



Mit Stellenmarkt

# NAFEMS

## MAGAZIN

*Zeitschrift für numerische Simulationsmethoden und angrenzende Gebiete*

**FEM – CFD – MKS – VR / VIS – PROZESS – PDM**

### Fachbeiträge:

#### Simulation Data Management (SDM)

**CAE-Prozess- und Datenmanagement bei Audi**  
K. Gruber, J. Reicheneder, S. Bauer, M. Keul (AUDI AG)

**RCE – Remote Component Environment**  
O. Krämer-Fuhrmann, J. Klein (Fraunhofer Institut SCAI)

**Der optimierte Gebrauch multipler Simulationsprogramme im Produktentwicklungsprozess durch ICROS (Intelligent Cross-linked Simulations)**  
R. Hackenschmidt, A. Troll, F. Rieg (Universität Bayreuth);  
B. Dolsak (Universität Maribor)

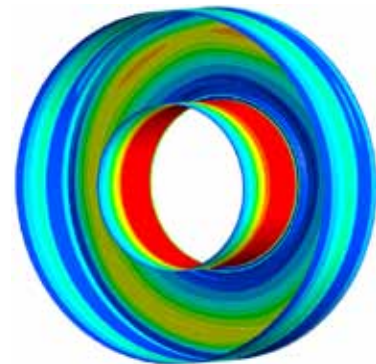


Grafisches Interface von CAE-Bench, Bild: Audi AG

#### Computational Fluid Dynamics (CFD)

**Numerische Simulation von Gleitringdichtungen**  
A. Laxander (Burgmann Industries GmbH & Co. KG);  
U. Salecker (Berlin Software GmbH)

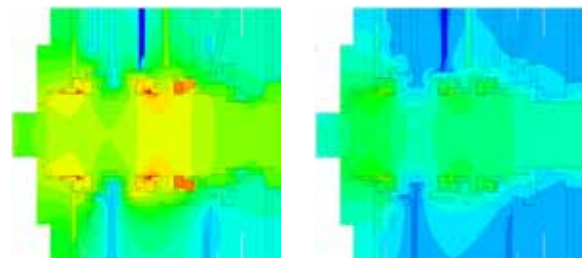
**Simulation der Temperatur im und am Reibkontakt**  
A. Daubner, W. Haas (Universität Stuttgart)



Lokale Wärmeübergangskoeffizienten, Bild: Universität Stuttgart

#### High Performance Computing (HPC)

**Wieviel HPC braucht der CAE User?**  
M. Markoutsakis (IBM Deutschland GmbH)



Temperaturverteilung im Prüfstand für die Prozessgase Luft (links) und Helium (rechts), Bild: Berlin Software GmbH

|                       |  |                      |
|-----------------------|--|----------------------|
| <b>Trainingskurse</b> | • Basic 1 FEM: Praxisorientierte Strukturmechanik / Festigkeitslehre | 24. - 25. März 2010  |
|                       | • Basic 2 FEM: Praxisorientierte Grundlagen für FEM-Berechnungen     | 05. - 06. Mai 2010   |
| <b>Seminar</b>        | • Simulation von Verbindungen in Strukturen                          | 28. - 29. April 2010 |
|                       | • Thermalmanagement mit CFD-Simulationen                             | n.n. April 2010      |



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

Sehr geehrte Leserin,  
sehr geehrter Leser,

Hochleistungsrechnen (high performance computing) hat in den vergangenen Jahren eine rasante Entwicklung erlebt. Der Zuwachs an Rechnerleistung ist insbesondere auf eine verstärkte Parallelisierung zurückzuführen, aber auch die Verwendung schnellerer Prozessoren, Verbesserungen in den Speichermedien und der Architektur sowie die Entwicklung abgestimmter Anwendersoftware haben ihre Beiträge geleistet. Eine Liste von Hochleistungsrechnern, gemeinsam von den Universitäten Mannheim und Tennessee sowie dem National Energy Research Scientific Computing Center in Berkeley aufgestellt, regelmäßig aktualisiert und unter [www.top500.org](http://www.top500.org) ins Internet gestellt, zeigt auf, dass heute schon Spitzenleistungen im Bereich von Peta(=10<sup>15</sup>)-FLOPS erreicht werden. Angekündigt sind sogar Rechner mit einer zehnfach höheren Leistung. Das Streben nach immer höherer Rechnerleistung hat einen eigenen Entwicklungszweig entstehen lassen. Der Beitrag von M. Markoutsakis in diesem Heft diskutiert die Frage, wie viel Hochleistungsrechnen für die praktische Anwendung im rechnergestützten Engineering benötigt wird. Er weist nach, dass massive Parallelisierung vorteilhaft ist und mahnt die Anpassung der Anwendersoftware an.

Bei aller Euphorie über die gesteigerte Leistungsfähigkeit der Computersysteme und die damit geschaffenen Möglichkeiten sollte man immer bedenken, dass es sich um Werkzeuge handelt, die nur dann Sinn machen, wenn sie für eine Anwendung mit Erkenntnisgewinn eingesetzt werden. Es besteht die Tendenz, in den Simulationen immer mehr Einzelheiten zu berücksichtigen. Das schließt auch die Kopplung unterschiedlicher physikalischer Probleme sowie die Behandlung stochastischer Phänomene ein. Bei allem Bestreben, der Realität näher zu kommen, sollte jedoch nicht vergessen werden, dass in jedem Fall Modelle berechnet werden. Das gilt selbst dann, wenn man mit der Modellfeinheit in den atomaren Bereich vorstößt und die Moleküldynamik oder sogar die Quantenmechanik berücksichtigt. Modelle werden entwickelt, um bestimmte Aspekte der Realität möglichst gut zu beschreiben. Sie sind nicht richtig oder falsch, sondern nur gut oder weniger gut geeignet.

Mit diesem Hinweis wünsche ich Ihnen beim Lesen im vorliegenden Heft viele neue Erkenntnisse und Anregungen für eine sachgerechte Modellierung und einen erfolgreichen Einsatz der numerischen Simulation zur Lösung Ihrer Probleme.

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.simulia.com/de](http://www.simulia.com/de)



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



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



Leading MBS Technology  
for Technology Leaders

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

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

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

### Mitglieder des deutschen NAFEMS Steering Committees

Dr.-Ing. W. Dirschmid (Consultant), Chairman  
 Dr.-Ing. Y. Deger (Hochschule Rapperswil)  
 Dr.-Ing. A. Gill (Ansys Germany GmbH)  
 Dr.-Ing. R. Helfrich (Intes GmbH)  
 Dipl.-Ing. G. Müller (Siemens AG)  
 Dr.-Ing. G. Müller (CADFEM GmbH)  
 Dipl.-Ing. Felix A. Muggli (Sulzer Innotec)  
 Dipl.-Ing. F. J. H. Peeters (Abaqus Europe BV)  
 Dipl.-Ing. A. Pfaff (MSC Software GmbH)  
 Prof. Dr.-Ing. K. Rohwer (DLR)  
 Dr. A. Svobodnik (Harman/Becker Automotive Systems)  
 Prof. Dr.-Ing. habil. M. Zehn (TU Berlin / Femcos mbH)

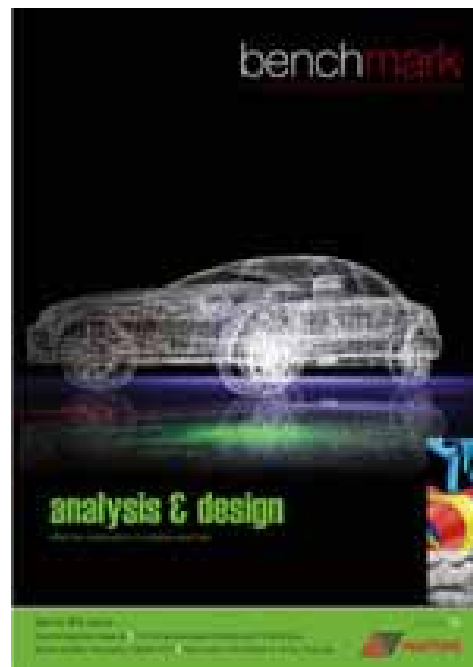
## Mitglied bei NAFEMS?

NAFEMS hat weltweit über **900 Mitgliedsunternehmen und -Institutionen**.

### NAFEMS Mitglieder erhalten unter anderem:

- Benchmark (Internationales FEM-Magazin)
- Literatur
- Freie Seminarplätze
- Ermäßigungen für Trainingskurse, Kongresse und Literatur
- Zugriff auf passwortgeschützten Webbereich mit Kontaktmöglichkeiten und Informationen
- Kontakt zu über 900 Organisationen weltweit

**Werden auch Sie Mitglied !**



### Die Zeitschrift „Benchmark“

Benchmark, das internationale NAFEMS Magazin behandelte in der Oktober-Ausgabe unter anderem folgende Themen:

- Effective Integration of Analysis and Test in Structural Dynamics
- The Promise and Benefits of Electrostatic, Electric Field and Electromagnetic Analysis
- Where System Simulation meets CFD
- ERCOFTAC Launches the new QNET.CFD Knowledge Base Wiki
- Analysis of Fluid-Structure Interaction using Meshless Particle and Finite Element Methods: Biomechanics Applications
- How to do CFD which is fit for Purpose

Die nächste Ausgabe erscheint im Januar 2010. Jetzt abonnieren – für Mitglieder natürlich frei!

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

**Impressum**

**Editor in Chief**

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

**Redaktioneller Beirat**

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

**Redaktion**

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

**Gestaltung / Layout / Anzeigen**

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

**Bezugspreis / Aboservice**

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

**Anzeigenpreise**

Preisliste vom 02.02.2009

**Verteilung / Bezug**

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

**Copyright © 2009, Werbos GbR.**

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

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

Vorwort des Editor in Chief.....2

**Sponsoren**.....3

Über NAFEMS / Mitgliedschaft.....4

Impressum / Inhalt.....5

Veranstaltungskalender ..... 6

NAFEMS DACH Aktuell: Überblick: Seminare und Kurse / Literatur....7 - 9

NAFEMS Invitation 2 Tender ..... 10 - 11

Neuigkeiten.....12 - 19

**Stellenanzeigen** ..... 20

**FACHBEITRÄGE**

**Fokus Simulation Data Management (SDM)**

**CAE-Prozess- und Datenmanagement bei Audi**

K. Gruber, J. Reicheneder, S. Bauer, M. Keul (AUDI AG) .....21

**RCE – Remote Component Environment**

O. Krämer-Fuhrmann, J. Klein (Fraunhofer Institut SCAI).....33

**Der optimierte Gebrauch multipler Simulationsprogramme  
im Produktentwicklungsprozess durch ICROS (Intelligent  
Cross-linked Simulations)**

R. Hackenschmidt, A. Troll, F. Rieg (Universität Bayreuth);  
B. Dolsak (Universität Maribor).....44

**Fokus Computational Fluid Dynamics (CFD)**

**Numerische Simulation von Gleitringdichtungen**

A. Laxander (Burgmann Industries GmbH & Co. KG);  
U. Salecker (Berlin Software GmbH).....56

**Simulation der Temperatur im und am Reibkontakt**

A. Daubner, W. Haas (Universität Stuttgart).....62

**Fokus High Performance Computing (HPC)**

**Wieviel HPC braucht der CAE User?**

M. Markoutsakis (IBM Deutschland GmbH) .....72

**Rückmeldeformular**..... 77

**Bitte beachten Sie die Schaltungen unserer Anzeigenkunden:**

**Stellenanzeigen**

CEI GmbH .....20

**Werbeanzeigen**

Fraunhofer Institut SCAI ..... 12

Swap Computer GmbH ..... 19

**Veranstaltungstermine 2010**

|  |                  |  |  |                 |
|--|------------------|--|--|-----------------|
| <b>NAFEMS e-Learning Kurs: Dynamic FE Analysis</b>   |                  |  |  |                 |
| 12.01. (6 Wo)  | Internet         | <a href="http://www.nafems.org/e-learning">www.nafems.org/e-learning</a>           |  | NAFEMS          |
| <b>NAFEMS Seminar: Simulating Composite Materials and Structures</b>                               |                  |  |  |                 |
| 02.-03.02.   | Esbjerg, DK      | <a href="http://www.nafems.org/events">http://www.nafems.org/events</a>            |  | NAFEMS          |
| <b>NAFEMS e-Learning Kurs: Non-Linear Analysis</b>   |                  |  |  |                 |
| 02.03. (4 Wo)  | Internet         | <a href="http://www.nafems.org/e-learning">www.nafems.org/e-learning</a>           |  | NAFEMS          |
| <b>NAFEMS Trainingskurs FEM Basic 1:<br/>Praxisorientierte Strukturmechanik / Festigkeitslehre</b> |                  |  |  |                 |
| 24.-25.03.   | Wiesbaden, D     | <a href="http://www.nafems.org">www.nafems.org</a>                                 |  | NAFEMS          |
| <b>automotive CAE Grand Challenge</b>  |                  |  |  |                 |
| 30.-31.03.   | Hanau, D         | <a href="http://www.carhs.de">www.carhs.de</a>                                     |  | Carhs           |
| <b>NAFEMS Seminar: Thermalmanagement mit CFD-Simulationen</b>                                      |                  |  |  |                 |
| n.n. April   | Wiesbaden        | <a href="http://www.nafems.org">www.nafems.org</a>                                 |  | NAFEMS          |
| <b>NAFEMS e-Learning Kurs: Introduction to Composite FE Analysis</b>                               |                  |  |  |                 |
| 13.04. (4 Wo)  | Internet         | <a href="http://www.nafems.org/e-learning">www.nafems.org/e-learning</a>           |  | NAFEMS          |
| <b>PERMAS Users' Conference</b>  |                  |  |  |                 |
| 22.-23.04  | Stuttgart, D     | <a href="http://www.intes.de">www.intes.de</a>                                     |  | Intes           |
| <b>NAFEMS Seminar: Simulation von Verbindungen in Strukturen</b>                                   |                  |  |  |                 |
| 28.-29.04.   | Wiesbaden        | <a href="http://www.nafems.org">www.nafems.org</a>                                 |  | NAFEMS          |
| <b>NAFEMS Trainingskurs FEM Basic 2:<br/>Praxisorientierte Grundlagen für FEM-Analysen</b>         |                  |  |  |                 |
| 05.-06.05..  | Wiesbaden, D     | <a href="http://www.nafems.org">www.nafems.org</a>                                 |  | NAFEMS          |
| <b>ESI Global Users Conference &amp; Exhibition on Simulation-Based Design</b>                     |                  |  |  |                 |
| 19.-20.05.   | Freising, D      | <a href="http://www.esi-group.com">www.esi-group.com</a>                           |  | ESI             |
| <b>SafetyExpo</b>  |                  |  |  |                 |
| 19.-20.05.   | Aschaffenburg, D | <a href="http://www.safetyweek.de">www.safetyweek.de</a>                           |  | Carhs           |
| <b>ISC International Supercomputing Conference</b>   |                  |  |  |                 |
| 31.05.-03.06   | Hamburg, D       | <a href="http://www.supercomp.de">www.supercomp.de</a>                             |  | ISC             |
| <b>NAFEMS UK Conference 2010<br/>Engineering Simulation: Contributing to Business Success</b>      |                  |  |  |                 |
| 08.-09.06.   | Oxford, UK       | <a href="http://www.nafems.org/events">www.nafems.org/events</a>                   |  | NAFEMS          |
| <b>International Conference on Advanced Methods for Industrial Engineering</b>                     |                  |  |  |                 |
| 22.-23.06.   | Bonn, D          | <a href="http://www.multiphysics.fraunhofer.de">www.multiphysics.fraunhofer.de</a> |  | Fraunhofer SCAI |
| <b>LS-DYNA Anwenderforum</b>   |                  |  |  |                 |
| 12.-13.10.   | Bamberg, D       | <a href="http://www.dynamore.de">www.dynamore.de</a>                               |  | DYNAmore        |
| <b>simvec</b>  |                  |  |  |                 |
| 16.-17.11.   | Baden-Baden, D   | <a href="http://www.vdi-wissensforum.de">www.vdi-wissensforum.de</a>               |  | VDI             |
| <b>NAFEMS Trainingskurs: CFD Basic:<br/>Practical CFD Analysis (in English)</b>                    |                  |  |  |                 |
| 24.-25.11.   | Wiesbaden, D     | <a href="http://www.nafems.org">www.nafems.org</a>                                 |  | NAFEMS          |



## Die nächsten NAFEMS Trainingskurse

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

### Basic 1: Praxisorientierte Strukturmechanik / Festigkeitslehre

24. - 25. März 2010

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

### Basic 2: Praxisorientierte Grundlagen für FEM-Analysen

05. - 06. Mai 2010

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

## Die nächste NAFEMS Seminare

### Simulation von Verbindungen in Strukturen

28. - 29. April 2010

### Thermalmanagement mit CFD-Simulationen

n.n. April 2010

Call for Papers zu den Seminaren werden in Kürze versendet.

Alle Kurse und Seminare finden in Wiesbaden statt. Mehr Informationen zu den Veranstaltungen sowie das internationale NAFEMS Seminar- und Kursangebot finden Sie auf den Seiten 7 bis 9 sowie unter [www.nafems.org](http://www.nafems.org).

### Literatur

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

Häufig bestellte Publikationen sind zum Beispiel:

- NAFEMS 2020 Vision of Engineering Analysis and Simulation
- Quality Management in Engineering Simulation - A Primer for NAFEMS QSS
- Current & Future Technologies in Automotive Engineering Simulation (CAE)
- Tips and Workarounds for CAD Generated Models
- International Journal of CFD Case Studies Vol 7
- BENCHmark Magazin
- ...

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

### Invitation 2 Tender

#### Werden Sie Autor!

Falls Sie Interesse haben, eine Publikation im Auftrag von NAFEMS zu verfassen oder mitzuwirken, setzen Sie sich bitte mit uns in Verbindung. Aktuell werden Autoren für folgende geplante NAFEMS Publikation gesucht:

- [2nd NAFEMS Workbook of CFD Examples](#)
- [How to Undertake Fluid Structure Interaction \(siehe auch Seite 10\)](#)
- [Designers guide to CFD \(siehe auch Seite 11\)](#)
- [How to Analyse and Process CFD Output](#)
- [Obtaining Parameters for Common Geotechnical Constitutive Models](#)
- [Essential Fluid Dynamics for CFD - Training Course Proposal](#)

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

### e-Library

**NAFEMS bietet für Mitglieder Literatur - zunächst im Versuch - zum Download an.**

Folgende Publikationen sind zurzeit erhältlich:

- How To Understand CFD Jargon
- A Roadmap of NAFEMS documents
- State of the Art Review - Weld Simulation Using Finite Element Methods
- Procedural Benchmarks for Common Fabrication Details in Plate and Shell Structures
- Advanced Finite Element Contact Benchmarks
- An Introduction to Modelling Buckling and Collapse - Second Edition

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

## NAFEMS Trainingskurse

# Basiswissen für die Anwendung von FEM/CFD-Berechnungen für Ingenieure / Konstrukteure

## Basic 1 FEM:

### Praxisorientierte Strukturmechanik / Festigkeitslehre

24. - 25. März 2010

Der Kurs vermittelt praxisorientiert das Basiswissen, welches für das Verständnis und für die kompetente Auswertung von FE-Berechnungen unerlässlich ist. Er richtet sich vor allem an Ingenieure und Konstrukteure, die ihre einschlägigen Kenntnisse aus der Studienzeit an einer Fachhochschule oder Hochschule im Hinblick auf die Anwendung bei FE-Analysen auffrischen und festigen möchten.

Der Kurs wird in einer Workshop-Atmosphäre durchgeführt, wodurch eine aktive Mitwirkung gefördert werden soll. Ausgewählte Beispiele aus der Industrie tragen zur effizienten Erreichung des Kurszieles bei.

#### Kursinhalte

- Einführung, Grundbegriffe und Prinzipien
  - Freiheitsgrade / Lagerung / Freischneiden / Gleichgewichtsbetrachtung
  - Innere Kräfte / Beanspruchung / Schnittgrößen
  - Spannungszustände / Hauptspannungen
- Typische Beanspruchungsfälle
  - Zug und Druck
  - Abscheren, Schubspannung und Schubdeformation
  - Biegespannungen und Biegedeformation / Biegung + Schub

### Kursreferent Basic 1 / Basic 2 FEM

**Dr. sc. techn. ETH/SIA Yasar Deger**

HSR, Abt. Maschinentechnik, Inst. für Anlagen- und Sicherheitstechnik – SITEC



Herr Deger hat langjährige, breitgefächerte Erfahrung in der Praxis der Methode der Finiten Elemente und in der Angewandten Mechanik. Zugleich ist er als Dozent für Technische Mechanik und Methode der Finiten Elemente an der HSR, Hochschule für Technik Rapperswil, in der Schweiz tätig und erteilt ausserdem seit 1992 Weiterbildungskurse / Workshops für Konstrukteure und Ingenieure in der Industrie.

Sein Buch „Die Methode der Finiten Elemente“ erschien kürzlich beim Expert Verlag, Renningen, in der 5. Auflage und ist Teil der Kursunterlagen.

- Torsionsspannung und Torsionsdeformation
- Spannungen und Verformungen bei Scheiben, Platten und Schalen
- Zusammengesetzte Beanspruchung
- Materialverhalten / Versagenshypothesen / Sicherheitsfaktor
- Wechsel- und Dauerfestigkeit, Ermüdung und Kerbwirkung
- Thermische Beanspruchung
- Spannungen und Verformungen in dünnwandigen Strukturen
- Stabilitätsprobleme: Knicken und Beulen
- Grundlagen der Elastodynamik / dynamische Beanspruchung
- Erste Kenntnisse der FEM zur Lösung von Festigkeitsaufgaben (ausführliche Grundlagen siehe „Basic 2“)

## Basic 2 FEM:

### Praxisorientierte Grundlagen für FEM-Berechnungen

5. - 6. Mai 2010

Der Kurs vermittelt praxisorientiert und programmunabhängig die notwendigen Grundlagen für den erfolgreichen und effizienten Einsatz der Finite-Element-Methode. Er erklärt die Arbeitsweise auf leicht verständliche Art und beschreibt die Voraussetzungen und Vorgehensschritte anhand zahlreicher, einfach gehaltener, anwendungsspezifischer Beispiele.

Die Teilnehmer können als Vorschlag ein konkretes aktuelles Problem, das mit FE-Analyse zu lösen wäre, mitbringen und zur Diskussion stellen. Der Kurs wird in einer Workshop-Atmosphäre durchgeführt, wodurch eine aktive Mitwirkung gefördert werden soll.



**Kursinhalte**

- Einleitung / Übersicht
- „Kräfte-Management“ / Zusammenspiel von Struktur, Belastung, Lagerung und Material
- Modellbildung als ingenieurmäßiger Prozess und als Grundhandlung bei einer FE-Analyse / Möglichkeiten und Grenzen der Vereinfachung
- Lineare und nichtlineare Problemstellungen
- Wie funktioniert FEM?
- Typische Finite-Elemente (1D, 2D und 3D) zur diskreten Beschreibung deformierbarer Körper
- Berücksichtigung von Symmetrien bei der Modellierung / Elemente mit rotationssymmetrischem Spannungszustand
- Modellierung von Materialverhalten / Evaluation von Versagenskriterien
- Dynamische FE-Berechnungen / modale Analyse / Dämpfung / dynamischer Lastfaktor / Betriebsschwingungen als Lastfall
- Thermische / thermo-mechanische Untersuchungen
- Beispiele für nichtlineare FE-Simulationen
- Voraussetzungen für effiziente FE-Modelle und zuverlässige Ergebnisse
- Optimale FE-Modelle dank gezielter Nutzung der Möglichkeiten von CAD-Software
- Tipps und Tricks für problemgerechte FE-Vernetzung
- Qualitätssicherung bei FE Analysen / Ursachen möglicher Fehler bei der FE-Modellierung / Ansätze zu deren Erkennung und Behebung / Möglichkeiten zur Überprüfung der Ergebnisse
- Fallbeispiele / Workshop / Diskussion

**Basic CFD:**

**Introduction to CFD Analysis: Theory and Applications \***

**Aktuelle Termine unter [www.nafems.org/events/training/](http://www.nafems.org/events/training/)**

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

Mit Hilfe von Beispielen wird der gesamte Prozess vom realen Bauteil über das Berechnungsmodell bis zur Interpretation der Ergebnisse gezeigt und auf mögliche Fehlerquellen hingewiesen.

Der Kurs wird in einer Workshop-Atmosphäre durchgeführt, die die Teilnehmer zur Mitarbeit bzw. zum Einbringen eigener Fragestellungen einlädt.

**Kursinhalte**

- Einleitung / Übersicht
- Welche Gleichungen werden in einem CFD-Programm gelöst?
- Beschreibung der Finite-Volumen Methode zur Lösung der Gleichungen anhand von Beispielen, Darstellung von Problemen / Fehlerquellen beim Lösungsprozess
- Tipps und Hinweise zur CFD-Vernetzung
- Praktische Umsetzung: Vom realen Bauteil zum Simulationsmodell
  - Überlegungen vor der Simulation
  - Annahmen und Voraussetzungen

**Kursreferent CFD-Basic**

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



ISMVT – Steinbeis-Transferzentrum für Simulation in Maschinenbau und Verfahrenstechnik

Herr Janoske hat langjährige, breitgefächerte Erfahrung in der Praxis auf dem Gebiet der Strömungsberechnung.

Neben der Leitung des Studiengangs Virtual Engineering an der Berufsakademie Mosbach sowie Lehraufträgen an den Universitäten Wuppertal und Stuttgart, gründete er 2002 das Steinbeis Transferzentrum Simulation in Maschinenbau und Verfahrenstechnik.

- Randbedingungen
- Gittergenerierung
- Erläuterung der Probleme an einem Praxisbeispiel
- Qualität von CFD-Berechnungen
  - Überprüfung von CFD-Ergebnissen / Kontrollmöglichkeiten
  - Bewertung der Ergebnisse von CFD-Berechnungen
- Ausblick auf weitere Entwicklungen / Tendenzen in der CFD-Welt (FSI, Optimierung,...)
- Fallbeispiele / Workshop / Diskussionen
- \* Der Kurs wird in englischer Sprache gehalten.

**Bitte fordern Sie nähere Informationen  
- insbesondere auch für Inhouse-Kurse -  
unter Verwendung des Rückmeldeformulars auf Seite 77 an.**

## How to Undertake Fluid Structure Interaction

The NAFEMS Multiphysics Working Group (MPWG) wishes to commission a new 'How to' publication on fluid structure interaction.

### Purpose

The book should provide an outline of various approaches to solving FSI problems, whilst identifying benefits of doing various levels of FSI. Ideally, it should also identify potential issues end users might face when modelling FSI (no need to provide all solutions).

### Intended Readership

The book is primarily intended to serve as an introduction to FSI for engineers who are already familiar with CSM and/or CFD.

### Structure and scope of the book

The goals of the book are outlined below:

- Introduction to FSI for engineers familiar with CSM and/or CFD
- Provide outline of various approaches to solving FSI problems
- Identify benefits of doing various levels of FSI
- Identify potential issues end users might face when modelling FSI (no need to provide all solutions)
- It is anticipated that the book will be less than 100 pages

A suggested outline for the book follows:

- Background
  - What is FSI?
  - Terminology
  - Overview of Mathematical Models
    - 1 Para on FEA/CFD/CSD etc.. with reference to other NAFEMS publications
  - Levels of coupling (one-way, two-way, couple field)
  - Legacy
- Methodology
  - Discretization Techniques
    - For example
      - Lagrangian Mesh Based
      - Eulerian Mesh Based
      - ALE and Dynamic Mesh Based
      - Boundary Elements
      - Mesh Free

Solution methodologies

- Monolithic (one time solution)
- Staggered (same code, sequential solution)
- Code coupling (different software for different physics)

Interface Treatment and Data Exchange

- For Example
  - Body fitted (same or dissimilar mesh)
  - Body Immersion / cut cell (dissimilar mesh)
  - Contact interface
  - Boundary Elements
- Distributed Solutions, including brief discussion on issues relating to
  - Parallelisation, re-meshing . adaptive meshing
- Guidelines
- Example cases

The book shall be free of commercialism. It shall be equally useful whichever software tool the reader is using and not be biased towards any particular software tool.

### Guidance for proposal

Each proposal should consist of

1. The proposed structure of the book with the titles of the examples to be developed
2. The proposed source of the data to be published
3. Work plan including milestones and interim deliveries for early review
4. Cost
5. The authors' credentials, curriculum vitae, etc. Proposals from single authors and consortiums will be considered.

### Cost

The Working Group is expecting a proposal for a booklet of 50-100 pages. The cost of the proposal is expected to be in the low thousands of pounds or euros.

### Submission & Closing Date

The closing date for receipt of proposals is **December 31<sup>st</sup> 2009**. The proposals should be sent to [mpwg@nafems.org](mailto:mpwg@nafems.org)

### Selection

The proposals will be reviewed by the Working Group and feedback given to bidders by the end of January 2009.

# invitation<sup>2</sup>TENDER



## Designers guide to CFD

The NAFEMS' Computational Fluid Dynamics Working Group (CFDWG) wishes to commission a new publication.

### Purpose

In today's rapid turnaround development cycle, many designers and design engineers are faced with pressures to compress time-scales. Computer aided engineering (CAE) is now an acknowledged way of helping compress development timescales and getting designs right first time. In the CAE offering from many vendors, a selection of 'designer level' Computational Fluid Dynamics (CFD) packages are now available.

CFD power at the designer's fingertips can be very beneficial to organisations, but used wrongly it can cause a range of outcomes - from not achieving all the benefits to simply making erroneous design decisions. The profile of the typical CFD user is evolving and one cannot expect anymore that all users have been through the academic and on the job training that today's full time analysts have. To assist the new generation of designer-analysts, NAFEMS see the need for a guide book to lead them through the steep learning curve of understanding enough about CFD in order to ensure they use it correctly and effectively. The book shall form the CFD counterpart of the recently published NAFEMS "A Designer's Guide to Simulation with Finite Element Analysis"

### Intended Readership

The book shall mostly aim at designers and design engineers, with a profile ranging from HNC to BEng. A secondary audience for the book could be the managers of those designers and design engineers, who want to understand the process their team members will have to go through.

### Structure and scope of the book

The life cycle of a CFD simulation should be used as the structure of the book (justification of using simulation, case definition, geometry creation and cleanup, meshing, fluid properties, flow physics, boundary conditions, solving, interpretation of results, verification, validation, simulation data management, etc.). The book shall explain the relative importance of each particular step in the overall simulation lifecycle. For each step, the

book shall provide a detailed step-by-step guide for the reader to follow, with clearly identified 'must-ask' questions and well known pitfalls. These pitfalls should be illustrated by examples of the 'right and wrong' approaches. The book shall help the reader identify situations in which they should seek expert assistance.

The book shall also contain a minimum of three detailed tutorials to help the reader familiarise themselves with the simulation process. The book shall also contain quick reference checklists for each step of the simulation process. The scope should be limited to single phase, incompressible, internal and external flows. It is important that the book includes a section on turbulence but focusing on when to activate turbulence and the limitations of turbulence modelling. The book shall be free of commercialism. It shall be equally useful whichever software tool the reader is using and not be biased towards any particular software tool. The book shall provide the reader with extensive references to further their understanding. References shall include all relevant NAFEMS publications but also any other source of information the author(s) considers relevant.

### Guidance for proposal

Each proposal should consist of

1. The proposed structure of the book with outline contents and page numbers
2. Details about the number and nature of the tutorials and what the reader will learn from working through them.
3. Work plan
4. Cost
5. The authors credentials, curriculum vitae, etc.

### Cost

The Working Group is expecting a proposal for a book of about 100 pages. The proposal is expected to be in the low thousands of pounds.

### Submission & Closing Date

The closing date for receipt of proposals is **January 5<sup>th</sup> 2010**. The proposals should be sent to [cfid@nafems.org](mailto:cfid@nafems.org)

### Selection

Proposals will be reviewed by the Computational Fluid Dynamics Working Group and feedback given to bidders by the end of April.

**ALTAIR ENGINEERING**

**Rekordteilnehmerzahl bei der EHTC 2009**

Altair Engineering gab eine Rekordteilnehmerzahl für die europäische HyperWorks Technology Conference 2009, die vom 2.-4. November in Ludwigsburg stattfand, bekannt. Über 500 Ingenieure, Manager und Simulationsexperten von 250 Unternehmen aus 20 Ländern kamen nach Ludwigsburg, um die neuesten Informationen und Trends zum Thema Enterprise Simulation zu erfahren und sich mit anderen HyperWorks Anwendern auszutauschen. Die Einsparung von Ressourcen und der Einsatz innovationsfördernder Maßnahmen sind industriübergreifend nach wie vor die vorherrschenden Trends. Das Einsparpotential wurde an Beispielen aus der Prozessautomation, die die Entwicklungszeit bis zu 90% reduzieren, der Optimierung, mit ins-

gesamt 650.000 Tonnen jährlicher Materialeinsparung, und der Softwarekonsolidierung mit einer Reduzierung der Lizenzkosten von bis zu 40%, verdeutlicht. Die einheitliche Antwort auf die Herausforderungen der derzeitigen Wirtschaftskrise ist eine verbesserte Innovationsfähigkeit. Die Keynote Vortragenden von CNH, Eurocopter, Porsche und PSA hoben die virtuellen Methoden als ein zentrales Element ihre Innovationsstrategie und ihres Geschäftserfolges hervor.

**Peugeot Sport entscheidet sich für die HyperWorks Suite**

Altair Engineering gab bekannt, dass sich Peugeot Sport, die Abteilung für Motorsport der Marke Peugeot, für die HyperWorks Suite entschieden hat, um die Entwicklungsprozesse bei Verbundwerkstoffkomponenten zu optimieren.

**Aerostruktur Faserverbundtechnik GmbH**

Altair Engineering gab bekannt, dass sich die Aerostruktur Faserverbundtechnik GmbH, ein deutscher Zulieferer für die Luftfahrtindustrie, für HyperWorks, Altairs Computer Aided Engineering (CAE) Suite, entschieden hat, um Modellierungszeiten zu verkürzen und den gesamten Entwicklungsprozess zu beschleunigen.

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

**ANSYS**

**VSE Volumenteknik optimiert Messgeräte mit ANSYS**

Die Firma VSE Volumenteknik setzt ANSYS Simulationssoftware erfolgreich bei der Optimierung ihrer Volumensensoren ein. Die Strömungssimulation half der Firma dabei, Geräuschentwicklung, Vibrationen und Druckverluste in den Geräten zu identifizieren und zu beseitigen, und damit die Haltbarkeit und das Betriebsverhalten zu verbessern. Die Strömungsmessgeräte von VSE Volumenteknik messen Fluidströmungen in einer Vielzahl von Bereichen, wie z. B. in der pharmazeutischen Produktion, bei der Energieerzeugung oder in der Automobilindustrie.

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

Werbeanzeige

**AUTODESK**

**Autodesk-Anwendertreffen macht Lust auf die Zukunft**

Das Digital Prototyping Forum 2009, das in dieser Art am 11. Nov. 2009 in Deutschland bereits zum zweiten Mal stattfand, war sowohl für Autodesk als auch für die Teilnehmer ein voller Erfolg. Der Softwarehersteller für 2D- und 3D-Konstruktionslösungen für die Bereiche Mechanik und Maschinenbau, Industrial Design und Elektrotechnik lud nach Darmstadt in das Darmstadtium ein. Die Resonanz war hoch – an die 900 Konstrukteure, Ingenieure und Interessierte nahmen an der Konferenz teil. Im Mittelpunkt standen die Digital Prototyping Lösungen von Auto-



desk, die eine durchgängige digitale Produktentwicklung ermöglichen.

### **Autodesk Assistance Program für Jobsuchende**

Autodesk hat ein Assistance Program ins Leben gerufen, um Personen, die aufgrund der Finanzkrise ihre Arbeit verloren haben zu unterstützen. Ziel ist es, Architekten, Konstrukteure und Ingenieure dabei zu helfen wettbewerbsfähig zu bleiben, indem sie ihre Fähigkeiten und Kenntnisse im Umgang mit Autodesk Software verbessern.

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

## **CADFEM**

### **Simulation mit Ausrufezeichen**

270 Vorträge, 30 Kompaktseminare 35 ausstellende Unternehmen, ungezählte Fachdiskussionen: Von diesem einzigartigen Informationsangebot zum Stand der Simulation in der Produktentwicklung machten inklusive dem Personal der Veranstalter über 800 Teilnehmer reichlich Gebrauch. Der wohl größte CAE-Anwenderkongress des Jahres in Europa, der vom 18. – 20. November 2009 in Leipzig stattfand, setzte gerade in einem wirtschaftlich schwierigen Umfeld ein großes Ausrufezeichen hinter den Stellenwert der Simulation im Allgemeinen und hinter ANSYS im Besonderen. Einen „Smart Engineering Simulation Event“ erlebten die Teilnehmer im Congress Center Leipzig. Der einmal mehr sehr große Zuspruch, den die Veranstaltung von CADFEM, ANSYS Germany und in diesem Jahr erstmals Ansoft erfuhr, macht deutlich, dass die Simulation auch – oder gerade – in Zeiten mit wirtschaftlich schwierigen Rahmenbedingungen ein Thema ist, das auf großes Interesse stößt. Mit ANSYS Workbench und komplementären Simulationstechnologien für die Produkte von morgen standen führende Lösungen im Blickpunkt des enormen Informationsangebotes aus bis zu 16 parallel durchgeführten Themenblöcken.

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

## **CD-ADAPCO**

### **STAR-CCM+ V4.06 erscheint mit einem Paukenschlag - jetzt mit zusätzlicher Aeroakustikfunktionalität**

CD-adapco gibt das Release von STAR-CCM+ V4.06 bekannt, der dritten Hauptversion ihrer führenden technischen Simulationssoftware, die während des Jahres 2009 freigegeben wurde. Seit STAR-CCM+ vor sechs Jahren zum ersten Mal veröffentlicht wurde, hat sich das Programm zu mehr als nur einem Strömungssimulationsprogramm entwickelt und stellt nun eine integrierte Plattform für leistungsstarke multidisziplinäre Simulationen dar, einschließlich: Verbrennung; Mehrphasenströmung; Wärmeübertragung durch Festkörper und Fluide; dynamische Fluid-Körper-Wechselwirkung; Strukturberechnung: alles innerhalb einer einzigen Umgebung. Wesentliche neue Features von STAR-CCM+ V4.06 sind Modelle zur Simulation breitbandiger aeroakustischer Geräusche sowie aerodynamisches Flattern zusammen mit einer Reihe von Kunden gewünschten Verbesserungen, die sowohl auf eine Erhöhung der Benutzerproduktivität als auch der Simulationsfähigkeit abzielen.

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

## **CEI**

### **CEI eröffnet Niederlassung in Garching b. München für den mittel-, nord- und osteuropäischen Markt**

Raimund Schweiger, ein Maschinenbauingenieur und Spezialist für Computer Aided Engineering (CAE), Computer Aided Design (CAD) sowie Product Lifecycle Management (PLM) mit über dreißigjähriger Erfahrung, ist zu CEI gestoßen, um die erste internationale Niederlassung des Unternehmens in München zu leiten. Als Zweigstellenleiter wird Schweiger die Verantwortung über neue und bestehende Kundenbeziehungen in den Niederlanden, Deutschland, Österreich, Skandinavien, Finnland, Osteuropa und

der Schweiz übernehmen. CEI, am besten bekannt für seine branchenführende Software EnSight, entwickelt und vertreibt Anwendungen zur Visualisierung und Auswertung von Simulationsdaten, zur Darstellung von Ergebnissen in 3-D und zur Erstellung von Animationen. Schweiger, der sein Studium in Maschinenbau an der Technischen Universität München abgeschlossen hat, stößt nach einer Anstellung als Geschäftsführer der TechnoStar Europe GmbH zu CEI. Er war zuvor auch Gründungsmitglied und Geschäftsführer der CAEvolution GmbH, Marketingleiter Europa bei der MSC.Software GmbH, sowie Numeriker bei Rheinmetall GmbH und BMW AG. Schweiger verfügt über umfangreiche Kenntnisse in virtueller Produktentwicklung (CAE, FEA) für die europäische Luftfahrt-, Automobil- und Wehrtechnikindustrie. „Schweigers umfangreiche Kenntnisse des europäischen Marktes sowie sein Werdegang als Ingenieur in der Luftfahrt-, Automobil- und Rüstungsindustrie machten ihn zum besten Kandidaten für diese Rolle. Wir haben bereits zahlreiche EnSight-Anwender in Mittel-, Nord- und Osteuropa, freuen uns aber sehr darauf, unseren Kundenstamm durch die direkten persönlichen Kontakte von Schweiger auszubauen“, so Darin McKinnis, Vice President für Verkauf und Marketing. CEI will in der Region die gesamte Reihe von EnSight-Produkten vertreiben. Laut McKinnis verfügt die Niederlassung in München über großes Potenzial, kann CEI von den neuen Räumlichkeiten aus doch seine Beziehungen zu bestehenden europäischen Kunden wie Airbus, Volkswagen, Daimler, Audi, BMW Sauber, Robert Bosch und Volvo vertiefen.

