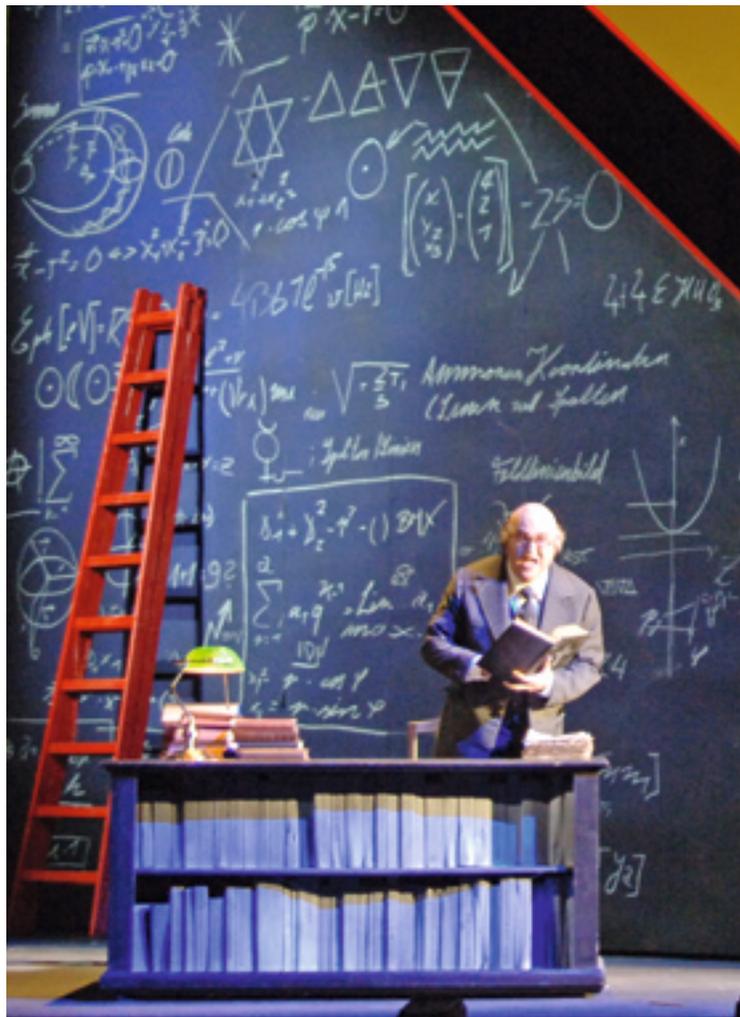


Jahresbericht 2007



Jahresbericht 2007

Fraunhofer-Institut für Techno-
und Wirtschaftsmathematik ITWM

Impressum

© Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM 2008

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Herausgebers ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus in irgendeiner Form durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren zu reproduzieren oder in eine für Maschinen, insbesondere Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache zu übertragen. Dasselbe gilt für das Recht der öffentlichen Wiedergabe.

Warennamen werden ohne Gewährleistung der freien Verwendbarkeit benutzt.

Der Herausgeber bedankt sich bei allen Kooperationspartnern für die Bereitstellung der entsprechenden Bilder.

Fotografie	Fotos Mitarbeiter: Hans-Jürgen Brehm-Seufert, Telefon: 06305/40 52 Szenenfotos: Pfalztheater Kaiserslautern Fotos Fraunhofer ITWM: Gesa Ermel, Steffen Grützner Foto Seite 89: FCC Göteburg
Adresse	Fraunhofer-Platz 1 67663 Kaiserslautern
Telefon	+49(0)6 31/3 16 00-0
Fax	+49(0)6 31/3 16 00-1099
E-Mail	info@itwm.fraunhofer.de Unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erreichen Sie unter: <familienname>@itwm.fraunhofer.de
Internet	www.itwm.fraunhofer.de
Redaktion und Gestaltung	Ilka Blauth Gesa Ermel Steffen Grützner Marion Schulz-Reese
Druck	Faber Druck GmbH Kaiserslautern

Dieser Jahresbericht erscheint auch in englischer Sprache.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
Das Jahr der Mathematik 2008	6
Das Institut im Profil	8
Kunden und Kooperationspartner	10
Kuratorium	11
Organigramm	11
Das Institut in Zahlen	12
Übergreifendes Projekt	14
Highlights 2007	15
Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick	16
Transportvorgänge	18
Strömungs- und Materialsimulation	26
Bildverarbeitung	34
Systemanalyse, Prognose und Regelung	42
Optimierung	50
Finanzmathematik	58
Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit	66
Competence Center High Performance Computing	74
Fraunhofer Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC	82
Anhang	90
Vorträge	90
Lehrtätigkeit	95
Publikationen	95
Graduierungsarbeiten	100
Messe- und Konferenzteilnahmen	101
Gäste	103
Mitarbeit in Gremien, Herausgebere Tätigkeit	104
Patente	105

Vorwort

Die ersten zwei Jahre im neuen Fraunhofer-Zentrum haben bei unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern einen großen Motivationsschub ausgelöst und die angenehme Arbeitsumgebung ist sicherlich auch mitverantwortlich für das überproportionale Wachstum des ITWM in den Jahren 2006 und 2007. Es wurden insgesamt 36 neue Mitarbeiterstellen am ITWM geschaffen, was einem Wachstum von ca. 30 Prozent entspricht – und dabei konnten nicht einmal alle freien Stellen besetzt werden. Eine ähnliche hohe Wachstumsrate zeigt sich bei den Doktorandenstipendien.

Dieser Personalaufbau konnte allein durch eigenen Nachwuchs aus Kaiserslautern nicht geleistet werden. Unsere neuen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter kommen aus ganz Deutschland, aus dem europäischen Ausland, aus Asien, Nord- und Südamerika. Der Arbeitsmarkt für hoch qualifiziertes Personal ist extrem angespannt, die Konkurrenz um die besten Köpfe zwischen den Universitäten, den Forschungsinstituten sowie der Wirtschaft ist voll entbrannt und wir beobachten eine zunehmende Globalisierung des Stellenmarktes für Wissenschaftler.

Dass trotz dieser schwierigen Rahmenbedingungen eine derartige Zunahme an qualifiziertem Personal am ITWM möglich war, spricht für das gute Standing, das sich das Institut in den letzten Jahren erworben hat. Die Arbeitsplätze am ITWM sind für auswärtige Bewerber offensichtlich sehr attraktiv.

Mit Wachstumsraten von jährlich 15 Prozent stößt das ITWM allerdings auch an Grenzen, die nicht mangelnden Projekterträgen, sondern dem Aufwand bei der notwendigen Integration und dem Anlernen der Mitarbeiter sowie den Betreuungskapazitäten für die Doktorandinnen und Doktoranden geschuldet sind. Zudem entstehen ernst-

hafte Platzprobleme. Wir sind bereits zwei Jahre nach dem Einzug in den Neubau fast vollständig belegt. Sehr erfreulich ist deshalb, dass das Land Rheinland-Pfalz und die Fraunhofer-Gesellschaft die Ampeln für den Erweiterungsbau des ITWM bereits Anfang dieses Jahres auf Grün gestellt haben.

