



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

Fachbeiträge:

Fokus Faserverbundwerkstoffe

Festigkeitsbewertung von Komponenten aus kurzfaserverstärkten Kunststoffen

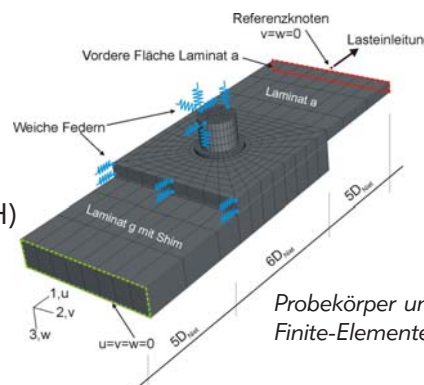
C. Gaier, H. Dannbauer, A. Werkhausen
(Engineering Center Steyr GmbH & Co KG, Magna Powertrain)



REM Aufnahme der Bruchfläche einer Probe aus PA 6T/6I-GF40MX2

Virtueller Versuchsstand für CFK-Nietverbindungen mit Shim-Schicht

C. Hühne., A.-K. Ungrad, C. Steenbock, R. Rolfes (Universität Hannover);
G. Kuhlmann (Airbus Deutschland GmbH)



Probekörper und Versuchsaufbau im Finite-Elemente-Modell

Fokus Computational Fluid Dynamics

Effektives Produktdesign mit Hilfe von Simulationen
– Zuverlässige Interaktion zwischen CAD und Multiphysiksimulationen

F. Zhu, H.-W. Mindt, W. Ottow, M. Megahed (ESI Group)



2D-Schnitt des Gitters um ein Fahrzeug

Trainingskurse 2008

- Basic 1: Praxisorientierte Strukturmechanik / Festigkeitslehre, 03.-04.03.2008, D
- Basic CFD: Praxisorientierte Grundlagen für CFD-Berechnungen, 21.-22.04.2008, D
- Basic 2: Praxisorientierte Grundlagen für FEM-Analysen, 21.-22.04.2008, D

Seminare 2008

- Simulation komplexer Strömungsvorgänge (CFD), 10.-11.3.2008, D
- Konstruktionsnahe Berechnung – Potential und Herausforderung, 12.-13.3.2008, D
- Combining Physical and Virtual Testing, April 2008, Stockholm, S

Mit Stellenmarkt



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

Sehr geehrte Leserin,
sehr geehrter Leser,

für den deutschen Sprachraum (Deutschland, Österreich, Schweiz) veranstaltet NAFEMS regelmäßig Seminare zu unterschiedlichen Themen aus dem Bereich der numerischen Simulation. So standen zum Beispiel im März dieses Jahres das Thema *Zuverlässiger Einsatz numerischer Simulationsmethoden in der Vorausberechnung* sowie das 4. NAFEMS CFD-Seminar mit der Zielrichtung *CFD im Wandel: Zuverlässiger Einsatz CAD-basierter Software sowie anwendungsspezifischer Codes* auf der Tagesordnung. Im November wurde über Möglichkeiten und Grenzen der *Simulation von Verbunden: Material und Strukturen* referiert und diskutiert. Für das kommende Jahr sind im März das 5. NAFEMS CFD-Seminar mit dem Thema *Simulation komplexer Strömungsvorgänge* sowie der Schwerpunkt *Konstruktionsnahe Berechnung – Potenzial und Herausforderung* vorgesehen. Diese Seminare bieten einerseits Vorträge von hohem wissenschaftlichem Niveau aus dem akademischen und dem industriellen Bereich. Andererseits kommen auch die Anbieter kommerzieller Software zu Wort und erläutern die neuesten Entwicklungen ihrer Produkte. Besonders dieses Zusammentreffen von Anspruch und Realisierung sowie der Gelegenheit im Rahmen einer Ausstellung über Probleme und deren Lösungsmöglichkeiten zu sprechen macht den besonderen Reiz dieser Veranstaltungen aus und begründet auch ihren Erfolg.

Die Fachbeiträge des Magazins werden aus jeweils aktuellen Seminarbeiträgen ausgewählt. Damit erhalten Sie, liebe Leserin und lieber Leser, die Gelegenheit, sich über Themenschwerpunkte und Lösungsmöglichkeiten für konkrete Fragestellungen zu informieren. Natürlich kann und will das Magazin nicht den Besuch des Seminars ersetzen; dazu fehlt insbesondere die Möglichkeit zur Kommunikation mit Fachleuten und die schöpferische Verknüpfung von vorhandenen Erfahrungen und Erkenntnissen mit den jeweils anstehenden Voraussetzungen und Randbedingungen zur Entwicklung innovativer Lösungen. Aber die Veröffentlichungen können in besonderen Fällen gerade für Ihr Problem den fehlenden Hinweis enthalten, der vielleicht weiter hilft. Darüber hinaus sollte das Magazin dazu anregen, dass Sie an dem nächsten Seminar zu Ihrem Fachgebiet persönlich teilnehmen, eventuell sogar mit einem eigenen Beitrag.

Das vorliegende Heft 8 enthält einen Beitrag aus dem 4. CFD-Seminar und zwei Beiträge aus dem Seminar zur Simulation von Verbunden, also von Veranstaltungen aus diesem Jahr. Sie vermitteln einen Eindruck, wie die jeweiligen anstehenden Themen bearbeitet und die dabei auftretenden Probleme gelöst wurden.

Ich wünsche Ihnen eine informative und anregende Lektüre.

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.abaqus.de



www.altair.de



www.fluent.de
www.ansys.com



www.esi-group.com



www.intes.de



www.mscsoftware.com

Die nächsten NAFEMS Trainingskurse:

Basiswissen für die Anwendung von Finite-Element-Berechnungen für Ingenieure und Konstrukteure

Basic 1: Praxisorientierte Strukturmechanik / Festigkeitslehre

03. - 04. März 2008, Wiesbaden

Referent: Dr.-Ing. Yasar Deger (HSR - Hochschule für Technik Rapperswil)

Basic 2: Praxisorientierte Grundlagen für FEM-Analysen

21. - 22. April 2008, Wiesbaden

Referent: Dr.-Ing. Yasar Deger (Hochschule für Technik Rapperswil)

Praxisorientierte Grundlagen für CFD-Analysen

21. - 22. April 2008, Wiesbaden

Referent: Prof. Dr.-Ing. habil. Uwe Janoske (ISMVT - Steinbeis-Transferzentrum)



Dr.-Ing. Y. Deger
HSR



Prof. Dr. U. Janoske,
ISMVT

NEU

Das nächsten NAFEMS Seminare:

Simulation komplexer Strömungsvorgänge (CFD) – Anwendungen und Trends

10. - 11. März 2008, Wiesbaden (Agenda auf Seite 18)

Konstruktionsnahe Berechnung – Potential und Herausforderung

12. - 13. März 2008, Wiesbaden (Agenda auf Seite 19)

Combining Physical and Virtual Testing

April 2008, Stockholm, Schweden

Mehr Informationen zu den Seminaren und Kursen finden Sie unter www.nafems.de.

Weitere, internationale Seminar- und Kursangebote finden Sie unter www.nafems.org, der internationalen website von NAFEMS.

NAFEMS Literatur

NAFEMS bietet mit über 200 Publikationen eine umfangreiche Auswahl an Fachliteratur im Berechnungsumfeld an.

Häufig bestellte Publikationen sind zum Beispiel:

- How To Undertake a Smoke Movement Analysis in Complex Enclosed Spaces using CFD
- NAFEMS QSS 001 - Engineering Simulation – Quality Management Systems – Requirements
- How To Do Seismic Analysis Using Finite Elements
- NAFEMS Work Session on the Management of Simulation Data

- A Finite Element Primer
- How to Use Beam, Plate and Shell Elements
- BENCHmark Magazin
Dezember 2008 (erscheint in Kürze)

Auch in Zukunft wird sich NAFEMS um die Weiterentwicklung und Erstellung neuer Fachliteratur für ihre Mitglieder und für den weiteren Kreis der Ingenieure bemühen.

Falls Sie Interesse haben, eine Publikation im Auftrag von NAFEMS zu verfassen oder daran mitzuwirken, setzen Sie sich bitte mit uns in Verbindung.



Mehr Informationen finden Sie unter

www.nafems.org/publications

Impressum

Editor in Chief

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

Redaktioneller Beirat

- Dr. Yasar Deger (HSR, CH)
- Dr. Moris Habip (Consultant, D)
- Dr. Alfred Svobodnik (Harman/
Becker Automotive Systems, A)
- Prof. Dr. Manfred Zehn (TU Berlin
/ Femcos mbH, D)

Redaktion

Albert Oswald (NAFEMS Kontakt
Deutschland, Österreich, Schweiz
und Nordic)

Herausgeber

NAFEMS Kontakt DACH & Nordic
Schillerstr. 6, D-85567 Grafing
Tel. +49 (0) 8092 – 8 35 50
Fax +49 (0) 8092 – 8 35 51
e-mail: magazin@nafems.de

Gestaltung / Layout / Grafik

Werbos GbR
Schillerstr. 6, D-85567 Grafing
Tel. +49 (0) 8092 – 8 35 50
Fax +49 (0) 8092 – 8 35 51
e-mail: info@werbos.de

Bezugspreis

Kostenlos

Verteilung / Bezug

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

Anzeigenpreise

Preisliste vom 31.10.2005

**Copyright © 2007 NAFEMS Kontakt
DACH & NORDIC, Werbos GbR.**

Nachdruck – auch auszugsweise -, Ver-
vielfältigung oder sonstige Verwertung
ist nur mit schriftlicher Genehmigung
unter ausdrücklicher Quellenangabe
gestattet. Gekennzeichnete Artikel stel-
len die Meinung des Autors, nicht un-
bedingt die Meinung der Redaktion dar.
Für unverlangt eingesandte Manuskrip-
te und Datenträger sowie Fotos über-
nehmen wir keine Haftung. Alle Unter-
lagen, insbesondere Bilder, Zeichnun-
gen, Prospekte etc. müssen frei von
Rechten Dritter sein. Mit der Einsen-
dung erteilt der Verfasser / die Firma
automatisch die Genehmigung zum ko-
stenlosen weiteren Abdruck in allen Pu-
blikationen von NAFEMS, wo auch das
Urheberrecht für veröffentlichte Manu-
skripte bleibt. Eine Haftung für die Rich-
tigkeit der Veröffentlichungen kann trotz
Prüfung durch die Redaktion vom Her-
ausgeber 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 DACH Aktuell 4

Impressum 5

Inhalt 5

Über NAFEMS / Mitgliedschaft 6

NAFEMS EU-Projekt Autosim 7

NAFEMS CFD Trainingskurs im Frühjahr 2008 7

Neuigkeiten 8 - 15

Veranstaltungskalender 17

Vortragsübersichten:

Simulation komplexer Strömungsvorgänge (CFD) 18

Konstruktionsnahe Berechnung 19

Stellenanzeigen 20 - 22

Fachbeiträge

Fokus Verbundwerkstoffe

Festigkeitsbewertung von Komponenten aus kurzfaserverstärkten Kunststoffen 23

C. Gaier, H. Dannbauer, A. Werkhausen
(Engineering Center Steyr GmbH & Co KG, Magna Powertrain)

Virtueller Versuchsstand für CFK-Nietverbindungen mit Shim-Schicht 34

C. Hühne., A.-K. Ungrad, C. Steenbock, R. Rolfes
(Universität Hannover); G. Kuhlmann (Airbus Deutschland GmbH)

Fokus Computational Fluid Dynamics (CFD)

Effektives Produktdesign mit Hilfe von Simulationen

Zuverlässige Interaktion zwischen CAD und Multiphysiksimulationen 44

F. Zhu, H.-W. Mindt, W. Ottow, M. Megahed (ESI Group)

Rückmeldeformular 51

Werbeanzeigen

DYNAMore GmbH 8

Femlab GmbH 11

Haus der Technik Essen 13

Intes GmbH 9

ParTec GmbH 16

Schneider Digital GmbH 15

Über NAFEMS

NAFEMS ist eine gemeinnützige 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), Femcos mbH, D
 D. Ellis, Idac Ltd., UK
 A. Ezeilo, TWI Ltd., UK
 G. Miccolli, Imamoter, Italien
 S. Morrison, Lusas Ltd., UK
 P. Newton, GBE, UK
 M.-C. Oghly, Flowmaster, F
 A. Ptchelintsev, Nokia Research Centre, FI
 A. Puri, Selex Sensors & Airborne Systems, UK
 V. Sharan, Sony Ericsson, S
 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. Y. Deger (Hochschule Rapperswil)
 Dr.-Ing. A. Gill (Fluent Deutschland GmbH)
 Dr.-Ing. R. Helfrich (Intes GmbH)
 Dipl.-Ing. G. Müller (Siemens AG)
 Dr.-Ing. G. Müller (CADFEM GmbH)
 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 (Harman/Becker Automotive Systems)
 Dr. T. Wintergerste (Sulzer Chemtech Ltd.)
 Prof. Dr.-Ing. habil. M. Zehn (TU Berlin / Femcos mbH)

Der NAFEMS Kontakt für DACH und Nordic wie auch die Realisierung der Aktivitäten werden von der Werbos GbR übernommen.

Mitglied bei NAFEMS?

NAFEMS hat über **800 Mitgliedsunternehmen und -Institutionen in 37 Ländern.**

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 800 Organisationen weltweit

Werden auch Sie Mitglied !



„Benchmark“
 – das internationale NAFEMS Magazin

Jetzt abonnieren
 – für NAFEMS-Mitglieder natürlich frei

Weitere Informationen erhalten Sie unter:

www.nafems.de
 (regional)

www.nafems.org
 (international)

SIXTH FRAMEWORK PROGRAMME PRIORITY
[6.2]
[SUSTAINABLE SURFACE TRANSPORT]

012497 DEVELOPMENT OF BEST PRACTICES
AND IDENTIFICATION OF BREAKTHROUGH
TECHNOLOGIES IN AUTOMOTIVE ENGINEERING
SIMULATION - AUTOSIM



5. Workshop bei Labein in Bilbao, Spanien



Das EU-Projekt Autosim vereint die europäische Automobilindustrie mit dem Ziel, die effektive Anwendung numerischer Simulationsmethoden zu verbessern um so den größtmöglichen Nutzen zu erzielen. Vor diesem Hintergrund sollen „Best Practice“ Guidelines erstellt und das Potenzial an „Breakthrough Technologies“ identifiziert werden. Innerhalb der Projektpartner wurden diesbezüglich die drei primären Themen „Integration der Simulation in den Entwicklungsprozess“, „Materialbeschreibung“ und „Verbesserung des Vertrauens in numerische Simulationsmethoden“ definiert.

Nach den Workshops in Barcelona/ Spanien (Jan. 2006), Sonnenhausen bei München (Mai 2006), Lissabon/ Portugal (Nov. 2006), Guyancourt nahe Versailles/Frankreich (Juli 2007) und dem Mid-term Review in Graz/Österreich (Januar 2007) fand vom 15.-16. November der 5. Workshop bei der Firma Labein im spanischen Bilbao statt. Wiederum fanden sich fast 40 Teilnehmer zusammen, um das Projekt weiterzubringen. Und wie immer finden Sie Präsentationen, Beiträge und Zusammenfassungen auf der website www.autosim.org zum download bereit.

Die nächsten Workshops finden im April in UK statt - der genaue Termin wird in Kürze bekanntgegeben.

Die Teilnahme an den Workshops ist offen für alle in der numerischen Simulation Beschäftigten aus dem Automobilumfeld. Beiträge aus Industrie, Forschung und Hochschule sind Willkommen.

Nähere Informationen unter:
NAFEMS DACH & Nordic
Schillerstraße 6
D-85567 Grafing b. München
phone +49 (0) 80 92 - 8 35 50
e-mail info@autosim.org

www.autosim.org

NAFEMS CFD Trainingskurs

NEU

Praxisorientierte Grundlagen für CFD-Analysen

21. - 22. April 2008, Wiesbaden

Der erste CFD-Trainingskurs wurde im Herbst in Wiesbaden abgehalten. Die sehr positiven Rückmeldungen und die rege Teilnahme bestätigten unser Bestreben, einen zweitägigen Kurs, der praxisorientiert und programmunabhängig die Grundlagen der numerischen Strömungsberechnung (CFD) vermittelt, in Deutschland anzubieten. Dieser Kurs wird nun in unser Kursprogramm aufgenommen und regelmäßig im Frühjahr und im Herbst angeboten.

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
 - Vorüberlegungen

- Annahmen / Voraussetzungen
- Randbedingungen
- Gittergenerierung
- Erläuterung der Probleme am Praxisbeispiel
- Qualität
 - Überprüfung / Kontrollmöglichkeiten
 - Ergebnisbewertung
- Ausblick auf Entwicklungen / Tendenzen in der CFD-Welt (FSI, Optimierung, ..)
- Fallbeispiele / Workshop / Diskussionen

Referent

Prof. Dr.-Ing. habil. Uwe Janoske, Steinbeis-Transferzentrum für Simulation in Maschinenbau und Verfahrenstechnik.

Abaqus / Dassault Systèmes

Abaqus for Catia

Dassault Systèmes kündigte die Version 2.5 von Abaqus for Catia von Simulia an.

www.abaqus.com / www.3ds.com

Altair Engineering

Erste Europäische HyperWorks Technology Conference (EHTC) ein großer Erfolg

Altair Engineering, Inc. gab bekannt, dass die erste Europäische HyperWorks Technology Conference (EHTC) von Teilnehmern, Vortragenden, Ausstellern und Organisatoren als großer Erfolg gewertet wurde. Mit mehr als 60 technischen Beiträgen und Keynotepräsentationen aus zahlreichen, unterschiedlichen Industriebereichen und einer umfangreichen Partnerausstellung mit mehr als 20 Ausstellern, bot dieses zweitägige Enterprise Simulations Event allen 300 Teilnehmern die perfekte Plattform für Ihren Erfahrungsaustausch.

PBS Professional und Microsoft Windows Compute Cluster Server

Altair kündigt die Interoperabilität zwischen PBS Professional, der Workload Management Lösung von

Altair und Microsoft Windows Compute Cluster Server 2003 (CCS), einer high performance computing (HPC) Plattform für Windows an.

www.altair.de

Ansys / Fluent / Cadfem

BMW Sauber F1 Team erreicht Spitzenplatzierung nach verstärktem CFD-Einsatz

Ansys, Inc. hat bekanntgegeben, dass das BMW Sauber F1 Team den Einsatz seiner Ingenieur-Software intensiviert hat. Dem Team ist es gelungen ist, seine Punktezahl in der Konstrukteurswertung dieses Jahr mehr als zu verdoppeln. Bereits vor der Saison unterzeichnete das BMW Sauber F1 Team eine erweiterte Vereinbarung mit Fluent Deutschland, einem Tochterunternehmen von Ansys, Inc., über den Einsatz der Fluent CFD-Software auf dem neuen Supercomputer - einem der größten in Europa. Statt in einen zweiten Windkanal zu investieren, hat die Investition in CFD dem Team erlaubt, zunehmend komplexe Aerodynamik-Simulationen von Rennwagen auf dem leistungsfähigeren Supercomputer schneller als bisher durchzuführen. Auf diese Weise können Designänderungen rasch analysiert und durchgeführt werden, was zu-

sammen mit den anderen Fortschritten des Teams zu dem bislang besten Abschneiden des Teams in der Konstrukteurswertung geführt hat. Um die Leistungsfähigkeit der Fluent CFD Software voll auszuschöpfen, investierte das BMW Sauber F1 Team in einen maßgeschneiderten Supercomputer mit Namen „Albert2“, dem Nachfolger des 2004 in Dienst gestellten „Albert“. Durch den Einsatz von 512 Intel® Xeon® 5160 Dual Core Prozessoren ist Albert2 5,5 mal leistungsfähiger und dreimal schneller als sein Vorgänger. Albert2 wurde speziell für CFD-Simulationen mit der aktuellen Fluent-Version entwickelt und gebaut. Er schafft 12.288.000.000.000 Rechenschritte pro Sekunde, was gut den beeindruckenden Fortschritt bei der Rechenleistung für CFD-Simulationen belegt. Theoretisch könnte das BMW Sauber F1 Team Simulationen mit einer Milliarde Zellen oder sogar mehr durchführen. Mit dem erstmaligen Einsatz von Fluent als CFD-Programm in der Formel 1- durch das Benetton- Team im Jahr 1992 - waren nur Simulationen von bis zu 100.000 Zellen möglich, wie z. B. die Analyse des Frontflügels. Die Möglichkeit eines Netzes mit einer Milliarde Zellen zeigt, wie die kontinuierliche Partnerschaft zwischen dem BMW Sauber F1 Team und Ansys die weitere CFD-Entwicklung voran-

Werbeanzeige



Ihr Einstieg in LS-DYNA, LS-OPT und GENESIS

Unsere aktuellen Angebote:

- DYNASTart Personal 90,- Euro *
- DYNAlab Hochschulversion 1.000,- Euro *
- Kommerzielle Version ab 6.000,- Euro *

Informationen zu unseren Softwareprodukten LS-DYNA, LS-OPT und GENESIS, sowie zu kostenlosen Informationstagen und Schulungen finden Sie unter www.dynamore.de

* Jahresmietpreis zzgl. MwSt.

LS-DYNA ist ein weltweit führendes FEM-Programme zur rechnerischen Simulation von Crash / Insassensicherheit, Fußgängerschutz, Umformung, Aufprall-/Falltest, Herstellungsprozesse, etc.

LS-OPT und GENESIS sind führende Optimierungstools für große nichtlineare bzw. große lineare Systeme.

DYNAmore GmbH
 Industriestr. 2, D-70565 Stuttgart
 Tel. 07 11 - 45 96 00 - 0
 Fax 07 11 - 45 96 00 - 29
 Donaustr. 7, D-85049 Ingolstadt
 Tel. 08 41 - 12 60 48 - 34
 Fax 08 41 - 12 60 48 - 38
 E-mail: info@dynamore.de



treibt und technologische Aspekte im Entwurfsprozeß zunehmend wichtiger werden.

ANSYS, Inc. wurde in die Top 500 Liste der Softwarehäuser weltweit aufgenommen

ANSYS, Inc. hat bekanntgegeben, dass es in die von Software Magazine veröffentlichte Liste der Top 500 der weltweit größten Softwarehäuser aufgenommen wurde. Mit Einnahmen von 263,6 Mio. US-\$ belegt ANSYS dabei Rang 122. In diesem Jahr erscheint ANSYS zum ersten Mal in der Liste, die bereits seit 25 Jahren veröffentlicht wird. Software 500 ist ein umsatzbasiertes Ranking der weltweit größten Softwarehersteller und -dienstleister und richtet sich an IT-Experten, Software-Entwickler und Manager in mittleren bis großen Unternehmen, die an der Beschaffung von Software und Dienstleistungen beteiligt sind. Die Zeitschrift hebt ANSYS als „beeindruckend in diesem Umsatzbereich (100 Mio. US-\$ bis 1 Mrd. US-\$) ... mit einem Wachstum des Ingenieursoftware-Anbieters von 67%“ hervor. Im Artikel wird die durchschnittliche Wachstumsrate aller in der Liste vertretenen Firmen mit 3,5% im letzten Jahr angegeben.

