen Adams/Insight verwendet wird. Ingenieure können die virtuellen Funktionen zur Prototypenerstellung in Adams in vollem Umfang nutzen und Aktivitäten nahtlos auf Simulationen für das Gesamtsystem ausweiten, um die gesamte Konstruktionsleistung auszuwerten.

MSC.Software präsentiert neue Version Marc 2012 für nichtlineare Analysen

Die MSC.Software Corporation präsentierte die neue Version 2012 des Finite Elemente (FE)-Programmes Marc. Marc ist eine Lösung für fortgeschrittene nichtlineare Strukturanalysen, Kontaktberechnungen, Analysen mit komplexen Materialmodellen und Analysen verschiedener Multiphysik-Disziplinen. Die neue Version zeichnet sich durch Leistungssteigerungen im Bereich

Desktop und noch stabilere Algorithmen für nichtlineare Anwendungen aus. Hochleistungs-Computing für den Desktop: Marc verfügt über eine hoch entwickelte Solver-Technik, die parallele Rechnungen auf mehreren Prozessoren ermöglicht – die Basis für verkürzte Rechenzeiten. Diese Fähigkeit wurde in der neuen Version ausgebaut. Marc 2012 unterstützt nun auch den Grafikprozessor GPGPU (General Purpose Graphics Processing Unit) für Intel-basierte Windows-64bit- und Linux-64-Bit-Versionen. Bei der Verwendung der grafischen Prozessoren können Anwender Leistungssteigerungen von 200 bis 500 Prozent erzielen. Robuste nichtlineare Lösungen: Durch Verbesserungen der Qualität und der grafischen Benutzeroberfläche (GUI) von Marc wird den Anwendern das produktive Arbeiten erleichtert. Die Verbesserungen umfassen die einfache Erkennung von harten Kanten bei Schalenelementen bei Kontaktanalysen, die gleichzeitige Berücksichtigung verschiedener Fehlerkriterien für eine genauere Versagensvorhersage, die schnelle dynamische Modelldarstellung (Drehen, Verschieben, Zoomen) und die verbesserte Interaktion mit dem Anwender wie beispielsweise das Entfernen doppelter Einträge (zum Beispiel Knoten).

Erste Forscher im Research Assist Program

Mit dem Research Assist Program möchte MSC weltweit Forscher und Wissenschaftler unterstützen, die an besonders innovativen Projekten arbeiten. MSC stellt den Wissenschaftlern kostenlose Lizenzen zur Verfügung und möchte so deren Forschungs- und Entwicklungsinitiativen fördern. Zur Qualifizierung für das Research Assist Program müssen Forscher ein anerkanntes Masters-, Graduierten- oder Postdoktoranden-Programm absolvieren oder an einem gemeinnützigen Projekt eines anerkannten Forschungslabors oder einer anerkannten Forschungseinrichtung teilnehmen. Im Zuge der Qualifizierung müssen die Kandidaten das Thema ihres Forschungsprojekts mit einer Kurzdarstellung bei MSC einreichen.

Jetzt hat MSC die ersten Gewinner gekürt. Im Rahmen des Programms wurden drei Forschern die Simulationsprogramme MSC Nastran, Marc und Adams überreicht. Das Team von MSC Software gratuliert Mike Huang von der Transportation University Peking, Robert Owens von der Vanderbilt University und Fulufhelo Masithulela von der University of South Africa. MSC Software nimmt das ganze Jahr über Bewerbungen für das Research Assist Programm entgegen. Nähere Informationen zum Research Assist Programm finden sie unter <http://www.mscsoftware.com/contents/Research-Assist-Program>.

Semperit AG optimiert Entwicklung von Produkten aus Elastomeren und Gummi

Die MSC Software Corporation gab bekannt, dass die Semperit AG Holding die Berechnung mit Marc ausweitet und auf das flexible Lizenzsystem MasterKey Plus umsteigt. Das traditionsreiche Unternehmen Semperit ist in der internationalen Kautschuk- und Kunststoffindustrie tätig und nutzt die Finite Elemente (FE)-Software, um Materialverformungen zu untersuchen, Oberflächen zu optimieren und so die Bauteileigenschaften seiner Produkte zu verbessern. Marc ist eine Lösung für die implizite nichtlineare FE-Analyse. Zusammen mit dem Pre- und Postprozessor Mentat eignet sich Marc für fortgeschrittene nichtlineare Strukturanalysen, Kontaktberechnungen, komplexe Materialmodelle und Multiphysics-Analysen.

ISKO Simulationsexperten verstärken das MSC Software Team

Die MSC Software Corporation hat eine Vertriebspartnerschaft mit der ISKO engineers AG (ISKO) geschlossen. Damit erweitert MSC sein Partnernetz für den deutschsprachigen Raum um einen erfahrenen Partner in der virtuellen Produktentwicklung. ISKO besitzt als Engineering Dienstleister bereits langjährige Expertise mit den Softwareprogrammen MSC Nastran und Marc und wird ab April 2012 für MSC tätig sein. ISKO hat sich auf

hochqualifizierte CAE-Leistungen und Lösungen spezialisiert. Der Name steht für „Innovation in der Simulation von der Konzeption bis zum Optimum eines Produktes.“ Gegründet wurde das Unternehmen im Oktober 1996 als 2-Mann-Start-Up in München als Dienstleister für die bayerische Automobilindustrie. Heute beschäftigt ISKO mehr als 80 Mitarbeiter an fünf Standorten. Schon vor Jahren hat ISKO begonnen, sein Leistungsportfolio vom Engineering Dienstleister zum CAE Lösungsanbieter auszubauen und damit seine Kunden umfassend in der virtuellen Produktentwicklung zu betreuen. Neben der Automobilindustrie zählen inzwischen Unternehmen aus den Bereichen Maschinen- und Anlagenbau, Energie-, Elektronik-, Konsumgüterindustrie, Verfahrenstechnik sowie der Luft- und Raumfahrtindustrie zum Kundenkreis. ISKO hat sich für die leistungsfähigen Lösungen von MSC entschieden, da diese der Standard in der virtuellen Produktentwicklung sind und die ISKO Mitarbeiter sehr viel Erfahrung damit erworben haben. Die Simulationsexperten von ISKO haben sich in der Industrie vor allem in den Bereichen Nichtlineare Dynamik, Festigkeit und Akustik einen hervorragenden Ruf erarbeitet und werden diese Erfahrung in die Betreuung der Softwarelösungen MSC Nastran (Standard in der Automobil- und Luftfahrtindustrie), Marc (robuste Nichtlineare Analysen), Adams (führende Mehrkörperdynamik Simulation) und Actran (leistungsfähige Akustik Simulation) einbringen.

www.mscsoftware.com

NAFEMS ONLINE MAGAZIN

Neues Jobportal für Ingenieure seit 1. Mai online

Das neue Jobportal www.CAE-Stellenmarkt.de ist seit dem 1. Mai 2012 online. Speziell zugeschnitten auf den Bereich CAE (Computer Aided Engineering) richtet das Portal an CAE-Berechnungsingenieure, z. B. für FEM (Finite-Elemente), CFD (Strömung), MKS (Mehrkör-

persimulation) etc. sowie an CAE-Consultants, Projektingenieure usw. aus Industrie, Forschung, Entwicklung und Lehre. Stellenanbieter finden hier ein einfaches Online-Eingabesystem für Stellenanzeigen zu attraktiven Preisen. Das Portal entstand in Kooperation mit dem NAFEMS Online-Magazin. Durch die enge Kooperation mit dem NAFEMS Online-Magazin, mit NAFEMS und mit Hochschulen, Organisationen und Bildungsinstituten erreichen Sie speziell CAE-Ingenieure, also genau Ihre Zielgruppe – vom Einsteiger bis zum Spezialisten. Um den internationalen Markt zu bedienen, wird in Kürze auch eine englischsprachige Version zur Verfügung stehen. Zudem werden wir die Funktionalität kontinuierlich durch neue Features erweitern.

www.cae-stellenmarkt.de
www.nafems.org/magazin

NVIDIA

Deutsche Wissenschaftler enthüllen Geheimnisse des Gehirns mit Hilfe von Nvidia-GPUs

Wissenschaftler des Jülicher Forschungszentrums setzen in Zukunft im Jülich Supercomputing Centre (JSC) auf Nvidia-GPUs. Europas größte und rechenstärkste Supercomputing-Einrichtung beschleunigt mit den GPUs fortgeschrittene neurologische Forschung, um die Geheimnisse des menschlichen Gehirns zu entschlüsseln. Außerdem kündigt Nvidia eine mehrjährige Zusammenarbeit mit dem Centre an, um die nächste Generation GPU-beschleunigter Forschung im Bereich Neurowissenschaften sowie anderen Themenfeldern – darunter Astronomie, Astrophysik, Materialforschung, Teilchenphysik und Protein-Faltung – anzukurbeln. Gleichzeitig starten die Partner das „Nvidia Application Lab“, das sich ebenfalls im JSC befindet. Es handelt sich um eine gemeinsam geleitete und betreute Einrichtung für die europäische Wissenschaftler-Gemeinde. Das Laboratorium ermöglicht es Wissenschaftlern aus ganz Europa, von GPU-beschleunigtem Super-

computing zu profitieren, indem es optimierte Wissenschaftsanwendungen und technischen Support anbietet.

Nvidia präsentiert die erste virtualisierte GPU, die Grafik für Cloud-Computing beschleunigt

Nvidia hat die Nvidia-VGX-Plattform vorgestellt, die IT-Abteilungen die Möglichkeit bietet, einen virtuellen Desktop bereitzustellen. Damit lassen sich sowohl die grafischen als auch die GPU-Leistungen eines PC oder einer Workstation auf jedem angeschlossenen Gerät nutzen. Mit der Nvidia-VGX-Plattform im Rechenzentrum können Mitarbeiter zukünftig auf einen echten Cloud-PC zugreifen, egal ob von einem Thin Client, einem Laptop, einem Smartphone oder einem Tablet, unabhängig von deren Betriebssystemen. Sie genießen damit das volle Spektrum aller Anwendungen, die bisher nur auf einem Office-PC liefen. Dank Nvidia VGX greifen Mitarbeiter erstmals auf einen GPU-beschleunigten Desktop zu, ähnlich einem traditionellen PC. Die vielseitige Anwendbarkeit der Plattform sowie die extrem niedrigen Latenzzeiten der Remote-Verbindung erweitern die Annehmlichkeiten auch auf jene Nutzer, die 3D-Design- und Simulations-Tools nutzen, die bisher zu rechenintensiv für einen virtuellen Desktop waren. Anhand der Integration der VGX-Plattform in das Firmennetzwerk können IT-Abteilungen mit dem komplexen Thema „BYOD“ (bring your own device) besser umgehen, bei dem Mitarbeiter ihre eigene Hardware mit ins Büro bringen. VGX bietet all diesen Geräten einen Remote-Desktop mit den gleichen Zugängen, die sie auch auf ihrem Büro-Rechner haben. Gleichzeitig hilft die Plattform, die IT-Kosten des Unternehmens zu senken, die Datensicherheit zu erhöhen und die Komplexität des Rechenzentrums zu minimieren.

Nvidia präsentiert seine Cloud-GPU-Technologien

Mit dem Startschuss zur GPU Technology Conference (GTC) enthüllte Nvidia zum dritten Mal nach seiner Gründung vor 19 Jahren

wegweisende Innovationen, wie unter anderem die Beschleunigung von Cloud-Computing durch die enormen Computing-Kapazitäten mittels GPUs. Nach fünf Jahren an Entwicklungszeit basiert Nvidias Cloud-GPU-Technologie auf der neuen Kepler-GPU-Architektur und kommt in großen Rechenzentren zum Einsatz. Durch Virtualisierungstechnologie können mehrere Anwender gleichzeitig die GPUs nutzen. Ultraschnelle Streaming-Display-Möglichkeiten verhindern lästige Verzögerungszeiten und vermitteln das Gefühl, als würde das Rechenzentrum nur einen Steinwurf entfernt stehen. Dazu kommen ein effizienter Energieverbrauch sowie niedrige Kosten für Rechenzentren. Nvidias Vorstellung seiner Cloud-GPU-Technologie folgt auf die GPU-Erfindung aus dem Jahr 1999, die damals das visuelle Computing revolutionierte, und auf die Entwicklung von CUDA im Jahr 2006, die eine massive Beschleunigung der Computing-Performance durch parallele Berechnungen ermöglichte.

www.nvidia.com

PART ENGINEERING

Converse im Altair Partner Program

Converse - die Software zur Prozess-Struktur-Kopplung bei der FEM-Analyse von spritzgegossenen Kunststoffteilen - ist ab sofort in der Hyperworks Partner Alliance verfügbar. PART Engineering ist seit Mai 2012 offizieller Software-Partner von Altair Engineering. Damit können die Anwendern der Hyperworks Softwareprodukte Converse auch im Rahmen des Hyperworkslizenzmodells verwenden. Innerhalb der individuell zur Verfügung stehenden Hyperworks-Lizenzen fallen für den Anwender dabei keine weiteren Lizenzgebühren an. Mit Converse treffen Sie genauere Aussagen zu Versagen und Bauteilsteifigkeit, berücksichtigen Sie die Lage von Bindenähten auf die Festigkeit, berücksichtigen Sie den Effekt von Eigenspannungen, können Sie Ihre Spritzgießwerkzeuge besser ausle-

gen und können Ihren CFD-Solver mit Ihrem FEM-Solver koppeln. Converse trifft die Anforderungen von Berechnungsingenieuren in der Praxis: verlässliche Ergebnisse zu erzielen mit einfach zu bedienender und robuster Software.

www.part-gmbh.de

SIEMENS PLM SOFTWARE

Teamcenter Express 9.1 veröffentlicht

Siemens PLM Software hat Teamcenter Express 9.1 veröffentlicht. Die vorkonfigurierte Variante von Teamcenter, dem weltweit am häufigsten eingesetzten PLM-System, ist einfach installierbar. Die neue Version enthält verschiedene neue Funktionen, die Anwender bei der Suche nach Daten und bei alltäglichen Konstruktionsaufgaben produktiver machen. Darüber hinaus wurden die CAD-Integrationen aktualisiert und erweitert. Dadurch haben sich die umfangreichen Multi-CAD Fähigkeiten weiter verbessert. Vorteile und Neuerungen: Schnelleres Suchen und Finden von Daten; aktualisierte Multi-CAD-Fähigkeiten; vereinfachte Installation und Wartung; neue Lizenzierungsoptionen und Verwaltungswerkzeuge; optimale Skalierbarkeit; unterstützt die aktuellen Microsoft-Standards. Die App Teamcenter Mobility für mobile Endgeräte bietet darüber hinaus schnellen Zugriff auf die umfangreichen Daten, die mit Teamcenter Express verwaltet werden. Neben schnellem Zugang zu bestehenden Produktinformationen können Anwender mit Teamcenter Mobility 2.0 selbst Inhalte erstellen und beitragen, Produktstrukturen durchsuchen und Workflow-Prozesse aufsetzen. Mit Hilfe der App fällt es Unternehmen leichter, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort und im richtigen Kontext mit Produktdaten zu arbeiten. Dadurch lassen sich Entscheidungszyklen über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg schneller und präziser treffen.

Insight XT vorgestellt

Siemens PLM Software stellte Insight XT vor. Die Lösung für das Management von Konstruktionsdaten verwaltet CAD-Dateien, die mit Solid Edge erstellt wurden, sowie verwandte Formate. Insight XT basiert auf Microsoft SharePoint. Mit der Software können Solid Edge-Anwender ihre alltäglichen Konstruktionsaufgaben durch besser organisierte Daten und Prozesse deutlich schneller und einfacher erledigen. Insight XT stellt neue Bauteil-, Produkt- und Projektstrukturen bereit, die von vielen Herstellern benötigt werden. In den Standard-Bibliotheken von SharePoint sind sie bislang allerdings nicht enthalten. Die Lösung wurde im Rahmen der Solid Edge University 2012 vorgestellt. Bei dem weltweiten Anwender-Event konnten Teilnehmer Insight XT testen und selbst erfahren, wie die Software als Ergänzung für Solid Edge funktioniert. Siemens PLM Software stellte dort außerdem Solid Edge ST5 vor. Die neue Version enthält mehr als 1.300 von Kunden angeregte Verbesserungen für mehr Produktivität.

Solid Edge ST5 vorgestellt

Siemens PLM Software hat Solid Edge ST5 vorgestellt. Die Erweiterungen von grundlegenden Konstruktionsfunktionen helfen Anwendern dabei, bessere Produkte schneller zu entwickeln. Die aktuelle Version enthält mehr als 1.300 neue Funktionen, die von Kunden angeregt wurden und für mehr Produktivität sorgen. Siemens PLM Software stellt ebenfalls den Solid Edge Mobile Viewer vor. Dabei handelt es sich um eine neue und kostenfreie 3D-Applikation (App) für das iPad, die den Zugriff auf Konstruktionsdaten erweitert und so bei Unternehmen für eine bessere Zusammenarbeit sorgt.

Siemens PLM Software hält Spitzenposition

Siemens PLM Software, eine Business Unit der Siemens-Division Industry Automation und weltweit tätiger Anbieter von Software und Services für das Product Lifecycle Management (PLM), ist im elften

Jahr in Folge Marktführer in der Kategorie collaborative Product Definition management (cPDM), dem am schnellsten wachsenden Segment der Branche. Das führende PLM-Managementberatungs- und Analystenhaus CIMdata stufte das Unternehmen an erster Stelle ein. CIMdata klassifizierte Siemens PLM Software außerdem das siebte Jahr in Folge als Marktführer im Segment Digital Manufacturing. Siemens PLM Software bietet im Bereich cPDM die Software Teamcenter an, die weltweit am häufigsten genutzte Software für digitales Lifecycle-Management. Außerdem ist mit Tecnomatix die am weitesten verbreitete Software für den Bereich digitale Fabrik verfügbar. Die Ergebnisse basieren auf detaillierten Daten und Analysen des PLM-Marktes. CIMdata veröffentlichte sie Ende März und wird sie in dem in Kürze erscheinenden „2012 PLM Market Analysis Report“ genauer erläutern.

Johnson Controls setzt auf Teamcenter

Siemens PLM Software, eine Business Unit der Siemens-Division Industry Automation und weltweit tätiger Anbieter von Software und Services für das Product Lifecycle Management (PLM), gab heute bekannt, dass sich der Geschäftsbereich Automotive Experience von Johnson Controls für Teamcenter entschieden hat. Die Software wird zum Unternehmensstandard für Zusammenarbeit und Prozessintegration in der gesamten globalen Produktentstehung. Mit mehr als 200 Produktionsanlagen weltweit gehört Johnson Controls zu den Top Ten der Automobilzulieferer und ist der branchenweit größte Lieferant von Sitzen. Das Unternehmen entschied sich nach einer umfassenden Evaluierungsphase für Teamcenter, das weltweit am häufigsten eingesetzte PLM-System und das führende System in der globalen Automobilindustrie. In den Evaluierungsprozess einbezogen waren auch der bestehende PLM-Anbieter von Johnson Controls sowie ein weiterer, bekannter PLM-Anbieter.

General Motors Supplier of the Year Award für IT

Siemens PLM Software hat den begehrten General Motors Supplier of the Year Award für 2011 erhalten. Die Zeremonie fand am 13. März 2012 im Detroit Institute of Arts statt. General Motors (GM) begründet die Auszeichnung damit, dass Siemens PLM Software das Unternehmen maßgeblich dabei unterstützt, weltweit Fahrzeuge in bester Qualität zu konstruieren, zu bauen und zu verkaufen. Siemens PLM Software hat den Preis bereits zum vierten Mal gewonnen. GM bewertet Zulieferer in verschiedenen Kategorien, darunter Qualität, Service, Technologie und Preis.

www.siemens.com/plm

TECOSIM VENTURE

Tecosim entwickelt Olympische Fackel

Derzeit wird die berühmteste Fackel der Welt durch Großbritannien und Irland getragen: 8.000 Läufer durchqueren 70 Tage lang das Vereinigte Königreich, bevor das Olympische Feuer am 27. Juli bei der Eröffnungszeremonie feierlich entzündet wird. Für die technische Entwicklung der symbolträchtigen Fackel zeichnete das Engineeringunternehmen Tecosim verantwortlich. Die zentrale Aufgabe von Tecosim war, das prämierte, offene Design der Fackel mit ihren 8.000 Löchern in eine zuverlässige Konstruktion zu überführen. Dabei wurden zahlreiche Faktoren am Computer simuliert und angepasst. Die Ingenieure der britischen Tochter von Tecosim – ein Spezialist für Berechnung und Simulation – arbeiteten bereits in den frühen Phasen der Entwicklung eng mit den Designern zusammen. Mit Hilfe von CAE (Computer Aided Engineering) simulierten sie das Gesamtverhalten der Fackel, optimierten die einzelnen Komponenten und prüften die Funktion unter allen möglichen Einsatzszenarien. Dabei stand die Sicherheit der Fackelläufer stets im Mittelpunkt. Gleichzeitig arbeiteten die Berechnungs- und Entwicklungsingenieure eng mit

dem Hersteller des Brennersystems zusammen um sicherzustellen, dass die Flamme den berühmten britischen Wetterverhältnissen mit viel Wind und Regen standhält.

www.tecosim.de

TRANSTEC

Gemeinsam gegen den Fachkräftemangel

Die transtec AG und die Gewerbliche Schule Tübingen wollen zukünftig eng kooperieren. Jugendliche sollen praxisorientierte Perspektiven entwickeln, die ITler wollen damit dem Fachkräftemangel begegnen. Das Technische Gymnasium und die transtec AG waren noch nie weit voneinander entfernt. Die weiterführende Schule und der börsennotierte Anbieter von IT-Lösungen trennt nur ein kurzer Steinwurf über das Tübinger Gewerbegebiet „Steinlachwasen“. Der räumlichen Nähe soll nun auch die inhaltliche folgen. In dieser gemeinsamen Absicht unterzeichneten gestern Schulleiter Erwin Horrer und Transtec-Personalleiter Daniel Speidel einen unbefristeten Kooperationsvertrag nach Vermittlung durch die Industrie- und Handelskammer (IHK) und unter dem Dach ihres Programms „Wirtschaft macht Schule“. Mit der förmlichen Kooperation verfolgen die frischgebackenen Partner nun ein konkretes, gemeinsames Ziel: Man will auf beiden Seiten Interesse unter den Jugendlichen wecken. Interesse an der realen Wirtschaftswelt - fernab von rein theoretischen Lerninhalten. Dies soll durch vielfältige Projekte und gemeinsame Lernangebote gelingen. transtec will den Schülern mit außerschulischen Angeboten Einblicke in das praxisorientierte Betriebsgefüge des börsennotierten Unternehmens geben. Inforunden mit aktuell beschäftigten Auszubildenden, Betriebsführungen mit

Schülergruppen, Praktikumsangebote aber auch Infoveranstaltungen zu Gunsten der Lehrerschaft, zählen neben Unterrichtsbesuchen zu den konkreten Vorhaben. Sie alle sollen dazu beitragen, Schwellenängste abzubauen und den Jugendlichen einen realen und praxisnahen Eindruck abseits der Schulbänke zu vermitteln.

transtec bietet IBM Computing-Revolution für den Mittelstand

transtec nimmt als IBM Premier Business Partner die neue Produktkategorie Expert Integrated Systems von IBM in sein Portfolio für IT-Infrastruktur-Lösungen. Als erste überhaupt verfügen die Systeme mit dem Namen IBM PureSystems über eingebautes Expertenwissen, das auf der jahrzehntelangen Erfahrung im IT-Betrieb für zehntausende Kunden in 170 Ländern basiert. Sie integrieren alle benötigten physischen und virtuellen IT-Elemente, Hardware wie Software, in einer Lösung. Für die Anwender führt das zu einer deutlichen Reduktion der Ressourcen, die sie bisher für Installation und Betrieb ihrer IT-Infrastruktur aufwenden. Damit leitet IBM eine Revolution des Computings ein.

www.transtec.de

TRANSVALOR

Thercast: Simulationssoftware für Strang- und Blockguss

Thercast ist eine 3D Finite-Element-Software der französischen Firma Transvalor zur Simulation von Block- und Stranggussprozessen von Stahl und anderen Metallen. Die zahlreichen thermischen und mechanischen Eigenschaften des Gießprozesses sind in einem einzigen Modell und einem einzigen Algorithmensatz zusammengefasst. Dies bedeutet, dass eine präzise

Modellierung der sehr komplexen Beziehungen zwischen dem flüssigen, erstarrenden und festen Metall und sämtlichen Elementen des Gießprozesses möglich ist, ohne alternative Software-Tools unterschiedlicher Anbieter, was u.a. Kompatibilitätsprobleme mit sich bringt, benutzen zu müssen.

www.transvalor.com

WENGER ENGINEERING

Wenger Engineering GmbH ist zertifizierter Matlab Consultant

Wenger Engineering GmbH, erfolgreicher Anbieter innovativer Thermodynamiklösungen sowie von Dienstleistungen im Bereich Wasserstofftechnik, ist zertifizierter Matlab Consultant. Nach erfolgreicher Zertifizierung bietet Wenger Engineering nun auch Coaching und Consulting für Matlab sowie Simulink an. Matlab/Simulink ist eine der führenden Programmierumgebungen für Ingenieure. Ursprünglich konzipiert für die numerische Lösung von matrixbasierten Gleichungssystemen, hat sich Matlab in den vergangenen Jahren zu einem der umfangreichsten Werkzeuge im Simulationsumfeld entwickelt. Bereits seit der Gründung des Unternehmens 2007 setzen die Wenger Ingenieure Matlab in den unterschiedlichsten Projekten erfolgreich ein. Als offiziell zertifizierter Matlab-Consultant mit langjähriger Erfahrung gewährleistet Wenger Engineering einen effizienten und produktiven Einsatz der Softwarewerkzeuge und hilft Unternehmen so bei der Steigerung ihrer Wettbewerbsfähigkeit. Die Stärken des Unternehmens liegen insbesondere im Bereich Wärmeübertragung, Thermodynamik und chemische Reaktionstechnik.

www.wenger-engineering.de

Bitte senden Sie uns Ihre Pressemitteilungen an magazin@nafems.de.

Die hier veröffentlichten Texte wurden nicht redaktionell redigiert und weitgehend unverändert von den jeweiligen Firmen übernommen.

NAFEMS e-Learning Kurs: Structural Optimization

12.07. (4 Wo) Internet www.nafems.org/e-learning

NAFEMS

NAFEMS e-Learning Kurs: Practical Introduction to CFD

12.07. (4 Wo) Internet www.nafems.org/e-learning

NAFEMS

Reparatur von Composites – Erkennen, analysieren und fachgerecht reparieren

28.08. Frankfurt, D www.avk-tv.de

AVK

NAFEMS Trainingskurs: Einführung in die praktische Anwendung der FEM

03.-05.09. Wiesbaden, D www.nafems.org

NAFEMS

Deutsche SIMULIA Konferenz

17.-18.09. Hamburg, D www.3ds.com

Dassault Systemes

Husum WindEnergy

18.-22.09. Husum, D www.husumwindenergy.com

Messe Husum

SIMPACK Conference Wind and Drivetrain

26.09 Hamburg www.simpack.com/simpack-events.html

Simpack AG

Norddeutsches Simulationsforum

27.09. Hamburg, D www.cae-forum.de

Pike Engineering

LS-DYNA Forum

09.-10.10. Ulm, D www.dynamore.de

DYNAmore

SimManager User Meeting

09.10. München, D www.mscsoftware.com

MSC.Software

Marc User Meeting

10. -11.10. München, D www.mscsoftware.com

MSC.Software



NAFEMS European Conference on Multi-Physics

16.-17.10. Frankfurt, D www.nafems.org/mp2012

NAFEMS

Optimus World Conference

16.-17.10. München, D www.noesisolutions.com

Noesis Solutions

AVL Advanced Simulation Technologies Konferenz

23.-24.10. Heidelberg, D www.avl-ast.de

AVL

EuroBlech

23.-27.10. Hannover, D www.euroblech.com

Mack Brooks Exh.