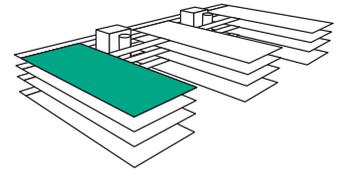
Ein besonderes Ereignis im Jahre 2007 war die Eröffnung unseres gemeinsam mit dem Fraunhofer IESE betriebenen Innovationscluster »Digitale Nutzfahrzeugtechnologie« (DNT). Die Teilnahme sowohl des Wirtschaftsministers Hendrik Hering als auch der Wissenschaftsministerin Doris Ahnen an der Eröffnungsveranstaltung dokumentiert den hohen Stellenwert, den das Land dieser Einrichtung zukommen lässt. Das Cluster ist als Verbundprojekt mit starker Industriebeteiligung unbefristet eingerichtet und für die ersten drei Jahre mit zehn Millionen Euro finanziert. Es ist eingebettet in weitere Aktivitäten, die das Thema Nutzfahrzeugtechnologie zu einem Schwerpunktthema am Standort Kaiserslautern machen. Kernthemen des DNT-Clusters sind u. a. die virtuelle Produktentwicklung, Betriebsfestigkeit und statistische Testplanungen sowie die Zuverlässigkeit eingebetteter Softwaresysteme.

Ein weiteres Highlight in 2007 war der Startschuss für eine strategische Allianz »Finanzmathematik« mit der renommierten University of Cambridge. Die moderne Finanzmathematik hat in den letzten Jahren immer wieder durch spektakuläre Resultate Aufmerksamkeit erregt, z. B. durch Nobel-Preise. Trotzdem zeigen die Ereignisse der jüngsten Vergangenheit, dass Bedarf an Weiterentwicklung hin zu noch mehr Realitätsnähe besteht. Vor diesem Hintergrund stellt die Finance Alliance des ITWM mit der University of Cambridge eine große Herausforderung auf höchstem Forschungsniveau dar. Wir erwarten, dass wir bei der Weiterentwicklung

theoretischer Modelle für Aktienkurse und Zinsreihen, der praxisgerechten Umsetzung moderner Portfolio-Optimierungsmethoden sowie im Asset-Liability-Management zusammen große Fortschritte erzielen werden, die in der Praxis zum nachhaltigen Risiko-Management eingesetzt werden können. Hierbei setzen wir große Hoffnungen in die Verbindung theoretischer Exzellenz auf Seiten der University of Cambridge und großer Kompetenz und Erfahrung in der praxisorientierten Umsetzung theoretischer Modelle auf Seiten des ITWM.

Das laufende Jahr 2008 ist gut geeignet, um etwas Werbung in eigener Sache, nicht für das ITWM als Institut, sondern als Mathematiker für die »Hauswissenschaft« Mathematik zu machen. 2008 wurde vom BMBF als das Jahr der Mathematik in Deutschland ausgerufen. Es bietet die Chance, die Rolle und Bedeutung der Mathematik stärker als bisher im öffentlichen Bewusstsein zu verankern und das Bild der Mathematik auch zu verändern. Mathematik wird immer noch häufig als schwierig, weltabgewandt, ja als unsympathisch eingeordnet. Von der Gesellschaft werden mittelmäßige oder schlechte Schulleistungen in Mathematik augenzwinkernd akzeptiert und sympathisierend kommentiert. Weder die Faszination der Mathematik als freies Spiel des Geistes noch die Bedeutung der Mathematik als ein entscheidendes Instrument zur Gestaltung des technologischen Fortschritts werden ihrer Bedeutung entsprechend wahrgenommen.

Hinzu kommt, dass die Mathematik leider immer noch bei vielen Schülern einen schlechten Ruf hat. Mathematik ist fester Bestandteil und Grundlage sämtlicher Natur- und Ingenieurwissenschaften. In nicht wenigen Fällen nehmen junge Menschen allerdings Abstand von einem natur- oder ingenieurwissen-



schaftlichen Studium, weil sie keinen richtigen Zugang zur Mathematik in der Schule gefunden haben und die Mathematik als abschreckenden Faktor für die Wahl ihres Studienfachs sehen. Der heutige Schulunterricht beschränkt sich häufig immer noch auf reines Methodenlernen, Problemlösungskompetenz und mathematische Modellierung werden leider selten vermittelt. Angesichts des aktuellen Bedarfs an Absolventen gerade in diesen Fächern ergibt sich daraus eine volkswirtschaftlich absurde Situation. Es sollten daher alle Möglichkeiten genutzt werden, um gerade im Jahr der Mathematik mit gezielten Maßnahmen und Aktionen nachhaltige Nachwuchsförderung zu betreiben, Schülern und Lehrern die andere, spannende Seite der Mathematik näher zu bringen und aufzuzeigen, welche ungeahnten Möglichkeiten in dieser so oft verkannten Wissenschaft stecken. Das Fraunhofer ITWM wird sich hier mit einer Reihe von Veranstaltungen und Aktionen einbringen.

Auch in diesem Jahr spricht die Bebilderung unseres Jahresberichts eine eigene, auf den ersten Blick unmathematische Sprache. Nachdem uns 2006 die Kaiserslauterer Pfalzgalerie ihre Pforten geöffnet hatte, durften wir 2007 die Bühne des hiesigen Pfalztheaters betreten. Damit hatten wir nicht nur ein erstklassiges anregendes Ambiente für die Aufnahmen zur Illustration unseres Jahresberichts zur Verfügung, sondern konnten unser Anliegen, das regionale Kulturangebot stärker mit dem Fraunhofer-Zentrum zu vernetzen weiter umsetzen.

Beim Pfalztheater und seinem Intendanten Johannes Reitmeier möchte ich mich an dieser Stelle ganz herzlich für die kreative Mitarbeit an dem Vorhaben bedanken, mathematische Schwerpunkte des Fraunhofer ITWM fotografisch mit Produktionen des Pfalztheaters zu verbinden. Die Motive sind



Bühnenbildern verschiedener Aufführungen und Spielzeiten entnommen, der Ausstattungsleiter des Theaters, Thomas Dörfler, stellt den Entwürfen erläuternde Worte zur Seite. Ich möchte Sie dazu einladen, den Fotografien auch einen zweiten Blick zu widmen und Ihren Assoziationen freien Lauf zu lassen.