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

## **COMSOL**

### **COMSOL Konferenz 2009**

Mehr als 450 Teilnehmer besuchten die drei Konferenztage, vollgepackt mit Training, Vorträgen und der Möglichkeit, neue Netzwerke zu knüpfen. Viele Teilnehmer äußerten sich sehr

positiv über die Konferenz und die neue Beta-Edition von COMSOL Version 4: „Ich war angenehm überrascht, wieviele Informationen ich durch die Gespräche mit COMSOL Mitarbeitern, ABB Angestellten und anderen Teilnehmern bekommen habe. Verglichen mit vielen anderen Konferenzen, bot die COMSOL Konferenz 2009 in Mailand einen viel breiteren Austausch von Informationen, gegenseitigen Kontakten und Kenntnisgewinn.“ Göran Eriksson, ABB Corporate Research, Schweden. „...mit dem neuen Modell, erstellt in COMSOL Version 4, kann ich einen so großen Schritt in Effizienz, und Beschleunigung komplexer multiphysikalischer Simulationen machen wie nie zuvor. Der Besuch der jährlichen Konferenzen ermöglicht mir, die neuesten Updates, neue Ideen und Ansätze kennenzulernen und mich mit Teilnehmern auszutauschen, die ähnliche Herausforderungen zu bewältigen haben.“ Ivar Kjelberg, CSEM, Schweiz. Über 150 Vorträge und mehr als 60 Poster wurden präsentiert. Bei einem Gala-Dinner wurden die besten Vorträge ausgezeichnet.

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

## DASSAULT SYSTÈMES

siehe auch „Simulia“

### Dassault wird PLM-Vertrieb von IBM übernehmen

Dassault will im ersten Halbjahr 2010 von IBM den PLM-Vertrieb sowie den PLM-Kundensupport zum Kaufpreis von 600 Mio. USD übernehmen. Dassault wird „Global Alliance Partner“ von IBM.

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

## DYNAMORE

### Volles Haus beim LS-DYNA Update Forum

Nach der europäischen LS-DYNA Konferenz im Mai diesen Jahres in Salzburg lud DYNAMore am 12. November zum deutschsprachigen LS-DYNA Update Forum ein. Über 250 Teilnehmer folgten der Einla-

derung ins schwäbische Filderstadt nahe Stuttgart. Für die Veranstaltung konnten Vortragende von Hochschulen, Forschungsinstituten und Firmen wie BMW, Daimler, Dow Automotive Systems, EADS, Faurecia, Matfem, Opel, Thyssen-Krupp Steel und Volkswagen gewonnen werden. Zu den Schwerpunktthemen zählten Crash, insbesondere Materialmodellierung und Verbindungstechnik, sowie die Simulation von Metallumformprozessen. Entwickler von LSTC und DYNAMore berichteten über neue Implementierungen in LS-DYNA und Dr. John Hallquist (Präsident von LSTC) gab einen Überblick über neue und geplante Entwicklungen in LS-DYNA. In einer begleitenden Fachaussstellung konnten sich die Teilnehmer über neueste Produkte im Umfeld von LS-DYNA informieren und mit Soft- und Hardwareherstellern ihre Wünsche und Ideen diskutieren. Unterstützt wurde die Veranstaltung von Siemens PLM Software, Microsoft / transtec sowie von Hewlett Packard / Intel. Die Präsentationen stehen in Kürze zum Download unter [www.dynamore.de](http://www.dynamore.de) zur Verfügung.

### Simulation von Metallumformprozessen – neue Version 5.7 von eta/DYNAFORM

Die DYNAMore GmbH stellte auf der diesjährigen BlechExpo in Stuttgart sowie auf der Euromold in Frankfurt die neue Version des leistungsfähigen Pre- und Postprozessors für Umformsimulationen eta/DYNAFORM 5.7. vor. Zusammen mit dem Solver LS-DYNA bildet das Programm ein komplettes Paket, das die Ansprüche an Umformsimulationen vollständig abdeckt. Anwendungen, wie die Bestimmung initialer Blechzuschnitte, die Erzeugung von Werkzeuggeometrien bzw. die Rückfederungs-kompensation gehören ebenso zur Funktionalität des Softwarepaketes, wie die Definition kompletter, mehrstufiger Umformprozesse, ausgehend von der Platinenpositionierung unter Schwerkrafteinfluss bis hin zur Rückfederungssimulation. Endprodukte der Simulation sind typischerweise Blechdickenverteil-

lungen, Umformkräfte, Betrag und Richtung der Rückfederung bzw. kompensierte Werkzeuggeometrien sowie Vorhersagen von Riss- bzw. Faltenbildungen. Neue Features der Version 5.7. sind unter anderem die Unterstützung neuer Materialmodelle aus LS-DYNA, ein neuer Zieh-sickengenerator, ein verbesserter One-Step-Solver, eine neue Funktion zur schnellen Bauteilabwicklung im Batch-Modus, ein verbessertes AutoSetup-Interface für eine komfortable Prozessdefinition und vieles mehr.

### Seminarbroschüre 2010 verfügbar

Die neue Seminarbroschüre von DYNAMore ist verfügbar. DYNAMore bietet auch im Jahr 2010 wieder mehr als 100 Seminare und Infotage zu insgesamt mehr als 60 verschiedenen Themen rund um LS-DYNA, LS-OPT, GENESIS, Barrieren- und Dummymodellen an.

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

## ESI GROUP

### ESI kündigt Version 2009 des Welding Simulation Paketes an

ESI Group kündigte die Freigabe seines Welding Simulation Paketes in der Version 2009 einschließlich Weld Planner und PAM-ASSEMBLY an. Das Software-Paket ist für alle Ingenieure gedacht, welche die Konstruktion und Fertigungsoptimierung großer und komplexer Schweißkonstruktionen bewältigen müssen. Ziel der Simulationslösung ist es, Zeit und Kosten bis zu einer realisierbaren und optimierten Fertigungslösung signifikant zu reduzieren. In der frühen Konstruktions- und Prozessauslegungsphase wird der Weld Planner dazu verwendet, durch Definition von Anzahl und Lage der Schweißnähte sowie der Einspannbedingungen und die Güte der Gesamtkonstruktion zu bewerten und zu optimieren. Ganz wesentlich ist die Optimierung der Schweißsequenz um den Gesamtverzug der Baugruppe zu minimieren. Durch eine auf die Anforderungen der



Produkt- und Verfahrensentwicklung ausgerichtete Benutzeroberfläche, den Bedienkomfort und die Simulationsgeschwindigkeit ermöglicht es der Weld Planner, in kürzester Zeit die bestmögliche Fertigungslösung zu finden. PAM-ASSEMBLY wird im Anschluss dazu verwendet, diese ersten Entscheidungen zu validieren. Dazu wird die gesamte Materialphysik an einem lokalen Modellen berechnet, die in ein globales Modell einfließen. In dem globalen Modell wird der gesamte durch den Schweißprozess hervorgerufene Verzug ermittelt. Hierbei werden durch die Submodell-technik des lokalen Modells auch die thermophysikalischen Materialeigenschaften berücksichtigt. Der Rechenaufwand kann so von Monaten auf Minuten reduziert werden, ohne dabei Einbußen an der Berechnungsgenauigkeit hinnehmen zu müssen. Die Version 2009 des Welding Simulation Paketes von ESI ist in eine umfassende CAE-Umgebung (CAE - Computer-Aided Engineering) eingebunden, welche auch auf die jeweilige Aufgabe abgestimmte Vernetzungs- und Postprozessing-Werkzeuge enthält.

#### **ESI unterstützt das PT-Grid-Projekt**

ESI Group hat seine Beteiligung am ‚Plasma-Technologie-Grid (PT-Grid)‘-Projekt bekannt gegeben, eines vom deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der D-Grid-Initiative geförderten dreijährigen Verbundprojektes. Das PT-Grid-Hauptziel ist es, kleinen und mittleren Unternehmen Zugang zu komplexen plasmatechnologischen Simulationen auf Basis der D-Grid-Computerinfrastruktur zu ermöglichen, die fast unbegrenzte Rechen- und Speicherkapazitäten bietet, sowie Flexibilität, Anpassbarkeit und Automatisierung durch dynamische und abgestimmte Interoperabilität von Netzwerkressourcen.

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

#### **FRAUNHOFER SCAI**

##### **Fraunhofer-Software FEMZIP sorgt für höhere Produktivität im Automobilbau**

Die neue Version der etablierten Software zur Kompression von Simulationsdaten ist in vielen Postprozessoren integriert, nutzt jetzt das Datenformat „HDF 5“ als Standard und läuft durchgängig auf Mehrprozessorsystemen - VW unterstützte die Entwicklung. SDie vom Fraunhofer-Institut SCAI entwickelte Software FEMZIP komprimiert Simulationsdaten auf bis zu ein Zehntel ihrer Originalgröße - ohne relevanten Genauigkeitsverlust. Automobilhersteller aus Europa, den USA und Asien setzen FEMZIP zur Kompression der Ergebnisse aus Crash-Simulationen bereits standardmäßig ein.

[www.scai.fraunhofer.de](http://www.scai.fraunhofer.de)

#### **Hottinger Baldwin Messtechnik**

##### **Neues HBM – nCode Vertriebsbüro**

Die Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH hat den zentralen Kontakt (Support und Vertrieb) für nCode-Produkte in ein neues Büro in München zusammengelegt. Die HBM nCode-Software unterstützt Ingenieure und Projektmanager schnell und unkompliziert bei der Auslegung und Entwicklung von Produkten und Bauteilen.

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

#### **IBM**

##### **IBM Marktführer im Server-Markt**

IBM führt laut einem aktuellen Gartner-Report auch im dritten Quartal 2009 den weltweiten Server-Markt an. Laut Gartner hielt IBM in Q3 2009 31,7 Prozent Marktanteile, der nächste Wettbewerber hielt 30,2 Prozent. Der Zugewinn von IBM wurden ermöglicht durch Zuwächse bei den Intel-basierten Servern und bei den UNIX-Systemen. IBM gewann laut Gartner 1,2 Prozentpunkte Marktanteil. Bereits zum sechsten Mal in

Folge ist IBM laut Gartner-Report beim weltweiten Umsatz im Serverbereich Marktführer.

##### **IBM eröffnet neue Deutschlandzentrale**

Im Beisein von Dr. Hans Bernhard Beus, Staatssekretär im Bundesministerium des Innern und Beauftragter der Bundesregierung für Informationstechnik, und Günther Oettinger, Ministerpräsident des Landes Baden-Württemberg, hat IBM ihre neue Unternehmenszentrale in Ehningen bei Stuttgart eingeweiht. Der 2008 begonnene Neubau und der bereits bestehende Gebäudekomplex beherbergen nun 3.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter und ein modernes Kunden-Informations-Center. Der IBM Campus umfasst die Deutschlandzentrale mit allen wesentlichen Steuerungs- und Verwaltungsaufgaben, die Vertriebsniederlassung für den Südwesten Deutschlands, internationale Kompetenzzentren wie das europäische IBM Automotive Center, ein Rechenzentrum und Kunden- und Konferenzzonen für Veranstaltungen mit bis zu 600 Personen.

##### **Neuer IBM Trainingskatalog 2010**

IBM hat den IBM Trainingskatalog 2010 für Deutschland, Österreich und die deutschsprachige Schweiz veröffentlicht. Er enthält eine Auswahl aus den über 1000 Trainingsangeboten von IBM Training for Systems (Hardware) und IBM Software Training. Neue Trainingseinheiten behandeln unter anderem die POWER-Architektur, Virtualisierungstechniken oder Information Management und bereiten die Teilnehmer auf Zertifizierungen vor. Der Trainingskatalog richtet sich an Mitarbeiter aus dem IT-Bereich und bietet Interessierten einen Überblick über das gesamte Schulungsangebot der IBM. Ein Schwerpunkt liegt in diesem Jahr auf den vielfältigen Formen des Trainings. Hierunter fallen zum Beispiel die zahlreichen E-Learning-Angebote, mit denen Unternehmen Reisekosten einsparen können, aber auch Rabattprogramme und neue Möglichkeiten der

geförderten Weiterbildung durch die Agentur für Arbeit.

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

## INTEC

**INTEC GmbH wird SIMPACK AG**  
siehe „Simpack AG“

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

## IMH - Hochschule Niederrhein

**IMH erhält Qualitätslabel**

Das Qualitätslabels der InnovationsAllianz der NRW-Hochschulen wurde kürzlich dem IMH verliehen, das in Verbindung von Informatik, Hochleistungsrechnen, CFD und Kompetenz in der Durchführung maßgeschneiderte F&E-Projekte durchführt: Nähere Informationen unter: <http://www.innovationsallianz.nrw.de/service/neuigkeiten-anzeige/article/1/innovationsa-10.html>

[www.imh.hsnr.de](http://www.imh.hsnr.de)

## LMS

**Neue Version LMS Virtual.Lab**

LMS gibt die Freigabe von LMS Virtual.Lab Revision 9 bekannt.

**MCE-5 Development setzt auf Simulationstechnologie von LMS**

Laut Bekanntgabe durch LMS setzt MCE-5 DEVELOPMENT, ein weltweit führendes Unternehmen auf dem Gebiet der VCR-Technologie (Variable Compression Ratio, variables Verdichtungsverhältnis), künftig die Simulationstechnologie von LMS ein, um den Prototyp des MCE-5-Motorblocks zu entwickeln. Durch die VCR-Technologie wird der Kraftstoffverbrauch von Ottomotoren erheblich gesenkt. So lassen sich sowohl strengste Emissionsauflagen als auch die Anforderungen des Kraftfahrzeugmarktes erfüllen. MCE-5 DEVELOPMENT erstellt mithilfe der Lösung LMS Imagine.Lab AMESim ein detailliertes Simulationsmodell des Motors, damit die Konstruktion des hydraulischen

Betätigungssystems, welches das Verdichtungsverhältnis steuert, besser beurteilt und optimiert werden kann. Der MCE-5-VCR-Motorblock soll konventionelle Motorblöcke ersetzen. Die Simulationslösung LMS Imagine.Lab bietet MCE-5 DEVELOPMENT dabei die erforderlichen Tools, um rasch Modelle zu erstellen und um zu analysieren, inwiefern sich neue Konstruktionslösungen auf Zuverlässigkeit, Betriebsfestigkeit und Herstellungskosten auswirken. Vor allem aber sollen weniger Prototypen gebaut werden.

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

## MSC.SOFTWARE

**Symphony Technology Group schließt die Übernahme von MSC.Software ab**

Die Symphony Technology Group (STG), eine Private-Equity-Gesellschaft mit strategischem Fokus auf Software und Dienstleistungen, gab den erfolgreichen Abschluss der Übernahme von MSC.Software Corporation bekannt. MSC.Software ist ein Unternehmen, das im Bereich Analyse und Simulation weltweit führend ist. Mithilfe verschiedener Anwendungen und Dienstleistungen werden Innovationen durch beschleunigte Produktentwicklung, verbesserte Qualität und verringerte Entwicklungskosten vorangebracht. Im Rahmen der Übernahme hat Maximus Holdings Inc., ein Anlageinstrument von STG und Co-Investor Elliott Management Corporation, alle ausgegebenen MSC-Aktien für 8,40 US-Dollar pro Aktie in bar gekauft, was einem Gesamttransaktionsumfang von ca. 390 Millionen US-Dollar entspricht. Mit sofortiger Wirkung ist Dominic Gallelo neuer CEO von MSC. Gallelo war zuvor CEO bei Graphisoft, einem CAD-Unternehmen mit Sitz in Budapest. Darüber hinaus wird Jim Johnson neuer CFO von MSC. Johnson war zuvor CFO bei VG Holdings, einem Hersteller von Videospiele, der 2007 von Electronic Arts aufgekauft wurde.

**Wind to Energy nutzt flexibles Lizenzierungssystem von MSC. Software für mehr Simulationen**  
MSC.Software gab bekannt, dass sich die Wind to Energy GmbH (W2E), Technologieträger im Bereich Windenergie, für die Computer Aided Engineering (CAE)-Lösungen von MSC.Software entschieden hat. Mit einem flexiblen Lizenzierungssystem wird das Unternehmen vorrangig die Softwareprodukte Marc, MD Nastran, Adams und SimXpert einsetzen. W2E verspricht sich durch den unternehmensweiten und prozessorientierten CAE-Einsatz eine signifikante Qualitätssteigerung. Durch die optimale Ausnutzung der Entwicklungsressourcen soll zudem eine höhere Flexibilität bei der Entwicklung anspruchsvoller Lösungen im Sektor Windenergie erreicht werden.

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

## PTC

**Samsung SDI führt Windchill als PLM-System ein**

Samsung SDI, einer der weltweit führenden Anbieter von Bildschirmstechnologien, hat im gesamten Unternehmen das PLM-System Windchill eingeführt. Die Daten- und Prozessmanagement-Lösung von PTC wird es Samsung SDI ermöglichen, seine Produktentwicklungsprozesse zu verschlanken. Windchill ist die einzige PLM-Lösung, die von Beginn an für die Nutzung in einer internetbasierten, verteilten Konstruktionsumgebung konzipiert wurde. Samsung SDI wird Windchill in sämtlichen Unternehmensbereichen als zentrale Informationsquelle für die Planung und Fertigung seiner Produkte nutzen. Insbesondere im Änderungsmanagement der Konstruktion, im Teile- und Produkt-Informationsmanagement sowie im Stücklisten-, Standard-, Dokumenten- und Planungsdaten-Management soll die Technologie eingesetzt werden.

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

## SCHNEIDER DIGITAL

### Cluster-Lösung mit vier Rückprojektions-Monitoren - Mini-VR-Wall

Visualisierungsmöglichkeiten in der VR sind entweder teuer, räumlich aufwendig oder haben starke thermische Abstrahlung. Einen innovativen Lösungsansatz bietet Schneider Digital mit der „Mini-VR-Wall“. Hierbei werden vier DLP Monitore „gekachelt“ und zu einer Projektionsfläche vereint. Somit wird eine Auflösung von 3.840 x 2.160 Pixeln erzielt. Realisiert wird das über lediglich eine in der PULSARON | VR-Workstation verbaute ATI FirePro Grafikkarte, die bereits über sechs Monitorausgänge verfügt. Durch die uneingeschränkte Erweiterbarkeit der miteinander zu kombinierenden Monitore lässt sich auf diese Art fast Kinoleinwandformat erreichen. Für eine nahtlose Darstellungsfläche ist einfaches Software-Edge-Blending jedoch unzureichend. Unsere spezielle Kalibrierungslösung erfolgt über die Hardware. Technisch gelöst wird es durch den Einsatz einer hochauflösenden Digitalkamera. Die genau auf den darin enthaltenen Fotosensor abgestimmte Software steuert zum einen die Geometrie-Entzerrung pixelgenau. Zum anderen wird der Überblendungsbereich in Farbe und Helligkeit korrigiert, damit ein homogenes Gesamtbild entsteht. Selbstverständlich lässt sich die Kamera auch für andere Einsatzgebiete nutzen. Ein eigens dafür konstruiertes Gestell nimmt neben den Monitoren auch eine Projektionsscheibe, die Gehäuseteile und ein optionales Trackingsystem auf. DLP-Monitore bieten im Vergleich zu Projektoren eine höhere Auflösung, ein gleichmäßig helles und farblich homogenes Bild. Der Platzbedarf ist minimal, d.h. weniger als ein halber Meter räumliche Tiefe. DLP-Monitore haben einen unübertroffenen günstigen Preis pro Pixel, d.h. unter 5000,- € für einen 65“ Monitor. Mithilfe der fotorealistischen Darstellung wird der Produktionsprozess optimiert und beschleunigt. Der Vorteil dieser „Mini“-VR-Anlage

liegt eindeutig bei Anwendungen der Nutzer in der mittelständischen Industrie. Sie können, wie etablierte VR-Anwender schon seit Jahren, von digitalem Prototyping profitieren.

[www.schneider-digital.de](http://www.schneider-digital.de)

## SIEMENS PLM SOFTWARE

### NX 7.0 mit HD3D und Erweiterungen von Synchronous Technology

Siemens PLM Software kündigte die neue Version seines Flaggschiff-Produktes NX für die digitale Produktentwicklung an. Mit NX 7.0 führt Siemens PLM Software erstmals die Technologie „HD3D“ ein. Dabei handelt es sich um eine offene und intuitive visuelle Umgebung, mit der globale Produktentwicklungsteams alle Vorteile aus PLM-Informationen ziehen können. Zudem erleichtert HD3D erheblich den Entscheidungsprozess bei allen Konstruktionsfragen. NX 7.0 wurde auf der jährlich stattfindenden Anwenderkonferenz Siemens PLM Connection Europe in Paris vorgestellt. Auch auf dem Gebiet der Synchronous Technology wartet NX 7.0 mit Verbesserungen auf. Diese Technologie für CAD-, CAM- und CAE-Anwendungen hatte Siemens im vergangenen Jahr eingeführt. Mit ihr lassen sich eine Reihe typischer Produktentwicklungsaufgaben nun erheblich schneller abarbeiten und auch die Möglichkeiten, Daten aus Fremdapplikationen einzulesen, wurden beträchtlich erweitert.

### Neue Parasolid Version 22

Siemens PLM Software kündigte die Version 22.0 (V22) von Parasolid an, die neueste Version der branchenführenden Software-Komponente für 3D-Geometriemodellierung. Parasolid V22 bietet zahlreiche Verbesserungen seiner Modellierungswerkzeuge, die auf einer robusten und umfassenden Funktionalität aufbauen und auf die viele der weltweit führenden PLM-Anbieter vertrauen. Die neuen Funktionalitäten wurden gezielt dafür entwickelt, um die Produktivität von Software-Entwicklern

zu fördern, die an den modernsten PLM-Lösungen auf dem Markt arbeiten. Zusätzlich zu Parasolid V22 veröffentlicht Siemens PLM Software gleichzeitig die neueste Version von Parasolid Bodyshop. Die Zusatzkomponente prüft und optimiert importierte Daten im Hinblick auf ihre Vollständigkeit und Zuverlässigkeit. Dabei kommen Technologien zur Wiederherstellung und Reparatur zum Einsatz. Parasolid Bodyshop V13 bringt weitreichende Verbesserungen bei der Optimierung von Modellen. Diese können nun mit Plug-ins für die Parasolid Workshop-Entwicklungsumgebung ausgewertet werden.

### Dokumentation zu JT weltweit erste ISO Spezifikation für 3D Visualisierung im PLM Bereich

Siemens PLM Software hat die Zertifizierung durch die International Organization for Standardization (ISO) für die detaillierte, umfangreiche Dokumentation des Dateiformates JT erhalten. Das in der PLM-Branche meistgenutzte 3D-Visualisierungsformat wurde in einem internationalen Abstimmungsprozess zertifiziert. Damit ist weltweit zum ersten Mal eine Zertifizierung der ISO für 3D-Visualisierung im Bereich PLM verfügbar.

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

## SIMULIA

### Abaqus Release 6.9-EF

Das neue Release Abaqus 6.9-EF mit neuen Funktionalitäten ist freigegeben. Einige der Neuerungen betreffen einen neuen iterativen Solver, einen verbesserten Kontakt bei impliziter Dynamik, Konturintegralberechnungen bei XFEM-Analysen, „Mesh mapping“ bei Co-Simulationen von Abaqus/Standard und Abaqus/Explicit, mitgeführte eulerische Netze bei CEL-Berechnungen, erweiterte Importmöglichkeiten mit Abaqus/CAE, erweiterte Optionen zur Geometriereparatur, erweiterte Optionen zur Visualisierung von Schalendicken, ... und mehr

**Seminartermine 2010**

In Kürze wird die Halbjahresbrochure mit den Seminarterminen des 1. Halbjahres 2010 verschickt. Im Internet finden Sie schon jetzt die komplette Seminarübersicht des Jahres 2010.

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

**SIMPACK**

**INTEC GmbH wird SIMPACK AG**

Die SIMPACK AG, ehemals INTEC GmbH ist in den vergangenen 5 Jahren um mehr als 25% pro Jahr gewachsen. Der Beginn der Wirtschaftskrise in 2008 ist an der SIMPACK AG nahezu unbemerkt vorübergegangen und die SIMPACK Gruppe konnte weltweit ein überproportionales Umsatz- und Gewinnwachstum von über 30% verzeichnen. Um den nötigen Raum für weitere Expansion zu schaffen, bezog die SIMPACK AG im August dieses Jahres ein neues Gebäude und verdoppelte damit nahezu ihre Büroflächen. Moderne Trainings- und Besprechungsmöglichkeiten tragen dem stetig wachsendem SIMPACK Qualifizierungsbedarf der Anwender Rechnung. Das Wachstum und die zunehmende internationale Orientierung des SIMPACK Geschäfts wurden zum Anlass genommen, der Firma einen neuen Namen und eine international anerkannte Rechtsform zu geben. Seit dem 04.09.2009 firmiert die INTEC GmbH unter dem Namen SIMPACK AG. Das Produkt SIMPACK prägt nahezu ausschließlich den Geschäftsinhalt des Unternehmens und der Name SIMPACK hat einen international hohen Bekanntheitsgrad erreicht. Beide Aspekte soll der neue Firmenname SIMPACK AG zum Ausdruck bringen und für die weitere Expansion nutzen. Neue Funktionalitäten in SIMPACK, die Erschließung weiterer Anwendungsbereiche im Windanlagen- und Antriebsbereich, ein erfolgreicher Verdrängungswettbewerb und eine Früchte tragende internationale Ausrichtung des Geschäftes trugen wesentlich zum Wachstum und der Entscheidung zur Umfirmierung bei.

Die stabile wirtschaftliche Situation der SIMPACK AG bedeutet für unsere Kunden Nachhaltigkeit im Einsatz von SIMPACK und einen hohen Innovationsgrad in der Weiterentwicklung. So arbeitet die SIMPACK AG mit erheblich aufgestockten Entwicklungskapazitäten unter Hochdruck an der neuen SIMPACK Generation 9.0. Die SIMPACK AG freut sich auf eine weiterhin gute Zusammenarbeit mit Ihren Kunden.

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

**SWAP COMPUTER**

**Neue Version von CADfix verfügbar**

Ab sofort ist die Version 8 von CADfix verfügbar. Die führende Software von TranscenData zur Konvertierung, Reparatur und Aufbereitung von 3D-CAD-Daten behebt die permanent vorhandenen Probleme bei Datenaustausch und Weiterverwendung in unterschiedlichen Anwendungen. Die Version 8 beinhaltet u.a. die folgenden neuen Funktionen und Verbesserungen: Der Shrink Wrap STL Generator erzeugt "wasserdichte" STL-Hüllen von Teilen oder Baugruppen. Dabei ist es möglich Spalte und Geometriedetails bis zu einer spezifizierten Größe zu unterdrücken. Für eine maximale Performance werden dabei mehrere vorhandene Prozessoren bzw. Kerne angesprochen. Mit den Imprinting Tools gibt es ein neues Werkzeug zum Auffinden sich berührender Bereiche zwischen unterschiedlichen Solids, sowie Funktionen diese zu Verschmelzen oder zu Trennen. Neu sind auch native 64-Bit Versionen für Windows & Linux. Dies ermöglicht den Import und die Verarbeitung auch extrem großer Modelle und Baugruppen jenseits der 32-Bit Speicherbegrenzung. Die Funktion zur automatischen Beseitigung von schmalen und spitzwinkligen Flächen, findet und eliminiert solche geometrischen Gegebenheiten, welche oft zu späteren Vernetzungsproblemen führen. Des weiteren wurde die Funktion zum Löschen von Features stark

erweitert, und ermöglicht nun auch das Löschen von hochkomplexen Geometrieelementen.

[www.swap.de](http://www.swap.de) [www.cadfix.de](http://www.cadfix.de)

**TECOSIM**

**TECOSIM entwickelt Potentialfahrzeug**

Der Rüsselsheimer CAE-Dienstleister TECOSIM GmbH hat eine neue, multidisziplinäre Methode zur Potentialanalyse von Komplettfahrzeugen und Teilstrukturen entwickelt. Mit Hilfe von Parametrik, Optimierung und Robustheitsbewertung werden hier mögliche Potentiale für bestehende oder künftige Fahrzeuge und Teilstrukturen komplett rechnerisch ausgelegt. Am Ende des Prozesses steht das „Potentialfahrzeug“ oder „Potentialmodul“ – eine in mannigfaltigen CAE-Attributen optimierte und native CAD-Geometrie.

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

**TRANSCAT PLM**

**Transcat PLM und Altair gehen Partnerschaft ein**

Die Karlsruher Transcat PLM GmbH, eine 100%ige Tochter von Dassault Systèmes, und Altair Engineering sind eine Vertriebspartnerschaft eingegangen. Transcat PLM wird ab sofort seinen Kunden HyperShape/CATIA, eine direkte Integration der Altair Designoptimierungstechnologie OptiStruct in die CATIA V5 Lösung von Dassault Systèmes anbieten. Damit erweitert sich das Lösungsportfolio der Karlsruher um einen wichtigen Baustein und das Systemhaus kann die Anforderungen seiner Kunden noch besser abdecken. Durch den Einsatz des Berechnungstools optimieren Unternehmen ihre Bauteile schon vor der Erstellung des CAD-Designs, indem sie Masse und Materialeinsatz reduzieren und ihre Entwürfe mit einer optimalen Topologie erzeugen.

<http://www.transcat-plm.com/de>



## TRANSTEC

**transtec stellt Hyper-V 2008  
Virtualisierungsbundle vor**

Für die Server-Virtualisierung in Microsoft-Umgebungen bietet transtec ab sofort eine neue Bundle-Lösung: den transtec Microsoft Hyper-V Server. Mit ihr können auch kleine und mittelständische Unternehmen mit bis zu zehn Servern von den Kostenvorteilen einer Virtualisierung profitieren. Die Administration erfolgt vollständig über systemeigene Tools. transtec bietet die Bundle-Lösung als Rackmount- und als Tower-Version an. In der Einstiegsconfiguration kostet der transtec Hyper-V-Server 1.410 Euro. Die Bundles sind ab sofort vorkonfiguriert oder individuell konfigurierbar erhältlich.

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

Werbeanzeige



**Diese Software  
bringt Ihre  
Daten ins  
passende  
Format!**

## Datenkonverter müssen nicht teuer sein!

**CrossCAD macht teure  
CAD-Schnittstellen überflüssig:**

- **Konvertierung** und **Reparatur** von 3D-CAD-Daten (auch im Batchbetrieb)
- **Ermöglicht den Import über vorhandene Standard-Schnittstellen**
- Unterstützt **CATIA, UG, Pro/E, ACIS, SolidWorks, Solidedge, Inventor, VDA, Parasolid, STEP, IGES, VDA, DWG/DXF**

**SWAP Computer GmbH**

Systemhaus für CAD/CAQ  
und Datenkonvertierung

**Tel: 078 51-48 0476**  
**info@swap.de**  
**www.swap.de**



Bitte senden Sie Ihre  
Pressemitteilungen an  
[magazin@nafems.de](mailto:magazin@nafems.de).

Die hier veröffentlichten Texte  
wurden nicht redaktionell redi-  
giert und wurden weitgehend  
unverändert von den jeweili-  
gen Firmen übernommen.



Seit 15 Jahren entwickelt die CEI Inc., USA, Top-Software für Post-Processing, Visualisierung und Animation von Berechnungsergebnissen im Bereich Computer-Aided Engineering (CAE). Unser Hauptprodukt **EnSight** wird von mehr als 700 Kunden erfolgreich eingesetzt.

Für die deutsche Tochterfirma CEI GmbH in Garching b. München suchen wir einen

## TECHNICAL CONSULTANT (m/w)

zur Betreuung unserer Kunden in Mittel-, Nord- und Osteuropa.

Zu den Aufgaben gehören insbesondere:

- Beratung unserer Kunden bei der Anwendung unserer Softwarelösungen
- Durchführung von Produktschulungen
- Bindeglied zwischen unseren Kunden und der Produktenwicklung in den USA
- Unterstützung des Vertriebs bei Produktpräsentationen

Das können wir ihnen bieten:

- Ein interessantes, vielseitiges und herausforderndes Aufgabengebiet im internationalen Umfeld
- Schlüsselposition für den Unternehmenserfolg
- Offene Team- und Kommunikationsstruktur
- Attraktives Gehalt für gute Leistung

Qualifikation

- Hochschulabschluss als Diplomingenieur oder vergleichbare Qualifikation
- Idealerweise 1-2 Jahre Berufserfahrung als Berechnungsingenieur
- Erfahrung in der Anwendung kommerzieller CAE-Software (CFD und/oder Strukturmechanik)
- Gute Windows und Linux-Kenntnisse
- Python Programmierkenntnisse sind von Vorteil
- Sehr gute Deutsch- und Englischkenntnisse
- Teamplayer mit Begeisterungsfähigkeit und Kundenorientierung
- Reisebereitschaft

Der/die erfolgreiche Bewerber(in) wird bei unserer Mutterfirma in den USA ein intensives Produkttraining durchlaufen.

Fühlen Sie sich angesprochen? Haben Sie noch Fragen?  
Dann wenden Sie sich bitte an Herrn Raimund Schweiger  
(Tel.: +49-89-54842191, [raimund.schweiger@ensight.com](mailto:raimund.schweiger@ensight.com))



**CEI GmbH, Lichtenbergstr. 8, 85748 Garching b. München**  
[www.ensight.com](http://www.ensight.com)



# CAE-Prozess- und Datenmanagement bei Audi

Karl Gruber, Josef Reicheneder, Stefan Bauer, Manfred Keul

AUDI AG, Ingolstadt, Deutschland

**In der Automobilindustrie verzeichnen wir einen ständigen Zuwachs an numerischen Simulationen. Das wird hauptsächlich durch zusätzliche Baureihen und Derivate, gesetzliche Anforderungen, Stochastik- und Optimierungsberechnungen, mehr Simulationsdisziplinen und eine verstärkte Integration der virtuellen Entwicklung in den Fahrzeugentwicklungsprozess verursacht. In diesem Umfeld gewinnt das CAE-Daten- und Prozessmanagement zunehmend an Bedeutung.**

**Die Standardisierung und Automatisierung der Simulation vor allem in der Solving-, Postprocessing- und Reporting-Phase entlastet den Berechnungsingenieur von zeitaufwendigen Routinearbeiten. Eine strukturierte und zentrale Datenablage ermöglicht es den unterschiedlichen Berechnungsteams, numerische Ergebnisse schnell zu suchen, zu finden und zu vergleichen. Dazu wurde bei Audi das Prozess- und Datenmanagementtool CAE-Bench (basierend auf MSC.SimManager) implementiert.**

**Ein anderer wichtiger Aspekt ist die Rückverfolgbarkeit numerischer Ergebnisse über den gesamten Berechnungsprozess hinweg. In diesem Zusammenhang spielt die Anbindung an die CAD / PDM Welt eine fundamentale Rolle. Unterschiedliche Konzepte hinsichtlich des Auswahlprozesses der CAD-Daten und der Aufbereitung der Berechnungsmodelle bis hin zur Vervollständigung der Input Decks sind untersucht worden. Die enge Zusammenarbeit mit externen Partnern (Zulieferer, Ingenieurdienstleister usw.) ist von entscheidender Bedeutung. Der Datenzugang wird durch entsprechende Rollen und Rechte der Anwender gesteuert.**

**Dieser Artikel präsentiert den aktuellen Stand des CAE-Prozess- und Datenmanagements und die Konzepte der CAD-CAE-Integration und des Modellerstellungsprozesses.**

## 1 Einführung

Wegen der verkürzten Produktentwicklungszeiten müssen alle Berechnungen und Versuche zur Funktionsauslegung in immer kürzerer Zeit durchgeführt werden. Andererseits sind wir mit mehr Fahrzeugbaureihen, Gesetzanforderungen und zusätzlichen Berechnungsdisziplinen konfrontiert. Damit eine hohe Entwicklungsqualität bis zum Meilenstein der ersten Versuche sichergestellt werden kann, muss eine Vielzahl von Stochastik- und Optimierungsberechnungen mit unterschiedlichen Parameterkombinationen durchgeführt werden. Um die Berechnungsqualität zu erhöhen, ist unter anderem die Feinheit der Berechnungsmodelle in den letzten zehn Jahren um etwa das zehnfache gewachsen. Aufgrund all dieser Tatsachen ist das Datenvolumen exponentiell gewachsen. Um diese Herausforderungen zu bewältigen, ist ein professionelles Prozess- und Datenmanagement eine absolute Notwendigkeit. Während in der Vergangenheit die Verbesserung der CAE-Tools im Vordergrund stand, ist heutzutage die Integration der Berechnung in den Fahrzeugentwicklungsprozess mit einem eng verknüpften Prozess- und Datenmanagement der zentrale Punkt. In einer frühen Phase des Entwicklungsprozesses steht nur eine kleine Anzahl von extrem teureren physikalischen Prototypen zur Verfügung, so dass virtuelle Prototypen mit hoher Qualität zunehmend wichtiger werden.

## 2 CAE-Prozess

Der CAE-Prozess muss optimal in den Gesamtentwicklungsprozess eingebettet sein.