ITER wählt ANSYS-Lösungen für den Entwurf des experimentellen Fusionsreaktors

ANSYS, Inc. meldet, dass die internationale Forschungseinrichtung ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) Software von ANSYS einsetzt, um den Entwurf des bahnbrechenden Fusionsreaktors zu validieren. ITER möchte die wissenschaftliche und technische Machbarkeit von Kernfusion zur Energiegewinnung aufzeigen. Die Partner in dem Projekt sind die EU, Japan, China, Indien, Korea, Russland und die USA. Die Anlage wird im südfranzösischen Cadarache gebaut werden.

www.ansys.com, www.fluent.de
www.cadferm.de

PERMAS

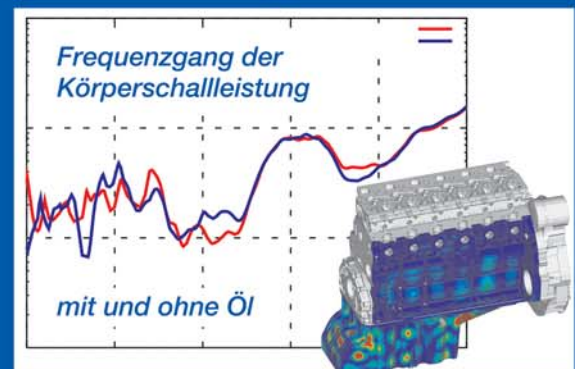
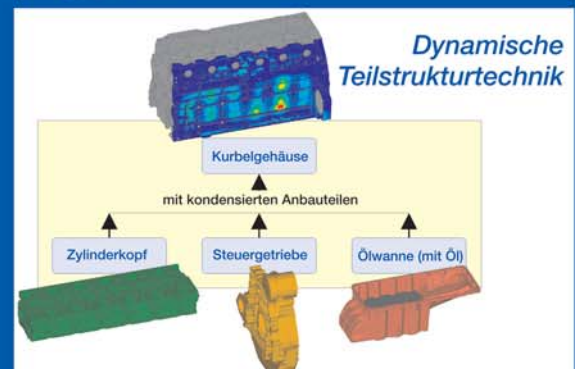
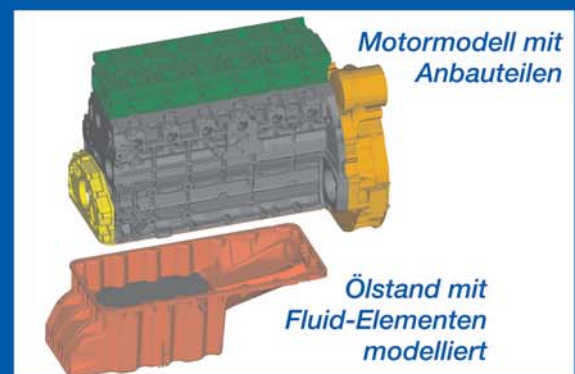
Die innovative Kraft der Simulation



Finite Elemente für erfolgreiche Produkte:

- Statik, Dynamik, Akustik, Wärmeleitung, Elektromagnetik;
- Linear und nichtlinear;
- Kurze Rechenzeit, sehr große Modelle;
- Integrierte Optimierung und Zuverlässigkeitsanalyse.

Zum Beispiel: Akustische Motorberechnung



Entwicklung - Beratung - Schulung - Berechnung

INTES GmbH
Schulze-Delitzsch-Str. 16
D-70565 Stuttgart
Tel.: +49-711-784990
Fax: +49-711-78499-10
E-Mail: permas@intes.de
Web: www.intes.de



Autodesk

Autodesk übernimmt PlassoTech

Autodesk hat mit dem kalifornischen Unternehmen PlassoTech einen der führenden Anbieter von Analyse- und Simulationssoftware im Bereich mechanischer Konstruktion übernommen. Mit der Akquise erweitert Autodesk die Simulations- und Optimierungsfunktionen in Autodesk Inventor. Für die Anwender wird die Simulation, Optimierung und Validierung kompletter digitaler Prototypen dadurch einfacher denn je. Autodesk plant derzeit die Integration der PlassoTech-Technologie in die Inventor-Produktfamilie, um dadurch die bereits bestehenden Werkzeuge zur FEM-Analyse zu verbessern. Die Technologie von PlassoTech erlaubt die FEM-Analyse kompletter Baugruppen und Einzelteile, die Durchführung von Analysen auf der Basis realer baulicher oder thermischer Bedingungen und bietet erstklassige Benutzerfreundlichkeit und überlegene Leistung durch eine vollintegrierte Simulationslösung. Die PlassoTech-Technologie ermöglicht FEM-Berechnungen unter der Berücksichtigung von verschiedenen Faktoren wie etwa linearer statischer Beanspruchung, dauernder Hitzebeanspruchung, thermischer Belastung sowie Modal- und Frequenzanalyse oder Optimierung und Stauchung. Daneben umfasst sie auch hoch entwickelte Funktionen zum Testen von Schlagbeanspruchung, Wärmeschwankung sowie große Deformationsanalysen von Festkörpern und Schalenmodellen mit unterschiedlichen Kontaktbedingungen.

www.autodesk.de

Blue Ridge Numerics

CFdesign und SpaceClaim Professional 2007 für Entwicklungsingenieure ohne Profi-CAD-Ambitionen

Blue Ridge Numerics hat den Abschluss einer strategischen Partnerschaft mit SpaceClaim Corporation, dem führenden Hersteller von CAD-neutralen Lösungen zur Versorgung aller Teilnehmer an einem Produkt-

entwicklungsprozess bekannt gegeben. Die Kombination von CFdesign und SpaceClaim Professional ermöglicht Berechnungsingenieuren auch ohne professionelle CAD-Kenntnisse strömungs- und wärmetechnische Analysen durchzuführen. CFdesign für SpaceClaim Professional 2007 wurde für November 2007 von Blue Ridge Numerics angekündigt.

www.cfdesign.com

CD-adapco

Star-CD V4.04: Die Kraft der Integration

CD-adapco kündigte die Veröffentlichung von Star-CD V4.04 an. Dabei handelt es sich um die dritte Freigabe eines ihrer Hauptprodukte in einem Zeitraum von nur 16 Tagen. Zusammen mit den kürzlich freigegebenen Programmen Star-CCM+ V2.10 und Star-CAD Series V4.14 stellt das Erscheinen von Star-CD V4.04 den Schlusspunkt einer beispiellosen Zeitspanne des Testens und Entwickelns dar. Star-CD V4.04 steht auf CD-adapcos User Services Site zur Verfügung oder ist auf Anfrage bei Ihrem regionalen CD-adapco Büro erhältlich.

Star-CAD Series V4.14

CD-adapco gab die Veröffentlichung der Star-CAD Series V4.14 bekannt, einer Reihe CAD und PLM-integrierter Simulationsumgebungen, die es Ingenieuren und Konstrukteuren ermöglichen, anspruchsvolle Strömungssimulationen durchzuführen. Diese neue Version der Star-CAD Series beinhaltet: Star-CAT5-CAAV5 basierte Software für Catia V5, Star-Pro/E für Pro/Engineer Wildfire, Star-NX für NX und Star-Works für SolidWorks. Ebenso wie die allerneuesten CAD- und PLM-Versionen unterstützt werden, so wird die Star-CAD Series auch durch CD-adapcos allerneueste Solver-Technologie angetrieben: Star-CCM+ V2.10.

Star-CCM+ V2.10: Mehrphasenströmung und mehr
CD-adapco kündigte die Veröffentlichung von Star-CCM+ V2.10, der neuesten Version ihrer am techni-

schen Prozess orientierten Strömungssimulationssoftware, an. Unter Aufrechterhaltung eines anspruchsvollen viermonatigen Veröffentlichungszyklus beinhaltet die neueste Version von Star-CCM+ viele Verbesserungen hinsichtlich der Benutzerfreundlichkeit, des CAE-Prozesses sowie der Leistungsfähigkeit der physikalischen Modelle.

www.cd-adapco.com

DYNAmore

DYNAmore vertreibt und unterstützt Optimierungssoftware von VR&D

Die Vanderplaats Research & Development, Inc., (VR&D), hat eine Zusammenarbeit mit dem Entwickler von LS-Dyna und LS-OPT, der Livermore Software Technology Corporation (LSTC), und dem Distributor in Deutschland, der DYNAmore GmbH, angekündigt. VR&D ist auf dem Gebiet der Optimierung und Simulation ein weltweit führender Hersteller von anerkannten Softwareprodukten wie beispielsweise Genesis zur Topologie- und Gestaltoptimierung und Visual-Doc zur allgemeinen parametrischen Optimierung mit speziellen Schnittstellen für die Strömungssimulation. Kunden aus der Automobilindustrie wie General Motors, Ford und Toyota zählen ebenso zu den Referenzen wie namhafte Unternehmen aus der Luft- und Raumfahrtindustrie. DYNAmore wird in seinem neu gegründeten „Kompetenzzentrum Optimierung“ in Ingolstadt das gesamte Produktportfolio von VR&D als Distributor für Kunden in Deutschland, Österreich, Schweiz, Spanien, Holland, Belgien und Italien als Ergänzung zu der Optimierungslösung LS-OPT anbieten. Zwischen LSTC und VR&D wurde ein Austausch auf technologischer Ebene vereinbart, da sich die eingesetzten Methoden und Algorithmen sehr gut ergänzen. Dr. Heiner Müllerschön, Leiter des Kompetenzzentrums Optimierung bei DYNAmore erklärt: „Der Einsatz von LS-OPT hat in den letzten Jahren massiv zugenommen. Die in LS-OPT eingesetzten Optimierungs-

methoden sind für stark nichtlineare Applikationen insbesondere für Crashsimulationen sehr gut geeignet. Mit dem Produkt Genesis können wir unseren Kunden nun auch auf dem Gebiet der parameterfreien Gestaltoptimierung im Hinblick auf Festigkeitskriterien eine Lösung anbieten. Gerade bei Optimierungsaufgaben mit vielen Variablen und komplexen Geometrien kann unsere neue Optimierungssoftware ihre Vorteile in punkto Methodik und numerischer Effektivität ausspielen. Vor allem im Bereich der Berechnung und Optimierung von Composite-Strukturen für die Luft- und Raumfahrt sowie für den Rennsport bietet Genesis hervorragende Möglichkeiten. Mit Genesis und VisualDoc können auch die kundenseitigen Forderungen nach multidisziplinären Optimierungsmethoden besser erfüllt werden.“

Gary Vanderplaats, Gründer von VR&D ergänzt: „Unsere Kooperation mit LSTC auf technologischer Ebene reicht schon viele Jahre zurück. LSTC hat uns auch empfohlen, unseren bestehenden Verkaufskanal durch die DYNAMore GmbH zu ergänzen. Die Kundenorientierung und fachliche Kompetenz von DYNAMore auf dem Gebiet der nichtlinearen Simulation und Optimierung wurde uns weltweit von zahlreichen Kunden und Kooperationspartnern bestätigt. Die Konzentration auf eine kontinuierlich, fachlich hochwertige Arbeit verbindet uns mit LSTC und DYNAMore. Wir freuen uns auf eine fruchtbare Zusammenarbeit.“

www.dynamore.de

ESI Group

Neue Release CFD-ACE+ V2008.0

Die ESI Group kündigte die neue Version V2008.0 von CFD-ACE+ Software für fortgeschrittene CFD and Multiphysics Lösungen an.

Vistagy und die ESI Group erweitern die Partnerschaft

Die Vistagy, Inc. und die ESI Group kündigten eine erweiterte Partnerschaft an und können dadurch vor allem der Luft- und Raumfahrtindustrie eine virtuelle 3D Ingenieur-



COMSOL
MULTIPHYSICS

Hoch entwickelt, leicht zu bedienen.

RF-heated semiconductor furnace

Mit COMSOL Multiphysics® können Sie physikalische Eigenschaften beliebig koppeln: Analysieren Sie Strukturmechanik, Elektromagnetik und Wärmetransport in einem einzigen Simulationsmodell.



**Kostenfreie CD
mit über 300
Fachbeiträgen
unter:**

www.comsol.de/cd

 COMSOL

COMSOL MULTIPHYSICS IS A REGISTERED TRADEMARK OF COMSOL AB.

umgebung für die Konstruktion und Simulation von Produkten aus Composit-Material anbieten.

Neues Release VA One 2007

Die ESI Group kündigt die neue Version VA One 2007 für Vibroakustik-Analysen an.

www.esi-group.com

FE-Design

Neue Version 6.1 der Optimierungslösung Tosca Structure

Die Karlsruher Optimierungsspezialisten der FE-Design GmbH geben die aktuellste Version 6.1. ihrer Optimierungslösung Tosca Structure frei. Tosca Structure ermöglicht Topologie-, Gestalt- und Sickenoptimierung in Verbindung mit den Standard Finite Elemente Solvern Abaqus, Ansys, MSC.Nastran, MSC. Marc, NX Nastran und Permas. Das im Markt bisher unter dem Namen Tosca bekannte Produkt wurde vom Hersteller mit dem neuen Produktnamen Tosca Structure bezeichnet, um diese Lösung von Tosca Fluid zu unterscheiden. Bei Tosca Fluid handelt es sich um eine völlig neuartige Softwarelösung, die es ermöglichen wird, die optimale Form eines durchströmten Körpers so zu ermitteln, dass flüssige oder gasförmige Medien ihn mit minimalem Energie- und Druckverlust durchströmen können.

Femlab / Comsol

Comsol Multiphysics 3.4 – höhere Geschwindigkeit und Präzision bei geringerem Speicherbedarf

Mit der neuen Version 3.4 von Comsol Multiphysics können dank der neuen Mehrkern-Prozessoren sämtliche Lösungsprozesse nun parallel verarbeitet werden. Das beschleunigt die Löser nicht nur, sondern schafft auch deutlich größere Präzision. Mit neuen Lösungsverfahren im Bereich der Strömungsmechanik können nun deutlich umfangreichere Modelle aus den Bereichen Chemietechnologie, Wärmeübertragung und Mikrofluidik simuliert werden. Das 'Chemical Engineering'-Modul ent-

hält eine leicht bedienbare Oberfläche für die Simulation von Blasenströmungen, die unter anderem bei der Entwicklung von Waschmaschinen, Belüftern, Bioreaktoren und Anlagen für die Lebensmittelverarbeitung benötigt werden. Das 'RF'-Modul vereinfacht durch konzentrierte Ports mit Spannungsanregung die Modellierung von Mikrostrips, Übertragungsleitungen, Koaxialkabeln und anderen TEM-Wellenleitern für Anwendungen im Leiterplatten-design.

Europäische Comsol Multiphysics Konferenz 2007

Mit großem Erfolg hat die Comsol Gruppe in diesem Jahr vom 23. – 24. Oktober 2007 ihre erste europäische Konferenz in Frankreich veranstaltet. Über 320 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus der industriellen und akademischen Forschung in ganz Europa folgten der Einladung nach Grenoble, einem bekannten Technologiestandort in den französischen Alpen. Das Spektrum der Vorträge war weit gespannt und reichte von Simulationen im Bereich zerstörungsfreier Prüfverfahren (Universität Bordeaux) über Strömungssimulationen in Mikrofluidiksystemen (Institut für Mikrotechnik in Mainz) bis hin zu Modellierungen im Bereich der erneuerbaren Energien (FH Wels). Während der Konferenz wurden dem Publikum insgesamt 167 Fachbeiträge zur Multiphysik-Simulation präsentiert, in der Postersession waren 80 weitere spannende Beiträge zu sehen. Darüber hinaus bot die Konferenz ein einzigartiges Informationsangebot zur Praxis der Multiphysik-Simulation: In über 40 Kursen zu 14 verschiedenen Themen, Round Table Diskussionen und Tutorials hatten die Teilnehmer der Konferenz die Gelegenheit, sich mit Fachkollegen und Experten über den Einsatz von Multiphysik-Simulationen auszutauschen.

Kostenfreie CD mit Fachbeiträgen der Konferenzen zur Multiphysik-Simulation

Ab sofort ist die CD mit den Fachbeiträgen der europäischen und internationalen Anwenderkonferenzen zur Multiphysik-Simulation erhältlich. Die CD umfasst knapp 250 Übersichts- und Fachvorträge, die durch zahlreiche Folienpräsentationen, Beispielmodelle und Animationen ergänzt sind. Die Vorträge wurden während der Comsol-Konferenzen im Oktober 2007 in Europa und den USA gehalten. Die CD kann kostenfrei bestellt werden unter info@comsol.de oder unter: www.comsol.de/conference/2007/cd

www.femlab.de / www.comsol.com

Ingenieurbüro Huß & Feickert

AutoFE-NA 3D und MaterialGenerator freigegeben

Das Ingenieurbüro Huß & Feickert hat nach intensiven Tests die beiden Softwareprodukte AutoFE-NA 3D und MaterialGenerator für den Vertrieb freigegeben. AutoFENA 3D ist ein Programm zum automatisierten Durchführen des FKM-Nachweises in Ansys. Die erforderlichen Daten werden direkt aus dem FE-Programm übernommen und der Nachweis für alle aus der Analyse vorhandenen Nachweispunkte (Knoten) automatisch berechnet. Liegen mehrere Lastfälle vor, so werden diese kombiniert. Die ungünstigste Lastfallkombination wird knotenweise ermittelt und für den Nachweis herangezogen. Dabei erhält der Benutzer eine 3D-Visualisierung des Auslastungsgrades über die gesamte Oberfläche des untersuchten Bauteils. Damit entfällt das Auswählen des versagenskritischsten Punktes und weitestgehend die manuelle Dateneingabe mit den damit verbundenen Unsicherheiten (Fehleingaben, falsche Auswahl). Durch die vollflächige Ergebnisdarstellung des Auslastungsgrades, des maßgebenden Lastfalles und weiterer Größen ergibt sich eine wesentlich leichtere Ergebnisinterpretation. Zudem hat der Nutzer einen Überblick, wo weitere teilkritische Bereiche liegen oder

auch Material eingespart werden kann. Mit dem MaterialGenerator können Materialkennlinien aus E-Modul, Streckgrenze, Dehnung und Zugfestigkeit genähert werden. Der Benutzer kann die generierte Materialkennlinie graphisch kontrollieren. Die Materialdaten werden in wahre Spannungs- und Dehnungsgrößen umgerechnet. Aus wenigen Datenpunkten werden so Materialkarten generiert, direkt ausgegeben und können somit sofort in der Simulation eingesetzt werden. Es stehen zurzeit Schnittstellen zu LS-Dyna und Ansys zur Verfügung. An Materialgesetzen werden MAT24 für LS-Dyna und MISO und MKIN für Ansys unterstützt. Neben der Zeitersparnis und der einfachen Handhabung bietet der MaterialGenerator den Vorteil, automatisch ein Bild der generierten Materialkurvenverläufe und der dabei verwendeten Materialinformationen im Bitmap-Format zu erzeugen. Dieses kann zusammen mit der fertigen Materialkarte abgelegt werden, so dass sich die Materialkurven jederzeit reproduzieren lassen.

www.ihf-ffm.de

LMS

LMS unterstützt das Umicore Solar Team bei der World Solar Challenge als Sponsor

Laut aktueller Meldung durch das Unternehmen ist LMS einer der Hauptsponsoren des belgischen Umicore Solar Team und unterstützt in dieser Funktion aktiv die Teilnahme des Teams an der Panasonic World Solar Challenge. Das 14-köpfige Umicore Solar Team aus Studierenden und Absolventen der Groep T, einer der belgischen Elitehochschulen für Ingenieurwissenschaften, entwickelte, konstruierte und baute das Umicore Infinity, ein Solarmobil der Spitzenklasse, und nahm damit an der für den 21. Oktober 2007 angesetzten Weltmeisterschaft für Solarmobile in Australien teil.

LMS Virtual.Lab bei TÜV SÜD für die Zertifizierung von Windkraftanlagen im Einsatz

Laut aktueller Meldung von LMS setzt die TÜV SÜD Industrie Service GmbH für die Typenprüfung von Windkraftanlagen auf die Simulationstechnologie von LMS Virtual.Lab. Aufgrund der steigenden Nachfrage nach Strom aus Windenergie, die sich laut der World Wind Energy Association von 2000 bis 2006 vervierfacht hat und sich bis

2010 voraussichtlich mehr als verdoppeln wird, setzt das Unternehmen Verfahren auf der Basis von Simulationen ein, um die Zertifizierung von Konstruktionen für Windkraftanlagen effizienter zu gestalten. Vor der Inbetriebnahme müssen Windkraftanlagen im Hinblick auf strukturelle Integrität und Sicherheit bei zyklischer Beanspruchung sowie extremen Wetterverhältnissen und hoher Zufallsbelastung der Strukturen durch Stöße und Schläge geprüft werden. Zertifizierung von Windkraftanlagen wird international vermehrt nachgefragt, insbesondere in Deutschland, der weltweit führenden Nation auf dem Windenergiesektor mit einer installierten Nennleistung aus Windenergie von 20.900 Megawatt. In dieser Hinsicht hat der deutsche TÜV SÜD eine ausgezeichnete Ausgangsposition, um der Nachfrage im In- und Ausland gerecht zu werden. Das Unternehmen ist eines der bekanntesten Dienstleistungsunternehmen Deutschlands, dessen blaues achteckiges Logo in vielen Branchen wie dem Transport-, Energie-, Chemie- und Konsumgütersektor, der Medizintechnik und Freizeitindustrie für Sicherheit und Qualität steht.

www.lmsintl.com

Werbeanzeige

1. Fachtagung: 28.-29. Februar 2008 in Essen

CFD-Anwendung in der Energie- und Umwelttechnik

Grundlagenorientierte Praxis der Auslegung und Optimierung von Anlagen

Leitung

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Görner,
LUAT Umweltverfahrenstechnik und Anlagentechnik, Universität Duisburg-Essen

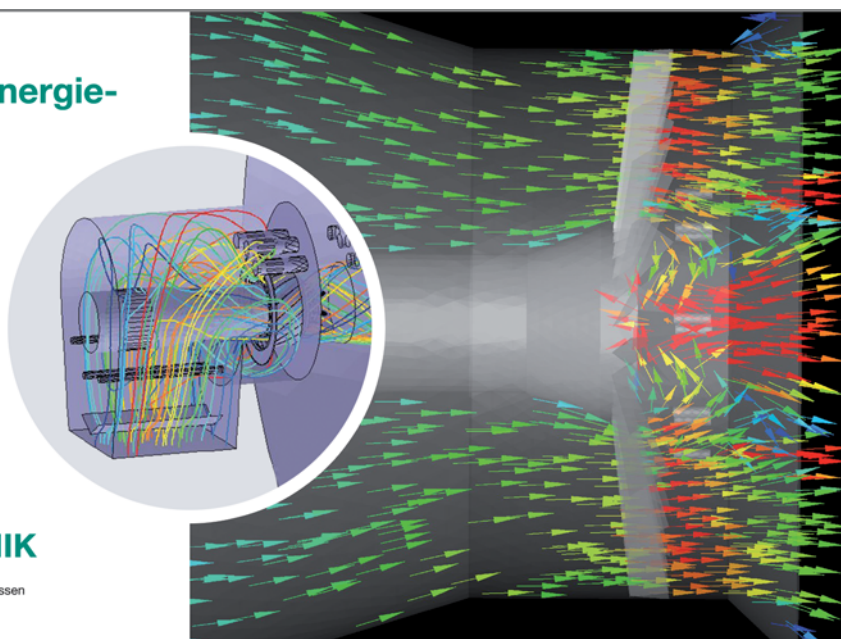
Alle Infos und Anmeldung unter

www.cfd-information.de



HAUS DER TECHNIK

Außeninstitut der RWTH Aachen
Kooperationspartner der Universitäten Duisburg-Essen
Münster - Bonn - Braunschweig



MSC.Software

Audi führt MD Nastran als Standardlösung für multidisziplinäre Simulationen ein

MSC.Software gab bekannt, dass sich der Automobilhersteller Audi AG für MD Nastran als Standardtechnologie zur Fahrzeugsimulation entschieden hat. Über hundert Mal soll MD Nastran an allen Entwicklungsstandorten von Audi im Jahre 2007 und Anfang 2008 installiert werden. Diese aktuelle Bekanntgabe ist die Fortsetzung der erfolgreichen Nutzung der Simulationslösungen von MSC.Software, vor allem von MSC Nastran und Adams. In jüngster Zeit hat Audi zudem mit MSC.Software an der Entwicklung eines CAE Bench-Systems zusammengearbeitet, einer umfassenden Umgebung für Simulationsmanagement auf Basis von SimManager Enterprise. Von der Entscheidung für MD Nastran verspricht sich Audi mehr Innovationen und höhere Effizienz im Bereich virtuelle Produktentwicklung, um so die Qualität zu steigern und Kosten zu senken. Die Implementierung von MD Nastran innerhalb der bei Audi genutzten Simulationsumgebung gewährleistet darüber hinaus eine effiziente und nachweisbare Daten- und Prozesssteuerung. Zusätzlich zu den technologischen Vorteilen können Kunden mit bestehenden MSC.Software-Installationen ebenfalls von den Vorzügen des „Enterprise Advantage Lizenzierungssystems“ profitieren, das ihnen den schrittweisen Übergang zur neuen MD- und SimEnterprise-Technologie bei gleichzeitigem Schutz bereits getätigter Investitionen erlaubt.