Bei unseren Auftraggebern und Projektpartnern möchten wir uns für das entgegengebrachte Vertrauen bedanken. Wir freuen uns darauf, mit Ihnen zusammen im Jahr 2008 neue Aufgaben und Herausforderungen anzugehen.

Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters, Institutsleiter



Wissenschaft und Kunst waren einander stets nahe und haben sich in einem wechselseitigen Abhängigkeitsverhältnis unabhängig und dennoch gleichermaßen bahnbrechend und grenzüberschreitend entwickelt.

Der Mathematik kommt dabei eine entscheidende Rolle zu. Deren Erkenntnisse haben, angewandt auf die Bildende Kunst, revolutionäre Entwicklungen eingeleitet. So war es nur sinnfällig, wenn das Fraunhofer ITWM und die Pfalzgalerie in Kaiserslautern in einem gemeinsam gestalteten Jahresbericht im letzten Jahr ihre Schnittmengen ermittelt und ihre Gemeinsamkeiten ausgelotet haben.

Dass nun auch das Pfalztheater zu der Ehre gelangt, dieser Broschüre eine optisch ansprechende Plattform bieten zu dürfen, mag sich mit dem Einfluss der Mathematik auf Musik und Kompositionslehre und dessen Wechselwirkung – zahlreiche Mathematiker sind ausgezeichnete Sänger und Instrumentalisten – begründen lassen. Näher betrachtet ist diese Entscheidung aber vor allem ein Ausdruck gegenseitiger Sympathie und Wertschätzung. In

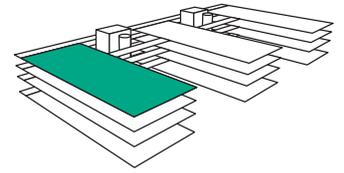
erster Linie entspringt diese Kooperation dem Bewusstsein, mit vereinten Kräften für Stadt und Region einzutreten und am Aufbau des Wissenschafts- und Kulturstandorts Kaiserslautern mitzuwirken.

Uns hat dieses Projekt sehr viel Freude bereitet. Danke für die gute Idee! Dank an alle, die sie mit Leben erfüllt haben.

Johannes Reitmeier, Indendant des Pfalztheaters

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat 2008 zum »Jahr der Mathematik« ausgerufen, so wie 2007 das Jahr der Geisteswissenschaften war. Ich muss gestehen: So richtig deutlich war mir die Sonderrolle der Geisteswissenschaften im letzten Jahr nicht; ich habe wohl drei- bis viermal davon gehört, erinnere mich an eine Radiodiskussion darüber, dass diese Wissenschaften unterschätzt sind – aber das war es auch schon. Wenn ich das mit der Allgegenwart Mozarts im vorletzten Jahr, das ja das »Mozartjahr« war, vergleiche! Jeden Tag hörte ich bei der morgendlichen Rasur kurze Auschnitte aus Mozartbriefen, gelesen von Karl Maria Brandauer – am Ende des Jahres war ich überzeugt, dass Mozart die Stimme von Brandauer hatte. Und jetzt das Jahr der Mathematik; vielleicht höre ich einfach besser hin, wenn es um Mathematik geht: Ich habe jedenfalls den Eindruck, dass das Jahr der Mathematik wie ein Frühjahrssturm über Deutschland hinwegbraust: Günter Ziegler, der Berliner DMV-Vorsitzende in der ZEIT, der FAZ, in Rheinpfalz und Welt, Alfred Beutelsbacher im Hörfunk mit einem täglichen kleinen Mathematiklexikon, Frau Schavan mit ihrer Eröffnung des Jahres. Mathematik ist buchstäblich überall, zumindest in den Medien. Darüber freuen wir uns, denn für uns ist ja wohl nicht nur das Jahr 2008, sondern zumindest seit Gründung des ITWM jedes Jahr ein Jahr der Mathematik; und deshalb kann es nur vorteilhaft sein, wenn in der breiten Öffentlichkeit ein positives Bild erzeugt wird.

Aber: Was ist ein »positives Bild der Mathematik«? Dass es Mathematik in der Schule gibt, dass es ein wichtiges, manchmal schicksalhaftes Fach ist, weiß jeder. Trotzdem kokettiert so manch Erfolgreicher mit seinen mathematischen Schulschwächen. Bruchrechnen scheint weniger wichtig als Rechtschreiben, man kennt Schopenhauer, aber kaum Weierstrass, eine Inhaltsangabe von



Goethes Faust fällt leichter als eine Definition einer Ableitung. Also war das Jahr des Geisteswissenschaften doch erfolgreich und wir können auf eine Verbesserung des Wissensstandes in Mathematik am Ende von 2008 hoffen? Ich fürchte, dass dies nur in bescheidenem Umfang möglich sein wird. Offenbar gehört philosophisches, historisches, literarisches Wissen zur „Bildung“, mathematische Kenntnisse nicht. Kann ein Jahr der Mathematik das verbessern? Die meisten Versuche von Kollegen gehen in diese Richtung und treffen dabei auch den Geschmack einiger Journalisten; man kann, auch als Laie, den intellektuellen Reiz des großen Fermat oder sogar der Poincaréschen Vermutung erahnen, die Jahrhunderte langen Bemühungen großer Geister flößen zusätzlich Ehrfurcht ein. Auch die fraktale Geometrie, die Heinz-Otto Peitgen bei der Eröffnungsveranstaltung vorstellte, beeindruckt gerade künstlerisch interessierte Menschen tief. Deshalb hoffe ich, dass hie und da die Botschaft »Mathematik ist ein wesentliches, unverzichtbares Kulturgut« ankommt. Dazu wird auch das Kleine Mathematiklexikon Beutelsbachers beitragen, in dem er z. B. erklärt, dass die Wahrscheinlichkeit, dass in einer Gruppe von 30 Menschen zwei am gleichen Tag Geburtstag haben, überraschend groß ist; oder die wöchentliche Kolumne »5 Minuten Mathematik« in der Welt, an der ich mich im November auch beteiligen darf. Aber wird es reichen, die Einstellung der großen Mehrheit, insbesondere auch der Schüler, wesentlich zu verändern?

Ich glaube, dass wir dazu noch eine zweite Botschaft in den Vordergrund rücken müssen: »Mathematik ist eine äußerst nützliche Wissenschaft, eine Schlüsseltechnologie, ohne die unsere heutige Welt kaum vorstellbar wäre – und sie kann sehr viele Menschen mit mathematischer Begabung sehr gut ernähren«. Das ist natürlich die Botschaft unseres Instituts, es ist auch die Bot-



schaft einer Initiative der Wirtschaft zum Jahr der Mathematik, die die Oberwolfach-Stiftung angestoßen hat und die sie als Springer-Buch herausgibt. Was die Vorstandsvorsitzenden führender DAX-Unternehmen dort über die Mathematik schreiben, muss jeden von dieser Botschaft überzeugen.