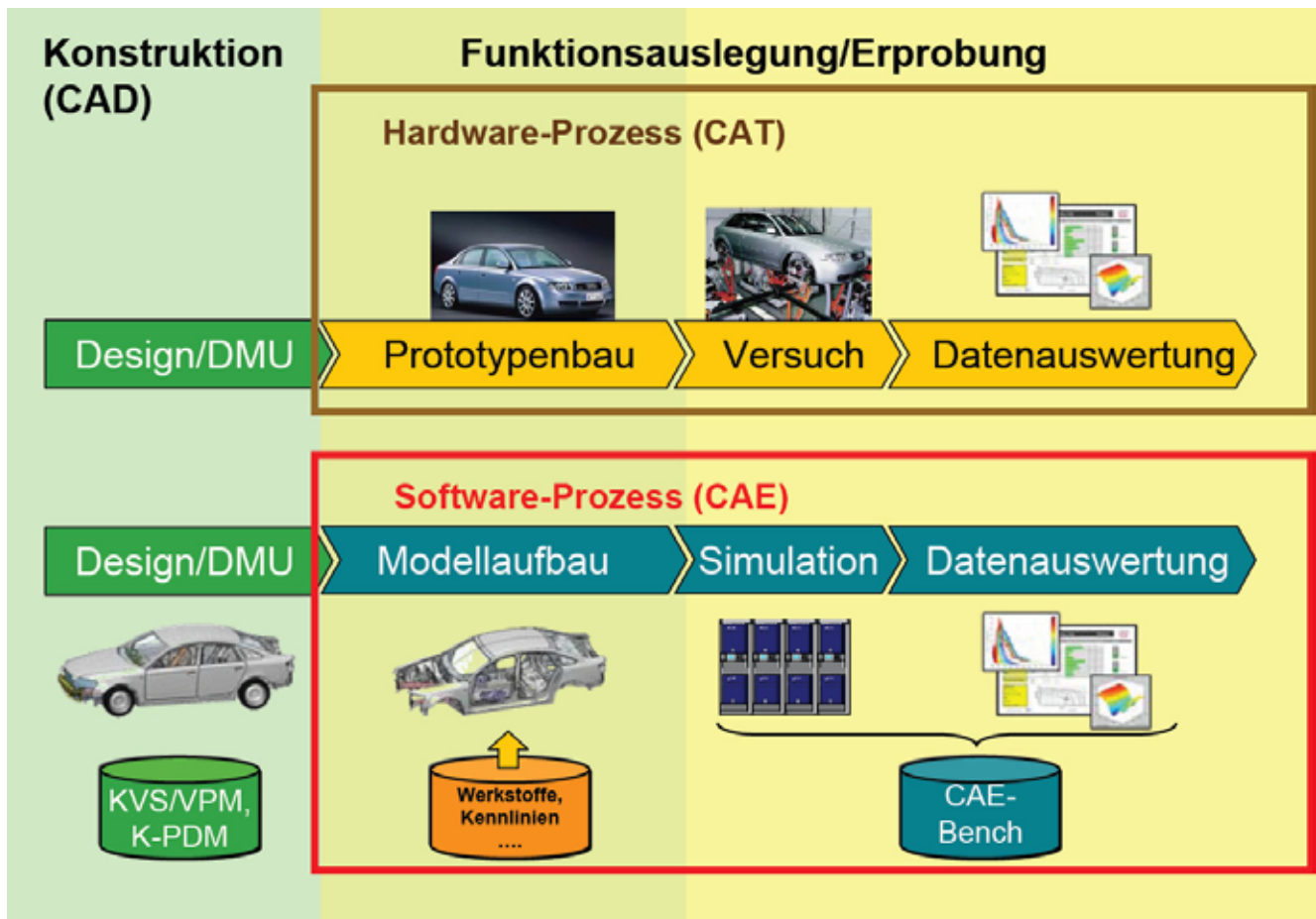


Abb. 1: Funktionsauslegung (Hardware- und Software-Prozess)

In Abb. 1 ist der grundlegende Ablauf des CAE- (Computer Aided Engineering) und des CAT- (Computer Aided Testing) Prozesses dargestellt. Im Serienentwicklungsprozess werden die geometrischen Daten von den Konstruktionsabteilungen geliefert. Basierend auf diesen Daten und zusätzlichen Informationen wird innerhalb der Preprocessing-Phase entsprechend dem Bau eines physikalischen Prototypen ein Berechnungsmodell aufgebaut. Nach der Durchführung der Berechnung bzw. des Versuchs werden innerhalb der Postprocessing-Phase die erzeugten Berechnungs- bzw. Versuchsdaten ausgewertet. Dieser Prozess läuft für die unterschiedlichen Berechnungsdisziplinen wie Crash, Aerodynamik, Mehrkörpersysteme, Akustik, Schwingungsanalyse usw. ähnlich. Während im Konstruktionsprozess die Geometrie und geometrischen Eigenschaften definiert werden, stehen im Funktionsauslegungsprozess physikalisches Verhalten, Funktion und physikalische Eigenschaften des Produktes und der Komponenten im Vordergrund. Dazu werden unzählige nichtgeometrische Daten wie Materialeigenschaften, Steifigkeiten, Feder-Dämpfer-Kurven, Massen mit Schwerpunkten und weitere Informationen wie z.B. die Eigenschaften von Schweißpunkten benötigt.

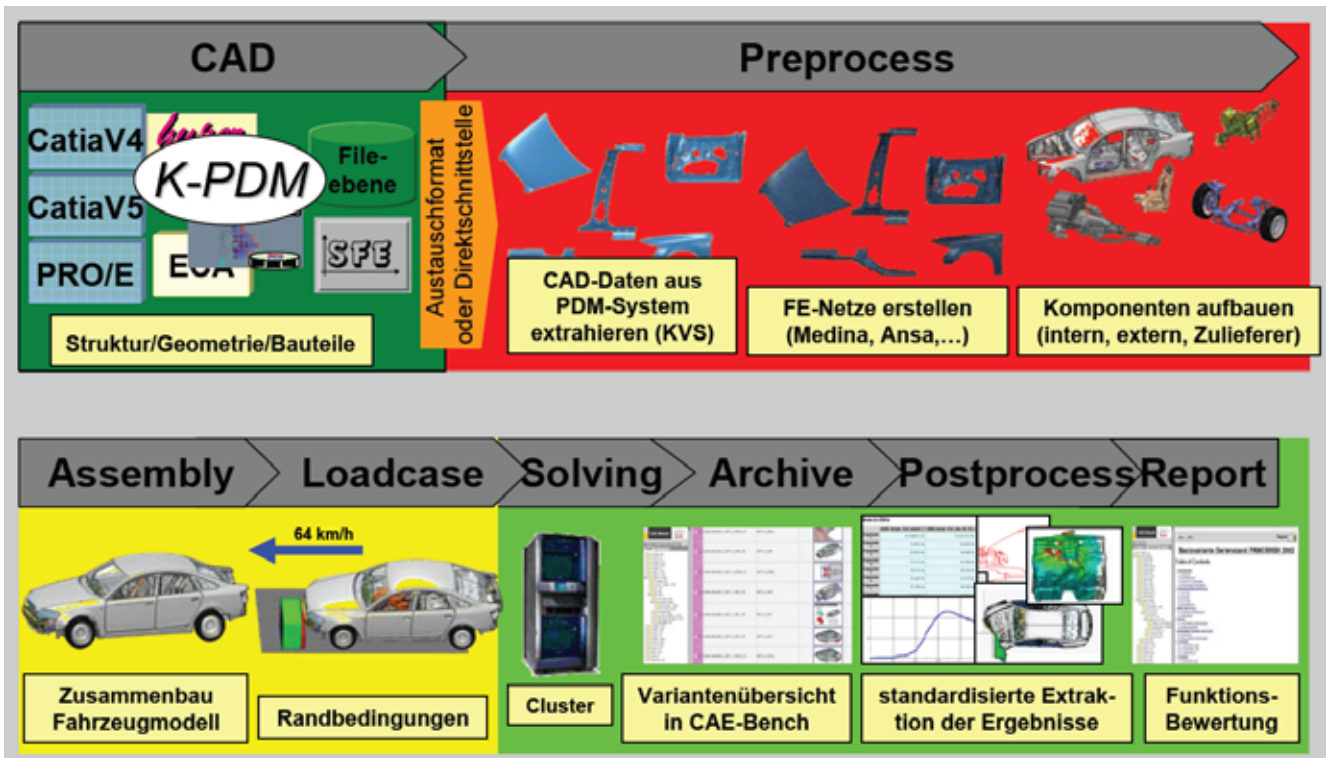


Abb. 2: Berechnungsprozess

In Abb. 2 sind die verschiedenen Schritte des Berechnungsprozesses dargestellt. Zuerst müssen die CAE-relevanten Daten aus den PDM(Product Data Management)- und CAD(Computer Aided Design)-Daten extrahiert werden. Nach der Aufbereitung der CAD-Daten können die Netze erzeugt werden. Basierend auf diesen Netzen werden Komponenten und Submodelle erzeugt. Zusammen mit zusätzlichen Informationen und Daten kann das vollständige Input-Deck erstellt werden. Nach der Solving-Phase folgt dann die Postprocessing- und Reporting-Phase.

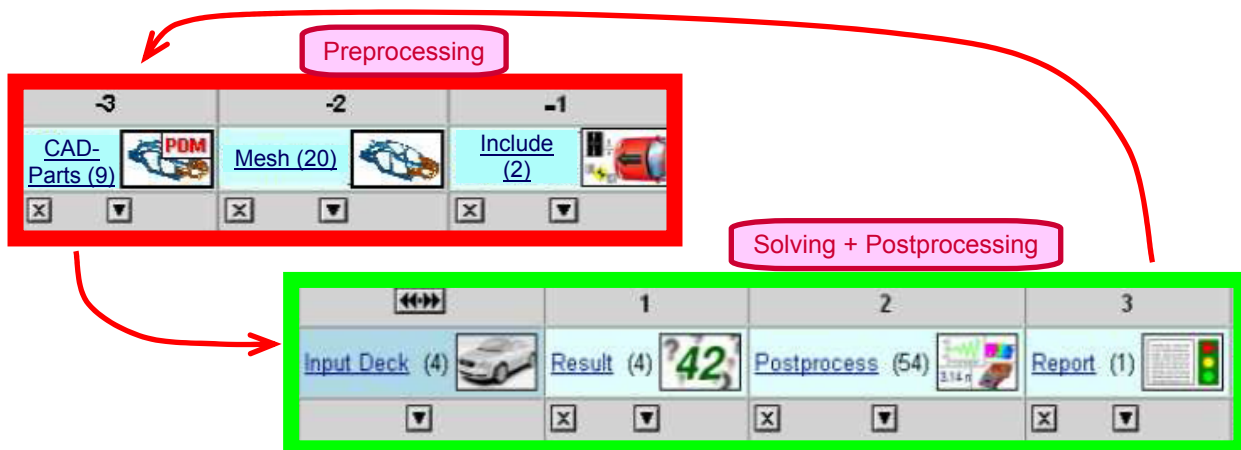


Abb. 3: Informations- und Datenrückverfolgbarkeit

Im Fahrzeugentwicklungsprozess ist die Nachvollziehbarkeit und Rückverfolgbarkeit von Daten und Informationen eine wichtige aber schwierige Anforderung. Zu diesem Aspekt und zu anderen Gesichtspunkten werden in Kap. 3.2 das Konzept und die Ideen innerhalb der Preprocessing-Phase diskutiert. Die bereits umgesetzte Lösung für die Solving- und Postprocessing-Phase wird in Kap. 4 in Zusammenhang weiterer Gesichtspunkte vorgestellt.

### 3 Erstellungsprozess des Berechnungsmodells

Das Preprocessing bzw. die Erstellungsphase des Berechnungsmodells ist zwischen Konstruktionsphase und Solving-Phase angesiedelt. Während in der Solving- und Postprocessing-Phase schon ein hohes Standardisierungs- und Automatisierungs-Niveau erreicht ist, muss in dieser Phase ein systemunterstützter Modellerstellungsprozess geschaffen werden, um die Lücke hinsichtlich Nachvollziehbarkeit der Daten und Informationen zu schließen.

#### 3.1 Aktuelle Situation

Als Konstruktionsdatenmanagement sind bei Audi noch die beiden Systeme KVS und VPM im Einsatz. Diese beiden Systeme werden zukünftig durch das konzernweite System Connect (basierend auf Teamcenter) ersetzt. Neben den geometrischen Daten muss noch eine Vielzahl weiterer Datenarten beschafft werden, um ein Berechnungsmodell aufbauen zu können. Diese zusätzlichen Daten sind in verschiedenen Datenquellen gehalten, die in verschiedenen Datenbanken und File-Systemen verteilt sind. Obwohl einige Berechnungsdisziplinen schon vereinzelt Prozessschritte automatisiert haben, gibt es keine durchgängige disziplin-übergreifende Lösung für die Datenablage und Prozesssteuerung innerhalb des CAE-Modellerstellungsprozesses. Folglich ist es sehr schwierig, die Entwicklung von Berechnungsmodellen zwischen den unterschiedlichen Modellständen durchgängig zu dokumentieren und systematisch Berechnungsmodelle für weitere numerische Untersuchungen bereitzustellen.

Ein weiteres Problem besteht darin, dass die Modellerstellung vorwiegend durch Ingenieurdienstleister durchgeführt wird. Jedoch gibt es bis heute für die Daten der Konstruktion und der Funktionsauslegung kein einheitliches integriertes Produktdatenmodell. Vielmehr ist es üblich, viele unterschiedliche Berechnungsmodelle für die unterschiedlichen Disziplinen, Lastfälle, Methoden und Programmsysteme entlang der gesamten Berechnungsprozesskette zu erstellen.

Gesamtfahrzeugmodelle und Teilmodelle für die Funktionsauslegung und Validierung müssen durch den Berechnungsingenieur oder Modellersteller aufgebaut werden, wobei die CAD-Daten und zusätzliche ergänzende Informationen der Ausgangspunkt sind. In frühen Phasen des Produktprozesses, wenn es noch keine CAD-Daten gibt, werden Modelle von ähnlichen Komponenten des Vorgängerfahrzeugs übernommen und modifiziert oder der Modellersteller muss die Geometrie selbst erzeugen. Gegenwärtig ist die Modellerstellung noch mit einem enormen manuellen Aufwand verbunden. Dabei werden viele Typen, Varianten und Versionen an Berechnungsmodellen für unterschiedliche Berechnungsaufgaben und Lastfälle erzeugt.

Gleichzeitig zum Berechnungsprozess reifen die verfügbaren CAD-Daten, werden weiterentwickelt und verfeinert. Um die Nachvollziehbarkeit von Berechnungsergebnissen zu bekommen, müssen die Simulationsprozesse untereinander und mit dem laufenden Konstruktionsprozess verknüpft werden. Für dieses Ziel ist eine geeignete Daten- und Prozessmanagement-Unterstützung unerlässlich.



### 3.2 Ziele und Lösungsansätze

Um unabhängig und flexibel zu sein, ist ein lösungsneutrales Konzept erforderlich. Daraus ergeben sich zwei Hauptanforderungen.

Erstens sollte die erwähnte Nachvollziehbarkeit (s. Abb. 3) über den gesamten Berechnungsprozess hinweg möglich sein. Speziell die Frage, auf welchen CAD-Ständen und anderen Komponentendaten ein Modell oder Teilmodell und somit die Ergebnisse basieren, sollte beantwortet werden können. Andererseits benötigen wir die Information, in welchen Berechnungsmodellen ein bestimmtes CAD-Bauteil verwendet wurde. Mit der Verfügbarkeit dieser Information ist es einem Berechnungsingenieur möglich zu beurteilen, ob eine Neuvernetzung eines Bauteils oder die Wiederholung von Berechnungen mit geänderten Parametern notwendig ist, falls sich das Bauteil wesentlich geändert hat.

Zweitens sollte ein höheres Niveau an Vereinheitlichung und Standardisierung erreicht werden. Eine einheitliche Sichtweise ist dadurch möglich, dass die gleichen Bezeichnungen und Attribute für das gleiche Objekt benutzt werden. Vereinheitlichte Prozessschritte sind eine Voraussetzung für eine gemeinsame Datennutzung. Gemeinsame Daten sind die Basis für die Wiederverwendung von aufbereiteten CAD-Daten für verschiedene Berechnungsaufgaben. Standardisierung und Vereinheitlichung der Arbeitsabläufe innerhalb eines Berechnungsteams sind eine Voraussetzung für eine weitreichende Automatisierung und somit für eine Vereinfachung des Modellerstellungsprozesses. Dieser Standardisierungsprozess ist jedoch vom später verwendeten System unabhängig. Es ist mehr eine Frage der unterschiedlichen Sichtweise und Bereitschaft der verschiedenen Teammitglieder. Selbst wenn gewisse Schritte innerhalb des Modellerstellungsprozesses noch nicht automatisierbar sind, sollte der Berechnungsingenieur soviel wie möglich unterstützt und von Datenverwaltungstätigkeiten und einfachen sich wiederholenden Routine-Aufgaben befreit werden.

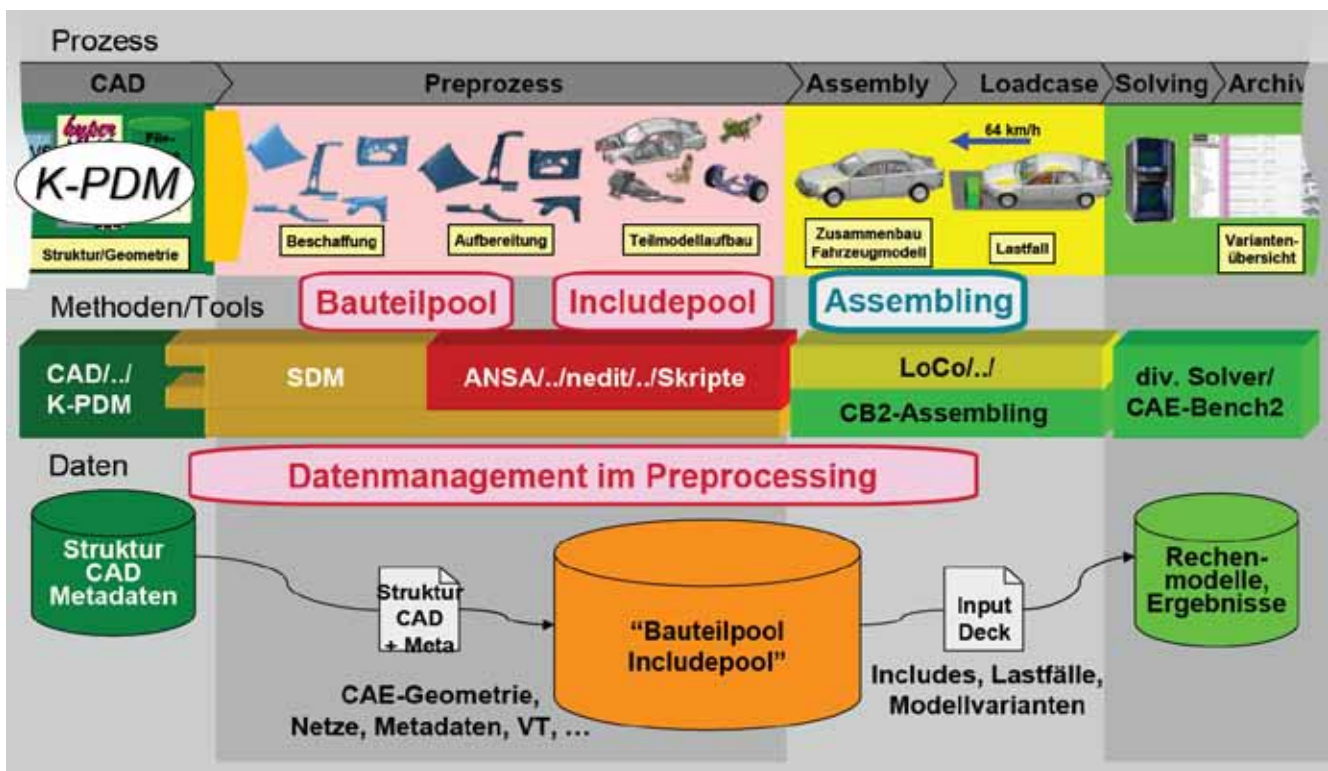


Abb. 4: Prozess, Methoden, Tools und Daten in der Preprocessing-Phase

Das Simulationsdaten-Managementsystem für das Preprocessing (Pre-SDM-System) unterstützt alle Schritte der Datenbeschaffung (CAD, Teile- und Verbindungsdaten), Datenaufbereitung, Vernetzung, Erstellung der Submodelle und der Zusammenstellung eines vollständigen Input-Decks. Während in der Vergangenheit die Daten in verschiedenen File-Systemen verteilt waren, sollten zukünftig alle Daten und Informationen in einer gemeinsamen Datenablage gespeichert werden (Abb. 4 und 5).

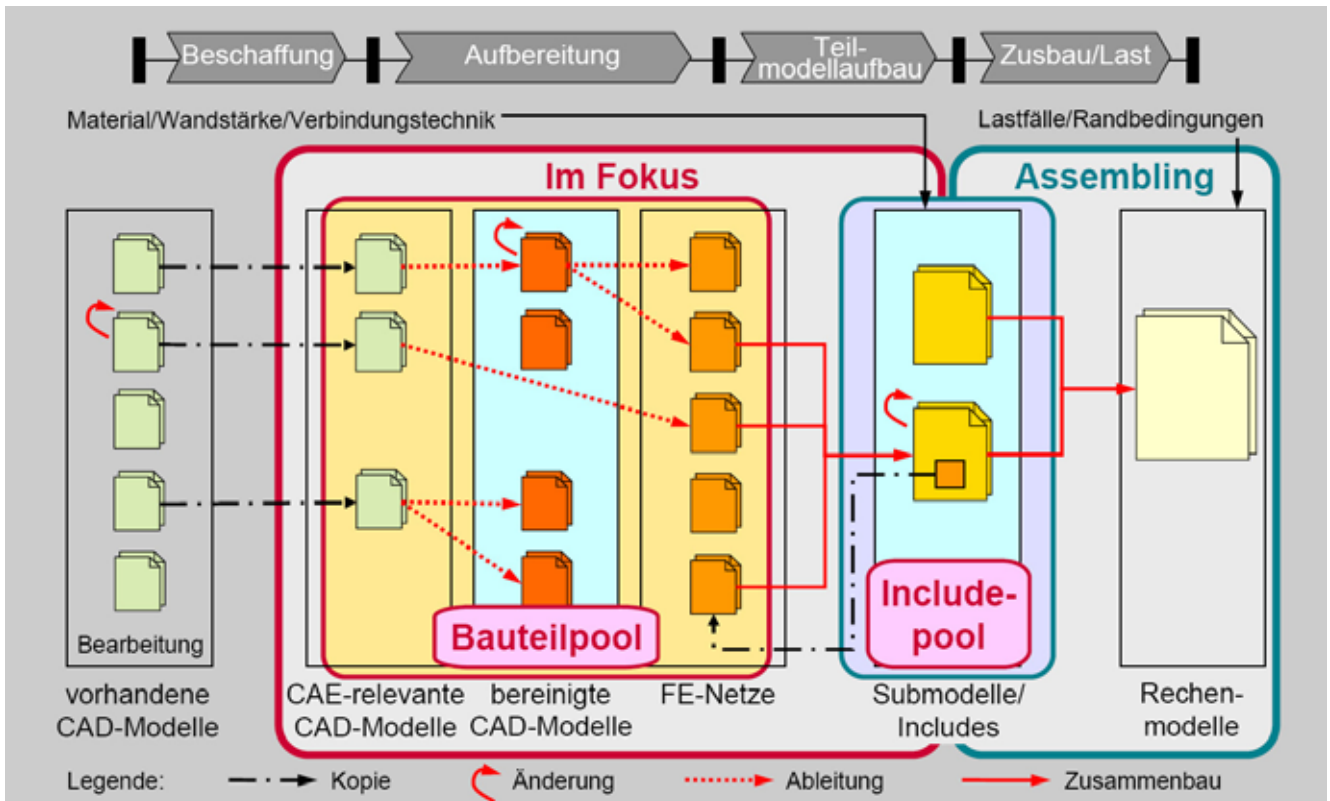


Abb. 5: Prozess Modell, Preprocessing Schritte, Bauteil-Pool, Include Pool

Um die beschriebenen Anforderungen und Funktionalitäten zu erfüllen, sollte ein zukünftiges Pre-SDM-System einen PDM-Connector/Wrapper, einen gemeinsamen Bauteil-Pool und einen zentralen Submodell-Pool / Include-Pool enthalten (Abb. 5).

Der PDM-Connector automatisiert den Datenaustausch zwischen den Systemen und eliminiert so eine mögliche Datenredundanz. Spezielle Funktionalitäten des PDM-Connectors sind die regelmäßige Übernahme der Strukturdaten aus dem PDM-System, eine automatische Lieferung von Vorschauinformationen (soweit wie möglich), interaktive Auswahl von CAE-relevanten Daten, automatische oder halbautomatische Konvertierung oder Vernetzung von ausgewählten CAD-Daten und eine automatische Notiz, Anzeige und Bereitstellung der Änderungen vom PDM-System.

Ein gemeinsamer Bauteil-Pool agiert als zentrale Sammelstelle für bauteilbezogene Eingabedaten nicht nur geometrischer Daten sondern auch begleitender Metadaten und Verbindungstechnologien aus verschiedenen Quellen. Der Bauteilpool erleichtert das Klassifizieren, Nummerieren, Sortieren und Wiederfinden von Bauteilen und stellt die Informationen multidisziplinär zur Verfügung. Des Weiteren unterstützt er die Automatisierung von Prozessschritten, soweit dies aus inhaltlicher Sicht möglich und sinnvoll ist. Daten, die auf verschiedene Datenablagen verteilt sind, können verwaltet und systematisch und zentral zur Verfügung gestellt werden. Somit fördert der Bauteil-Pool eine gemeinsame Datenhaltung und Wiederverwendung. In diesem Kontext ist es wichtig, dass nicht nur offizielle CAD-Versionen sondern auch inoffizielle vorläufige Stände gespeichert und dokumentiert werden. Mehrere Teile aus dem Bauteil-Pool werden zu einem speziellen Solver-neutralen Submodell zusammgebaut.

Der zentrale Submodell- / Include-Pool dient als Sammelstelle für die aufbereiteten Submodelle (Includes) verschiedener Disziplinen. Auch in diesem Fall werden nicht nur die CAE-Modelle selbst sondern auch die dazugehörigen Metadaten gespeichert. In der gleichen Art und Weise wie der Bauteil-Pool unterstützt der Submodell-Pool das Klassifizieren, Nummerieren usw.. Darüber hinaus unterstützt er die Automatisierung von Routine-Aufgaben. Im letzten Schritt werden ausgewählte Solver-spezifische Includes, die mit entsprechenden Zusatzinformationen versehen sind, zu einem vollständigen Input-Deck zusammgebaut.



## 4 Solving, Postprocessing und Reporting Prozess

Das vorangegangene Kapitel beschrieb die Preprocessing-Phase und somit die Erstellungsphase des Berechnungsmodells. Die wesentlichen Schritte sind die Datenextraktion aus dem PDM/CAD-System, Vernetzung der Bauteile, Erstellung der Submodelle und der Zusammenbau der relevanten Submodelle, Komponenten wie Barrieren und Dummies, Kontaktdefinitionen, Geschwindigkeiten, Materialparameter, Lastfall, numerische Parameter, Jobsteuerungsparameter usw. und die Vervollständigung des Inputdecks. Im folgenden Kapitel ist die Solving-, Postprocessing und Reporting-Phase mit dem vollständigen Input-Deck als Startpunkt im Fokus. Während in der Preprocessing-Phase bisher nur gewisse Schritte standardisiert und automatisiert sind, wurde in der Solving-, Postprocessing- und Reporting-Phase der Standardisierungsprozess in den Teams und die Automatisierung vor vielen Jahren vollzogen und in das bei Audi verwendete System CAE-Bench integriert, das auf dem System MSC.SimManager basiert.

### 4.1 CAE-Bench

Das System CAE-Bench wird seit vielen Jahren produktiv in verschiedenen Disziplinen intensiv genutzt (Abb. 6). Aktuell werden ca. 15.000 Simulationen pro Monat durchgeführt und in das System eingestellt. Mehr als 360.000 Simulationen mit einem Datenvolumen von ungefähr 250 TByte sind momentan im System gespeichert. Der Datendurchsatz beträgt etwa 1 TByte pro Tag. Über 450 Benutzer (ungefähr je zur Hälfte interne und externe) arbeiten aktiv mit CAE-Bench. Ungefähr ein Drittel der 450 Benutzer erzeugen und speichern aktiv Daten, während die anderen Zweidrittel die gespeicherten Daten lesen und visualisieren. Etwa 45 externe Partnerfirmen benutzen das System zur Bearbeitung von speziellen Audi-Projekten.

CAE-Bench unterstützt den Berechnungsingenieur in zweierlei Hinsicht. Einerseits wird der Berechnungsingenieur in der Dokumentation durch Standardisierung und Automatisierung des Berechnungsprozesses (einschließlich Ressourcen- und Job-Management) von lästigen Routinearbeiten befreit, um sich mehr auf die eigentliche Ingenieursaufgabe konzentrieren zu können. Andererseits sind als wesentliche Vorteile eines Datenmanagementsystems wie CAE-Bench die Nachvollziehbarkeit, schnelles Wiederfinden von Daten, Vergleich verschiedener Ergebnisse, Zusammenarbeit mit internen und externen Partnern und die automatisierte Erstellung aktueller professioneller Präsentationen für Projekt-Meetings zu nennen. CAE-Bench deckt den kompletten Prozess vom Solving bis zum fertigen Bericht ab. Nach dem Import eines rechenfähigen Inputdecks wird die Solving Phase gestartet. Nach der Erzeugung der Rohdaten werden die sogenannten PPOs (PostProcessing Objects) wie Werte, Kurven, Bilder und Filme usw. produziert. Diese Objekte sind der Input für die Reporterstellung. PPOs können durch Skripte oder vorgefertigte sogenannte Storyboards produziert werden. Bei der Verwendung von Skripten muss die Postprocessing Software in der Lage sein, Batch-Jobs ohne zusätzliche Benutzereingabe ablaufen zu lassen. Ein Storyboard ist eine Liste mit Key-Value-Paaren, die jeden PPO Block vollständig definieren (z.B. x-parameter = time). Diese Werte werden in ein Session File geschrieben, wobei die Keys als Platzhalter fungieren. Die sich ergebenden Session Files produzieren die PPOs in der gleichen Art und Weise wie Skripte. Mit Storyboards können neue Kombinationen von PPOs erzeugt werden, ohne neue Skripte zu entwickeln. Storyboards lassen sich als variable Skripte, die auf Standard Building Blocks aufbauen, interpretieren.

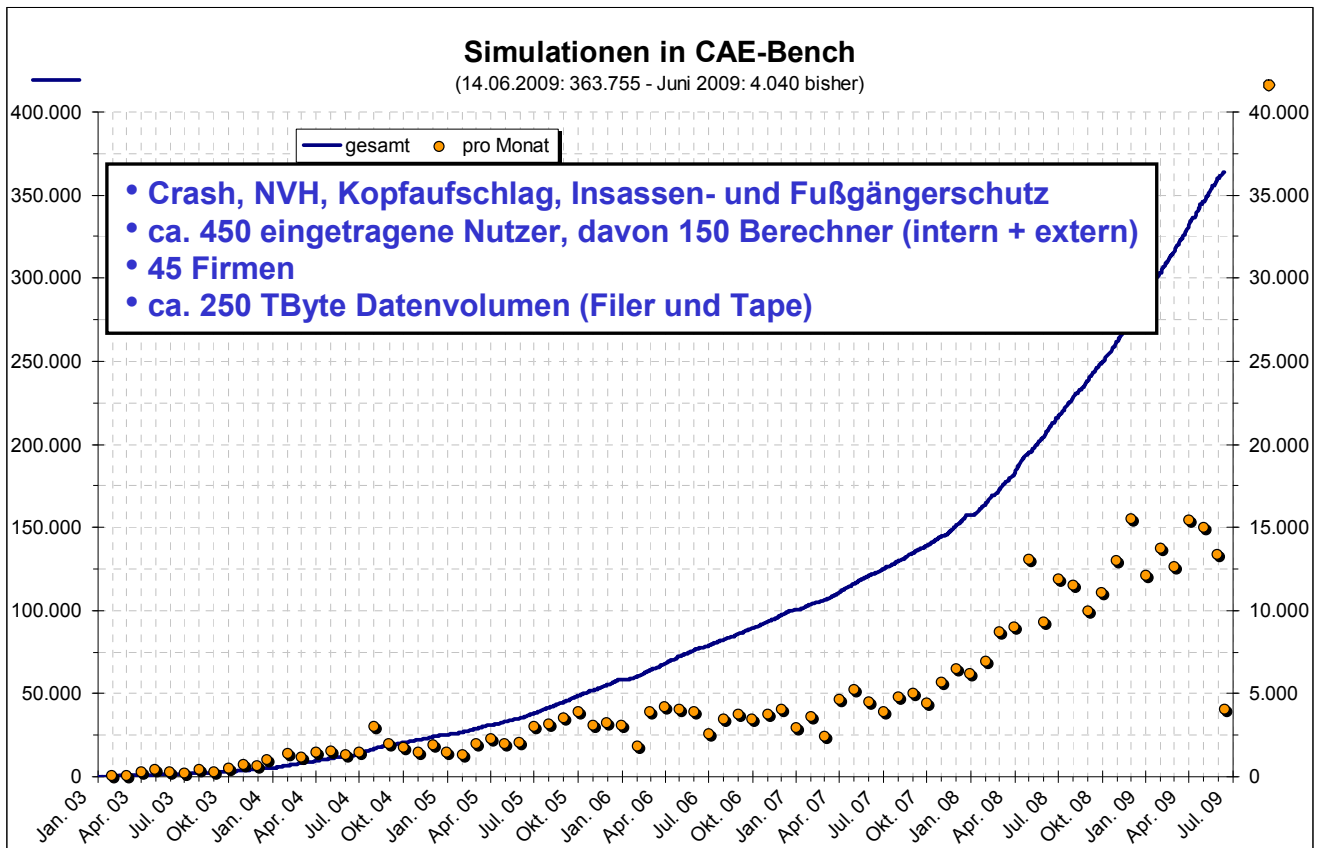


Abb. 6: Simulationen in CAE-Bench (pro Monat, kumulativ)

Aus der mehrjährigen produktiven Arbeit mit CAE-Bench soll auf folgende Tatsachen und Erfahrungen hingewiesen werden:

- Berechnungsergebnisse und Varianten können leicht gefunden und mithilfe des Vergleichsreports leicht verglichen werden.
- Standardisierung und Automatisierung sind qualitätssichernde Maßnahmen.
- Durch die Verknüpfung der Objekte wird es nachvollziehbar und verständlich, wo die Daten herkommen und wo sie hingehen.
- Ergebnisse und Erkenntnisse von Vorgänger-Fahrzeugprojekten können leicht gefunden und weiterbenutzt werden.
- Der konzernweite Austausch von Daten und die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit externen Partnern lassen sich erheblich leichter durchführen. Somit unterstützt das System die Teamarbeit mit externen Partnern.
- CAE-Bench hat für eine große Anzahl an Simulationen eine strukturierte und transparente Datenablage und garantiert einen leichten Zugriff zu den Ergebnissen.
- Standardaufgaben wie Auswertung und Berichterstellung werden automatisch ausgeführt.
- Das Rechte- und Rollensystem wurde an die Audi-Prozesse angepasst, wobei die Projektleiter für die Rollen ihrer Teammitglieder verantwortlich sind.
- Da CAE-Bench web-basiert ist, kann es mit jeder Hardware- und Betriebssystemarchitektur benutzt werden.
- In vielerlei Hinsicht ist das System erweiterbar. Schnittstellen zwischen verschiedenen Disziplinen und zu anderen Datenmanagementsystemen können leicht eingerichtet und unterstützt werden. Zusätzliche Solver und Postprozessoren können leicht integriert werden.
- Zur produktiven Nutzung muss das System ohne interaktiven Eingriff stabil sein. Das System muss ohne Einschränkungen 7x24 Stunden verfügbar sein, weil sich die Benutzer darauf verlassen.
- CAE-Bench ist die Sammelstelle für alle Prozessfehler. Ein Fehler eines Teilsystems kann das gesamte System lahmlegen.
- Manchmal sind Fehlfunktionen schwierig zu identifizieren, da jede eingebundene Komponente Hardware- oder Softwarefehler verursachen kann.
- CAE-Bench unterstützt lediglich eindeutige Prozessabläufe.

- Umfangreiche Systemerweiterungen können zu einem äußerst komplexen grafischen Interface führen.
- Um den Aufwand und die Ausfallzeit aufgrund eines neuen Release des Kernproduktes zu minimieren, sollten die Individualisierungen und Kundenanpassungen so gering wie möglich gehalten werden. Der automobilspezifische Anteil sollte in einer „Automotive Standard Configuration“ zusammengefasst werden. Alle Basisfunktionalitäten sollten im SDM-Kernprodukt enthalten sein.

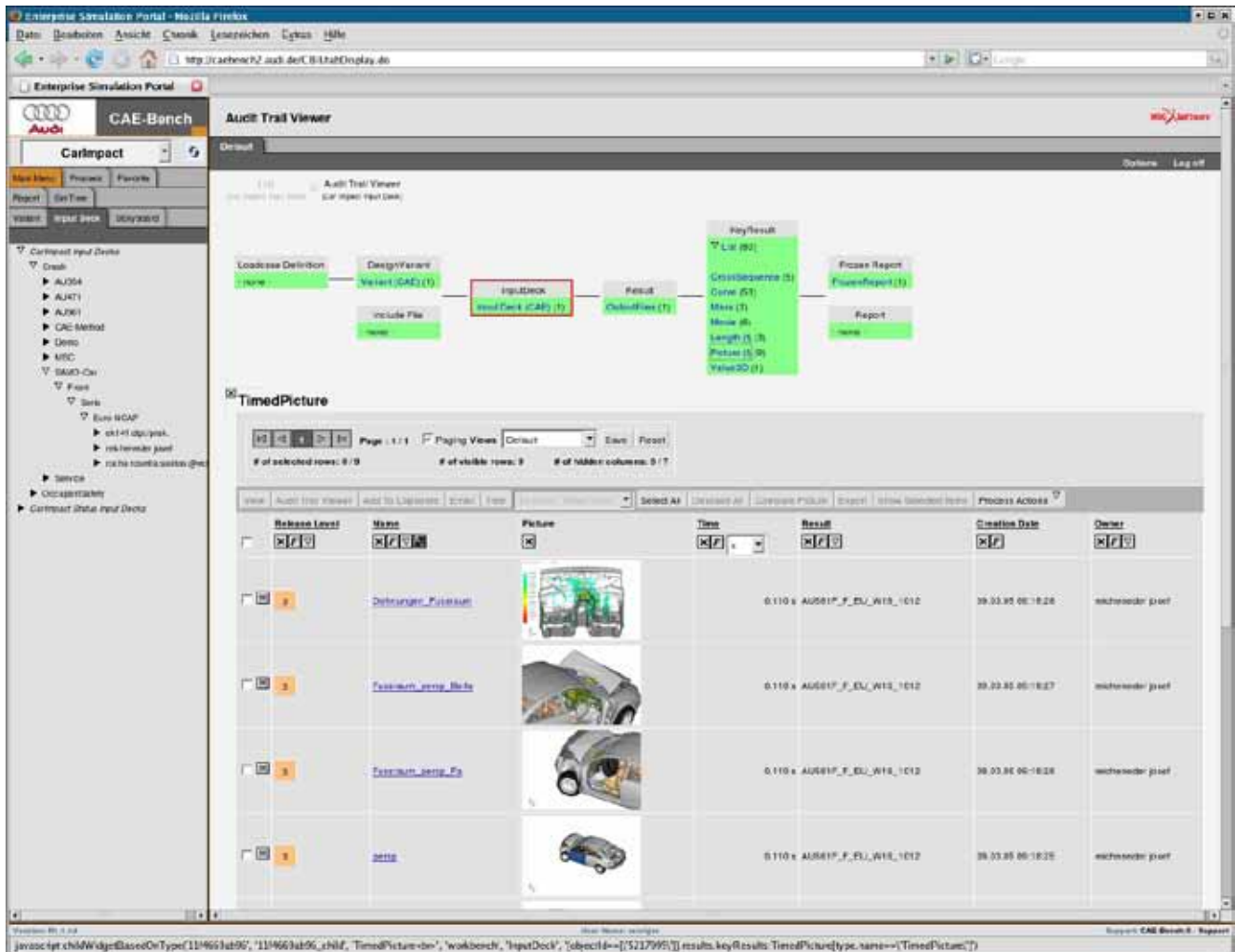


Abb. 7: Grafisches Interface von CAE-Bench

## 4.2 Datenfluss und Systeminfrastruktur

Die Infrastruktur für das System CAE-Bench besteht aus einer Vielzahl verschiedener Komponenten (Abb. 8).

Der erste Schritt ist der Import eines Input-Decks. An der Workstation kann der Benutzer den Import entweder über eine Shell oder über eine Import-Eingabemaske im Browser starten. Dazu müssen die erforderlichen Metadaten (z.B. Fahrzeugprojekt, Lastfall, Disziplin, usw.), ein Storyboard, ein Report-Template, die Parameter für den Solving-Prozess (Name und Version des Solvers, CPU-Typ, Anzahl der CPUs und möglicherweise die erforderliche Hauptspeichergroße) eingegeben werden. Wenn der Masken-Import benutzt wird, werden die Daten über ein spezielles Template eingegeben. Wird der Shell-Import benutzt, werden die Daten und Informationen direkt in den Header des Inputdecks geschrieben.