Int. Kongress: Composites in Automotive & Aerospace

24.-25.10 München, D www.composites-kongress.de

MunichExpo GmbH

ISCM - International Symposium on Composites Manufacturing

24.-25.10 Stade, D www.iscm.eu

NLR / DLR

ANSYS Conference & CADFEM Users`Meeting

24.-26.10. Kassel, D www.usersmeeting.com Ansys/Cadferm

SIMPACT Academy

30.-31.10. München, D www.simpact.com/simpact_academy.html Simpack AG

NAFEMS Seminar: Schallentstehung und -ausbreitung in Festkörpern und Fluiden

06.-07.11. Wiesbaden, D www.nafems.org/aku2012 NAFEMS

simvec

20.-21.11. Baden-Baden, D www.simvec.de vdi Wissensforum

NAFEMS Trainingskurs: Introduction to CFD Analysis: Theory and Applications

26.-27.11. Wiesbaden, D www.nafems.org NAFEMS

Euromold

27.-30.11. Frankfurt, D www.euromold.com Demat

2013

NAFEMS Seminar: Strömungssimulation (CFD)

18.-19.03. Wiesbaden, D www.nafems.org NAFEMS

NAFEMS Seminar: Konzeptfindung durch den Einsatz von Simulationen

20.-21.03. Wiesbaden, D www.nafems.org NAFEMS



www.nafems.org/congress

including the International Conference:

spdm

SIMULATION PROCESS AND DATA MANAGEMENT (SPDM)

www.nafems.org/congress

Weitere NAFEMS Veranstaltungen finden Sie unter www.nafems.org/events

Vergleich und Bewertung von Methoden zur Vorhersage von herstellungsinduzierter Residualspannungen und Verformungen von CFK-Strukturen

Tobias Wille, Sebastian Freund, Robert Hein
(Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR))

Kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe (CFK) finden zunehmend in verschiedenen Industriezweigen ihre Anwendung. Dennoch stellt u.a. die Bestimmung der Prozessparameter in der Produktion eine große Herausforderung dar, um die Prozesszeiten und den Energieverbrauch zu minimieren und gleichzeitig die erforderliche Bauteilqualität zu gewährleisten. Wesentliche Aspekte sind eingelagerte Eigenspannungen und prozessinduzierte Verformungen, welche aufgrund der chemischen Schwindung des Harzes und der thermischen Ausdehnung von Bauteil und Werkzeug während der Herstellung resultieren.

Obwohl in den letzten Jahren bereits mehrere numerische Simulationsmethoden zur Prozessvorhersage entwickelt worden sind, werden im industriellen Umfeld zumeist empirische Methoden eingesetzt, um die prozessinduzierten Verformungen abzuschätzen. Dies ist hauptsächlich in der komplexen Anwendung der Simulationsmethoden und der hohen Sensitivität bzgl. der zu wählenden Materialparameter und Randbedingungen begründet. Um eine verlässliche und zeiteffiziente Vorhersage zu ermöglichen, sind daher robuste Methoden bereitzustellen, experimentell zu validieren und vollständig in die aktuellen industriellen Prozessketten zu integrieren.

Im Rahmen dieser Veröffentlichung werden aktuelle wesentliche Vorhersagemethoden diskutiert, die sowohl auf thermo-chemisch-mechanisch-gekoppelten Ansätzen als auch auf einem thermoelastischen Ansatz beruhen. Daraufhin erfolgt eine Evaluation der verschiedenen Methoden hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit, Rechenzeit und Vorhersagefähigkeit am Beispiel einer stringerversteiften Haut. Anschließend wird eine Empfehlung zur Vorhersage von prozessinduzierten Eigenspannungen und Verformungen gegeben.

1 Einleitung

Insbesondere mit zunehmender Bauteildicke werden erhöhte Anforderungen an den Herstellungsprozess von CFK-Bauteilen gestellt, um eine möglichst gleichmäßige Erwärmung und Aushärtung zu gewährleisten. U.a. ist die Entstehung von sogenannten Hot-Spots zu vermeiden, welche aufgrund der starken Exothermie des Harzes während seiner chemischen Reaktion und der geringen Wärmeleitfähigkeit des CFK quer zur Faserrichtung entstehen können.

Zur Aushärtung wird das Bauteil zunächst von außen über Konvektion, Strahlung und thermischen Kontakt erwärmt und dadurch die chemische Reaktion initiiert, welche mit der Freisetzung von Reaktionswärme verbunden ist. Insbesondere bei dickeren Bauteilen kann diese Reaktionswärme jedoch nur langsam abgeführt werden und resultiert in einen Temperaturanstieg, welcher wiederum die Harzreaktion beschleunigt. Bei einer ungünstigen Wahl von Erwärmungsmethoden und Prozessparametern besteht daher die Gefahr einer Degradation der Materialeigenschaften (Steifigkeiten und Festigkeiten).

Des Weiteren sind die prozessinduzierten Eigenspannungen von CFK-Bauteilen zu beachten, welche aufgrund von räumlichen und zeitlichen Gradienten der Temperaturfelder und Aushärtungsgrade während der Herstellung entstehen. Dieser Spannungszustand kann kritische Werte annehmen und damit die mechanische Belastbarkeit (Restfestigkeit, Matrix-Risse, Delaminationen) und Formstabilität des Bauteils stark beeinflussen (White und Hahn [1], [2]).

Da die Bauteileigenschaften maßgeblich von der Höhe und vom Verlauf der aufgetragenen Prozesstemperatur im gesamten Bauteil abhängen, ist eine Optimierung der Prozessführung notwendig, mit dem Ziel einer voll-

ständigen homogenen Aushärtung des Bauteils mit minimalen Residualspannungen. In den letzten Jahrzehnten wurden daher verschiedene numerische Simulationsmethoden entwickelt, um die Vorhersage von Temperaturgradienten und Aushärtungsgraden (u.a. [1]-[10]) sowie die Optimierung der Prozesszyklen für bestimmte Anwendungsfälle zu ermöglichen (u.a. [11], [12]).

Da diese Methoden bislang noch nicht standardmäßig in aktuelle industrielle Prozessketten zur Entwicklung von Faserverbundbauteilen integriert wurden, stellen die sehr zeit- und kostenaufwendigen empirischen Vorgehensweisen immer noch den aktuellen Stand-der-Technik zur Kompensation von prozessinduzierten Verformungen dar. Im folgenden Abschnitt werden allgemeine Herangehensweisen vorgestellt und auf deren Möglichkeiten und Grenzen im industriellen Einsatz hingewiesen.

2 Allgemeine Herangehensweisen

Im Allgemeinen können drei unterschiedliche Ansätze zur Vorhersage von prozessinduzierten Verformungen von CFK verfolgt werden: empirische, simulationsbasierte und semi-analytische (vgl. *Abb. 1*). Der konventionelle Ansatz ist rein empirisch. Um eine geeignete Lösung zu finden muss eine Vielzahl von Einflussgrößen und Prozessparametern nacheinander untersucht werden, so z.B. Werkzeugmaterial und Geometrie (thermoelastische Effekte), Werkzeugoberflächeneigenschaften, Aushärtungstemperaturen und Aushärtungszeiten, Heiz- und Kühlraten, räumliche Verteilung der Werkzeugtemperaturen (Vermeidung von Hot Spots) und Druckverteilungen. Außerdem sind oftmals faserverbundspezifische Parameter, wie z.B. Lagenradien, Lagenausläufe oder Abstufungen zu modifizieren, um die Fertigung zu ermöglichen und resultierende Bauteilverformungen zu verringern. Obwohl die Hersteller von Faserverbundstrukturen über große Erfahrungen in der Prozessgestaltung verfügen, ist dieser empirische Ansatz oftmals sehr zeit- und kostenintensiv, da eine hohe Anzahl von Parametersätzen abzusichern ist.

Die simulationsbasierten Ansätze können grundsätzlich in phänomenologische und mechanistische untergliedert werden. Mechanistische werden bspw. verwendet, um die tatsächliche Vernetzung des Harzes zu beschreiben und hiervon die reaktionskinetischen Materialmodelle der Duromere abzuleiten. Damit stellen diese mechanistischen Ansätze den größten Komplexitätsgrad dar und sind aufgrund des erheblichen Aufwands zur Modellentwicklung, Parameterbestimmung und Anwendung weniger gut zur Simulation der Harzaushärtung und Bauteilverformung geeignet als die phänomenologischen Ansätze. Mittels phänomenologischer Beschreibungen wird das äußerlich messbare Materialverhalten unter zugehörigen Prozessrandbedingungen abgebildet, wie z.B. die Reaktionswärme, die Schwindung des Harzes oder die Bauteilverformung. Zur Bestimmung der phänomenologischen Modelle und deren Modellparameter ist mit zunehmendem Komplexitätsgrad ebenfalls eine große Anzahl von Messungen auf der Material/Coupon-Ebene durchzuführen. Sobald die notwendigen Parameter ermittelt worden sind, können die Modelle jedoch für einen breiten Anwendungsbereich (z. B. beliebige Bauteilgeometrie, Lagenaufbau und Prozessführung) eingesetzt werden, um die CFK-Aushärtung vorherzuberechnen.

Reine simulationsbasierte Ansätze erfordern zumeist einen großen Aufwand zur Bestimmung der Modellparameter und können bei der Simulation großer Bauteile sehr rechenintensiv sein. Daher kann es in einigen industriellen Anwendungsfällen sinnvoll sein, die empirischen Ansätze mit den simulationsbasierten Ansätzen zu kombinieren. Ein Beispiel hierfür stellt eine semi-analytische Methode dar, welche die gesamte chemisch und thermisch induzierte Bauteilverformung mithilfe einer thermoelastischen Berechnung annähert ([14], [15]). Als Grundlage hierfür dienen äquivalente thermische Ausdehnungskoeffizienten, welche anhand von Coupon-Proben bestimmt werden. Leider ist dieser Ansatz auf die Berechnung von Bauteilverformungen beschränkt und erlaubt keine Spannungsauswertung. Außerdem ist bei der Anwendung des semi-analytischen Ansatzes darauf zu achten, dass die experimentell ermittelten äquivalenten Ausdehnungskoeffizienten nur für eine bestimmte Bauteilgeometrie, einen Lagenaufbau und einen Prozesszyklus gelten und nicht auf alternative Lagenaufbauten oder Prozessführungen angewendet werden können.

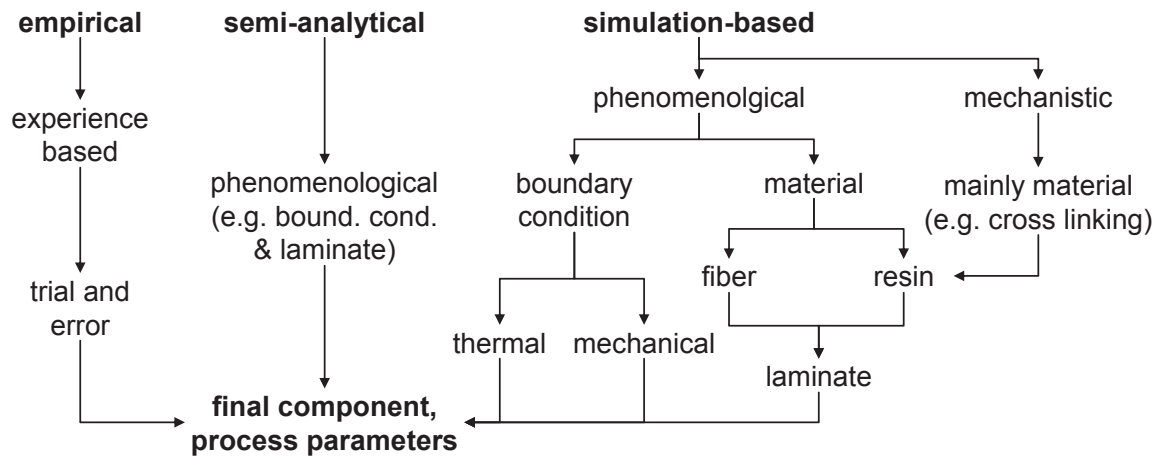


Abb. 1: Ansätze zur Bestimmung von Prozessparametern und Struktureigenschaften.

Grundsätzlich ermöglichen alle drei Ansätze die Bestimmung der endgültigen Bauteilverformung unter geeigneten Prozessparametern. Während die semi-analytischen und simulationsbasierten Ansätze sehr leicht in den Auslegungsprozess der früheren Designphase integriert werden können, müssen die rein empirischen Vorgehensweisen jedoch in der realen Produktionsanlage durchgeführt werden und sind damit oftmals sehr spät, zeit- und kostenintensiv. Im Vergleich zum semi-analytischen Ansatz sind die simulationsbasierten Ansätze allgemeingültig hinsichtlich Bauteilgeometrie, Lagenaufbau und Prozessführung und liefern eine vollständige Beschreibung der Faserverbundeigenschaften während der Herstellung inkl. Residualspannungen. Damit können sie bereits in der Entwicklungsphase zur umfassenden Bewertung der Bauteilqualität und Prozessrobustheit eingesetzt werden.

Im folgenden Abschnitt werden ausgewählte phänomenologische Ansätze zur simulationsbasierten Vorhersage von Residualspannungen und Verformungen detaillierter erläutert.

3 Simulationsbasierte Ansätze

Die Vorausberechnung von prozessinduzierten Verformungen und Eigenspannungen kann generell in zwei Berechnungsschritten erfolgen (Vgl. Abb. 2). Im ersten Berechnungsschritt wird eine Temperaturfeldanalyse durchgeführt, um die Temperaturverteilung unter Berücksichtigung exothermer Reaktionen innerhalb des Bauteils zu ermitteln. Die exothermen Reaktionen sind dabei vom gewählten Temperierungskonzept sowie der Harzkinetik abhängig. Die Harzkinetik wiederum kann mithilfe phänomenologischer Reaktionsmodelle abgebildet werden, auf die näher in Abschnitt 3.1 eingegangen wird. Als Ergebnisgrößen resultieren neben der Temperaturverteilung die räumliche Verteilung des Aushärtungsgrads sowie der Glasübergangstemperatur in Abhängigkeit von der Zeit. In einem zweiten Berechnungsschritt erfolgt eine mechanische Analyse. Basierend auf der gegebenen Temperaturfeldanalyse werden mechanische Dehnungen, z.B. infolge von Temperaturunterschieden oder Tool-Part-Interaktionen, sowie chemische Dehnungen infolge von Harzschwindungen berechnet.

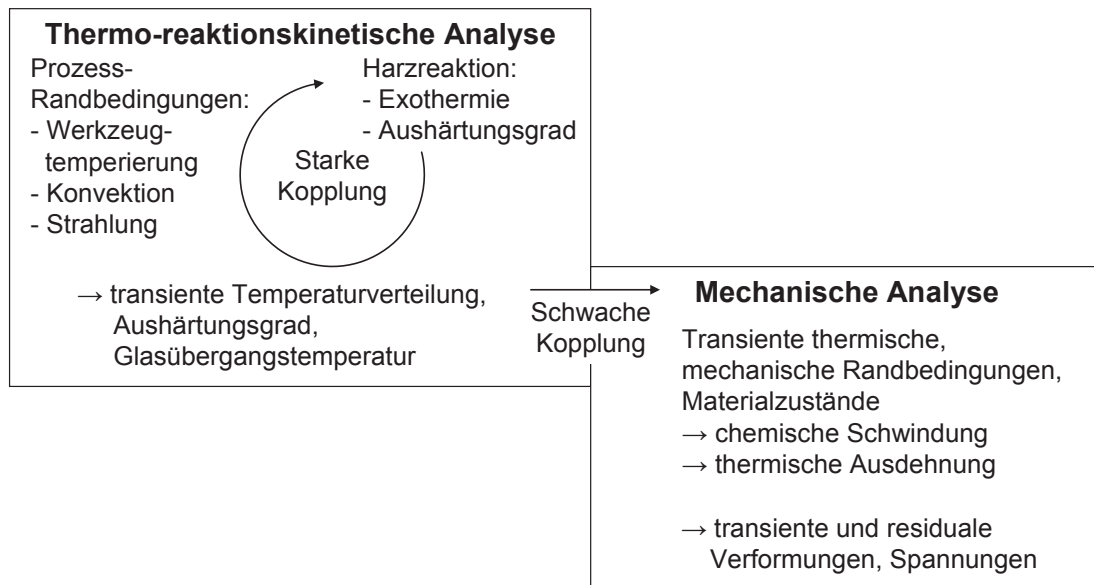


Abb. 2: Annahmen und Berechnungsschritte zur Aushärtungssimulation.

Das Harzsystem geht während der Aushärtung von einem flüssigen über einen gummielastischen in einen glasartigen Materialzustand über. In den einzelnen Materialzuständen ändern sich die thermischen und mechanischen Eigenschaften. Der Wärmeausdehnungskoeffizient bspw. ist im gummielastischen Zustand viel größer als im glasartigen Zustand. Weiterhin werden im gummielastischen Zustand eingefrorene Spannungen aufgrund viskoelastischer Eigenschaften des Harzes teilweise wieder abgebaut. Sowohl experimentelle als auch numerische Untersuchungen [14] haben gezeigt, dass neben den Haupteinflussgrößen wie Wärmeausdehnungs- und Schwindungskoeffizienten, Faservolumengehalt und Prozesszyklus auch der Gelpunkt, das Formwerkzeug, die Bauteildicke und der Lagenaufbau einen entscheidenden Einfluss auf die Größe der Bauteilverformung haben. Mithilfe eines geeigneten Materialmodells, welches die beschriebenen Phänomene berücksichtigt, können prozessinduzierte Verformungen und Eigenspannungen vorausberechnet werden. Beide Feldprobleme, d.h. die Temperaturfeldanalyse und die mechanische Analyse, können in guter Näherung sequentiell gelöst werden, da die Temperaturen zwar die Spannungen und Verformungen beeinflussen aber die Verformungen in der Regel nur unwesentlich die Temperaturen. Im nächsten Abschnitt wird näher auf die Bestimmung der Reaktionskinetik eingegangen.

3.1 Reaktionskinetik

Reaktionsharze können im Ausgangszustand in flüssiger oder fester Form auftreten. Nach Zuführung von Wärme sinkt die Viskosität, und das Harzsystem kann verarbeitet werden. Mit steigender Temperatur und Zeit werden zunehmend kurzkettige organische Polymerverbindungen zu Makromolekülen polymerisiert. Mit zunehmendem Vernetzungsgrad steigt die Viskosität bis der Gelpunkt erreicht ist und das Harz in einen gummielastischen Zustand übergeht (Gelieren). In diesem Zustand kann das Harz nicht mehr weitertransportiert werden. Mit fortschreitender Aushärtung stehen immer weniger Reaktionspartner zur Verfügung, die Reaktionsgeschwindigkeit nimmt ab und das Harz geht in einen glasartigen Zustand über (Vitrifikation). In diesem Zustand sind nur noch diffusions-kontrollierte Reaktionen möglich, die in der Regel sehr langsam verlaufen. Zur Beschreibung des Reaktionsverhaltens von Harzen kann das sog. Time-Temperature-Transition-Diagramm (TTT-Diagramm, Abb. 3) verwendet werden. Hierin sind die Aushärtegradentwicklung und der aktuelle Materialzustand für ein isotherm aushärtendes Harz in Abhängigkeit von der Zeit abgetragen.

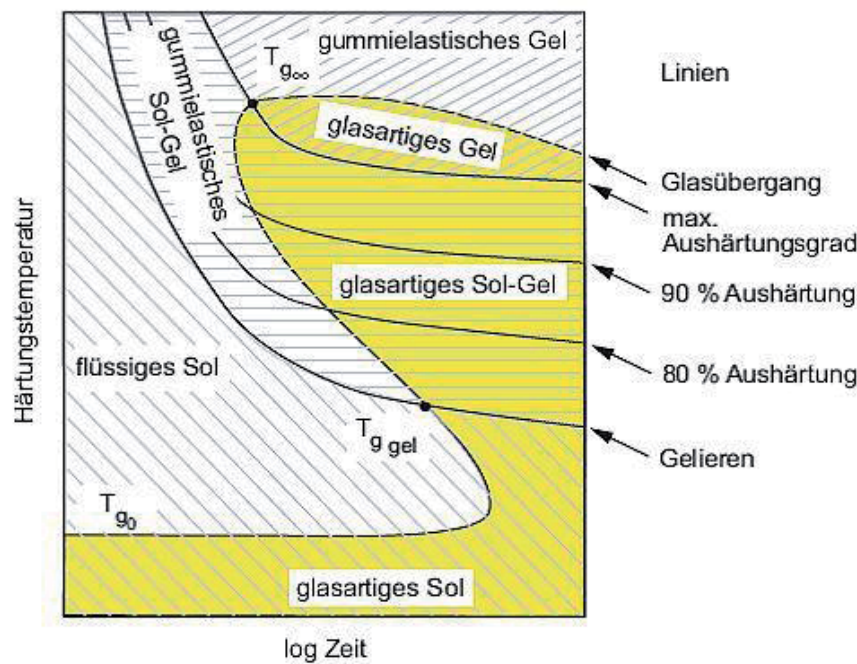


Abb. 3: TTT-Diagramm [17].

Phänomenologische Modelle zur Beschreibung der Harzkinetik basieren auf der Annahme, dass die Gesamtreaktionsgeschwindigkeit dX/dt eine Funktion der Temperatur und des Aushärtegrades X ist.

$$dX/dt = f(T, X)$$

Weiterhin wird angenommen, dass die Reaktionsgeschwindigkeit dX/dt direkt proportional zur zeitlichen Änderung der frei werdenden Reaktionsenthalpie dH/dt ist:

$$\frac{dX}{dt} = \frac{1}{\Delta H_{\text{total}}} \left(\frac{dH}{dt} \right),$$

wobei ΔH_{total} die Gesamtreaktionsenthalpie ist. Sowohl die Gesamtreaktionsenthalpie als auch die aktuelle Reaktionsenthalpie dH/dt lassen sich mithilfe von DSC-Messungen (Differential Scanning Calorimetry) bestimmen. Zur Beschreibung der Reaktionsgeschwindigkeit dX/dt existiert in der Literatur eine Vielzahl von Reaktionsmodellen. Das Modell von Kamal [23] bspw. ist ein sehr verbreiteter Ansatz für eine Vielzahl von Reaktionsharzen. Im Rahmen von mehreren Veröffentlichungen wurde dieses Modell modifiziert und erweitert, um unter anderem auch diffusionskontrollierte Reaktionen berücksichtigen zu können (z.B. [10], [11], [18] oder [19]).

Das in dieser Arbeit verwendete Modell

$$\frac{dX}{dt} = k_1 (X_{\text{max}} - X)^l + k_2 X^m (X_{\text{max}} - X)^n, \quad k_i = A_i \exp \frac{-E_i}{R T}, \quad i = 1, 2,$$

$$X_{\text{max}} = \begin{cases} 1, & T > T_{g\infty} \\ -x_1 (T - x_2)^2 + 1, & T < T_{g\infty} \end{cases}$$

verwendet zwei Arrheniuskonstanten k_1 und k_2 , wobei A_i , E_i , R und T Skalierungsfaktoren, Aktivierungsenergie, universelle Gaskonstante und die aktuelle Temperatur sind. X_{max} beschreibt den maximal möglichen Aushärtegrad, und x_1 , x_2 , l , m und n sind Anpassungsparameter.

Zur Parameteridentifikation wurde die DLR-Software CoPE (Composite Parameter Estimation) entwickelt und implementiert (Abb. 4). Die Software importiert DSC-Daten und berechnet mithilfe bestimmter Optimierungsalgorithmen die einzelnen Anpassungsparameter. Da die DSC-Daten in der Regel mit einem Rauschen überlagert sind, wird nach dem Importieren das Signal zunächst tiefpassgefiltert. Zur Bestimmung der Reaktionsenthalpie muss die Fläche unterhalb des charakteristischen Peaks des gemessenen Wärmestroms und einer sogenannten Basislinie berechnet werden. Die Basislinie dient als Hilfsmittel, um die zu bestimmende Reaktionsenthalpie von anderen thermischen Effekten, wie Änderung der inneren Energie infolge von Temperatur- und/oder Aushärtungsgradänderungen, zu trennen. In CoPE stehen dafür typische Basislinientypen zur Auswahl.

Des Weiteren sind bereits verschiedene Standardreaktionsmodelle implementiert, und neue Modelle können einfach implementiert werden. Dadurch kann CoPE zur Untersuchung neuer mathematischer Modelle unterstützend eingesetzt werden. Nach Auswahl eines Reaktionsmodells sowie Definition der Basislinie berechnet CoPE die Modellparameter mithilfe der Methode der kleinsten Fehlerquadrate. Zur Lösung des Optimierungsproblems wurden in CoPE ein gradientenbasierter und zwei populationsbasierte Optimierer zur Verfügung gestellt. Der gradientenbasierte Optimierer kann genutzt werden, wenn bereits eine gute Abschätzung des Optimums vorliegt, da dieser dann sehr schnell das Optimum findet. Die populationsbasierten Optimierer sind dagegen robuster, d.h. die Gefahr der Konvergenz gegen lokale Minima ist geringer. Die Differentialgleichung dX / dt kann mit den identifizierten Parametern in FE-Programme implementiert und das Aushärtungsverhalten für beliebige Temperaturen simuliert werden. CoPE exportiert dazu z.B. eine FORTRAN-Subroutine für ABAQUS, die den Aushärtungsgrad in Abhängigkeit von der Temperatur und Zeit vorausberechnet und die Berücksichtigung von exothermen Reaktionen ermöglicht.

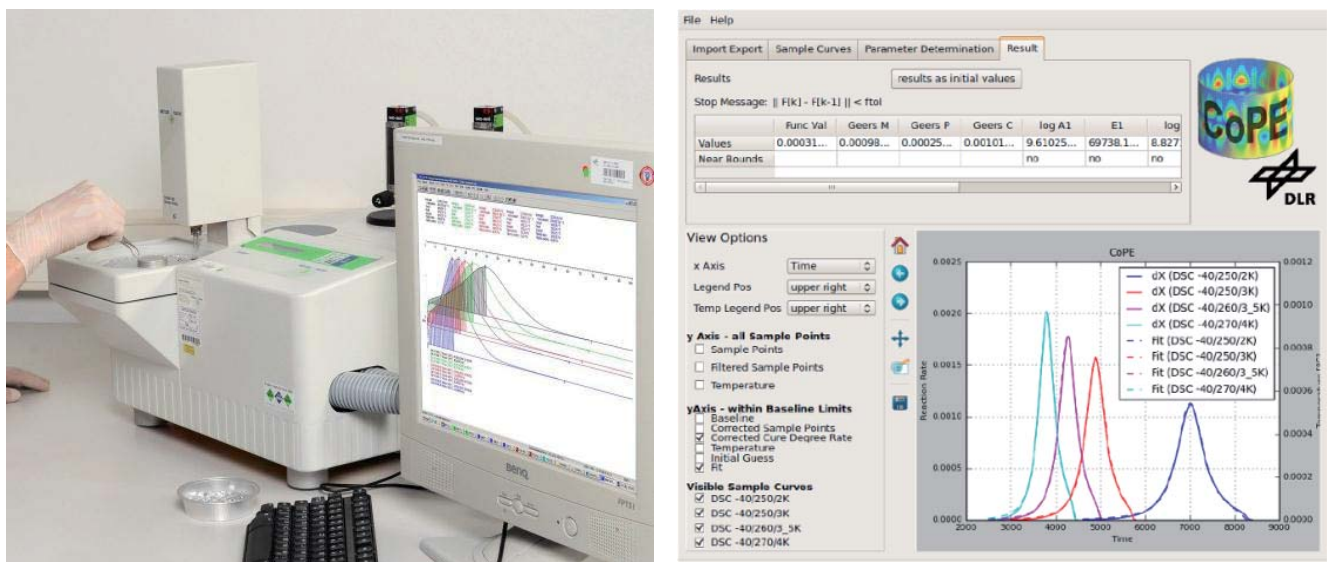


Abb. 4: DSC-Messungen (links) und Parameteridentifikation mithilfe von CoPE (rechts).