Airbus entscheidet sich für SimXpert von MSC.Software

MSC.Software gab bekannt, dass sich Airbus für SimXpert entschieden hat, um Design und Prozesse in der Entwicklung von Verkehrsflugzeugen zu verbessern. Beide Unternehmen können bereits auf eine langjährige enge Partnerschaft zurückblicken. Mit diesem jüngsten Abkommen wird SimXpert als neue Basistechnologie an allen Airbus-Standorten in ganz Europa eingeführt.

MSC.Software und T-Systems schließen Partnerschaft für Simulationsdaten- und Prozessmanagement

T-Systems, die Tochterfirma der Deutschen Telekom, die für die Geschäftskundenbetreuung zuständig ist, hat eine Partnerschaft mit MSC.Software bekannt gegeben. Im Rahmen des Abkommens setzen beide Firmen in enger Zusammenarbeit neue Maßstäbe in Bezug auf Dienstleistungen für Kunden der verschiedensten Branchen weltweit.

Volkswagen macht macht multidisziplinäre Simulationswerkzeuge von MSC.Software zum Standard

MSC.Software teilte mit, dass Volkswagen in seinen Entwicklungsstandorten in Deutschland mit der Umstellung auf die multidisziplinäre Lösung MD Nastran von MSC.Software begonnen hat. Mit MD Nastran erhält Volkswagen eine einheitliche Simulationsumgebung, vom europäischen Firmensitz in Wolfsburg bis hin zu den anderen deutschen Entwicklungsstandorten in Kassel und Braunschweig.

MSC.Software erschließt CFD-Markt mit Übernahme von pioneerSolutions, Inc.

MSC.Software teilt die Übernahme von pioneerSolutions, Inc., mit. Durch diese Übernahme und die offene Service Oriented Architecture (SOA) von SimEnterprise bietet MSC.Software seinen Kunden nun eine umfassende Plattform für die multidisziplinäre Simulation von Fluids, Structures, Thermal, Acoustics, Motion und Mechatronics.

www.mssoftware.com

noesis solutions n.v.

Neue Optimus Version

Noesis Solutions kündigte die Verfügbarkeit von Optimus 5.3 an. Optimus ist eine Software für Prozessintegration und für multidisziplinäre Design-Optimierung.

www.noesisolutions.com

Partec

ParTec Cluster Competence Center stellt ParaStationV5 vor

Rechtzeitig zur Eröffnung der International Conference for High Performance Computing in Reno/USA (10-17. Nov. 2007) stellt die ParTec Cluster Competence Center GmbH die neue Version 5 der Parastation-Software vor. Damit führt ParTec die angestrebte Strategie fort, die Software aus deutscher Entwicklung für die Installation und den Betrieb von Supercomputern plattform- und herstellerunabhängig anbieten zu können. ParaStationV5 stellt alle notwendigen Funktionen, Werkzeuge und Bibliotheken unter Linux zur Verfügung, um parallele Anwendungen ausführen zu können. Das Konzept und das Design der ParaStationV5 ist auf den leistungsfähigen und stabilen Betrieb von Supercomputern ausgelegt. Die Konformität zum weltweit offenen Standard von parallelen Umgebungen wurde durch das Zertifikat „Intel Cluster Ready“ bestätigt. ParaStationV5 bietet von allen Cluster Software Produkten am Markt die höchste Integrationsdichte und Verzahnung von Clusterfunktionen an. Dadurch wird eine sehr hohe Zuverlässigkeit und Produktivität erreicht unter Berücksichtigung eines „Single-Point-of-Administration“. Die wichtigsten neuen und erweiterten Funktionen sind: Konform zu MPI-1 und MPI-2 mit eigener Kommunikation, Cross-MPI Unterstützung (für andere MPI Implementierungen), erweitertes Prozess-Management, Unterstützung von Quadrics QsTenG und QsNetII, optimiertes Ethernet Protokoll mit sehr niedrigen Latenzzeiten und hohen Bandbreiten, Unterstützung von allen gebräuchlichen Interconnects: {Myrinet(GM), Infiniband(VAPI), 10G(DAPL), 1G(TCP, p4sock), QsNet(ELAN)}, umfangreiches Cluster-Monitoring, Unterstützung für parallele Debugger. Neben der reinen Cluster Software ParaStationV5 bietet ParTec Beratungsleistungen an, die vom Pre-Sales Bereich über Konfiguration, Aufbau und Inbetriebnahme eines Clusters bis hin zur Wartung reichen. Die Optimierung des Systems zum Be-

trieb zahlreicher Anwendungen und die Integration von High-Speed-Interconnects ist optionaler Bestandteil der Dienstleistungen. Mit ParaStationV5 erhalten die Kunden eine betreute, performante Umgebung für High Productivity Cluster Computing Anwendungen, die sich durch größtmögliche Stabilität und Skalierbarkeit auszeichnet. Eine kostenlose Version ist zum Test unter www.par-tec.com zu beziehen.

www.par-tec.com

PACE Aerospace Engineering and Information Technology GmbH

PACE und CSM vereinbaren Vertriebspartnerschaft
 PACE und CSM Software gaben den Abschluss einer Vertriebspartnerschaft bekannt. CSM erhält von PACE die exklusiven Vertriebsrechte seiner wissensbasierten Softwareprodukte für den indischen Markt. KBE-Lösungen von PACE werden weltweit erfolgreich im Flugzeug- und Automobilvorentwurf, bei der Flugzeugkabinenkonfiguration und Flugleistungsberechnung eingesetzt. Gemeinsam mit seinem indischen Partner erschließt sich PACE einen der größten Wachstumsmärkte der internationalen Luftfahrt- und Automobilbranche.

www.pace.de

Samtech

Neues Büro: Samtech Asia Pacific

Samtech kündigte die erste Niederlassung in Asia an, die "Samtech Asia Pacific" - kurz Samtech AP. Das Büro befindet sich in Beijing, China. Die Einweihungsfeier wurde am 10. Oktober 2007 im Beisein der chinesischen Fachpresse von Eric Carnoy (Samtech Chief Executive Officer), Claudine Bon (Samtech Chief Technical Officer), Serge Van Den Heuvel (Samtech Sales Director) and Quanchen Mu (Samtech AP director) geleitet. Quanchen Mu, bringt 15 Jahre Erfahrung im Bereich CAE-Software und -service in das Team.

Neue Samcef Version 12.1

Samtech hat die Verfügbarkeit der neuen Version 12.1 der Finite-Elemente-Software Suite Samcef bekanntgegeben.

www.samcef.com

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



Professionelle 3D-Hardware

Manche Dinge kann man nicht vergleichen ...



Evergreen

SDIG Opteron Workstation, Upgradeable
 Gehäuse doppelt schalldämmend • USB & Firewire • 2x AMD Opteron Socket F (max. 2x QuadCore) • reg. DDR2 ECC-Speicher (max. 32GB) • SATA/SAS-Raidssysteme (Raid 0,1,5) • Festplatten mit bis zu 15.000 U/min • PCI-Express-16x Mainboard • SLI-fähig • extrem leises Hochleistungs-Netzteil • DVD-Brenner

... aber verstehen!

Bei leistungsstarken und zukunftssicheren Workstations verlassen sich professionelle Anwender auf Lösungen von Schneider Digital.

Denn hier zählen langlebige Qualität und hohes Leistungspotential.

Die Sockel F Plattform bietet die ideale Basis für **Aufrüstbarkeit** mit der schnellsten CPU **bis zum Jahr 2010**. Garantiert!



Tel.: + 49 (8025) 9930-0
www.schneider-digital.de • e-mail: info@schneider-digital.de

Distributor von:



ParaStationV5

Cluster Betriebs- und Verwaltungssoftware

Einfache Administration des Clusters für Ihre Berechnungen und Simulationen

Das Konzept und das Design der **ParaStationV5** ist auf den leistungsfähigen und stabilen Betrieb von parallelen Anwendungen auf Cluster-Systemen ausgelegt. Neue und erweiterte Funktionen sind:

- Single Point of Cluster-Management
- Unterstützung von Anwendungen mit MPI-1 und MPI-2
- Enge Adaption von Batch-Systemen
- Weitere Interconnects und Protokolle
- Erweitertes Prozess-Management
- Automatisches Installations-Tool
- Unterstützung von MultiCore Prozessoren
- Systemüberwachung für Hardware und Software
- Unterstützung für parallele Debugger
- Intel "Cluster Ready" zertifiziert

Welche Dienstleistungen können Sie mit **ParaStationV5** erwerben?

- Beratung, Konfiguration, Installation, Einweisung und Support
- Unterstützung zur Integration der Anwendungen
- Komplettes Cluster "aus einer Hand"



Apropos Software-Support:
Wollen auch Sie unser Support-Team bei den interessanten Aufgaben unterstützen?

Wir suchen noch eine(n)

Support-Engineer

Mehr Informationen erhalten Sie unter
www.par-tec.com

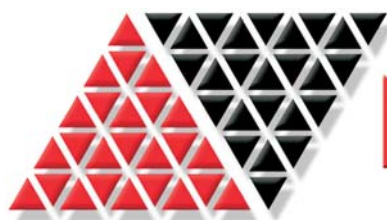


Par Tec Cluster Competence Center GmbH

Possartstrasse 20 · D-81679 Muenchen
Fon +49 (89) 99 809 0 · Fax +49 (89) 99 809 555
info@par-tec.com · www.par-tec.com

2008

9 th MpCCI User Forum	19.-20.02.	Sankt Augustin, D	www.mpcci.de	Fraunhofer SCAI
NAFEMS Trainingskurs FEM Basic 1: Praxisorientierte Strukturmechanik / Festigkeitslehre	03.-04.03.	Wiesbaden, D	www.nafems.de	NAFEMS DACH
NAFEMS Seminar: Simulation komplexer Strömungsvorgänge (CFD)	10.-11.03.	Wiesbaden, D	www.nafems.de	NAFEMS DACH
NAFEMS Seminar: Konstruktionsnahe Berechnung – Potential und Herausforderung	12.-13.03.	Wiesbaden, D	www.nafems.de	NAFEMS DACH
Combining Physical and Virtual Testing	April 2008	Stockholm, S	www.nafems.org	NAFEMS Nordic
Permas Users Conference	03.-04.04.	Stuttgart, D	www.intes.de	Intes GmbH
NAFEMS Trainingskurs FEM Basic 2: Praxisorientierte Grundlagen für FEM-Analysen	21.-22.04.	Wiesbaden, D	www.nafems.de	NAFEMS DACH
NAFEMS Trainingskurs CFD Basic 2: Praxisorientierte Grundlagen für CFD-Analysen	21.-22.04.	Wiesbaden, D	www.nafems.de	NAFEMS DACH
20. Deutschsprachige Abaqus-Benutzerkonferenz	22.-23.09.	N.N.	www.simulia.com	Abaqus Deutschland GmbH
LS-Dyna Anwenderforum	29.09.-01.10.	Bamberg, D	www.dynamore.de	DYNAMore GmbH
Ansys Conference & Cadfem Users´ Meeting	22. - 24.10.	Darmstadt, D	www.ansys.com	Ansys Deutschland GmbH
VDI Tagung: Berechnung und Simulation im Fahrzeugbau	26.-27.11.	Baden-Baden, D	www.vdi.de	VDI Verein Deutscher Ingenieure
Messe: Euromold	03.-06.12.	Frankfurt, D	www.euromold.com	Demat GmbH



NAFEMS

World Congress 09 in Europe



Wir freuen uns auf Ihre Teilnahme als Teilnehmer, Vortragender, Aussteller oder Sponsor.

Nähere Informationen, ein Call for Papers sowie Ausstellungs- und Sponsoringmöglichkeiten finden Sie in Kürze unter

www.nafems.org

Vorträge beim NAFEMS Seminar:

Simulation komplexer Strömungsvorgänge (CFD) – Anwendungen und Trends

10. - 11. März 2008, Wiesbaden

Keynote-Vortrag: Kompetenzverbund für CFD-Entwicklung und Anwendung in der Reaktorsicherheit

M. Scheuerer (Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH)

Industrielle Beispiele mit komplexer Physik, insbesondere Wärmetransfer und Mehrphasen-Strömungen

D. Lakehal (Ascomp GmbH)

Entwicklung und Einsatz eines CFD-Zerkleinerungsmodells für Gas-Feststoffströmungen

M. Weng (aixprocess Verfahrens- und Strömungstechnik Dr. Weng + Partner)

Tutorial: Simulation granularer Strömungen in industriellen Anwendungen

S. Schmidt, A. Latz, D. Niedziela (Fraunhofer Institut ITWM)

Anniversary Lecture: Globaler Klimawandel und lokale Konsequenzen: regionale Klimaprojektionen schlagen die Brücke zwischen den Skalen

D. Jacob (Max-Planck-Institut für Meteorologie)

Invited Lecture: Ein Finite-Elemente Tsunami-Modell auf unstrukturiertem Gitter für die Berechnung von Tsunami-Szenarien mit Überflutungen

J. Behrens (Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung)

Invited Lecture: Bewegungsverhalten von schnellen und großen Schiffen in schwerer See mittels CFD

B. el Moctar (Germanischer Lloyd AG)

Untersuchung der Druckschwankungen hervorgerufen von turbulenter und kavitierender Umströmung eines P1356 Schiffspropellers

C. Lifante, T. Frank (Ansys Germany GmbH); K. Rieck (Schiffbau-Versuchsanstalt (SVA))

CFD als Entwicklungswerkzeug: Auf dem Weg in die vollständige Automatisierung und Integration

J. Malagarriga Duarte (Tecosim Technische Simulation GmbH)

Die „Immersed Boundary Methode“ – eine schnelle und hochautomatisierte Methode zur Berechnung komplexer Strömungsfelder am Beispiel der Aerodynamik des Low Resistance Mobile „Loremo“

M. Lanfrit, H. Reese (Fluent Deutschland GmbH); H.-P. Hemmer (Loremo AG)

Invited Lecture: Digitale Aerodynamikoptimierung bei Mercedes-Benz am Beispiel der neuen C-Klasse

E. Jehle-Graf (Daimler AG)

Moderne CAE-Methoden für die Entwicklung von NKW-Kühlkomponenten – Methodik und Validierung

S. Larpent, T. Wetzel, F. Brotz, A. Boersma, N. Fernandez, D. Links, T. Heckenberger (Behr GmbH & Co. KG)

Instationäre CFD Simulation einer Zahnradpumpe – industrielle Nutzung, Einschränkungen und Perspektiven

M. Moczala (TRW Automotive GmbH); M. Miana Sanz (Instituto Tecnológico de Aragón)

Numerische Simulation von Lackierprozessen

A. Scheibe, E. Westkämper (Universität Stuttgart)

Durchströmen pneumatischer Drosselschalldämpfer – numerische und experimentelle Untersuchung der Strömung und des Schalls

E. Bürk (Festo AG & Co. KG); E. Kurpejovic (J. Eberspächer GmbH & Co. KG)

Simulation der Temperaturverteilung in Automobilscheinwerfern

C. Mielke, S. Senin, A. Wenzel (Merkle & Partner); J. Scheuchenpflug (Audi AG)

Bestimmung aeroelastischer Parameter einer Hochdruckverdichterstufe mittels Fluid-Struktur gekoppelter Berechnungen

J. Nipkau, S. Schrape, A. Kühhorn (BTU Cottbus)

Modelling Fuel Injection and Flash Vaporization In Rocket Engines

M. Megahed, W. Ottow (Engineering System International GmbH)

Tutorial: CFD-Simulation von strömungsinduziertem Lärm

A. Spille-Kohoff (CFX Berlin Software GmbH)

Keynote-Vortrag: Use of CFD Methods as Day-to-Day Design Tools for Complex Applications

M. B. Schmitz (GE Global Research - Europe)

Analyse der instationären Strömung in fluidtechnischen Komponenten – eine Herausforderung an die CFD-Berechnung

F. Rüdiger, A. Leonhard, W. Wustmann, S. Helduser (TU Dresden)

Simultane aerodynamische Optimierung eines Turboladers in mehreren Betriebspunkten

T. Hildebrandt (Numeca - Ing.büro)

Tutorial: An Efficient Approach for CFD Topology Optimization

M. Stephan, P. Häußler, T. Schützle, J. Sauter (FE-Design GmbH)

Aufbereitung und Optimierung von gescannten Daten für die CFD Simulation

C. Zerle (Materialise GmbH)

Super-Computing on the Desktop: Lattice-Boltzmann Methoden auf Graphikhardware

J. Tölke, M. Krafczyk, J. Linxweiler (TU Braunschweig)

Neueste Volumen-Visualisierungsmethoden zur interaktiven Darstellung von CFD Simulationsdaten auf großen und komplexen Gittern

P. Muigg, H. Doleisch, M. Hadwiger (Forschungszentrum VRVis); E. Gröller (TU Wien)

Das Seminar wird gesponsort von:



Nähere Informationen unter:
www.nafems.de

Vorträge beim NAFEMS Seminar:

Konstruktionsnahe Berechnung – Potential und Herausforderung

12. - 13. März 2008, Wiesbaden

Keynote-Lecture: Optimale Gestaltung des Entwicklungsprozesses unter Einbezug der Berechnungsspezialisten

E. Kummer (Helbling Technik AG)

Baugruppenberechnung und nichtlineare Fragestellungen in konstruktionsnaher Berechnung – Möglichkeiten und Grenzen anhand praktischer Beispiele

W. Krach (CAE Simulation & Solutions)

Konstruktionsbegleitende Berechnungen bei der Entwicklung von Container-Güterwagen

H. Schwarzenbach (Berner Fachhochschule Technik und Informatik)

Simulation von Plastiktanks mit Catia V5 GPS

N. Fernandez, D. Links, J. Biedert, J. Kraft, J. Stenner, Th. Wetzel, Th. Heckenberger (Behr GmbH & Co. KG)

Konstruktionsbegleitende FEM und MBS Berechnungen im Aufzugsbau

W. Moretti (Schindler Aufzüge AG)

Berechnungsgestützte Konzeptfindung und -bewertung – Ein Schulabschluss von Konstruktion und Simulation

A. Dippel, R. Nösner (Tecosim Technische Simulation GmbH)

Die konstruktionsnahe Berechnung, eine Herausforderung für die Ausbildung

P. Fritzsche (FH Nordwestschweiz)

Optimierung eines Tandemgefecht-kopfes

M. Conrad (Saab Bofors Dynamics Switzerland Ltd.)

Konstruktionsnahe Simulation: Voraussetzungen und Gefahren bei der Umsetzung

C. W. Eckard (CES Eckard GmbH)

Konstruktion optimaler Gussteile mit Hilfe der Topologieoptimierung

L. Harzheim, G. Graf (Adam Opel GmbH)

Methoden zur direkten Kopplung von CAD und CFD für den Entwurf funktionaler Flächen

C. Abt, S. Harries (Friendship Systems GmbH)

Abhängigkeitsbetrachtung der FEA-Ergebnisqualität von anwendungsspezifischen Materialparametern unter besonderer Beachtung der Querkontraktionszahl

B. Alber-Laukant, B. Roith, F. Rieg (Universität Bayreuth)

Simulation der Bewegung einer beladenen LKW-Kippmulde Analyse der Kinematik und Kinetik ungleichförmig übersetzender Getriebe

A. Jahr, A. Batos (FH Düsseldorf)

Invited Speaker: ProSTEP iViP e. V. / VDA - Integration of Simulation and Computation in a PDM-Environment (SimPDM)

M. Krastel (:em engineering methods AG)

Einsatz der Berechnung in der Konzeptphase – Anforderungen und Erfahrungsbeispiele aus der Praxis

M. Hoffmann (Altair Engineering GmbH)

Intelligent und effizient: Kopplung von 3D CAD mit web basierter Berechnungssoftware

G. Weser (GWJ Technology GmbH)

Charakterisierung und Berechnung mechanisch gefügter Stahlblechverbindungen unter Crashbelastung

O. Hahn, M. Wissling (Universität Paderborn)

Konstruktionsnahe Berechnung und Simulation in der Kinematikentwicklung mit KBE

S. Kleiner (:em engineering methods AG)

Erfolgsfaktoren für die konstruktionsbegleitende FEM – Erfahrungen eines Software-Anbieters

C. Gebhardt (Cadfem GmbH)

Durchgängige Entwicklung eines Traktor-Umlenkhebels unter Einsatz der Tosca.Structure-Topologieoptimierung in der NX5 Umgebung

M. Friedrich (FE-Design GmbH)

Einsatz von konstruktionsnahen Simulationen und Optimierungen zur Produktivitätserhöhung im Konstruktionsprozess

A. Biahmou, J. Stjepandic, H. Liese (Prostep AG)

Abaqus for Catia V5 – Realistische Simulation im Konstruktionsprozess

M. Ernst (Abaqus Deutschland GmbH)

Podiumsdiskussion:

„Simulation in der Konstruktion – Chancen, Grenzen und Risiken“

Das Seminar wird gesponsort von:



Nähere Informationen unter:
www.nafems.de

THE WORLD OF SIMULATION



Zur Verstärkung unserer Teams in Darmstadt und Otterfing suchen wir eine/n abschlußstarke/n

CFD-Vertriebsingenieur(in)

Idealerweise besitzen Sie Erfahrung im Vertrieb von Ingenieursoftware für Finite-Element-Berechnungen oder Strömungssimulationen (PLM, CAE, o.ä.) und können entsprechende Erfolge vorweisen.

Die Funktion umfasst die Betreuung von Bestandskunden und die aktive Akquise von Neukunden. Dabei werden Sie von einem erfahrenen Team in jeder Phase des Prozesses optimal unterstützt. ANSYS legt mit jährlich zweistelliger Wachstumsrate in einem stark expansiven Markt die Grundlage für ein überdurchschnittliches Einkommenspotenzial.

Wir freuen uns auf Ihre aussagekräftigen Bewerbungsunterlagen mit Lichtbild, Gehaltsvorstellungen und möglichem Eintrittstermin. Bitte senden Sie Ihre Unterlagen an Frau Margit List oder an Frau Marion Kappelmeyer.

ANSYS ist der weltweit führende Anbieter von Simulationssoftware und -Technologien mit über 1.400 Mitarbeitern an mehr als 40 Standorten und einem Netzwerk an Vertriebspartnern in über 40 Ländern.

Mehr als 100 Mitarbeiter an den Standorten Darmstadt, Otterfing und Hannover arbeiten an Lösungen für unsere Kunden im Herzen Europas. Unsere Kunden aus nahezu allen Industriebranchen straffen mit unseren innovativen Softwarelösungen den Produktentwicklungszyklus und erhöhen gleichzeitig die Designsicherheit; das verschafft wertvolle Wettbewerbsvorteile.

ANSYS
Fluent Deutschland GmbH
Frau Margit List
Birkenweg 14 a
64295 Darmstadt
Telefon +49 6151 3644-0

ANSYS Germany GmbH
Frau Marion Kappelmeyer
Staudenfeldweg 12
83624 Otterfing
Tel: +49(0)8024 9054-0

jobs-germany@ansys.com

www.ansys.com

www.fluent.de

**Suchen Sie Berechnungsingenieure? Suchen Sie eine neue Herausforderung?
Schalten Sie ein/e**

Stellenanzeige/Stellengesuch *

im NAFEMS online-Magazin. Sprechen Sie die richtige Zielgruppe an
– ohne Streuverluste! Natürlich vertraulich und auf Wunsch auch unter Chiffre!

NAFEMS DACH, Schillerstr. 6, 85567 Grafing, Tel. 08092-83550, e-mail: info@nafems.de

* Die Schaltung von Stellenanzeigen ist NAFEMS Mitgliedern vorbehalten.