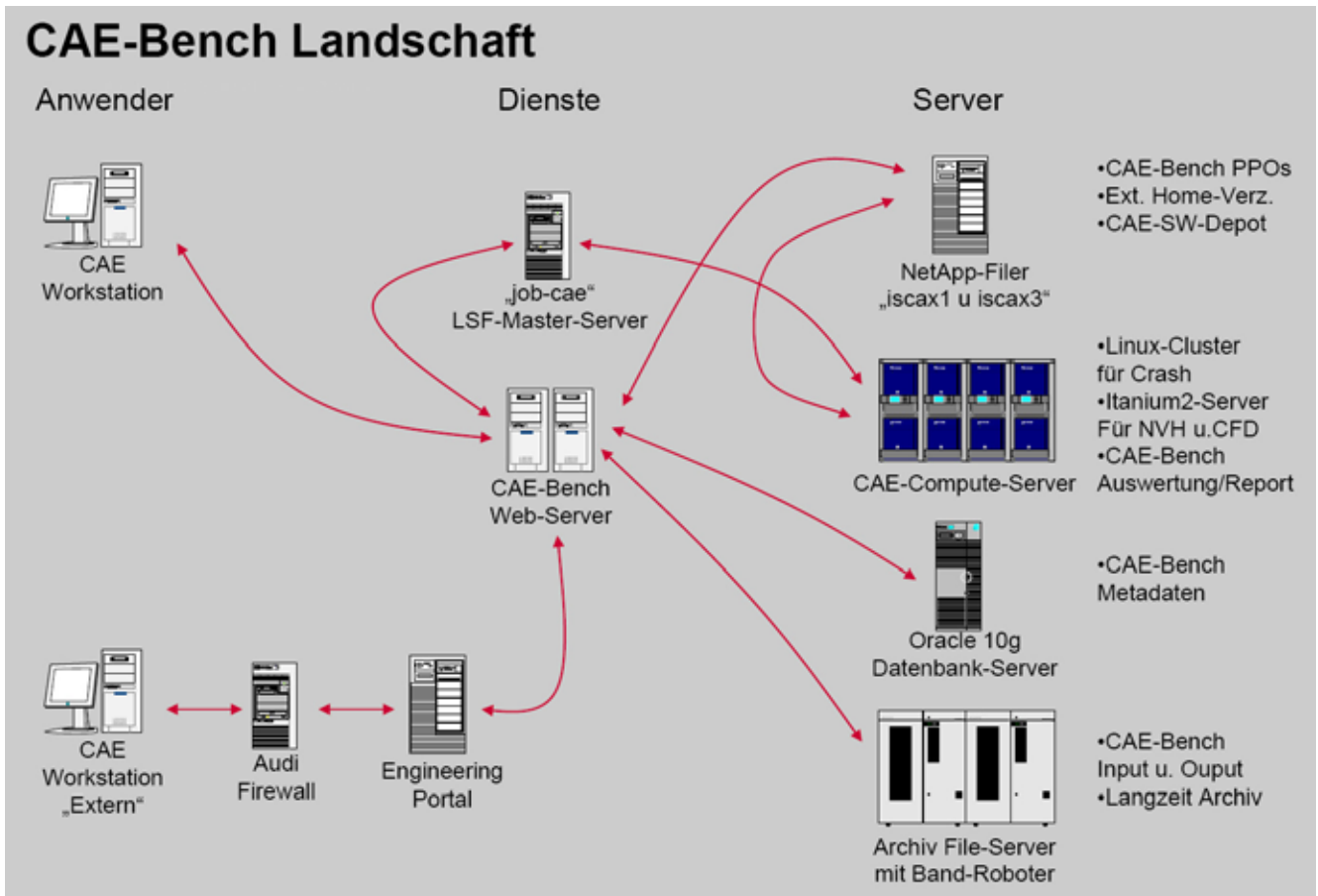


Fig. 8: Infrastruktur von CAE-Bench

Interne Anwender haben innerhalb des Browsers direkten Zugriff auf CAE-Bench. Externe Anwender müssen über das mit entsprechenden Sicherheitsprüfungen ausgestattete AUDI-Engineering Portal auf CAE-Bench zugreifen.

Der zweite Schritt ist der Solving-Prozess. CAE-Bench reißt das Inputdeck mittels LSF (Load Sharing Facility) in die Warteschlange der zur Verfügung stehenden Rechencluster ein.

Der dritte Schritt ist die Auswertung. Nach dem erfolgreichen Solving-Prozess wird der Output direkt auf die Festplatte des zugewiesenen Auswerterechners kopiert.

Der vierte Schritt ist die Speicherung der erzeugten Daten. Diese werden je nach Datentyp auf entsprechende Speichermedien kopiert. Die großen Solver Output Files werden auf den Archivserver, die PPOs auf den Fileserver und die Metadaten einschließlich der File-Pfade in die Oracle-Datenbank kopiert.

Der letzte Schritt ist das Reporting. Dedizierte Report Server erstellen mittels des Report Templates und der PPOs den Bericht.

Demnächst werden zusätzliche Benutzeranforderungen implementiert, um die Funktionalität und Performance des Systems weiter zu steigern.

## 5 EU-Projekt SIMDAT (SIMulation DATa grids)

Das Projekt SIMDAT war ein Forschungsprojekt, das durch die EU (European Commission) mit einer Projektphase von September 2004 bis Oktober 2008 gefördert wurde. Detaillierte Informationen sind im Internet unter <http://www.simdat.eu> veröffentlicht. SIMDAT hat sich auf 4 Anwendungsfelder (application areas) konzentriert: Produktentwicklung in der Automobilindustrie, in der Luft- und Raumfahrtindustrie und in der Pharmazie und die Bereitstellung von Datendiensten in der Meteorologie. Ein Ziel der Automotive Activity war die firmenübergreifende Zusammenarbeit verschiedener Berechnungsdisziplinen über unterschiedliche Standorte hinweg. Ein weiteres Ziel war die Entwicklung und Bereitstellung verschiedener Technologien für die CAx-Integration. Ein Aspekt dabei war der Datenaustausch zwischen CAD und CAE oder zwischen CAE und CAT (Abb. 9). Dazu wurden entsprechende Basistechnologien (z.B. WSRF Grid Middleware, Ontology Service, OGSA-DAI-Connector usw. [4]) entwickelt und mittels Prototypen implementiert. In Abb. 9 ist die Architektur für die lose Kopplung des Systems über einen sogenannten Ontology Service (Semantic Layer, OGSA-DAI) dargestellt. Für den Datentransport wird eine spezielle Transportschicht (GridFTP) verwendet.

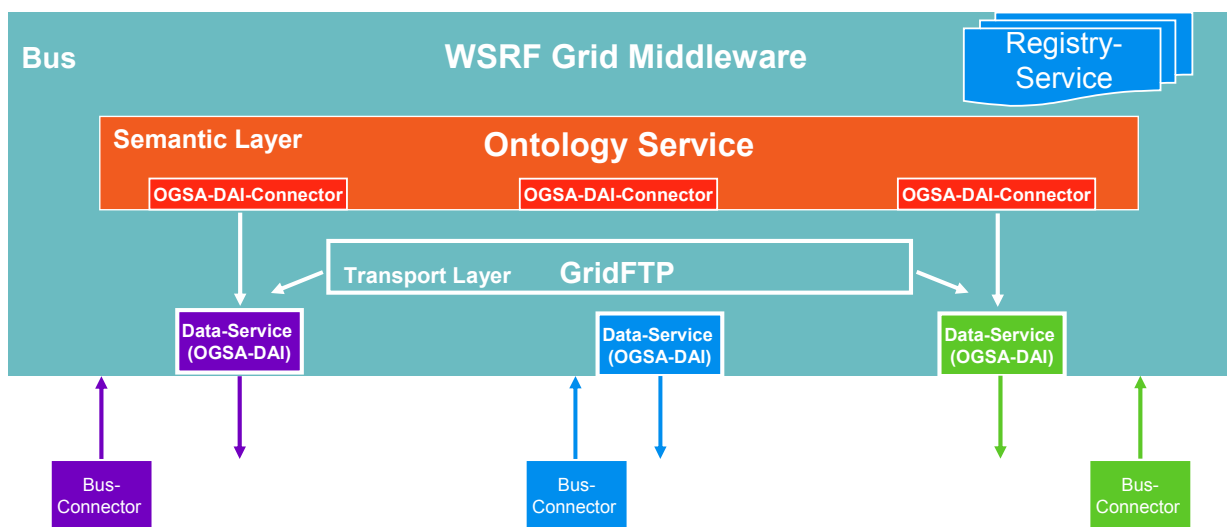


Abb. 9: Architektur für lose Kopplung des Systems



## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Eine weitere Steigerung der virtuellen Produktentwicklung hat einen enormen Zuwachs an numerischen Simulationen und der daraus entstehenden Daten zur Folge. Deshalb ist das Datenmanagement eine spezielle Herausforderung. Das schnelle und erfolgreiche Suchen und Vergleichen von Daten ist nur möglich, wenn sie strukturiert und zentral zugänglich abgelegt sind. Die Integration des CAE-Prozesses in den Gesamtentwicklungsprozess erfordert eine enge Anbindung des Berechnungsprozesses an den PDM/CAD- und an den CAT-Prozess. Um die Herausforderungen einer zunehmend größeren Anzahl an Simulationen zu bewältigen, müssen wirkungsvolle Arbeitsabläufe geschaffen werden. Eine Grundvoraussetzung zur Automatisierung ist eine gewisse Standardisierung. In der Solving-, Postprocessing- und Reporting-Phase ist dies innerhalb des Systems SimManager realisiert und wird seit vielen Jahren produktiv eingesetzt. In der Preprocessing-Phase sind entsprechende Konzepte erstellt worden und sollen demnächst umgesetzt werden. Durch das Schließen dieser Lücke wird die Nachvollziehbarkeit und Rückverfolgbarkeit des Datenflusses vom PDM/CAD-System über den gesamten Berechnungsprozess bis hin zu den vorliegenden Ergebnissen zur Berichterstellung und Bewertung möglich. Um effiziente und flexible Systeme implementieren zu können, müssen neue Technologien, wie sie im EU-Projekt SIMDAT entwickelt wurden, benutzt werden.

## 7 Literatur

- [1] Reicheneder, J.: Gruber, K.: Wirch, W.: Mayer, S: Datenmanagement, Prozessunterstützung und CAx-Integration der Berechnung bei Audi. Düsseldorf: VDI-Verlag 2006. (VDI-Berichte 1967)
- [2] Bauer, S.: Gruber, K.: Knaust, U.: CAD-/CAE-Integration – Entwicklung einer durchgängigen Berechnungsprozesskette. Düsseldorf: VDI-Verlag 2008. (VDI-Berichte 2031)
- [3] Reicheneder, J.: Gruber, K.: Knaust, U.: Highlights aus der Automotive Activity des EU-Projektes SIMDAT. Düsseldorf: VDI-Verlag 2008. (VDI-Berichte 2031)
- [4] [www.simdat.eu](http://www.simdat.eu)

# RCE – Remote Component Environment

O. Krämer-Fuhrmann, J. Klein

Fraunhofer Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI

Der Einsatz von Simulationswerkzeugen sowie die schnelle und sichere Datenübertragung von CAD- und Berechnungsdaten gehört heute in vielen industriellen Einsatzszenarien zum unverzichtbaren Mittel für die Produktentwicklung. Die verschiedenen Softwareplattformen, die während der Produktentwicklung dabei eingesetzt werden, wie Entwurfssysteme, Simulationssoftware und Datenübertragungssoftware, ja bereits das Aushandeln von Übertragungsmöglichkeiten für verteiltes Arbeiten komplizieren die Verfahren und kosten den Ingenieur unter Umständen viel Zeit.

Das „Remote Component Environment“ RCE [1] ist eine Service-basierte Integrationsplattform für verteilte Ingenieursanwendungen. Es verbirgt die Komplexität von heterogenen und verteilten IT-Systemen mittels wohldefinierter Benutzerschnittstellen und verbessert so die Sicherheit beim Zugriff auf Daten und bereitgestellte Dienste. Als vollständig in Java™ implementierte Anwendung ist RCE plattformunabhängig und kann in verschiedensten Hardware-Umgebungen eingesetzt werden. Unternehmen aus der Schiffbauindustrie entwickelten das „Schiffentwurfs- und Simulationssystem“ SESIS [2], welches RCE als Laufzeitumgebung benutzt.

RCE wird in Zusammenarbeit des Fraunhofer-Institutes für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI in Sankt Augustin [3] mit der Einrichtung Simulations- und Softwaretechnik SISTEC des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt DLR in Köln [4] entwickelt.

## 1 Einleitung

RCE ist eine Integrationsplattform, die verschiedene Dienste zur Verfügung stellt, um kollaboratives Arbeiten in einer verteilten Umgebung zu ermöglichen. Anwendungsentwickler, die RCE als Basissystem nutzen, werden weitgehend von Aspekten der Verteiltheit und deren Komplexität entlastet. Übertragung und sicherer Zugriff auf verteilte Daten werden für den Entwickler transparent durch das RCE-Basissystem weitgehend automatisiert bereitgestellt. Dadurch wird das Programmieren von verteilten ingenieurstechnischen Anwendungen auf Basis von RCE nahezu so einfach wie das für lokale Applikationen. Zentrale Eigenschaften von RCE sind

- Plattformunabhängigkeit,
- Sicherheit und
- Erweiterbarkeit.

## 2 Die Laufzeitumgebung

RCE basiert auf „Eclipse™ Equinox“ [5], einer Implementierung des „Dynamic Module System for Java™“ OSGi [6], dem weit verbreiteten Standard für modulare und dynamische Java™-Applikationen. OSGi spezifiziert ein komponentenbasiertes Programmiermodell, das in verschiedenen Implementierungen in unterschiedlichen Anwendungsszenarien eingesetzt wird. Ursprünglich für den Einsatz in „Residential Internet Gateways“, also die mittlerweile immer noch voranschreitende Heimvernetzung (Set-Top-Boxen, DSL-Modems, usw.) entworfen, wird OSGi mittlerweile immer mehr auch in anderen Bereichen eingesetzt, so zum Beispiel in Desktop- und Server-seitigen Unternehmensanwendungen, in Smartphones und auch im Automobilbereich, wo es u.a. die Grundlage für Telematik- und Navigationssysteme ist.

Neben Aspekten der Modularisierung von Software-Komponenten in so genannte Bundles, welche die Erweiterbarkeit und Wartbarkeit von Software wesentlich verbessern kann, sind Konzepte, wie das Management von Zuständen, die ein solches Bundle annehmen kann, Teil der OSGi Service Plattform. Ergänzt wird dies durch sicherheitsrelevante Aspekte wie die Möglichkeit, Bundles zu signieren und die Ausführung einzelner Bundles

einzu­schränken. Als wesentlicher Bestandteil von OSGi ist die Service-Schicht zu betrachten. Diese spezifiziert ein allgemeines Dienste-Modell, in dem Dienste über eine „Service Registry“ verfügbar gemacht werden können. OSGi als Service-Framework ist in logische Schichten unterteilt, die diese Konzepte kapseln.

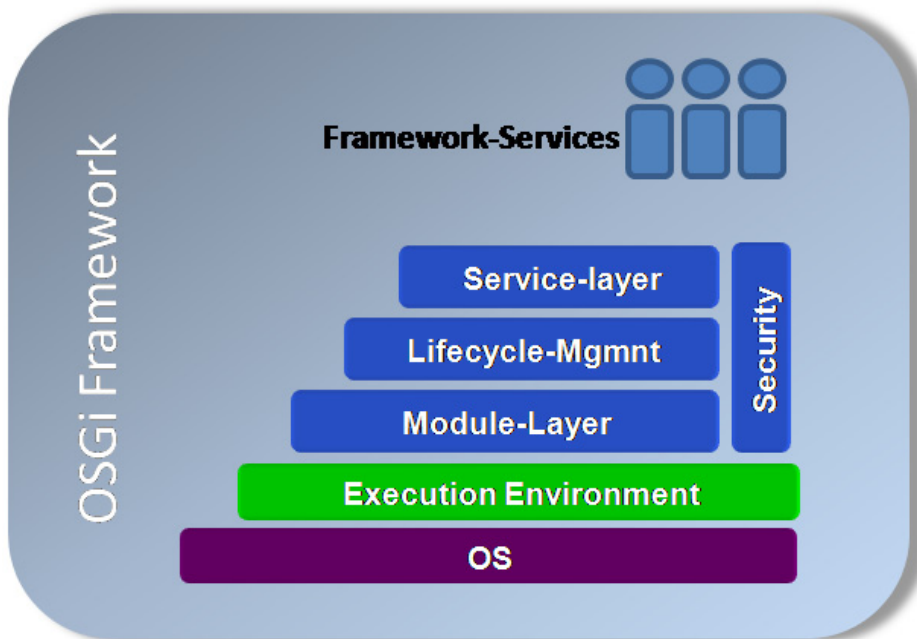


Abb. 1 - OSGi-Schichtenmodell

Software-Komponenten, die als Bundle in OSGi registriert sind, können über das Lifecycle-Management während der Laufzeit des Frameworks (de-)installiert, gestartet und gestoppt werden. Das Lifecycle-Management sieht verschiedene Zustände für ein Bundle vor:

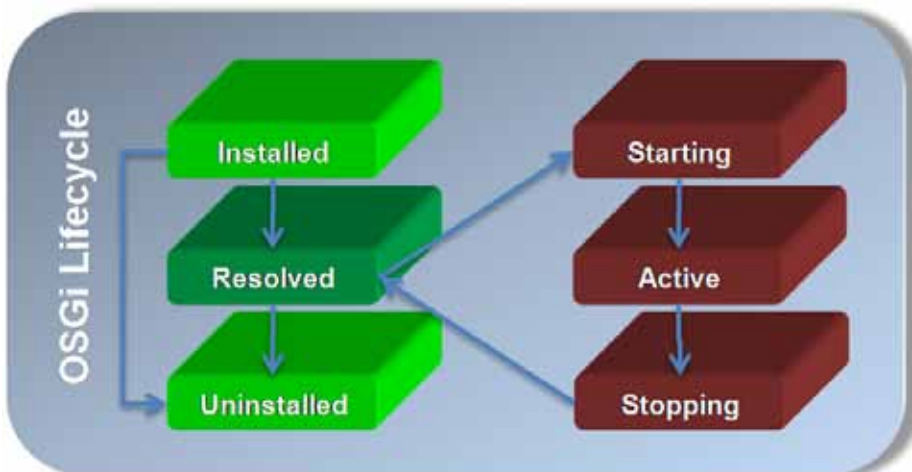


Abb. 2 - OSGi-Lifecycle

In verteilten Umgebungen, in denen Software-Komponenten „remote“ benutzt werden sollen, ist es wichtig, Überblick über die im Netzwerk verfügbaren Dienste zu haben. Daher ist es auch notwendig, die Software-Komponenten so zu implementieren, dass sie auf Nichtverfügbarkeit von entfernten Diensten richtig reagieren können. Während beispielsweise das zeitweilige Fehlen eines Logging-Services keine wesentliche Systembeeinträchtigung erzeugt, muss die Verfügbarkeit anderer Dienste, wie z.B. der Kommunikation, sichergestellt sein, um die korrekte Ausführung der verteilten Anwendung zu garantieren. OSGi bietet hierfür die Möglichkeit, Komponenten als Services bereitzustellen. Dabei werden die Dienste in einer so genannten Service Registry veröffentlicht, über die sie von der Anwendung gefunden werden können.

### 3 RCE-Architektur

Die Software-Architektur von RCE basiert auf diesen Konzepten, indem all ihre Komponenten als Bundles realisiert sind. Diese Bundles werden innerhalb der OSGi-Implementierung Equinox als separate Komponenten deployed. Dies vereinfacht in großem Maße die Entwicklung von anwendungsspezifischen Komponenten. RCE stellt zu den von Eclipse™ Equinox bereitgestellten Standard-Services, wie beispielsweise Logging, Preferences, usw. eigene Dienste zur Verfügung. Diese bieten dem Anwendungsentwickler Funktionalitäten, die das Zusammenspiel verteilter Komponenten organisieren. Ein Service Broker ermöglicht das Auffinden von Diensten auf einer entfernten RCE Installation.

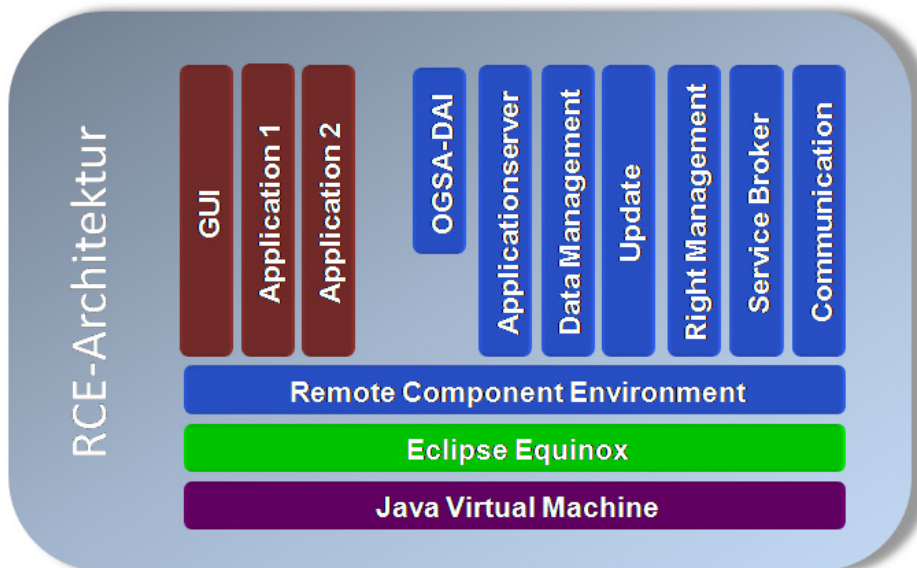


Abb. 3 - RCE-Architektur

### 4 Kommunikation

Die Kommunikation zwischen verschiedenen RCE-Instanzen wird durch den RCE-eigenen Communication Service realisiert. Dieser Dienst bietet verschiedene Kommunikationsprotokolle, wie zum Beispiel RMI (Remote Method Invocation), SOAP (Simple Object Access Protocol) oder RS (Remote OSGi Services) zur Verwendung an. Die Auswahl des Protokolls erfolgt abhängig vom Abstand der Kommunikationspartner:

- Bundles im selben RCE,
- mehrere RCE-Instanzen auf der gleichen Maschine,
- Intranet-Kommunikation oder
- Internet-Kommunikation

Der Anwendungsprogrammierer kann das Protokoll durch Konfiguration außerhalb seines Applikationscodes festlegen, je nachdem, in welcher Umgebung die verteilten Komponenten miteinander kommunizieren sollen.

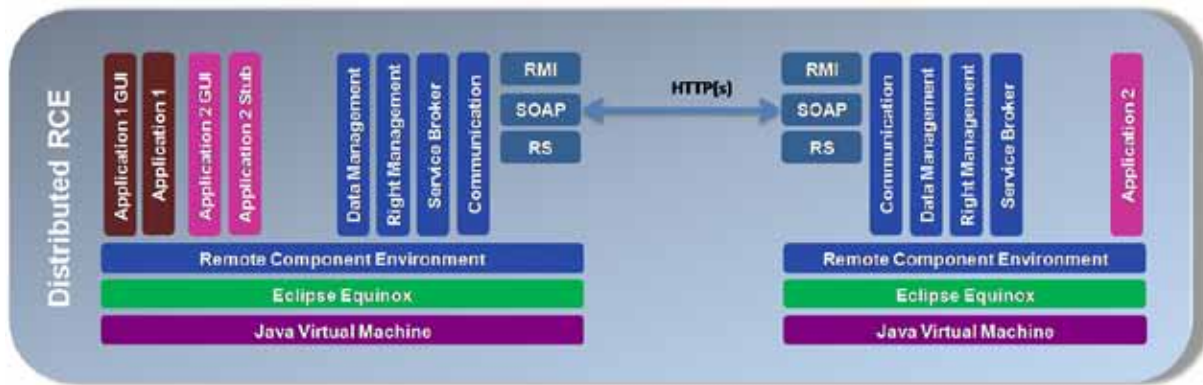


Abb. 4 - RCE Communication

## 5 Datenmanagement

Das Datenmanagement ist eine in das RCE integrierte Komponente zur Verwaltung von Dateien und Datenbanken in einem verteilten System. Mit seiner Hilfe ist es für den Anwendungsprogrammierer unerheblich, ob sich die Daten auf der lokalen Festplatte oder auf einem entfernten Rechner, der sich gar in einer anderen Organisation befinden kann. Mittels einer einheitlichen Schnittstelle wird auf die Datenbestände des RCE Netzwerks zugegriffen, wobei das in RCE integrierte Kommunikationssystem für die Auswahl des optimalen Kommunikationskanals sorgt, je nach Abstand der beteiligten Rechner und den Anforderungen an Geschwindigkeit und Sicherheit. Das in RCE integrierte Rechtesystem sorgt dafür, dass die Daten nur von hierfür autorisierten Benutzern gelesen oder überschrieben werden. Eine Versionsverwaltung sorgt für ein geordnetes Fortschreiben der Datenbestände.

## 6 Rechtemanagement

Das Rechtemanagement in RCE ist in zwei unabhängigen Teilen realisiert: Der Zugriff auf Dienste und Berechtigungen für Operationen auf Ressourcen. Bei der Vergabe und Überprüfung von Berechtigungen auf Ressourcen basieren auf RBAC (Role Based Access Control) [7], das es erlaubt, feingranular Rechte für Benutzer und definierte Rollen zu vergeben. Für die Kontrolle über die Ausführung einzelner Bundles wird die Security-Schicht von OSGi genutzt, mit der sowohl lokale (bundle-interne) als auch globale (systemweite) Ausführungsrechte spezifiziert werden können.

Die Authentifizierung gegenüber der Anwendung erfolgt dabei mittels X.509-Zertifikaten [8]. Dies umfasst sowohl das Anmelden an lokalen RCE-Instanzen über die grafische Benutzeroberfläche als auch die Authentifizierung gegenüber entfernten Instanzen ohne nochmalige Anmeldung mittels Proxy-Zertifikaten. Hiermit wird ein Single Sign-On realisiert.

## 7 Workflow

Mittels des Workflow-Basisdienstes ist es möglich, in RCE integrierte Komponenten zu einem Workflow zu koppeln. Zu jeder Komponente existiert eine Beschreibung in Form einer XML-Datei. Soll eine Komponente Teil eines Workflows sein, müssen in dessen Konfiguration so genannte Input- und Output-Properties definiert werden. Der so genannte Property Service übernimmt bei der Initialisierung des Plug-In die Generierung dieser Properties.

Eine Output-Property der einen Komponente wird mit einer Input-Property einer anderen Komponente verbunden, so dass zwischen Plug-Ins/Komponenten innerhals eines Workflow typisierte Kommunikationskanäle entstehen. Dabei ist der Kommunikationsprozess Output-seitig als nicht blockierend und Input-seitig als blockierend realisiert. Die Daten werden demnach solange gepuffert, bis alle Nachrichten empfangen wurden und daraufhin in die ursprüngliche Reihenfolge gebracht.



Über eine grafische Benutzerschnittstelle können einzelne Komponenten, welche innerhalb des verteilten RCE-Systems integriert sind, zu einem Workflow verbunden werden, insofern sie die entsprechenden Input- und Output-Properties definiert haben.

## 8 Update

Ein Update Bundle erlaubt es, das System bei der Verfügbarkeit neuer Versionen der installierten Bundles auf den neuesten Releasestand upzudaten. Damit ist eine Administration verteilter RCE-Netze sehr einfach möglich.

## 9 Wrapper-Technologie

Mit Hilfe von so genannten Wrappern ist es möglich, dass externe Anwendungen in RCE integriert werden können. Über JNA-Schnittstellen (Java Native Access) ist es möglich, auch Programme, die nicht in Java implementiert worden sind, in das RCE Netz zu integrieren. Somit können bereits existierende Anwendungen innerhalb der RCE-Plattform verwendet werden.

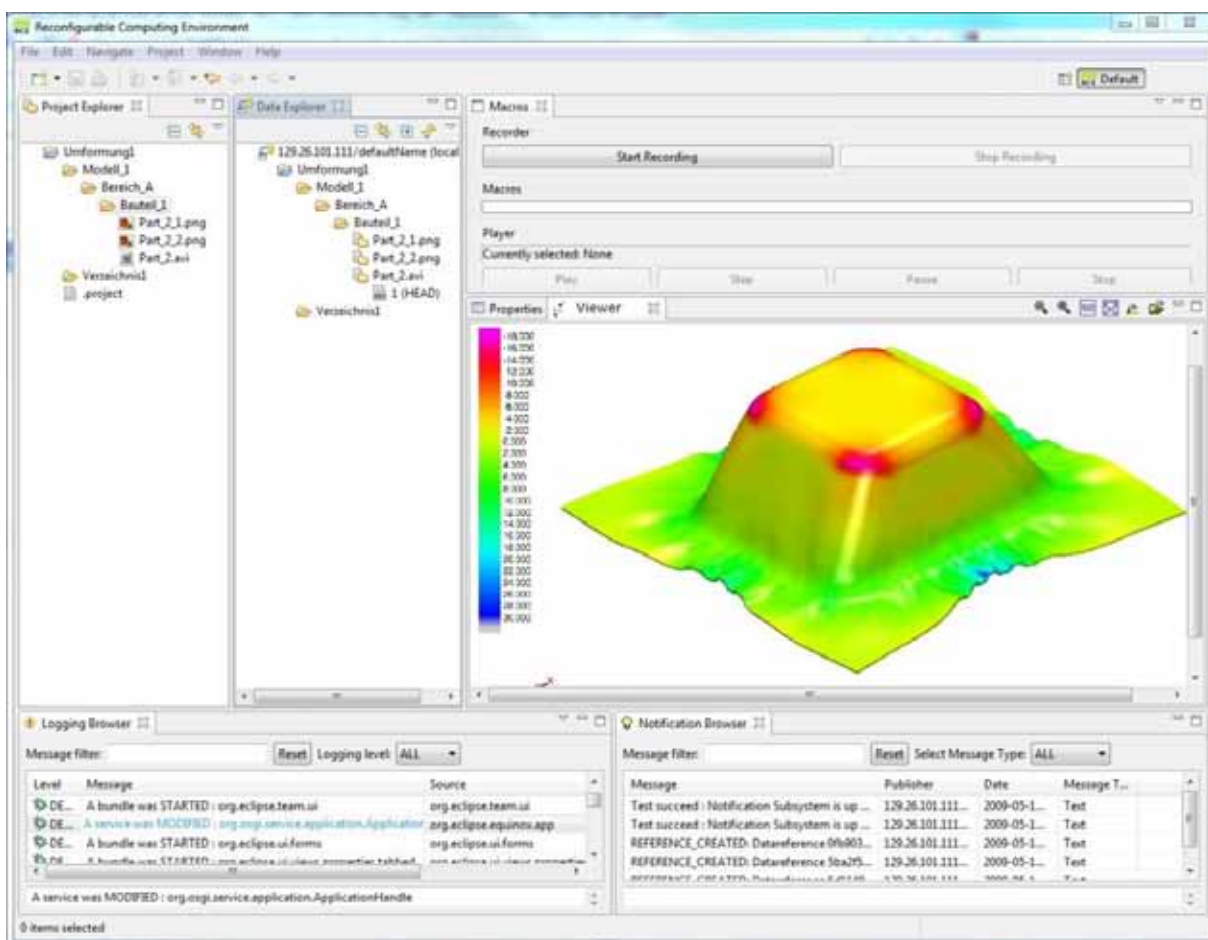


Abb. 5 – Tiefziehsimulation auf RCE-Basis

## 10 Grafische Benutzeroberfläche

RCE stellt eine grafische Benutzeroberfläche zur Verfügung, die einen Rahmen für die eigene Anwendungsentwicklung bietet. Sie beinhaltet Standard-Views, die in einer RCE-Applikation immer vorhanden sind. Darin enthalten sind sowohl einige Eclipse™ Standard-Views als auch ein Logging-Browser, in dem Logging-Meldungen organisiert angezeigt werden können, oder ein Notification-Browser, der RCE-netzweite Nachrichten anzeigt.

Für den Anwendungsentwickler steht außerdem mit DynTable ein Tabellen-Framework zur Verfügung, mit dem Tabellen mit übersichtlichen Benutzerschnittstellen und komfortablen Funktionalitäten entwickelt werden können.

Abb. 5 zeigt die Benutzeroberfläche von RCE am Beispiel einer Tiefzieh-Simulation aus dem Bereich der Verformungstechnik.

## 11 Applicationserver

Um die Kommunikation zwischen RCE und anderen Anwendungen, wie zum Beispiel Web-Portalen oder Grid-Infrastrukturen zu ermöglichen, wurde RCE um eine Webservice-Schnittstelle erweitert. Dazu wurde ein Applikationsserver in RCE integriert, in dem eine AXIS2 (Apache eXtensible Interaction System) Webservice-Engine [9] läuft. Hiermit erhalten Anwendungsentwickler die Möglichkeit, RCE-Funktionen über Webservices zu nutzen.

## 12 OGSA-DAI

Um in Grid-Umgebungen auf Ressourcen im RCE zugreifen zu können wurde eine OGSA-DAI-Anbindung [10] an das RCE-Datenmanagement realisiert. Damit ist es möglich, RCE in heterogene Systeme einzubetten.

## 13 RCE Anwendungen im Schiffbau

Im Forschungsprojekt SESIS [2] (Schiffentwurfs- und Simulationssystem) wurde eine modulare und flexible Plattform für das frühe Entwurfsstadium komplexer Schiffe entwickelt.

Zu diesem Zweck wurden verschiedene schiffbauliche Simulations- und Entwurfswerkzeuge in RCE integriert und über definierte Schnittstellen und entsprechende grafische Oberflächen miteinander verbunden.

Dem schiffbaulichen Anwender bietet SESIS folgende wesentliche Vorteile:

- Effektive Zusammenarbeit zwischen Werft und Zulieferern bereits im Entwurfsprozess durch sicheren Zugriff auf verteilte Daten und Anwendungen,
- Einbindung verschiedenster „historisch gewachsener“ Methoden in eine einheitliche moderne Oberfläche,
- Modularer Aufbau mit der Möglichkeit, Methoden dezentral zu entwickeln und in die Entwurfsumgebung einzubinden – der einzelne Nutzer erhält damit Zugriff auf die Wissensbasis externer Experten,
- Klare und übersichtliche Verwaltung der eingebundenen Methoden und Daten,
- Variabler Zugriff auf die benötigten Methoden, zentrale Lizenzverwaltung und bedarfsgerechte Abrechnung der Nutzung,
- Zentrale Wartung und Pflege der Softwarebasis sowie verteilte Entwicklung und Anpassung der Methoden durch dezentrale Experten.

Ziel von SESIS war es, die Softwareplattform RCE zu entwickeln und ausgewählte schiffbaulicher Methoden darin einzubinden. Nachstehend soll die Nutzung von RCE an verschiedenen Beispielanwendungen aus dem Schiffbau demonstriert werden. Eine Produktionssimulation auf einer Werft wurde von der Flensburger Schiff-

bau-Gesellschaft FSG [11] und dem Center of Maritime Technologies CMT [12] entwickelt. Die Simulation der Fahreigenschaften eines Schiffes und seiner Steuerung wurden von FSG, SAM Electronics [13] und der Technischen Universität Hamburg-Harburg [14] integriert.

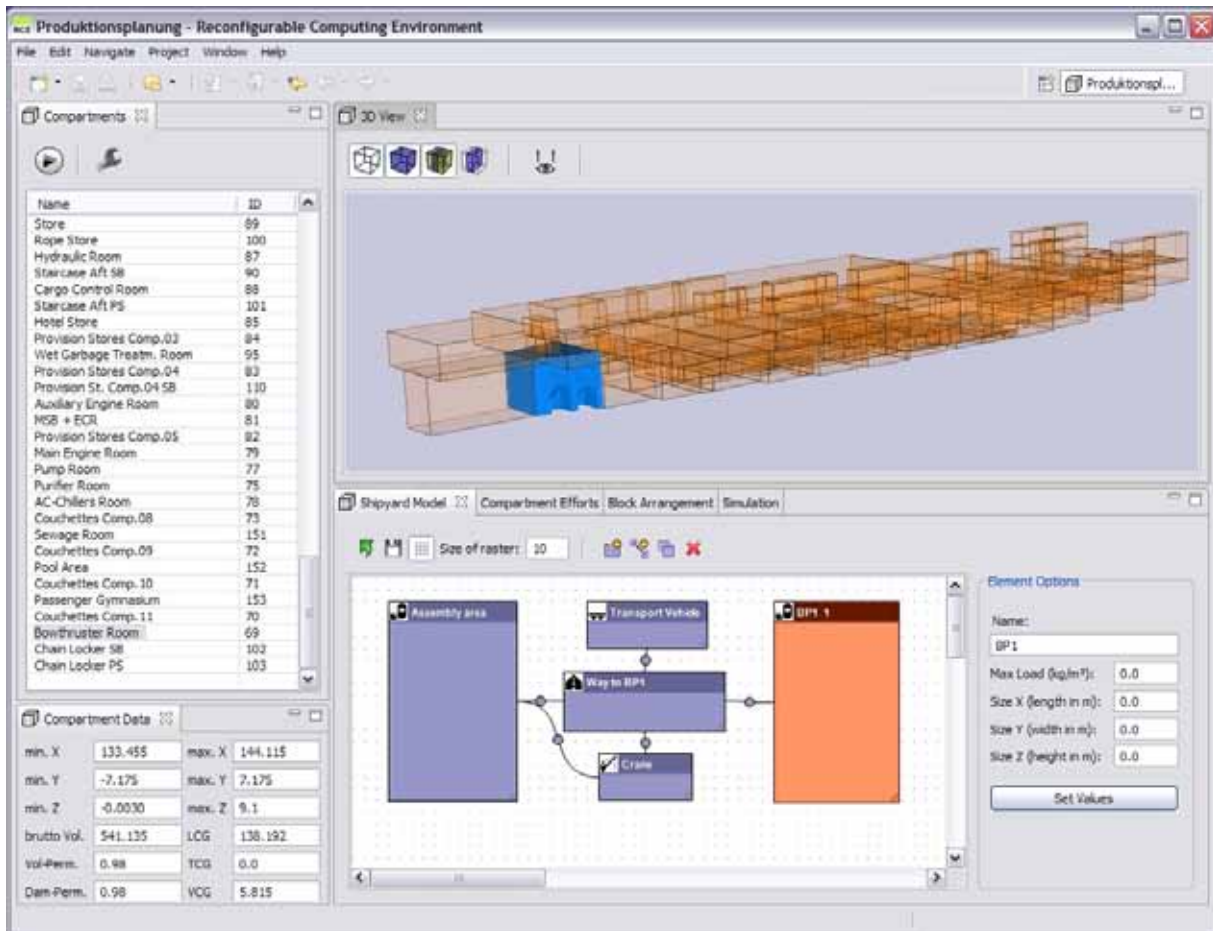


Abb. 6: Visualisierung von Werftdaten für die Produktionssimulation

### 13.1 Produktionsplanung einer Schiffswerft

Der Neubau eines Schiffes benötigt mehrere Monate und bedarf eines abgestimmten Zusammenspiels der Werft mit vielen Zuliefererfirmen. Da Flächen und Arbeitskräfte auf einer Schiffswerft sehr begrenzt sind, ist eine exakte Produktionsplanung notwendig. Durch eine simulationsgestützte Abschätzung der „Baubarkeit“ neuer Aufträge unter Berücksichtigung der bereits festgelegten Werftbelegung können Ecktermine, benötigte Ressourcen und eventuell notwendige Umbaumaßnahmen in der Werft geplant werden.