3.2 Mechanisches Verhalten

Während der Aushärtung verändert sich der Materialzustand eines Harzes von flüssig, über gummielastisch zu glasartig, wodurch sich die Materialeigenschaften signifikant ändern, z.B. kann der Wärmeausdehnungskoeffizient im gummielastischen Zustand zwei bis dreimal höher sein als im glasartigen Zustand [20]. Weiterhin führen die Kombination aus Schwindungsreaktionen (2-10%) und unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten des Faser- und Harzmaterials zu prozessinduzierten Spannungen. In Faserrichtung sind die Spannungen in der Regel unkritisch, senkrecht dazu können jedoch schnell Festigkeitsgrenzen erreicht werden, da die Materialeigenschaften harzdominiert sind.

In der flüssigen Phase verhält sich das Harz viskos, und es kommt zu keiner Spannungsbildung. Nach dem Gelieren, aber noch vor der Vitrifikation, zeigt das Harz ein viskoelastisches Verhalten. Die Steifigkeiten und damit verbundenen Spannungen sind in dieser Phase gering, wobei Spannungen teilweise relaxieren. Nach Erreichen des Glasübergangs (Vitrifikation) kann das Verhalten als elastisch betrachtet werden. Die Steifigkeiten sind hoch und es können signifikante Eigenspannungen aufgebaut werden, insbesondere bei der Abkühlung

von Aushärtungs- auf Raumtemperatur. Eine detailliertere Beschreibung der einzelnen Phasen wird in [9], [16], [17] gegeben.

Da die Charakterisierung viskoelastischer Materialien sehr komplex ist und viskoelastische Materialmodelle sehr rechenzeitintensiv sind, wurden in der Literatur Vereinfachungen entwickelt. Svanberg [9] stellte in seiner Arbeit beispielsweise ein vereinfachtes viskoelastisches Materialmodell vor, das im folgenden Abschnitt näher erläutert werden soll.

3.2.1 Pfadabhängiges Materialmodell

Linear viskoelastische Materialien lassen sich generell durch Superponierung von Feder- und Dämpferelementen beschreiben. Das Maxwell-Zener-Modell ist bspw. ein Standardmodell zur Beschreibung von Viskoelastizität und besteht aus einem Maxwell-Element, das parallel zu einem Hook-Element geschaltet ist (Vgl. Abb. 5, links). Durch Parallelschaltung von N Maxwell-Elementen (N=Anzahl der Maxwell-Elemente) können auch komplexere Materialverhalten approximiert werden.

Ausgehend von einem allgemeinen viskoelastischen Materialmodell nahm Svanberg [9] an, dass die Spannungen unterhalb der Glasübergangstemperatur (gummielastischer Zustand) sofort relaxieren (Viskosität $\rightarrow 0$). Oberhalb der Glasübergangstemperatur verhält sich das Material elastisch (Viskosität $\rightarrow \infty$). Basierend auf diesen Annahmen ergibt sich:

$$\sigma_{ij} = \begin{cases} C_{ijkl}^r \cdot (\varepsilon_{kl}^{mech} - \varepsilon_{kl}^E) & , \quad T \geq T_g, \quad \eta \rightarrow 0 \\ C_{ijkl}^g \cdot (\varepsilon_{kl}^{mech} - \varepsilon_{kl}^E) - (C_{ijkl}^g - C_{ijkl}^r) (\varepsilon_{kl}^{mech} - \varepsilon_{kl}^E) \Big|_{t=t_{vit}} & , \quad T < T_g, \quad \eta \rightarrow \infty \end{cases}$$

wobei C_{ijkl}^r und C_{ijkl}^g die Steifigkeitstensoren im gummielastischen und glasartigen Zustand sind. ε_{kl}^{mech} und ε_{kl}^E sind die mechanischen und chemischen Dehnungen, wobei ε_{kl}^E sich aus einem thermischen und einem chemischen Anteil zusammensetzt, $\varepsilon_{kl}^E = \varepsilon_{kl}^{th}(T) + \varepsilon_{kl}^{ch}(X)$. Die Glasübergangstemperatur T_g wird mithilfe der DiBenedetto-Gleichung

$$T_g = T_{g0} + \frac{(T_{g\infty} - T_{g0}) \bar{\lambda} X}{1 - (1 - \bar{\lambda}) X}$$

berechnet. Der Materialparameter $\bar{\lambda}$ kann aus Messdaten mittels nichtlinearer Regression bestimmt werden. Zur Implementierung der oben angeführten Gleichungen in ein FE-System müssen diese noch inkrementalisiert werden. Eine detaillierte Beschreibung wird dazu in [9], [24] gegeben. Als Endgleichung ergibt sich nach [9]

$$\Delta \sigma_{ij} = \begin{cases} C_{ijkl}^r \cdot \Delta (\varepsilon_{kl}^{mech} - \varepsilon_{kl}^E) - S_{ij}^I & , \quad T \geq T_g \\ C_{ijkl}^g \cdot \Delta (\varepsilon_{kl}^{mech} - \varepsilon_{kl}^E) & , \quad T < T_g \end{cases}$$

$$S_{ij}^I = \begin{cases} 0 & , \quad T \geq T_g \\ S_{ij}^I + (C_{ijkl}^g - C_{ijkl}^r) \cdot \Delta (\varepsilon_{kl}^{mech} - \varepsilon_{kl}^E) & , \quad T < T_g \end{cases}$$

Die Statusvariable S_{ij}^I speichert die Prozesshistorie und ermöglicht ein Relaxieren des Materials, wenn die Glasübergangslinie überschritten wird. Bei Erreichen der Glasübergangstemperatur ändert sich die Steifigkeit schlagartig, was qualitativ in Abb. 5 rechts dargestellt ist.

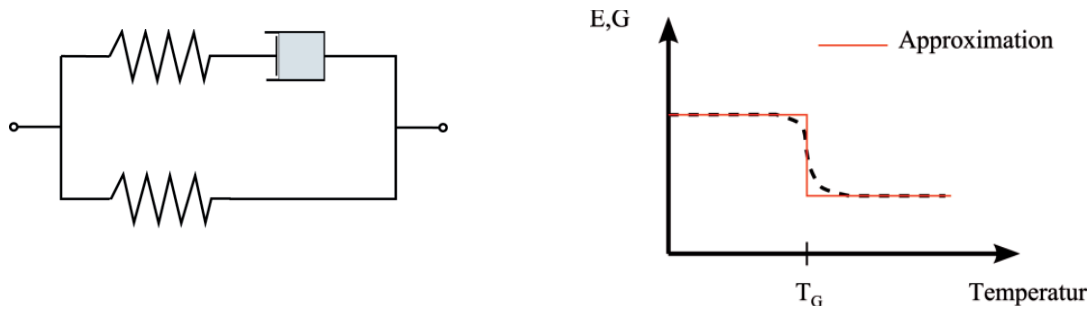


Abb. 5: Maxwell-Zener-Modell (links), pfadabhängiges Materialmodell nach Svanberg [9] (rechts).

Analog zu den Steifigkeiten sind auch die thermischen Wärmeausdehnungs- und Schwindungskoeffizienten abhängig vom Materialzustand. Eine detaillierte Beschreibung des pfadabhängigen Modells wird in [9], [21] gegeben.

Unter bestimmten Voraussetzungen können die Rechenzeiten durch weitere Annahmen reduziert werden. Svanberg [9] unterteilte den Aushärtprozess dazu in charakteristische Prozessschritte, die im nächsten Abschnitt näher erläutert werden.

3.2.2 Thermoelastische Berechnung basierend auf charakteristischen Prozessschritten

Während der Aushärtung können signifikante Punkte identifiziert werden, in denen sich z.B. Materialeigenschaften oder Randbedingungen ändern, wie z.B. das Gelieren, die Verglasung oder Variationen der Temperaturrandbedingungen (z.B. Abkühlen auf Raumtemperatur). Diese Punkte werden in dieser Arbeit verwendet, um sogenannte charakteristische Prozessschritte zu definieren. So kann der in Abb. 6 dargestellte Aushärtprozess in folgende charakteristische Prozessschritte/Berechnungsschritte (BS) unterteilt werden:

- Zeit bis zum Gelieren → Kein Effekt (da Annahme: Material ist viskos → keine Spannungen oder Verformungen)
- Isotherme Aushärtung im gummielastischen Zustand → Harzschwindung
- Isotherme Aushärtung im glasartigen Zustand → Harzschwindung
- Nichtisotherme Abkühlung des vollständig ausgehärteten Materials → thermische Kontraktion

Für diese Vorgehensweise müssen die signifikanten Punkte sowie die Temperatur- und Aushärtegradänderungen der jeweiligen Phasen, z.B. durch eine zuvor durchgeführte Temperaturfeldanalyse (Vgl. Abschnitt 3.1) oder durch Messungen, bekannt sein. Anschließend können die Verformungen und Spannungen der einzelnen Prozesse unter Berücksichtigung des aktuellen Materialzustandes mithilfe thermoelastischer Analysen vorausgerechnet werden.

Hierbei ist zu beachten, dass diese vereinfachte thermoelastische Berechnung nur dann angewendet werden darf, wenn die Aushärtungsgrade und Temperaturen über das gesamte Bauteil konstant sind. Dies ist beispielsweise für dünne Bauteile mit konstanter Dicke und gleichmäßiger Erwärmung häufig gegeben.

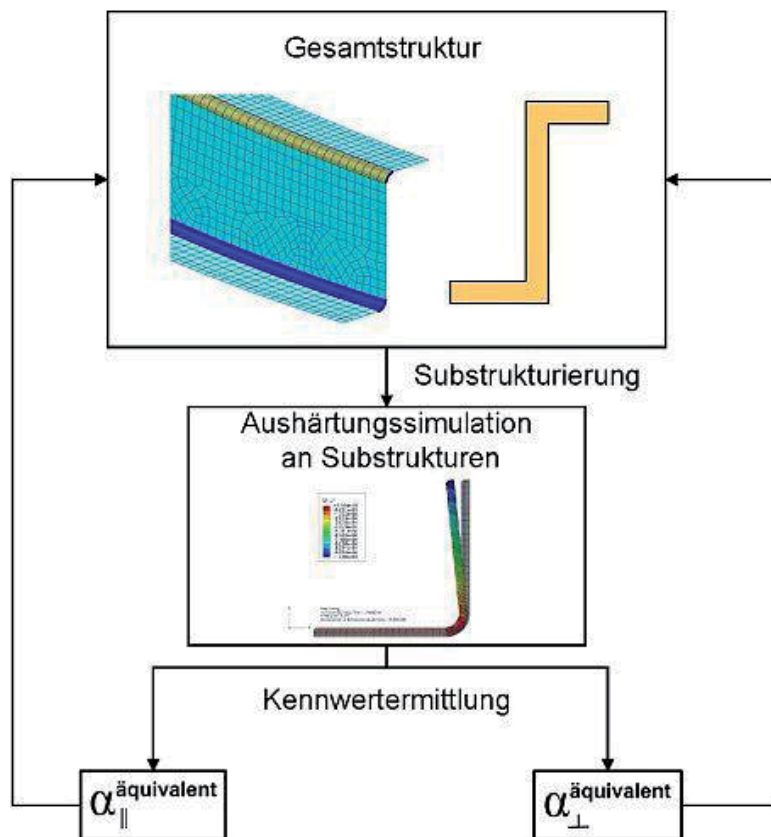
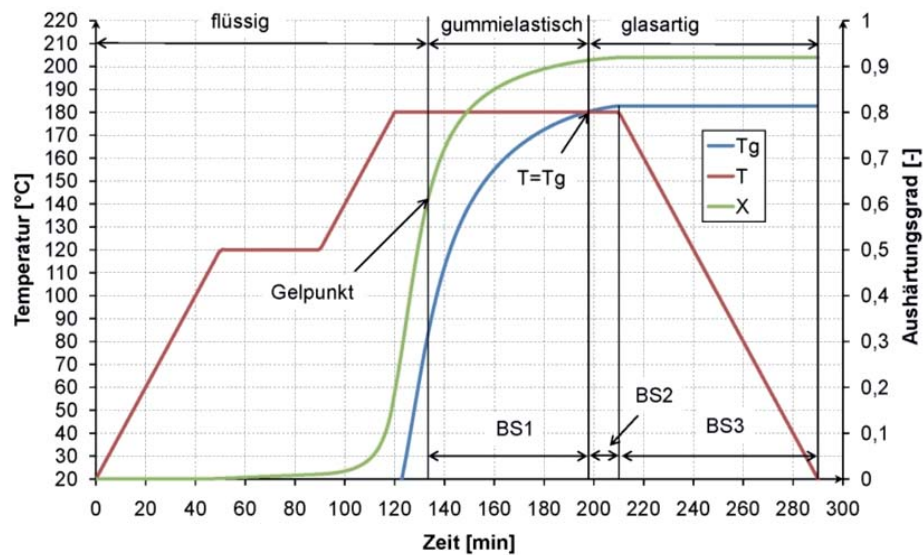


Abb. 6: Prozesstemperatur, Aushärtegrad und Glasübergangstemperatur (links), Flowchart für die simulationsbasierte Abschätzung von äquivalenten thermischen Wärmeausdehnungskoeffizienten (rechts).

Numerische Simulationen auf Coupon-Ebene [22] zeigen eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen einer transienten Rechnung (unter Anwendung des pfadabhängigen Materialmodells) und der vereinfachten thermoelastischen Analyse unter Verwendung von charakteristischen Prozessschritten. Unter Beachtung der zuvor erörterten Gültigkeitsgrenzen (z.B. räumliche Verteilung der Temperaturen und Aushärtungsgrade) können daher grundsätzlich beide Methoden zur Vorausberechnung von prozessinduzierten Verformungen und Spannungen verwendet werden.

3.2.3 Thermoelastische Berechnung basierend auf äquivalenten Wärmeausdehnungskoeffizienten

Die folgende Methode basiert auf einem semi-analytischen Ansatz von Spröwitz et al. [14] und Kleineberg [15]. Bei diesem Ansatz werden zur Vorausberechnung prozessinduzierter Verformungen äquivalente Wärmeausdehnungskoeffizienten eingesetzt, wobei sich diese aus einem thermischen und einem chemischen Anteil zusammensetzen. Die Grundidee dieser Vorgehensweise besteht darin, die Gesamtstruktur virtuell in repräsentative Substrukturen zu unterteilen. Die Substrukturen sind dabei typische Spring-in induzierende Geometrien, wie z.B. Winkel oder Bauteilbereiche mit Radien. Die Substrukturen werden unter identischen Prozessparametern und Materialien wie die später zu fertigende Gesamtstruktur hergestellt, um anschließend die resultierenden Verformungen zu vermessen, z.B. mit einem optischen 3D Vermessungssystem. Im nächsten Schritt werden FE-Modelle der jeweiligen Substrukturen für thermoelastische Berechnungen generiert. Unter Vorgabe einer Temperaturdifferenz ΔT , z.B. die Differenz zwischen Aushärtungs- und Raumtemperatur, werden die thermischen Wärmeausdehnungskoeffizienten in Faserrichtung $\alpha_{\parallel}$ und quer dazu $\alpha_{\perp}$, mithilfe eines Optimierungsalgorithmus solange variiert, bis die Verformung des numerischen Modells mit den Messwerten der Substruktur annähernd übereinstimmt. Die berechneten Wärmeausdehnungskoeffizienten der jeweiligen Substrukturen können dann für eine schnelle thermoelastische Berechnung der Gesamtstruktur verwendet werden.

Basierend auf diesem semi-analytischen Ansatz soll ein modifizierter simulations-basierter Ansatz vorgestellt werden, bei dem der zeit- und kostenintensive experimentelle Anteil (Materialkosten, Probenherstellung, Nacharbeitung, Vermessung) durch Simulationen teilweise substituiert werden kann.

Die Abb. 6 rechts zeigt die Idee der Substrukturierung am Beispiel eines Flugzeugspants, der in kleinere L-Profile zerlegt wurde. Für jede Substruktur können die prozessinduzierten Verformungen, z.B. unter Verwendung des pfadabhängigen Materialmodells, durch eine transiente Temperatur-Verformungs-Analyse vorausberechnet werden. Die ermittelten Verformungen bilden die Grundlage für die anschließende Bestimmung der äquivalenten Wärmeausdehnungskoeffizienten, die mithilfe thermoelastischer Berechnungen identifiziert werden können. Das FE-Modell für die thermoelastischen Berechnungen sollte dabei die gleiche Diskretisierung wie das FE-Modell der Gesamtstruktur besitzen. Da der Einfluss von $\alpha_{\parallel}$ auf die Verformungen deutlich kleiner ist als von $\alpha_{\perp}$, kann $\alpha_{\parallel}$ in den thermoelastischen Analysen konstant gehalten und $\alpha_{\perp}$ variiert werden. Nach Durchführung mehrerer thermoelastischer Berechnungen und Auswertung der Verformungen wird $\alpha_{\perp}$ mittels linearer Regression (lineares Materialmodell) und unter Verwendung des Ergebnisses der transienten Temperatur-Verformungs-Analyse berechnet. In einer abschließenden thermoelastischen Analyse mit den äquivalenten Wärmeausdehnungskoeffizienten werden die prozessinduzierten Verformungen für die Gesamtstruktur berechnet.

4 Anwendung der Methoden auf eine Haut-Stringer-Verbindung

In diesem Kapitel sollen die beschriebenen simulationsbasierten Methoden am Beispiel einer Haut-Stringer-Verbindung (Abb. 6) demonstriert werden. Die verwendete Verbundstruktur wurde erstmalig von Johnston [16] veröffentlicht und besteht aus 12 AS4/8552 Prepreg-Lagen ($0^{\circ}/90^{\circ}$, $t=0.308$ mm) mit einem quasiisotropen $[45^{\circ}, 90^{\circ}, -45^{\circ}, 0^{\circ}, 45^{\circ}, 90^{\circ}]_s$ Lagenaufbau. Zum Vergleich der einzelnen Methoden wurden drei Analysen durchgeführt:

- A) Transiente Simulation unter Verwendung des pfadabhängigen Materialmodells
- B) Vereinfachte thermoelastische Simulation unter Verwendung charakteristischer Prozessschritte
- C) Vereinfachte thermoelastische Simulation unter Verwendung äquivalenter thermischer Wärmeausdehnungskoeffizienten

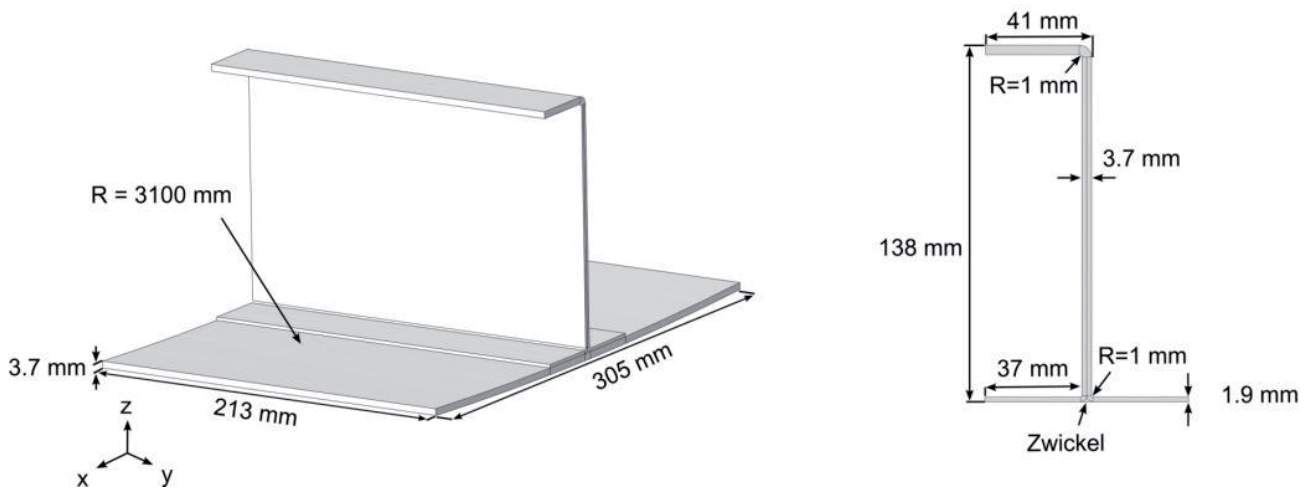


Abb. 7: Haut-Stringer-Verbindung

Für die transiente Simulation mit dem pfadabhängigen Materialmodell (A) wird jede Einzellage mit einem linearen Hexaeder-Element (C3D8) in Dickenrichtung diskretisiert (vgl. Abb. 8, links). Schalenelemente können nicht eingesetzt werden, da es sich aufgrund von Schwindungsreaktionen in Dickenrichtung um ein dreidimensionales Problem handelt. In Abb. 10 A) sind die vorausgerechneten prozessinduzierten Verformungen dargestellt. Die maximale out-of-plane Verschiebung der Haut beträgt 0.76mm und soll als Referenz betrachtet werden. Die Berechnungszeit für die Temperatur-Verformungs-Analyse beträgt 107min (vgl. Tab 1).

Für die Methode der charakteristischen Prozessschritte (B) werden zwei Berechnungsmodelle eingesetzt. Innerhalb des ersten Berechnungsschrittes erfolgt eine transiente Temperaturfeldanalyse, um die einzelnen Prozessschritte (siehe Abb. 6) zu identifizieren. Dazu wird das FE-Modell aus der transienten Temperatur-Verformungs-Analyse verwendet. Die Berechnungszeit beträgt 27min. In einem zweiten Berechnungsschritt erfolgt die Bestimmung der Verformungen für die in 3.2.2 vorgestellten charakteristischen Prozessschritte (BS1, BS2 und BS3) mithilfe thermoelastischer Berechnungen und unter Verwendung quadratischer Composite Solid Elemente, wobei hier ein Element über die Gesamtbau-teildicke verwendet wird. Aufgrund der geringeren Elementanzahl reduziert sich die Berechnungszeit auf 3min. Sowohl die maximale Verschiebung (0.75mm) als auch die Spannungsverteilung zeigten eine hinreichend genaue Übereinstimmung mit dem Referenzmodell (vgl. Abb. 10 B).

Für die dritte Methode (C) wird zur Identifikation der äquivalenten Wärmeausdehnungskoeffizienten ein L-Profil als Substruktur definiert (vgl. Abb. 9). Die transiente Temperatur-Verformungs-Analyse der Substruktur (1 lineares Hexaeder-Element pro Einzellage in Dickenrichtung) dauert 11min., inkl. der anschließenden Regressionsanalyse zur Bestimmung der äquivalenten Wärmeausdehnungskoeffizienten, wobei für die thermoelastischen Analysen das FE-Modell der Substruktur verwendet wird. Die angegebene Zeit bezieht sich dabei lediglich auf die reine Berechnungszeit. Der zeitliche Mehraufwand zur Erstellung des Substrukturmodells und zur Auswertung der Ergebnisse ist jedoch nicht zu vernachlässigen. Die anschließende thermoelastische Analyse der Haut-Stringer-Verbindung mit den äquivalenten Wärmeausdehnungskoeffizienten dauert 1min, wobei das FE-Modell von Methode A) verwendet wird. Für die maximale Verschiebung der Haut ergibt sich mit 0.64mm (vgl. Abb. 10 C) eine Abweichung von rund 20% gegenüber dem Referenzmodell. Die große Differenz resultiert zum einen aus abweichenden Randbedingungen der Substruktur gegenüber der Gesamtstruktur und zum anderen aus der Wahl der Substruktur selbst. Bei der Definition der Substruktur muss sichergestellt werden, dass sämtliche spring-in beeinflussende Faktoren berücksichtigt werden, was den Einsatz dieser Methode bei Strukturen mit zunehmender Komplexität limitieren kann.

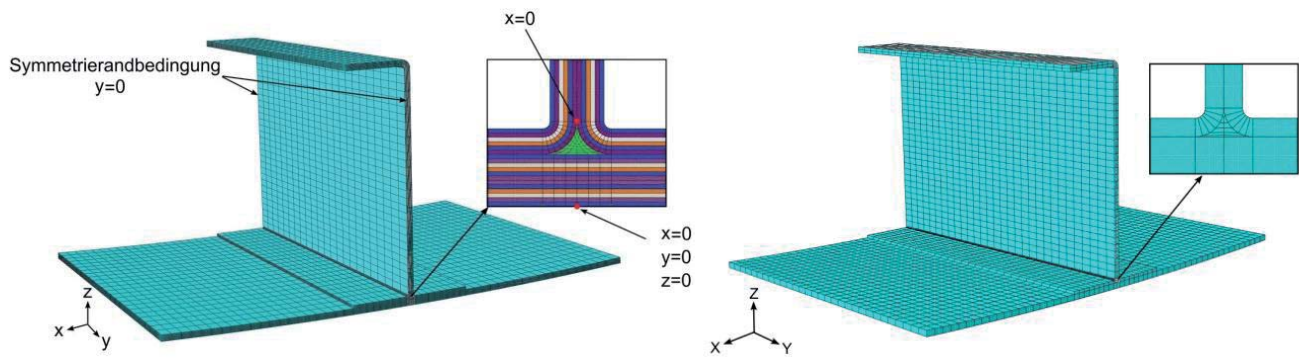


Abb. 8: Model mit einem Solid-Element in Dickenrichtung pro Lage (links),
Model mit Composite Solid Elementen (rechts)

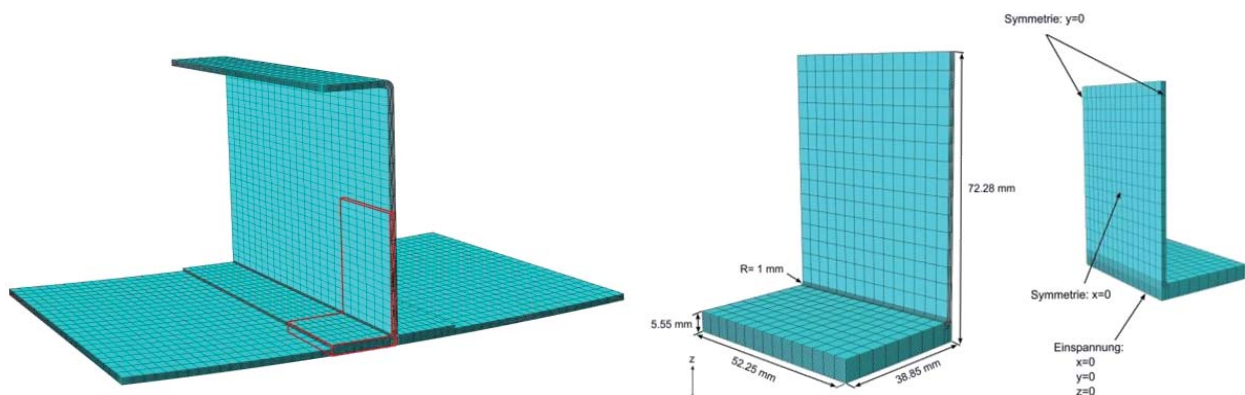
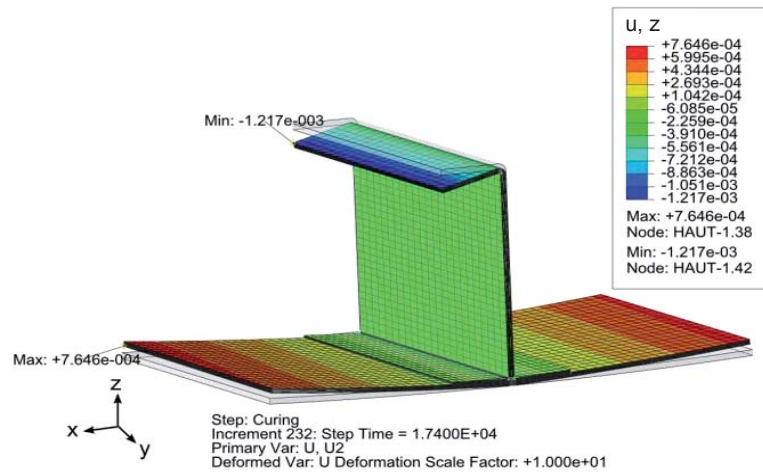


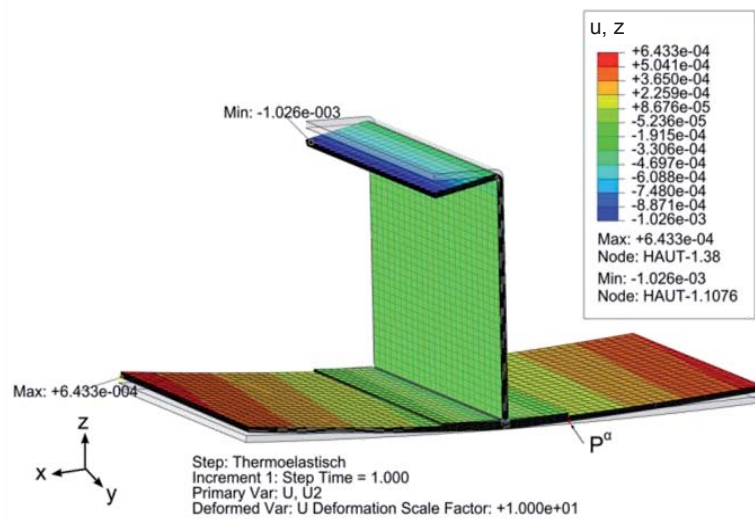
Abb. 9: L-Profil als Substruktur

Model	Max displacement [mm]	Computation time [min]
A) Full transient path-dependent model	0,76	107+0
B) Characteristic process steps	0,75	27+3
C) Equivalent coefficients of thermal expansion	0,64	11+1

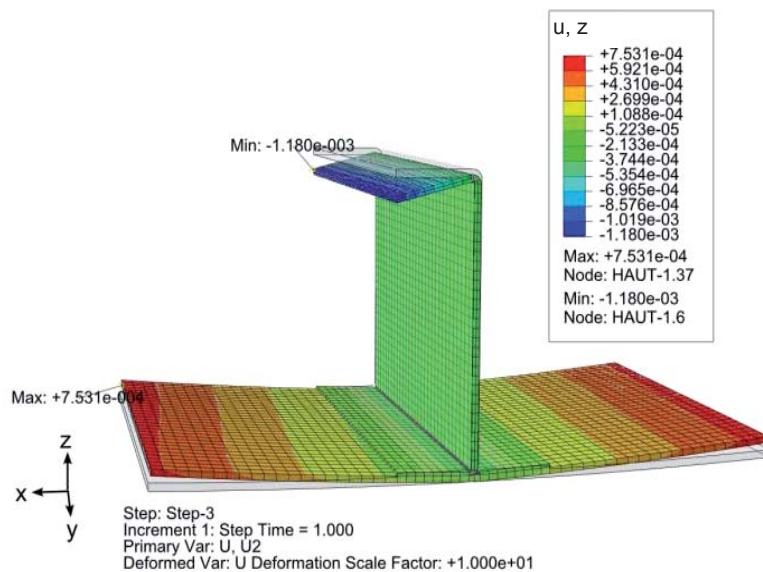
Tab. 1: Maximale Verformung de Haut und Rechenzeit für die Methoden A, B und C.