Die FEMLAB GmbH ist die deutsche Tochtergesellschaft des weltweit expandierenden schwedischen Softwareunternehmens COMSOL AB. Mit COMSOL Multiphysics (ehemals FEMLAB) vertreiben wir eine junge und innovative Simulationssoftware, die in zahlreichen Unternehmen, Forschungsinstituten und Hochschulen für wissenschaftlich-technische Anwendungsbereiche erfolgreich eingesetzt wird.

Wir suchen für unsere neue Niederlassung Rhein-Main (in Aschaffenburg):

Eine/n Produktmanager/in

Aufgaben:

- Ausbau des süddeutschen und österreichischen Marktes für COMSOL Multiphysics (Geschäftsbereich Elektromagnetik)
- Vertrieb von COMSOL Multiphysics
- Kundenbetreuung (techn. Support, Training, Consulting)

Voraussetzungen:

- Hochschulabschluss in Natur- oder Ingenieurwissenschaft (Schwerpunkt Elektrotechnik/ Elektromagnetik)
- Gute Kenntnisse im Bereich Simulation (Numerische Methoden, CAE)
- Verkaufstalent
- Vortrags- und Präsentationsfähigkeiten
- Bereitschaft zum Reisen
- Gute Englischkenntnisse

Wir bieten:

- eine äußerst abwechslungsreiche Aufgabe in einem dynamischen und innovativem Umfeld
- leistungsgerechte Bezahlung
- persönlichen Gestaltungsfreiraum und freie Entwicklungs- und Entfaltungsmöglichkeiten
- einen sicheren Arbeitsplatz in einem jungem und aufstrebenden Unternehmen

Für telefonische Auskünfte stehen Ihnen Robert Banjac, Tel. 06021-45 11 86 10, Email: robert.banjac@femlab.de, oder Dr. Bernhard Fluche, Tel. 0551-99 721-0 gern zur Verfügung.

Bitte senden Sie Ihre Bewerbungsunterlagen an:

FEMLAB GmbH
 Niederlassung Rhein-Main
 Hettingerstr. 21
 63739 Aschaffenburg

www.comsol.de



Fraunhofer Institut
Algorithmen und Wissen-
schaftliches Rechnen

Das Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen (SCAI) in Sankt Augustin sucht zum nächstmöglichen Zeitpunkt eine/n

Dipl.-Ingenieur/in in Computational Engineering, Maschinenbau oder TechnoMathematik

Das Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen ist eines von 56 Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft. Als eine der führenden Organisationen für angewandte Forschung in Europa bietet sie engagierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern anspruchsvolle Aufgaben mit Verantwortung und Gestaltungsspielraum.

Multi-disziplinäre Modellierung und gekoppelte Simulationsanalysen sind ein wichtiger Bestandteil des virtuellen Entwurfs. Als Erweiterung der klassischen Simulationsdisziplinen haben sich neue interdisziplinäre Bereiche (z.B. Strömungs-Struktur-Interaktion, Temperatur- und Strahlungskopplung, Plasma-Prozesse oder auch komplexe Fertigungsprozesse) etabliert und die Anwender durch eine höhere Realitätsnähe überzeugt.

Die Standardvorgehensweise für multidisziplinäre Applikationen ist die Kopplung existierender Simulationsprogramme. Die von SCAI entwickelte Software MpCCI® erlaubt die Integration und Nutzung von weltweit führenden Codes wie ABAQUS, ANSYS, FlowMaster, FLUENT, Flux3D, ICEPAK, MSC.Marc, Permas, RadTherm, StarCD und vielen Forschungscodes in einer einzigen Arbeitsumgebung.

Gemeinsam mit den Anbietern dieser Simulationsprogramme entwickelt SCAI das Produkt MpCCI ständig weiter und bietet den Anwendern einen umfassenden Support. Über 100 Kunden aus Europa, Nord-Amerika, Japan und China nutzen MpCCI in seiner Standardvariante oder als spezielle Auftragslösung für ihre tägliche Entwurfsarbeit. In öffentlichen Förderprojekten werden neue Technologien evaluiert und das MpCCI-Kopplungskonzept am aktuellen und zukünftigen Stand der Forschung ausgerichtet.

Im Umfeld der Software-Entwicklung und der Simulationsanwendung soll der/die neue Mitarbeiter/in folgende Aufgaben übernehmen:

- Durchführung von Auftragsprojekten für Industriekunden
- Entwicklung und Ausbau von neuartigen prototypischen Kopplungslösungen
- Aufbereitung und Betreuung neuer Anwendungs- und Marktsegmente für die multidisziplinäre Simulationskopplung

Wir erwarten ein abgeschlossenes wissenschaftliches Hochschulstudium in einer Ingenieurwissenschaft (Computational Engineering, Maschinenbau oder TechnoMathematik) oder vergleichbare Qualifikationen sowie Programmierkenntnisse in C, C++ oder Java. Des Weiteren setzen wir Erfahrungen im Einsatz kommerzieller Simulationssoftware für technische Prozesse und Anwendungen voraus. Gutes Geschick im Umgang mit Kunden, die Durchführung von termingebundenen Auftrags- und Forschungsprojekten sowie die Präsentation eigener Arbeitsergebnisse auf Messen und Fachkongressen werden ebenso vorausgesetzt wie sehr gute Englischkenntnisse in Wort und Schrift.

Anstellung, Vergütung und Sozialleistungen richten sich nach dem Tarifvertrag für den öffentlichen Dienst (TVöD).

Die Stelle ist zunächst auf 3 Jahre befristet.

Schwerbehinderte Menschen werden bei gleicher Qualifikation bevorzugt eingestellt.

Die Fraunhofer-Gesellschaft legt Wert auf die berufliche Gleichstellung von Frauen und Männern.

Die Stelle kann auch in Teilzeit besetzt werden.

Bitte richten Sie Ihre schriftliche Bewerbung mit allen wichtigen Unterlagen an:

Fraunhofer-Gesellschaft
Institutszentrum Birlinghoven
Personaldienstleistungen IZB-PD
Schloss Birlinghoven
53754 Sankt Augustin
02241/14-2599

Fragen zu dieser Position beantwortet gern Herr Klaus Wolf, Telefon: 02241/14-2557
E-Mail: klaus.wolf@scai.fraunhofer.de
Informationen über das Institut finden Sie im Internet unter:
<http://scai.fraunhofer.de>

Festigkeitsbewertung von Komponenten aus kurzfaserverstärkten Kunststoffen

Christian Gaier, Helmut Dannbauer, Axel Werkhausen

Engineering Center Steyr GmbH & Co KG, Magna Powertrain, St. Valentin, Österreich

Aufgrund der überragenden Bedeutung des Leichtbaus im Fahrzeugbau versucht man heutzutage immer mehr Bauteile aus Metall durch Kunststoff zu ersetzen. Dabei bietet sich ganz besonders kurzfaserverstärkter Kunststoff an aufgrund seiner hohen spezifischen Festigkeit und einfachen Herstellbarkeit.

Die verfügbaren Werkstoffparameter sind meist statische Kennwerte wie Zugfestigkeit, Fließgrenze und Bruchdehnung. Für die Bauteildimensionierung unter Berücksichtigung von Geometrie und dynamischen Lasten sind aber diese Kennwerte nicht ausreichend, sondern es ist im Hinblick auf das Ermüdungsverhalten die Kenntnis von lokalen Wöhlerlinien erforderlich. Diese lokalen Wöhlerlinien, welche einerseits durch den Werkstoff vorgegeben sind, werden andererseits massiv beeinflusst durch bauteilspezifische Effekte wie Faserorientierung, Belastungsart, Bauteilgröße, Spannungsgradient, Temperatur, Herstellprozess usw. Die Faserorientierung kann inzwischen relativ gut mit Spritzgusssimulationsprogrammen vorhergesagt werden.

Für die Lebensdauervorhersage wurde ein Simulationsprozess etabliert, der Faserorientierung und Faserverteilung als Ergebnis einer Spritzgusssimulation berücksichtigt. Dazu mussten geeignete Schnittstellen entwickelt werden. Auch in der vorhergehenden Strukturspannungsanalyse mit der Finite Element Methode muss das orthotrope Werkstoffverhalten bereits berücksichtigt worden sein. Das Ermüdungsverhalten von kurzfaserverstärkten Kunststoffen ist jedoch ziemlich komplex und eine Vielzahl von Probenversuchen ist erforderlich um Einflüsse wie Faserorientierung, Faserverteilung, Mittelspannung usw. zu quantifizieren. Hypothesen zur Lebensdauervorhersage von orthotropen Werkstoffen wurden abgeleitet, in die Lebensdauerberechnungssoftware Femfat eingebaut und anhand von Bauteilversuchen verifiziert.

Einleitung

In der Fahrzeugtechnik spielt der Leichtbau eine überragende Rolle um den Treibstoffverbrauch zu reduzieren und die Umwelt zu schonen. Daher ist die Verwendung neuer und leichter Werkstoffe wie kurzfaserverstärkter Kunststoff sehr attraktiv auch für dynamisch belastete Bauteile. Allerdings besteht derzeit noch immer ein sehr eingeschränktes Wissen über das Ermüdungsverhalten kurzfaserverstärkter Kunststoffe. Somit ist es schwierig, Bauteile im Hinblick auf divergierende Erfordernisse bezüglich Gewicht und Festigkeit zu dimensionieren. Einige wenige Forschungsarbeiten finden sich bei BMW [1, 2] und anderen [3-5].

Vor vier Jahren wurde ein Forschungsprojekt gestartet unter der Teilnahme von BMW, der Montanuniversität Leoben, Engineering Center Steyr und EMS-Grivory, um das Ermüdungsverhalten von glasfaserverstärkten Kunststoffen zu untersuchen und Methoden für die Lebensdauervorhersage von dynamisch belasteten Kunststoffbauteilen zu entwickeln und praxisgerecht aufzuarbeiten [6]. Eine Vielzahl von statischen und Ermüdungsversuchen an Proben und Bauteilen wurde durchgeführt. Methoden basierend auf Spritzgusssimulationsergebnissen wurden in die kommerzielle Lebensdauerberechnungssoftware Femfat eingebaut. Das Hauptaugenmerk dieses Projekts lag in der Etablierung eines Simulationsprozesses bestehend aus Spritzgusssimulation, Strukturspannungsanalyse mit der Finite Element Methode und Lebensdauerberechnung, der sich auch in der täglichen Praxis bewährt.

Einflussfaktoren auf die Lebensdauer

Für metallische Werkstoffe (Stahl, Gusseisen, Aluminium, Magnesium) ist eine Vielzahl von Einflussfaktoren auf die Lebensdauer bis zum technischen Anriss von einigen Millimeter bekannt:

- Stützwirkung in Kerben
- Werkstoffduktilität
- Bauteilgröße
- Oberflächenbehandlungen (Kugelstrahlen, Festwalzen, Induktivhärten usw.)
- Oberflächenrauigkeit
- Herstellprozess (Umformung, Guss)
- Temperatur
- Belastungsart (Zug, Druck, Biegung, Torsion)
- Mittelspannungen, Eigenspannungen
- Variable Lasten
- Mehraxiale Lasten
- Plastizität
- Reihenfolgeeffekte

Die Qualität der Lebensdauerberechnung hängt stark von der Kenntnis dieser Parameter ab, aber auch von der Qualität der Werkstoffkennwerte, der Finite Element Ergebnisse und der Eignung der angewendeten Berechnungsmethoden. Man sollte sich dabei immer im Klaren sein, dass die Lebensdauer eine statistische Größe gültig für eine gewisse Überlebenswahrscheinlichkeit und Streubreite darstellt (unter Annahme einer Gaußschen Normalverteilung der Versuchsergebnisse bei einer gegebenen Belastungsamplitude).

Für kurzfaserverstärkte Kunststoffe ist die Situation noch wesentlich komplexer. Die Versagensmechanismen sind deutlich anders. Abb. 1 zeigt die Bruchfläche einer getesteten Probe. Zu erkennen ist, wie sich die Matrix von den Fasern ablöst.

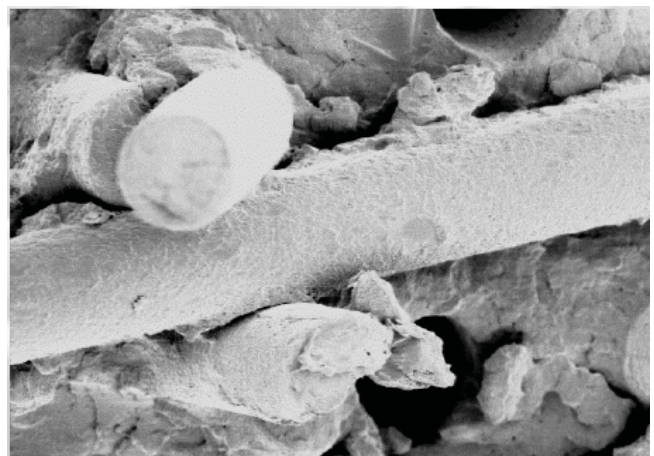
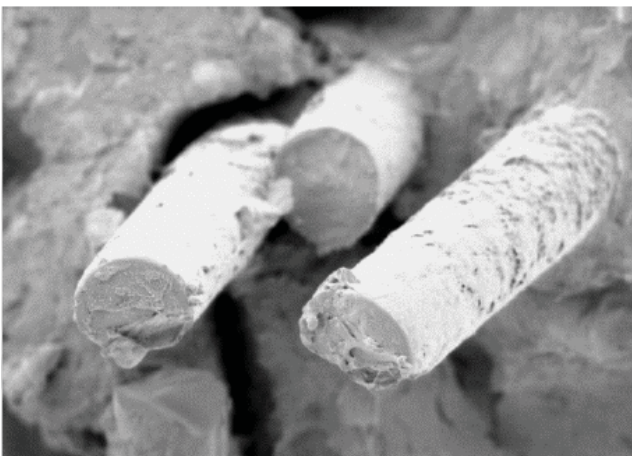


Abb. 1: REM Aufnahme der Bruchfläche einer Probe aus PA 6T/6I-GF40MX2

Zusätzliche Einflüsse auf die Lebensdauer von kurzfaserverstärkten Kunststoffen sind:

- Faserorientierung, Werkstofforthotropie
- Beteiligte Werkstoffe am Faser-Matrix-System
- Frequenzabhängigkeit
- Feuchtigkeitsaufnahme
- Umgebungsmedien (Öl, Bremsflüssigkeit, Wasser/Glykol)
- Bindenähte
- Alterung
- Kriechen
- Herstellprozess
- Komplexe und unterschiedliche Versagensmechanismen

Der Schwerpunkt im ersten Teil des Forschungsprojektes lag in der Untersuchung der inhomogenen Werkstofforthotropie verursacht durch Faserverteilung und Faserorientierung. Diese können vollständig durch einen symmetrischen 3x3-Tensor zweiter Ordnung beschrieben werden. Der Orientierungstensor beinhaltet folgende Informationen:

- Die drei Eigenvektoren bestimmen die Orthotropie-Hauptrichtungen.
- Die drei Eigenwerte λ_i stellen die Anteile der Fasern in den drei Orthotropie-Hauptrichtungen dar, siehe Abb. 2.

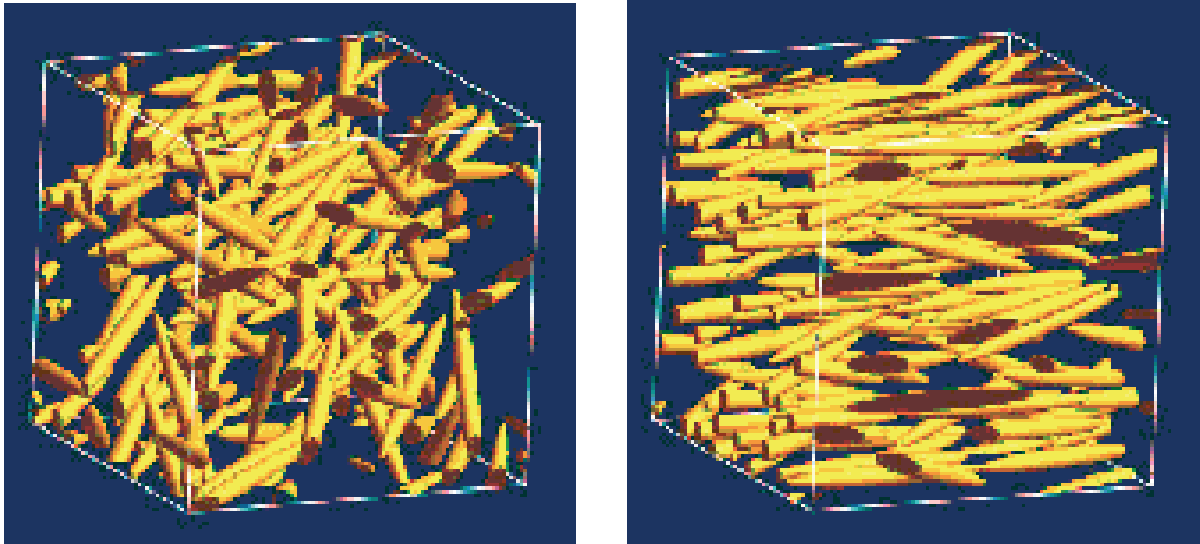


Abb. 2: Links: regellos orientierte Fasern ($\lambda_1=33\%$, $\lambda_2=33\%$, $\lambda_3=33\%$), rechts: fast vollständig parallel zueinander ausgerichtete Fasern ($\lambda_1=98\%$, $\lambda_2=1\%$, $\lambda_3=1\%$)

Die Verteilung der Orientierungstensoren in einem Bauteil aus kurzfaserverstärktem Kunststoff kann durch eine Spritzgussimulation bestimmt werden. Kommerzielle Software-Tools sind verfügbar wie beispielsweise MoldFlow, welches auch hier zur Anwendung kam.

Das Femfat-Konzept

Femfat ist ein kommerzielles Lebensdauerberechnungsprogramm entwickelt am Engineering Center Steyr, welches erfolgreich seit mehr als 15 Jahren in der Automobilindustrie, Schienenfahrzeugindustrie und allgemeinen Maschinenbau verwendet wird. Es bewertet (meist linear elastisch gerechnete) FEM-Spannungen (Finite Element Methode). Schnittstellen stehen zu allen gängigen FE-Pre/Postprozessoren und Solvern zur Verfügung (Nastran, Abaqus, Ansys, I-Deas, Permas, Medina usw.). Das implementierte Einflussparameterkonzept beruht auf der Berechnung von Einflussfaktoren auf lokale Wöhlerlinien die oben aufgelisteten Einflussparameter auf die Lebensdauer. Grundlegende Eingangsgrößen sind Wöhlerlinien aufgenommen an glatten ungekerbten Proben unter wechselnder Zugdruckbelastung (also für ein Spannungsverhältnis $R = -1$). Diese Werkstoff-Wöhlerlinien werden in Abhängigkeit von den Einflussparametern lokal modifiziert. Man erhält somit örtlich variierende Bauteil-Wöhlerlinien wie in Abb. 3 dargestellt. Dieses Konzept hat seinen Ursprung in den synthetischen Wöhlerlinien von Hück, Thrainer, Schütz [7, 8]. Im Weiteren wird an jedem Knoten des FE-Netzes eine Schädigungsanalyse durchgeführt (Lineare Schadensakkumulation nach Palmgren/Miner).

Die in Femfat zur Anwendung kommenden Methoden zur Berechnung der Einflussfaktoren haben unterschiedliche Ursprünge:

- Die wichtige Stützwirkung in Kerben wird durch methodische Eigenentwicklungen abgedeckt, wobei der relative Spannungsgradient als Maß für die Kerbschärfe dient [9].
- Die FKM-Richtlinie [10] ist die Grundlage zur Bewertung des Mittelspannungseinflusses (Verwendung von Haigh-Diagrammen), technologischen Größeneinflusses, Oberflächenrauheit, Oberflächenbehandlungen und Temperatureinflusses.
- Herstellprozesse wie beispielsweise Gießen führen zu inhomogenen Werkstoffkennwerten. Durch Gussimulationen können charakteristische Größen zur Beschreibung der lokalen Mikrostruktur des Gussgefüges bestimmt werden (sekundärer Dendritenarmabstand DAS, Erstarrungszeit). Methoden zur Ableitung lokaler Wöhlerlinien auf Basis dieser Kenngrößen wurden an der Montanuniversität Leoben entwickelt [11] und in Femfat implementiert [12].
- Auch durch Blechumformung wird der Werkstoff lokal verändert. Die lokale Deformation wird durch einen Vergleichsumformgrad charakterisiert, dessen Verteilung im Bauteil über eine Umformsimulation bestimmt werden kann. Die in Femfat verfügbaren Methoden zur Ableitung lokaler Wöhlerlinien in Abhängigkeit vom Umformgrad [12, 15] wurden an der Technischen Universität Clausthal auf Basis von umfangreichen Probenversuchen entwickelt [13, 14].

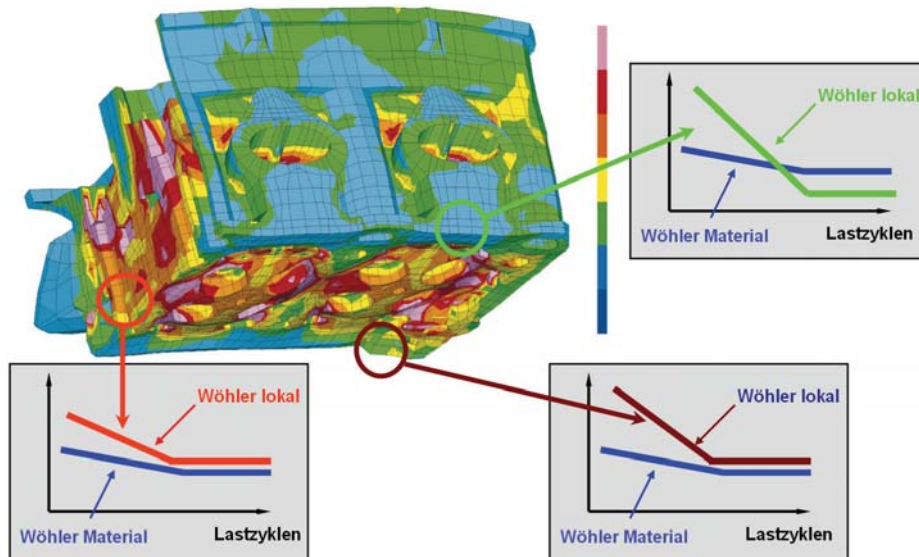


Abb. 3: Konzept der lokalen Wöhlerlinien: blaue Linien kennzeichnen Werkstoff-Wöhlerlinien, welche in Abhängigkeit vom relativen Spannungsgradient, Temperatur usw. für die anschließende Schädigungsrechnung lokal modifiziert werden (grüne, braune, rote Linie).

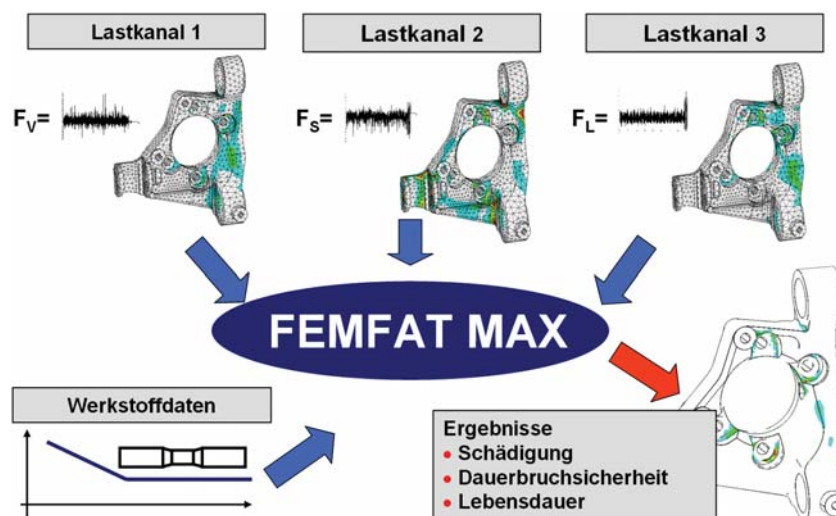


Abb. 4: Schädigungsanalyse multiaxial belasteter Komponenten

Durch Anwendung des Verfahrens der kritischen Schnittebene [16-18] können in Femfat auch multiaxiale, nichtproportionale und zufallsartige Belastungen berücksichtigt werden (Abb. 4). Dabei wird lokal in jeder Schnittebene eine Schädigungsanalyse durchgeführt. Die Ebene mit maximaler Schädigung wird als kritisch für das Bauteilversagen erachtet und der entsprechende Schädigungswert wird als Ergebnis dem aktuell berechneten FE-Knoten zugewiesen.