Die angewandte Simulationsmethode basiert auf einem Raummodell des zu bauenden Schiffes, das von der Werft mit einem Entwurfswerkzeug erstellt wurde. Mit Hilfe einer grafischen Benutzeroberfläche kann der Planer

- Räume aufgrund von Erfahrungswerten mit Bauaufwänden für verschiedene Gewerke belegen,
- Eine grobe Blockeinteilung und Reihenfolgenplanung vornehmen und
- Die kritischen Werftressourcen (Flächen, Arbeitskräfte nach Gewerken) definieren. Dieses Werftmodell kann anschließend zur Planung weiterer Aufträge abgelegt und wieder verwendet werden.

Die durch die Produktionsplanung berechneten Abläufe werden anschließend in werfttypischer Form (z.B. Gantt-Charts, Belegungstabellen, Kapazitätsgebirge) aufbereitet.

Abb. 6 zeigt eine Visualisierung der Räume eines Schiffneubaus und eine sehr einfaches Werfmodell. Aus dem verteilten Datenmanagement-System von RCE werden die benötigten Eckdaten für die Produktionsplanung von der Werft bereits in einem frühen Stadium den Planern zur Verfügung gestellt. So kann ohne Verzögerung damit begonnen werden, die Produktionsstraße für den Bau des Schiffes zu entwerfen und eine Ressourcenabschätzung abzuliefern. Dabei werden nur die Daten für das Planungsteam freigegeben, die für die jeweilige Planungsphase benötigt werden. Das in RCE integrierte Rechtekmanagement sorgt für einen kontrollierten Zugriff auf die verschiedenen Daten.

Der Nutzerkreis für die Produktionsplanung sind Werften, die über keine eigene Simulationsanwendungen verfügen und ihre kritischen Ressourcen besser auslasten wollen. Mittels der Simulation kann die Planungssicherheit in frühen Entwurfsphasen entscheidend verbessert werden.

### 13.2 Antriebssimulation eines Schiffmodells

Die Simulation verschiedener Varianten der Antriebsanlage eines Schiffneubaus hilft bei der frühzeitigen Erkennung von Konzept- und Dimensionierungsfehlern. Für Teile des Gesamtsystems aus dem jeweiligen Kompetenzfeld der Werften bzw. Zulieferer existieren häufig Simulationscodes. Die übliche Programmierung von Ersatzmodellen für die Fremdkomponenten sowie der umständliche Datenaustausch werden durch eine direkte Kopplung der Simulationen über Rechnergrenzen hinweg ersetzt.

Schiffs- und Propellermodelle auf einem werftseitigen Rechner sind mit Modellen eines elektrischen Propellerantriebs inklusive der elektrischen Energieerzeugung und Bordnetzversorgung auf einem Rechner beim Zulieferer (Client) über das Internet koppelbar und gemeinsam simulierbar.

In der Simulationsvorbereitung stellt der Server auf der Werft die Schiffe und ihre Anlagenkonfigurationen und Betriebsfälle – im Wesentlichen die Ladefälle – bereit. Auf dem Client beim Zulieferer werden die elektrischen Komponenten ausgewählt, mit Daten versorgt sowie die Simulationsparameter vorgegeben. Während der Simulation sorgt der Client für die Synchronisierung der verteilten Simulation sowie den Datenaustausch. Sowohl auf dem Server als auch auf dem Client werden während des Simulationslaufes unabhängig voneinander Differentialgleichungssysteme iterativ im Zeitbereich gelöst.

Eine graphische Benutzerschnittstelle erlaubt es dem Ingenieur, Fahrten mit dem virtuellen Schiff zu simulieren. Ein digitaler Fahrhebel ermöglicht die Beschleunigung und ein Abbremsen des Schiffes. Währenddessen wird die Steuerung der bis zu 8 Generatoren des Schiffes durch die Zulieferersoftware simuliert. Auf der Werft wird das dynamische Beschleunigungsverhalten des Schiffes simuliert. Alle Messgrößen beider Systeme werden in der GUI aus Abb. 7 zusammengestellt.

Potenzielle Nutzer sind Werften, die über Simulationsmodelle von schiffbaulichen Komponenten verfügen sowie Zulieferer, die eigene Modellstrukturen von Antriebskomponenten verwenden wollen. Sie können mittels RCE Teilsimulationen aus völlig verschiedenen Wissensgebieten miteinander kombinieren. Damit kann sich jeder Projektpartner auf seinen Kompetenzbereich konzentrieren. Der direkte Austausch aktueller Entwurfsdaten ermöglicht eine schnelle Reaktion auf Design-Änderungen. Hiermit können Schwachstellen frühzeitig aufgedeckt werden und Schwachstellen eines Schiffentwurfs frühzeitig optimiert werden.

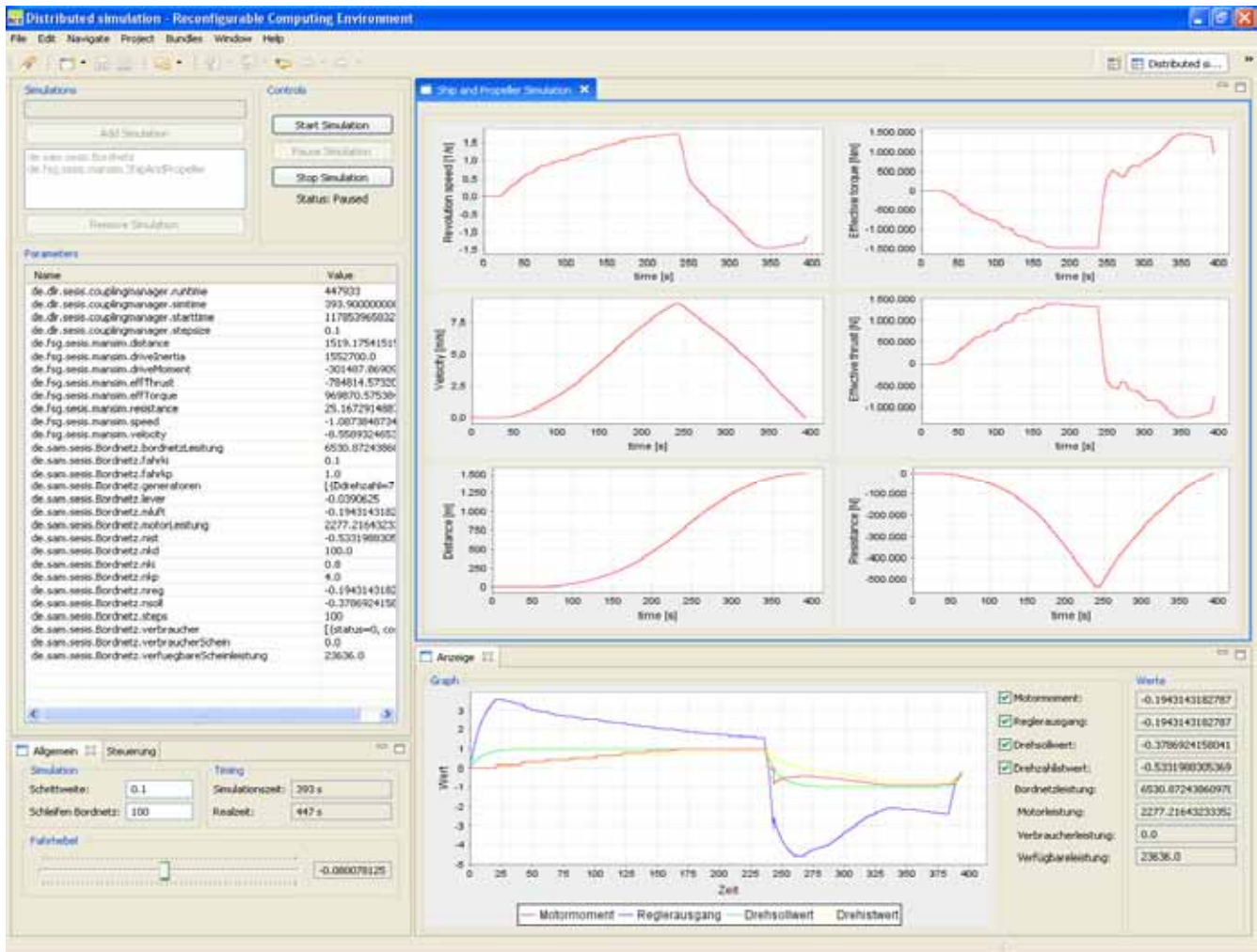


Abb. 7: Verteilte Simulation von Schiff und Antriebsanlage

## 14 RCE Anwendungen im Automobilbau

Im PartnerGrid [15], einem Verbundprojekt der Deutschen Grid-Initiative [16], entsteht eine Grid-basierte Kooperationsplattform für die Zusammenarbeit von kleinen und mittelständischen Unternehmen in den Bereichen Umform- und Gießtechnik. Ziel ist es, die Kooperationsprozesse, die sich aus den zunehmend arbeitsteiligen Entwurfs- und Produktionsprozessen ergeben, effizient zu unterstützen und dabei die flexible Nutzung von Ressourcen zu ermöglichen. Mit der PartnerGrid Plattform werden Anwendungsszenarien realisiert, die zur Entwicklung neuer IT-Services und Dienstleistungen bei den beteiligten Partnern führen.

Im Bearbeitungsworkflow beim Projektpartner GNS-Systems [17] werden sowohl interaktive als auch batchfähige Anwendungen benötigt. RCE dient als Software-Integrationsschicht, um Funktionalitäten der unterschiedlichen Systemkomponenten miteinander zu verbinden, da RCE sowohl lokale als auch Grid-Anwendungen einbinden kann. Das Datenmanagement verwaltet und versioniert die Berechnungsdaten und stellt sie über unterschiedliche Schnittstellen, wie z.B. OGSA-DAI [10] oder WebDAV [18] zur Verfügung. Ein von Fraunhofer IAO [19] entwickeltes webbasiertes Benutzerportal realisiert eine Projektabwicklung für technisch wissenschaftliche Aufträge und kollaboriert hierbei mit RCE-basierten Simulationsanwendungen.



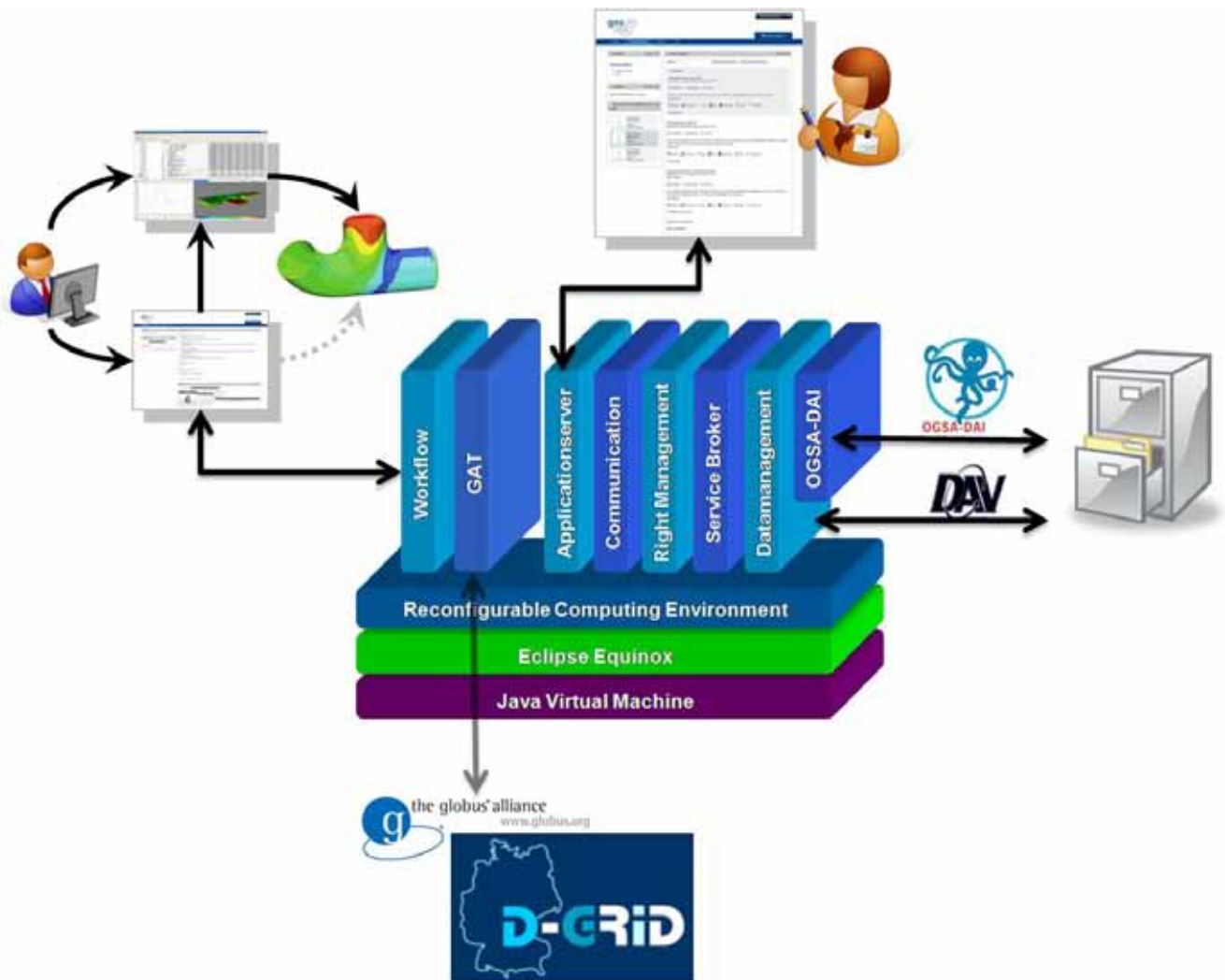


Abb. 7 - RCE innerhalb von PartnerGrid

Mehrere GNS-Anwendungen wurden in RCE integriert und können mit Hilfe der Workflow-Komponente zu einfachen Berechnungsworkflows verknüpft werden. Diese können teils lokal, teils mit Hilfe des Grid Application Toolkits GAT [20] auf der D-Grid Infrastruktur ausgeführt werden.

## 15 Ausblick

Fraunhofer SCAI sowie DLR SISTEC entwickeln RCE kontinuierlich weiter.

RCE wird bereits in mehreren Anwendungsszenarien in verschiedenen Industriezweigen eingesetzt, wie z.B. der Automobilbranche und der Schifffahrtsindustrie. Weitere Projekte sind geplant oder laufen bereits an.

Um der Herausforderung gerecht zu werden, die Softwareentwicklung nahe an den Anwender zu bringen, ist geplant, das Remote Component Environment im Sommer 2009 als Open Source Software zur Verfügung zu stellen. Es wird in einer dualen Lizenz veröffentlicht, wobei der kommerzielle Zweig von RCE Endnutzer-Support, Schulungen usw. durch Fraunhofer SCAI und das DLR beinhalten wird.

Fraunhofer SCAI bietet außerdem kommerzielle Tool-Entwicklung rund um RCE an. Darunter fällt die Entwicklung moderner Bedienoberflächen für Desktop-Anwendungen sowie die Entwicklung komplexer verteilter Anwendungen.

## 16 Literatur

- [1] RCE – Remote Component Environment, [www.rcenvironment.de](http://www.rcenvironment.de)
- [2] SESIS – Schiffentwurfs- und Simulationssystem, [www.sesis.de](http://www.sesis.de)
- [3] Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI, [www.scai.fraunhofer.de](http://www.scai.fraunhofer.de)
- [4] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR, Simulations- und Softwaretechnik (SISTEC), [www.dlr.de/sc](http://www.dlr.de/sc)
- [5] Eclipse™ Equinox, [www.eclipse.org/equinox](http://www.eclipse.org/equinox)
- [6] OSGi Alliance, Dynamic Module System for Java, [www.osgi.org](http://www.osgi.org)
- [7] RBAC, Role Based Access Control, [en.wikipedia.org/wiki/Role-based\\_access\\_control](http://en.wikipedia.org/wiki/Role-based_access_control)
- [8] RFC 5280 Internet X.509 Public Key Infrastructure Certificate and Certificate Revocation List (CRL) Profile, [tools.ietf.org/html/rfc3280/](http://tools.ietf.org/html/rfc3280/)
- [9] Axis2, Apache eXtensible Interaction System, [ws.apache.org/axis](http://ws.apache.org/axis)
- [10] OGSA-DAI, Open Grid Services Architecture, [www.ogsadai.org.uk](http://www.ogsadai.org.uk)
- [11] Flensburger Schiffbau-Gesellschaft, [www.fsg-ship.de](http://www.fsg-ship.de)
- [12] Center of Maritime Technologies e.V. (CMT), Hamburg, [www.cmt-net.org](http://www.cmt-net.org)
- [13] SAM Electronics, Hamburg, [www.sam-electronics.de](http://www.sam-electronics.de)
- [14] Technische Universität Hamburg-Harburg, [kontakt.tu-harburg.de/de/gen/M-6.html](http://kontakt.tu-harburg.de/de/gen/M-6.html)
- [15] PartnerGrid, [www.partnergrid.de](http://www.partnergrid.de)
- [16] Deutsche Grid-Initiative D-Grid, [www.d-grid.de](http://www.d-grid.de)
- [17] GNS-Systems GmbH, [www.gns-systems.de](http://www.gns-systems.de)
- [18] WebDAV, Web-based Distributed Authoring and Versioning, [www.webdav.org](http://www.webdav.org)
- [19] Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Stuttgart, [www.iao.fraunhofer.de](http://www.iao.fraunhofer.de)
- [20] Grid Application Toolkit (GAT), [www.gridlab.org/gat](http://www.gridlab.org/gat)

## 17 Autoren

Ottmar Krämer-Fuhrmann, [ottmar.kraemer-fuhrmann@scai.fraunhofer.de](mailto:ottmar.kraemer-fuhrmann@scai.fraunhofer.de)  
Jürgen Klein, [juergen.klein@scai.fraunhofer.de](mailto:juergen.klein@scai.fraunhofer.de)

Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI  
Schloss Birlinghoven  
53754 Sankt Augustin  
[www.scai.fraunhofer.de](http://www.scai.fraunhofer.de)

# Der optimierte Gebrauch multipler Simulationsprogramme im Produktentwicklungsprozess durch ICROS (Intelligent Cross-linked Simulations)

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Reinhard Hackenschmidt, Dipl.-Ing. Alexander Troll, Prof. Dr.-Ing. Frank Rieg  
Universität Bayreuth

Prof. Dr.-Ing. Bojan Dolsak  
Universität Maribor, Slowenien

**Unter dem Begriff ICROS (Engineering by Intelligent Cross-linked Simulations) wird diskutiert, welche Probleme besonders bei anspruchsvollen Konstruktionsaufgaben im virtuellen Bereich durch die mehrfache Nutzung unterschiedlicher Simulationsprogramme auftreten.**

**Es werden Wege und Werkzeuge aufgezeigt, die das komplexe Babylonische Szenario aus Inkompatibilität und prozesskettenspezifischer Undurchlässigkeit im Sinne eines verbesserten Produktentwicklungsprozesses lösen helfen.**

## 1 Einleitung

Die Entwicklung neuer Produkte wird immer komplexer. Mit der Hilfe von modernen Computer Aided Engineering (CAE) und Simulationswerkzeugen kann nach dem Stand der Technik die Umsetzung neuer Ideen in verkaufsfähige Produkte wesentlich schneller realisiert werden.

Trotz all der Segnungen moderner Software ist im realen industriellen Alltag eine rasant zunehmende Vielzahl und Komplexität von Simulationsprogrammen festzustellen. Dies kann bei den heutigen globalen Kunden-Lieferantenverflechtungen (Abb.1) massiv zu babylonischen Inkompatibilitäten bei deren Verwendung führen. Zusätzliche Relevanz erhält das Problem, da die Ergebnisse einer Simulationskette, z.B. bei modernen Materialien wie langfaser-verstärkten Polymeren sehr von der Reihenfolge der verwendeten Werkzeuge abhängen.

Im vorliegenden Artikel wird beschrieben, wie man diese Effekte durch eine optimale Verknüpfung der eingesetzten Software mit Hilfe eines Verfahrens namens ICROS (Engineering by Intelligent Cross-linked Simulations [1]) besonders im industriellen Umfeld minimieren kann.

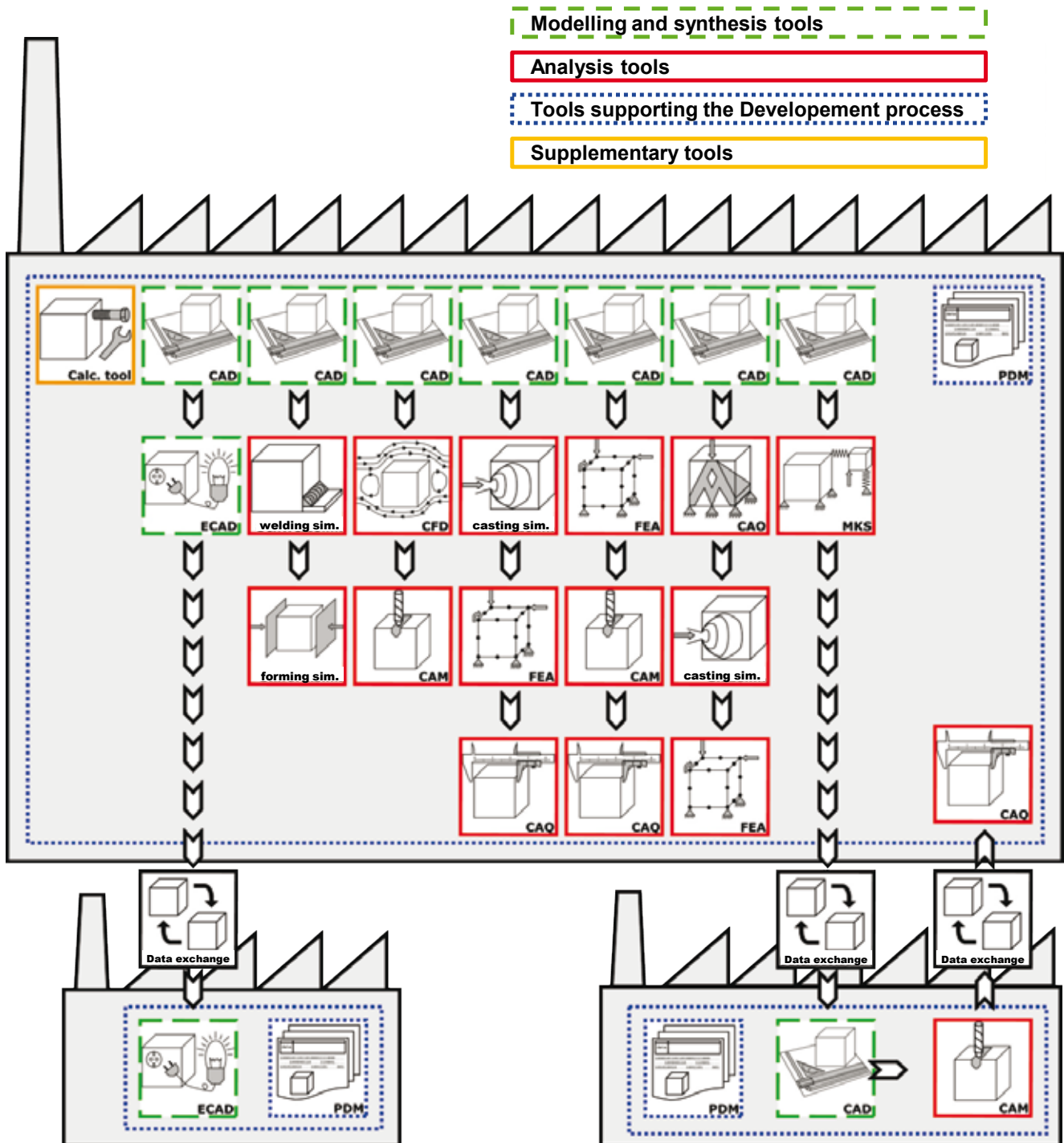


Abb. 1: Komplexe Simulationswerkzeug Umgebung [11]

## 2 Grundlegendes zur Produktentwicklung mit Hilfe von Simulationsprogrammen

### 2.1 Der Bedarf an ICROS

Das Leistungsvermögen und die Anzahl moderner Simulationswerkzeuge ist in den letzten Jahren sehr stark gestiegen. Dies fordert eine Antwort auf die Frage, welche dieser Werkzeuge eingesetzt werden sollen und in was für einer Reihenfolge sie in der Entwicklungsprozesskette zum Einsatz kommen müssen. Daraus abgeleitet muss nicht nur der spezifische Informationsgehalt an spezifischen Schnittstellen, sondern dieser über die ge-

samte Simulations-Prozesskette sauber bestimmt werden, um der üblichen Vorgehensweise der Produktentwicklung in simultan sukzessiven Analyse-Synthese Schritten Rechnung zu tragen.

In der Realität fehlen diese Informationen bei den einzelnen Softwarepaketen, da diese die Vielzahl der technisch möglichen und notwendigen Kombinationen mit unterschiedlichster, auch Fremdsimulationssoftware nicht abdecken können und wollen. Hier kommt das ICROS Projekt ins Spiel, denn "ICROS ist nicht nur der gewöhnliche Gebrauch von Simulationsprogrammen, sondern soll ein Leitfaden zur intelligenten Nutzung und Visualisierung möglicher Werkzeuge sein" [1].

Die vom Produktentwickler hier benötigte Hilfestellung lässt sich in mehrere Kategorien untergliedern (Abb. 2):

- Datenaustauschvermögen der im Unternehmen, beim Kunden und beim Lieferanten verwendeten Systeme. Hierbei sind nicht nur die generellen Aussagen von Interesse, sondern die bis ins Detail gehenden, also nach Softwareversion, Release, Wochenversion, o.ä.
- Konstruktionswissen und -methoden hängen stark von der zu bewältigenden Aufgabe ab. Unterstützungen sind hier z.B. vom verwendeten Material einerseits, von konkreten Strategien zum prozesskettengerechten Modellaufbau sowohl in der 3D-Modellierung als auch beim Aufbau der Finite Elemente Modelle notwendig.
- Richtlinien für den besten Einsatz von CAE-Werkzeugen sowie der Interpretation deren Ergebnisse.
- Arbeitsspezifisches Prozessketten- und Workflow- Management. Hier sind nicht nur die o.g. Informationen, sondern auch deren Just-in time Bereitstellung aus Sicht der Gesamtprozesskette gefragt. Ein Konstrukteur muss z.B. im Rahmen seiner 3D Modellierung über die für eine (vielleicht viel später und von jemand anderem) durchzuführende Spritzgussimulation erforderliche Parametrisierung informiert werden.

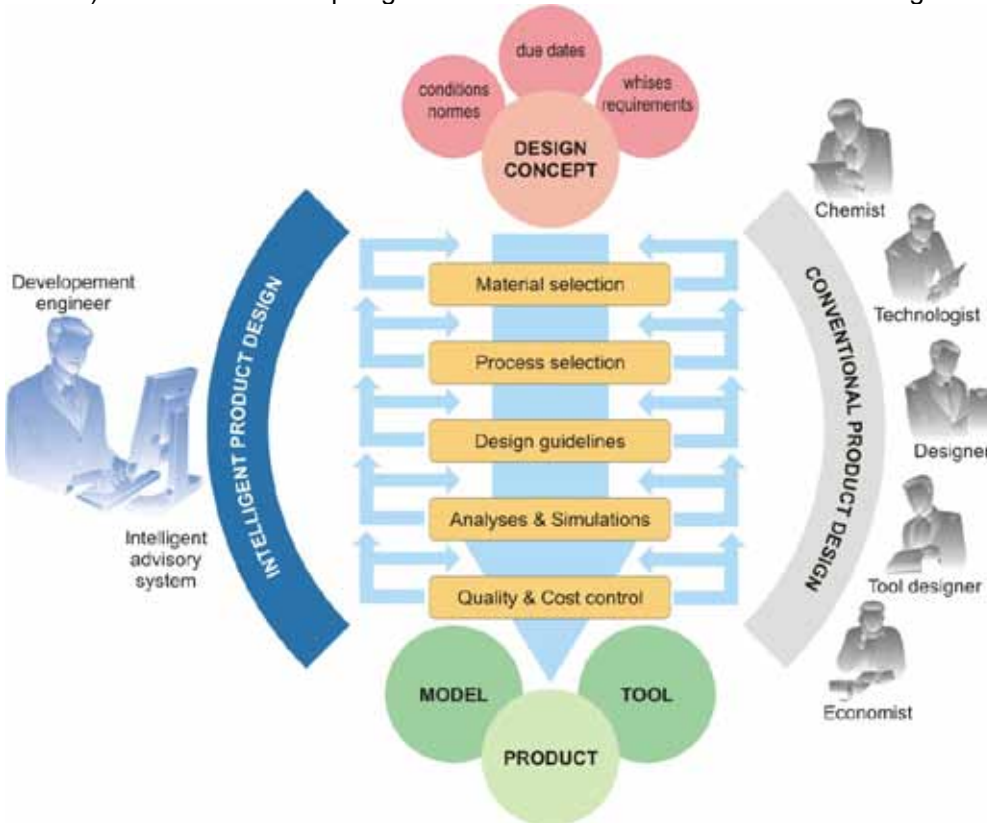


Abb. 2: Industrielle Anforderungen an Entscheidungshilfen [2]

Diese Basiskonzepte werden im Folgenden dargestellt und deren Integration in das ICROS Modell aufgezeigt.

## 2.2 Die Reale Welt der Simulation

Die Simulationslandschaft im industriellen Produktentwicklungsumfeld besteht realistisch gesehen aus einer Vielzahl von voll- oder teilintegrierten Programmen, deren Einsatz einerseits von firmenspezifischen Interessen und Gegebenheiten abhängt, und deren Leistungs- und Integrationsfähigkeit in die simulierte Prozesskette von der Idee zum Produkt andererseits, und noch gravierender, von den Interessen der Softwarehersteller tangiert



wird. Gerade die bewusste oder unbewusste Inkaufnahme von Nichtaustauschbarkeiten der Daten unterschiedlicher Systeme anderer Hersteller führt in der Praxis zu massiven Behinderungen der täglichen Produktentwicklungsarbeit und ist kontraproduktiv. Zugegebenermaßen kann sich die Simulationslandschaft sehr komplex und vielschichtig darstellen, denn sie betrifft heute praktisch alle betrieblichen Bereiche der Entwicklung wie z.B. Design, Modellierung, Berechnung und Fertigung.

| Bereich      | Aufgaben  |
|--------------|---|
| Design       | Formalästhetische und semantische Funktionen<br>Praktische Funktionen   |
| Modellierung | 3D CAD Solid- und Flächenmodellierung<br>Bewegung und / oder Kinematik<br>Topologie-, Topographie-, Form- und Parameteroptimierung<br>Virtual Reality<br>Teileüberschneidung (Digital-MockUp)   |
| Berechnung   | Leitungen<br>Blechkonstruktion<br>Werkstoffe (bekannte und neue Materialien)<br>Statische Festigkeit mit linearem oder nichtlinearem Materialverhalten<br>Dynamische Festigkeit<br>Betriebsfestigkeit<br>Crash<br>Strömungsprozesse (Flüssigkeiten/Luft, Wärme)<br>Akustik  |
| Fertigung    | Mechanische Bearbeitung (Drehen, Fräsen, Bohren, etc.)<br>Urformen (z.B. Metallgießen)<br>Umformen (Schmieden, Blech)<br>Schweißen<br>Spritzgießen (herkömmliche oder faserverstärkte Polymere)<br>Thermo- und Blasverformen<br>Glasherstellung<br>Generative Fertigungsverfahren (Rapid Prototyping)<br>Fabrikplanung<br>Lackieren |

Tab.1: Beispiele der Einsatzbereiche von Simulationswerkzeugen in der Prozesskette

Im Entwicklungsprozess sind also sehr unterschiedliche Programme im Einsatz, die als Ausgangspunkt der Prozesskette ein 3D-Produktmodell benötigen. Bei der Weitergabe und Verwendung der Daten gilt es zur Einhaltung der Datenkonsistenz die benötigten Informationen verlustfrei auf die nächste Bearbeitungsstufe zu übertragen. Verwendet werden hierzu

- **direkte Schnittstellen**, die originäre Modellinformationen zwischen Programmen im originären Format übertragen. Durch die im CAD Bereich gängige Praxis innerhalb eines Hauptreleasestandes Updates in Form von Wochenversionen zur Behebung von Programmierfehlern (bugs) zu veröffentlichen, kann es jedoch auch hier zu Nichtübereinstimmungen von Dateninhalten kommen. Auch fehlende Kompatibilitäten der Programmversionen, z.B. ProENGINEER Wildfire 1 kann keine ProENGINEER Wildfire 2 Dateien lesen, stellen in der Praxis ein Problem dar.
- **Konverter** sind auf die direkte Umsetzung des Dateiformates eines Programms in ein anderes spezialisiert. Bei der Verwendung von Konvertern summiert sich demnach die benötigte Anzahl, umso mehr Programme abgedeckt werden müssen.
- **Neutrale Schnittstellen** sind für die Übertragung von Informationen aus unterschiedlichen Bereichen der Prozesskette ausgelegt und stellen im Idealfall die Gesamtmenge der zu übertragenden Daten dar. Da die Datenmenge sehr umfangreich sein kann und die Informationen zwischen Teilbereichen der Prozesskette nur partiell benötigt werden, verwenden CAD Programme für den Im- und Export nur eine begrenzte Anzahl der gesamt möglichen Parameter, i.d.R. jedoch jeweils unterschiedliche. Die daraus resultierende Schnittmengenproblematik ist der Auslöser für viele Übertragungsprobleme.

Die nachstehende Tabelle zeigt, dass differierende Schnittstellen nur in der Lage sind unterschiedliche Informationen weiterzugeben.

|                                      | IGES  | SET  | VDAFS | PDDI | VDAIS | CAD*I | DXF  | STEP AP201 | STEP AP214 |
|--------------------------------------|---|------|-------|------|-------|-------|------|------------|------------|
| Standardisierung/Normierung          | 1991  | 1996 | 1983  | 1989 | 1989  | 1985  | 1986 | 1996       | 2001       |
| Matrizen, Vektoren                   | +   | +    | 0     | +    | +     | +     | 0    | 0          | +          |
| Punkte, Kanten                       | +   | +    | +     | +    | +     | +     | +    | +          | +          |
| analytische Kurven, z.B. Kreis       | +   | +    | -     | +    | +     | +     | +    | +          | +          |
| Freiformflächen, z.B. Splines        | 0   | +    | +     | +    | +     | +     | +    | +          | +          |
| analytische Flächen, z.B. Ebenen     | +   | +    | -     | +    | +     | +     | +    | +          | +          |
| topologische Flächen, z.B. Eckpunkt) | -   | -    | -     | +    | -     | +     | -    | +          | +          |
| Volumenprimitive, z.B. Quader        | +   | +    | -     | -    | -     | +     | +    | -          | +          |
| Geometrie-Fertigung                  | -   | -    | -     | 0    | -     | 0     | -    | -          | +          |
| Ebenen, Sichtbarkeit                 | +   | +    | -     | +    | +     | +     | +    | +          | +          |
| Gruppierung                          | +   | +    | +     | +    | +     | +     | -    | -          | +          |
| externe Referenzen                   | -   | +    | -     | +    | -     | -     | +    | 0          | +          |
| Toleranzen                           | -   | -    | -     | +    | -     | -     | -    | +          | +          |
| technische Angaben, z.B. Material    | -   | -    | -     | +    | -     | -     | 0    | +          | +          |
| technische Elemente, z.B. Flansch    | -   | -    | -     | +    | -     | -     | -    | -          | +          |
| Fertigungsinformationen, z.B. NC     | -   | -    | -     | +    | -     | -     | -    | -          | +          |
| FEM                                  | +   | +    | -     | -    | -     | +     | -    | -          | +          |
| Kinematik                            | +   | -    | -     | -    | -     | -     | -    | -          | +          |
| mech. Konstruktion                   | +   | +    | +     | +    | +     | +     | +    | -          | +          |
| Elektrik, Konstruktion               | +   | -    | -     | -    | -     | -     | 0    | -          | +          |
| Dateiinformatoren                    | +   | +    | +     | +    | +     | +     | +    | +          | +          |
| Voreinstellungen                     | +   | +    | -     | +    | +     | +     | -    | -          | +          |
|                                      | "+" voll-, "0" teilweise-, "-" nicht berücksichtigt |      |       |      |       |       |      |            |            |

Tab. 2: Leistungsumfang von Schnittstellen im Vergleich [3]

Werden also innerhalb der Prozesskette Daten über Schnittstellen in unterschiedlichen Formaten weitergegeben, so gehen automatisch Modellinformationen verloren. Könnte dann nicht die Verwendung einer einheitlichen Schnittstelle über alle Prozessschritte die Lösung sein? Das wäre eine schöne Lösung, die in der Praxis jedoch an der unglaublichen Gestaltungsvielfalt der in die Programme eingebauten Import- und Exportschnittstellen scheitern muss. Als Beispiel sind in Tab. 3 verschiedene Programme aus dem Bereich Fertigung aufgeführt. Sinngemäß gilt dies auch für alle Programme aus den anderen Bereichen der Entwicklung.