A) Verwendung des pfadabhängigen Modells für transiente Berechnung



B) Verwendung charakteristischer Prozessschritte.



C) Verwendung äquivalenter Wärmeausdehnungskoeffizient

Abb. 10: Resultierende Verformungen [m] für eine Haut-Stringer-Verbindung für die Methoden A, B, und C.

5 Zusammenfassung

Der transiente pfadabhängige Modellansatz von Svanberg [9] stellt eine allgemeine Möglichkeit zur Simulation von prozessinduzierten Verformungen und Spannungen dar und kann daher für ein breites Anwendungsspektrum eingesetzt werden, unabhängig von Struktureigenschaften (wie z.B. Geometrie, Lagenaufbau) und Prozessrandbedingungen (z.B. thermisch und mechanisch).

Zur Reduzierung von Berechnungszeiten kann die Methode der charakteristischen Prozessschritte (ebenfalls von Svanberg [9]) eingesetzt werden. Diese ist allgemein anwendbar, wenn die Aushärtungsgrade und Temperaturen über das gesamte Bauteil nahezu konstant sind, was bei dünnen Bauteilen häufig gegeben ist. Die berechneten Verformungen und Spannungsverteilungen stimmen ausreichend gut mit den Ergebnissen des transienten pfadabhängigen Ansatzes überein.

Die Methode der äquivalenten Wärmeausdehnungskoeffizienten [15] kann eingesetzt werden, um experimentelle Untersuchungen zu unterstützen oder teilweise zu ersetzen und resultierende Prozessverformungen vorauszuberechnen. Verglichen mit den zwei vorherigen Methoden, liefert dieser Ansatz etwas größere Abweichungen der Verformungen und bietet nicht die Möglichkeit Eigenspannungen vorauszuberechnen. Aus diesem Grund kann der Ansatz nicht im Rahmen von Festigkeitsanalysen verwendet werden.

6 Literatur

- [1] White S. R., Hahn H.T.: "Mechanical property and residual stress development during cure of a Gr/BMI composite", *Polymer Engineering and Science*, 1990, 30(22), pp. 1465-1473.
- [2] Hahn H.T.: Effects of residual stresses in polymer matrix composites, *Journal of astronautically Science*, 1984; 32(3):253.
- [3] Bogetti, T. A.; Gillespie Jr., J. W.: "Process-Induced Stress and Deformation in Thick-Section Thermoset Composite Laminates", *Journal of Composite Materials*, 1992, 26, pp. 626-660.
- [4] Johnston, A., Vaziri, R.; Poursatip, A.: "A Plane Strain Model for Processing-Induced Deformation of Laminated Composite Structures", *Journal of Composite Materials*, 2001, 35, pp. 1435-1468.
- [5] Fernlund, G., Rahman, N.; Poursatip, A.: "Experimental and numerical study of the effect of cure cycle, tool surface, geometry, and lay-up on the dimensional fidelity of autoclave-processed composite parts", *Composite Structures*, 2002, 33, S. 341-351.
- [6] Fernlund, G., Vaziri, R.; Poursatip, A.: "Finite Element prediction of process-induced deformation of autoclaved composite structures using 2D process analysis and 3D structural analysis", *Composite Structures*, 2003, 62, pp. 223-234.
- [7] Wang, Kelly D.; Hilier, W.: "Finite Element Analysis of Temperature Induced Stresses and Deformations of Polymer Composite Components", *Journal of Composite Materials*, 2000, 34, pp. 522-535.
- [8] Prasatya, McKenna G. B.; Simon, S. L.: "A Viscoelastic Model for Predicting Isotropic Residual Stresses in Thermosetting Materials: Effects of Processing Parameters", *Journal of Composite Materials*, 35, S. 826-848.
- [9] Svanberg, J.M.: "Predictions of manufacturing induced shape distortions: high performance thermoset composites", *Doctoral thesis*, 2002.
- [10] Karkanis, P. I.; Partridge, I. K.: "Cure Modeling and Monitoring of Epoxy/Amine Resin Systems: I. Cure Kinetics Modeling", *Journal of Applied Polymer Science*, 2000, Vol. 77, pp. 1419-1431.
- [11] Pantelelis, N. G.: "Optimised cure cycles for resin transfer moulding", *Composites Science and Technology*, 2003, 63, pp. 249-264.
- [12] Pantelelis, N. G.: "Towards the dynamical optimisation for the cure control of thermoset-matrix composite materials", *Composites Science and Technology*, 2005, 65, pp. 1254-1263.
- [13] Stevenson J.-F.: "Free radical polymerization models for simulating reactive processing", *Polymer Engineering and Science*, 1986, 26(11), pp. 746-759.
- [14] Spröwitz, T.; Wille, T.; Tessmer, J.: "Thermal aspects for Composite Structures- from manufacturing in In-Service predictions". In: 26th International Congress of the aeronautical sciences, 2008.
- [15] Kleineberg, M.: *Präzisionsfertigung komplexer CFK-Profil am Beispiel Rumpfspant*, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Dissertation, 2008.
- [16] Johnston, A. A.: "An integrated model of the development of process-induced deformation in autoclave processing of composite structures", *Doctoral thesis*, 1997.
- [17] Ehrenstein, G. W.: *„Faserverbund-Kunststoffe“*, Carl Hanser Verlag München Wien, 2006.
- [18] Kenny, J.M.; Trivisano, A.: "Isothermal and dynamic reaction kinetics of high performance epoxy matrices", *Polymer Engineering & Science*, 1991, 31(19), pp. 1426-1433.

- [19] Yang, X.; Wille, T.: "Kinetic parameter estimation of thermosetting resin and thermo-mechanical simulation of resin curing process", DLR-Bericht, IB 131-2008/30, 2008.
- [20] Shimbo, M.; Ochi, M. Shigeta, Y.: "Shrinkage and internal stress during curing of epoxide resins", Journal of Applied Polymer Science, 1981, 26, pp. 2265-2277.
- [21] Hein, R.; Wille, T.: „Simulation des Schwindungsverhaltens von Kompositen im RTM-Prozess“, DLR-Bericht, IB 131-2010/41, 2010.
- [22] Hein, R.; Wille, T.: „Simulationsbasierte Ermittlung und Bewertung von Kennwerten für thermoelastische Spring-In-Berechnungen“, DLR-Bericht, IB 131-2010/61, 2010.
- [23] Kamal, M.R.: „Thermoset characterization for moldability analysis“, Polymer engineering and science, 14, pp.231-239.
- [24] Zocher, M.A.: "A Thermoviscoelastic finite element formulation for the analysis of composites" , Doctoral thesis, 1995.

Moderne Kopplungsmethoden – Ist Co-Simulation beherrschbar?

Martin Benedikt, Josef Zehetner, Daniel Watzenig, Jost Bernasch
(Kompetenzzentrum – Das Virtuelle Fahrzeug Forschungsgesellschaft mbH (ViF))

Die Simulation dynamischer Systeme ermöglicht im modernen Entwicklungsprozess frühzeitig Vorhersagen und Konzeptentscheidungen das fertige Produkt betreffend durchzuführen. Dies betrifft nicht nur die Modellierung, Simulation und Prüfung einzelner Bauteile oder Baugruppen, sondern erfordert auch das Zusammenspiel einer Vielzahl von Funktionen (mit Simulationsmodellen und auch Hardwarekomponenten aus unterschiedlichen Domänen) für den Aufbau des virtuellen Gesamtsystems (bis hin zum „Gesamtfahrzeug“). Um diese Komplexität beherrschen zu können kommt seit mehreren Jahren Co-Simulation zum Einsatz. Der Begriff „Co-Simulation“ bezieht sich hierbei auf einen Simulationsansatz, bei dem die unabhängig voneinander simulierten Komponenten der mechatronischen Systeme in geeigneter Weise miteinander verbunden werden. Hierbei sind mehrere Probleme zu lösen: unterschiedliche Simulationswerkzeuge müssen gekoppelt werden, ein korrekter Datenaustausch zwischen diesen muss gewährleistet sein, auch Systeme mit stark unterschiedlichem dynamischen Verhalten müssen gekoppelt werden, die Korrektheit der Simulationsergebnisse muss gewährleistet sein.

Die vorliegende Arbeit gibt anhand von mehreren Beispielen einen Überblick über die typischen Probleme und Fehler, die beim Einsatz von Co-Simulation entstehen. Darüber hinaus wird ein moderner Co-Simulationsansatz vorgestellt, welcher den Entwurf und die Evaluierung von komplexen mechatronischen Systemen deutlich effizienter gestaltet. Die gezeigten Methoden und Werkzeuge sind in der unabhängigen Co-Simulationsplattform ICOS, entwickelt am Kompetenzzentrum – Das Virtuelle Fahrzeug, integriert.

1 Einleitung

In den vergangenen Jahrzehnten haben sich in der Automobilindustrie zahlreiche, spezifische Simulationswerkzeuge etabliert. Typischerweise sind diese Tools allerdings auf einzelne Fachgebiete spezialisiert. Es gibt nur eine sehr begrenzte Unterstützung für eine heterogene Simulationsumgebung. Das Ziel von „Co-Simulation“ ist es, diese Einschränkung zu überwinden und die Herausforderungen aus verschiedenen Fachbereichen zusammenzuführen. Bestehende Co-Simulationsplattformen adressieren in der Regel Probleme aus einem ganz bestimmten, begrenzten dynamischen Bereich, d.h. die eingesetzten Simulationsmodelle zeigen ein ähnliches Zeitverhalten (meist niederfrequent). Dies führt dazu, dass sich Co-Simulation heutzutage meist auf ein einziges Fachgebiet beschränkt (z.B. Entwurf eines Thermomanagementsystems mit einer heterogenen Toolandschaft).

Die Entwicklung moderner, mechatronischen Systeme erfordert allerdings einen wesentlich breiteren Ansatz. Für eine gesamtheitliche Betrachtung müssen die Wechselwirkungen zwischen Teilsystemen aus unterschiedlichen Fachbereichen in Betracht gezogen werden. Die Kopplung von bestehenden (spezifischen) Simulationsprogrammen (und den darin implementierten Modelle) aus verschiedenen Fachbereichen stellt daher einen vielversprechenden Ansatz für die Simulation des kompletten Systems dar (Abb. 1).

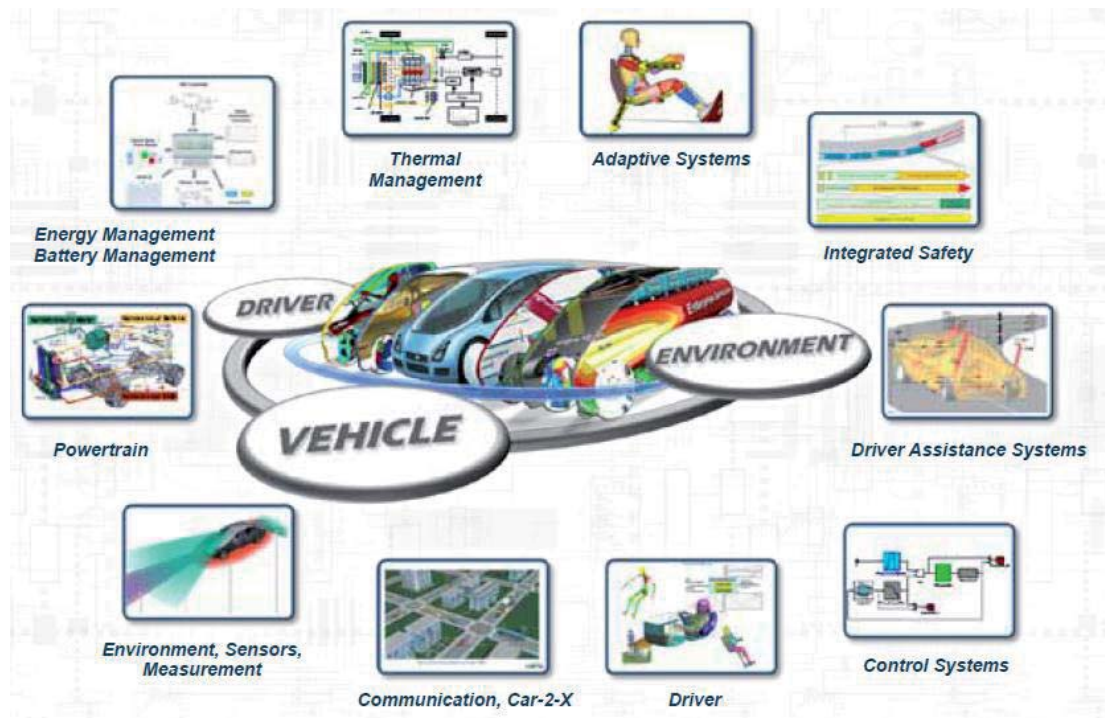


Abb. 1: Auswahl an Fachbereichen und Simulationsmodellen, die mittels einer Co-Simulationsplattform gekoppelt werden können

Mit der Einführung von Co-Simulation im modernen Entwicklungsprozess kann die Aufgabe der Entwicklung komplexer mechatronischer Systeme auf eine sehr effiziente Art und Weise gelöst werden. Für Anwendungen im Bereich der „Integralen Sicherheit“ etwa wird die Integration von „Finite Elemente Methoden“ (FEM) unterstützt. Ein weiteres Beispiel, aus dem Gebiet der „Alternative Antriebe“ ist die Integration von elektrischen und thermischen Fahrzeugkomponenten in bestehende (mechanische) Antriebskonzepte. In all diesen Überlegungen ist nicht das Fahrzeug alleine im Fokus der Untersuchungen, sondern auch die Wechselwirkungen mit der Fahrzeugumwelt und der Einfluss des realen Fahrers.

2 Integration von Simulationswerkzeugen

Die Aufgabe einer Co-Simulationsplattform ist es, die komplexen Wechselwirkungen von verschiedenen Simulationsmodellen in einer geeigneten und vor allem korrekten Weise zu berücksichtigen. Die Plattform muss somit die präzise Zusammenarbeit von mehreren Simulationswerkzeugen ermöglichen (Abb. 2).



Abb. 2: Kopplung von unterschiedlichen Simulationswerkzeugen mittels einer Co-Simulationsplattform

Nur das verifizierte Zusammenspiel von zahlreichen Modellen (und damit auch simulierten Komponenten) ermöglicht eine realistische virtuelle Konzeptionierung und Validierung des Gesamtsystems – bestehend aus Fahrzeug, Fahrer und Umwelt.

Bei der Kopplung von Simulationstools aus verschiedenen Entwicklungsbereichen sind einige wichtige Aspekte zu berücksichtigen:

- Die Simulationsmodelle sollten so wenig als möglich verändert werden, d.h. nur Eingangs-, Ausgangs- oder Steuerelemente für die Co-Simulation dürfen hinzugefügt werden.
- Die Simulationsmodelle verwenden ihre spezifischen numerischen Lösungsverfahren (Integratoren, Solver) und Simulationsschrittweiten.
- Keine Änderung der Solvereinstellungen, d.h. jene Einstellungen, wie vom Modellentwickler definiert, werden auch für die Co-Simulation verwendet.
- Die Kommunikationsintervalle zwischen Co-Simulationsplattform und Simulationstools sind autonom und adaptierbar.
- Die Co-Simulationsplattform kann eine Fernsteuerung der Simulationstools durchführen.
- Koppelfehler sind zeitlich und topologisch lokalisierbar.

Am Beispiel der unabhängigen Co-Simulationsplattform ICOS¹, entwickelt am "Kompetenzzentrum - Das virtuelle Fahrzeug" (VIF), soll die Integration von Simulationstools gezeigt werden. Das ICOS Framework stellt eine flexible, selbstorganisierende Co-Simulationsarchitektur zur Verfügung (Abb. 3), wobei die Simulationstools auf beliebige Computer im Netzwerk verteilt werden können.

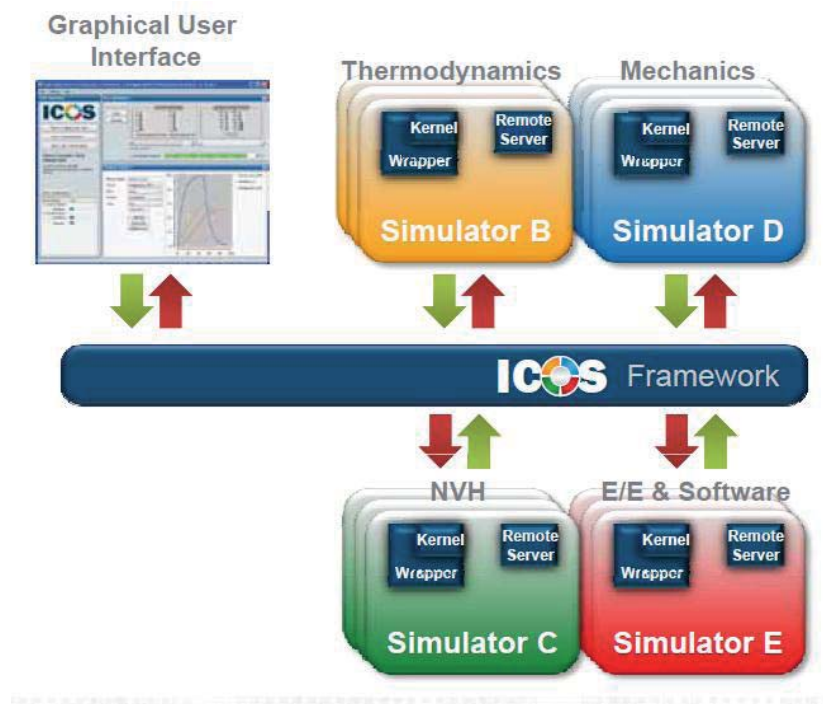


Abb. 3: Flexible und selbstorganisierende Co-Simulationsarchitektur von ICOS

Mittels eines sogenannten „Remote-Servers“ werden die gewählten Simulationstools auf dem jeweiligen Rechner im Netzwerk gestartet. Die „Kernel“-Komponente steuert den Datenaustausch und synchronisiert die Simulatoren. Sowohl die Fernbedienung der Werkzeuge als auch die notwendigen Datenkonvertierungen werden mit Hilfe einer simulatorspezifischen Softwareschnittstelle („Wrapper“) ausgeführt. Die Wrapper werden in C++ implementiert und nutzen Technologien wie COM oder TCP/IP. Durch einen generischen Ansatz für die Wrapperentwicklung und durch die modulare Architektur von ICOS ist eine einfache Integration von zusätzlichen Werkzeugen gewährleistet. Die Liste an verfügbaren Werkzeugen enthält unter anderem Abaqus, MSC Adams, AVL CRUISE & BOOST, ECS Kuli, Flowmaster, LS-Dyna, LabVIEW, Ricardo Wave, Phyton, Dymola/Modelica oder MATLAB.

¹ Weitere Informationen hierzu: <http://www.v2c2.at/icos>

3 Kopplung von Simulationswerkzeugen – ein kurzer Überblick

Co-Simulation dient zur holistischen Simulation eines Gesamtsystems und bietet somit die Möglichkeit, das charakteristische, globale Systemverhalten zu bestimmen. Das Gesamtsystem aus mehreren Teilsimulationen, welche typischerweise in domänenspezifischen Simulationswerkzeugen modelliert und mit den entsprechenden Lösungsalgorithmen („Solvem“) gelöst (simuliert) werden [1]. Die involvierten Teilsysteme können daher abstrakt als *black-box* Systeme mit Ein- und Ausgängen und einem entsprechenden Übertragungsverhalten betrachtet werden. Das Gesamtsystem resultiert aus der Verbindung der Ein- und Ausgänge der Teilsysteme, wodurch die Interaktion der Teilsysteme ermöglicht wird [2, 4, 7]. Zur Durchführung der Simulation wird typischerweise eine Co-Simulationsplattform herangezogen, wobei diese eine effektive Ausführungsreihenfolge der Simulationswerkzeuge festlegen und die Handhabung der vorliegenden Koppeldaten zu den Synchronisationszeitpunkten gewährleisten muss.

Charakteristisches Merkmal einer unabhängigen Co-Simulationsplattform ist es, dass die involvierten Teilsysteme durch einen auf die Domäne angepassten, numerischen Lösungsalgorithmus mit fester oder variabler Schrittweite eigenständig gelöst werden (*fixed* oder *variable step-size solver*). Im Kontext der Co-Simulation wird diese Schrittweite des unterlagerten numerischen Lösungsalgorithmus als „Mikroschrittweite“ bezeichnet und im Folgenden durch das Symbol δT gekennzeichnet. Die Synchronisationszeitpunkte, zu denen Koppeldaten zwischen den eingesetzten Simulatoren und der Co-Simulationsplattform ausgetauscht werden, sollen als Makro-Schrittweite ΔT bezeichnet werden (Abb. 4).

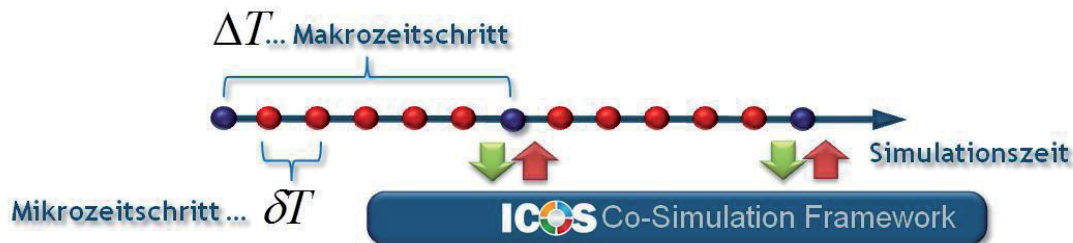


Abb. 4: Darstellung des Datenaustauschs zwischen Simulator und ICOS und Definition von Mikro- und Makrozeitschritten für die Co-Simulation

Die Verwendung unterschiedlicher Mikro- und Makroschrittweiten führt zu einer sogenannten Multiraten-simulation („multi-rate“). Dadurch wird es erst möglich, Teilsysteme mit unterschiedlichen Dynamiken (schnelle oder langsame) zu koppeln, da diese mit der jeweils geeigneten Schrittweite gelöst werden müssen. Neben der Reduktion der Gesamtsimulationszeit führt dies auch zu qualitativ deutlich hochwertigeren Simulationsergebnissen. Zusätzlich wird die Co-Simulation als „Multimethodensimulation“ bezeichnet („multi-method“), wenn unterschiedliche numerische Lösungsalgorithmen zum simulieren der gekoppelten Teilsysteme eingesetzt werden. Aus den genannten Gründen führt eine gekoppelte Simulation von mehreren, domänenspezifischen Teilsystemen zwingend zu einer „Multiraten-Multimethoden-Simulation“ [2, 4].

3.1 Das Problem interner Schleifen

Die Co-Simulation von mehreren Teilsystemen beschreibt ein komplexes Gesamtsystem, d.h. sie repräsentiert ein Netzwerk von Teilsystemen. Die bei einem solchen Ansatz immanent vorhandenen „internen Schleifen“ erschweren die Lösbarkeit des Systems. Grund hierfür ist, dass typischerweise wechselseitige Abhängigkeiten zwischen den Teilsystemen existieren. Ein einfaches Beispiel ist in Abb. 5 dargestellt.

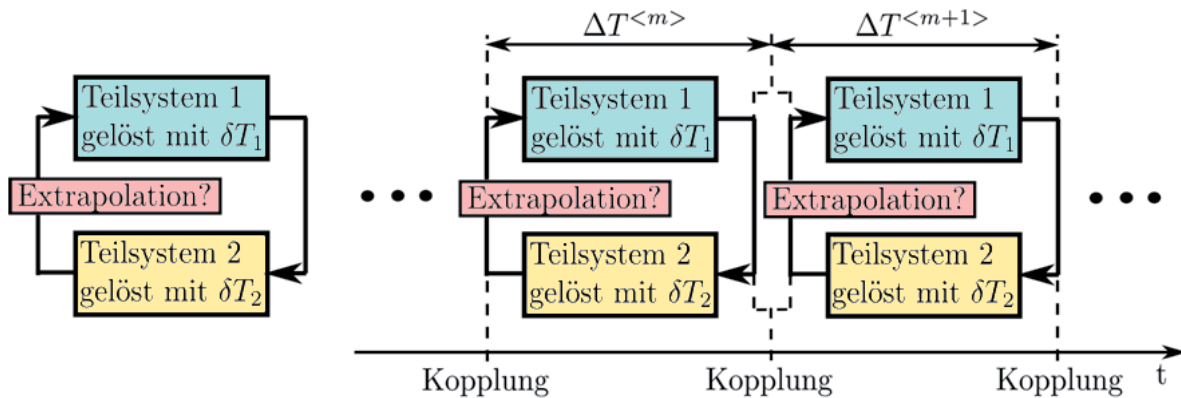


Abb. 5: Einfache Schleife bestehend aus zwei Teilsystemen

Die Co-Simulation besteht aus zwei SISO (*single-input single-output*) Teilsystemen die mit der Makroschrittweite ΔT gekoppelt sind. Ein Datenaustausch zwischen den Teilsystemen ist nur zu den Koppelzeitpunkten möglich. In diesem einfachen Beispiel ist die starke wechselseitige Abhängigkeit zwischen den beiden Teilsystemen leicht zu erkennen, keines der beiden Modelle kann für sich alleine gelöst werden. Die resultierende interne Schleife kann nicht aufgelöst werden. Einer Co-Simulationsplattform stehen prinzipiell zwei Möglichkeiten zur Lösung des Problems zur Verfügung:

- **Iterative Kopplung:** Die Teilsysteme werden mehrfach für den aktuellen Makrozeitschritt gelöst, wobei es nach einer jeden Iteration zum Austausch der Koppelgrößen kommt. Typischerweise werden diese Iterationen so lange durchgeführt, bis ein definiertes Abbruchkriterium erreicht ist (z.B. Fehlerschranke unterschritten). Für den ersten Iterationsschritt ist eine Extrapolation der jeweils unbekannten Koppelgrößen erforderlich.
- **Nichtiterative Kopplung:** Jedes Teilsystem wird genau einmal über den aktuellen Makrozeitschritt simuliert, wobei in jedem Zeitschritt ein Extrapolationsfehler in das System eingebracht wird [2, 3, 6]. Die Zeithistorie der (für den aktuellen Makrozeitschritt unbekannten) Koppelgrößen wird herangezogen, um eine Extrapolation dieser zu ermöglichen. Die N involvierten Teilsysteme können parallel bzw. sequentiell co-simuliert werden, wobei im ersten Fall für N Modelle Extrapolationen pro Makrozeitschritt notwendig sind, im zweiten Fall genau für eines.