Wir werden uns im Jahr der Mathematik 2008 vor allem dem Thema »Mathematik ist eine Schlüsseltechnologie« widmen. Wir werden darzustellen versuchen, dass Mathematik nicht nur vergnüglich und kulturell, sondern dass sie auch nützlich und nötig ist. Wir wollen dabei auch darüber sprechen, wie man diese Rolle verstärken und deutlicher machen kann, wie Industrie, Öffentlichkeit und vor allem auch Schulen mit dieser Rolle der Mathematik vertrauter werden können. Der Fachbereich Mathematik unserer TU führt seit vielen Jahren Modellierungswochen für gute Schüler überwiegend der 12. Klassen durch und hat einen großen Vorrat an Erfahrungen und Modellierungsaufgaben gesammelt. Ein Teil dieser Modellierungsprobleme stammt aus dem ITWM. Deshalb will die Fraunhofer-Gesellschaft mit dem ITWM und dem

Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern verstärkt Schülermodellierungswochen an verschiedenen Orten in Deutschland durchführen; dabei sollen immer auch Lehrerinnen und Lehrer teilnehmen, um sie in die Lage zu versetzen, so etwas selbständig zu wiederholen. Wir hoffen so auf Nachhaltigkeit.

Aber natürlich tun wir auch etwas für den kulturellen Aspekt der Mathematik, z. B. durch Kunstausstellungen im Hause, die Mathematik zum Thema haben. Mit diesem Satz sind wir in unser Haus zurückgekehrt – und damit zu dem für mich überzeugendsten Argument dafür, dass Mathematik eine sehr schöne und eine sehr nützliche Wissenschaft ist: dem Fraunhofer ITWM. Jeder Besucher versichert uns, dass nichts die ökonomische Bedeutung besser unter Beweis stellt als dieses Institut, in dem 300 Menschen arbeiten, dieses Institut, das über 40 Prozent seines Budgets als »hartes«, d. h. als Industriegeld verdient und 30 Prozent aus öffentlichen Projekten, dieses Institut in einem wunderschönen Gebäude, in dem die tägliche Arbeit viel Spaß macht.

Prof. Dr. Helmut Neunzert

Das Institut im Profil

Computersimulationen sind zum unverzichtbaren Werkzeug bei der Gestaltung und Optimierung von Produkten, Dienstleistungen, Kommunikations- und Arbeitsprozessen geworden.

Reale Modelle werden durch virtuelle Modelle ersetzt. Die Mathematik bildet dabei als Rohstoff der Modelle und als Schlüsseltechnologie für Computersimulationen das Fundament für den Brückenschlag in die Simulationswelt, die in nahezu allen Bereichen der Gesellschaft und Wirtschaft Fuß gefasst hat. Immer mehr kleine und mittelständische Unternehmen nutzen die Simulation zur Kostenreduzierung. Gerade diese Unternehmen unterstützt das Fraunhofer ITWM mit Beratung und Rechenleistung. Sie profitieren am Markt durch den Einsatz von Simulation als Ausweis von Innovation und Qualitätssicherung ihrer Produkte. Natürlich arbeiten wir auch mit großen Firmen zusammen, vor allem im Fahrzeugbereich, im Maschinenbau, der Textilindustrie, der Mikroelektronik, mit Banken und der Computerindustrie.

Anspruchsvollen Herausforderungen in Technik, Logistik, Kommunikation und Finanzwesen begegnen wir durch die Anwendung moderner mathematischer Methoden, mit denen wir auch die angewandte Mathematik durch innovative Anstöße weiterentwickeln und gemeinsam mit Industriepartnern praktisch umsetzen. Integrale Bausteine dieser Umsetzung sind Beratung in FuE-Fragen, Unterstützung bei der Anwendung von Hochleistungsrechner-technologie und Bereitstellung maßgeschneiderter Software-Lösungen.

Das ITWM will nicht nur die Brücke zwischen realer und virtueller Welt bauen, sondern auch Bindeglied zwischen der Hochschulmathematik und ihrer praktischen Umsetzung sein. Deshalb ist für das ITWM die enge Anbindung an den Fachbereich Mathematik der TU

Kaiserslautern von zentraler Bedeutung. Das Fraunhofer ITWM ist eine der führenden Anlaufstellen für Mathematik in der Industrie. Diese Position wollen wir stärken und ausbauen.

Kompetenzen und Arbeitsschwerpunkte

Transportvorgänge

- Fluid-Struktur-Interaktion
- Gitterfreie Methoden
- Strahlungstransport und Parameteridentifikation
- Raumakustik
- Kontinuumsmechanische Produkt- und Prozessauslegung

Strömungs- und Materialsimulation

- Mikrostruktursimulation und virtuelles Materialdesign
- Hydrodynamik
- Komplexe Fluide
- Strukturoptimierung in Mechanik und Akustik

Bildverarbeitung

- Mikrostrukturanalyse
- Oberflächeninspektion
- Signalanalyse (Eisenbahn)
- Ultraschall-Imaging

Systemanalyse, Prognose und Regelung

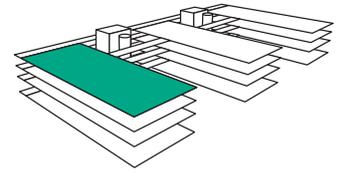
- Dynamische heterogene Netzwerke
- Monitoring und Regelung
- Entscheidungsunterstützung in Medizin und Technik
- Prognose von Material- und Produkteigenschaften
- Multiskalen-Strukturmechanik

Optimierung

- Optimierung von Unternehmensstrukturen und -prozessen
- Optimierung in der medizinischen Therapieplanung
- Optimierung im Virtual Engineering

Finanzmathematik

- Kreditderivate



- Kreditrisiko
- Optionsbewertung
- Portfolio-Optimierung und Zinsstrukturmodelle
- Versicherungsmathematik

Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit

- CAE-Betriebsfestigkeit
- Gießprozessabhängige Bauteileigenschaften
- Modellierung und Simulation mechatronischer Systeme

- Statistische Methoden in der Betriebsfestigkeit

Competence Center High Performance Computing

- Service Oriented Computing
- Nanoskalige Prozessmodellierung
- Parallele Algorithmen, Performance-Analyse
- Seismische Datenverarbeitung
- Cell Competence Center
- Visualisierung großer Datenmengen

Fraunhofer Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC

- Geometrie und Bewegungsplanung
- Computational Engineering und Design
- Risikomanagement
- Systembiologie und Bioinformatik

Ansprechpartnerin:

Dr. Marion Schulz-Reese

Verwaltungsleiterin

☎ 06 31/3 16 00-45 12

marion.schulz-reese@itwm.fraunhofer.de



Giuseppe Verdi, »Der Troubadour«, Spielzeit 2007/2008

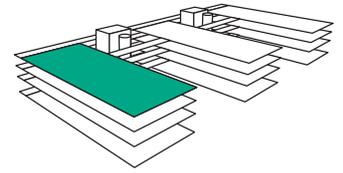
»Thema der Oper Tourbadour ist Machtausübung und Unterdrückung, im Bühnengebilde eingefangen durch ein klar abgegrenztes »Oben« und »Unten«, eingebettet in eine kalte, aber glänzende Stahlkonstruktion, die auf direktem Weg einen Überwachungsstaat assoziieren lässt. Das Metall fungiert dabei als helles Statussymbol, auf dem die Machthaber die dunkle untere Zone überwinden können. Für »die da unten« kann es allerdings sehr unangenehm werden, wenn sie die Brücke betreten, sei es freiwillig oder unfreiwillig.«

Thomas Dörfler, Ausstattungsleiter des Pfalztheaters

Kunden und Kooperationspartner

Das ITWM arbeitet seit Jahren mit Auftraggebern und Partnern aus vielen Branchen mit unterschiedlicher Unternehmensgröße sowie etlichen Forschungseinrichtungen erfolgreich zusammen; im Jahr 2007 u. a. mit:

- ABB Research Center, Dättwil
- Abbott GmbH & Co. KG, Ludwigshafen
- ABZ Handels GmbH, Ramstein-Miesenbach
- Adam Opel AG, Rüsselsheim und Kaiserslautern
- Advansa GmbH, Hamm
- Assenagon GmbH, München
- AUDI AG, Ingolstadt
- Ballard Power Systems Inc, Burnaby (CDN)
- BASF Chemical Company, Ludwigshafen
- Bayer Technologies, Leverkusen
- Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V., Würzburg
- BMW AG, München
- Burgmann Industries GmbH & Co KG, Wolftratshausen
- Carl Zeiss Imaging Solutions GmbH, Hallbergmoos
- Daimler AG, Stuttgart
- Deutsche Apotheker- und Ärztebank, Düsseldorf
- Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg
- DEVnet GmbH & Co. KG, Augsburg
- DuPont, Wilmington, USA
- Ecole des mines, Paris/Fontainebleau
- EKF diagnostic sales GmbH, Barleben
- Elmo Leather AB, Svenljunga (S)
- Fachhochschulen Aalen, Amberg-Weiden, Aschaffenburg, Darmstadt, Emden, Kaiserslautern, Landshut, Wiener Neustadt, Worms, Zwickau
- Fachingen Heil- und Mineralbrunnen GmbH, Fachingen/Lahn
- Financial Integrity Research Network, Australien
- Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC, Göteborg (S)
- Fritz Stenger GmbH, Heimbuchenthal
- GE Transportation Systems, Bad Dürkheim
- GM Powertrain, Rüsselsheim
- Gruber NaturHolzHaus, Rötz
- Gump & Maier, Binswangen
- Hahn-Meitner-Institut, Berlin
- Hamburger Stadtentwässerung
- HegerGuss GmbH, Enkenbach-Alsenborn
- Heraeus Quarzglas GmbH & Co. KG, Hanau
- Hochschule der Sparkassen-Finanzgruppe, Bonn
- Honda, Tochigi (JP)
- Hydraulik-Ring GmbH, Nürtingen
- HypoVereinsbank, München
- IBM Deutschland, Böblingen
- IDS Technology GmbH, Bitburg
- Indian Institute of Technology, Madras (IN)
- Infineon Technologies AG, München
- Infracom Italia, Padua (I)
- Institute for Parallel Processing, Bulgarian Academy of Science, Sofia (BG)
- John Deere, Zweibrücken und Mannheim
- Johns Manville Europe, Bad Homburg
- Keiper GmbH & Co. KG, Kaiserslautern
- Landesbank Baden-Württemberg, Stuttgart
- Lima Medical Systems, Villanova di San Daniele (I)
- Linux NetworX, Salt Lake City (USA) und Kaiserslautern
- MAGMA Gießereitechnologie GmbH, Aachen
- Mann + Hummel GmbH, Ludwigsburg
- Maschinenfabrik Rieter AG, Winterthur (CH)
- Massachusetts General Hospital, Boston (USA)
- Max-Planck-Institut für Mathematik in den Naturwissenschaften, Leipzig
- Meinel Bank AG, Graz (A)
- MVT Materials Handling GmbH, Dillingen
- Oerlikon NEUMAG GmbH, Neumünster
- NOGRID GmbH, Mainz
- Paul Wild GmbH, Kirschweiler
- Porsche AG, Weissach
- psb Materialfluss GmbH, Pirmasens
- renfordt Malerfachbetrieb, Iserlohn
- Rieter Automatik GmbH, Großostheim
- Robert Bosch GmbH, Stuttgart
- Schmitz Cargobull, Altenberge
- SIEDA GmbH, Kaiserslautern
- Siemens Medical Solutions OCS, Concord Transportation Systems, Heidelberg
- StatOil, Stavanger (N)
- Strahm Textile Systems AG, Lengwil (CH)
- Stromberg Oberflächentechnik GmbH & Co. KG, Duisburg
- Tehalit GmbH & Co. KG, Heltersberg
- Texas A&M, College Station, Texas (USA)
- Universitäten Ankara (TR), Cambridge (GB), Canberra (AU), Catania (I), Dresden, Freiburg, Göteborg (S), Graz (A), Halle-Wittenberg, Hamburg, Hannover, Kaiserslautern, Karlsruhe, Kopenhagen (DK), Leuven (B), Magdeburg, Mannheim, North Carolina (USA), Perth (AU), Pisa (I), Saarbrücken, Stuttgart, Tübingen, Valenciennes (F), Vilnius (LT), Los Angeles USA
- Kliniken Frankfurt-Hoechst, Heidelberg, Homburg, Kaiserslautern, Tübingen
- URSA Insulation, Tarragona
- Voith Fabrics GmbH, Pfullingen
- Volkswagen AG, Wolfsburg
- VOLVO Construction Equipment, Konz
- Winkler+Dünnebier AG, Neuwied



Für das Kuratorium konnten namhafte Vertreter aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik gewonnen werden. Dazu gehören:

Dr. Jürgen Amendinger Bayerische Hypo- und Vereinsbank AG, München	Prof. Dr. Peter Jagers Chalmers Tekniska Högskolan, Göteborg, Schweden	Dr. Tanja Rohweder Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Jugend und Kultur, Mainz
Prof. Dr. Achim Bachem Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich	Dr. Wilhelm Krüger Blue Order AG, Kaiserslautern	Prof. Dr. Helmut J. Schmidt Technische Universität Kaiserslautern
Dr.-Ing. Erwin Flender MAGMA Gießereitechnologie, Aachen	Dr. Martin Kühn SAP AG, Walldorf	Dr. Jörg Steeb Tehalit GmbH & Co. KG, Heltersberg
Dr. Werner Groh Johns Manville Europe GmbH, Bobingen	Kurt Lechner Mitglied des Europäischen Parlaments, Kaiserslautern	Prof. Dr. Wolfgang Wahlster Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, Saarbrücken
Prof. Dr. Wolfgang Hackbusch Max-Planck-Institut für Mathematik in den Naturwissenschaften, Leipzig	Richard Ortseifer Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau, Mainz	