Die Bestimmung und Zählung geschlossener Hystereseschleifen im Spannungsdehnungspfad, welche Schädigungsereignisse repräsentieren, ist ein schwieriges Problem bei räumlichen Spannungszuständen und rotierenden Hauptnormalspannungen. Am Engineering Center Steyr wurde dazu eine relativ einfache Methode entwickelt [19]. Üblicherweise kann ein klassisches Rainflow-Zählverfahren auf die Normalspannung in Schnittebenen problemlos angewendet werden und liefert gute Ergebnisse für spröde Werkstoffe (z.B. Grauguss). Für duktile Werkstoffe ist die Schub- oder Mises-Spannung für das Versagen verantwortlich. Ein Zyklenzählverfahren ist jedoch aufgrund des fehlenden Vorzeichens nicht anwendbar. Durch Einführung eines zeitabhängigen Korrekturfaktors f für die Normalspannung konnte dieses Problem gelöst werden:

$$f = 1 + \left(1 - \frac{\sigma_W}{\tau_W} \right) \frac{\sigma_3}{\sigma_1} \tag{1}$$

Es ergibt sich damit eine zur Mises-Spannung ähnliche, aber vorzeichenbehaftete Vergleichsspannung. Das Verhältnis Zugdruck-Wechselfestigkeit σ_W zu Schub-Wechselfestigkeit τ_W wird dabei als Maß für die Werkstoffduktilität verwendet (1 = spröd, 1.73 = duktil). Das Verhältnis der Hauptnormalspannung σ_3 mit dem betragsmäßig kleinsten Wert zur Hauptnormalspannung σ_1 mit dem betragsmäßig größten Wert ist eine charakteristische Größe für die Belastungsart (-1 = Torsion, 0 = Zugdruck, 1 = hydrostatischer Spannungszustand). Die Vorteile dieser Methode sind Einfachheit, Effizienz und Genauigkeit aufgrund der Berücksichtigung von Werkstoffduktilität und Belastungsart.

Erweiterung für orthotrope Werkstoffe

Kurzfaserverstärkte Kunststoffe verhalten sich stark orthotrop. Für die Untersuchung der Orthotropie wurden an der Montanuniversität Leoben statische und zyklische Probenversuche durchgeführt [6]. Abb. 5 zeigt Wöhlerkurven für ein Polyamid mit 40% Glasfasergehalt für Zugdruckbeanspruchungen längs und quer zur Faserorientierung. Die Standardprobe wurde durch Einspritzen in eine entsprechende Form hergestellt, während die Kurzprobe aus gespritzten Platten entnommen wurde.

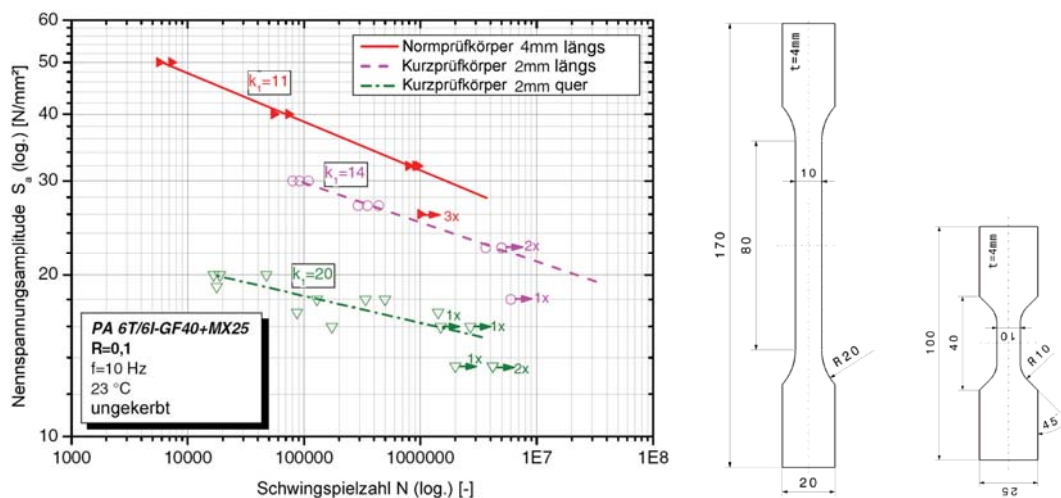


Abb. 5: Links: Einfluss der Faserorientierung auf die Lebensdauer, rechts: Probengeometrien

Statische Werkstoffkennwerte (E-Modul, Zugfestigkeit, Streckgrenze) und gemessene Wöhlerkurven für Zugdruckbelastung längs und quer zur Faserorientierung sind Eingangsdaten für die Lebensdauerberechnung von orthotropen Werkstoffen. Zu diesem Zwecke wurde das bestehende kritische Schnittebene-Verfahren erweitert, indem in jeder Ebene unterschiedliche Wöhlerkurven abhängig von der Lage der Ebene zur Faserorientierung verwendet werden. Dazu braucht man zuerst die Werkstoff- bzw. Wöhlerlinienparameter (Dauerfestigkeit, Neigung, Ecklastspielzahl) in den drei Orthotropie-Hauptrichtungen \mathbf{e}_i . Für vorgegebene Faseranteile λ_1, λ_2 und λ_3 können diese Parameter durch lineare Interpolation bestimmt werden, siehe Abb. 6 links. Das Symbol w steht dabei für beliebige Parameter wie E-Modul, Zugfestigkeit, Dauerfestigkeit usw. w_1, w_2 and w_3 sind die interpolierten Parameter in den Orthotropie-Hauptrichtungen. Im nächsten Schritt werden die Werkstoffparameter in der durch den Normalenvektor \mathbf{v} festgelegten Schnittebene wiederum durch Interpolation berechnet. Dabei wird eine einfache sinusförmige Variation der Werkstoffparameter angenommen, wenn man die Schnittebene um 90 Grad von einer Orthotropie-Hauptrichtung (z.B. \mathbf{e}_1) in eine andere (z.B. \mathbf{e}_2) dreht:

$$w_{\mathbf{v}} = \frac{w_1 + w_2}{2} + \frac{w_1 - w_2}{2} \cos 2\varphi \tag{2}$$

Umwandlung in kartesische Koordinaten und Erweiterung auf drei Dimensionen ergibt:

$$\frac{w_1 x^2 + w_2 y^2 + w_3 z^2}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} = 1 \tag{3}$$

Die geschlossene Fläche, welche durch diese Gleichung beschrieben wird, sieht man in Abb. 6 rechts.

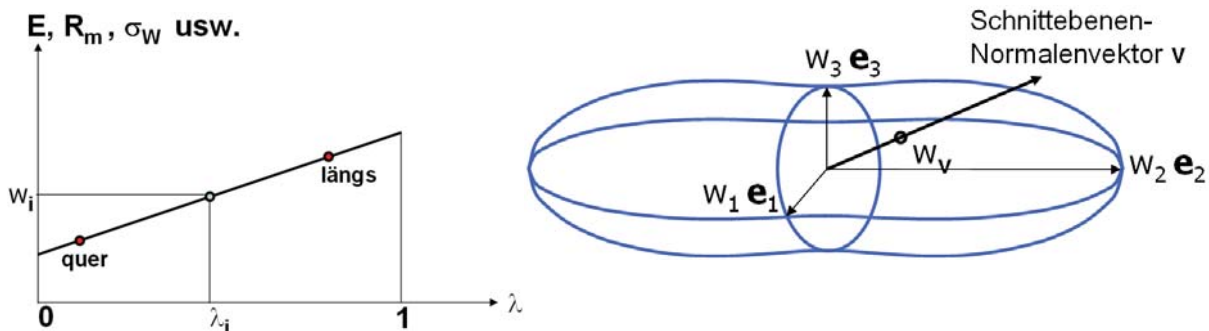


Abb. 6: Interpolation von Werkstoffparametern, links: zuerst in den Orthotropie-Hauptrichtungen ausgehend von zwei Messwerten und gegebenen $\lambda_i, i = 1, 2, 3$; rechts: dann in der Schnittebene

Nach [1-2] musste auch die lineare Schadensakkumulation nach Palmgren/Miner für kurzfaserverstärkte Kunststoffe um den Exponenten b erweitert werden:

$$D = \left(\frac{n_1}{N_1}\right)^b + \left(\frac{n_2}{N_2}\right)^b + \left(\frac{n_3}{N_3}\right)^b + \dots + \left(\frac{n_{i-1}}{N_{i-1}}\right)^b + \left(\frac{n_i}{N_i}\right)^b \tag{4}$$

Workflow – Von der Prozesssimulation zur Lebensdauerberechnung

Folgende Eingangsdaten werden für eine Lebensdauervorhersage von kurzfaserverstärkten Kunststoffen benötigt:

- Die FE-Struktur bestehend aus Knoten und Elementen. Diese wird durch das Spritzguss-Simulationswerkzeug generiert. Obwohl heutzutage noch "2.5"-dimensionale Schalenelemente mit mehreren Schichten für Spritzguss-Simulationen bevorzugt werden, werden hier ausschließlich Volumenelemente zur Ausmodellierung von Kerbradien verwendet, da das Werkstoffversagen praktisch immer in Kerben auftritt. Aber diese Volumennetze für die Spritzguss-Simulation sind nicht immer optimal für Spannungsanalysen und Lebensdauerberechnungen, weil diese Netze aus sehr vielen kleinen Elementen von ungefähr der gleichen Größe bestehen. Für Spannungsanalysen sind grobe Netze in ungekehrten Bereichen ausreichend, da sonst die Rechnung sehr lange dauert. Aktuelle Entwicklungen zielen darauf ab, lokale Werkstoffparameter (E-Moduli, Schubmoduli, Querdehnzahlen), Orientierungstensoren und Eigenspannungen auf geeignete Netze zu mappen.
- Spannungen aufgrund von äußeren dynamischen Lasten. Es ist wichtig, die Spannungsanalyse mit lokalen orthotropen Werkstoffparametern durchzuführen (E-Moduli, Schubmoduli, Querdehnzahlen), welche sich aus der Spritzguss-Simulation ergeben.
- Lastzeitverläufe wie in Abb. 4 dargestellt.
- Die Faserorientierungsverteilungen als Ergebnis der Spritzguss-Simulation.
- Die Eigenspannungsverteilungen als Ergebnis der Spritzguss-Simulation.
- Statische Werkstoffparameter und gemessene Wöhlerlinien für Belastungen längs und quer zur Faserorientierung.

Eine bereits funktionierende Simulationskette ist in Abb. 7 dargestellt. Sie besteht aus dem Spritzguss-Simulationswerkzeug Moldflow, Abaqus für die orthotrope Spannungsanalyse und Femfat für die Lebensdauervorhersage. Es existieren Schnittstellen für den Datentransfer im Moldflow .xml Format und Abaqus .odb Format (oder .fil). Auch Ansys kann als FE-solver eingesetzt werden. Dafür stehen in Femfat Schnittstellen zu Ansys .cdb für die FE-Struktur und .rst für Spannungen zur Verfügung.

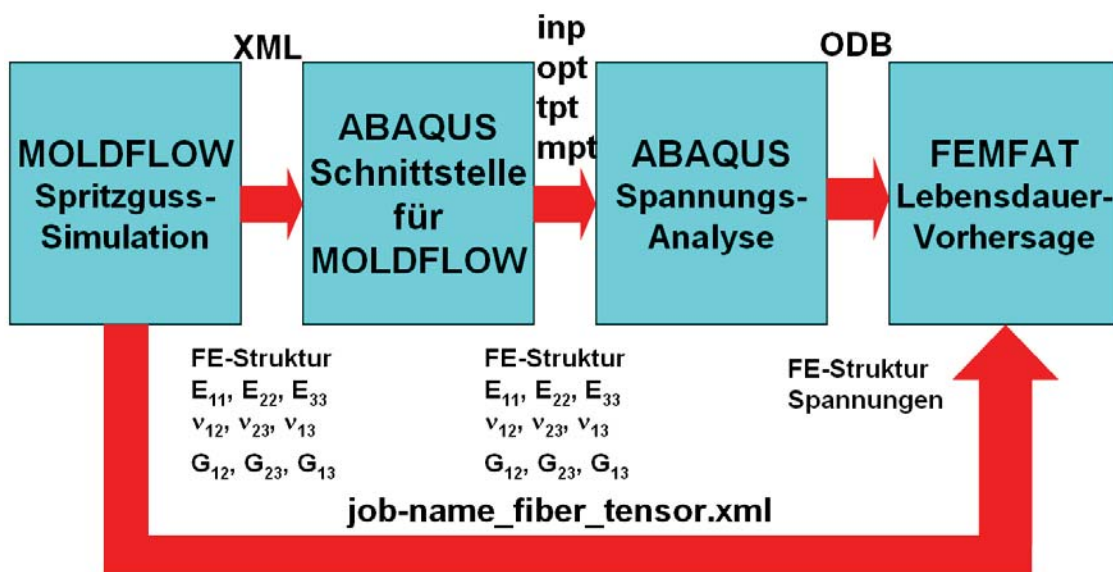


Abb.. 7: Workflow und Schnittstellen von der Prozesssimulation zur Lebensdauerberechnung

Beispiele

Riemenscheibe

Als bereits existierendes Serienbauteil aus der Automobilindustrie wurde eine Riemenscheibe geprüft und berechnet. Für die orthotrope Spannungsanalyse und Lebensdauerberechnung wurde das FE-Netz aus der Spritzgussimulation verwendet. Die Elemente sind daher klein und das FE-Netz besteht aus einer großen Anzahl von 1,5 Millionen (!) linearen Tetraedern, siehe Abb. 8 links. Rechts ist das Spritzguss-Simulationsmodell mit den Einlasskanälen für die Schmelze zu sehen. In Abb. 9 ist die mit Abaqus berechnete Spannungsverteilung und die mit Femfat berechnete Schädigungsverteilung zu sehen. Abb. 10 zeigt den Prüfstands-aufbau. Es wurde die Bruchstelle vorhergesagt und auch die absolute Lebensdauer befand sich innerhalb der Streubreite.

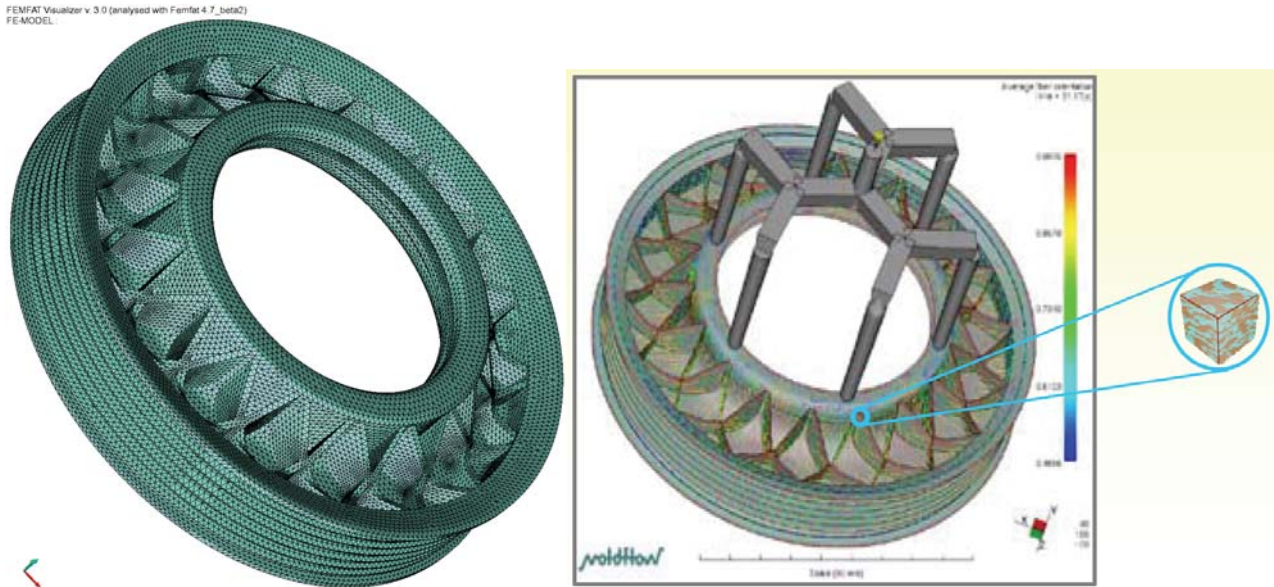


Abb. 8: Links: FE-Modell der Riemenscheibe, rechts: Spritzguss-Simulation mit Moldflow

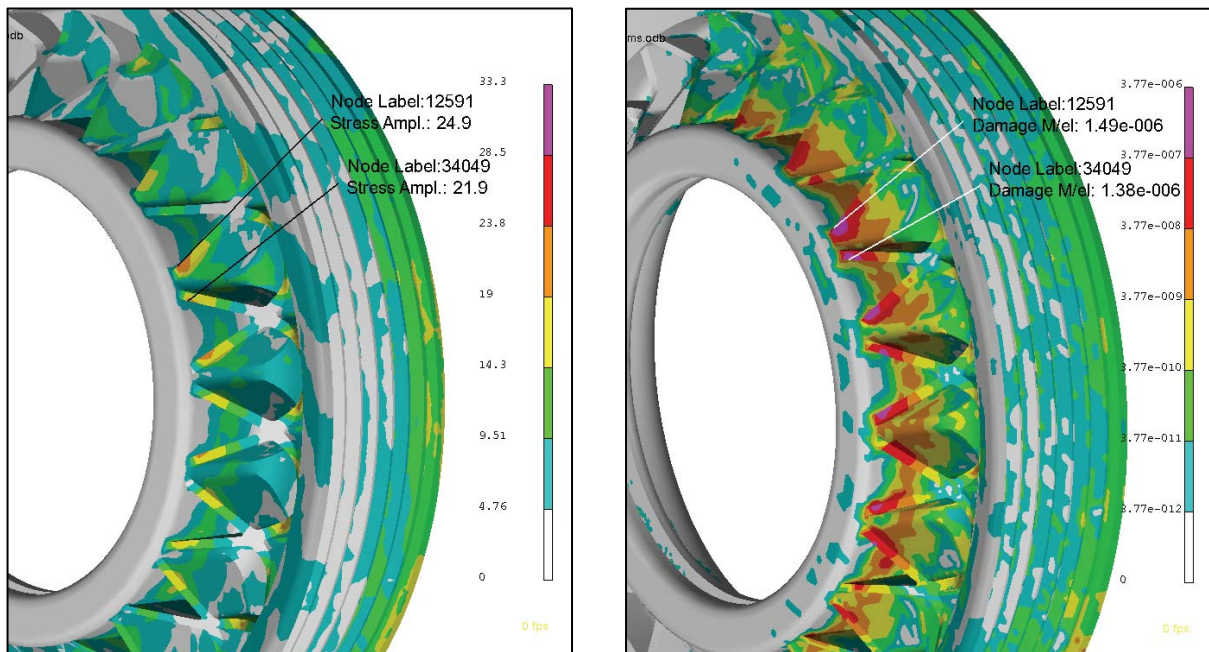


Abb. 9: Verteilung der mit Abaqus berechneten Spannungsamplitude und der mit Femfat berechneten Schädigung



Abb. 10: Prüfstand für Riemenscheibe [20]

Ringschlüssel

Als weiteres Beispiel wurde ein Ringschlüssel berechnet (Abb. 11). Das Netz besteht aus etwa 200.000 Elementen. Zuerst wurden isotrope Analysen Werkstoffkennwerten längs und quer zur Faser durchgeführt. Es ergab sich ein Unterschied von Faktor 7 in der Lebensdauer. Dann wurde mit orthotropem Werkstoff gerechnet. Erwartungsgemäß lag das Ergebnis zwischen den beiden Ergebnissen mit isotropem Werkstoff.

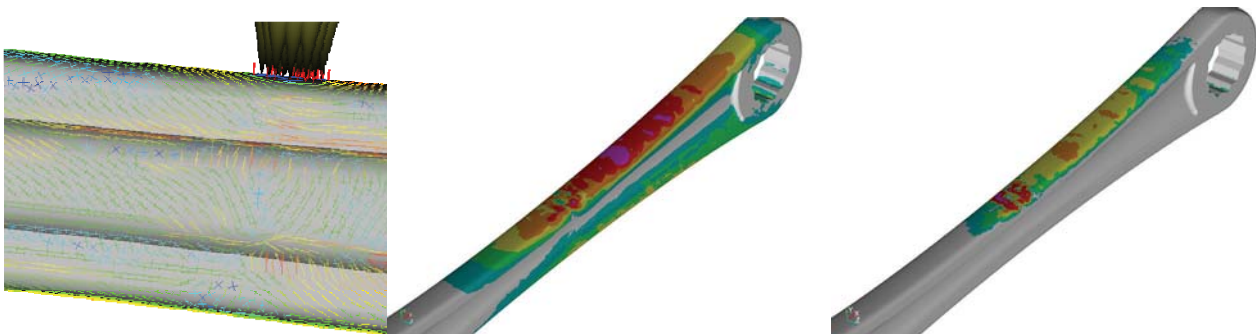


Abb. 11: Ringschlüssel, links: Faserorientierung an der Einspritzstelle, Mitte: Verteilung der mit Abaqus berechneten Spannungsamplitude, rechts: mit Femfat berechnete Schädigungsverteilung

Zusammenfassung und Ausblick

Die praxisnahe Betriebsfestigkeitsbewertung von kurzfaserverstärkten Kunststoffbauteilen unter Berücksichtigung der Faserorientierung aus einer Spritzgusssimulation ist möglich. Der vorgestellte Simulationsprozess wurde bei BMW und am ECS installiert.

Das Forschungsprojekt wird fortgeführt, um weitere Einflüsse auf die Lebensdauer zu untersuchen:

- Kerben
- Feuchtigkeitsaufnahme
- Umgebungsmedien (Glykol/Wasser)
- Bindenähte

Weiters gibt es Anstrengungen, das Mapping von Spritzgusssimulationsergebnissen (Orientierungstensor, Eigenspannungen) auf ein Netz zur Strukturspannungsanalyse auch für die Lebensdauerberechnung zu erweitern.

Danksagung

Diese Veröffentlichung basiert auf Forschungsarbeiten am Polymer Competence Center Leoben GmbH (PCCL) im Rahmen des Kompetenzzentren-Programms Kplus des Österreichischen Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie unter Beteiligung des Lehrstuhls für Allgemeinen Maschinenbau (AMB) und des Instituts für Werkstoffkunde und Prüfung der Kunststoffe (IWPK) an der Montanuniversität Leoben sowie der BMW-Gruppe, des Engineering Center Steyr (MAGNA Powertrain ECS) und EMS-Grivory. Das PCCL wird mit Mitteln des österreichischen Bundes und der Länder Steiermark und Oberösterreich gefördert.