Bei einem direkten Vergleich der beiden Kopplungsansätze ist die Problematik des iterativen Ansatzes rasch zu erkennen: um mehrere Iterationen eines Teilsystems über einen Makrozeitschritt ausführen zu können, müssen immanente Größen der Teilsystemen für jede Iteration rückgesetzt werden, z.B. Systemzustände oder die Simulationszeit. Diese grundlegende Eigenschaft wird allerdings nur von einer kleinen Anzahl an Simulationswerkzeugen unterstützt, was zu einer sehr beschränkten Anwendbarkeit des iterativen Kopplungsansatzes führt. Um eine allgemein anwendbare Co-Simulationsmethodik zu erhalten, muss daher der nichtiterative Ansatz favorisiert werden, worauf auch die nachfolgenden Abschnitte fokussieren.

3.2 Effiziente Planung der Ausführungsreihenfolge von Simulationswerkzeugen

Ein bislang unzureichend beachteter Aspekt ist der Einfluss der Ausführungsreihenfolge der involvierten Simulationswerkzeuge auf die Simulationsergebnisse. Diesbezüglich müssen einige Regeln berücksichtigt werden, um eine effiziente Konfiguration des Gesamtsystems zu erzielen. Eine Ausführung der gekoppelten Teilsysteme in Signalfflussrichtung ist generell als sinnvoll zu sehen. Im Falle von internen Schleifen müssen jedoch, wie bereits erwähnt, die Koppelgrößen extrapoliert werden (was den Koppelfehler verursacht). Aus diesem Grund muss die Ausführungsreihenfolge so festgelegt werden, dass es zu einer möglichst geringen Beeinflussung des Gesamtsystems kommt. Nachfolgend wird die Problematik der Ausführungsreihenfolge anhand eines Beispiels ähnlich jenem aus Abschnitt 3.1 diskutiert.

Die zwei Teilsysteme stellen ein geregeltes dynamisches Gesamtsystem dar, wobei Regler und Strecke über die Co-Simulationsplattform gekoppelt sind. Bei Annahme von gleichen Makrozeitschritten für die beiden Modelle stehen prinzipiell drei Möglichkeiten der Ausführungsreihenfolge zur Auswahl (Abb. 6). In Abb. 6a wird zuerst das dynamische System für den aktuellen Makrozeitschritt gelöst, was eine Schätzung dessen (unbekannter)

Eingangsgrößen erfordert. Anschließend wird der Regler mit den resultierenden Zeitverläufen des dynamischen Systems, d.h. ohne Extrapolation, über denselben Makrozeitschritt gelöst. In Abb. 6b wird die Reihenfolge vertauscht, der Regler wird zeitlich vor dem dynamischen System gelöst, d.h. eine Extrapolation der Eingangsgrößen des Reglers ist erforderlich. Da in beiden Fällen die Simulation der beiden Teilsysteme zeitlich hintereinander erfolgt, wird dieser Ansatz als *sequentielle* Ausführungsreihenfolge bezeichnet. Zur Lösung der internen Schleife, müssen lediglich die Eingangsgrößen eines Teilsystems für den aktuellen Makrozeitschritt geschätzt werden.

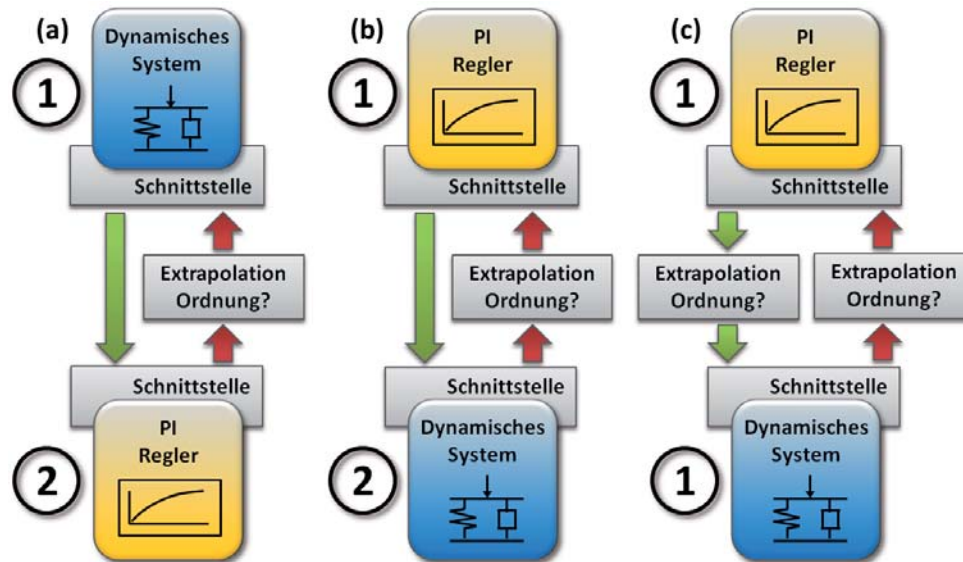


Abb. 6: Einfache Schleife bestehend aus zwei Teilsystemen

Bei der *parallelen* Ausführungsreihenfolge müssen im Gegensatz dazu die Eingangsgrößen beider Teilsysteme gleichzeitig geschätzt werden (Abb. 6c). Dies hat generell einen größeren Koppelfehler zur Folge, allerdings wird die Gesamtsimulationszeit (auf Kosten der Genauigkeit) reduziert! Im Falle von unterschiedlichen Makrozeitschritten ist die Situation ähnlich zum parallelen Ansatz. Simuliert wird hierbei jenes Teilsystem, bei welchem die Eingangsgrößen über ein kürzeres Zeitintervall zu schätzen sind. Im schlechtesten Fall müssen die Eingangsgrößen beider Systeme geschätzt werden, was der parallelen Abfolge entspricht.

Die parallele Ausführung der Teilsysteme ist der triviale Ansatz zur Lösung des Systems. Für diesen Fall werden auf Grund des höheren Fehlereintrags kleine Makro- und Mikroschrittweiten benötigt um die gewünschte Genauigkeit der Simulationsergebnisse gewährleisten zu können. Unstetigkeiten in den Koppelsignalen, bedingt durch simple Extrapolationsverfahren, sind für Teilsysteme meist problematisch, sodass eine sequentielle Ausführungsreihenfolge zu bevorzugen ist.

3.3 Koppelschrittweiten

Um die Interaktion der Teilsysteme zu ermöglichen, werden regelmäßig Koppeldaten zwischen den Systemen ausgetauscht. Dazu ist es notwendig, die involvierten Teilsysteme zu definierten Zeitpunkten zu pausieren, um den Datenaustausch durchzuführen. Diese Koppelzeitpunkte (Makroschrittweite) müssen meist durch den Anwender selbst festgelegt werden [2, 3, 5]. Der durch den notwendigen Extrapolationsschritt unumgänglich in das Gesamtsystem eingebrachte Koppelfehler (interne Schleifen) hängt offensichtlich stark von der gewählten Makroschrittweite ab. Existieren keine internen Schleifen, so kann eine effiziente Ausführungsreihenfolge festgelegt werden, welche von der Makroschrittweite nur marginal beeinflusst wird.

Bei praktischen Co-Simulationsanwendungen wird die Makroschrittweite meist basierend auf Expertenwissen oder aufgrund von aufwendigen *trial & error* Tests ausgewählt. Generell ist dieser Parameter schwer zu bestimmen und stellt bei der Konfiguration einer nichtiterativen Co-Simulation den einflussreichsten Faktor dar, um genaue Simulationsergebnisse zu erzielen. In den in facheinschlägiger Literatur aufgezeigten praktischen Co-Simulationsbeispielen, wird häufig eine konstante Makroschrittweite gewählt (basierend auf Expertenwissen

oder numerischen Tests). Beim Auftreten von Problemen wird typischerweise einer Reduktion der Makroschrittweite vorgenommen bis die gewünschte Genauigkeit erreicht ist. Dies führt offensichtlich zu einer rapid ansteigenden Gesamtsimulationszeit. Der Anwender der Co-Simulation muss hier selbsttätig einen Kompromiss aus Genauigkeit und Simulationszeit finden.

3.4 Extrapolationsmethoden

Die Extrapolation stellt, wie bereits erwähnt, eine Art Schätzung der unbekannten Koppelgrößen dar. Üblicherweise kommen drei unterschiedliche Extrapolationsverfahren zum Einsatz: Extrapolation nullter Ordnung (*zero-order-hold*, kurz ZOH), Extrapolation erster Ordnung (*first-order-hold*, kurz FOH) und Extrapolation zweiter Ordnung (*second-order-hold*, kurz SOH) [4, 6]. Die resultierenden geschätzten Verläufe sind Abb. 7 exemplarisch dargestellt.

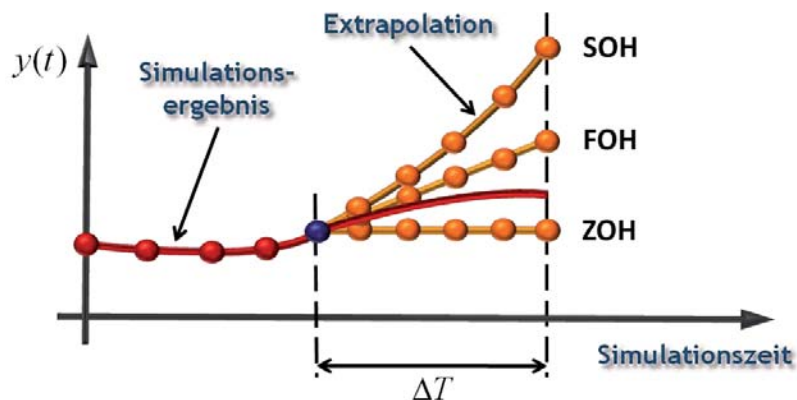


Abb. 7: Exemplarische Ergebnisse von Extrapolationsmethoden nullter, erster und zweiter Ordnung

3.4.1 Extrapolation nullter Ordnung

Der in industriellen Anwendungen am häufigsten genutzte Ansatz zur Extrapolation ist die sogenannte polynomiale Extrapolation nullter Ordnung (ZOH). Die unbekannten Zeitverläufe des Koppelsignals repräsentieren konstant den Wert zum Koppelzeitpunkt und somit den Endwert des Koppelsignals des letzten Makrozeitschritts [4, 6]. In Abb. 8 ist der charakteristische, stückweis konstante Verlauf (rote Stufenfunktion) im Vergleich mit dem originalen Verlauf des Signals (Sinusverlauf in blau) dargestellt.

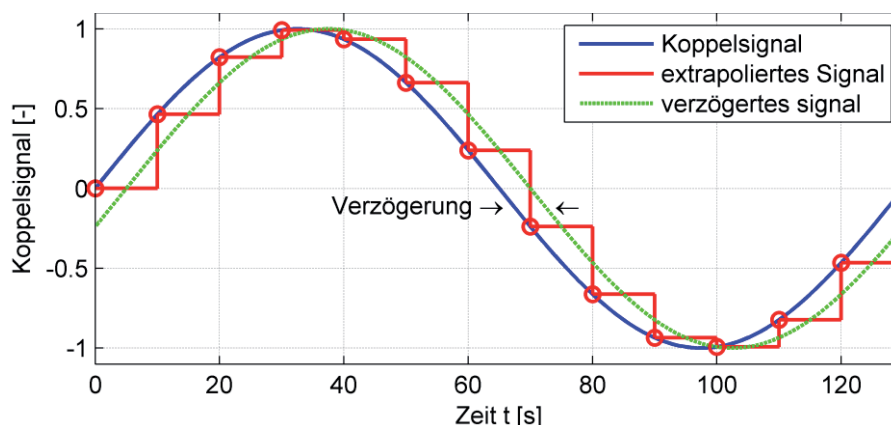


Abb. 8: Originalverlauf im Vergleich mit ZOH geschätztem Signal und resultierende Zeitverzögerung

Die Werte des originalen Koppelsignals (blau) werden über den aktuellen Makrozeitschritt $\Delta T = 10\text{s}$ konstant gehalten (rot). Diese Art der Kopplung führt zu einer starken Modifikation des ursprünglichen Signalverlaufs und hat somit starken Einfluss auf das dynamische Systemverhalten und die Resultate. Intuitiv erkennbar, wird hier eine zeitliche Verzögerung (Totzeit) in das System eingebracht (grüne Linie). Durch diese Extrapolationsme-

thode wird die anwendbare Makroschrittweite bezüglich der Genauigkeit der Simulationsergebnisse stark limitiert, im Besonderen bei Systemen mit hohen Eigenfrequenzen. Die systemimmanent eingetragene Totzeit hat negativen Einfluss auf das Stabilitätsverhalten bei Regelungssystemen. Die somit notwendigen kleinen Makroschrittweiten führen zu hohen Simulationszeiten.

3.4.2 Extrapolation höherer Ordnung

Ein naheliegender Ansatz zur Verbesserung der Schätzgenauigkeit bietet sich durch die Anwendung von polynomialer Extrapolation höherer Ordnung an. Hierbei werden zur Schätzung des zukünftigen Verlaufes anstatt des letzten Koppelwertes mehrere Werte aus der Historie des Koppelsignals verwendet. Praktische Anwendungen mit Extrapolation erster und zweiter Ordnung werden etwa in [4, 6] gezeigt. Bei der Extrapolation erster Ordnung kommen die zwei letzten Werte, bei Extrapolation zweiter Ordnung entsprechend drei Werte des Koppelsignals verwendet. Neben einem leicht erhöhten numerischen Aufwand zeigen Extrapolationsverfahren höherer Ordnung eine erhöhte Sensitivität bezüglich numerischer Unsicherheiten und der gewählten Makroschrittweite. Aus diesen Gründen kommt eine Extrapolation mit Ordnung höher als zwei kaum zum Einsatz.

3.4.3 Verbesserte Extrapolation bei nichtiterativer Kopplung

Eine Verbesserung der Extrapolation bei der nichtiterativen Kopplung kann durch einbeziehen des Signalverlaufs zwischen den Koppelzeitpunkten erzielt werden. Hierbei wird die Signalaufösung in Mikrozeitschritten aus dem jeweiligen Simulationswerkzeug genutzt, d.h. es wird anstatt des Endwerts des Makrozeitschritts die gesamte Sequenz des Koppelsignals an die Co-Simulationsplattform übergeben.

3.5 Genauigkeit von Simulationsergebnissen

Die richtige Wahl von Ausführungsreihenfolge und Extrapolationsverfahren ist beim Einsatz von Co-Simulation unumgänglich. Eine Abschätzung des resultierenden Schätzfehlers auf das Gesamtsystemverhalten ist jedoch sehr schwierig. Typischerweise können hier lediglich die Resultate der Co-Simulation einer exakten Lösung gegenübergestellt. Die exakte Lösung wird dabei durch eine eigenständige Monosimulation (geschlossene Simulation in einem Modell, mit einem Simulationswerkzeug) ermittelt. Dies ist außerdem, wenn überhaupt, nur für einfache Teilsysteme möglich, wobei sich natürlich die Frage der Sinnhaftigkeit der Co-Simulation stellt, wenn bereits eine Monosimulation vorliegt.

Die Simulationsergebnisse liegen üblicherweise im Zeitbereich vor [6]. Durch Einsatz entsprechender Analyseverfahren können die Resultate der Co-Simulation mit einer vorliegenden Monosimulation verglichen werden. So kann etwa eine spezielle Metrik genutzt werden, um die Differenz bzw. die Abweichung zwischen den Lösungsverläufen zu beschreiben. Dieser Ansatz führt zu einer globalen Bewertung der Co-Simulation und ist nicht geeignet für eine spezifische Fehleranalyse. Eine neue Methode wird benötigt, um die speziellen Eigenschaften der nichtiterativen Kopplung zu adressieren.

4 Beispiel

Um die oben erwähnten Probleme und deren Einfluss auf die Genauigkeit einer Co-Simulation zu demonstrieren, wird im Folgenden ein einfaches mechatronisches System als Evaluierungsbeispiel herangezogen. Mechatronische Systeme sind typische Problemstellungen für Co-Simulation und beschreiben industrielle Anwendungen aufgrund der Interaktion von unterschiedlichen Domänen (etwa elektrisch und mechanisch). Das gewählte Beispiel ist aufgrund des einfachen SISO Charakters gut für Evaluierungszwecke geeignet.

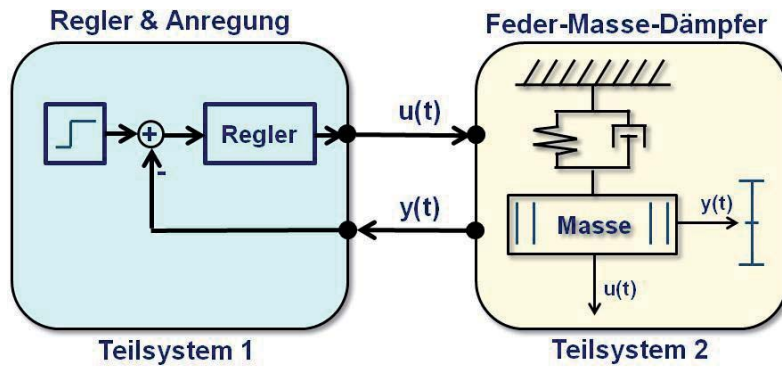


Abb. 9: Co-Simulationsbeispiel „Positionsregelung eines Feder-Masse-Dämpfer Systems“

Das in Abb. 9 skizzierte Beispiel beschreibt den dynamischen Verlauf eines geregelten Feder-Masse-Dämpfer-Systems. Die über einen Sensor (Ausgangsgröße Teilsystem 2) erfasste Position der Masse $y(t)$ wird einem Sollverlauf nachgeführt. Eine entsprechende Stellgröße ist über die zusätzliche Kraft $u(t)$ (Ausgangsgröße Teilsystem 1) verfügbar. Der Proportional-Integral-Regler (PI-Regler) ermittelt aus der Abweichung aus Sollwert und gemessener Position $y(t)$ der Masse kontinuierlich den Wert von $u(t)$. In Abb. 10 ist die mit ICOS gekoppelte Repräsentation des Gesamtsystems dargestellt.

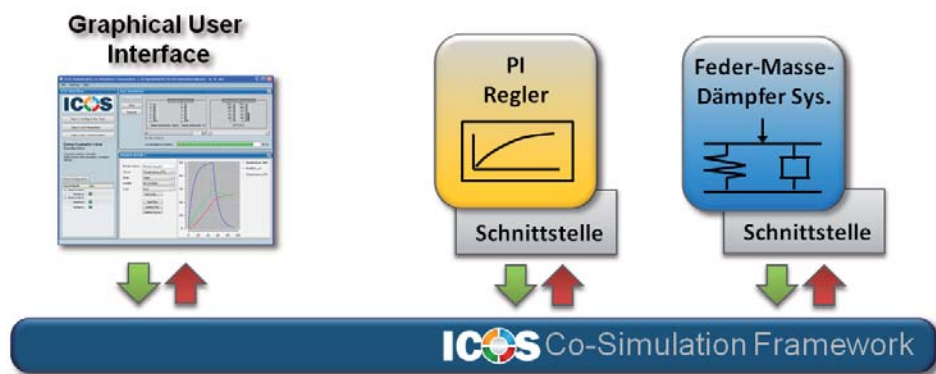


Abb. 10: Co-Simulationsdarstellung des Feder-Masse-Dämpfer Systems in ICOS

Die im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Probleme der nichtiterativen Kopplung sollen nun anhand des Beispielsystems dargestellt werden. Eine Gegenüberstellung der Simulationsergebnisse mit den Ergebnissen einer (in diesem Fall einfach durchzuführenden) Monosimulation lässt eine qualitative Bewertung der Resultate zu. Für die Monosimulation wurden die beiden Teilsysteme in einem Simulationswerkzeug modelliert und simuliert.

4.1 Ausführungsreihenfolge

In einem ersten Versuch soll der Effekt unterschiedlicher Ausführungsreihenfolgen demonstriert werden, wobei eine konstante Makroschrittweite von $\Delta t = 1\text{ s}$ und Extrapolation nullter Ordnung zum Einsatz kommt.

Abb. 11 zeigt stellt die Ergebnisse gegenüber. Wie erwartet, führt der Einsatz einer parallelen Ausführungsreihenfolge im Vergleich mit den sequentiellen Ansätzen zu einem größeren Koppelfehler. Dieser ist im erhöhten Überschwingen der Position zu erkennen.

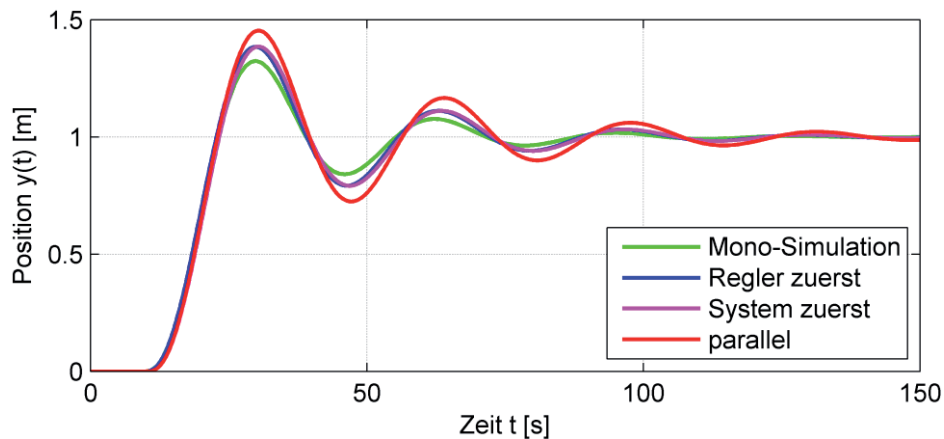


Abb. 11: Verlauf der Position der Masse des Feder-Masse-Dämpfer Systems abhängig von unterschiedlichen Ausführungsreihenfolgen

4.2 Extrapolation

Zur Analyse der Wirkung der unterschiedlichen Extrapolationsverfahren wurde die Co-Simulation so konfiguriert, damit die beiden Teilsysteme in sequentielle Ausführungsreihenfolge – der Regler vor dem Feder-Masse-Dämpfer-System – und mit konstanter Makroschrittweite $\Delta T = 2s$ (doppelt so groß wie in 4.1) simuliert werden. Für die Extrapolation wurde das Verfahren nullter Ordnung (ZOH) bzw. als Beispiel für eine Extrapolation höherer Ordnung, das Verfahren erster Ordnung (FOH) eingesetzt.

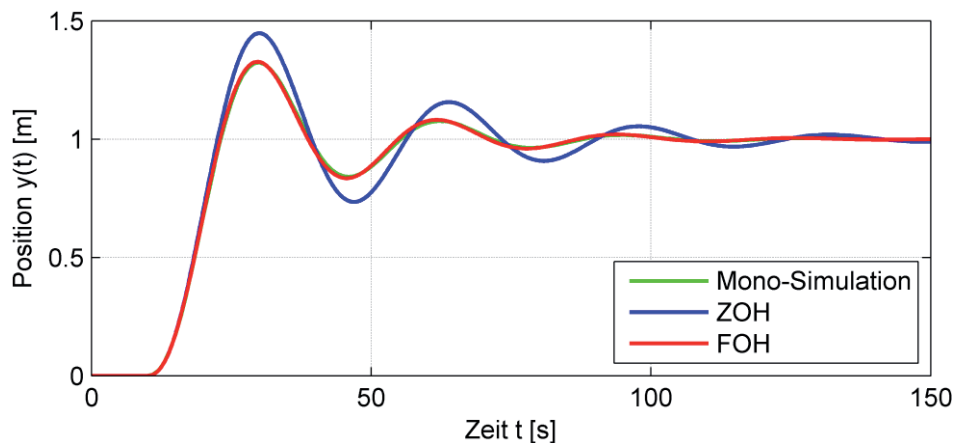


Abb. 12: Verlauf der Position der Masse des Feder-Masse-Dämpfer Systems abhängig von unterschiedlichen Extrapolationsverfahren

Die Simulationsergebnisse sind in Abb. 12 dargestellt. Der Einfluss der verwendeten Extrapolationsverfahren auf die Genauigkeit der Simulationsergebnisse ist signifikant ersichtlich. Bei Co-Simulation der beiden Teilsysteme mit Kopplung über ZOH ist ein stark abweichendes dynamisches Verhalten erkennbar. Im Gegensatz dazu liefert die Kopplung mittels FOH quasi identische Resultate im Vergleich zur Monosimulation. Wie bereits erwähnt, sind die Extrapolation und somit ein Koppelfehler hier unumgänglich. Dieser Fehler wird von der Wahl des Extrapolationsverfahrens beeinflusst.

4.3 Auswahl der Koppelschrittweite

In diesem abschließenden Beispiel wird die Anwendung einer adaptiven Makroschrittweitensteuerung demonstriert. Der angewandte Algorithmus ist für nichtiterative Co-Simulation geeignet [2]. Der Algorithmus bestimmt (adaptiv), basierend auf in der Zeit zurückliegende Koppelfehler, die aktuell anzuwendende Makroschrittweite.

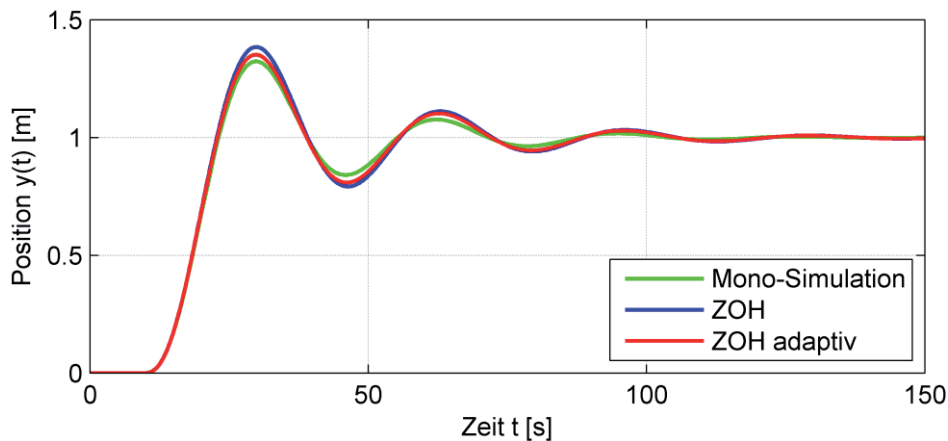


Abb. 13: Verlauf der Position der Masse des Feder-Masse-Dämpfer Systems ohne bzw. mit adaptiver Makroschrittweitesteuerung

In Abb. 13 sind dazu die Simulationsergebnisse einer Monosimulation gegenübergestellt. Für die Co-Simulationsanwendung wurde wiederum Extrapolation nullter Ordnung (ZOH) gewählt. Es ist deutlich ersichtlich, dass die fehlerbasierte, adaptive Anpassung der Makroschrittweite die Genauigkeit der Simulationsergebnisse signifikant erhöht. Zudem wird ein Kompromiss zwischen Genauigkeit der Simulation und Gesamtsimulationszeit „automatisch“ gefunden, was dem Anwender die i. A. nicht triviale Wahl der Makro-Schrittweite abnimmt und eine vereinfachte Anwendung der Co-Simulation ermöglicht.