Organigramm

Institutsleitung	Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters	06 31/3 16 00-42 01	
Scientific Advisory Board	Prof. Dr. Axel Klar	06 31/3 16 00-44 17	
	Prof. Dr. Ralf Korn	06 31/3 16 00-46 58	
	Prof. Dr. Helmut Neunzert	06 31/3 16 00-43 10	
	Prof. Dr. Stefan Nickel	06 31/3 16 00-46 42	
Competence Center High Performance Computing	Dr. Franz-Josef Pfreundt (CIO)	06 31/3 16 00-44 59	
	EDV	Dieter Eubell	06 31/3 16 00-42 43
Zentrale Bereiche	Leitung	Dr. Marion Schulz-Reese	06 31/3 16 00-45 12
	Presse- und Öffentlichkeitsarbeit	Ilka Blauth	06 31/3 16 00-46 74
		Dipl.-Math. Steffen Grützner	06 31/3 16 00-44 00
Abteilungen	Transportvorgänge	Dr. Raimund Wegener	06 31/3 16 00-42 31
	Strömungs- und Materialsimulation	Dr. Konrad Steiner	06 31/3 16 00-43 42
	Bildverarbeitung	Dr. Ronald Rösch	06 31/3 16 00-44 86
	Systemanalyse, Prognose und Regelung	Dr. Patrick Lang	06 31/3 16 00-46 39
	Optimierung	Priv.-Doz. Dr. Karl-Heinz Küfer	06 31/3 16 00-44 91
	Finanzmathematik	Priv.-Doz. Dr. Marlene Müller	06 31/3 16 00-43 46
	Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit	Dr. Klaus Dreßler	06 31/3 16 00-44 66

Haushalt

Das Haushaltsjahr 2007 war für das ITWM sicher eines der erfolgreichsten überhaupt und zwar sowohl in Bezug auf die Wachstumsraten im Betriebshaushalt als auch in Bezug auf Personaleinstellungen. Nachdem bereits der Betriebshaushalt 2006 gegenüber dem Vorjahr um 10 Prozent gestiegen war, konnte dies 2007 mit einer Wachstumsrate von über 15 Prozent noch einmal übertroffen werden.

Dabei wurde sowohl bei den Industrielas auch den öffentlichen Erträgen mit Steigerungsraten von 14 bzw. 26 Prozent noch einmal kräftig zugelegt.

Bei den öffentlichen Projekten ist insbesondere die Beteiligung des ITWM am vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) initiierten Forschungsprogramm THESEUS erwähnenswert. THESEUS hat zum Ziel, eine neue internetbasierte Wissensinfrastruktur zu entwickeln, um das Wissen im Internet besser zu nutzen und zu verwerten. Unter dem Dach von THESEUS sollen hierzu anwendungsorientierte Basistechnologien und technische Standards erarbeitet und erprobt werden. Als Ergebnisse werden neuartige Produkte, Tools, Dienste und Geschäftsmodelle für das World Wide Web sowie die Dienstleistungs- und Wissensgesellschaft von morgen erwartet.

Auch bei der Fraunhofer-internen Förderung war das ITWM wieder sehr erfolgreich. Ein wesentliches Element der Europa-Strategie von Fraunhofer sind Allianzen mit europäischen Exzellenzzentren; hier ist es dem ITWM gelungen, die University of Cambridge für eine Allianz in der Finanzmathematik zu gewinnen. Für zunächst drei Jahren werden die Mathematiker aus Kaiserslautern und Cambridge finanzmathematische Methoden weiterentwickeln

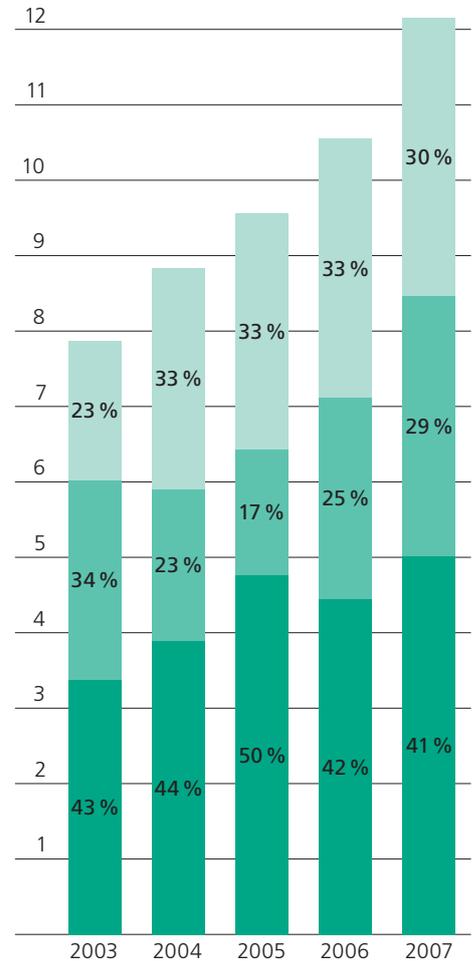
und bekannte Verfahren optimieren. Diese Kooperation wird von der Fraunhofer-Gesellschaft mit einer Million Euro gefördert.

Die Wirtschaftserträge des ITWM haben sich auf hohem Niveau stabilisiert. Die Bedeutung des ITWM für die Re-

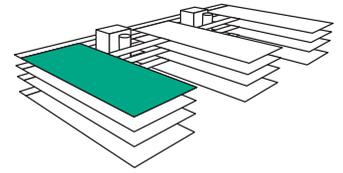
gion zeigt sich nicht zuletzt darin, dass über ein Drittel der Industrieerträgen aus Aufträgen von regionalen Firmen stammt. Doch auch die Anstrengungen auf internationaler Ebene zahlen sich mittlerweile aus. Ein Viertel der Wirtschaftserträge konnte bei ausländischen Unternehmen akquiriert werden

Entwicklung Betriebshaushalt in Mio. €

- Industrie
- Öffentliche Hand
- Grundfinanzierung und Fraunhofer-interne Programme



Haushaltsentwicklung [Tausend €]	2003	2004	2005	2006	2007
Betriebshaushalt	7872	8844	9560	10550	12163
Investitionshaushalt	563	376	499	332	1720
Gesamt	8435	9220	10059	10882	13883