Literatur

- [1] Zago A., Springer G.S., "Life Prediction of Short Fiber Composites", Final Report to BMW AG, Department of Aeronautics and Astronautics, Stanford University, July 2000.
- [2] Brune M., Zago A., „Lebensdauerberechnung für kurzglasfaserverstärkte Thermoplaste“, VDI-Gesellschaft Kunststofftechnik, Kunststoffe im Automobilbau, Tagung Mannheim 13./14. März 2002, pp. 129-145.
- [3] Janzen W., "Zum Versagens- und Bruchverhalten von Kurzfaserverstärkten Thermoplasten", Institut für Werkstofftechnik, Universität Kassel.
- [4] Sedlacik G., „Beitrag zum Einsatz von unidirektional naturfaserverstärkten thermoplastischen Kunststoffen als Werkstoff für großflächige Strukturbauteile“, Fakultät für Maschinenbau, TU Chemnitz, Dissertation, 2003.
- [5] Bolender K., Büter A., Gerharz J., „Entwicklung eines einfachen numerischen Bemessungswerkzeuges zur Bewertung mehraxial beanspruchter kurzfaserverstärkter Kunststoffe“, Fraunhofer Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit (LBF), Darmstadt, Kongress Intelligente Leichtbausysteme, 2005.
- [6] Brune M., Fleischer H., Guster Ch., Balika W., "Rechnerische Lebensdauerabschätzung für Bauteile aus kurzglasfaserverstärkten Kunststoffen“, VDI-K Mannheim, 2006, pp. 321-342.
- [7] Hück M., Thrainer L., Schütz W., "Berechnung von Wöhlerlinien für Bauteile aus Stahl, Stahlguß und Grauguß – Synthetische Wöhlerlinien", Verein deutscher Eisenhüttenleute, Bericht Nr. ABF 11, Düsseldorf, Juli 1983.
- [8] Bergmann J., Thumser R., „Synthetische Wöhlerlinien für Eisenwerkstoffe“, Forschungsbericht P249, Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V., 1999.
- [9] Eichlseder W., "Rechnerische Lebensdaueranalyse von Nutzfahrzeugkomponenten mit der Finite Elemente Methode", Dissertation, TU Graz, 1989
- [10] German FKM Guideline "Analytical Strength Assessment of Components in Mechanical Engineering", VDMA Verlag Frankfurt/Main, fünfte Ausgabe, 2003.
- [11] Minichmayr R., Eichlseder W.: "Lebensdauerberechnung von Gussbauteilen unter Berücksichtigung des lokalen Dendritenarmabstandes und der Porosität", Gießerei 90 Nr. 5, 13. Mai 2003, pp. 70-75.
- [12] Dannbauer H., Gaier C., "Integrating the Results from Process Simulation into Fatigue Life Analysis“, NAFEMS-Seminar, Wiesbaden, 2003.
- [13] Masendorf R.: "Einfluss der Umformung auf die zyklischen Werkstoffkennwerte von Feinblech", Dissertation TU Clausthal, 2000.
- [14] Hatscher A.: "Abschätzung der zyklischen Kennwerte von Stählen“, Dissertation TU Clausthal, 2004.
- [15] Gaier C., Kose K., Hebisch H., Pramhas G., "Coupling Forming Simulation and Fatigue Life Prediction of Vehicle Components", NAFEMS World Congress, Malta, 2005.
- [16] Gaier C., Steinwender G., Dannbauer H., "FEMFAT-MAX: A FE-Postprocessor for Fatigue Analysis of Multiaxially Loaded Components", Proc. NAFEMS-Seminar, Wiesbaden, 2000.
- [17] Gaier C., Pramhas G., Steiner W., "An Extended Critical Plane Criterion for General Load Situations", Proc. Eighth International Fatigue Congress, Stockholm, 2002, pp. 259-266.
- [18] Gaier C., Dannbauer H., "Fatigue Analysis of Multiaxially Loaded Components with the FE-Postprocessor FEMFAT-MAX“, ESIS Publication 31, Elsevier 2003, pp. 223-240.
- [19] Gaier C., Dannbauer H., "An Efficient Critical Plane Method for Ductile, Semi-ductile and Brittle Materials", Proc. Ninth International Fatigue Congress, Atlanta, 2006.
- [20] Prüfstandsaufbau der Firma Joma-Polytec GmbH, Robert-Bosch-Str. 4, 72411 Bodelshausen

Virtueller Versuchsstand für CFK-Nietverbindungen mit Shim-Schicht

Christian Hühne, Anne-K. Ungrad, Christian Steenbock, Raimund Rolfes (Leibniz Universität Hannover)
Guido Kuhlmann (Airbus Deutschland GmbH)

Um den Einfluss einer Shim-Schicht auf die Steifigkeits- und Festigkeitseigenschaften einer einschnittigen Nietverbindung aus Faserverbundwerkstoffen zu untersuchen, wird ein virtueller Versuchsstand entwickelt. Das nichtlineare Tragverhalten der Verbindung wird signifikant durch die fortschreitende Schädigung in den Laminaten und die damit einhergehende Steifigkeitsabnahme der Verbindung geprägt. Schädigungen in den unidirektionalen Einzelschichten werden zunächst durch das dreidimensionale Versagenskriterium nach HASHIN detektiert. Das Nachbruchverhalten wird mittels eines konstanten Degradationsmodells abgebildet. Auf Grund der konservativen Ergebnisse wird ein verbessertes Schädigungsmodell entwickelt, in dem der Zwischenfaserbruch durch das Einfache Parabolische Kriterium detektiert und die Schädigungsevolution mit einem kontinuierlichem Degradationsmodell abgebildet werden. Der Vergleich der Ergebnisse aus Versuch und Simulation zeigt eine sehr gute Übereinstimmung.

Einleitung

In der Luftfahrt hat sich der Faserverbundwerkstoff inzwischen so weit durchgesetzt, dass er mehr und mehr Metallbauteile verdrängt. Die Verbindungselemente stellen aber nach wie vor ein kritisches Element der jeweiligen Strukturen dar. Insbesondere der Entwurf und die Ausführung von Nietverbindungen bedürfen auf Grund der hohen Lochleibungsspannungen und der komplexen Versagensmechanismen von Faserverbundwerkstoffen einer erhöhten Sorgfalt.

Für die Bemessung von Nietverbindungen ist eine große Anzahl von Versuchen erforderlich. Um die Anzahl dieser notwendigen, aber kosten- und zeitintensiven Versuche zu reduzieren, soll ein virtueller Versuchsstand eingerichtet werden. Mittels numerischer Simulationen kann, nach der Validierung des numerischen Modells, der Einfluss einer großen Anzahl von Parametern virtuell getestet werden. Die auftretenden komplexen dreidimensionalen Spannungs- und Dehnungszustände sind im Modell ebenso abzubilden wie die Schädigungsinitiierung und der Schädigungsfortschritt. Im Fokus der Untersuchungen steht der Einfluss einer Shim-Schicht auf das Tragverhalten der Nietverbindung zweier Lamine. Diese Schicht aus Epoxidharz wird zum Ausgleich von Fertigungstoleranzen zwischen die beiden Lamine eingefügt.

Im Rahmen dieses Artikels wird das dreidimensionale Finite-Elemente-Modell einer einschnittigen Nietverbindung von Faserverbundwerkstoffen mit Shim-Schicht vorgestellt. Um die zulässige Traglast zu ermitteln, wird ein Schädigungsmodell in die Abaqus-User-Subroutine USDFLD implementiert. Die Schädigungsinitiierung wird dabei durch ein Versagenskriterium detektiert, während die Evolution der Schädigung durch ein Degradationsmodell abgebildet wird. Zunächst wird das dreidimensionale Versagenskriterium nach HASHIN mit einem konstanten Degradationsmodell verwendet. Basierend auf diesem Schädigungsmodell wird der Einfluss der Shim-Schicht auf das Strukturverhalten der Nietverbindung virtuell untersucht. Durch den Vergleich der Ergebnisse aus Versuch und Simulation wird das numerische Modell validiert. Abschließend werden die Ergebnisse eines weiterentwickelten Schädigungsmodells untersucht.

Versuchsprogramm

Um den Einfluss der Ausgleichsschicht auf das Strukturverhalten der Nietverbindung zu untersuchen, wurde ein Versuchsprogramm durchgeführt [4], in dem die Anzahl der Niete, der Niettyp, die Geometrie der Faserverbundbauteile sowie die Dicke der Ausgleichsschicht variiert wurden.

Probekörper und Versuchsdurchführung

Der vorliegende Artikel behandelt ausschließlich die Probekörper einschnittiger Verbindungen mit vorgespanntem Titan-Senkopf-Niet (Abb. 1). Es werden die Ergebnisse von vier Probekörpern (Kombinationen) mit jeweils sechs Versuchen und unterschiedlicher Dicke der Ausgleichsschicht ausgewertet. Die Probekörper werden starr und biegemomentenfrei in eine Universalprüfmaschine eingespannt und mit konstanter Traversengeschwindigkeit bis zum vollständigen Strukturversagen belastet. Die angreifende Kraft und die Relativverschiebung der Laminare werden aufgezeichnet.

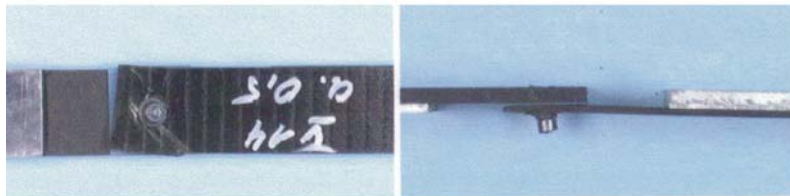


Abb. 1: Einschnittige CFK-Verbindung mit Senkkopf-Niet

Bemessungslast $F_{2/3}$

Aus den Messwerten wird die Maximallast F_{max} der Verbindung bestimmt. Bezogen auf diesen Wert ist die Anfangssteifigkeit als Sekantenmodul der Last-Verschiebungs-Kurve entsprechend Abb. 2 definiert:

$$K_0 = \frac{\Delta F}{\Delta u} = \frac{0.50 \cdot F_{max} - 0.10 \cdot F_{max}}{u(0.50 \cdot F_{max}) - u(0.10 \cdot F_{max})} \quad (1)$$

Die zulässige Tragkraft F_{krit} der Nietverbindung wird gemäß [4] an dem Punkt der Last-Verschiebungs-Kurve abgelesen, in dem die Steifigkeit zwei Drittel der Ausgangssteifigkeit

$$K_{2/3} = \frac{2}{3} \cdot K_0 \quad (2)$$

beträgt, und daher auch als Bemessungslast $F_{2/3}$ bezeichnet.

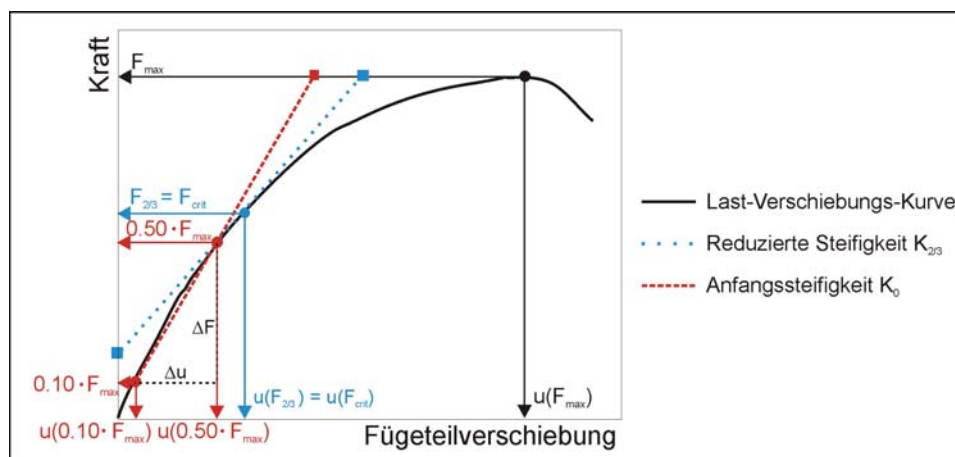


Abb. 2: Auswertung – Bemessungswerte

Strukturverhalten

Das Strukturverhalten der Nietverbindung wird exemplarisch am Beispiel eines Probekörpers dargestellt. Der Verlauf der Last-Verschiebungs-Kurve ist in den ersten beiden Bereichen in Abb. 3a scheinbar quasi-linear. Mit steigender Belastung nimmt die Nicht-Linearität des Kurvenverlaufs bis zum Erreichen der Maximallast stetig zu.

Das Strukturverhalten wird in der Darstellung der ersten Ableitung der Last-Verschiebungs-Kurve über der Versuchslast besonders deutlich (Abb. 3b). Da die Messwerte nicht stetig differenzierbar sind, werden die experimentellen Daten durch ein Polynom approximiert. Die starke Abnahme der Steifigkeit zu Beginn ist auf den Abbau der Haftreibung aus der Nietvorspannung zurückzuführen. Danach wird die Last primär über Lochleibung abgetragen und die Steifigkeit bleibt nahezu konstant. Bei weiter anwachsender Belastung treten Schädigungen im Laminat auf und die Steifigkeit nimmt, bedingt durch den Schädigungsfortschritt, bis zum vollständigen Versagen ab.

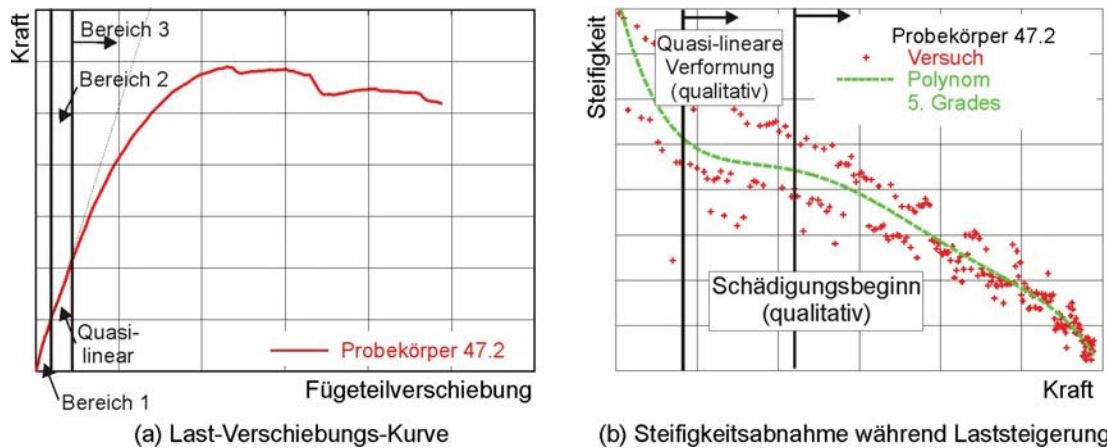


Abb. 3: Strukturverhalten einer einschnittigen CFK-Nietverbindung

Einfluss der Dicke der Shim-Schicht

Die Dicke der Shim-Schicht hat einen deutlichen Einfluss auf das Strukturverhalten der Verbindung. Die Anfangssteifigkeit K_0 sowie die reduzierte Steifigkeit $K_{2/3}$ nehmen bei anwachsender Dicke der Shim-Schicht ab (Abb. 4a). Im Gegensatz dazu ist dieser Trend weder für die Maximallast der Verbindung F_{max} noch für die Bemessungslast $F_{2/3}$ erkennbar, die beide nahezu unverändert bleiben (Abb. 4b).

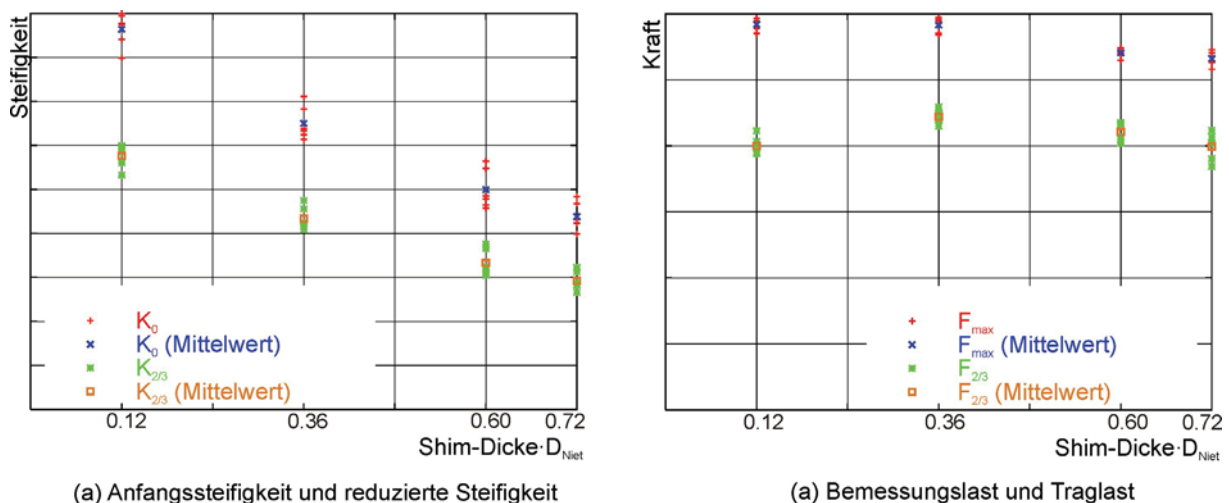


Abb. 4: Einfluss der Dicke der Shim-Schicht im Versuch

Finite-Elemente-Modell

Durch die Einrichtung eines virtuellen Versuchsstandes kann das Strukturverhalten der CFK-Nietverbindung für beliebige Konfigurationen sowie der Einfluss der Dicke der Shim-Schicht mit erheblich reduziertem Testaufwand untersucht werden. Zu diesem Zweck wird der Probekörper sowie der Versuchsaufbau in einem Finite-Elemente-Modell des kommerziellen Softwarepaketes Abaqus abgebildet (Abb. 5.). Bei der Modellierung wird das Lochspiel des Niets vernachlässigt. Um anfängliche Starrkörperrotationen zu vermeiden werden weiche Federn am Schraubenkopf sowie an der linken Seite des oberen Laminates eingebracht [7].

Zur Berücksichtigung der auftretenden dreidimensionalen Spannungszustände werden Kontinuums-Elemente C3D8I verwendet. Diesen wird ein transversal-isotropes Material zugewiesen, so dass in Dickenrichtung jede unidirektionale Einzelschicht mit einem Element diskretisiert wird und die lokalen Spannungen schichtweise ausgegeben werden können.

Zwischen den einzelnen Komponenten der Verbindung wird Kontakt definiert. Durch die Wahl einer geeigneten Kontaktformulierung werden die auftretenden großen Rotationen der Einzelkomponenten im numerischen Modell zugelassen. Die Reibung zwischen den Komponenten besitzt einen großen Einfluss, wird aber im Rahmen dieser Publikation vernachlässigt, um eine untere Grenze der Traglast zu ermitteln.

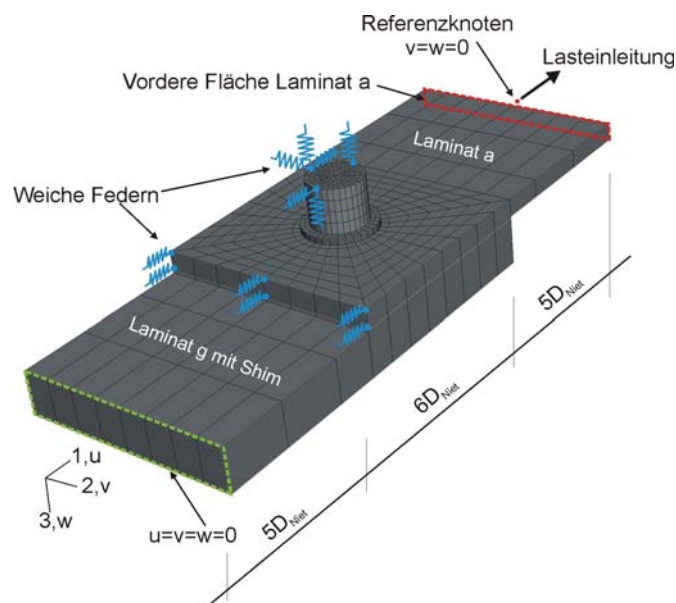


Abb. 5: Finite-Elemente-Modell mit Randbedingungen

Berücksichtigung der Schädigung durch konstante Degradation

Werden die zulässigen Spannungen in einer unidirektionalen Einzelschicht überschritten, so wird dies mit Hilfe eines Versagenskriteriums detektiert. Das Versagen der ersten Einzelschicht wird als „First-Ply-Failure“ bezeichnet. Bei anwachsender Belastung kommt es zur Lastumlagerung und das Laminat ist häufig in der Lage, wesentlich höhere Lasten aufzunehmen, bevor das endgültige Versagen des Laminats („Last-Ply-Failure“) eintritt. Das Verhalten der Einzelschichten nach Überschreitung der zulässigen Spannungen wird durch ein Degradationsmodell abgebildet. Zur Ermittlung der maximalen Traglast der Verbindung und zur Untersuchung des Einflusses der Shim-Schicht wird in Anlehnung an MCCARTHY ET. AL. [7] zunächst das dreidimensionale Versagenskriterium nach HASHIN in Kombination mit einem konstanten Degradationsmodell verwendet und in der Abaqus-User-Subroutine USDFLD implementiert.

Versagenskriterium nach HASHIN

In Abhängigkeit der Belastung werden durch das Versagenskriterium nach HASHIN [5] vier Versagensmodi unterschieden:

Matrix-Zug-Versagen: $\sigma_2 + \sigma_3 > 0$

$$\frac{1}{R_{\perp}^t{}^2}(\sigma_2 + \sigma_3)^2 + \frac{1}{R_{\perp}^2}(\tau_{23}^2 - \sigma_2\sigma_3) + \frac{1}{R_{\perp\parallel}^2}(\tau_{21}^2 + \tau_{31}^2) = 1 \quad (3)$$

Matrix-Druck-Versagen: $\sigma_2 + \sigma_3 < 0$

$$\frac{1}{R_{\perp}^c} \left[\left(\frac{R_{\perp}^c}{2R_{\perp\perp}} \right)^2 - 1 \right] (\sigma_2 + \sigma_3) + \frac{1}{4R_{\perp\perp}^2} (\sigma_2 + \sigma_3)^2 + \frac{1}{R_{\perp}^2} (\tau_{23}^2 - \sigma_2\sigma_3) + \frac{1}{R_{\perp\parallel}^2} (\tau_{21}^2 + \tau_{31}^2) = 1 \quad (4)$$

Faser-Zug-Versagen: $\sigma_1 > 0$

$$\left(\frac{\sigma_1}{R_{\parallel}^t} \right)^2 + \frac{1}{R_{\perp\parallel}^2} (\tau_{21}^2 + \tau_{31}^2) = 1 \quad (5)$$

Faser-Druck-Versagen: $\sigma_1 < 0$

$$\left(\frac{\sigma_1}{R_{\parallel}^c} \right)^2 = 1 \quad (6)$$

Dabei geben σ_i und τ_{ij} die Komponenten des Cauchy-Spannungs-Tensors und R die Materialfestigkeiten für Zug (t), Druck (c) und Schub an.

Konstantes Degradationsmodell

Detektiert das Versagenskriterium eine Schädigung, so werden im Rahmen der Kontinuums-Schädigungs-Mechanik die zugehörigen Einträge der Steifigkeitsmatrix Q_{ij} mittels des Schädigungsparameters Ψ_n reduziert:

$$\sigma_i = \Psi_n Q_{ij} \varepsilon_j \quad \text{mit } 0 \leq \Psi_n \leq 1 \quad (7)$$

Bei der konstanten Degradation werden die Steifigkeiten nicht allmählich, sondern sofort mit dem Eintreten der Schädigung reduziert. Aus Gründen der numerischen Stabilität wird häufig eine Reststeifigkeit von 10 Prozent verwendet.

Implementierung in Abaqus

Die Versagensmodi nach HASHINs Versagenskriterium werden in die Abaqus-User-Subroutine USDFLD implementiert. Jedem Versagensmodus wird durch Feld-Variablen ein Materialparametersatz zugeordnet, der die reduzierten Materialparameter enthält. Diese sind in der Materialdefinition der Eingabedatei wiederzufinden. Nach dem ein Versagensmodus angesprochen wurde, werden die Materialkennwerte entsprechend der Codierung in der Materialdefinition der Eingabedatei abgemindert.