5 Beherrschbarkeit von Co-Simulation

Aus der vorangegangenen Diskussion der Probleme der Co-Simulation ist ein Weg hin zu genauen Simulationsergebnissen und einer anwenderfreundlichen Bedienung dieser erkennbar. Neben einer iterativen Koppelmethode für spezielle Problemstellungen (z. B. für Insellösungen mit zwei speziellen Simulatoren, auch innerhalb einer größeren Co-Simulation) sollte eine leistungsfähige Co-Simulationsplattform vor allem über robuste und vertrauenswürdige Verfahren zur nichtiterativen Kopplung verfügen. Ein nichtiterativer Ansatz ermöglicht die Anbindung eines breiten Spektrums an Simulationswerkzeugen. Dabei führt die Kombination der oben erwähnten Lösungsvorschläge zu genauen, reproduzierbaren und sinnvollen Resultaten einer Co-Simulation. Zum einen sind speziell erweiterte Extrapolationsmethoden und effiziente Strategien zur Wahl der Ausführungsreihenfolge potentielle Ansätze zur Steigerung der Genauigkeit von Co-Simulationen. Zum anderen liefert eine adaptive Anpassung der Koppelschrittweiten einen optimalen Kompromiss zwischen Genauigkeit der Resultate und der benötigten Gesamtsimulationszeit, was folglich zu einer anwenderfreundlichen Umgebung führt. Eine Visualisierung des Koppelfehlers während der Co-Simulation gewährt zudem erhöhten Einblick in den Koppelprozess und somit zuverlässige Simulationsergebnisse. Eine nachfolgende, globale Prüfung bzw. Bewertung der Co-Simulationsergebnisse ist somit nicht mehr notwendig.

Abschließend möchten die Autoren auf ein Koppelverfahren mit der Bezeichnung „nearly energy preserving coupling element“ (NEPCE) hinweisen. Hierbei wird ein erweitertes Koppellement zur Verfügung gestellt, welches die Fehler der konventionellen Extrapolationsverfahren, inklusive der in 3.4.1 dargestellten Totzeit, fast vollständig (nearly) kompensieren kann und somit die Genauigkeit der Co-Simulation, bei einer gleichzeitigen Reduktion der Simulationszeit, deutlich steigern kann. Dadurch ist erstmals eine sinnvolle Filterung bzw. Glättung im Signalpfad der Co-Simulation möglich (was sonst vor allem zu einer erhöhten Signalverzögerung führt). NEPCE ist (nur) in der am ViF entwickelten, unabhängigen Co-Simulationsplattform ICOS verfügbar.

6 Zusammenfassung

Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die für eine Co-Simulationsplattform relevanten Komponenten. Darüber hinaus sind die typischen Probleme und Fehler beim Einsatz von Co-Simulation aufgeführt. Die Einbeziehung einer realistischen Anzahl von funktionellen Elementen und ihrer dynamischen Interaktionen ermöglicht einen

neuen Ansatz für hochoptimierte Entwurfserfahren und somit – hoffentlich – Produkte mit höherer Energie- und Kosteneffizienz. Eine hohe Anzahl an unterschiedlichen Konzepten kann einfach, schnell und kostengünstig implementiert und auf Systemebene analysiert werden. Die Validierung der verschiedenen Umsetzungsvarianten in einer sehr frühen Entwicklungsphase erleichtert die Auswahl des besten Konzepts. Dies spart (Entwicklungs-) Zeit und Geld und erhöht das Potenzial für eine "first-time-right"-Lösung. Dennoch ist dies nur möglich, wenn korrekte Simulationsergebnisse generiert werden können – auch beim Einsatz von Co-Simulation. Und dies wird erst mit Hilfe einer leistungsstarken Co-Simulationsplattform ermöglicht.

7 Danksagung

Die Autoren möchten dem „COMET K2 Forschungsförderungs-Programm“ des Österreichischen Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), des Österreichischen Bundesministeriums für Wirtschaft, Familie und Jugend (BMWFJ), der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG), des Landes Steiermark sowie der Steirischen Wirtschaftsförderung (SFG) für die finanzielle Unterstützung danken.

8 Literatur

- [1] Geimlner, M.; Krüger, T.; Linsel, P.: "Co-Simulation, gekoppelte Simulation oder Simulatorkopplung? Ein Versuch der Begriffsvereinheitlichung", O+P Zeitschrift für Fluidtechnik (50), 2006, 572-576
- [2] Benedikt, M.; Stippel, H.; Watzenig, D.: "An adaptive Coupling Methodology for Fast Time-Domain Distributed Heterogeneous Co-Simulation", SAE International, 2009, 1-10
- [3] Dronka, S.: "Die Simulation gekoppelter Mehrkörper- und Hydraulik-Modelle mit Erweiterung für Echtzeitsimulation", PhD Thesis, Technische Universität Dresden, 2004
- [4] Arnold, M.: "Multi-Rate Time Integration for Large Scale Multibody System Models", IUTAM Bookseries, 2007, 1-10
- [5] Kübler, R.; Schiehlen, W.: "Two Methods of Simulator Coupling", Mathematical and Computer Modelling of Dynamical Systems (6), 2000, 93-113
- [6] Gonzales, F.; Naya, M.; Luaces, M.; Gonzales, M.: "On the effect of multirate co-simulation techniques in the efficiency and accuracy of multibody system dynamics", Multibody System Dynamics, 2011, 461-483
- [7] Puntigam, W.: "Independent Co-Simulation Platform for transient coupling of individual submodels to establish an efficient energy management for the entire vehicle – taking thermal management as an example", PhD Thesis, Technische Universität Graz, 2007
- [8] Benedikt, M.; Watzenig, D.; Bernasch, J.: "Kopplungsmethodik für nicht-iterative Co-Simulation", Europäische Patentanmeldung 11 184 745.5, 2011

9 Rückfragen

Dr. Josef Zehetner
Kompetenzzentrum – Das Virtuelle Fahrzeug
Forschungsgesellschaft mbH (ViF)
Inffeldgasse 21/A/I
8010 Graz
AUSTRIA

Telefon: +43 316 873 9637
Email: josef.zehetner@v2c2.at
Web: www.v2c2.at/icos

Kalibrierung eines thermischen Motormodells durch naturanaloge Optimierungsverfahren

Daniel Munning, Christoph Lund (Volkswagen AG)
Benjamin Tilch, Peter Eilts (Technische Universität Braunschweig)

Dieses Paper zeigt eine automatische Modellkalibrierungsmethodik für ein vereinfachtes thermisches Motormodell. Dieses Motormodell kann in der Systemsimulation des virtuellen Entwicklungsprozesses eingesetzt werden. Mit Hilfe von Messdaten und einer Particle Swarm Optimierung (PSO) wird das thermische Motormodell justiert. Der PSO-Algorithmus ist ein naturanaloges Optimierungsverfahren, welches auf der sozialen Interaktion von Schwärmen basiert. Um die Simulationsergebnisse vergleichend bewerten zu können, wird in diesem Paper ein Kennzahlen-System zur Analyse der Ergebnisse präsentiert und auf drei Lastfälle angewandt.

1 Einleitung

Aufgrund der stetigen Verkürzung von Produktentwicklungszyklen ist der Einsatz von effizienten Werkzeugen im Fahrzeugentwicklungsprozess zwingend erforderlich. Aus diesem Grund spielt die virtuelle Antriebsstrangsimulation eine immer bedeutendere Rolle, um kürzere Entwicklungszyklen zu erreichen. Dabei ist die Echtzeitsimulation der Fahrzeuglängsdynamik Stand der Technik [1]. Es werden Modelle eingesetzt, die dynamische Effekte wie Reibungsverluste und Trägheiten berücksichtigen. Außerdem können die Modelle den Kraftstoffverbrauch unter kunden- und zulassungsrelevanten Randbedingungen vorausberechnen. Als Eingangsgrößen für diese Modelle dienen einfache Kennlinien und Kennfelder welche mittels Motor- und Fahrzeugprüfstandsmessungen ermittelt werden. Thermische Effekte werden nicht berücksichtigt, so dass mögliche Optimierungspotentiale durch den Einsatz von Thermomanagementstrategien nicht bewertet werden können. Um die thermischen Einflussgrößen auf das Motorverhalten zu simulieren sind detailliertere Modelle erforderlich.

Durch den Einsatz eines thermischen Ersatznetzwerks, in welchem Punktmassen mittels Wärmeleitwiderständen verbunden sind, kann das thermische Motorverhalten transient berechnet werden. Je nach Fortschritt im Fahrzeugentwicklungsprozess können thermische Netzwerkmodelle unterschiedlicher Detailierungsgrade eingesetzt werden. In sehr frühen Entwicklungsphasen kann ein sehr einfaches thermisches Netzwerkmodell verwendet werden, welches aus einer geringen Anzahl an Punktmassen besteht. Mit fortschreitendem Entwicklungsprozess ist es zur Bewertung von Thermomanagementstrategien wie z.B. Zweikreiskühlung, elektrische Wasserpumpen oder Wärmespeicher erforderlich, detailliertere Modelle einzusetzen.

In Abb. 1 ist eine Detailierungsgraddefinition dargestellt. Motormodelle für Fahrzeugsimulationen lassen sich in drei Detailierungsstufen einteilen: Modelle der ersten Stufe berücksichtigen keine thermischen Effekte. Die Steuerung erfolgt über ein sehr stark vereinfachtes Steuergerät. Transiente Betriebszustände wie Motorerwärmung und -abkühlung können nicht simuliert werden. Allerdings können Modelle der Stufe 1 sehr einfach mit dem Motorhubraum, der Zylinderzahl sowie einigen weiteren Kenngrößen skaliert oder auf andere Motoren übertragen werden. Die Modelle der Stufe 2 berücksichtigen die thermischen Effekte vereinfacht über ein thermisches Netzwerk. Des Weiteren werden die Fluidkreisläufe des Motors vereinfacht modelliert. Die Modelle der Stufe 3 bestehen aus einem komplexen thermischen Netzwerk, welches aus geometrischen Daten der technischen Zeichnungen abgeleitet werden kann. Die Fluidkreisläufe sind detailliert eindimensional abgebildet um Druckverluste, Reibungsverluste sowie thermische Effekte zu berücksichtigen.

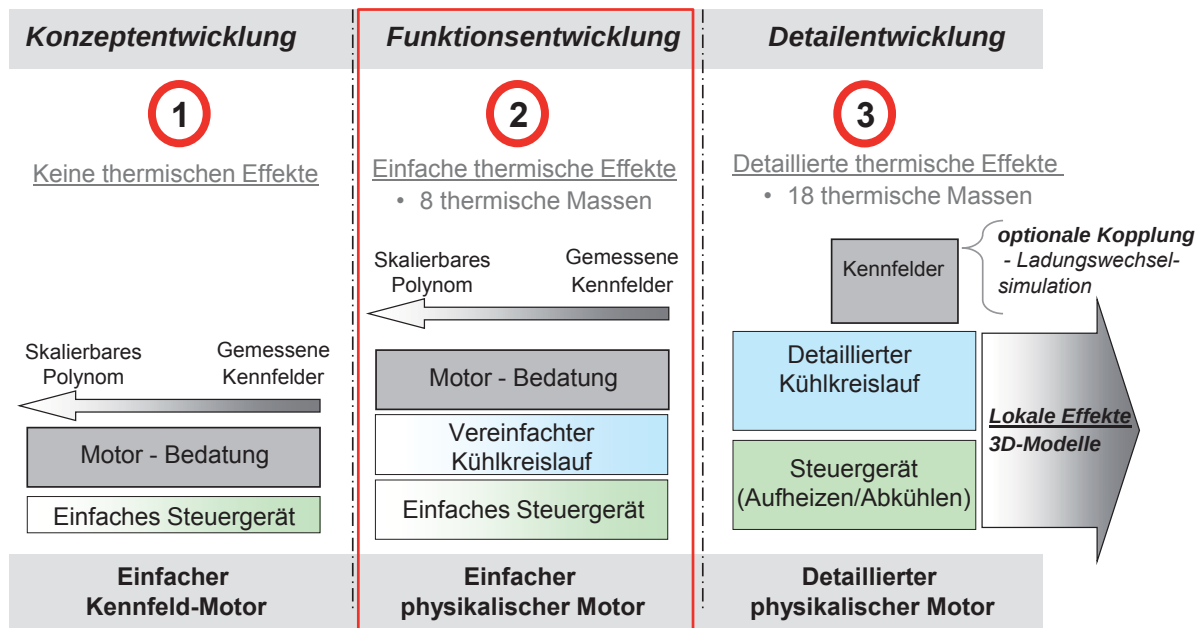


Abb. 1: Einteilung von thermischen Motormodellen im virtuellen Fahrzeugentwicklungsprozess

Unter Vernachlässigung lokaler Effekte wird für die präsentierten Untersuchungen ein Motormodell der Stufe 2 verwendet. Dieser Motormodell-Typ wird in Fahrzeugmodellen verwendet, die in [2] genauer beschrieben werden.

2 Thermisches Verbrennungsmotormodell

Zur Untersuchung des thermischen Motorverhaltens wurde ein Motormodell der Stufe 2 aufgebaut. Dabei wird der Verbrennungsmotor in eine kleine Anzahl von Ersatzmassen unterteilt. Durch die Verbindung dieser Ersatzmassen mit thermischen Wärmeleitwiderständen werden die Punktmassen zu einem thermischen Netzwerk verknüpft. Jede Ersatzmasse repräsentiert einen Knoten des Netzwerkes. Durch die Masse und die spezifische Wärmekapazität ist es möglich, jeden Knoten individuell zu beschreiben. Die Anzahl der Knoten definiert die Komplexität des thermischen Netzwerkes. Untereinander können die Ersatzmassen Wärme austauschen. Durch die Bilanzierung der wirkenden Wärmeströme wird die aktuelle Temperatur des Knotens berechnet. Ausgehend von einer definierten Starttemperatur des thermischen Netzwerkes kann das zeitabhängige Verhalten jedes Knotens berechnet werden. Mithilfe dieses Modells ist man somit in der Lage, transiente Motorbetriebszustände wie Drehzahl- und Lastwechsel zu simulieren.

In Abb. 2 sind die Struktur des verwendeten thermischen Netzwerkes sowie die Wärmeleitwiderstände R1 bis R17 dargestellt. Das Modell besteht aus den vier thermischen Massen Kurbelgehäuse, Zylinderkopf, Kolben und ölpumspülte Teile. Zusätzlich sind die Ersatzmassen Kurbelgehäuse, Zylinderkopf und ölpumspülte Teile in einen direkten und indirekten Teil untergliedert. Die bei der Verbrennung freigesetzte Wärme sowie die Reibungsverluste stellen die Wärmequellen des Netzwerkes dar. Die Geometrie sowie die Metallmassen wurden aus technischen Zeichnungen bestimmt. Die Aufteilung zwischen direkter und indirekter Masse stellt neben den Wärmeleitwiderständen einen weiteren Freiheitsgrad des Modells dar.

Die Fluidersatzmasse innerhalb des Verbrennungsmotors ist unterteilt in Kühlmittel im Kurbelgehäuse, Kühlmittel im Zylinderkopf sowie direkte und indirekte Ölmasse. Das Netzwerk steht über seine Oberflächen der indirekten Massen vom Kurbelgehäuse und Zylinderkopf mit der Umgebung über Konvektion und Strahlung in Wechselwirkung. Die Verbrennungswärme sowie die Reibung wirken als Wärmequellen auf die direkten Massen des Kolbens, des Zylinderkopfes sowie des Kurbelgehäuses. Unter Berücksichtigung der thermischen Widerstände, der Verteilung zwischen direkten und indirekten Massen sowie der Aufteilung der Wärmeströme aus Verbrennung und Reibung sowie der unbekannten Strömungsgeschwindigkeiten auf der Motoroberfläche ergeben sich insgesamt 26 Freiheitsgrade für das thermische Netzwerk. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Struktur des thermischen Netzwerkes der Stufe 2.

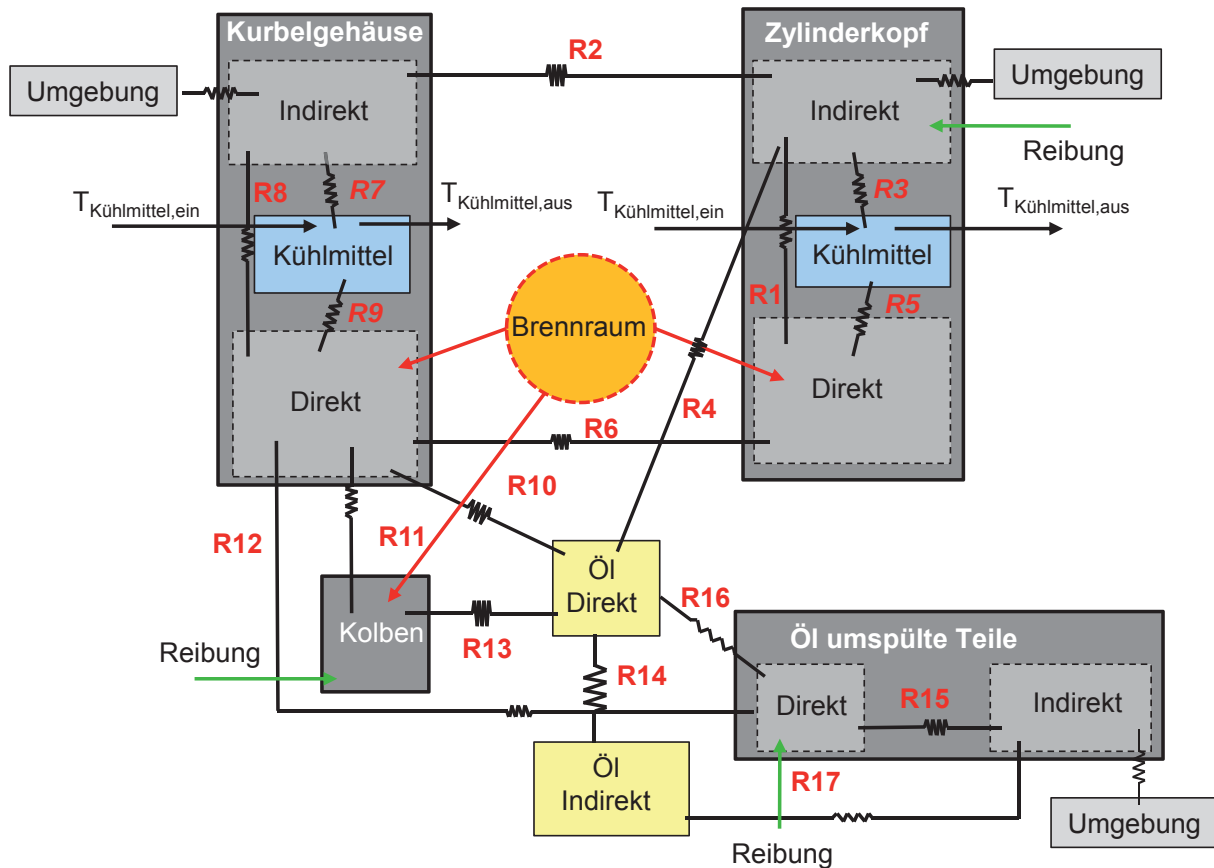


Abb. 2: Konfiguration des thermischen Netzwerks für den Verbrennungsmotor

Zur Bestimmung der 26 Freiheitsgrade des thermischen Motormodells wurden Motorprüfstandsmessungen eines Wärmebilanzprüfstandes der Technischen Universität Braunschweig verwendet. Die Untersuchungen wurden an einem abgasturboaufgeladenen Vierzylinder durchgeführt. Der Motorprüfstand wurde mit spezieller Messtechnik zur Bestimmung der Wärmeströme ausgestattet. In jeden Pfad des Kühlmittelkreislaufs wurden magnetisch-induktive Volumenstromsensoren installiert, um die an das Kühlmittel abgegebene Wärme zu bestimmen. Der Kraftstoffverbrauch wurde mit einem Coriolis-Durchflussgeber ermittelt. Der Ansaugluftmassenstrom wurde mit einem Heißfilm-Anemometer gemessen. Außerdem wurden die Bauteil-, Fluid- und Gastemperaturen mittels Thermoelementen bestimmt. Über die Auswertung der Zylinderdruckindizierung konnten die Brennraumwandwärmeverluste ermittelt werden. Zur Bestimmung der Abgaswärmekapazität wurde die Bestandteile CO , CO_2 , NO_x , O_2 und THC mit einer Abgasanalyse gemessen. Um eine möglichst große Validierungsbasis zu bekommen, wurden zahlreiche stationäre und transiente Betriebszustände experimentell untersucht.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die verwendeten Referenzgrößen der Prüfstandsmessungen und die dazugehörigen korrespondierenden Größen im Simulationsmodell.

Simulation	Messung
Kühlmittel Zylinderkurbelgehäuse	Kühlmittel Zylinderkurbelgehäuse
Kühlmittel Zylinderkopf	Kühlmittel Zylinderkopf
Öl Indirekt	Ölumpftemperatur
Zylinderkurbelgehäuse - indirekt	Oberfläche Zylinderkurbelgehäuse
Zylinderkurbelgehäuse - direkt	Stegtemperatur Zylinderkurbelgehäuse
Zylinderkopf - indirekt	Oberfläche Zylinderkopf
Zylinderkopf - direkt	Stegtemperatur Zylinderkopf

Abb. 3: Übersicht der Temperaturführungsgrößen

Als Hauptvalidierungsgrößen für das Modell dienen die Fluidtemperaturen Kühlmittel im Kurbelgehäuse und Zylinderkopf sowie des indirekten Ölteils in der Ölwanne. Diese Fluidtemperaturen beeinflussen die Reibleistungs- sowie Kraftstoffverbrauchsberechnung.

3 Optimierung

Wie im vorherigen Kapitel beschrieben besitzt das thermische Motormodell 26 Freiheitsgrade (vgl. Abb. 2). Mit Hilfe von Messdaten vom Motorprüfstand kann der Optimierungsalgorithmus die Freiheitsgrade des thermischen Motormodells optimal bedaten. Dieser Justierungsprozess ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

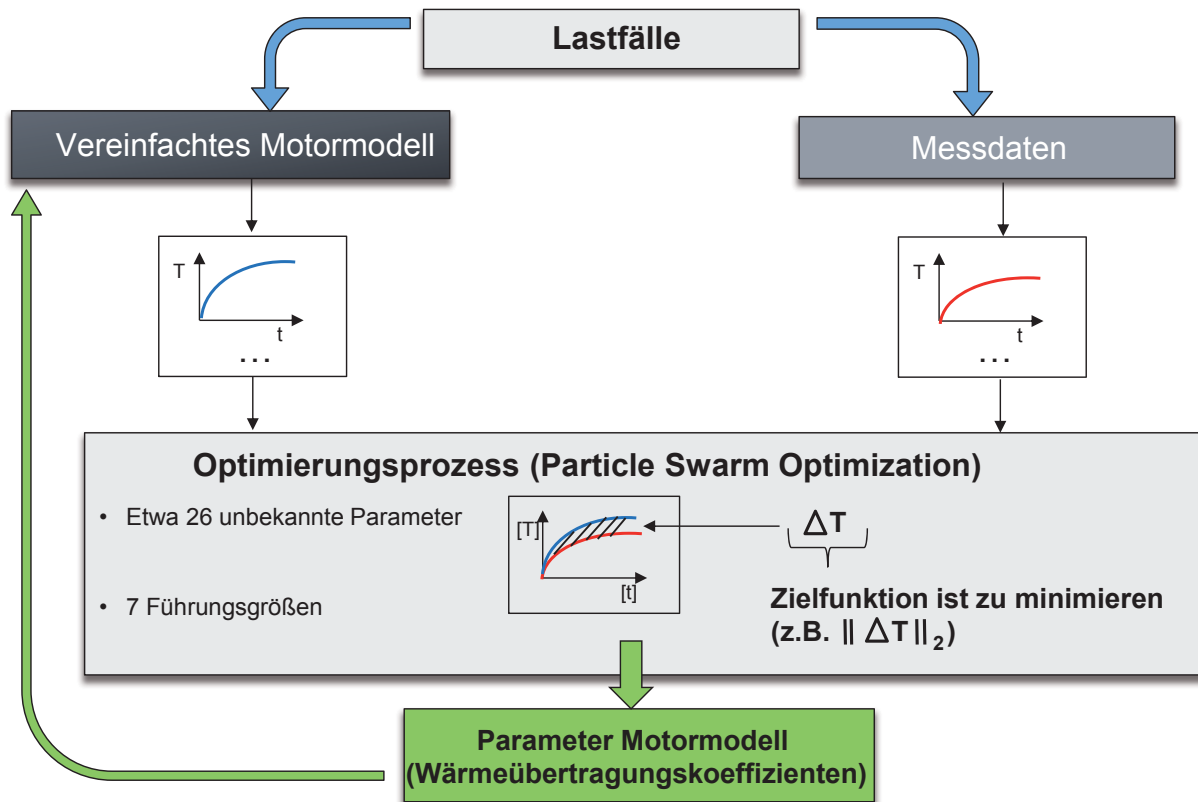


Abb. 4: Modelljustierung durch Particle Swarm Optimierung

Wie im Kapitel 2 beschrieben, berechnet das thermische Motormodell Temperaturen der thermischen Massen in Abhängigkeit der 26 Motorparameter. Die Temperaturverläufe für spezielle Lastfälle (z.B. NEFZ) werden mit den Temperaturverläufen aus Messungen verglichen. Um die Abweichung zwischen Simulation und Messung zu minimieren, wird ein Particle Swarm Optimierer verwendet, welcher im nachfolgenden Kapitel beschrieben wird.

3.1 Particle Swarm Optimierung

Der Partile Swarm Optimierer (PSO) ist ein naturanaloges Optimierungsverfahren und wird zur Justierung des thermischen Netzwerks verwendet. Die Idee dieses Algorithmus basiert auf der Simulation von sozialen Interaktionen in Schwärmen (z.B. Vogel- oder Fischschwarm) und wurde von Kennedy und Eberhart im Jahr 1995 vorgestellt [3].

Jeder Schwarm besteht aus vielen Individuen (genannt: Partikel) und deren sozialer Interaktion. Ein Partikel kennt neben seiner eigenen Position und der dazugehörigen Gütefunktion ebenfalls die Position und Güte anderer Partikel im Schwarm. Daher bewegt sich ein Partikel mit der aktuellen Position $\vec{x}_i$ in die Richtung seiner bisherigen besten Position und die beste Position seiner Nachbarn mit der Geschwindigkeit $\vec{v}_{i+1}$. Shi und Eberhart [4] haben die Formel zur Berechnung der Partikel-Geschwindigkeit definiert als:

$$\vec{v}_{i+1} = \omega \cdot \vec{v}_i + c_1 \cdot r_p (\vec{p}_{best} - \vec{x}_i) + c_2 \cdot r_g (\vec{g}_{best} - \vec{x}_i) \quad \text{Gl. 3-1}$$

Jede aktuelle Position eines Partikels $\vec{x}_i$ wird mit der persönlich besten Position $\vec{p}_{best}$ sowie der global besten Position $\vec{g}_{best}$ verglichen. Diese Abweichung zwischen eigener und Zielposition wird mit unterschiedlichen Gewichtungsfaktoren $c_1, c_2 \in \mathbb{R}$ und Zufallszahlen $r_p, r_g \in [0,1]$ multipliziert. Der Gewichtungsfaktor $\omega \in \mathbb{R}$ beschreibt den Einfluss der alten Geschwindigkeit $\vec{v}_i$ auf die neue Geschwindigkeit $\vec{v}_{i+1}$.