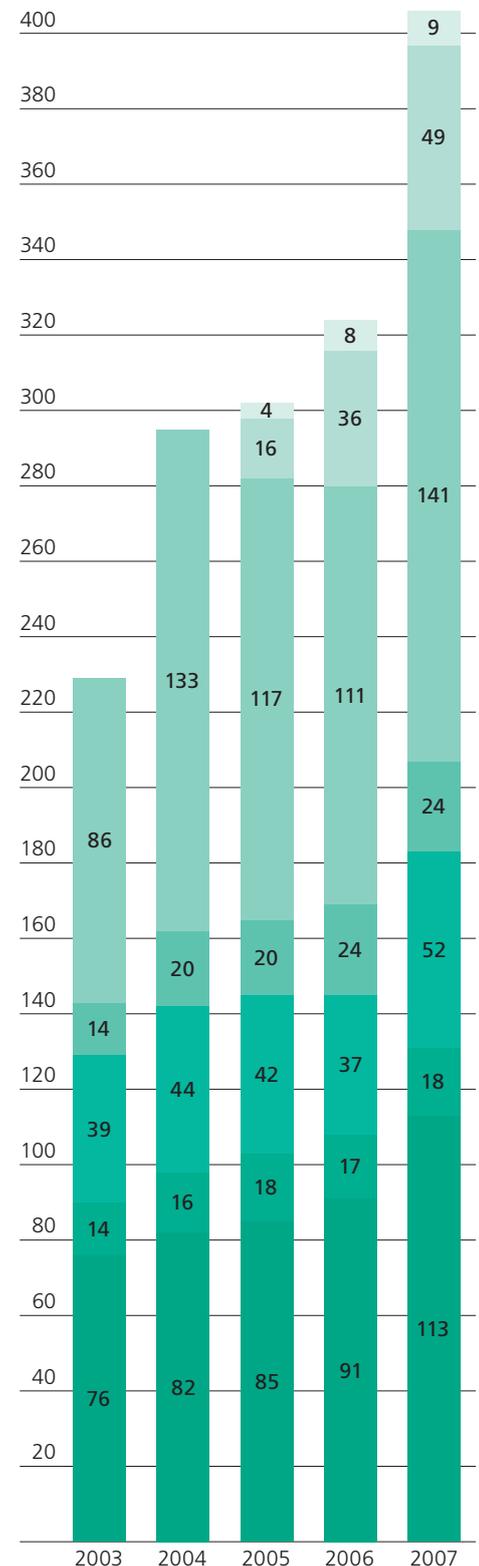
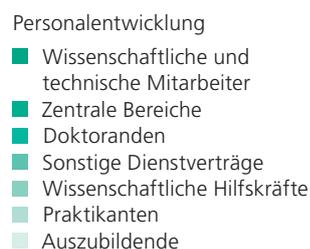


Personalentwicklung

Seit dem Einzug in das neue Fraunhofer-Zentrum im Januar 2006 wurden bis Ende 2007 52 neue Mitarbeiter eingestellt, 43 davon allein im wissenschaftlichen Bereich. Im gleichen Zeitraum sind 16 Mitarbeiter ausgeschieden, so dass insgesamt 36 neue Arbeitsplätze geschaffen wurden. Erfreulicherweise ist es dem ITWM gelungen, trotz Arbeitskräftemangel im mathematisch-naturwissenschaftlichen und ingenieurwissenschaftlichen Bereich qualifizierte Bewerber zu rekrutieren. Natürlich kommt ein großer Teil unserer Wissenschaftler aus Kaiserslautern und der näheren Umgebung wie Trier, Saarbrücken, Heidelberg oder Darmstadt, aber insgesamt ist das ITWM durchaus auch attraktiv für Bewerber aus München, Augsburg, Bayreuth, Göttingen, Braunschweig, Hamburg oder Berlin.

Durch eine verstärkte Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern, die 2007 durch einen weiteren Kooperationsvertrag gefestigt wurde, soll insbesondere eine intensive Nachwuchsförderung dem drohenden Fachkräftemangel entgegenwirken.

Das starke Personalwachstum in den letzten beiden Jahren hat dazu geführt, dass das neue Institutsgebäude bereits fast vollständig belegt ist. Mit Land und Fraunhofer-Gesellschaft ist man sich einig, dass dringend ein Erweiterungsbau benötigt wird. Hierzu liegen die Finanzierungszusagen vor und erste Planungen sind in vollem Gange. Mit dem ersten Spatenstich für den Erweiterungsbau ist im Frühjahr 2009 zu rechnen.



Stellvertretend für die vielen Projekte, die am Fraunhofer ITWM abteilungsübergreifend bearbeitet werden, wird hier KneechMech vorgestellt, an dem die Abteilungen **Strömungs- und Materialsimulation** und **Systemanalyse, Prognose und Regelung** beteiligt sind. Die SMS-Mitarbeiter sind verantwortlich für den Aufbau der grafischen Benutzeroberfläche sowie für Simulationstool und Algorithmen, während in der Abteilung SYS die Homogenisierung des Kontaktbereichs zwischen Knochen und Prothese behandelt wurde. KneechMech ist aber auch beispielhaft für die Internationalität des ITWM, denn das Projekt geht zurück auf die langjährigen Kontakte des ITWM zur Universität Catania auf Sizilien, die hier ihre Erweiterung in die Industrie fanden.

KneechMech – Biomechanische Simulation für die klinische Praxis

Knieprothesen werden bei fortgeschrittenem Verschleiß oder bei hochgradiger Zerstörung der Gelenkflächen als künstliches Kniegelenk eingesetzt. Da die Knochen der Patienten unterschiedlich groß sind und eine unterschiedliche innere Struktur besitzen, muss der Chirurg für jeden Patienten einen geeigneten Prothesentyp auswählen und die optimale Position dieses Prothesentyps relativ zu den Knochen bestimmen. Da der Chirurg nicht alle Prothesen direkt am Patienten durchprobieren kann, müssen die Prothesentypen virtuell durch Computersimulation »anprobiert« werden. Entsprechende Simulationsmethoden wurden am Fraunhofer ITWM gemeinsam mit Wissenschaftlern aus Catania und der italienischen Firma Lima-Lto spa entwickelt.