Strukturverhalten

Die in der Simulation berücksichtigte Schädigungsevolution führt zu einem nicht-linearen Verlauf der Last-Verschiebungs-Kurve (Abb. 6a). Während im Versuch die Haftreibung aus der Nietvorspannung abgebaut wird und die Steifigkeit dadurch abnimmt, wird in der Simulation im Rahmen dieser Publikation die Reibung vernachlässigt, wodurch die angreifende Kraft von Belastungsbeginn an über Lochleibung übertragen wird und die Steifigkeit mit zunehmender Kontaktfläche zunimmt (Abb. 6b). Bei der Lastübertragung durch Lochleibung ist der Steifigkeitsverlauf in beiden Kurven linear und nimmt mit zunehmender Belastung leicht ab. Bei weiter anwachsender Belastung wird die Struktur geschädigt, der Kurvenverlauf wird nicht-linear und die Steifigkeit nimmt ab. Der Kurvenverlauf der numerischen Simulation nimmt dabei stärker ab als die Versuchskurve, wodurch auch der Unterschied in der maximalen Traglast zu erklären ist (Abb. 6a). Ursache ist sowohl das

konservative Versagenskriterium nach HASHIN als auch das konstante Degradationsmodell, das durch die sofortige Reduktion der Materialparameter konservative Ergebnisse liefert.

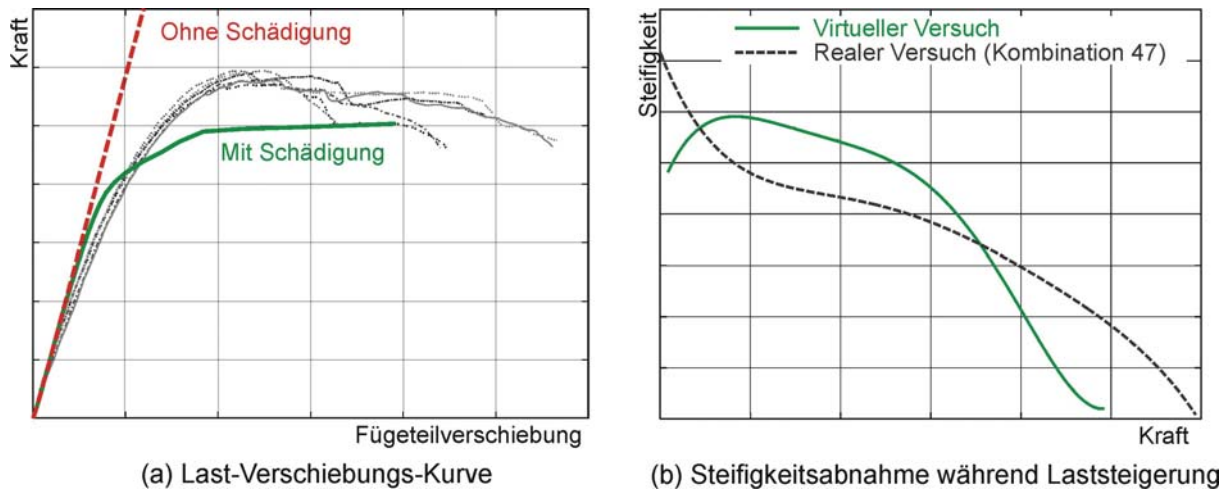


Abb. 6: Gegenüberstellung von virtuellem und realem Versuch – Konstante Degradation

Im Versuch versagt das Laminat zunächst durch das Überschreiten der zulässigen Lochleibungsspannungen hinter dem Schraubenschaft (laminat bearing failure) (Abb. 7). Danach folgt ein Aufreißen des oberen Laminates, was auf ein Versagen der Fasern unter Zug zurückzuführen ist (laminat net section tension failure) [4]. Im virtuellen Versuch treten beide Versagensarten in gleicher Reihenfolge auf und werden gut abgebildet. Da das Finite-Elemente-Modell eine Idealisierung der Realität darstellt, also weder Lastimperfektionen noch Fertigungsungenauigkeiten enthält, ist der Schädigungsverlauf im oberen Laminat, anders als im realen Versuch, symmetrisch (vgl. die roten Linien in Abb. 7a und b).

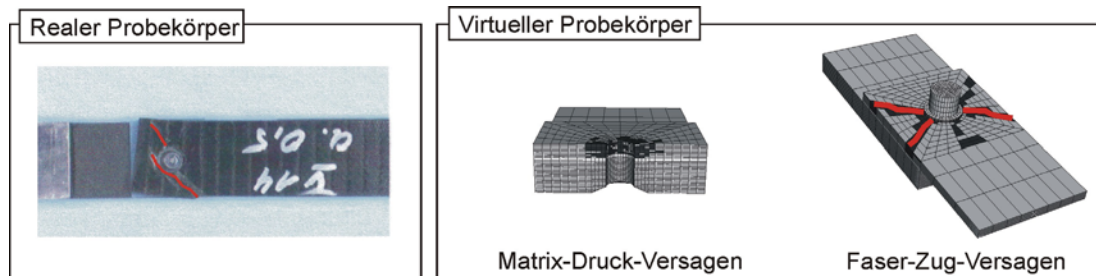


Abb. 7: Gegenüberstellung von virtuellem und realem Versuch – Versagensarten

Einfluss der Dicke der Shim-Schicht

Im numerischen Modell wird der Einfluss der Shim-Schichtdicke ebenfalls untersucht. Die verwendeten Schichtdicken sind das Ergebnis der probabilistischen Analyse in [2]. Der virtuelle Versuchsstand zeigt einen identischen Einfluss der Shim-Schicht wie der Versuch, die Steifigkeit der Verbindung nimmt mit zunehmender Dicke ab (Abb. 8a). In Bezug auf die Festigkeit ist dieser Trend, ebenso wie im Versuch, sowohl für die Traglast F_{max} als auch für die Bemessungslast $F_{2/3}$ nicht ersichtlich (Abb. 8b). Die Bemessungslast $F_{2/3}$ bleibt nahezu unverändert.

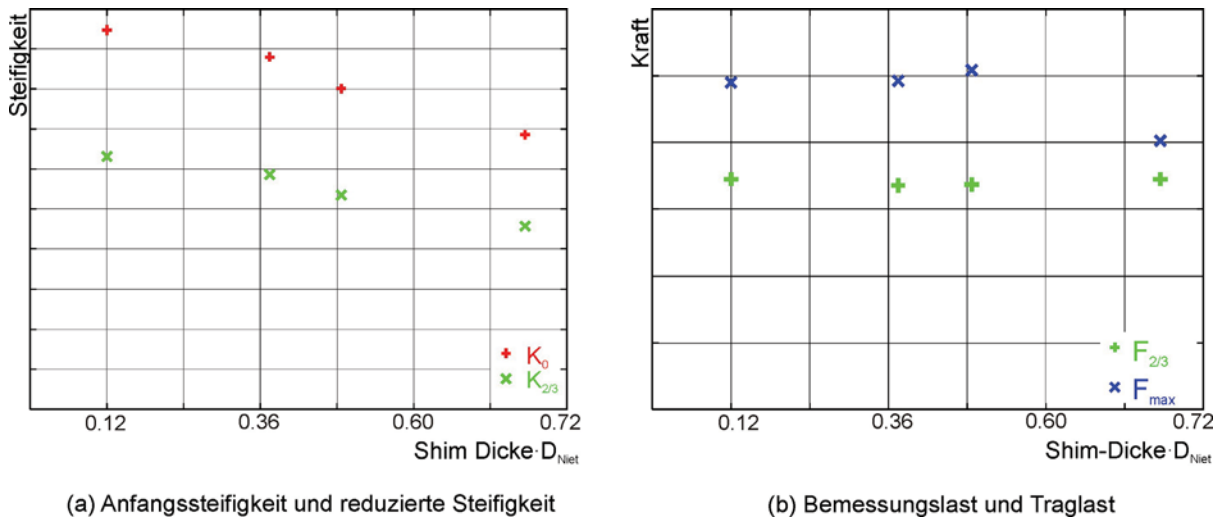


Abb. 8: Einfluss der Dicke der Shim-Schicht im virtuellen Versuch

Berücksichtigung der Schädigung durch kontinuierliche Degradation

Der Vergleich unterschiedlicher Versagenskriterien und Degradationsmodelle auf das Strukturverhalten einer Scheibe mit Ausschnitt in [3] und [10] zeigt, dass das Versagenskriterium nach HASHIN unter großer Schubspannung konservative Ergebnisse liefert. Weniger konservative Ergebnisse liefert das Einfache Parabolische Kriterium (EPK) für die Schädigungsinitiierung. Nach [8] wird die Schädigungsevolution durch ein kontinuierliches Degradationsmodell besser abgebildet. Um die Traglast wie auch das Strukturverhalten realistischer durch das numerische Modell abzubilden, wird nachfolgend das EPK in Kombination mit einem kontinuierlichen Degradationsmodell realisiert.

Einfaches Parabolisches Kriterium (EPK)

Im Rahmen physikalisch begründeter Versagenskriterien unterscheidet man Faserbruch und Zwischenfaserbruch. Die Bedingungen für den Faserbruch werden hier aus dem HASHIN-Kriterium übernommen. Der Zwischenfaserbruch ist ein Versagen parallel zur Faserrichtung, für dessen Berechnung die MOHR'sche Spannungshypothese ausgewertet wird. Über eine Transformation der Spannungen auf die Bruchebene und die Variation des Bruchwinkels θ wird die Ebene mit der maximalen Beanspruchung über folgende Gleichungen berechnet:

$$\sqrt{(1-p)^2 \left(\frac{\sigma_N}{R_N^t}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{NT}}{R_{NT}^t}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{NL}}{R_{NL}^t}\right)^2} + p \frac{\sigma_N}{R_N^t} = 1 \quad \text{für } \sigma_N \geq 0 \tag{8}$$

und

$$\sqrt{p^2 \left(\frac{\sigma_N}{R_N^t}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{NT}}{R_{NT}^t}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{NL}}{R_{NL}^t}\right)^2} + p \frac{\sigma_N}{R_N^t} = 1 \quad \text{für } \sigma_N \leq 0 \tag{9}$$

mit der angepassten Festigkeit

$$R_{NT} = \frac{R_N^c}{1 + \sqrt{1 + 2p \frac{R_N^c}{R_N^t}}} \tag{10}$$

Die Festigkeiten der Bruchebene werden wie folgt aus den Festigkeiten der unidirektionalen Einzelschicht ermittelt:

$$R_N^t = R_{\perp}^t, \quad R_N^c = R_{\perp}^c, \quad R_{NL} = R_{\perp\parallel} \tag{11}$$

Über die Definition des Steigungsparameter

$$0 < p < \frac{1}{2} \left(1 - \left(\frac{R'_N}{R_{NT}} \right)^2 \right) \tag{12}$$

stellt das EPK eine Stabilisierung und Vereinfachung des Parabolischen Kriteriums nach PUCK dar.

Kontinuierliches Degradationsmodell

Physikalisch wird beim Versagen die experimentell bestimmbare, materialspezifische Energie G_f dissipiert. Diese Bruchenergie G_f ist in Abb. 9 als Fläche unter der äquivalenten Last-Verschiebungskurve bei Annahme einer linearen Degradation dargestellt. Ein realistischer Wert der unidirektionalen Einzelschicht für G_f wird aus [6] entnommen.

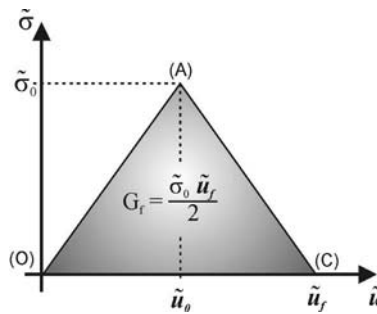


Abb. 9: Lineares Degradationsmodell – Äquivalente Spannungen und Verschiebungen

Nach der Schädigungsinitiierung im Punkt $(\tilde{u}_0, \tilde{\sigma}_0)$ beginnt die Schädigungsevolution bis die Verschiebung \tilde{u}_f erreicht wird, und das Material vollständig geschädigt ist. Die Verschiebung \tilde{u}_f berechnet sich aus der Bruchenergie G_f und der maximalen Spannung $\tilde{\sigma}_0$.

$$G_f = \frac{\tilde{u}_f \tilde{\sigma}_0}{2} \Leftrightarrow \tilde{u}_f = \frac{2G_f}{\tilde{\sigma}_0} \tag{13}$$

Der Schädigungsparameter berechnet sich wie folgt:

$$\psi(\tilde{u}) = 1 - \frac{\tilde{u} - \tilde{u}_0}{\tilde{u}_f - \tilde{u}_0} \tag{14}$$

Implementierung in Abaqus

Die Abaqus-User-Subroutine USDFLD sieht vor, dass eine vordefinierte Liste von Materialparametern in der Eingabedatei vorhanden ist. Die Degradation der Materialparameter in Abhängigkeit einer Funktion ist bei Verwendung der USDFLD daher nicht möglich. In der Eingabedatei wird die Abminderung der Materialparameter entsprechend der in die USDFLD implementierten Versagensmodi, wie beschrieben, über Feld-Variablen kodiert. Die lineare Degradation wird, wie in Abb. 10, durch bereichsweise konstante Bereiche approximiert. Die Materialdatensätze werden vor der Berechnung automatisch generiert. Die Materialparameter werden solange degradiert, bis eine vorab definierte Grenzsteifigkeit erreicht ist.

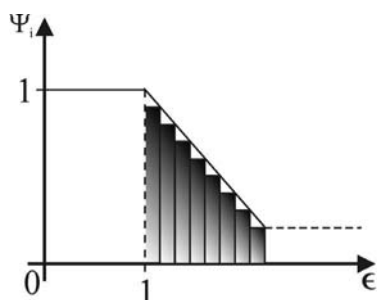


Abb. 10: Approximation der kontinuierlichen Degradation

Strukturverhalten

Ein Vergleich der Ergebnisse aus Versuch und Simulation in Abb. 11a zeigt eine gute und damit deutlich bessere Übereinstimmung als zuvor (Abb. 6a), insbesondere für die zulässige Traglast $F_{2/3}$ mit einer Abweichung kleiner als 2 Prozent. Die Steifigkeitsverläufe in Abb. 11b zeigen ebenfalls eine gute Übereinstimmung von Versuch und Simulation. Auf Grund der Reststeifigkeit, welche die Materialpunkte aus Gründen der numerischen Stabilität besitzen, wird die zur Maximallast gehörige Verschiebung in der Simulation geringfügig unterschätzt.

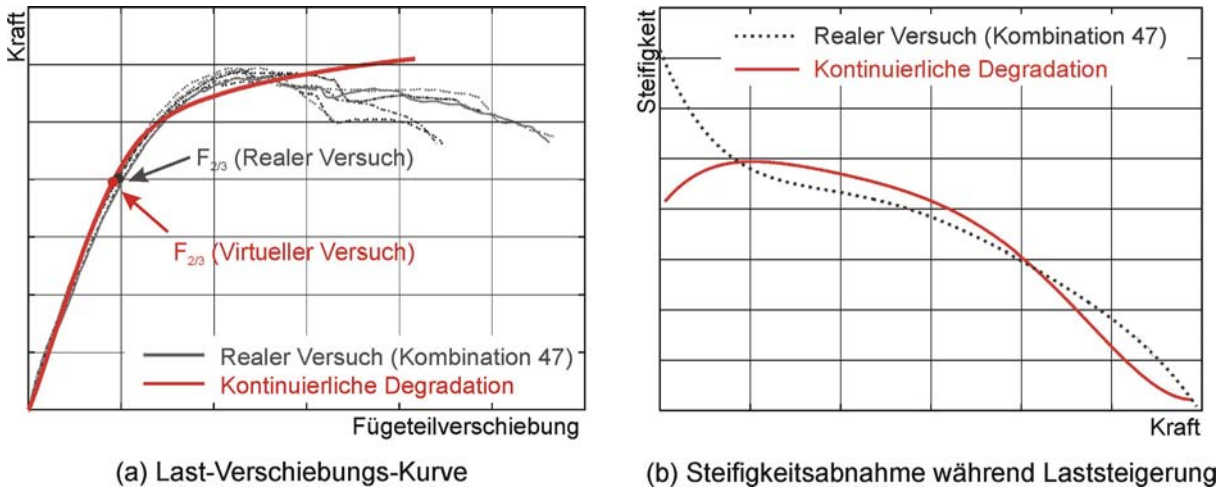


Abb. 11: Gegenüberstellung von virtuellem und realem Versuch – Kontinuierliche Degradation

Zusammenfassung

Der Einfluss der Shim-Schicht auf das Tragverhalten einer einschnittigen Nietverbindung von Faserverbundstrukturen wird mittels eines virtuellen Versuchsstandes untersucht. Dabei ist das stark nicht-lineare Tragverhalten zu berücksichtigen, das auf einen Steifigkeitsverlust aufgrund von Schädigung zurückzuführen ist. Im numerischen Modell wird die Schädigungsinitiierung durch ein Versagenskriterium detektiert, während die Schädigungsevolution durch Degradationsmodelle abgebildet wird.

Das zunächst untersuchte Schädigungsmodell besteht aus dem dreidimensionalen Versagenskriterium nach HASHIN und einem konstanten Degradationsmodell. Wie im Versuch führt die Zunahme der Shim-Schichtdicke zu einer Abnahme der Steifigkeit der Verbindung, wohingegen die zulässige Traglast nahezu konstant bleibt. Allerdings wird bei Simulationen mit diesem Schädigungsmodell die Bemessungslast der Verbindung unterschätzt, so dass eine sichere, aber konservative Bemessung möglich ist.

Das verbesserte Schädigungsmodell verwendet das Einfache Parabolische Kriterium in Kombination mit einem kontinuierlichen Degradationsmodell. Die im Versuch ermittelte Last-Verschiebungs-Kurve kann sehr gut nachgefahren werden. Auch die im virtuellen Versuch ermittelte zulässige Traglast sowie die zugehörige Steifigkeit und Verschiebung zeigen eine sehr gute Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen.

Bei der vorgestellten Umsetzung des kontinuierlichen Degradationsmodells in die USDFLD handelt es sich um einen ingenieurmäßige Approximation. Daher wird ein kontinuumsmechanisch konsistentes Materialmodell mit kontinuierlicher Degradation entwickelt und als User-Material implementiert [9], das in Zukunft auf komplexe Strukturbauteile wie die Nietverbindung angewendet wird.

Literatur

- [1] ABAQUS Documentation, Version 6.6
- [2] Caracciolo, P.; Kuhlmann, G.: Reliability analysis in bolted composite joints with shimming material. 25th International congress of the aeronautical sciences. ICAS 2006.
- [3] Dano, M.-L.; Gendron, G.; Picard, A.: Stress and Failure Analysis of Mechanically Fastened Joints in Composite Laminates, *Composite Structures* 50, pp. 287-296, 2000
- [4] Fraunhofer Institute for Manufacturing Technology and Applied Materials Research (IFAM): Projektbericht PB-WP-OK-A303054-001 – Nietprogramm “Flüssigshim”, 02/2005
- [5] Hashin, Z.: Failure criteria for unidirectional fibre composites, *J Appl Mech* 1980;47:329–34
- [6] Hinton, M.J.; Kaddour, A.S.; Soden, P.D.: Failure Criteria in Fibre Reinforced Polymer Composites: The World-Wide Failure Exercise – A Composites Science and Technology Compendium, Elsevier, Oxford, 2004
- [7] McCarthy, C.T.; McCarthy, M.A.; Lawlor, V.P.: Progressive Damage Analysis of Multi-Bolt Composite Joints with Variable Bolt-Hole Clearances, *Composites Part B* 36, pp. 290-305, 2005
- [8] Puck, A.: Festigkeitsanalyse von Faser-Matrix-Laminaten – Modelle für die Praxis, Carl Hanser Verlag, München, Wien, 1996
- [9] Rolfes, R., Ernst, G., Vogler, M. und Hühne, C., 2007. Material and failure models for textile composites. In: P. P. Camanho, C. G. D’ávila, S. T. Pinho und J. Remmers (Eds.), *Mechanical response of composites* (submitted). Springer.
- [10] Steenbock, C.: Vergleich von Versagenskriterien und Untersuchung von progressivem Schädigungsverhalten bei Faserverbundstrukturen, Masterarbeit, Institut für Statik und Dynamik, Leibniz Universität Hannover, 2006.

Hauptautor

Dr.-Ing. Christian Hühne
 Abteilungsleiter Verbunde
 Institut für Statik und Dynamik
 Leibniz Universität Hannover
 30163 Hannover
 Tel. +49-511-762-8063
 c.huehne@isd.uni-hannover.de

Effektives Produktdesign mit Hilfe von Simulationen

Zuverlässige Interaktion zwischen CAD und Multiphysiksimulationen

F. Zhu, H.-W. Mindt, W. Ottow und M. Megahed
ESI Group

Eines der größten Probleme des simulationsbasierten Produktdesigns ist der Flaschenhals der beim Transfer von CAD-Daten aus der Design- und Konstruktionsabteilung zur Simulationsabteilung auftritt.

Im Rahmen von CFD-Simulationen ist dieser Flaschenhals eng mit der Forderung traditioneller Gittergeneratoren nach s.g. wasserdichten CAD-Modellen verbunden. Die Außenflächen einer Geometrie müssen durch ein geschlossenes Oberflächengitter repräsentiert werden können. Volumengitter werden anschließend von dem Oberflächengitter ausgehend ins Volumeninnere generiert (boundary to interior approach). Obwohl die CAE-Gemeinschaft zahlreichen Prozesse und Standards entwickelt hat, den Aufwand für CAD-Import, CAD-Bereinigung und das Aufbauen geschlossener Oberflächen zu verringern, bleibt dieser Prozess der wesentliche Zeit- und Kostenfaktor. Hierdurch werden Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit des simulationsbasierten Designs wesentlich herabgesetzt.

Die vorliegende Veröffentlichung zeigt ein Verfahren zur Generierung von Netzen, bei dem ein Netz aus dem Volumeninneren hin zu den Oberflächen generiert wird (interior to boundary approach). Hierbei werden zunächst die inneren Zellen eines Volumengitter innerhalb des Lösungsgebietes generiert und anschließend mit Hilfe intelligenter Methoden mit den Oberflächen der Geometrie verbunden. Damit ist das Oberflächengitter immer ein Ergebnis der Gittergenerierung und keine Voraussetzung. Ein signifikanter Vorteil ist, dass eine Bereinigung der CAD-Daten nicht mehr erforderlich ist. Damit wird die Zeit für Gittergenerierung um mehrere Größenordnungen verringert und der gesamte simulationsbasierte Entwicklungsprozess auf ein vernünftiges Maß gebracht.

Anhand zweier Anwendungsbeispiele soll die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der hier vorgestellten Technik zur Gittergenerierung dargestellt werden.

Einleitung

Aus numerischer Sicht, um beispielsweise zu einem besseren Konvergenzverhalten einer numerischen Lösung zu gelangen, wird generell empfohlen mit strukturierten, körperangepassten Gittern zu arbeiten. Da jedoch der Zeitaufwand zur Generation strukturierter Gitter für komplexe Geometrien immens wäre, ist es notwendig, automatisiert erzeugbare, unstrukturierte Gitter zu verwenden. Unstrukturierte Gitter bedingen einen erhöhten Bedarf an Speicher und Rechenleistung. Dieser erhöhte Bedarf erscheint aufgrund gestiegener Möglichkeiten heutiger Hardware gerechtfertigt zu sein.