Die neue Position $\vec{x}_{i+1}$ errechnet sich aus der alten Position $\vec{x}_i$ und der neuen Geschwindigkeit $\vec{v}_{i+1}$.

$$\vec{x}_{i+1} = \vec{x}_i + \vec{v}_{i+1} \quad \text{Gl. 3-2}$$

Nachdem die Grundidee der Optimierung beschrieben wurde, wird der gesamte Algorithmus in der nachfolgenden Abbildung dargestellt (in Anlehnung an [5]).

-
- Initialisiere jeden Partikel mit zufälligen Geschwindigkeiten und Positionen im Suchraum

Wiederholen der nachfolgenden Schritte, bis ein Abbruchkriterium erreicht wird

Für jeden Partikel im Schwarm:

- Auswahl zweier Zufallszahlen $r_p, r_g \in [0,1]$
 - Berechnung der Geschwindigkeit $\vec{v}_{i+1}$:

$$\vec{v}_{i+1} = \omega \cdot \vec{v}_i + c_1 \cdot r_p (\vec{p}_{best} - \vec{x}_i) + c_2 \cdot r_g (\vec{g}_{best} - \vec{x}_i)$$
 - Positionsänderung jedes Partikels durch die neue Geschwindigkeit

$$\vec{x}_{i+1} = \vec{x}_i + \vec{v}_{i+1}$$
 - Wenn $(f(\vec{x}_{i+1}) < f(\vec{p}_{best}))$ dann aktualisiere die persönlich beste Position
 - Wenn $(f(\vec{x}_{i+1}) < f(\vec{g}_{best}))$ dann aktualisiere die globale beste Position
-

Abb. 5: PSO Algorithmus (In Anlehnung an [5])

Wie in obiger Abbildung zu erkennen, wird jeder Partikel im Suchraum mit zufälligen Positionen initialisiert. Dabei stellt die Position eines Partikels die Bedatung mit den 26 Freiheitsgraden des thermischen Motormodells dar. Jeder Partikel beschreibt somit ein unterschiedliches thermisches Aufheizverhalten und somit unterschiedliche Temperaturverläufe als Funktion der Zeit. Der PSO Algorithmus läuft solange, bis eines der Abbruchkriterien erfüllt wird (z.B. maximale Anzahl an Iterationen, maximale Berechnungszeit oder minimale Zielfunktion.)

3.2 Zielfunktion

Der PSO Algorithmus bestimmt die 26 Freiheitsgrade des thermischen Netzwerks mit dem Ziel, die Abweichung zwischen Simulation und Messung zu minimieren. Um die Abweichung zwischen Simulation und Messung verifizieren zu können, wird eine Gütefunktion (auch Zielfunktion genannt), verwendet. Wie in Kapitel 2 beschrieben, soll diese Gütefunktion die Abweichung von Simulation und Messung aller 7 Zielgrößen beschreiben. Die nachfolgende Abbildung beschreibt diese Zielfunktion.

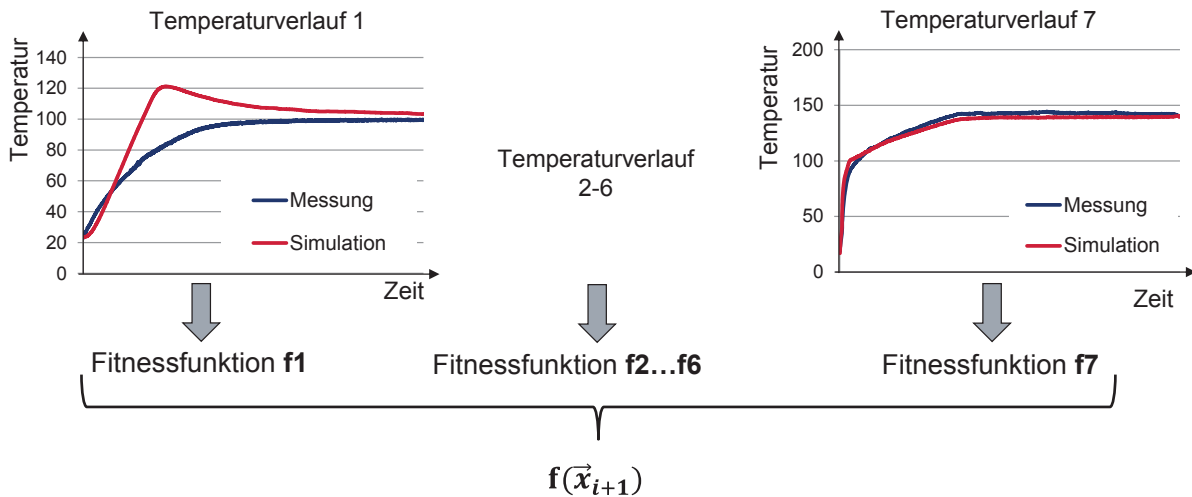


Abb. 6: Zielfunktion

Die Zielfunktion $f(\vec{x}_{i+1})$ besteht aus einer gewichteten Summation der einzelnen Fitnessfunktionen $f_1 - f_7$, welche nach unterschiedlichen Kriterien bestimmt werden können (z.B. Summe kleinster Fehlerquadrate). Durch unterschiedliche Wichtungsfaktoren können ebenfalls unterschiedlich stark gewichtete Zielgrößen beschrieben werden. Durch einen erhöhten Wichtungsfaktor kann eine bestimmte Temperatur (z.B. Kühlmitteltemperatur) stärker gewichtet werden.

Messungenauigkeiten (z.B. Oberflächentemperaturen) werden in der Zielfunktion mit Hilfe von Toleranzbändern erfasst. Befindet sich die Simulationstemperatur innerhalb der vorher definierten Toleranzbänder der Messung wird der Fehler in diesem Bereich zu null gesetzt. Wenn sich die Simulationstemperatur außerhalb der Toleranzbänder befindet, wird die Simulation mit dem entsprechenden Toleranzband verglichen.

Sobald eines der Abbruchkriterien (vgl. Abb. 5) erreicht ist, wird der Partikel mit der geringsten Fitnessfunktion als beste Lösung gespeichert. Dieser Parametersatz wird im Folgenden verwendet, um das Aufheizverhalten des thermischen Motormodells zu simulieren. Ein Vergleich von Simulation und Messung für einen konstanten Lastfall ist in Abb.7 dargestellt. Die sieben Temperaturen (a-g) stellen dabei die Massentemperaturen der sieben thermischen Massen dar.

Die primären Zielgrößen (a-c) der Optimierung sind die Temperatur des Kühlmittels im Zylinderkopf, im Zylinderkurbelgehäuse sowie die Ölumpftemperatur. Diese Zielgrößen werden mit Hilfe von erhöhten Wichtungsfaktoren in der Zielfunktion berücksichtigt

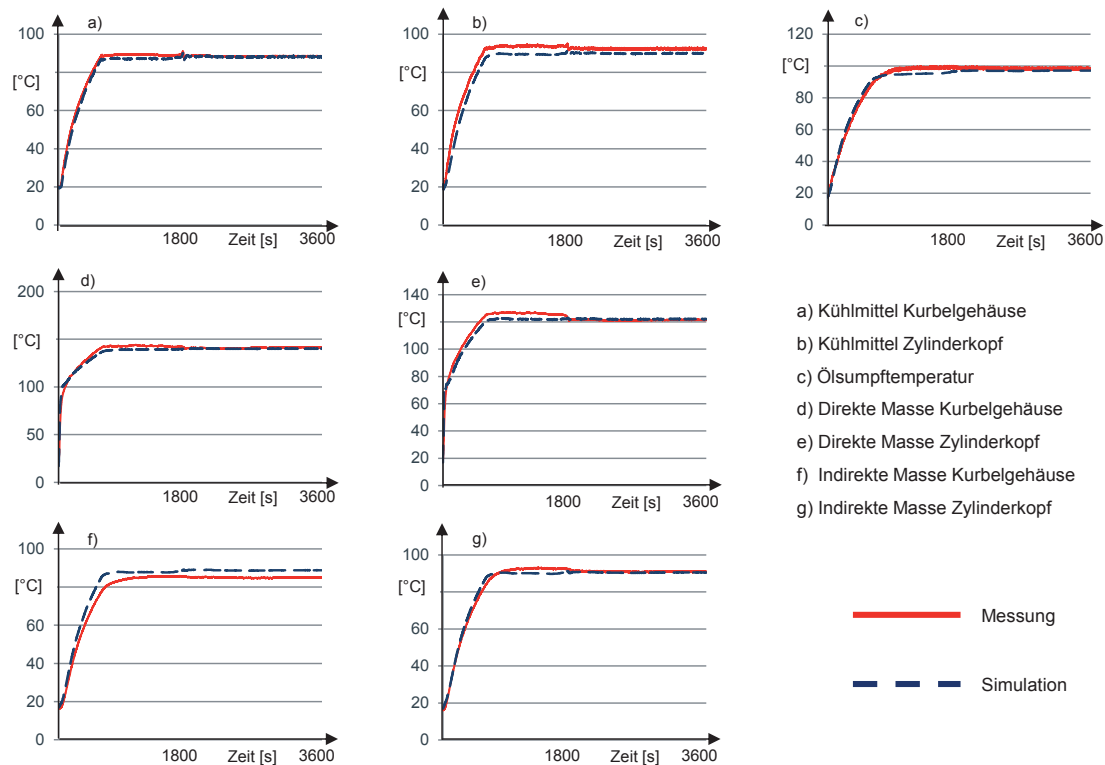


Abb. 7: Warmlauf bei konstantem Lastpunkt ($n=1500$ 1/min, $M=100$ Nm)

Aufgrund der hohen Informationsdichte in Abbildung 7 ist es schwierig, eine vergleichende Bewertung auf Basis der Zeitverläufe aller sieben Temperaturen durchzuführen. Um die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Simulationen zu vereinfachen, wird im nachfolgenden Kapitel ein Verfahren zur Bewertung unterschiedlicher Simulationsergebnisse vorgestellt.

4 Prognosegüte

Die Aufteilung der gesamten Simulationsinformationen in ein dreistufiges Informationssystem mit unterschiedlichen Informationsdichten erlaubt eine anwendungsspezifische Analyse der Ergebnisse. Die erste Stufe des Informationssystems besteht aus zwei Kennzahlen, welche eine globale Vergleichbarkeit unterschiedlicher Simulationsergebnisse ermöglichen. In der zweiten Stufe können diese Kennzahlen genauer analysiert werden. Die dritte und detaillierteste Informationsstufe stellt alle Temperaturverläufe als Funktion der Zeit dar (vgl. Abb.7).

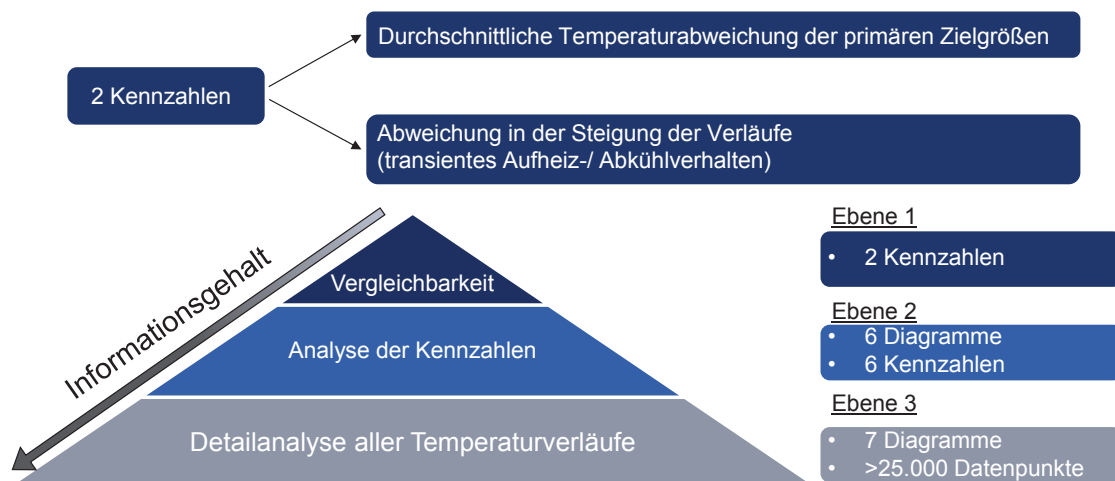


Abb. 8: Dreistufiges Informationssystem

Die zwei Kennzahlen der ersten Informationsstufe beschreiben die Güte im Aufheizverhalten der drei primären Temperaturen (Kühlmittel und Ölsumpf).

Die durchschnittliche Abweichung in der Temperatur berechnet sich zu

$$K1 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n |T_{Simulation}(i) - T_{Messung}(i)| \quad \text{Gl. 4-1}$$

und Kennzahl 2 zu:

$$K2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{k=1}^n |\dot{T}_{Simulation}(k) - \dot{T}_{Messung}(k)| \quad \text{Gl. 4-2}$$

In der nachfolgenden Abbildung werden beide Kennzahlen für zwei exemplarische Lastfälle visualisiert.

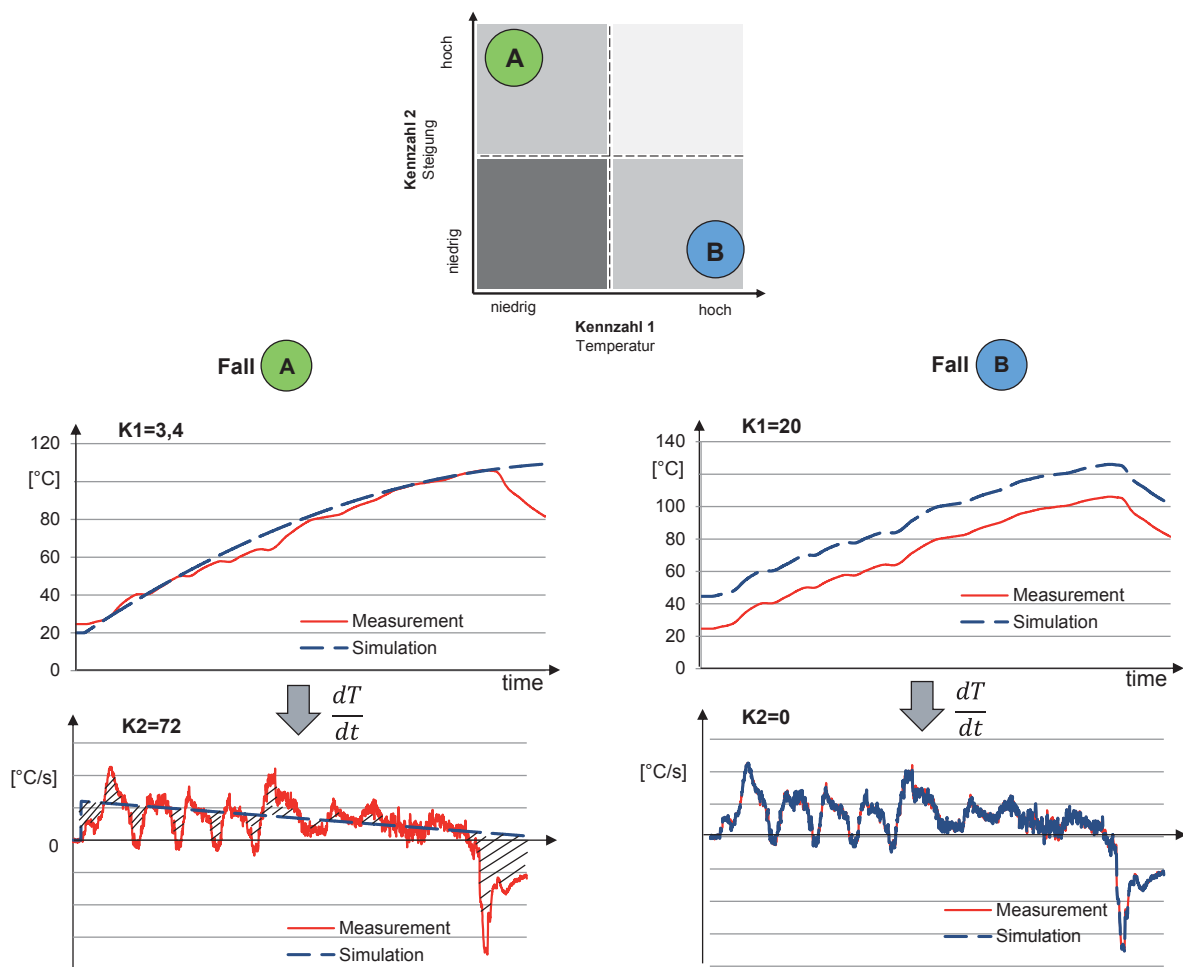
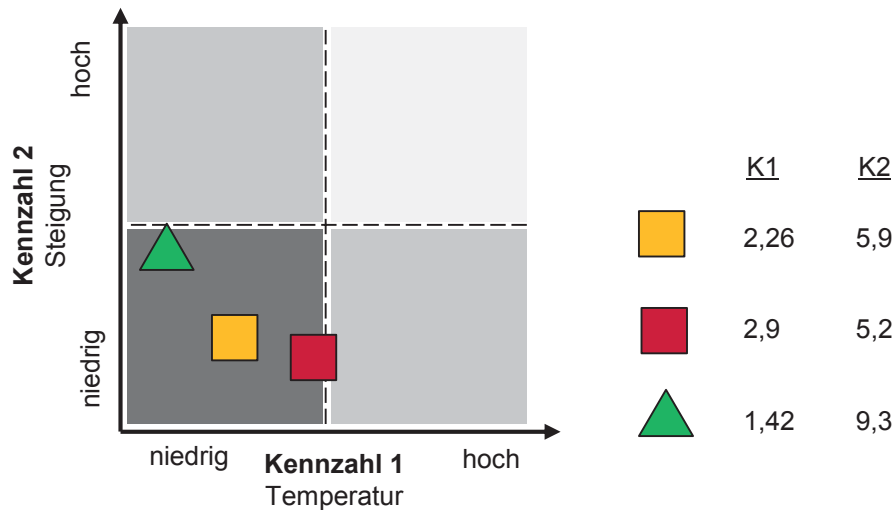


Abb. 9: Berechnung der zwei Kennzahlen

Im Lastfall A, dargestellt auf der linken Seite der obigen Abbildung, ist eine geringe Abweichung in der Temperatur zu erkennen (Kennzahl K1). Das verzögerte Aufheizverhalten wird durch eine erhöhte Kennzahl K2 beschrieben. Der Lastfall B (Verschiebung um 20°C) zeigt eine hohe Abweichung in der Temperatur (Hohe Kennzahl K1) und keine Abweichung im transienten Verhalten (Kennzahl $K2=0$). Mit Hilfe der beiden Kennzahlen können Simulationsergebnisse vergleichend bewertet werden.

5 Anwendungsfall

Die nachfolgende Abbildung gibt eine Übersicht drei verschiedener Lastfälle (zwei stationäre und ein transienter Lastfall) und deren Vergleich mit Hilfe der Kennzahlen K1 und K2.



	 Lastfall 1	 Lastfall 2	 Lastfall 3
Drehzahl	1500 [1/min]	2000 [1/min]	Zyklus
Drehmoment	100 [Nm]	100 [Nm]	Zyklus
Algorithmus	PSO	PSO	PSO
Parametersatz	Optimum 1	Optimum 1	Optimum 1

Abb. 10: Übersicht der untersuchten Lastfälle

Wie in obiger Abbildung dargestellt, wurden alle drei Lastfälle mit identischen Modellparametern simuliert (Parametersatz – Optimum 1). Dieser Parametersatz wurde vom PSO für den Lastfall 1 ermittelt und auf die Lastfälle 2 und 3 angewandt.

Neben der vergleichenden Bewertung mit Hilfe der Kennzahlen K1 und K2 können diese Kennzahlen in der zweiten Informationsstufe analysiert werden. Diese Analyse wird nachfolgend dargestellt.

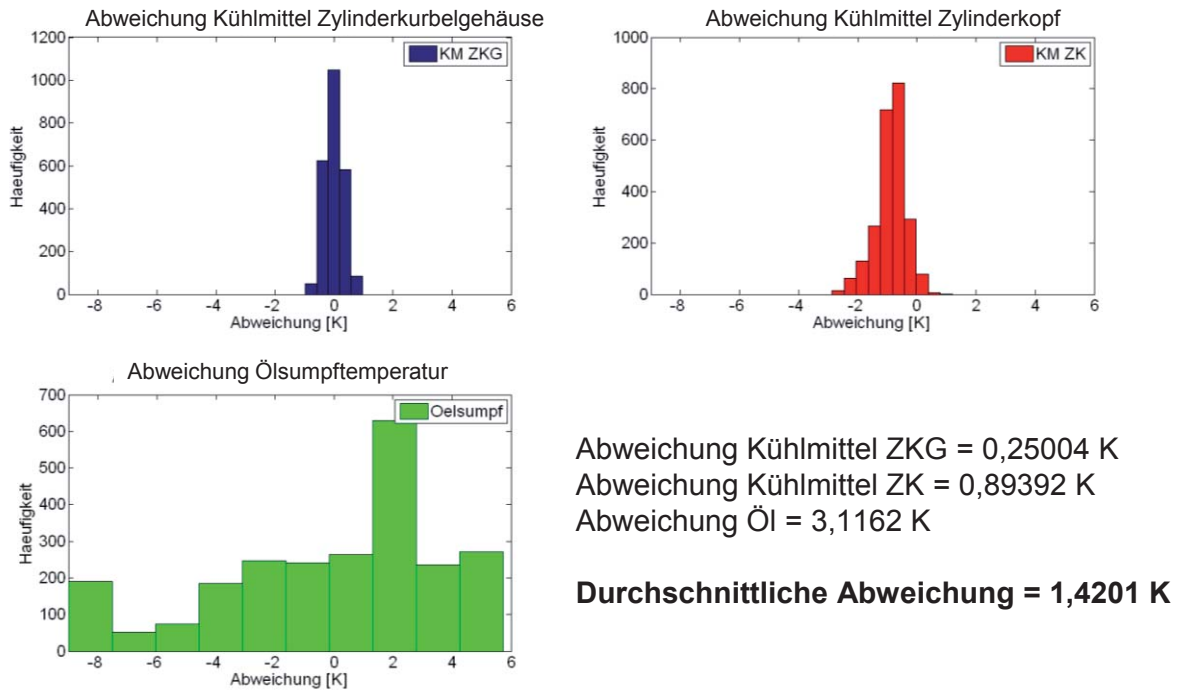


Abb. 11: Berechnung der Kennzahl K1 für Lastfall 3

Abbildung 11 beschreibt die Berechnung der Kennzahl K1 und stellt Informationen zur Abweichung von Simulation und Messung für die drei primären Zielgrößen dar. Beide Kühlmitteltemperaturen zeigen eine geringe Abweichung von unter 1 K. Die Ölsumpftemperatur zeigt den größten Einfluss auf die Kennzahl K1 (Abweichung von etwa 3 K).

Neben der Analyse der Kennzahl K1 ist es sinnvoll, das transiente Verhalten der Simulation mit Hilfe der Kennzahl K2 zu untersuchen. Diese Analyse ist nachfolgend dargestellt.

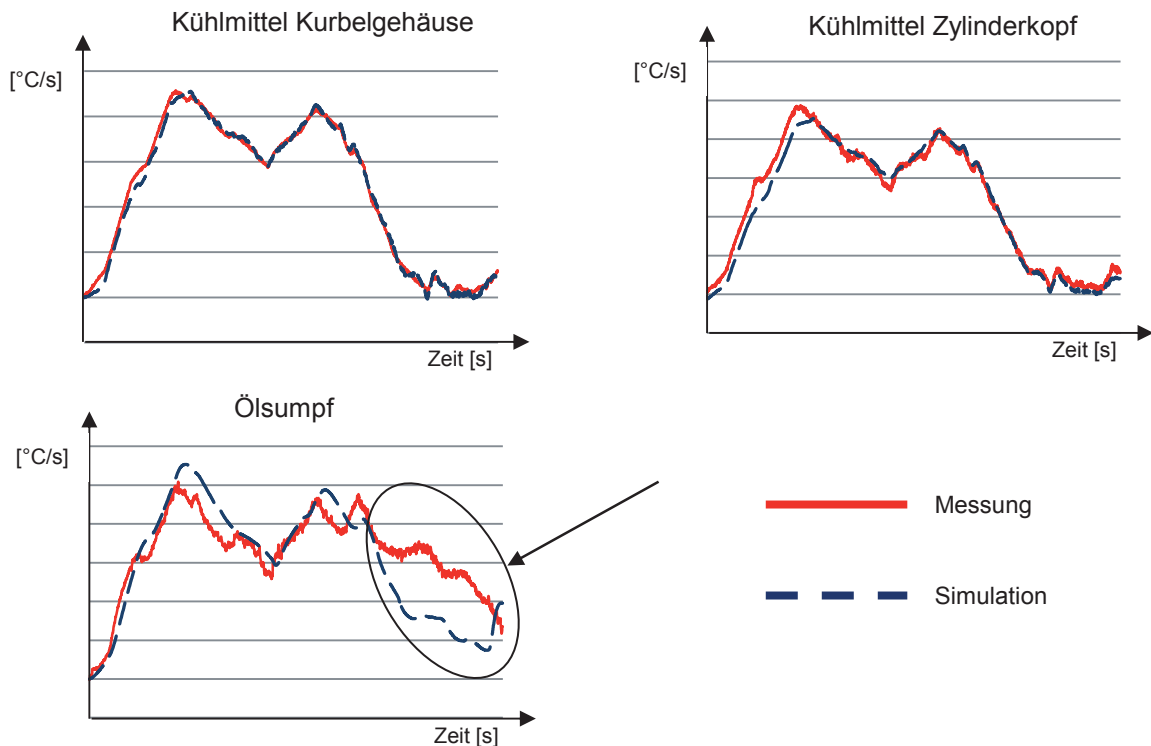


Abb. 12: Berechnung der Kennzahl K2 für Lastfall 3

Die zwischen den Graphen eingespannte Fläche dient als Indikator für das transiente Aufheizverhalten und wird durch die Kennzahl K2 beschrieben. Wie in Abbildung 12 dargestellt, ist die größte Abweichung in der Steigung der Ölumpfemperatur zu erkennen. Die simulierte Öltemperatur zeigt ein leicht verzögertes Aufwärmverhalten im letzten Teil des Zyklus.

Die dritte Informationsstufe zeigt nachfolgend den Vergleich aller Temperaturverläufe für einen transienten Zyklus.