Außerdem sind im Normalfall bei weitem nicht alle Inhalte die in einem Formatstandard normiert sind in den entsprechenden Schnittstellen von CAE-Werkzeugen umgesetzt. Als Beispiel sei hier das vom TC 184 SC 4 verwaltete STEP-Format (Standard for the Exchange of Product model data [4]) genannt, welches an sich schon FE-Daten unterstützt. Aktuell liegt das Hauptaugenmerk auf dem Austausch von Geometrie und Topologie, so dass zusätzliche Informationen nur selten übertragen werden können. Die Implementierungsgrade für Zusatzinformationen sind so unterschiedlich, dass diese entweder nicht exportiert oder auf der Empfängerseite nicht wieder ordnungsgemäß importiert werden können [5] [6].

| Nr. Programm            | Bohren | Drehen | Fräsen | Erodieren | Messen | Multi-funktional | Schnittstellen |     |      |           |      |     |     |       |      |             |          |       |           |            |      |     |     |          |   |
|-------------------------|--------|--------|--------|-----------|--------|------------------|----------------|-----|------|-----------|------|-----|-----|-------|------|-------------|----------|-------|-----------|------------|------|-----|-----|----------|---|
|                         |        |        |        |           |        |                  | IGES           | VDA | STEP | Parasolid | VRML | STL | SAT | CATIA | ProE | Unigraphics | Inventor | IDEAS | SolidEdge | SolidWORKS | ME10 | DXF | DWG | Cimatron |   |
| 1 CATIA                 | Y      | Y      | Y      | Y         | Y      | Y                | Y              | Y   | Y    | N         | N    | Y   | N   | Y     | N    | N           | N        | N     | N         | N          | N    | N   | Y   | Y        | N |
| 2 Cimatron E            | Y      | N      | Y      | Y         | Y      | Y                | Y              | Y   | Y    | Y         | Y    | Y   | Y   | Y     | N    | N           | N        | N     | N         | N          | N    | N   | Y   | N        | N |
| 3 Mastercam             | Y      | Y      | Y      | Y         | N      | Y                | Y              | Y   | Y    | N         | Y    | N   | Y   | Y     | Y    | Y           | N        | N     | Y         | N          | N    | Y   | Y   | N        |   |
| 4 PowerSOLUTION         | Y      | N      | Y      | N         | Y      | Y                | Y              | Y   | N    | N         | Y    | N   | Y   | Y     | Y    | N           | Y        | N     | N         | N          | N    | N   | Y   | N        | Y |
| 5 ESPRIT                | Y      | Y      | Y      | Y         | Y      | Y                | Y              | Y   | Y    | N         | N    | N   | N   | Y     | Y    | Y           | N        | N     | N         | N          | N    | N   | Y   | Y        | N |
| 6 HiCAM                 | Y      | Y      | Y      | Y         | Y      | Y                | Y              | Y   | N    | N         | N    | N   | Y   | N     | Y    | Y           | N        | Y     | N         | N          | N    | N   | N   | N        | N |
| 7 MegaCAM / ProfiCAM    | Y      | Y      | Y      | Y         | Y      | Y                | Y              | Y   | Y    | N         | N    | N   | Y   | Y     | Y    | N           | N        | N     | Y         | Y          | Y    | Y   | Y   | Y        | N |
| 8 TopSolid'Cam          | Y      | Y      | Y      | Y         | Y      | Y                | Y              | Y   | Y    | N         | N    | N   | Y   | Y     | Y    | N           | N        | N     | Y         | Y          | Y    | Y   | Y   | Y        | N |
| 9 Goelan                | Y      | Y      | Y      | Y         | N      | Y                | Y              | Y   | Y    | N         | N    | N   | Y   | Y     | Y    | N           | N        | N     | Y         | Y          | Y    | Y   | Y   | Y        | N |
| 10 hyperMILL            | Y      | N      | Y      | N         | N      | Y                | Y              | Y   | Y    | N         | Y    | N   | Y   | Y     | Y    | N           | N        | N     | Y         | N          | N    | Y   | Y   | Y        | N |
| 11 ProMANUFACTURING     | Y      | Y      | Y      | Y         | Y      | Y                | Y              | Y   | Y    | Y         | Y    | N   | Y   | Y     | N    | N           | N        | N     | N         | N          | N    | N   | Y   | N        | N |
| 12 Pictures by PC / CAM | Y      | Y      | Y      | Y         | Y      | Y                | Y              | Y   | N    | N         | Y    | Y   | N   | N     | N    | N           | N        | N     | N         | N          | N    | N   | Y   | N        | N |
| 13 WorkNC               | Y      | N      | Y      | Y         | Y      | Y                | Y              | Y   | Y    | N         | N    | N   | Y   | Y     | Y    | Y           | Y        | Y     | Y         | Y          | Y    | N   | N   | N        | N |
| 14 Prospector           | Y      | N      | Y      | N         | N      | Y                | Y              | Y   | Y    | N         | N    | N   | N   | N     | N    | N           | N        | N     | N         | N          | N    | N   | N   | N        | N |
| 15 CadraNC              | Y      | Y      | Y      | Y         | Y      | Y                | Y              | N   | N    | N         | N    | N   | Y   | Y     | N    | N           | N        | N     | N         | N          | N    | N   | Y   | Y        | N |
| 16 SoliDCAM             | Y      | Y      | Y      | Y         | N      | N                | Y              | Y   | Y    | N         | N    | N   | N   | N     | N    | N           | N        | N     | N         | N          | N    | N   | Y   | Y        | N |
| 17 Tebis                | Y      | N      | Y      | Y         | Y      | Y                | N              | Y   | N    | N         | N    | N   | Y   | Y     | Y    | N           | N        | N     | Y         | N          | N    | Y   | N   | N        | N |
| 18 CAMWorks             | Y      | Y      | Y      | Y         | Y      | Y                | Y              | Y   | Y    | N         | N    | N   | N   | N     | Y    | N           | N        | N     | Y         | N          | N    | Y   | N   | N        | N |
| 19 Unigraphics NX       | Y      | Y      | Y      | Y         | Y      | Y                | Y              | Y   | N    | N         | N    | N   | Y   | Y     | Y    | N           | N        | N     | N         | N          | N    | N   | Y   | Y        | N |
| 20 VX                   | Y      | N      | Y      | N         | N      | Y                | Y              | Y   | Y    | N         | Y    | Y   | Y   | Y     | Y    | N           | N        | N     | N         | N          | N    | Y   | Y   | N        | N |
| 21 VISI-Series          | Y      | N      | Y      | Y         | N      | Y                | Y              | Y   | Y    | N         | N    | Y   | Y   | Y     | Y    | N           | N        | N     | N         | N          | N    | Y   | Y   | Y        | N |

Tab. 3: CAM-System Schnittstellenübersicht [7]

Soll also für den gesamten Datenaustausch innerhalb eines Unternehmens ein Datenformat zur durchgängigen Nutzung festgelegt werden, so ist dies nur möglich, wenn entweder dies schon bei der Anschaffung von CAE-Werkzeugen als Kriterium einbezogen wird, oder indem spezielle Datenkonverter, welche den Ansprüchen genügen, eingekauft oder selbst erstellt werden. Entsprechende Software welche diese Problematiken adressiert, wie ForeSight DXM [8] oder SimPDM [4], ist auf dem Markt verfügbar, aber macht finanziellen oder verwaltungstechnischen Aufwand notwendig, welcher etwa für ein KMU das K.O.-Kriterium sein kann.

Ohne einen optimierten Datenaustausch, oder ohne Richtlinien und Hilfestellungen wie die vorhandenen Konverter zu benutzen sind, kann es nicht nur zum Verlust von Zusatzinformationen kommen, sondern auch zu Geometriefehlern oder mangelhafter Topologie. Die typischen Folgen eines solchen Datenaustausches (Abb. 3) müssen meist händisch von den Mitarbeitern korrigiert werden was zu erhöhten Personalkosten und Verzögerungen führt.

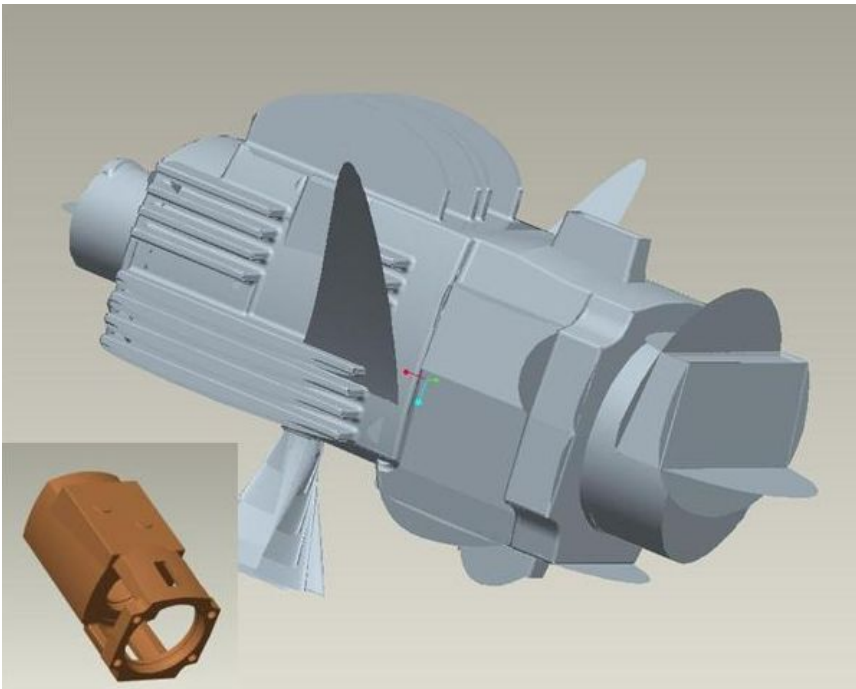


Abb. 3: Fehlerhaftes CAD-Modell bedingt durch unsachgemäße Erstellung beim Export (Originalteil links unten)

Diese Fehler können größtenteils dadurch vermieden werden, dass die Einstellungen des exportierenden und des importierenden Programmes korrekt angepasst werden. Andere typische Probleme wie Miniflächen und kleine Kanten stellen sich als problematisch dar, wenn der Anwender ein FE-Netz generieren will. Dies kann vermieden werden, wenn durch Zusatzinformationen zur Relevanz der Features für die Simulation frühzeitig, vor dem Export ein Unterdrücken dieser Elemente ermöglicht wird. So kann ein erhöhter Zeitaufwand für eine korrekte Modellbildung in der Simulation reduziert werden. Daher ist es eine der Aufgaben von ICROS nicht nur die Weiterverwendung von CAD-Modellen innerhalb der gesamten Prozesskette zu ermöglichen, sondern auch den Austausch von Modellen zu unterstützen.

### 3 Modellierung von Prozessketten mit ICROS

Um einen prozesssicheren Ablauf der Produktentwicklung unter Verwendung von Simulationsprogrammen in mehreren Funktionsbereichen zu realisieren empfiehlt sich ein methodisches Vorgehen in vier Schritten in Anlehnung an Pahl/Beitz [9] oder VDI 2221 [10]. Dieser Basisansatz wird von einem reinen Produktentwicklungs Ansatz in ein Entwicklungsprozess Unterstützungs Verfahren umgearbeitet.

#### 3.1 Erster Schritt: Methodisches Klären und Präzisieren der Aufgabe und Festlegen des Simulationsbedarfs

Die äußerst unterschiedlichen Aufgabenstellungen in der Produktentwicklung erfordern im ersten Schritt eine präzise Definition der zu verwendenden Mittel, Verfahren und Methoden.

Diese münden in eine verbindliche Simulations-Anforderungsliste (Tab. 4) in der die Notwendigkeit eines Programmeinsatzes bereits in einer frühen Phase der Produktentwicklung festgeschrieben wird. An dieser Stelle sollen also keine Details, wie Betriebssysteme, Programme oder Hardware fixiert werden, sondern ausschließlich die Entscheidung für oder gegen den Einsatz eines EDV-Werkzeugs zur Lösung der Anforderung.

| Simulations- Anforderungsliste |   |                         |                       | Blatt:1                            | LS Konstruktionslehre und CAD |
|--------------------------------|---|-------------------------|-----------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Titel: Beispiel                |   |                         |                       | 10.10.2009                         |                               |
| Nr.                            | F | Anforderung             | Wert                  | Programmunterstützung<br>Ja / Nein | Verantwortlich                |
|                                | W |                         |                       |                                    |                               |
| 1                              |   | <b>Geometrie</b>        |                       |                                    |                               |
| 1.1                            | F | Designentwurf notwendig |                       | Nein                               | Designbüro Wierzoch           |
| 1.2                            | F | Maximale Bauhöhe        | 500mm                 | Ja                                 | Abt. K1                       |
| 1.3                            | W | Minimale Breite         | 50mm                  | Ja                                 | Abt. K1                       |
| 1.4                            | F | ....                    | ....                  | ....                               | ....                          |
| ....                           |   |                         |                       |                                    |                               |
| 2                              |   | <b>Material</b>         |                       |                                    |                               |
| 2.1                            | F | Kunststoff              | -                     | Ja                                 | Abt. K2                       |
| 2.2                            | F | Säurebeständig          | DIN12116              | Nein                               | Abt. K2                       |
| 2.3                            | W | Farbe gelb              | RAL 1003              | Nein                               | Abt. Design                   |
| ....                           |   | ....                    | ....                  | ....                               | ....                          |
| 3                              |   | <b>Belastung</b>        |                       |                                    |                               |
| 3.1                            | F | Max. Spannung VM        | 300 N/mm <sup>2</sup> | Ja                                 | Abt. B1                       |
| 3.2                            | F | Max. Verschiebung       | 10e-3 mm              | Ja                                 | Abt. B1                       |
| 3.3                            | W | Dauerfest               | 10e7 LW               | Nein                               | Abt. B2                       |
| ....                           |   | ....                    | ....                  | ....                               | ....                          |
| 4.                             |   | <b>Fertigung</b>        |                       |                                    |                               |
| 4.1                            |   | ....                    |                       |                                    |                               |

Tab. 4: Aufbau einer Simulations-Anforderungsliste (Beispiel)

Diese Vorgehensweise zwingt alle Beteiligten der Produktentstehungsprozesskette sich schon vor dem eigentlichen Beginn der Entwicklung Gedanken über den Ablauf der virtuellen Produktentwicklung zu machen.

Zusätzlich werden dadurch erforderliche Programmmerkmale und weitere Informationen festgelegt, welche ihre Relevanz in allen Prozessschritten behalten [11]. Unter Einbeziehung dieser Informationen über notwendige Simulationsarten und die Anforderungen an die CAE-Werkzeuge wird die Entscheidungsfindung im Unternehmen erleichtert. Es kann schnell entschieden werden, ob alle Schritte im Unternehmen durchgeführt werden



können oder ob externe Dienstleister benötigt werden. Während durch diese Vorgehensweise einerseits die Schaffung genrischer Simulationsprozessketten ermöglicht wird, können andererseits auf dieser Basis Informationen für den Workflow und die Projektplanung abgeleitet werden.

### 3.2 Zweiter Schritt: Konzipieren der notwendigen Simulationserfordernisse

Im Zuge des nächsten Schrittes des Entwicklungsprozesses, dem Konzipieren, müssen seitens des Programmeinsatzes die Weichen für die Verwendung geeigneter Betriebssysteme, Programme und Hardware getroffen werden. Hierbei ist die Auswahl einerseits von der notwendigen Funktionalität andererseits aber auch von der vorhandenen Systemwelt beeinflusst.

Notwendig hierzu ist die genaue Kenntnis der spezifischen Programmfunktionalität, die z. B. in einer Datenbank hinterlegt werden sollte. Muss zum Beispiel die Belastung eines Bauteils aus einem Werkstoff mit nichtlinearem Materialverhalten simuliert werden, kann kein Programm gewählt werden, das nur die Berechnung homogener Materialien erlaubt. Es sei denn, dass man sich zur Vereinfachung bewusst hierfür entscheidet.

Ausgehend von der Simulations-Anforderungsliste und den notwendigen Funktionen wird in der Phase der Simulationskonzeptentwicklung die Auswahl aller zur Zielerfüllung notwendigen Softwaretools in einer Simulationswerkzeug-Auswahlliste getroffen und damit die entscheidende Vorauswahl zum Einsatz der spezifischen Werkzeuge zementiert.

| Simulationswerkzeug Auswahl |                                  |                     |                                    |                 | Blatt:1<br>10.11.09 | LS Konstruktionslehre und CAD      |
|-----------------------------|----------------------------------|---------------------|------------------------------------|-----------------|---------------------|------------------------------------|
| Titel: Beispiel             |                                  |                     |                                    |                 |                     |                                    |
| Nr.                         | Anforderung                      | Werkzeug            | Wert                               | Programm        | Releasestand        | Bemerkungen                        |
| <b>1</b>                    | <b>Geometrie</b>                 |                     |                                    |                 |                     |                                    |
| 1.2                         | Maximale Bauhöhe                 | 3D-CAD              | mm                                 | ProE            | Wildfire 4          | Wochenvers.070                     |
| 1.3                         | Minimale Breite                  | 3D-CAD              | mm                                 | ProE            | Wildfire 4          | Wochenvers.070                     |
| 1.4                         | Bewegungssimulation              | MKS                 | Bauteil Kontakt                    | ADAMS           | 2005r2              |                                    |
| ....                        |                                  |                     |                                    |                 |                     |                                    |
| <b>2</b>                    | <b>Material</b>                  |                     |                                    |                 |                     |                                    |
| 2.1                         | Kunststoff LGF                   | Datenbank           | Festigkeit                         | Granta Database | MI 1.2              | Linear + nichtlinear               |
| 2.2                         | Metallteile                      | Datenbank           | E-Modul, Querkontraktion           | ProMECH         | Wildfire 4          | Wochenvers.070                     |
| ....                        |                                  |                     |                                    |                 |                     |                                    |
| <b>3</b>                    | <b>Belastung</b>                 |                     |                                    |                 |                     |                                    |
| 3.1                         | Max. Spannung VM                 | FEM                 | N/mm <sup>2</sup>                  | Ja              | Z88                 | V13                                |
| 3.2                         | Max. Verschiebung                | FEM                 | mm                                 | Ja              | Z88                 | V13                                |
| 3.3                         | Festigkeit                       | Spritzgußsimulation | Faserverlauf                       | Moldex3D        | V 8.0               | Datenübernahme in nichtlineare FEM |
| ....                        |                                  |                     |                                    |                 |                     |                                    |
| <b>4</b>                    | <b>Fertigung</b>                 |                     |                                    |                 |                     |                                    |
| 4.1                         | Spritzgußteil                    | Spritzgußsimulation | Formfüllung                        | Moldex3D        | V 9.1               | Siehe 4.4                          |
| 4.2                         | LGF verarbeitbar                 | Spritzgußsimulation | Faserverlauf                       | Moldex3D        | V 9.1               | Achtung 3.3                        |
| 4.3                         | Spritzbar auf Aarburg Allrounder | Spritzgußsimulation | Maschinenparameter                 | Moldex3D        | V 9.1               |                                    |
| 4.4                         | Kühlkanäle                       | Spritzgußsimulation | Formheizung/-kühlung               | Moldex3D        | V 9.1               | Modul Solid-Cool                   |
| 4.5                         | Auflage gefräst                  | Fräs-simulation     | Maschinenprogramm Heidenhain TC426 | ProMFG          | Wildfire 4          | Postprozessor                      |
| ....                        |                                  |                     |                                    |                 |                     |                                    |

Tab. 5: Aufbau einer Simulationswerkzeug Auswahlliste (Beispiel)

Das Endergebnis einer solchen Untersuchung der im Unternehmen und auf dem Markt verfügbaren CAE-Werkzeuge ist eine Featureliste (Tab. 5), welche ebenfalls in einem, möglicherweise speziell angepassten Workflow- oder Prozessmanagementtool hinterlegt werden kann. Abbildung 4 zeigt eine abstraktere Variante ausgehend vom EVA-Prinzip (Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe). Speziell die Durchführung der eigentlichen Simulation muss mit entsprechenden Hilfestellungen unterstützt werden. Diese helfen dabei die richtigen Parameter für die Simulation zu wählen oder warnen vor speziellen Fallstricken, welche in seltenen Fällen auftreten, dann aber besondere Vorgehensweisen erfordern. Hier bietet sich auch die Möglichkeit rechtliche oder firmeninterne Richtlinien und Beschränkungen einzubinden.

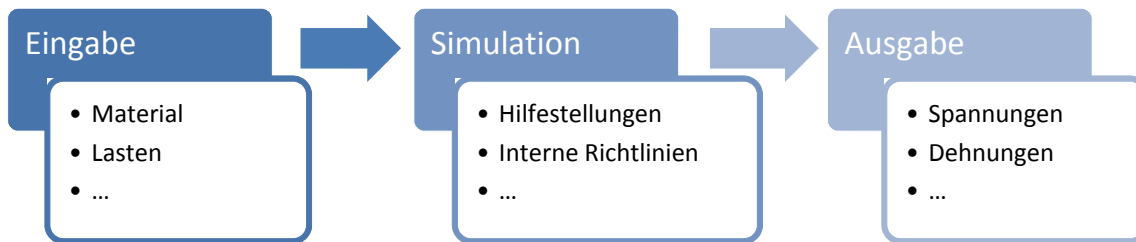


Abb.4: Abstrahierter Simulationsablauf mit Ein- und Ausgabedaten

### 3.3 Dritter Schritt: Entwerfen des Simulationsszenarios

Ausgehend von dem gewählten Einsatz der Simulationsprogramme ist ein Szenario über den Ablauf der Simulationen im Gesamtprozess zu entwickeln. Hier ist die fachlich richtige Reihenfolge der Simulationswerkzeuge entscheidend. Ist z.B. die Entwicklung eines faserverstärkten Bauteils mit Formkavitätsableitung und Fertigungssimulation unter Berücksichtigung der Belastungsoptimierung gefordert, sind Programme zur Erfüllung der Anforderung: 3D-CAD Modellierung, Festigkeitsrechnung von Bauteilen aus nichtlinearem Material, Spritzgussimulation incl. Faserlage und Frässimulation notwendig. Die empfohlene Abfolge ist dem ICROS Ablaufplan (Abb. 5) zu entnehmen, der im einfachsten Fall für unterschiedliche Aufgabenstellungen erstellt und als Fallsammlung gespeist aus Erfahrungen der Vergangenheit vorliegt.

Im Beispiel ist die Reihenfolge der Simulationen entscheidend. Nach dem Vorliegen des CAD Modells muss zunächst eine Spritzgussimulation zur Ermittlung der Faserlage erfolgen, da diese als Input für die Materialeigenschaften in der Festigkeitssimulation benötigt wird. Erst wenn das Teil in der FEM Belastungssimulation prinzipiell hält, ist eine Simulation der Fertigung sinnvoll. Selbstverständlich sind intelligente Rücksprungschleifen und Iterationen vorzusehen. Somit stellt ICROS nicht nur den reinen Prozess zur Verfügung, sondern stellt auch die Beziehungen der Simulationen untereinander und entsprechende Einflüsse dar. Dies ermöglicht nicht nur die Herausforderungen, die mit dem Entwicklungsprozess verbunden sind vorher abzuschätzen, sondern ermöglicht auch frühzeitig Lösungen für potentielle Probleme vorzubereiten.

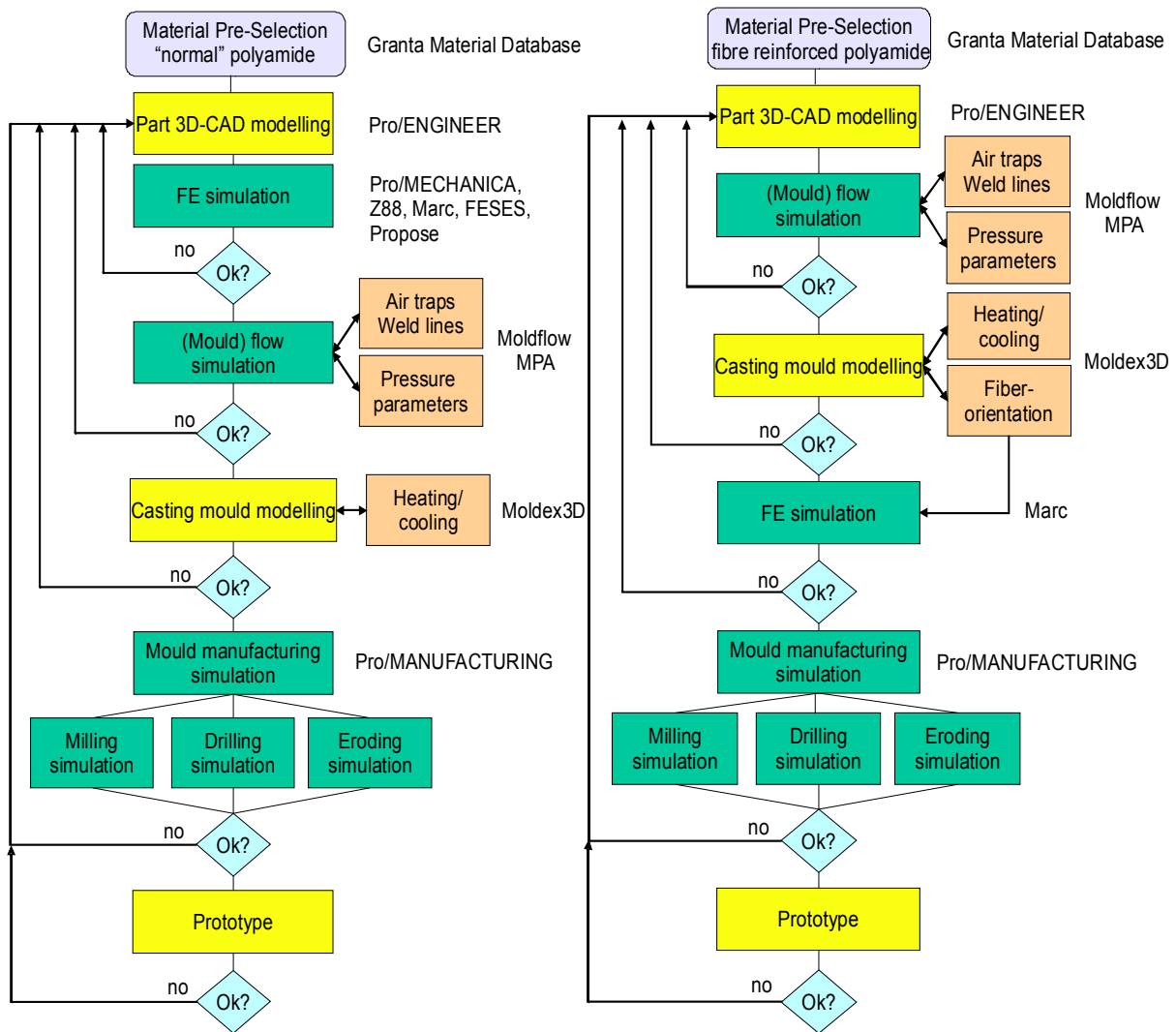


Abb. 5: Beispiel zweier ICROS Ablaufpläne für die Produktentwicklung ohne und mit faserverstärkten Polymeren [1]

### 3.4 Vierter Schritt: Ausarbeiten des Simulationsentwicklungsfeldes

Nach der grundlegenden Festlegung des Simulationsszenarios sind alle notwendigen Fragen zu klären um die Simulationsprozesskette sicher durchzuführen zu können. Hierzu gehören u.a. die oben angesprochene Auswahl und korrekte Einstellung der Im- und Exportschnittstellen an jeder Systemgrenze, um die Ergebnisse einer Simulation für nachfolgende Schritte der Simulation sicher und vollständig übergeben zu können. Hier sind die im konkreten Fall notwendigen Detaillierungen der Systemeinstellungen in hinreichender Granularität auszuarbeiten, wobei das anwendungsspezifische Umfeld zu berücksichtigen ist. Besonders im Umfeld multinationaler, komplexer Kunden-Zulieferbeziehungen ist dies, ähnlich wie beim Ausarbeiten des konkreten Entwurfs in der Konstruktion, eine komplexe, herausfordernde Aufgabenstellung mit sich normalerweise permanent ändernden Spezifikationen.

## 4 Schlußfolgerung und Ausblick

Die Hauptbestandteile von ICROS, welche in der vorliegenden Ausarbeitung dargelegt wurden, zielen auf eine umfassende Berücksichtigung der Beziehung zwischen Entwicklungsaufgabe, Simulationssoftware, Daten- und Wissensmanagement ab. Es bietet die Möglichkeit einen maßgeschneiderten aber dennoch flexiblen Simulationsworkflow zu generieren, der auch die situativen Gegebenheiten im Unternehmen einbezieht.

ICROS kann einen Entwickler durch diesen standardisier- und dokumentierbaren Entwicklungsprozess navigieren. Der Aufbau von ICROS erlaubt es diese Methode auch ohne eine zusätzliche Softwarekomponente zu nutzen, gleichzeitig ist die Methode so gehalten, dass seine Einbindung in ein Workflowmanagementsystem möglich ist. Dies soll im Rahmen des Projektes FORFLOW [12], welches von der Bayerischen Forschungsstiftung gefördert wird nachgewiesen werden, indem eine Implementierung in einem herstellereutralen System erfolgt.

## 5 Literatur

- [1] Alber, B.; Hackenschmidt, R.; Dolsak, B.; Rieg, F.: "ICROS - The Selective Approach to High-Tech Polymer Product Design", Design 2006, Dubrovnik, May 2006, pp. 417-424.
- [2] Sancin, U.; Kaljun, J.; Dolsak, B.: *Intelligent support to specific design aspects. WSEAS transactions on information science and applications*, Feb. 2008, vol. 5, iss. 2, pp. 192-201.
- [3] N.N.: *VDI 2209 3-D-Produktmodellierung*, Berlin. In: VDI-Handbuch Produktentwicklung und Konstruktion - VDI-Richtlinien, Berlin. Beuth Verlag GmbH Berlin Düsseldorf, 2006.
- [4] ProSTEP iViP: Homepage SimPDM: <http://www.prostep.org/de/projektgruppen/simpdm.html>. zuletzt besucht: 31.08.2009.
- [5] Troll, A.: *Systematische Einbindung der Computer Aided Engineering Werkzeuge in den Entwicklungsprozess*. In: Meerkamm, H.; Paezold, K. (Hrsg.): Bayerischer Forschungsverbund für Prozess- und Workflowunterstützung zur Planung und Steuerung der Abläufe in der Produktentwicklung. O.V. Erlangen. 2008.
- [6] Troll, A.; Rieg, F.; Goering, J.-U.: *Connecting 3D-CAD and Finite Element Simulations - approaches, problems and solutions*, NAFEMS, 5th Autosim Workshop, Bilbao, 2007. <http://www.autosim.org/meetings/Page8/Page2/>; zuletzt besucht: 31.08.2009.
- [7] CAD/CAM Report Nr. 7 + Nr. 8, Dressler Verlag, Heidelberg. 2006.
- [8] Tripod Data Systems: Homepage ForeSight DXM [http://www.tdsway.com/products/foresight\\_dxm](http://www.tdsway.com/products/foresight_dxm). last date of visit: 31.08.2009.
- [9] Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K.-H.; (Hrsg.): *Pahl/Beitz Konstruktionslehre - Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung*, 5. Auflage, Springer Berlin Heidelberg, 2003.
- [10] N.N.: *VDI-Richtlinie 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte*. In: VDI-Handbuch Konstruktion, Berlin. Beuth Verlag GmbH Berlin Düsseldorf, 1993.
- [11] Zapf, J.; Troll, A.; Stöber, C.; Rieg, F.; Meerkamm, H.: *Methodische Kopplung von DfX-Strategien mit CAx-Prozessunterstützung zur Bereitstellung praxisorientierter Handlungsempfehlungen*. In: Meerkamm, H. (Hrsg.): *Design for X Beiträge zum 19. Symposium*. Erlangen, 2008.
- [12] Bayerische Forschungsallianz: FORFLOW Homepage: <http://www.forflow.org>. last date of visit: 31.08.2009.

# Numerische Simulation von Gleitringdichtungen

Dr. Armin Laxander,  
Burgmann Industries GmbH & Co. KG

Uwe Salecker  
Berlin Software GmbH

**Gasgeschmierte Gleitringdichtungen für dynamische Applikationen können bis zu Druckdifferenzen von mehreren hundert bar eingesetzt werden. Ziele bei der Auslegung von Gleitringdichtungen sind hohe Funktions- und Betriebssicherheit, sowie eine hohe Effizienz unter allen spezifizierten Betriebsbedingungen. Das Betriebsverhalten einer Gleitringdichtung wird dabei wesentlich durch das Zusammenspiel von fluidmechanischen, strukturmechanischen und thermodynamischen Effekten bestimmt. Die physikalischen Prozesse laufen auf extrem unterschiedlichen Längenskalen ab, von wenigen Mikrometern im Dichtspalt bis zu einigen Millimetern in der gesamten Baugruppe der Dichtung. Dabei können kleinskalige, lokale Effekte das makroskopische Betriebsverhalten der Dichtung maßgeblich beeinflussen.**

**CFX Berlin hat in Zusammenarbeit mit EagleBurgmann eine Reihe von numerischen Simulationen auf mikroskopischen und makroskopischen Längenskalen durchgeführt. Dabei wurde der Einfluss des Temperaturfelds im Fluid auf die Verformung der einzelnen Bauteile der Gleitringdichtung näher untersucht. Dazu wurden in einem ersten Schritt Simulationen des gesamten Prüfstands durchgeführt. In einem zweiten Schritt wurden dann Detailsimulationen von Ausschnitten des axialen Dichtspalts durchgeführt.**

**In der Simulation des Prüfstands wurden alle relevanten Strömungsbereiche des Prozessgases mit Drücken von mehreren hundert bar, Kühlkreisläufe und alle relevanten Festkörperbereiche berücksichtigt. Die Detailsimulation des Dichtspalts zielte darauf ab, das überkritische Ausströmen am Dichtspaltaustritt näher zu untersuchen. Dabei wurden die Realgaseigenschaften des Prozessgases berücksichtigt. Die numerischen Ergebnisse wurden mit experimentellen Beobachtungen verglichen.**

## 1 Einführung

Gleitringdichtungen ermöglichen die effiziente Abdichtung von Bereichen unterschiedlichen Druckniveaus in rotierenden Systemen. Im Fall der gasgeschmierten Gleitringdichtung wird der nur wenige Mikrometer hohe Dichtspalt durch das Prozessgas selbst gebildet. Ein Fluidfilm mit hoher Steifigkeit – der Leckagestrom – stellt sicher, dass sich der stationäre Ring (Gleitring) und der rotierende Ring (Gegenring) nicht berühren. Die gasgeschmierte Gleitringdichtung ist ein sich selbst regulierendes mechanisches System.

Die Ziele bei der Auslegung von Gleitringdichtungen sind hohe Funktions- und Betriebssicherheit, sowie eine hohe Effizienz unter allen Betriebsbedingungen. Das Betriebsverhalten einer Gleitringdichtung wird dabei durch das Zusammenspiel von fluidmechanischen, strukturmechanischen und thermodynamischen Effekten bestimmt. Die physikalischen Prozesse laufen auf extrem unterschiedlichen Längenskalen ab, von wenigen Mikrometern im Dichtspalt bis zu einigen Millimetern in der gesamten Baugruppe der Dichtung. Dabei können kleinskalige, lokale Effekte das makroskopische Betriebsverhalten der Dichtung maßgeblich beeinflussen.

Die Komplexität des Zusammenspiels der physikalischen Prozesse innerhalb der Gleitringdichtung legt die Analyse mittels dreidimensionaler Simulation der Fluid-Struktur-Interaktion nahe. Dieses Vorgehen wäre allerdings extrem rechenintensiv und ist für den Auslegungsprozess nicht praktikabel. Tatsächlich werden in der industriellen Praxis zweidimensionale Berechnungsmethoden eingesetzt. Das Problem wird zudem reduziert auf das wesentlich rotationssymmetrische Ringsystem und den dazu orthogonal stehenden zyklisch symmetrischen Dichtspalt. Spezielle Berechnungstools lösen das gekoppelte Fluid-Struktur-Problem und liefern als wichtigste Ergebnisse die Temperaturverteilung im Dichtspalt und in den Ringen, die Verformung von Gleit- und Gegenring, sowie den Leckage-massenstrom.



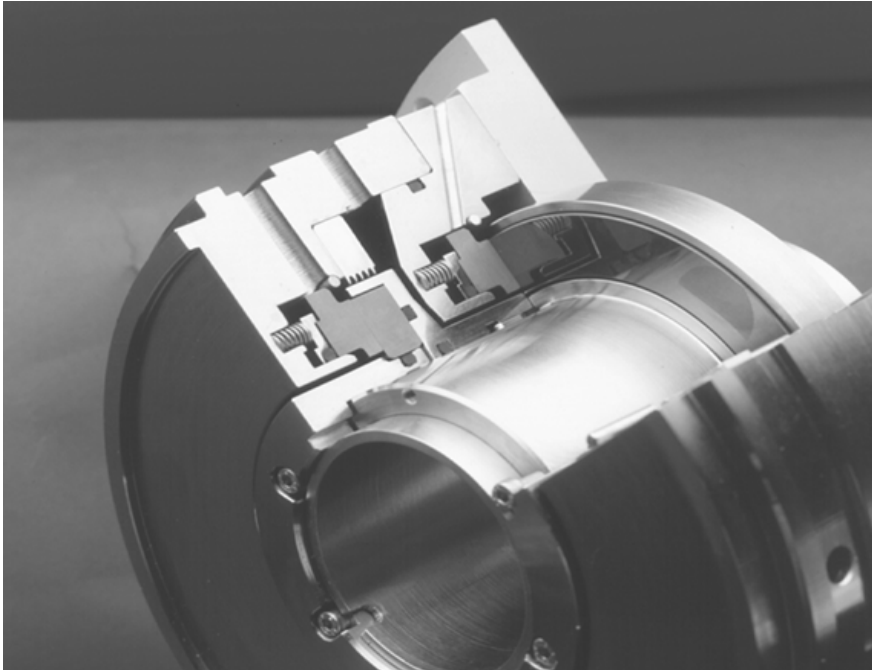


Abb. 1: Gasgeschmierte Gleitringdichtung

Die der Analyse zugrunde liegenden Vereinfachungen erfordern es, die numerischen Ergebnisse mit Vorsicht zu interpretieren. Auch kann das stationäre Modell keine transienten Effekte erfassen, welche zum Beispiel durch Interaktion von Gleit- und Gegenring mit angrenzenden Bauteilen oder zeitlich veränderlichen Temperaturgradienten verursacht werden. Obwohl die Reaktion der Dichtung infolge transienter Effekte nur sehr begrenzt modelliert werden kann, ist es doch wichtig einen tieferen Einblick in die physikalischen Prozesse im Einzelnen zu gewinnen.

Ziel der Zusammenarbeit von CFX Berlin und EagleBurgman war es, die Verteilung der Temperatur und der Temperaturgradienten in und um die Dichtung genauer zu ermitteln. Dazu wurden Simulationen des gesamten Prüfstands und Detailsimulationen von Ausschnitten des axialen Dichtspalts durchgeführt. In der Simulation des Prüfstands wurden alle relevanten Strömungsbereiche des Prozessgases mit Drücken von mehreren hundert bar, Kühlkreisläufe und alle relevanten Festkörperbereiche berücksichtigt. Die Detailsimulation des Dichtspalts zielte darauf ab, das überkritische Ausströmen am Dichtspaltaustritt näher zu untersuchen. Dabei wurden die Realgaseigenschaften des Prozessgases berücksichtigt.

## 2 Numerische Simulation des Gleitringprüfstands

Die Längenskala der Strömung im Dichtspalt ( $1\ \mu\text{m}$ ) ist im Vergleich zu den Längenskalen der restlichen Strömung (1-10 mm) sehr klein. Um die Gittergenerierung und den Aufwand der Berechnung zu verringern, wurde der Dichtspalt durch adäquate Randbedingungen (Wärmestrom in den Gleitflächen, Massenströme am Spaltein- und austritt) ersetzt. Diese Randbedingungen stammen aus zweidimensionalen Auslegungsberechnungen mit dem Analyseprogramm *Sealanalysis*.

### 2.1 Geometrie und Vernetzung

Abb. 2 zeigt das 3D-CAD-Modell des Gleitringprüfstands und das auf dessen Basis generierte ICEM-Hexa-Blocking. Das Geometrie-Modell beinhaltet fünf Fluidbereiche (3 x Prozessgas, 2 x Kühlwasser) und acht Festkörper (Dichtringe, Gehäuse, Kühlkreisläufe). Die Geometrie wurde mit ICEM Hexa manuell vernetzt. Es wurden 60.000 Blöcke erstellt, um die Geometrie im Berechnungsgitter abzubilden. Auf Basis dieser Blockstruktur wurde ein Gitter mit ca. 25 Million Hexaederelementen erstellt.

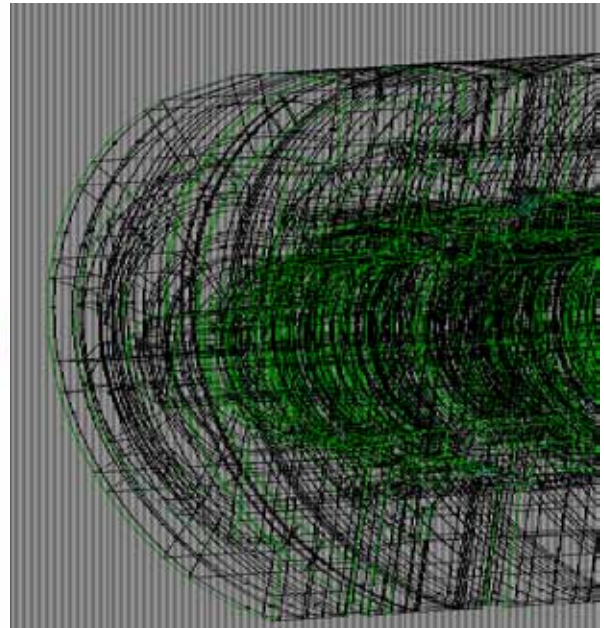
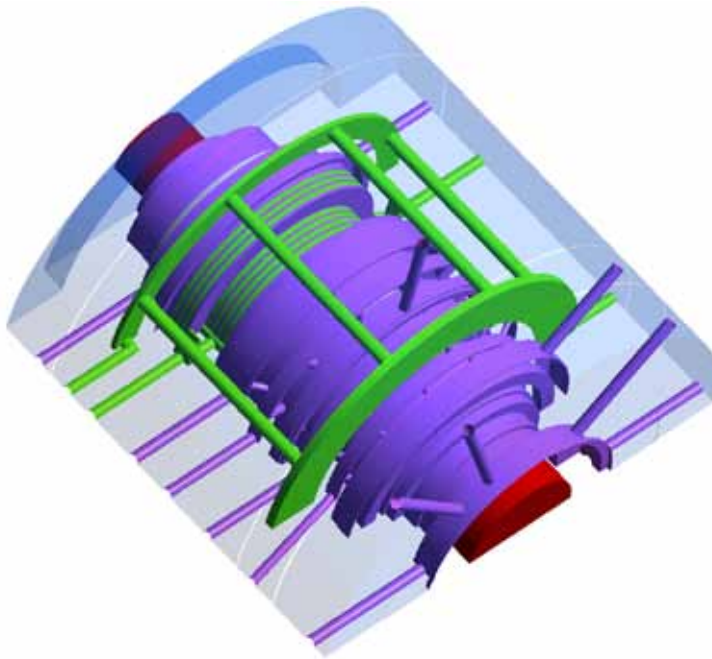


Abb. 2: 3D-CAD-Modell und ICEM-Hexa-Blockstruktur

## 2.2 Materialeigenschaften

Es wurden zwei verschiedene Prozessgase (Luft und Helium) berücksichtigt. Beide Gase verhalten sich bei Expansion komplett unterschiedlich aufgrund des unterschiedlichen Joule-Thomson-Koeffizienten. Helium erwärmt sich bei der Expansion, während Luft sich abkühlt.