Für die automatische Generierung unstrukturierter Gitter ist es erforderlich, eine geschlossene, wasserdichte Repräsentation der Geometrieoberflächen vorliegen zu haben. Diese Voraussetzung ist jedoch im Prozess der Designfindung oft nicht gegeben. Mehrere tausend Komponenten mögen während einer Produktentwicklung auftreten und zum Transfer zwischen CAD und CAE anstehen. Selbst wenn der Design-Prozess ideal verwaltet wird und der Datenaustausch zwischen den einzelnen CAE-Werkzeugen perfektioniert wird, ist es in der Regel der Fall, dass CAD-Modelle Details enthalten, welche für eine CAE-Analyse irrelevant sind. In solchen Fällen ist daher eine Reduktion solcher Details erforderlich.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen wurde ein neues Verfahren zur CAD-Bereinigung, Oberflächen- und Volumengittergenerierung entwickelt. Die Idee der automatische CAD-Bereinigung und des automatischen Aufbaus wasserdichter Oberflächenrepräsentationen werden im Folgenden dargestellt. Anhand zweier Beispiele soll das neue Verfahren demonstriert werden. Das erste Beispiel befasst sich mit der automatischen Vernetzung eines Fahrzeugs. Das zweite Beispiel zeigt den Prozess der Gittergenerierung für eine vollständig gekoppelte, multiphysikalische Simulation einer Brennstoffzelle.

CAD-Bereinigung & wasserdichte Oberflächenrepresentation

Um den klassischen Weg der CAD-Bereinigung zu vermeiden soll der Prozess der Gittergenerierung umgedreht werden. Statt eines Oberflächengitters als Basis und Grundvoraussetzung soll zunächst ein inneres Volumengitter generiert werden und anschließend mit dem den Rändern der Geometrie verbunden werden.

Ein Schema dieser Vernetzungstechnik ist in Abbildung 1 dargestellt.

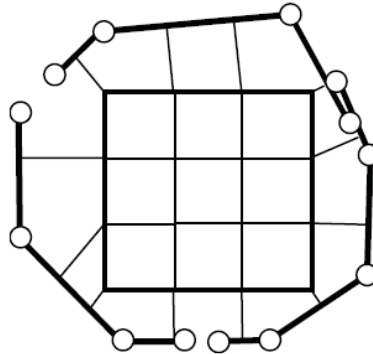


Abb. 1: Schema der Vernetzungstechnik

Zunächst werden kartesische Zellen im Innern generiert und anschließend über Projektion mit den Geometrierändern verknüpft.

Die Geometrieränder in Abbildung 1 habe zwei Sprünge und eine Überlappung. Die Verknüpfung des inneren Gitters zu den Geometrierändern kann zum Beispiel auf Basis des Mindestabstands geschaffen werden.

Die Entscheidung, wie ein Sprung oder eine Lücke behandelt wird, basiert auf der erforderlichen Auflösung. Wenn die Abmessungen einer Gitterzelle größer sind als die einer Störungsstelle, dann wird das endgültige Gitter eine solche Störungsstelle nicht auflösen. Um trotzdem eine Lücke aufzulösen ist es notwendig eine entsprechend kleinere Zellgröße zu verwenden. Der Anwender muss spezifizieren, welche Lücken aufgelöst werden sollen. Aufzulösende Lücken werden dann automatisch mit einem verfeinerten Gitter in diesen Bereichen abgebildet. In den übrigen Bereichen wird die allgemeine Gittergröße durch die Größe der Geometriedetails definiert.

Geometrieüberlappungen, verursacht durch zusätzliche Geometrien außerhalb des Lösungsgebietes, stellen kein Problem für die Gittergenerierung dar. Unendlich dünne Wände innerhalb des Lösungsgebietes können als so genannte „thin walls“ behandelt werden. Dabei werden Volumengitter auf beiden Seiten der dünnen Wand erzeugt. Wände, die nicht aufgelöst werden sollen, können manuell entfernt werden. Große, reale Öffnungen in der Geometrie, innerhalb derer kein Gitter generiert werden soll, können manuell verschlossen werden.

Generierung des Volumengitters

Um das Volumengitter zu generieren ist es notwendig eine maximale und eine minimale Gittergröße zu definieren. Die einzige Bedingung die eine Geometrie-Datensatz erfüllen muss, ist ein physikalisch geschlossenes Lösungsgebiet, abgesehen von Lücken und sonstigen Störungsstellen kleiner als die minimale Gittergröße. Solche Stellen werden automatisch ignoriert. Man beachte, dass diese Anforderung deutlich weniger anspruchsvoll ist als die Anforderung an eine „wasserdichte“ Geometrie wie sie bei den traditionellen Ansätzen verwendet wird.

Wie in Abbildung 1 einfach zu erkennen ist, ist die dargestellte Lücke kleiner als die minimale Zellgröße. Daher ist der dort dargestellte Satz an Linien, trotz der Störungsstellen, eine gültige Geometrie für den vorgestellten Weg der automatischen Gittergenerierung und es wird ein geschlossenes Lösungsgebiet erstellt. Der Anwender muss lediglich definieren, ob das innere oder der äußere Bereich der Geometrie vernetzt werden soll.

Anwendungsbeispiel: Fahrzeugaerodynamik

Die Vernetzung für eine CFD-Berechnung der Außenaerodynamik an einem Fahrzeug, bestehend aus einer Gruppe von 67 Komponenten, soll hier demonstriert werden. Abbildung 2 zeigt die Geometrie.

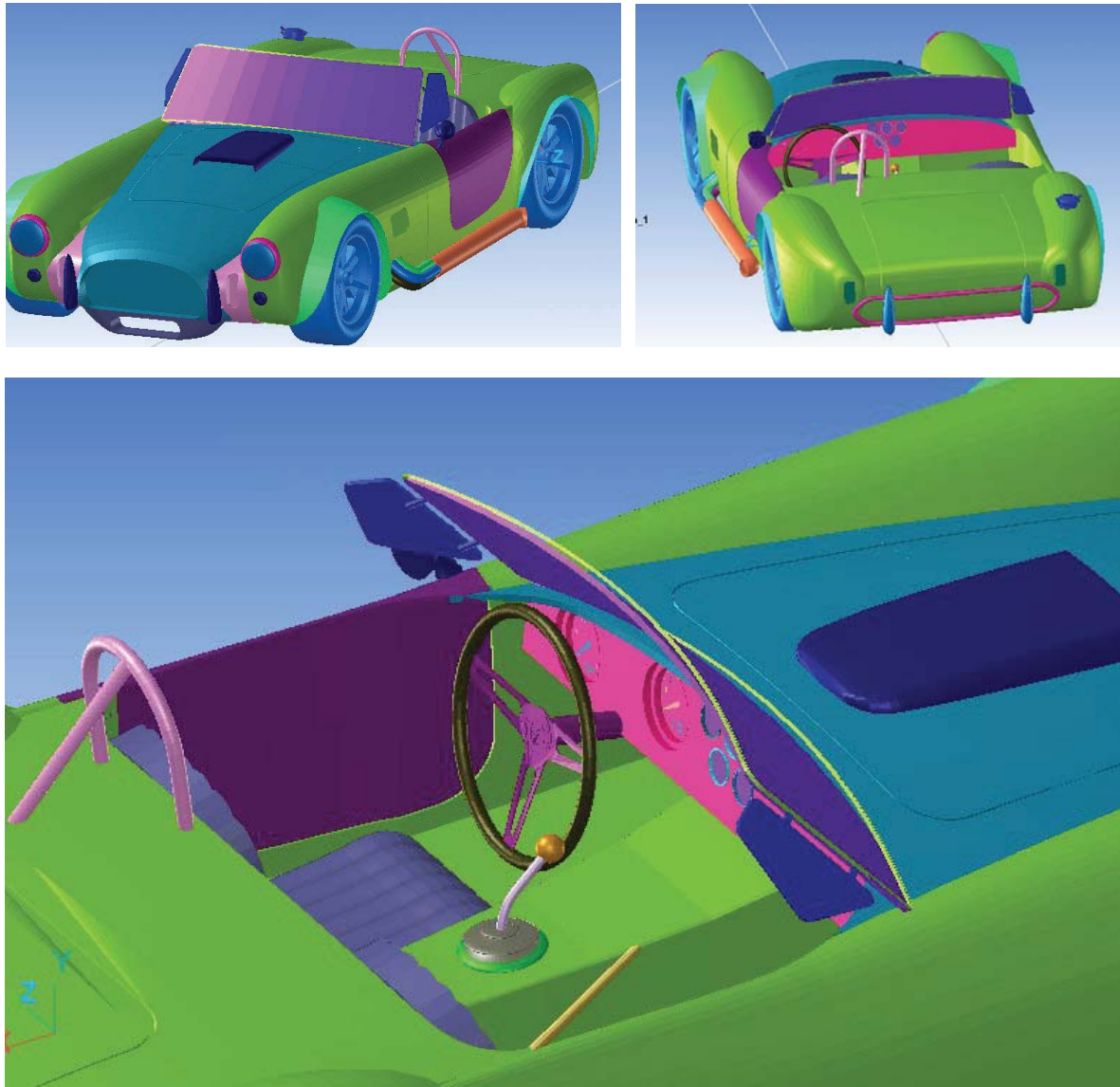


Abb. 2: Baugruppe des Fahrzeugs

Das Lösungsgebiet wird in diesem Beispiel über eine Hälfte des Fahrzeugs gelegt. Symmetrie wird ausgenutzt um die gesamte Gittergröße gering zu halten. Durch das Positionieren eines „domain marker“ wird definiert, dass das Gitter außen um das Fahrzeug generiert werden soll.

Für dieses Beispiel wird die Fahrzeugoberfläche als Quelle einer Zellverfeinerung mit einer maximalen Zellgröße von 10cm definiert. Eine, das Fahrzeug umgebende, Box wird als zusätzliche Quelle definiert. Die maximale Zellgröße innerhalb dieser Box wird mit 50cm definiert. Außerhalb dieser Box wird als maximale Zellgröße 100cm festgelegt. Das erzeugte Gitter besteht mit diesen Parametern aus 4,9 Millionen Zellen. Das Gitter wird innerhalb von 15 Minuten nach dem CAD-Import auf einem 2.0 GHz Intel Centrino Prozessor generiert.

Die Abbildungen 3 bis 7 zeigen die Struktur des Gitters. Abbildung 8 zeigt eine recht komplexes Geometriedetail und das zugehörige Gitter.

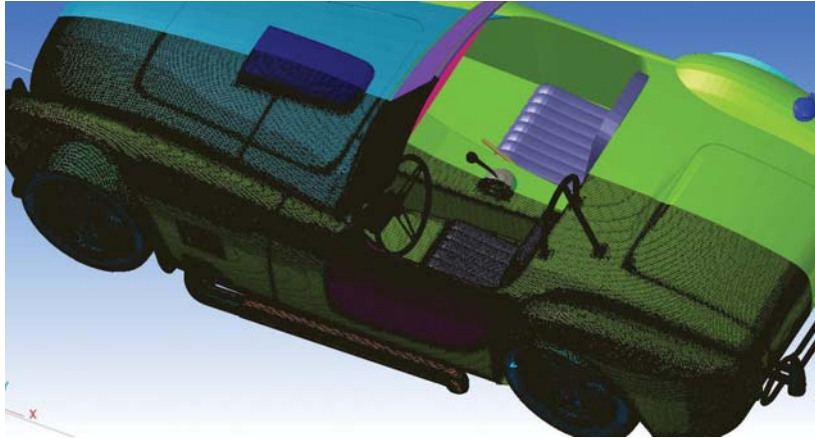


Abb. 3: Gitter für das halbe Fahrzeug

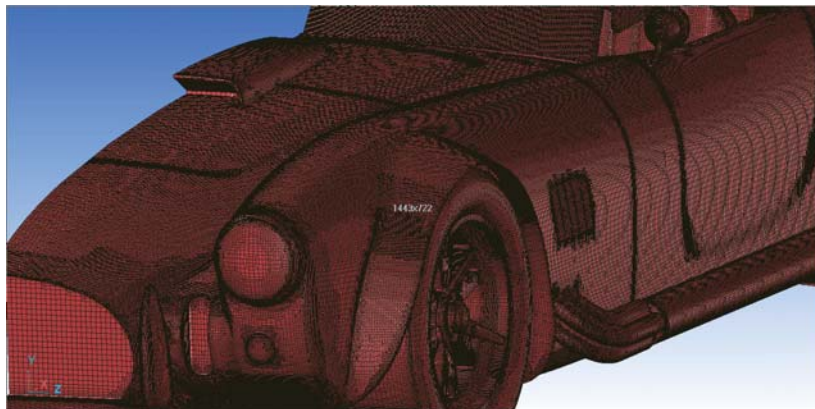


Abb. 4: Gitterstruktur im Frontbereich



Abb. 5: Gitter an einem Rad

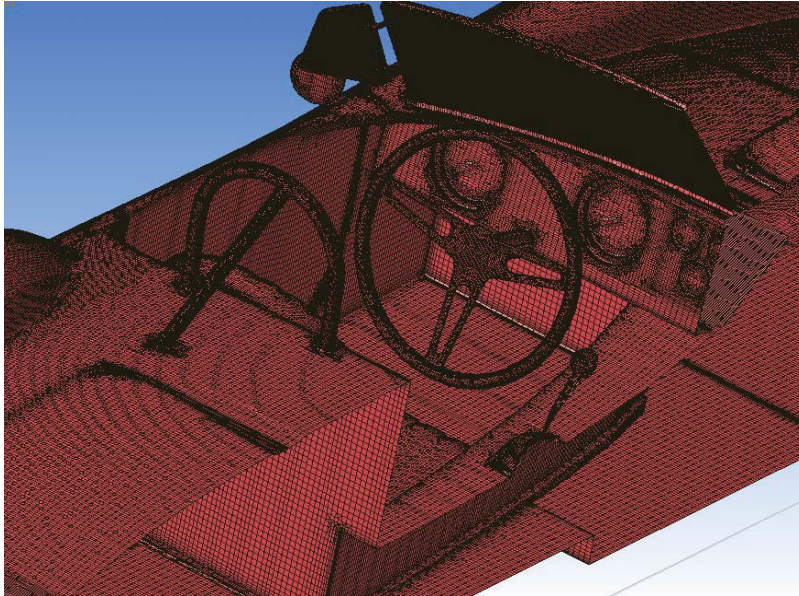


Abb. 6: Gitter im Cockpit

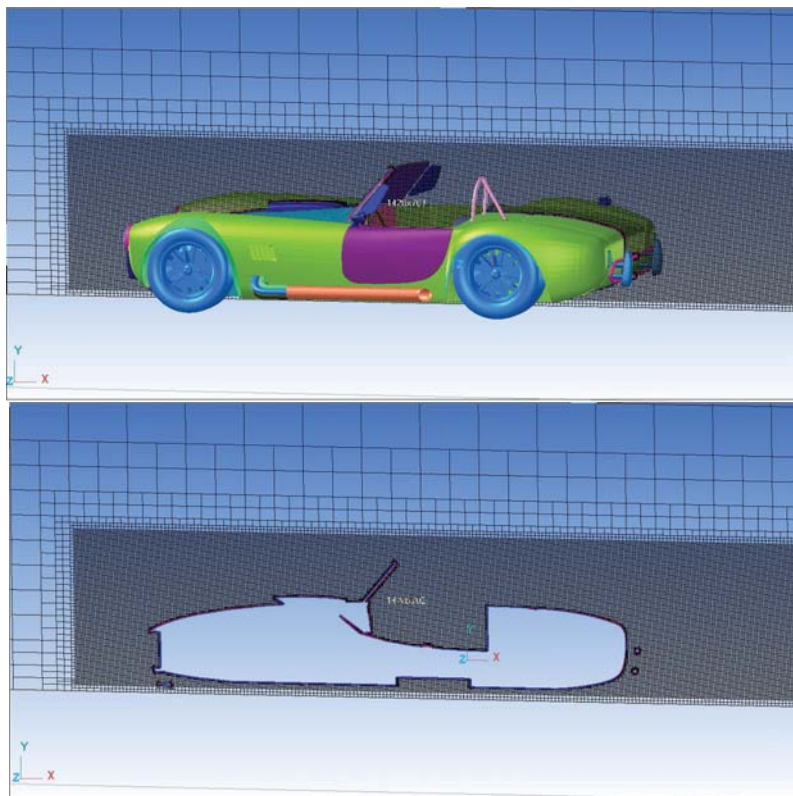


Abb. 7: 2D-Schnitt des Gitters um das Fahrzeug

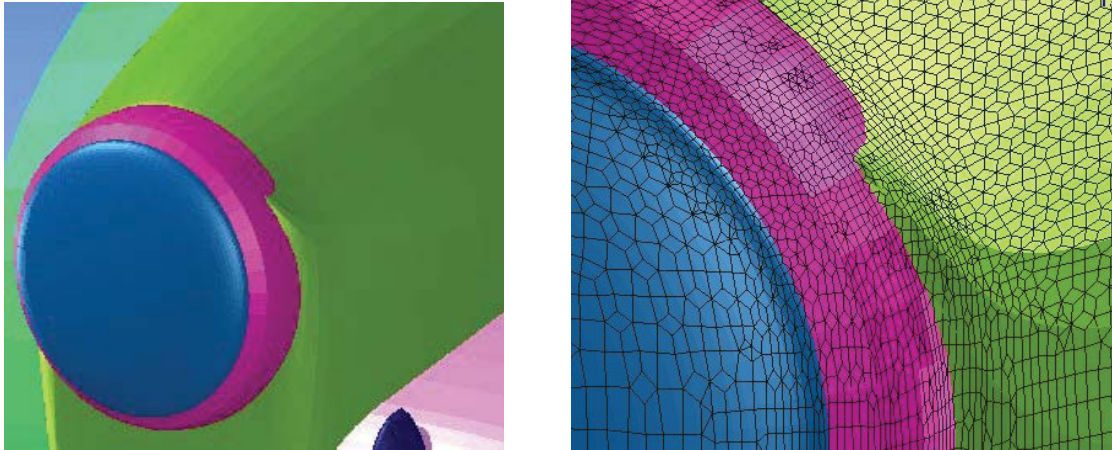


Abb. 8: Geometriedetail und dessen Vernetzung

Erfahrungsgemäß werden für Aerodynamikberechnung von Fahrzeugen 20 bis 30 Millionen Zellen benötigt. Die Genauigkeit bezüglich berechnetem Widerstandsbeiwert c_d und Auftriebsbeiwert c_l liegt für solche Gitter innerhalb von 5%. Die notwendige CPU-Zeit liegt bei 6 bis 8 Stunden.

Anwendungsbeispiel: PEM Brennstoffzelle

Die Geometrie einer Brennstoffzelle ist charakterisiert durch verschiedene Lagen unterschiedlicher Höhe. Der Unterschied in den Dicken der einzelnen Schichten beträgt bis zu drei Zehnerpotenzen. Dies stellt eine besondere Herausforderung sowohl an die Gittergenerierung als auch an den Solver, welcher mit sehr großen Seitenverhältnissen umgehen muss, dar. Das hier dargestellte Beispiel behandelt sowohl die Gestaltung der Strömungsverteilung als auch die Optimierung der Membranen innerhalb einer Mikro-Protonen-Austausch-Membran Brennstoffzelle (PEM – Proton Exchange Membrane). Die Geometrie besteht aus einer Anoden- und einer Kathodenplatte, welche sowohl ein festes Volumen (Elektroden) als auch die Kanäle für den Brennstoff bzw. das Oxidationsmittel enthalten.

Zwischen den Bipolar-Platten werden fünf poröse Schichten modelliert: Anoden-Diffusions-Schicht ($30\mu\text{m}$), Anoden-Katalysator-Schicht ($30\mu\text{m}$), Membran ($180\mu\text{m}$), Anoden-Katalysator-Schicht ($30\mu\text{m}$) und eine weitere Anoden-Diffusions-Schicht ($30\mu\text{m}$).

Die Vernetzung wird in jeder Lage durch Definition eines eigenen „Domain marker“, wie in Abbildung 9 zu erkennen, durchgeführt.

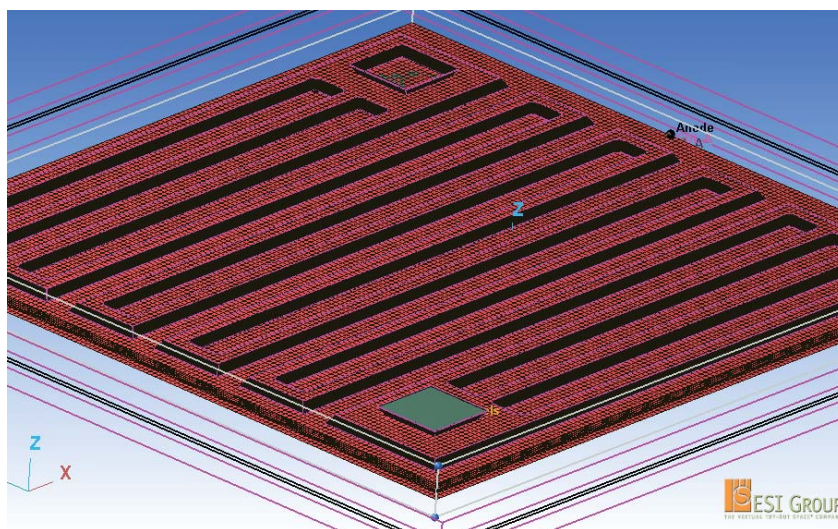


Abb. 9: Kanalgeometrie der Brennstoffzelle und Gitter (Anoden-Platte ist nicht dargestellt)

Das Gitter enthält ca. 1,8 Mio. Zellen und wird innerhalb von 20 CPU-Minuten erstellt. Eine einheitliche Gittergröße von $300 \times 300 \times 100 \mu\text{m}$ wird hierbei definiert. Das Seitenverhältnis der Zellen ist relativ groß, da die geometrischen Abmessungen in z-Richtung deutlich kleiner sind als in die anderen Richtungen.

Die Berechnung beinhaltet die vollständigen 3D-Navier-Stokes-Gleichungen, die Energiegleichung und die Erhaltungsgleichungen für vier Spezies. Die Elektrochemie basiert auf der Butler-Volmer-Kinetik. Der Wassertransport durch die Membran basiert auf dem Springer-Modell.

Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Veröffentlichung ist ein effektiver Mechanismus vorgestellt worden, bei dem die Gittergenerierung mit einem inneren Volumengitter beginnt bevor die Geometrieoberflächen vernetzt werden. Dieser Algorithmus beseitigt die sonst notwendige Forderung nach einem wasserdichten CAD-Modell und reduziert dadurch den Aufwand für das s.g. Pre-Processing drastisch.

Die grundlegenden Regeln und Methoden um Störungsstellen (Löcher, Überlappungen, etc.) automatisch zu reparieren wurden vorgestellt. Anhand zweier Anwendungsbeispiele wurde, mit dem speziellen Fokus auf den Zeitaufwand für die Gittergenerierung, die Praxistauglichkeit überzeugend dargestellt.

Der hier vorgestellte Algorithmus wurde durch Engineering System International (ESI) in die kommerzielle Software CFD-VisCART implementiert.

Bitte per Post oder Fax senden:

Tel.: +49 (0)8092-83550

Fax: +49 (0)8092-83551

e-mail: info@nafems.de

Adresse für Fensterkuvert



NAFEMS Kontakt DACH & Nordic
Schillerstr. 6

D-85567 Grafing
Germany

Rückantwort: NAFEMS Magazin, Ausgabe (3/2007)

Bitte senden Sie mir nähere Informationen zu folgenden Themen:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> NAFEMS Mitgliedschaft | <input type="checkbox"/> NAFEMS World Congress 2009 |
| <input type="checkbox"/> NAFEMS Magazin „Benchmark“ | <input type="checkbox"/> Registered Analyst Zertifizierung |
| <input type="checkbox"/> NAFEMS Seminare | <input type="checkbox"/> EU-Projekte |
| <input type="checkbox"/> NAFEMS Trainingskurse | <input type="checkbox"/> Internationale Arbeitsgruppen |

Bitte nehmen Sie mich in Ihren Verteiler auf.

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

Ich möchte folgendes zum NAFEMS Magazin anregen:

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

Absender

Firma: _____

Abt.: _____

Titel, Vor-/Nachname: _____

Straße: _____

PLZ-Ort: _____

Tel.: _____

Fax: _____

e-mail: _____

Bitte senden Sie das NAFEMS Magazin auch an:

Firma: _____

Abt.: _____

Titel, Vor-/Nachname: _____

Straße: _____

PLZ-Ort: _____

Tel.: _____

Fax: _____

e-mail: _____