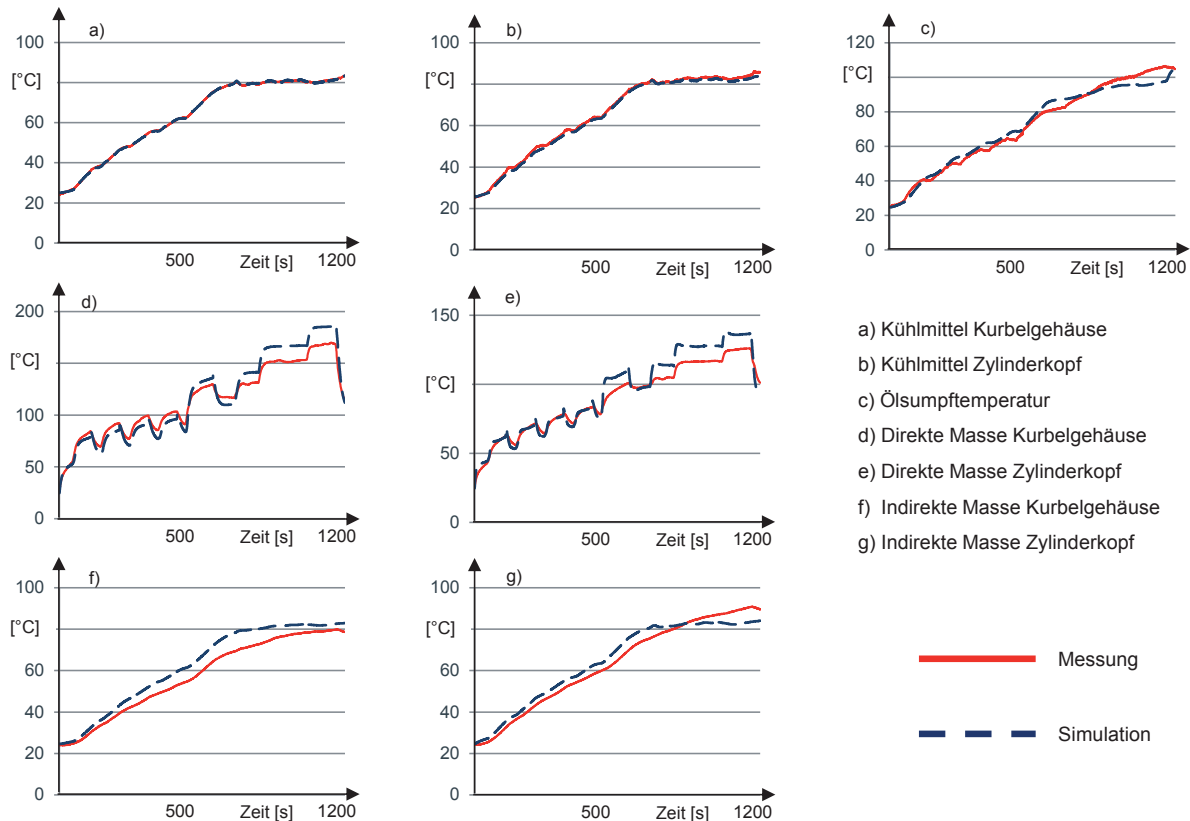


Abb. 13: Aufheizverhalten im transienten Zyklus (Lastfall 3)

Wie in Abbildung 10 dargestellt, wurde der transiente Zyklus mit dem Parametersatz des konstanten Lastfalls simuliert. Die primären Zielgrößen (Diagramm a-c) zeigen eine gute Übereinstimmung mit den Messdaten. Die Temperaturen der direkten Massen (d, e) zeigen eine stärkere Lastabhängigkeit als die Temperaturen der indirekten Massen (f, g). Dabei werden die direkten Massen mit den Stegtemperaturen und die indirekten Massen mit den Oberflächentemperaturen aus Messungen verglichen.

6 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Artikel wurde eine innovative Methodik zur Justierung eines Simulationsmodells mit Hilfe von Messdaten dargestellt. Der Particle Swarm Optimierer ist ein effektiver Optimierungsalgorithmus und wurde erstmals zur Justierung eines thermischen Motormodells eingesetzt. Durch den PSO konnten die Modelljustierungszeiten signifikant reduziert werden. Die Modellgüten und globalen Vergleichbarkeiten unterschiedlicher Optimierungsergebnisse können mit Hilfe des dreistufigen Informationssystems verglichen werden.

Das in diesem Artikel dargestellte thermische Motormodell kann zur Analyse des thermischen Verhaltens im virtuellen Fahrzeugentwicklungsprozess verwendet werden. In Simulationen von Hybridfahrzeugen mit reduzierten Motorwarmlauf-Phasen kann das Modell helfen, das thermische Systemverhalten des Gesamtfahrzeugs zu verbessern.

7 Literatur

- [1] Tilch, B.; Reimers, T.; Eilts, P.
Advanced optimization of Hybrid-Electric-Vehicle drivelines using Engine-in-the-Loop simulation
21. ASIM Symposium Simulationstechnik, Winterthur, 2011.
- [2] Lund, C.; Maister, W.; Lange, C.; Beyer, B.
Innovation durch Co-Simulation
Wärmemanagement des Kraftfahrzeugs 6, 2008, pp. 163-187.
- [3] Kennedy, J.; Eberhart, R.
Particle Swarm Optimization
In: Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks. Volume IV , 1995, pp. 1942-1948.
- [4] Shi, Y.; Eberhart, R.
A modified particle swarm optimizer
In: Proceedings of IEEE International Conference on Evolutionary Computation, 1998, pp. 69-73.
- [5] Pedersen, M.
Tuning & Simplifying Heuristical Optimization
University of Southampton – PhD thesis, 2010, p. 27.

Numerische Simulation des Spritzlackierens: Vorhersage von Overspray- und Lösemittelausbreitung

Qiaoyan Ye, Bo Shen, Oliver Tiedje

(Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA))

In diesem Beitrag werden aktuelle numerische Untersuchungen für Spritzlackierprozesse, vor allem die Vorhersage von Overspray- und Lösemittelausbreitung in industriellen Lackieranlagen, dargestellt. Das kommerzielle Strömungssimulationsprogramm Ansys-Fluent mit den zusätzlichen vom Fraunhofer IPA entwickelten Modellen für die Beschichtungssimulation wurde verwendet. Nicht nur das Strömungsfeld in der Lackieranlage, sondern auch die detaillierte Partikelabscheidung auf dem Werkstück und den Wänden, Staubemissionen sowie die Lösemittelkonzentration können quantitativ ermittelt werden, was von großer Bedeutung für die Anlagenbautechnik ist.

1 Einführung

Spritzlackierverfahren sind durch ihre relativ großen Lackmaterialverluste sowie einen hohen Energieverbrauch geprägt. Bei der Herstellung eines Fahrzeugs werden 70 Prozent der für die Produktion benötigten Energie in der Lackiererei verbraucht. Das so genannte Overspray beeinflusst einerseits die Beschichtungsqualität durch Verschmutzungen auf dem Werkstück und ist andererseits eine große Herausforderung für den Anlagenbau, wenn Lackrecycling sowie umweltschonende Lackiersysteme eingesetzt werden, um Energieverbrauch und somit CO₂-Emissionen senken zu können.

Während des Beschichtungsprozesses mit Nasslack breitet sich dazu noch das Lösemittel aufgrund des Tropfenverdampfungseffektes in der Lackierkabine sowie im Abluftbereich aus. Für den Anlagenbau müssen verschiedene Kriterien hinsichtlich Arbeitsumwelt- und Brandschutz erfüllt werden.

Die Informationen über die Overspray- und Lösemittelausbreitung sind daher äußerst wichtig für den Anlagenhersteller. Ebenso wichtig ist die Ermittlung von Lackaerosol-Konzentrationen am Arbeitsplatz hinsichtlich der arbeitshygienischen Anforderungen. Hier kann die Lackiertechnik aus der Anwendung numerischer Berechnungsprogramme zur Simulation von Strömungsvorgängen großen Nutzen ziehen.

Das Fraunhofer IPA hat in den letzten Jahren numerische Simulationen für Lackierprozesse durchgeführt. In einer Reihe von Beiträgen [1-5] konnten die Autoren die erfolgreiche Erweiterung des Ansys-Fluent-Codes darstellen und nachweisen, dass es damit möglich ist, industrierelevante Beschichtungsprozesse, z. B. den Lackauftrag auf dem Werkstück, die Vorbehandlung, die Reinigung, die Trocknung sowie Overspray- und Lösemittelausbreitung vorherzusagen.

Der vorliegende Beitrag fasst vor allem Simulationsergebnisse für Lacknebel-Overspray und Lösemittelausbreitung in einer industriellen Lackieranlage zusammen.

2 Numerische Methoden

Unter Berücksichtigung der zugrunde liegenden physikalischen Probleme im Spritzlackierverfahren werden die folgenden wichtigen Teilprozesse zur Berechnung von Lackoverspray- und Lösemittelausbreitung betrachtet:

- 3-dimensionale turbulente Strömung in der Lackieranlage, einschließlich der vom Zerstäuber erzeugten Freistrahlsströmung
- Wechselwirkung zwischen zweiphasigen Strömungen (Gas-Tropfen- sowie Gas-Feststoff-Strömungen)
- Tropfentransport mit stochastischen Effekten

- Abdunstung der Tropfen während des Transportes
- Speziestransport in der Gas-Phase bei der Lösemittelverdampfung
- Einfluss des elektrischen Feldes auf die Tropfenabscheidung beim elektrostatischen Beschichten

Die numerischen Rechnungen basieren auf dem Finite-Volumen-Programm Ansys-Fluent. Das turbulente Luftströmungsfeld wird durch Lösen der reynolds-gemittelten Navier-Stokes-Gleichungen (RANS) berechnet. Für das zur Schließung des Gleichungssystems erforderliche Turbulenzmodell wird das Realizable k - ϵ -Modell gewählt, das gegenüber dem Standard k - ϵ -Modell deutliche Vorteile in komplexen dreidimensionalen Strömungsfeldern aufweist. Die Berechnung des Strömungsfeldes und die Wechselwirkung zwischen Gasströmung und Tropfenbewegung erfolgt mit Hilfe des Euler-Lagrange-Verfahrens.

Das in der Simulation verwendete Modell der Lackierkabine ($5.5 \times 6.7 \times 9.0 \text{ m}^3$) ist in Abb. 1 schematisch dargestellt. Die Zuluft über das Kabinendach beträgt 0.3 m/s . Die Lackieranlage wird in der Praxis betrieben mit einem herkömmlichen Nassauswaschungssystem, d. h. auf den Auswaschplatten strömt Wasser, um die Partikel des Oversprays zu erfassen und wegzuführen. In der Simulation wurde allerdings die Partikelabscheidung ohne Nassauswaschung berechnet, da die Überlegungen für zukünftige Abscheideprozesse in Richtung Trockenabscheidung oder Abscheidung mit reduzierter Nassauswaschung gehen [7,8].

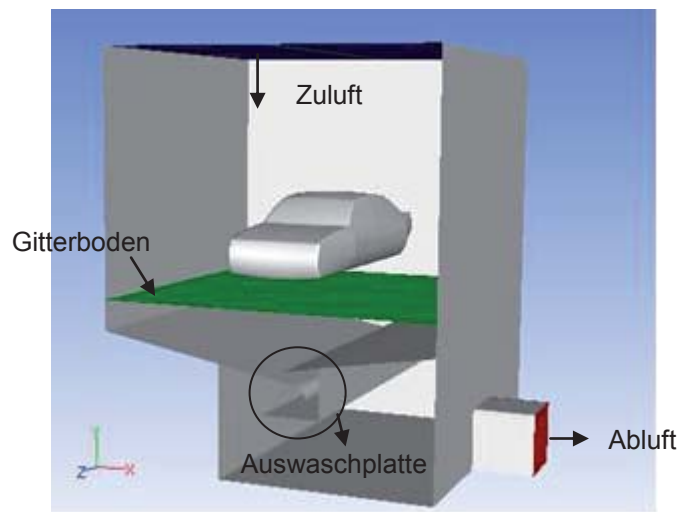


Abb. 1: Schematische Darstellung einer Lackierkabine am IPA

In der Simulation wurde ein fiktives Karosseriemodell verwendet. Des Weiteren wurden im Simulationsmodell zwei HVLP-Automatikpistolen eingesetzt. Abbildung 2 zeigt beispielhaft einen HVLP-Zerstäuber mit dazugehörigem Rechengitter in der direkten Umgebung des Zerstäubers. Die Hornluft dient vor allem zur Steuerung der Form des Sprühstrahls. Für die gesamte Rechendomain, einschließlich des Zerstäubers, der Kabine sowie des Werkstückes, wurde ein Rechengitter mit ca. 2.8 Millionen Elementen erzeugt.

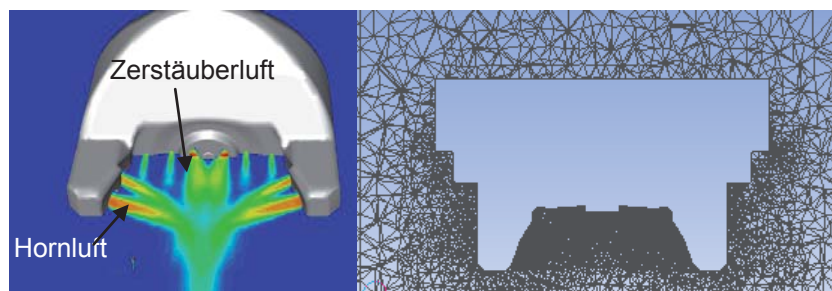


Abb. 2: Geometrie des HVLP-Zerstäubers mit Rechengitter

Als Lackmaterial wurde ein 2K-PUR-Klarlack mit einem Festkörpergehalt von 54 Gewichts% und Butylacetat als Lösemittel verwendet. Die Tropfengrößenverteilung, die erforderlich für die Berechnung der Tropfenphase ist, wurde mit Hilfe eines Laserbeugungsspektrometers der Fa. Malvern Inc. gemessen. In Abb. 3 ist eine repräsentative Tropfengrößenverteilung für den vorliegenden Sprühstrahl gezeigt. Die übrigen Anfangsbedingungen für die Berechnung der Tropfenbahnen, nämlich Tropfengeschwindigkeit sowie -positionen, wurden durch Anpassung an die experimentell ermittelte Lackschichtdickenverteilung auf einer ebenen Platte unter Berücksichtigung der lokalen Luftgeschwindigkeit in der Injektionszone nahe an der Zerstäuberdüse bestimmt [6]. Als Kompromiss zwischen Rechengenauigkeit und Rechenzeit wurden für die Tropfenbahnberechnung 50 000 Tropfen verwendet. Sämtliche Stoffdaten für Butylacetat bei der Berechnung der Tropfenverdampfung und Lösemittel-ausbreitung wurden aus der Stoffdatenbank BYU-DIPPR [9] entnommen.

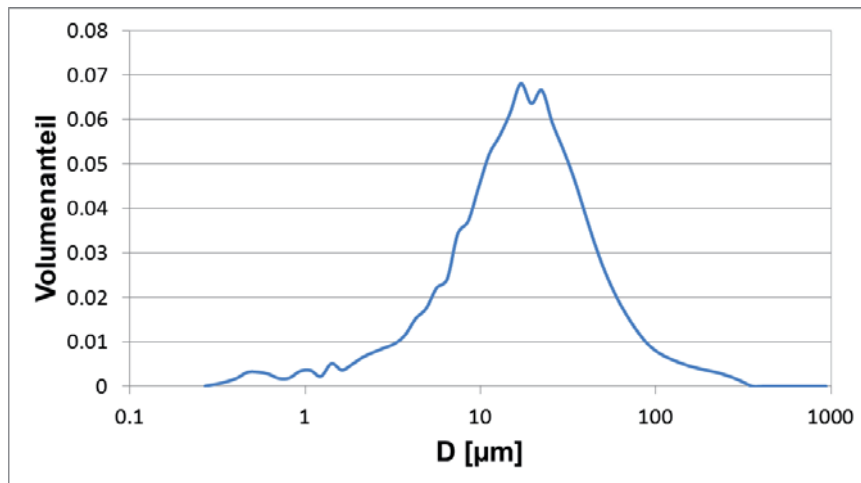


Abb. 3: Tropfengrößenverteilung

3 Simulationsergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Simulationsergebnisse betrachtet. Tabelle 1 zeigt die in der Simulation verwendeten Parameter. Die maximale Geschwindigkeit 418 m/s befindet sich direkt am Austritt der Zerstäuberluftdüse. Das Luftströmungsfeld weiter weg vom Zerstäuber, beispielweise in der Schnittebene $z = 2300$ mm, ist in Abb. 4 dargestellt.

Dichte des Nasslacks	993 kg/m ³
Lackierabstand	250 mm
Festkörper des Originallacks	54 % (Gew.)
Zerstäuberluft	280 NL/min
Hornluft	280 NL/min
Durchsatz des Lackes	250 ml/min

Tab. 1: Simulationsparameter

Abbildung 5 zeigt die simulierten Tropfenbahnen von Probepartikeln im Größenbereich 0.2 - 310 µm. Große Partikel werden auf der Karosse, den Venturi-Auswaschplatten und dem Anlagenboden deponiert. Nur wenige kleine Partikel strömen durch den Anlagenaustritt aus.

Die Abbildung verdeutlicht, dass sich für die kleinen Tropfen längere Flugwege ergeben, was in der Praxis zu langen Verweilzeiten der Tropfen in der Kabine führt. Diese können somit signifikant abdunsten, was unter Umständen der Beschichtungsqualität abträglich sein kann und den Anteil thorakaler Partikel erhöht, deren Konzentration bedeutende Information hinsichtlich der Arbeitshygiene liefert. Der Auftragswirkungsgrad beträgt 68 % auf der Karosse, 29 % auf den Venturi-Auswaschplatten und dem Anlagenboden und 3 % im Anlagenaustritt,

in dem der Staub keinen flüchtigen Anteil mehr enthält. Die Partikelgrößenverteilung in der Abluft ist in Abb. 6 dargestellt. Der entsprechende Mitteldurchmesser der Partikel (Sauter Mean D32) beträgt $3.48 \mu\text{m}$. Die Staubemission im Austritt ist in der vorliegenden numerischen Untersuchung höher als der erlaubte Wert, weil der Effekt der Nassauswaschung nicht berücksichtigt wurde. Durch den Einsatz eines Filters bei der Trockenabscheidung kann die Staubemission gravierend reduziert werden.

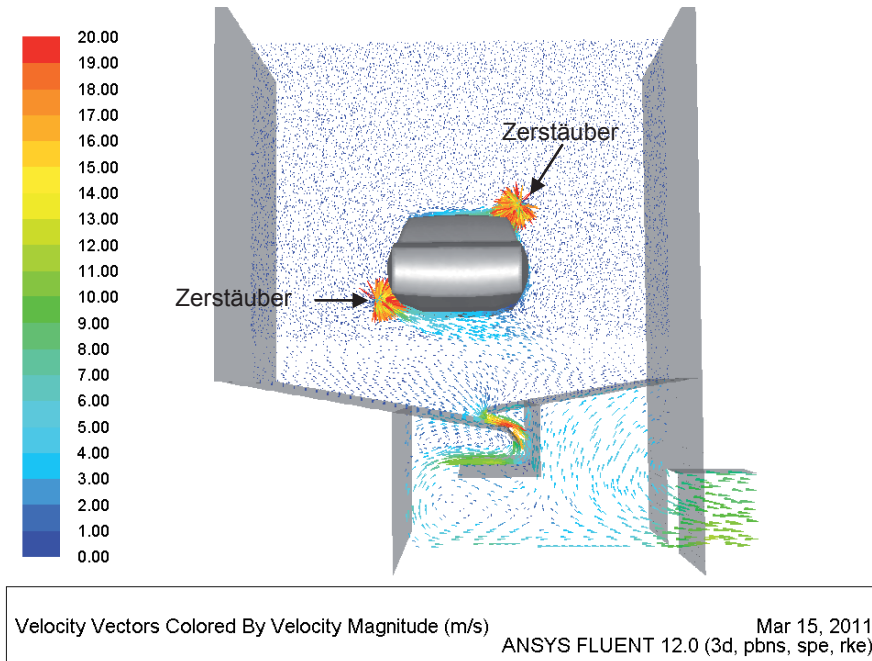


Abb. 4: Geschwindigkeitskonturen (m/s) in der Schnittebene $z = 2300 \text{ mm}$

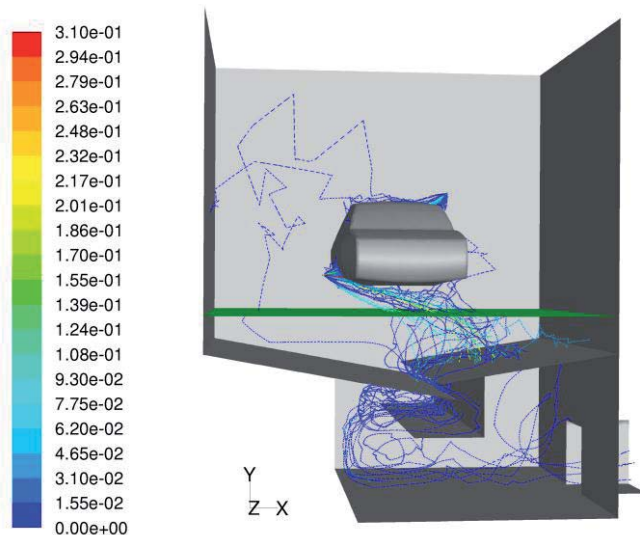


Abb. 5: Beispielhafte Tropfenbahnen
(Skala Tropfendurchmesser von $0.2 - 310 \mu\text{m}$)

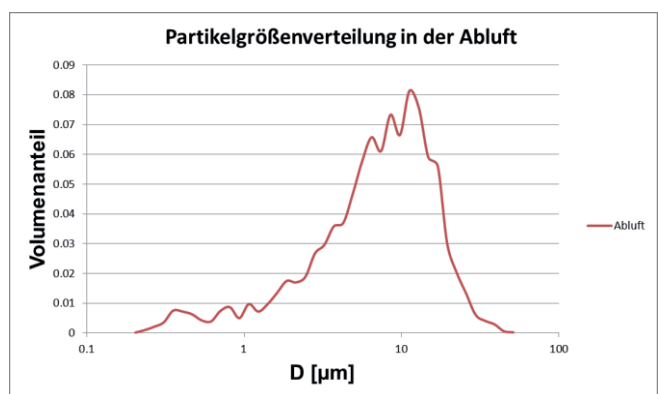


Abb. 6: Partikelgrößenverteilung in der Abluft

Während des Tropfentransportes verdampft das Lösemittel und breitet sich in der Lackieranlage aus. Die Lösemittelverteilung, nämlich die Konzentration (g/m^3) von Butylacetat in der Gasphase in zwei Querschnittsebenen, ist in Abb. 7 dargestellt. Die höchste Konzentration von Butylacetat befindet sich im Sprühstrahlzentrum und direkt an der Karosserie.

Die Informationen über das Abscheideverhalten des Oversprays, die Lösemittel- und Partikelkonzentrationsverteilungen sowie die Partikelgrößenverteilung im Abluftbereich sind von großer Bedeutung für die Anlagentechnik. Beispielsweise kann man anhand der Partikelgrößenverteilung den richtigen Filtertyp für ein Trockenabscheidesystem [7] für das Lack-Overspray auswählen, um so die Filtereffizienz zu erhöhen. Bei Einsatz eines elektrischen Filters [8] für die Abluftreinigung kann man den Filter anhand der Lösemittelkonzentration in der Anlage richtig positionieren, um die Brandgefahr zu vermeiden.

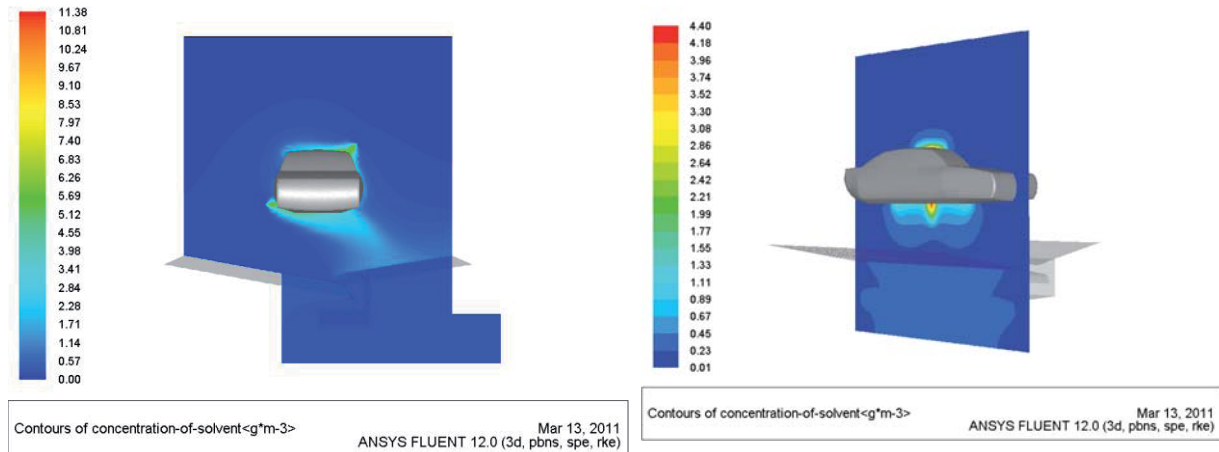


Abb. 7: Konturen der Konzentration (g/m^3) des Butylacetat-Dampfs in den Schnittebenen $z = 2300 \text{ mm}$ und $x = 0$.

4 Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag fasst die numerischen Untersuchungen mit dem Schwerpunkt Modellierung von Lack-Overspray- und Lösemittelausbreitung in industriellen Lackierkabinen zusammen. Informationen, die aus der numerischen Simulation abgeleitet werden können, betreffen das Strömungsfeld in der Anlage, die Lack-schichtdickenverteilung auf dem Werkstück, den Auftragswirkungsgrad sowie darüber hinaus die detaillierte räumliche Verteilung der Partikelgrößen auf dem Werkstück sowie im Overspray. Dadurch können die Lackabscheidung vorhergesagt, die Beschichtungsqualität verbessert, die lackiertechnischen Verfahren und Anlagen optimiert bzw. neu entwickelt sowie Lackabfall und Energie reduziert werden.

5 Literatur

- [1] Q. Ye, T. Steigleder, A. Scheibe, J. Domnick: Numerical simulation of the electrostatic powder coating process with a corona spray gun, *Journal of Electrostatics*, 54 (2002), 189-205
- [2] Q. Ye, J. Domnick: On the simulation of space charge in electrostatic powder coating with a corona spray gun. *Powder Technology* 135-136 (2003) 250-260
- [3] J. Domnick, A. Scheibe, Q. Ye: The simulation of the electrostatic spray painting process with high-speed rotary bell atomizers. Part I: Direct charging, Part. Part. Syst. Charact. 22 (2005) 141-150
- [4] J. Domnick, A. Scheibe, Q. Ye: The simulation of the electrostatic spray painting process with high-speed rotary bell atomizers. Part II: External Charging. Part. Part. Syst. Charact. 23 (2006) 408-416
- [5] Q. Ye, J. Domnick, A. Scheibe: Numerical simulation of spray painting in the automotive industry. *Proceedings of the 1st European Automotive CFD Conference Bingen, Germany, June, 2003*
- [6] Q. Ye, K. Pulli: Simulation of the spray coating process using a pneumatic atomizer: Influences of operating conditions and target geometries. *Proceedings of the 12th Workshop on two-phase flow predictions, Halle, Germany, March 22-25, 2010*
- [7] P. Svejda: Mehr Energieeffizienz beim Automobil-Lackieren - Weniger CO_2 - nicht nur beim Fahren. *Journal für Oberflächentechnik* 09 (2010)
- [8] G. Scheffels: Neue Anlagen- und Applikationstechnik - Die Stellschrauben nutzen und Stückkosten senken. *Journal für Oberflächentechnik* 09 (2010)
- [9] DIPPR® 801, evaluated process design data, 2009

Bitte per Post oder Fax senden:

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

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

e-mail: magazin@nafems.de

Adresse für Fensterkuvert



NAFEMS GmbH
Osterham 23

D-83233 Bernau am Chiemsee
Germany

Rückantwort: NAFEMS Magazin, Ausgabe (2/2012)

☐ Bitte senden Sie mir nähere Informationen zu folgenden Themen:

- ☐ NAFEMS Mitgliedschaft
- ☐ NAFEMS Magazin „Benchmark“
- ☐ NAFEMS Seminare
- ☐ NAFEMS Trainingskurse

- ☐ Anzeigenmarkt
- ☐ EU-Projekte
- ☐ Internationale Arbeitsgruppen
- ☐ NAFEMS World Congress 2013

☐ 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.CAE-Stellenmarkt.de. 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: _____

Bitte per Post oder Fax senden:

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

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

e-mail: magazin@nafems.de

Adresse für Fensterkuvert

NAFEMS GmbH
Osterham 23D-83233 Bernau am Chiemsee
Germany

Rückantwort: NAFEMS Magazin, Ausgabe (2/2012)

☐ Bitte senden Sie mir nähere Informationen zu folgenden Themen:

- ☐ NAFEMS Mitgliedschaft
- ☐ NAFEMS Magazin „Benchmark“
- ☐ NAFEMS Seminare
- ☐ NAFEMS Trainingskurse

- ☐ Anzeigenmarkt
- ☐ EU-Projekte
- ☐ Internationale Arbeitsgruppen
- ☐ NAFEMS World Congress 2013

☐ 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 Mediadata zu.☐ Ich interessiere mich für www.CAE-Stellenmarkt.de. 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: _____

NAFEMS Online-Magazin

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

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

www.nafems.org/magazin

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

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

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

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



www.nafems.org