In der Simulation wurden tabellierte Stoffeigenschaften für Luft und Helium im Bereich 1...600 bar und -50...200°C verwendet (Abb 3). Zwischen den tabellierten Werten der Dichte, Spezifischen Wärmekapazität und Dynamische Viskosität wurde mit Hilfe von User-Fortran-Routinen quadratisch interpoliert.

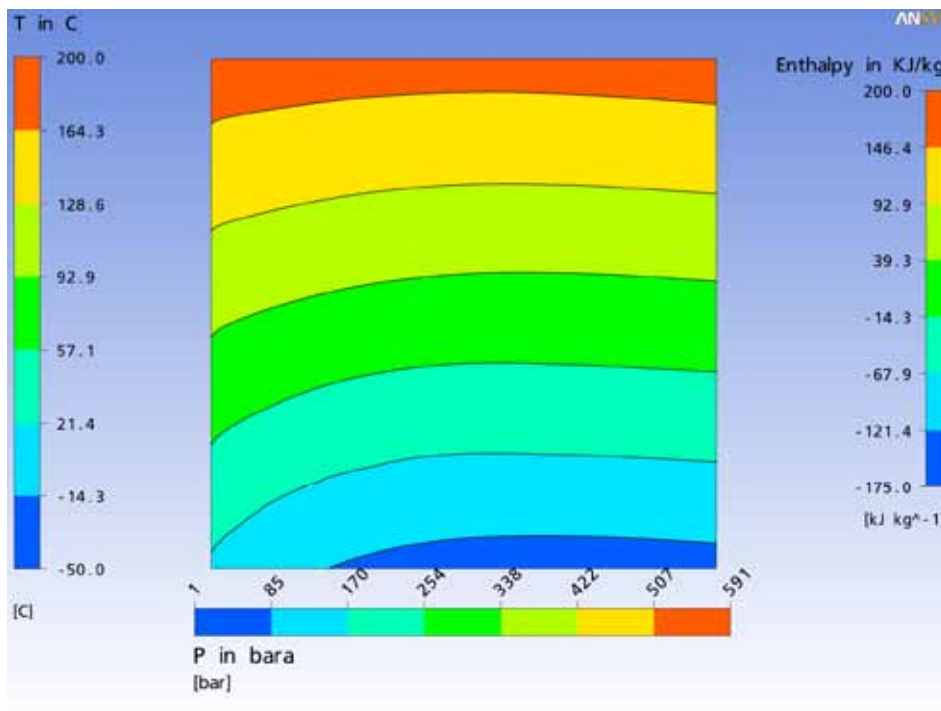


Abb 3: Enthalpie von Luft über p und T

## 2.3 Ergebnisse

In Abb. 4 sind die mit ANSYS CFX numerisch berechneten Temperaturverteilungen im Mittelschnitt für die Prozessgase Luft und Helium dargestellt. Die niedrigsten Temperaturen tauchen in den Bereichen der Kühlkreisläufe auf. Die detaillierte Temperaturverteilung im Mittelschnitt einer Gleitringdichtung ist in Abb. 5 dargestellt. Gleit- und Gegenring werden durch die im Dichtspalt umgesetzte Reibungsarbeit erwärmt. Die Abströmung am Spaltaustritt stellt eine weitere Wärmequelle dar.

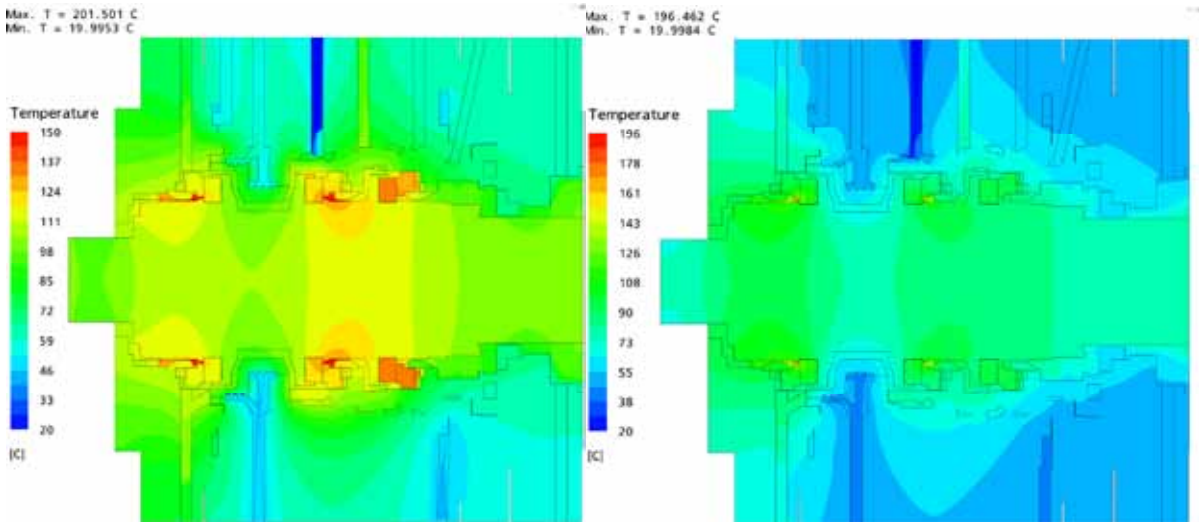


Abb. 4: Temperaturverteilung im Prüfstand für die Prozessgase Luft (links) und Helium (rechts)

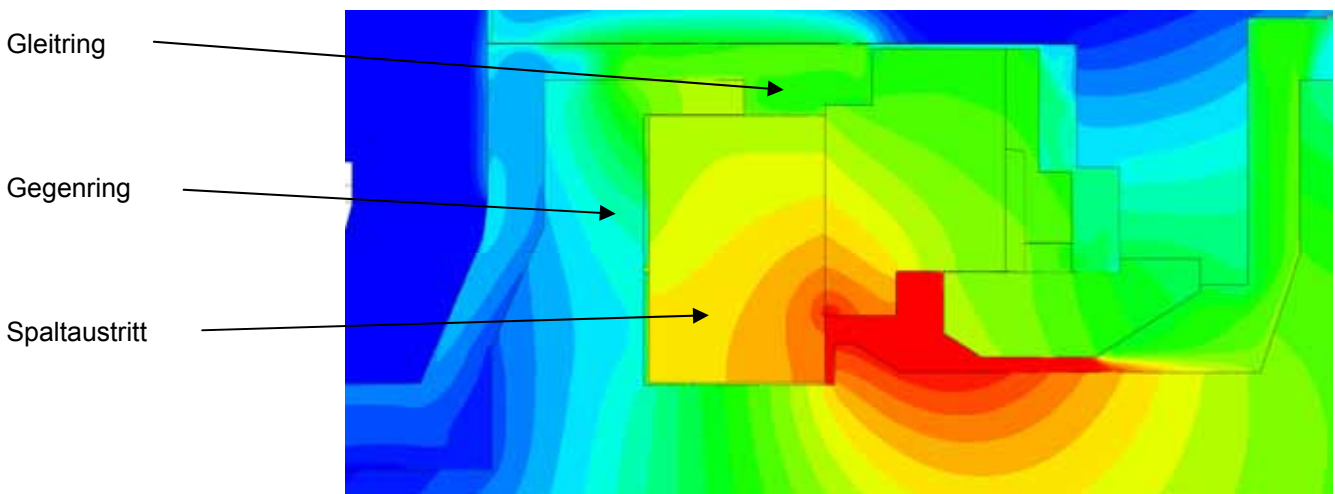


Abb. 5: Temperaturverteilung im Gleit- und Gegenring

## 3 Numerische Simulation der Abströmung des Dichtspalts

Die Abströmung des Dichtspalts wurde untersucht, um den Einfluss des Expansionsgebietes der überkritischen Abströmung auf die Temperaturverteilung und –gradienten in den Dichtringen zur ermitteln. Randbedingungen wurden den Ergebnissen der Prüfstandssimulation entnommen. Die verwendeten Materialeigenschaften entsprechen ebenfalls denen der Prüfstandssimulation.

### 3.1 Geometrie und Vernetzung

Für diese Simulation wurde ein 20°-Segment der Umgebung des Spaltaustritts berücksichtigt. Das Simulationsgebiet umfasst Teile des Dichtspalts, des Gleit- und des Gegenrings. Abb. 6 zeigt das mit ICEM Hexa generierte Netz auf zwei verschiedenen Längenskalen (1 mm and 1  $\mu\text{m}$ ).

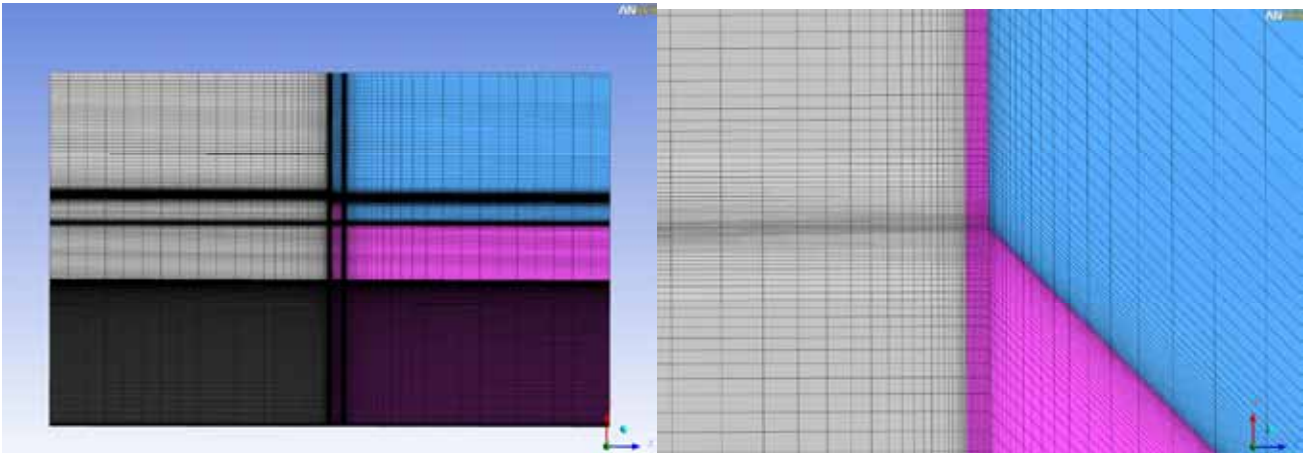


Abb. 6: Vernetzung des Spaltaustritts

### 3.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse in Abb. 7 zeigen die typischen Mach-Zahl und Temperaturverteilung beim überkritischen Ausströmen aus einer Düse. Die Expansion findet innerhalb eines Expansionsfächers aus Über- und Unterschallgebieten statt.

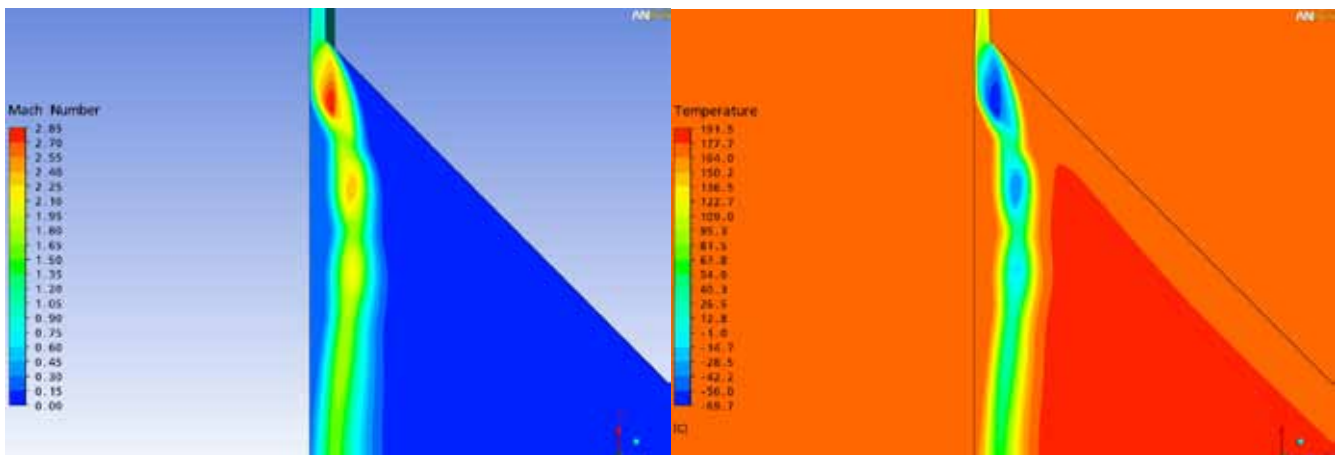


Abb. 7: Verteilung der Mach-Zahl und der Temperatur am Spaltaustritt

Die Temperaturverteilung in Abb. 8 zeigt, dass die geringe Temperatur der Überschallgebiete keinen Einfluss auf die Temperaturverteilung in den Dichtringen hat. Die Dichtringe werden vielmehr durch die dissipierte Energie in den Grenzschichten erwärmt.



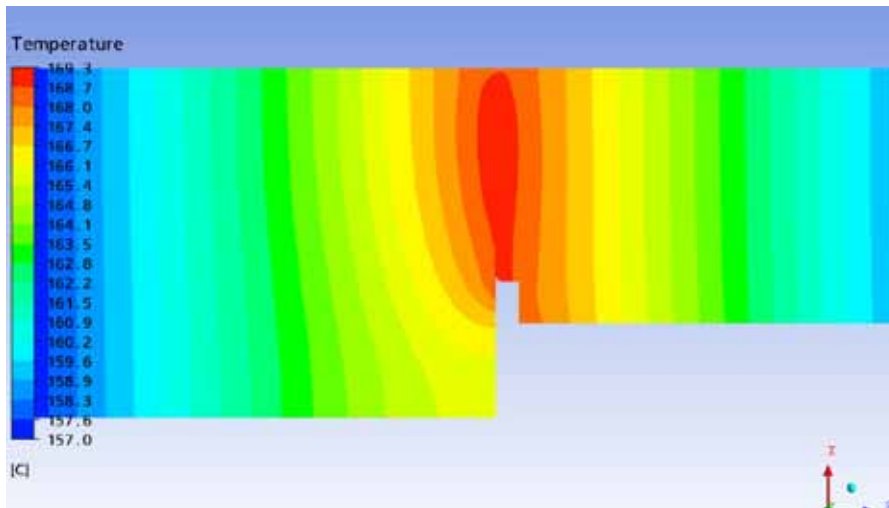


Abb. 8: Temperaturverteilung in den Dichtringen

#### 4 Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Simulationen erfüllten alle Erwartungen. Die experimentell ermittelten Temperaturen im Prüfstand und dessen Antriebsmoment stimmte mit den numerisch ermittelten Werten überein. Eine Analyse des Kühlkreislaufs zeigte mögliches Optimierungspotential. Für die Wärmeleitung kritische Stellen konnten ermittelt werden. Besonders die Simulation der Spaltabströmung lieferte einen tiefen Einblick in die Vorgänge im Dichtspalt und ein besseres Verständnis der Wärmeübertragung zwischen Fluid und Dichtringen.

#### 5 Autoren

Dr. Armin Laxander, Armin.Laxander@de.EagleBurgmann.com  
Burgmann Industries GmbH & Co. KG, Wolfratshausen, Deutschland

Uwe Salecker, Uwe.Salecker@CFX-Berlin.de  
CFX Berlin Software GmbH, Berlin, Germany



# Simulation der Temperatur im und am Reibkontakt

Dipl.-Ing. Pat.-Ing. André Daubner, Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Haas

Institut für Maschinenelemente, Universität Stuttgart, Stuttgart, Deutschland

Für einfachste Geometrien wie die ebene Platte können die Wärmeübergangskoeffizienten (WÜK) analytisch berechnet werden. Bei komplexeren Geometrien versagen diese Ansätze. Zur Ermittlung der WÜK für ganze Maschinen bleibt oft nur deren zeit- und kostenintensive experimentelle Ermittlung. Die Schwierigkeit hierbei ist die Abhängigkeit der WÜK von der Strömungsart, den thermischen Eigenschaften der Fluide und der Festkörper als auch von den geometrischen Eigenschaften und den Betriebsbedingungen.

Diese Arbeit beschreibt die numerische Berechnung der WÜK eines Prüfstand für Radialwellendichtringe (RWDR) und die Bestimmung der Temperaturen im Reibkontakt. Zur Berechnung des Geschwindigkeits- und Temperaturfeldes wurde eine strömungsmechanische Wärmeübertragungssimulation (Conjugated Heat Transfer Simulation, CHT) durchgeführt, über die die WÜK abgeleitet werden können. Aufgrund der hierfür notwendigen adäquaten Wandbehandlung wurde im weiteren untersucht, in wie weit die abgeleiteten WÜK gemittelt und in einer Wärmeübertragungssimulation ohne Fluid, als Randbedingungen verwendet werden können.

Die numerischen Ergebnisse werden mit den experimentellen Ergebnissen vom Radialwellendichtringprüfstand verifiziert. Zur Bestimmung der Temperatur unter der Dichtkante wurden Thermoelemente in die Welle eingebracht. Da diese Methode technisch sehr anspruchsvoll ist, wurde zusätzlich eine Thermographiekamera zur Bestimmung der Temperatur im optisch zugänglichen Bereich verwendet. Dabei zeigt das Thermographiesystem eine im Vergleich zu den Thermoelementen um 4K zu niedrige Temperatur. Diese Differenz wurde überprüft.

## 1 Einleitung

Radialwellendichtringe werden in vielen technischen Anwendungen eingesetzt. Das in dieser Arbeit untersuchte Dichtsystem besteht aus einem RWDR, dem abzudichtenden Fluid und der rotierenden Welle. Diese Komponenten bilden ein komplexes tribologisches System. Übersteigt die Temperatur im tribologischen Kontakt die maximal zulässige Temperatur des Polymers, degeneriert und verschleißt der Dichtring [1]. Fällt ein kleines Bauteil wie ein RWDR aus, kann dies den Ausfall der gesamten Maschine bedeuten. Lange Stillstandszeiten und hohe Kosten sind die Folgen.

Experimentell ist die Temperatur im tribologischen Kontakt zwischen rotierender Welle und Dichtring nur schwer zugänglich bzw. kann nur mit sehr großem Aufwand gemessen werden. Entscheidend bei der Messung ist die präzise Positionierung der Thermoelemente in der Welle und dass die tribologischen Verhältnisse durch das Einbringen nicht verändert werden. Sehr elegant ist die Messung der Temperatur mittels einer Infrarot-Thermographiekamera. Mit dieser ist die berührungsfreie Messung der Temperatur, ohne Beeinflussung der tribologischen Kontaktzone möglich. Die Temperaturmessung beschränkt sich dabei auf den optisch zugänglichen Bereich. In der Praxis wird zwischen den Thermoelementen und der Thermographiekamera eine Temperaturdifferenz von 4 K beobachtet.

Eine strömungsmechanische Analyse soll die Ursachen dieser Temperaturdifferenz klären. Hierzu wurde ein Prüfstand zur Prüfung von Radialwellendichtringen modelliert und simuliert. Für die Simulationen wurden Ansys ICEM CFD und Ansys CFX verwendet.

## 2 Prüfstand

Die Experimente wurden an einem Prüfstand des *Instituts für Maschinenelemente der Universität Stuttgart* durchgeführt. Dieser wurde speziell für kontinuierliche Messung des Reibmomentes und der Temperatur im Reibkontakt konstruiert und gebaut. Zur fehlerfreien Messung des Reibmomentes ist der RWDR in einem Luftlager (axial und radial) gelagert. Ein Biegebalkensensor stützt das von der Welle auf den Dichtring ausgeübte Reibmoment ab. In die rotierende Welle eingebrachte Thermoelemente messen die Temperatur unter der Dichtkante. Dadurch dass der im Luftlager eingebaute RWDR axial verschiebbar ist, kann dieser präzise über den Thermoelementen positioniert werden. Die Wellenoberfläche ist geschliffen. Die Oberflächenparameter sind:  $R_a=0,5$ ,  $R_z=3$  und  $R_{max}=6,3$ . Ein Telemetriesystem überträgt die Signale von der rotierenden Welle an die Messwerterfassung [2].

Zur berührungsfreien Messung der Temperatur im optisch zugänglichen Bereich des RWDR wurde ein Thermographiesystem mit einem Mikroskopobjektiv (25  $\mu\text{m}$  pro Pixel) verwendet. Ein Schwachpunkt von Thermographiesystemen – bei der Messung von absoluten Temperaturen – ist die Unsicherheit bezüglich des Emissionskoeffizienten. Dieser wurde für das verwendete FPM RWDR-Material zu 0,92 abgeschätzt. Die verwendete Anordnung ist in Bild 1 dargestellt.

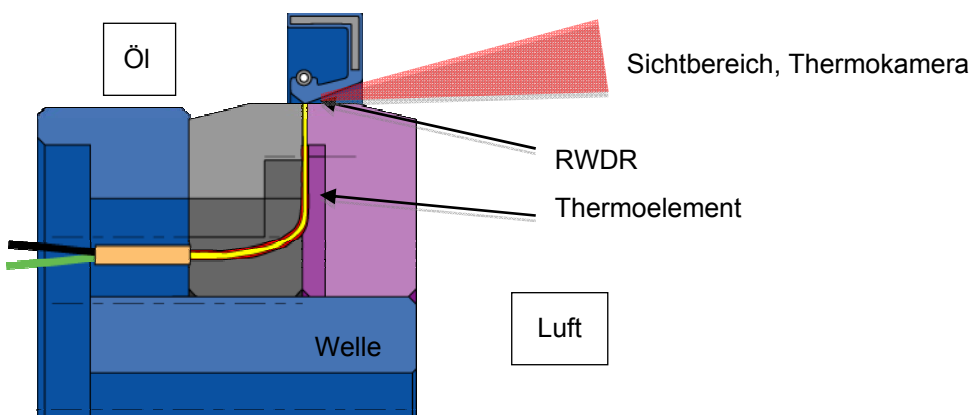


Bild 1: Eingebautes Thermoelement

## 3 Simulationsmodell

Die Gittergenerierung erfolgte blockstrukturiert mit Ansys ICFM CFD. Die montierte, deformierte Geometrie ist das Ergebnis einer nicht-linearen strukturmechanischen Kontaktrechnung. Daraus ergab sich eine Kontaktbreite von 0,2 mm.

Mittels Rauch wurde die turbulente Luftströmung um den Prüfstand visualisiert. Das Öl im Prüfstand wurde aufgrund der großen Taylor-Zahl ebenfalls turbulent modelliert. Die Taylor-Zahl  $Ta$  ist eine dimensionslose Größe, welche die Gewichtung der Zentrifugalkräfte und die Affinität zur Taylorwirbelbildung beschreibt. Sie hängt von der Dichte  $\rho$ , der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$ , der dynamischen Viskosität  $\eta$  und vom inneren und äußeren Radius  $r_a$ ,  $r_i$  des Ringspaltes ab. Für die Taylorzahl gilt:

$$Ta = \frac{\rho \cdot \Omega}{\eta} \cdot \sqrt{r_i} \cdot (r_a - r_i)^{1,5} \quad (1)$$

Bei 40 °C Ölsumpftemperatur ist die Taylor-Zahl  $Ta=50.000$ , signifikant höher als die kritische Taylorzahl. Infolge dessen wurden beide Fluide (Öl und Luft) mit einem Scher-Spannungs-Turbulenzmodell (SST) modelliert [3], [4]. Für große Reynoldszahlen haben sowohl das Geschwindigkeitsfeld als auch das Temperaturfeld eine Grenzschicht. Diese müssen nicht gleich dick sein. Im wandnahen Bereich spielt die thermische Leitfähigkeit eine entscheidende Rolle. Dabei resultiert die Komplexität des konvektiven Wärmeübergangs aus der starken Kopplung von Geschwindigkeits- und Temperaturfeld. Scharfe Ecken an komplexen Geometrien können zu einer Ablösung der hydraulischen Grenzschicht führen, was sich dann auf die thermische Grenzschicht und damit die Wärmeübertragung auswirkt.

### 3.1 Festkörper und Fluideigenschaften

Die thermischen Stoffeigenschaften sind dem VDI-Wärmeatlas entnommen [5]. Da sich die Eigenschaften von Luft im erwarteten Temperaturbereich nur wenig ändern, werden sie als konstant behandelt. Die dynamische Viskosität des verwendeten Öls (Mobilube GX-A 80W) wurde dem Datenblatt entnommen [6]. Die temperaturabhängige dynamische Viskosität ist in Tabelle 1 aufgelistet.

| Temperatur | Kinematische Viskosität            | Dynamische Viskosität |
|------------|------------------------------------|-----------------------|
| °C         | 10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s | 10 <sup>-6</sup> Pa·s |
| 40         | 76                                 | 67,6                  |
| 70         | 22,5                               | 20,0                  |
| 100        | 10                                 | 8,90                  |
| 130        | 5,3                                | 4,72                  |
| 150        | 3,9                                | 3,47                  |

Tabelle 1: Kinematische und dynamische Viskosität „Mobilube GX-A 80W“ [6]

Die thermischen Eigenschaften der Festkörpermateriale werden in Tabelle 2 gezeigt. Der Deckel und das Gehäuse sind aus Aluminium. Die Welle ist aus 100Cr6. Der RWDR ist aus einem Fluor-Polymer (FPM) [1].

|                                 | Einheit           | 100Cr6 | Aluminium | FPM   |
|---------------------------------|-------------------|--------|-----------|-------|
| Dichte (bei 20 °C)              | kg/m <sup>3</sup> | 7850   | 2700      | 1900  |
| Spez. Wärmekapazität (bei 20°C) | J/kg·K            | 460    | 910       | 1650  |
| Wärmeleitfähigkeit (bei 20 °C)  | W/m·K             | 42     | 236       | 0,215 |

Tabelle 2: Thermische Eigenschaften der verwendeten Festkörpermateriale [5]

### 3.2 Modellierung

Das dreidimensionale Gitter kann in drei Hauptbereiche eingeteilt werden:

- Ölgehäuse mit Deckel, Dichtring und Welle (Festkörper)
- Öl im Gehäuse (Fluid)
- Luft vor dem Prüfstand (Fluid)
- 

Aufgrund der Relativbewegung zwischen der rotierenden Welle und dem Dichtring wird Bewegungsenergie in Reibungswärme umgewandelt. Diese wird als Wärmequelle im Modell berücksichtigt. Die umgebende Luft hat Raumtemperatur (20 °C). Der physikalische Kontakt zwischen den Festkörper und den Fluiden wird über konservative Interface-Flüsse modelliert. Ein kritischer Punkt ist die korrekte Platzierung der Reibungswärmequelle zwischen dem Dichtring und der Welle. In der Realität wird der größte Teil der Reibwärme durch die Scherung des Öls produziert. Eine Abschätzung des bislang unbekanntes Reibungskoeffizienten kann über das sogenannte „Gümpel-Diagramm“ vorgenommen werden. Zur Bestimmung der Reibleistung müssen das Reibmoment  $M_R$  und die Drehzahl  $n$  bekannt sein

$$P_R = M_R \cdot \omega = M_R \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \quad (2)$$

Das Reibmoment  $M_R$  hängt vom Wellendurchmesser  $d$ , der Radialkraft  $F_R$  und vom Reibkoeffizienten  $f$  ab. Der Reibkoeffizient selbst ist eine Funktion der tribologischen Bedingungen unter der Dichtkante

$$M_R = f \cdot F_R \cdot \frac{d}{2} \tag{3}$$

Durch das Einsetzen von Gleichung (3) in (2) kann der produzierte Wärmestrom  $\dot{Q}$  berechnet werden

$$\dot{Q} = P_R = \pi \cdot f \cdot F_R \cdot d \cdot n \tag{4}$$

Dieser Wärmestrom wird als Wärmequelle ins Modell eingebracht. Die genaueste Möglichkeit zur Bestimmung der Reibleistung ist die Messung des Reibmomentes und der Drehzahl. Tabelle 3 zeigt das gemessene Reibmoment und die zugehörige Temperatur unter und vor dem RWDR. Eine Erhöhung der Ölsumpftemperatur führt zu einer Erniedrigung der Viskosität und damit auch des Reibmomentes. Die Reibleistung verringert sich dementsprechend.

| Nr. | Öltemperatur | Umfangsgeschwindigkeit | Reibmoment | Berechnete Reibleistung | Temperatur im Dichtkontakt | Thermokamera |
|-----|--------------|------------------------|------------|-------------------------|----------------------------|--------------|
|     | °C           | 1/min                  | Nm         | W                       | °C                         | °C           |
| 1   | 43,4         | 1000                   | 0,5182     | 54,13                   | 56,1                       | 51,7         |
| 2   | 68,4         | 1000                   | 0,4101     | 43,00                   | 76,8                       | 73,6         |
| 3   | 95,7         | 1000                   | 0,3284     | 34,42                   | 100,9                      | 99,5         |
| 4   | 127,1        | 1000                   | 0,2495     | 26,17                   | 130,8                      | 127,7        |
| 5   | 145,0        | 1000                   | 0,1808     | 19,03                   | 147,4                      | 144,7        |

Tabelle 3: Experimentelle Ergebnisse

Mit den experimentellen Ergebnissen aus Tabelle 3 kann die Erwärmung infolge Reibung berechnet werden. Eine Möglichkeit ist es, die Reibungswärme in einer der beiden Grenzflächen als totale Wärmequelle einzubringen. Da CFX in finite Volumen basiertes Programm ist, macht es einen Unterschied in welchen Festkörperbereich die Wärme eingebracht wird (RWDR oder Welle). Es ergibt sich jeweils eine unterschiedliche Temperaturverteilung. Wird die Reibwärme in der Randfläche des RWDR angesetzt, befindet sich die Wärmequelle in der ersten Zellreihe des RWDR. Dort heizt sich das schlecht leitende Polymer solange auf, bis ein so hohes Temperaturgefälle bzgl. der Kontaktfläche entstanden ist, dass eine stationäre Ableitung des Wärmestroms in diese Richtung möglich ist. Die Ableitung über den RWDR selbst ist wegen dessen extrem geringer Wärmeleitfähigkeit nur von untergeordneter Bedeutung.

Nach dem Fourier'schen Gesetz wird für einen konstanten Wärmestrom die treibende Temperaturdifferenz mit zunehmender Entfernung größer. Dies bedeutet, dass die fälschliche Temperaturüberhöhung mit der Größe der ersten Zellreihe (d.h. mit einem größeren Rechengitter) des RWDR zunimmt. Wird die numerische Wärmequelle in die Welle gelegt, ergibt sich auf Höhe der Zellmittelpunkte ebenfalls eine physikalisch nicht korrekte Spitzentemperatur. Diese Überhöhung fällt wegen der verhältnismäßig guten Wärmeleitfähigkeit von 100Cr6 aber um einige Größenordnungen kleiner aus. Damit Netzeffekte ausgeschlossen werden können, wurde eine Netzverfeinerungsstudie durchgeführt. Das bedeutet, das Netz wird solange verfeinert bis sich die Lösung nicht mehr ändert.

#### 4 Verifikation der Simulationen

Die im Folgenden beschriebenen numerischen Ergebnisse werden am Beispiel 95,7°C Ölsumpftemperatur und 1000 min<sup>-1</sup> Drehzahl dargestellt. Die Ergebnisse bei den anderen Ölsumpftemperaturen werden nachfolgend aufgelistet.

## 4.1 Geschwindigkeitsfeld

Die Luft in der Nähe der rotierenden Welle wird aufgrund einer Haftbedingung mitrotiert. Hinter diesem turbulenten Bereich dominiert die freie Konvektion. Durch die Verwirbelung heizt sich die Luft entlang des Wellenumfangs auf bis zu ca. 80 °C auf. Die Ablösung des Wirbels von der Welle erfolgt an der Stelle, wo Auftriebs- und Trägheitskraft in die gemeinsame Richtung wirken und damit die Fliehkraft maximal wird.

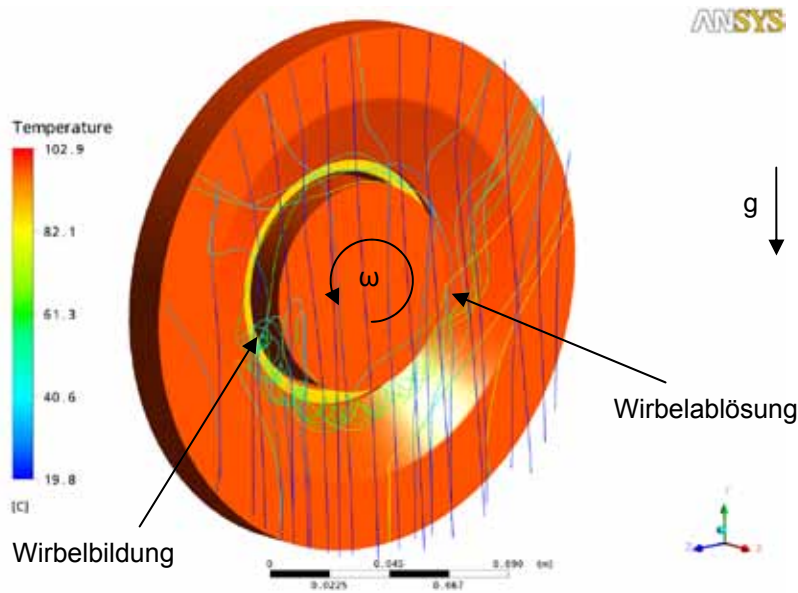


Bild 2: Wirbelbildung und Ablösung

Im Ölvolumen entsteht durch das Anhaften des Öls an der rotierenden Welle eine sogenannte Couette-Strömung. Da es sich um eine Couette-Strömung mit rotierendem Innenzylinder handelt, entstehen durch Zentrifugalkräfte senkrecht auf die Drehachse stehende Taylor-Wirbel. Diese Wirbelstrukturen überlagern die azimuthale Schlepplströmung und sorgen für eine Verbesserung des Wärmeübergangs.

## 4.2 Temperaturfeld

Bild 3 gibt einen Überblick über die simulierte Temperaturverteilung in den Festkörpern und dem Fluid. Die Temperaturen in den Festkörpern (Welle, RWDR, Kammergehäuse und Deckel) liegen im Bereich der räumlich nahezu konstanten Öltemperatur (ca. 96 °C). Die Luft in einiger Entfernung zur Wand hat die Raumtemperatur (20 °C). In einer dünnen Grenzschicht steigt sie in Richtung der Bauteiloberflächen auf die dortigen Wandtemperaturen an. Ein Vergrößern des Bereichs um den RWDR und eine Anpassung der Farbskala verdeutlicht die aus der Reibwärme resultierende Temperaturüberhöhung. Die sogenannte Übertemperatur. Im Dichtspalt wird eine maximale Temperatur von 102,9 °C erreicht.



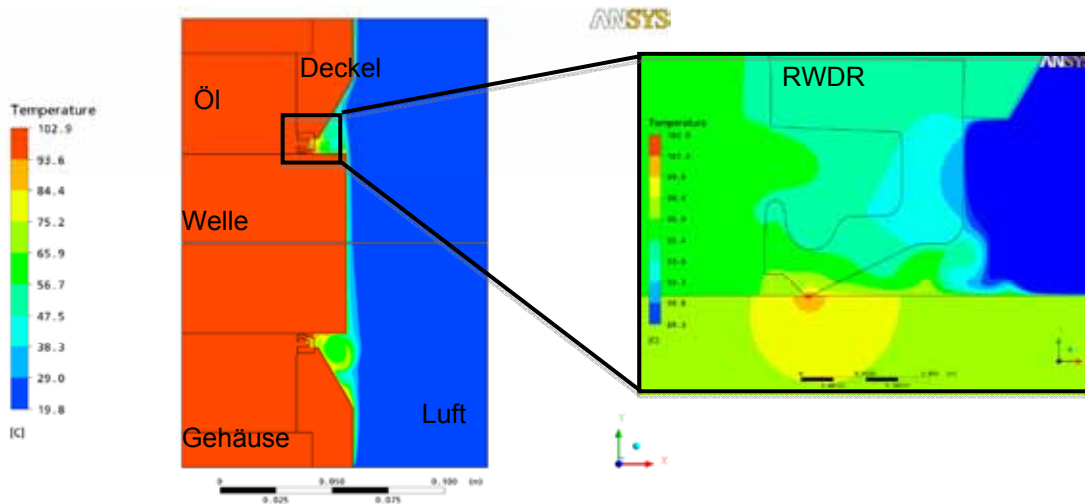


Bild 3: Temperaturverteilung im Prüfstand

Das Temperaturfeld kann als rotationssymmetrisch betrachtet werden. Die Schwankungen in Umfangsrichtung für die Temperatur an der RWDR-Oberfläche in der Mitte des Dichtspalts überschreiten  $\Delta T$  0,2 K nicht. Die maximale Temperatur befindet sich in der Mitte der Kontaktbreite. Die Temperaturdifferenz von 0,1 - 0,7 K zwischen Wellen- und RWDR-Oberfläche ist damit zu erklären, dass CFX aufgrund seines finite Volumen Ansatzes nicht die Temperatur an der Elementoberfläche, sondern die im Mittelpunkt der Zelle angibt.

### 4.3 Wärmeübergangskoeffizienten

Die WÜK sind bei realen und komplexen Geometrien nicht konstant, stattdessen macht sich die Kopplung von Temperatur- und Geschwindigkeitsfeld bemerkbar. Im Bereich des ablösenden Wirbels ist beispielsweise ein deutlich reduzierter WÜK zu beobachten. Dies rührt daher, dass die bereits sehr stark erhitze Luftmasse der Wirbelstruktur kaum mehr Wärme von der Oberfläche des Deckels abführen kann. Im unteren Bereich der Deckelaußenkante erreicht der lokale WÜK ein Maximum. Da es sich hierbei um die Vorderkante handelt, hat sich an dieser Stelle noch keinerlei Grenzschicht aufbauen können. Daraus resultiert ein zumindest theoretisch unendlich hoher Wert für den lokalen Wärmeübergangskoeffizienten. In Realität bleibt der Wärmeübergang endlich. CFX liefert für die Deckel-Unterkante den Maximalwert  $84,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Die Reduzierung der Berechnungszeit durch einen axialsymmetrische Formulierung kann in diesem Fall nicht angewendet werden, da diese die Strömung zu stark einschränken würde. Eine weitere Möglichkeit zur Reduzierung der Berechnungszeit ist die Überführung der simulierten WÜK in Randbedingungen einer reinen Wärmeübertragungssimulation ohne Fluid. Dazu müssen die mit der CHT zuvor bestimmten lokalen WÜK gemittelt werden. Die Temperatur  $T_{\infty,x}$  befindet sich außerhalb der thermischen Grenzschicht. Der Temperaturfluss durch die Wand kann über die Wandtemperatur  $T_w$  berechnet werden [7]

$$\dot{q}_W = \alpha(T_w - T_\infty). \quad \dot{q}_W = \alpha(T_w - T_{\infty,x}). \quad (5)$$

$T_{\infty,air}$  ist die Umgebungstemperatur auf der Luftseite.  $T_{\infty,oil}$  ist die Ölsumpftemperatur, welche von der Prüfstandstemperruregelung konstant gehalten wird. Durch die Transformation von Gleichung (5) kann der WÜK wie folgt berechnet werden.

$$\alpha = \frac{\dot{q}_W}{(T_w - T_{\infty,x})}. \quad (6)$$

Bild 4 zeigt die lokalen WÜK auf der Luft und auf der Ölseite.

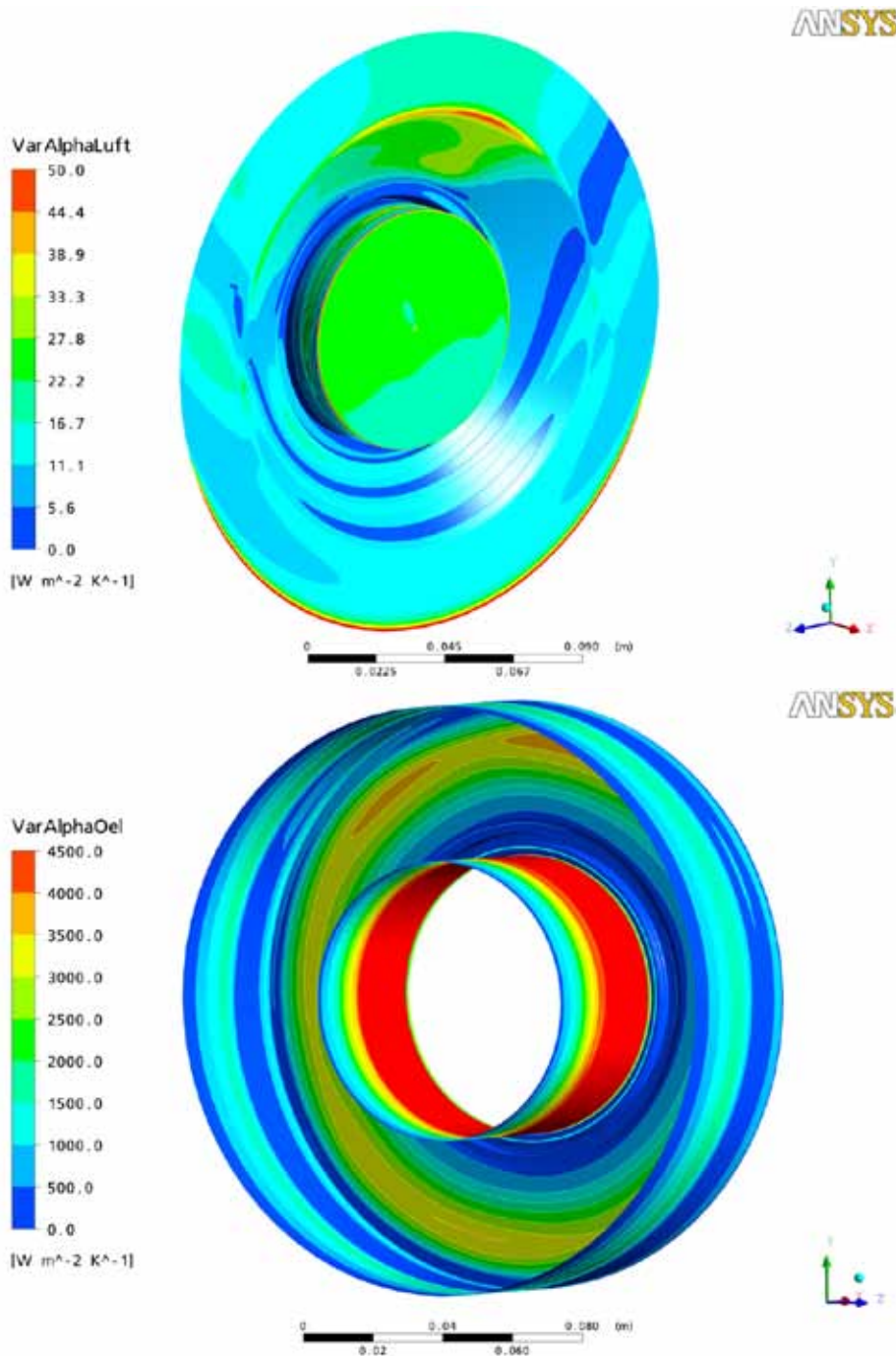


Bild 4: Lokale Wärmeübergangskoeffizienten (o. Luftseite; u. Ölseite)

Im Folgenden werden die gemittelten WÜK etwas genauer betrachtet. Bild 5 zeigt die gemittelten WÜK des Deckels, des RWDR und der Welle auf der Luftseite, welche von der Ölsumpftemperatur abhängig sind. Mit einer Erhöhung der Ölsumpftemperatur steigen auch die WÜK. Da am RWDR die Wärme schlecht abgeführt werden kann und es damit zu einer geringen Temperaturdifferenz kommt führt dies zu einem schlechten Wärmeübergang.

Bild 6 zeigt die WÜK der Ölseite. Öl hat im Vergleich zur Luft eine viel bessere thermische Leitfähigkeit (siehe Tabelle 2). Dies führt zu einer besseren Wärmeübertragung. Die WÜK sind für den Deckel, den RWDR und die Welle nahezu konstant. Der WÜK am Gehäuse verbessert sich infolge einer turbulenteren Ölströmung (Turbulenzneigung steigt infolge Erniedrigung der Ölviskosität).

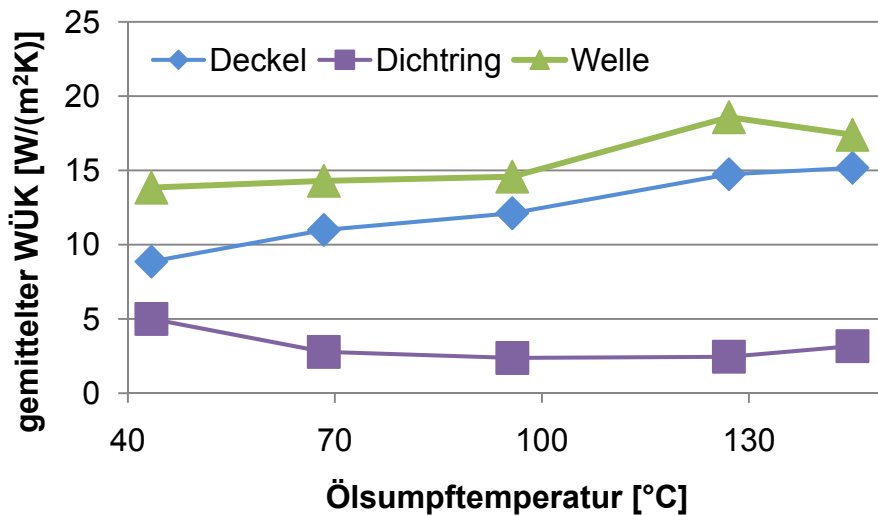


Bild 5: WÜK auf der Luftseite

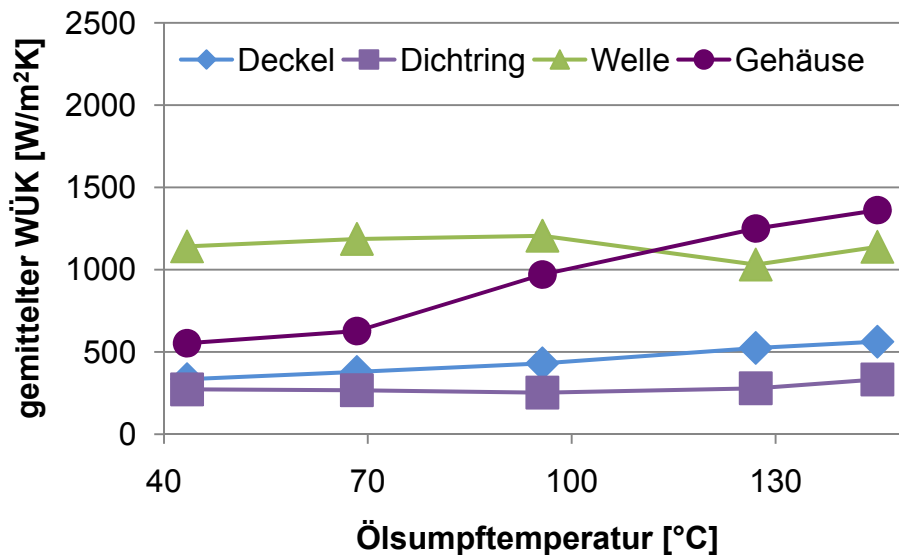


Bild 6: WÜK auf der Ölseite

#### 4.4 Berechnung der Dichtspalttemperatur unter Berücksichtigung der gemittelten WÜK

Im Folgenden wird das CHT-Modell und das so genannte vereinfachte Non-Fluid Modell (CHT-Modell ohne Fluid, aber eingesetzten WÜK Randbedingungen) mit den experimentellen Ergebnissen verglichen. Das CHT-Modell besteht aus 4 Mio Zellen, das vereinfachte Non-Fluid Modell aus lediglich 1,8 Mio Zellen. Dies reduziert den Berechnungsaufwand um den Faktor zehn. Die CHT-Simulation dauert auf einem Clusters (4 Knoten mit je zwei CPUs) des *Höchstleistungsrechenzentrums in Stuttgart (HLRS)* 50 Minuten, das dreidimensionale Non-Fluid Modell 5 Minuten. Da beim Non-Fluid Modell die WÜK in Form von Randbedingungen eingebracht werden, ist eine axialsymmetrische Vereinfachung zulässig. Dadurch verringert sich die Berechnungsdauer auf wenige Sekunden.

Bild 7 zeigt die Temperaturüberhöhung (Differenz zwischen der Dichtspalttemperatur und der Ölsumpftemperatur) für das CHT- und das Non-Fluid Modell. Die Ergebnisse des CHT-Modells stimmen sehr gut mit den Messungen überein. Die maximale Abweichung beträgt 1,4 K. Das Streuband der Thermoelemente beträgt 1 K. Da bei dem Non-Fluid Modell die gemittelten WÜK eingesetzt wurden, verschmieren die Ergebnisse, sind aber dennoch in den meisten Fällen ausreichend genau.

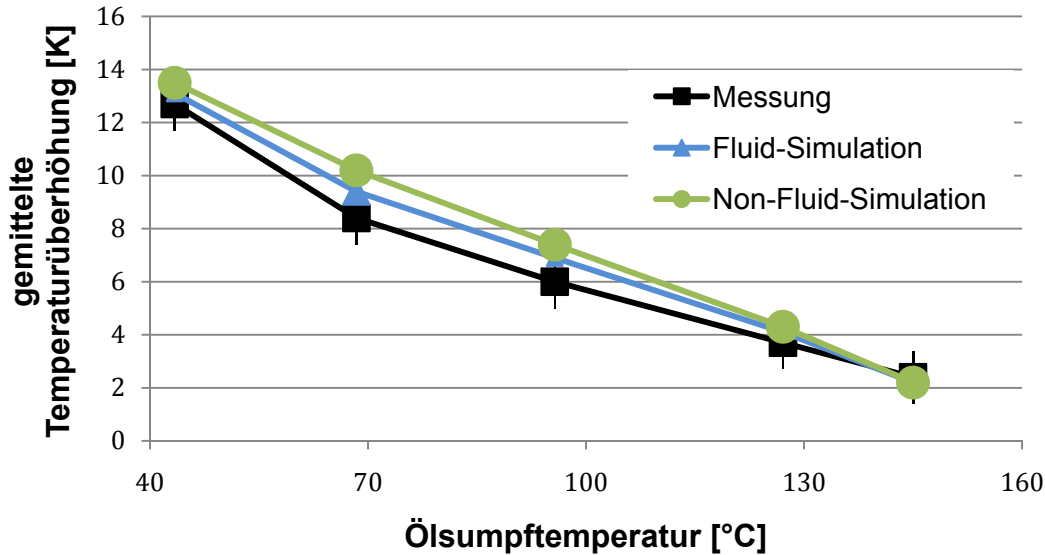


Bild 7: Vergleich der Temperaturen unter der Dichtkante

Bild 8 vergleicht die Ergebnisse der CHT-Simulation mit den Ergebnissen der Thermographiekamera. Es ist die Temperaturdifferenz (Thermoelement – Thermographiekamera) dargestellt. Die Simulationen stimmen sehr gut mit den Messungen überein. Die maximale Abweichung beträgt 1,3 K.

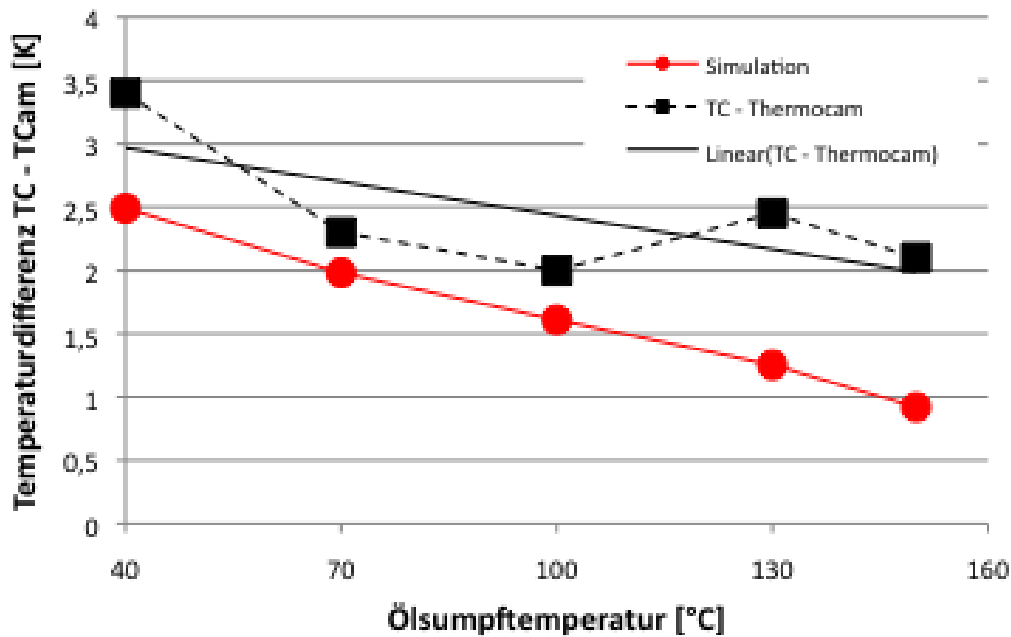


Bild 8: Vergleich der Temperaturen vor der Dichtkante

## 5 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde die Bestimmung der WÜK einer komplexen Geometrie mittels einer CHT Analyse gezeigt. Hierzu wurde die turbulente Strömung der Luft um den Prüfstand und des Öls im Prüfstand berechnet. Die Temperatur wurde mit Thermoelementen unter der Dichtkante und einer Thermographiekamera im optisch zugänglichen Bereich vor dem RWDR gemessen. Die Luft wird axial von der rotierenden Welle angesaugt und bis zu deren Ablösung mitrotiert. Das Ergebnis der stationären turbulenten CHT-Simulation ist das statische Temperaturfeld. Mit den aus der CHT-Simulation bekannten lokalen WÜK und Temperaturen wurden gemittelte WÜK berechnet, welche dann als Randbedingungen in einer Strukturmechanik-Wärmeübertragungssimulation ohne Fluid eingesetzt werden. Die numerischen Ergebnisse stimmen sehr gut mit den experimentellen Ergebnissen überein. Die gemessene Temperaturdifferenz zwischen den Thermoelementen und der Thermographiekamera von 4 K wurde mit den Simulationen bestätigt. Die in dieser Arbeit vorgestellten Erkenntnisse bestätigen, dass man aus Messungen mit einer Thermographiekamera auf die Temperatur unter der Dichtkante zurückschließen kann. Die erreichte Genauigkeit von 1,3 K ist hierzu ausreichend.

## 6 Danksagung

Mein Dank gilt Herrn Dipl.-Ing. Winter für die Unterstützung am *Höchstleistungsrechenzentrum der Universität Stuttgart (HLRS)*.

## 7 Literatur

- [1] Müller, Heinz Konrad ; Haas, Werner: Dichtungstechnik. Institut für Maschinenelemente, Universität Stuttgart, 3. Auflage 2007
- [2] Schmücker, Stefan: Oberflächentopographie : Einfluss der Wellenauflflächen-Topographie auf das Dichtsystem der Radialwellendichtung. Forschungskuratorium Maschinenbau e.V.: Vorhaben Nr. 269, 2006
- [3] Ruprecht, Albert : Einführung in die Turbulenzmodellierung. Unveröffentlichtes Vorlesungsskriptum. Universität Stuttgart, Institut für Strömungsmechanik und Hydraulische Strömungsmaschinen, 2007
- [4] Launder, B. E. ; Spalding, D. B.: The Numerical Computation of Turbulent Flows. In: Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, Vol. 3 (1974), S. 269-289
- [5] Verein Deutscher Ingenieure, VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (Hrsg.): VDI-Wärmeatlas, 10. Aufl.: Springer, 2006
- [6] Schilling, M. ; Ege: Referenzöle für Wälz- und Gleitlager-, Zahnrad- und Kupplungsversuche : Datensammlung für Mineralöle. Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V.: Forschungsheft Nr. 180, 1985
- [7] Rohsenow, Warren: Handbook of heat transfer. 3. Aufl. Norwich, NY : Knovel, 2007



# Wieviel HPC braucht der CAE User?

Manousos Markoutsakis

Deep Computing Auto, Aero, High-Tech, IBM Deutschland GmbH

## 1 Einleitung

Die CAE Methoden haben sich heute fest im Produktentstehungsprozess etabliert. Doch erst HPC Systeme machen CAE praktikabel. Die Entwicklungen im HPC Umfeld sind daher wesentlich für CAE und Simulation. Im vorliegenden Artikel wird anhand der primären HPC Trends aufgezeigt, welche Konsequenzen dies für die Nutzung von CAE Applikationen hat.

## 2 Amdahl oder Gustafson?

Die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten für paralleles Rechnen wurden bereits vor vielen Jahren formuliert. Das Ziel ist immer, eine Applikation bzw. einen Applikationslauf so schnell wie möglich rechnen zu lassen. Dabei wird angenommen, dass jede Applikation einen sogenannten seriellen, d.h. einen nicht-beschleunigbaren, Zeitanteil  $C$  hat sowie einen linear parallelisierbaren Zeitanteil  $P = 1 - C$  hat. (Wir normieren  $C + P = 1$ .) Wenn z.B.  $N$  Prozessoren verwendet werden (anstatt eines) reduziert sich die Laufzeit von  $P$  auf  $P/N$ . Die Gesamtlaufzeit der Applikation ist dann  $C + P/N$ . Die einfachste Größe, um die Schnelligkeit eines Applikationslaufs festzustellen, ist der sog. Speedup  $S(N)$ , der definiert ist als:

$$S(N) := (\text{Laufzeit bei einem Prozessor}) / (\text{Laufzeit bei } N \text{ Prozessoren}).$$

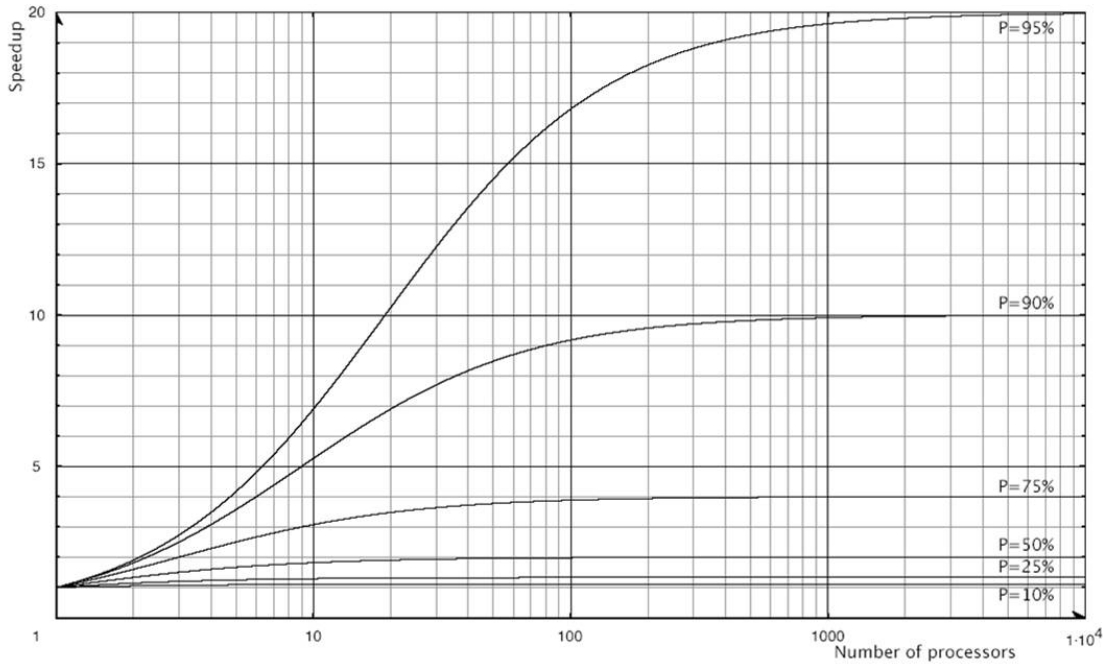
Bei der Parallelisierung nach Amdahl ergibt dies:

$$S(N) = 1 / (C + P/N)$$

Dies ist das bekannte Amdahlsche Gesetz, das 1967 formuliert wurde [1]. Es zeigt, dass die Parallelisierung durch den seriellen Teil der Applikation limitiert ist. Tatsächlich, bei großer Anzahl  $N$  von Prozessoren wird der Quotient  $P/N$  sehr klein und der Speedup  $S(N)$  ist im wesentlichen gleich  $S(N) = 1/C$ . D.h. der serielle Zeitanteil  $C$  dominiert dann die gesamte Laufzeit. Bei dem Amdahlschen Gesetz geht man immer davon aus, dass das Modell (sprich das CAE Input Deck) eine feste Größe hat und man verbessert die Laufzeit durch immer mehr parallele Recourcen (sprich Prozessoren).

Es ist beachtlich zu beobachten, dass z.B. bereits ein serieller Anteil von nur 5% die Nutzung von mehr als 1000 parallelen CPUs als überflüssig erscheinen lässt. Glücklicherweise haben die meisten CAE Applikationen einen viel geringen seriellen Anteil, so dass sich bei Nutzung vieler Prozessoren auch eine entsprechende Zeitersparnis ergibt. CAE Applikationen im CFD Umfeld oder auch die nichtlineare Crashanalyse mit expliziter Zeitintegration sind exzellent parallelisierbar. Bei CFD sind 128-wege Jobs bei bestimmten Fragestellungen gängig und Crashanalyse mit 32 oder 64 parallelen CPUs ist inzwischen sehr verbreitet. Viel schwieriger parallelisieren lassen sich implizite Strukturmechanik Solver und Akustik Probleme. Tatsächlich werden diese CAE Applikationen mehr durch I/O Anforderungen (Lesen und Schreiben von großen Dateien) limitiert als durch die Anzahl paralleler CPUs. Das I/O zu parallelisieren wird dann zur Hauptaufgabe.

Man könnte meinen, damit wäre alles zum Thema Speedup gesagt, doch es gibt noch eine andere Sichtweise. Im Amdahlschen Gesetz hat man eine feste Modellgröße und optimiert die Laufzeit. Das ist der sogenannte „Strong Scaling“ Ansatz. Was passiert, wenn man das Modell immer größer macht und die Computer Recourcen linear mit-skaliert? Sofern der serielle Anteil  $C$  konstant ist (z.B. eine Applikationsinitialisierung oder das Einlesen von Daten), dann sind der Speedup  $S(N)$  und die parallele Effizienz im Prinzip unlimitiert! Die Laufzeit bleibt immer gleich (!) aber das Simulationsmodell kann immer größer, sprich immer feiner, werden. Genau das ist die zentrale Aussage des Gustafson'schen Gesetzes von 1988 [2]. Dem entspricht der sogenannte „Weak Scaling“ Ansatz.



Speedup  $S(N)$  als Funktion der Anzahl  $N$  der Prozessoren für verschiedene Werte des seriellen Anteils  $C$ .  
Quelle: Peter Tröger

Sehen wir uns das genauer an: Der Speedup  $S(N)$ , als unsere Größe, um die Zeitverbesserung der Applikation durch parallele Ressourcen zu erfassen, wird hier:

$$S(N) = (C + QN) / (C + Q).$$

Dabei ist  $C + Q$  die Laufzeit mit  $N$  Prozessoren und  $C + QN$  die Laufzeit mit einem Prozessor.  $Q$  ist nichts weiter als bisher  $P/N$ , das aber hier eine Konstante ist, denn mit der Anzahl  $N$  der CPUs wächst auch das Modell und dessen parallelisierbarer Anteil  $P$ . Mit der Normierung  $Q = 1 - C$  erhalten wir:

$$S(N) = C + N(1 - C).$$

$S(N)$  wird eine affin-lineare Funktion der Anzahl  $N$  der parallelen Prozessoren – der Speedup  $S(N)$  kann beliebig wachsen. Eine sehr erfreuliche Nachricht für jeden der effizient sein will. Doch für die immer höhere Effizienz muß investiert werden: Sowohl Modellgröße als auch Parallelrecourcen müssen linear zueinander wachsen!

Welches der beiden Gesetze ist nun das relevante für CAE? Man kann folgenden Standpunkt einnehmen: In den letzten ca. zehn Jahren, von 1999 bis heute, war der Fokus bei den meisten CAE Usern die Laufzeiten ihrer Jobs zu verbessern: Von zum Zeitpunkt 1999 Läufen von mehreren Tagen bis Wochen hin zu den heute gängigen über-Nacht Rechnungen oder Ergebnissen in wenigen Stunden. Damit konnte der Ingenieur jeden Tag ein neues Ergebnis untersuchen. Natürlich haben sich auch die Modellgrößen gesteigert. Aber insgesamt ging es um ein „Strong Scaling“. Inzwischen sind die meisten Ingenieure mit den Antwortzeiten ihren HPC Systeme zufrieden. Die CAE Applikationen noch schneller zu rechnen, ist nicht mehr besonders gefragt. Der Fokus in den nächsten Jahren wird es aber sein, mehr Genauigkeit zu erreichen.

Dem kommt das Gesetz von Gustafson sehr entgegen, denn es untermauert die Praktikabilität und Effizienz großer Simulationen auf großen Ressourcen. CAE hat immer mehr die Aufgabe, Zahlen zu liefern, die belastbar sind und in der Schwankung nicht mehr variieren, als die Zahlen im realen Versuch. Das kann nur mit sehr feinen CAE Modellen gemeistert werden. Vernünftige Antwortzeiten benötigen dann viele parallele CPUs. Gustafsons Gesetz sagt, dass man hier nicht limitiert ist. Natürlich gibt es Limitierungen in der Methode der Finiten Elemente / Finiten Volumina selbst: Eine CFD-Zelle kann nicht sinnvoll beliebig klein gemacht werden, ein Crash Modell kann nicht beliebig verfeinert werden, wenn z.B. numerische Sensitivitäten sichtbar werden. Solid Elements im Crash versprechen hier eine bessere Erfassung der Wirklichkeit. Desweiteren wird jetzt er-

kannt, daß die immer stärkere Verfeinerung eines Modells, das nur einen physikalischen Aspekt berechnet, an die Grenze sinnvoller Ergebnisse stößt. Multiphysics Simulationen, die verschiedene Disziplinen koppeln, werden notwendig um realistischere Ergebnisse zu erzielen – es geht nicht mehr um „schneller“, sondern um „besser“!

### 3 HPC Trends

Das Mooresche Gesetz besagt, dass es in der IT möglich ist, alle 18-24 Monate die Anzahl der Transistoren pro Chip-Flächeneinheit zu verdoppeln. Bis ca. zum Jahre 2003/2004 wurde die Technologie dazu genutzt, die Taktung der Chips nach oben zu drehen (Frequency-based Scaling).

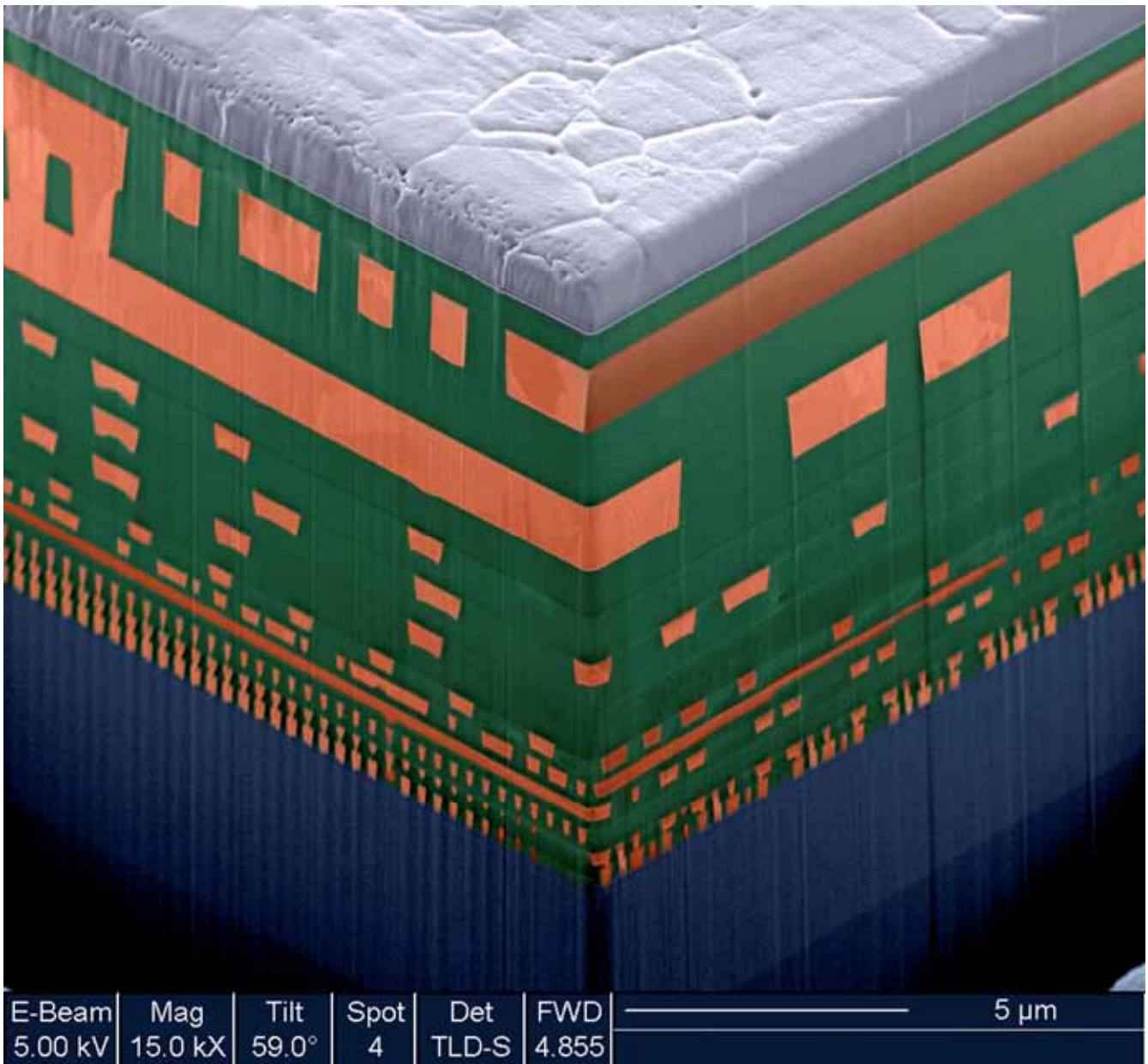
Doch die Thermik hat diesem Programm einen Strich durch die Rechnung gemacht. Die Wärmedichte war so groß, dass eine weitere höhere Taktung nur noch durch neue technische Kniffe wie „Strained Silicon“ oder „low-k Dielectric“ möglich wurde. Trotz allem sehen wir seit ca. 2004 Multicore Chips breit auf dem Markt, und das wird auch der Haupttrend für die nächsten Jahre sein.

Aktuell werden 4- und 6-Core Chips eingesetzt und bereits nächstes Jahr werden wir 8-Core Designs und höher erwerben können. D.h. die Chip- und Server-Industrie wird den CAE Usern eine sehr hohe Rechenleistung in Form von vielen günstig verfügbaren Cores anbieten (Core-based Scaling). Nach dem Gustafson Gesetz ist das ja willkommen, denn wir wollen (oder müssen) mit mehr parallelen Recourcen rechnen. Aber der Weg über Core-based Scaling bringt auch Probleme mit sich. Erstens: Die Kosten für CAE Applikationslizenzen steigen. Hier sind flexible, intelligente Lizenzmodelle notwendig, die der neuen Qualität im Hardware Bereich Rechnung tragen. Das nächste Problem entsteht in den HPC Servern selbst. Die vielen Cores auf einem Chip müssen während der Laufzeit einer Applikation mit immer mehr Daten aus dem Hauptspeicher versorgt werden, sonst fällt die Rechenleistung ab. Doch die Neuerungen bei den Chips kommen schneller als die aufwändigeren Architekturänderungen auf System-Ebene. Es geht im Wesentlichen darum, genug Memory Channels zu bauen, um eine Balance zwischen Rechenleistung (FLOPS/sec) zu Datenmenge von und zu dem Memory (Bytes/sec) zu erreichen. Simulationen dieses Effekts zeigen, dass mit heutigen Memory Bandbreiten 8 Cores die Sättigung darstellen und höhere Anzahlen von Cores sogar eine Verschlechterung der Rechenleistung bedeuten würden. D.h es sind immense Anstrengungen notwendig, um Memory und CPUs nahezubringen.

Dies können wir bildlich verstehen, denn einer der primären Vorschläge für die nächste Stufe im Server Design geht von „3D-stacked“ Memory aus. Dabei sind Hauptspeicher, Memorychannels und CPUs als eine kompakte 3-dimensionale Halbleiterstruktur implementiert. Die kürzeren Wege versprechen bessere Latenzen, es sind vor allem mehr Memorychannels möglich. Ein weiterer willkommender Effekt ist, dass weniger Strom verbraucht wird, denn der Datentransfer zwischen Chips auf einem Board benötigt ca. zehn mal mehr Energie als innerhalb eines Chips Stand heute. Die kommerzielle Verfügbarkeit dieser 3D-Lösungen wird aber noch einige Jahre dauern.

Bis dahin müssen andere Stellschrauben verbessert werden. Das ist die Applikationsparallelisierung. Wenn man sich die Parallelisierung von CAE Codes - oder allgemein HPC Codes – in den letzten Jahrzehnten ansieht, dann kann man feststellen, dass das Software-Parallelisierungsschema sich stets nach der verfügbaren HPC Hardwarearchitektur orientiert hat. In den 1980er Jahren war Vektorparallelisierung die Referenz, in den 1990er Jahren SMP (Shared Memory Parallel) - genau wie die entsprechenden HPC Server. Seit der Jahrtausendwende haben viele Code-Entwickler ihre Applikationen mit MPI (Message Passing Interface) parallelisiert, um den Cluster Architekturen Rechnung zu tragen.

Was kommt als Nächstes? Nun, auf der Hardware-Seite werden wir Multicore Designs sehen, aber auch spezialisierte Prozessoren, sogenannte Acceleratoren (Cell, GPGPUs, FPGAs etc.). Die Vorgabe für die Code Entwickler ist es nun, die Applikationen darauf auszurichten. Die Aspekte Performanz, Portierbarkeit und Handhabbarkeit liegen im Vordergrund. Dies gilt auch für das US-Amerikanische DARPA/HPCS (High Productivity Computing Systems) Programm, das die nächste Generation von HPC Systemen entwickeln soll. Nicht primär Hardware Architekturen liegen im Vordergrund der Forschung, sondern Applikationen und Handling der Systeme. Das ist richtig, denn Rechenleistung in Form von Hardware gibt es ausreichend, aber die Herausforderung ist, diese effektiv nutzbar und handhabbar zu machen.



Eine 3D Chip Struktur. Quelle: IBM

Im DARPA Projekt werden auch neue Programmiersprachen wie X10 (von IBM) oder Chapel (von Cray) entwickelt. Diese Hochsprachen sollen es den Softwareentwicklern leichter machen, HPC Applikationen und parallele Applikationen zu schreiben. UPC (Unified Parallel C) und CAF (Co-Array FORTRAN) sind weitere – bereits jetzt konkrete – Ansätze in der Welt der Programmiersprachen.

Für die reine Parallelisierung bereits bestehender HPC Codes zeichnen sich zwei wichtige Trends ab: 1) „Hybride“ Parallelisierung für Multicore Designs sowie 2) OpenCL (Open Computing Language) für Cluster Systeme mit Acceleratoren. Die hybride Parallelisierung ist eine Mischung aus SMP und MPI. Innerhalb von Chips oder Servern wird mit SMP parallelisiert, darüberhinaus mit MPI. Es gibt hier keine feste Regel, dass man z.B. sagen könnte, SMP innerhalb des Chips ist stets besser als MPI; in aller Regel hängt es von der Applikation ab, und die Mischung von SMP-Anteil zu MPI-Anteil muss von Fall zu Fall ausgetestet werden. Ein Beispiel: In Zusammenarbeit mit einem kommerziellen Crash Code Vendor hat IBM mit einer hybriden Parallelisierung die Laufzeit eines großen Crash Jobs mit 10 Millionen Elementen halbiert im Vergleich zu der standard MPI-Version. Dabei wurden insgesamt 512 Cores verwendet, 128 MPI Tasks wovon jeder ein 4-wege SMP Thread war. Bei der OpenCL Parallelisierung steht der Aspekt der Portierbarkeit im Vordergrund, um nämlich Applikationen leicht von einer HW-Plattform (z.B. Power & Cell) auf eine andere (z.B. x86 & GPU) zu portieren.

## 4 Fazit

Die HPC Technologien konzentrieren sich immer mehr auf eine massive Parallelisierung der Recourcen. In den nächsten Jahren werden wir Einzelsysteme mit mehreren Zehntausend bis über eine Million parallelen Prozessoren sehen. Gemäß dem Gustafsonschen Gesetz des Weak Scalings und auch aus Sicht des CAE Users ist dies eine willkommene Entwicklung. Jetzt müssen die HPC Applikationen vorbereitet werden, um eine effektive Nutzung dieser Recourcen zu gewährleisten. Es werden neue Anstrengungen und eine enge Zusammenarbeit zwischen Hardware Herstellern und Applikationsentwicklern notwendig sein. Der Nettoeffekt wird eine Realitätsnähe der Simulation sein, wie es sie noch nie gegeben hat.

## 5 References

- [1] Amdahl, G.M. Validity of the single-processor approach to achieving large scale computing capabilities  
In AFIPS Conference Proceedings vol. 30 (Atlantic City, N.J., Apr. 18-20). AFIPS Press, Reston, Va., 1967, pp. 483-485.
- [2] John L. Gustafson. Reevaluating Amdahl's law. Commun. ACM, 31(5): 532-533, 1988
- [3] Peter Tröger. The Multi-Core Era – Trends and Challenges, October 30, 2008, arXiv:0810.5439v1

## 6 Autor

Manousos Markoutsakis  
Deep Computing Auto, Aero, High-Tech

IBM Deutschland GmbH  
70569 Stuttgart  
MANOS@de.ibm.com



Bitte per Post oder Fax senden:

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

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

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

Adresse für Fensterkuvert



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

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

## Rückantwort: NAFEMS Magazin, Ausgabe (3/2009)

Bitte senden Sie mir nähere Informationen zu folgenden Themen:

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> NAFEMS Mitgliedschaft      | <input type="checkbox"/> NAFEMS World Congress 2011        |
| <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: \_\_\_\_\_

# NAFEMS

---

# MAGAZIN

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

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

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