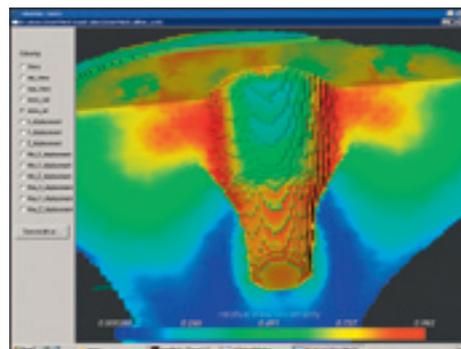
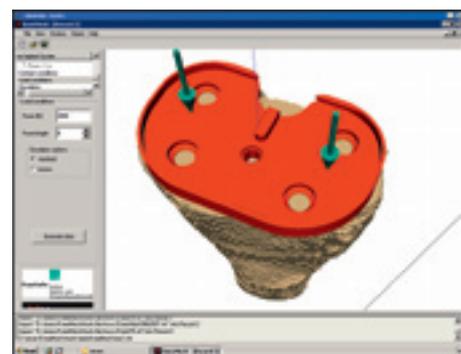
Das Ziel des Projektes war es, in interdisziplinärer Zusammenarbeit zwischen Ärzten, Ingenieuren und Mathematikern solche Methoden zu entwickeln, welche die Wahl und die Positionierung der Prothese erleichtern und verbessern, um so die Lebensqualität des Patienten zu verbessern. Die entsprechenden Modelle müssen die individuellen Eigenschaften der Knochen des Patienten und die der Prothese möglichst genau berücksichtigen. Eine besondere Bedeutung hat die Kontaktzone zwischen Knochen und Prothese. Die lokale mechanische Beanspruchung der Kontaktzone erzeugt biologische Reize, die zum Einwachsen des Knochens in die Poren der Prothesenbeschichtung führen. Gerade für die Analyse dieser

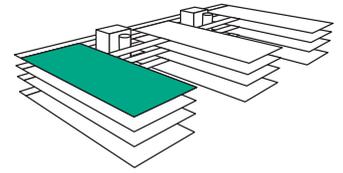
Zone wurden hochgenaue Zweiskalen-Modelle entwickelt, die effektive makroskopische Kontaktbedingungen zwischen Knochen und Prothese aus der Mikrostruktur der Prothesen- und Knochenoberfläche ableiten.

Das Kontaktproblem für das Prothese-Knochen-System wird mit der Finite-Elemente-Methode (FEM) numerisch gelöst. Eine hohe Genauigkeit der FEM-Simulationen kann nur dann erreicht werden, wenn die Geometrie und Struktur der Knochen ausreichend genau vorliegt und vernetzt wird. Ausgangspunkt für die Vernetzung ist eine Computer-Tomographie-Aufnahme (CT-Aufnahme) des Knies, aus dem die Geometrie der Knochen und ihrer inneren Strukturen mittels so genannter Segmentierungsverfahren rekonstruiert werden. Es entstehen bei diesem Vorgehen zunächst sehr feine FEM-Netze mit mehreren Millionen Tetraedern. Diese würden bei der FEM zu entsprechend großen linearen Gleichungssystemen mit mehreren Millionen Unbekannten und langen Rechenzeiten führen. Deshalb wird im nächsten Schritt die Anzahl der Tetraeder bzw. der Unbekannten adaptiv um zwei Größenordnungen verringert. Die resultierende Verkürzung der benötigten Zeit für eine Simulation ist ein großer Fortschritt hinsichtlich der Anwendbarkeit in der klinischen Praxis.

Eine benutzerfreundliche graphische Oberfläche zusammen mit schnellen Visualisierungsalgorithmen zur Darstellung der virtuellen »Anprobe« der Prothese hilft, die Positionierung der Prothese und die gesamte Operation zu-

erst zu planen. Virtuelle Operationen können mehrmals ohne Schmerzen für den Patienten durchgeführt werden, um anschließend die reale Operation schnell, sicher und mit minimaler Invasivität durchzuführen.





Im März wurde Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters für weitere drei Jahre zum Vorsitzenden des Wissenschaftlich-Technischen Rates (WTR) der Fraunhofer-Gesellschaft gewählt; der WTR vertritt die Interessen der 56 Institutsleiter und ihrer 13 700 Mitarbeiter und berät den Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft in strategischen Fragen.

Nicht Miniatur-Bagger, sondern echte motorisierte Schwergewichte stehen im Mittelpunkt des Innovationsclusters »Digitale Nutzfahrzeugtechnologie«, das Ende April im Fraunhofer-Zentrum von der Fraunhofer-Gesellschaft und der rheinland-pfälzischen Landesregierung sowie dem BMBF eröffnet wurde. Ziel dieser Forschungsinitiative ist es, Entwicklungs-, Planungs- und Fertigungsprozesse enger mit Nutzung, Überwachung und Wartung solcher Fahrzeuge zu verknüpfen und ihr High-tech-Innenleben zu optimieren. Den wissenschaftlichen Kern des Innovationsclusters bilden die beiden Fraunhofer-Institute IESE und ITWM. Seitens der Industrie beteiligen sich u. a. die Daimler AG, die Volvo Group, John Deere, Robert Bosch GmbH, Haldex brake products GmbH, MB-technology GmbH sowie die Schmitz Cargobull AG. Das Kooperationsvorhaben umfasst bis 2010 ein Volumen von insgesamt zehn Mio. Euro und ist darüber hinaus unbefristet angelegt. Die Fraunhofer-Gesellschaft und das Land Rheinland-Pfalz steuern je drei Mio. Euro bei, der Industrieanteil liegt bei vier Mio. Euro.

Der Gründer des Fraunhofer ITWM, Prof. Dr. Helmut Neunzert, erhielt im Mai die Ehrendoktorwürde der Chalmers-University in Göteborg. Ausgezeichnet wurde er als einer der führenden Industriemathematiker Europas und für seine Verdienste um das 2001 gegründete Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC, des schwedische Schwesterinstitut des Fraunhofer ITWM.



Dr. Klaus Dreßler, Fraunhofer ITWM, Leiter des Innovationsclusters DNT, Wissenschaftsministerin Doris Ahnen, Wirtschaftsminister Hendrik Hering und Ralf Kalmar, Fraunhofer IESE



Seit September ist am ITWM »Hercules« zuständig für aufwändige Simulationen und Visualisierungen: Er besteht aus 272 Standard-Servern, rechnet mit 8,1 TFLOPS und ist damit einer der schnellsten Supercomputer Deutschlands. Weltweit gehört er zu den energieeffizientesten und mit innovativen Kühlkonzepten im Serverraum wird zusätzlich Strom gespart.

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist die größte Organisation für angewandte Forschung in Europa. Als gemeinnützige Einrichtung betreibt sie derzeit rund 80 Forschungseinrichtungen – darunter 56 Institute – an über 40 Standorten in ganz Deutschland. Rund 13 700 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,32 Milliarden Euro. Mehr als die Hälfte der Industrieerlöse stammen von kleinen und mittleren Unternehmen.

Die Fraunhofer-Gesellschaft führt Forschungs- und Entwicklungsaufträge für Wirtschaft, Staat und öffentliche Hand durch. Die internationale Zusammenarbeit wird durch Niederlassungen in den USA und in Asien gefördert.

Felder der Fraunhofer-Forschung:

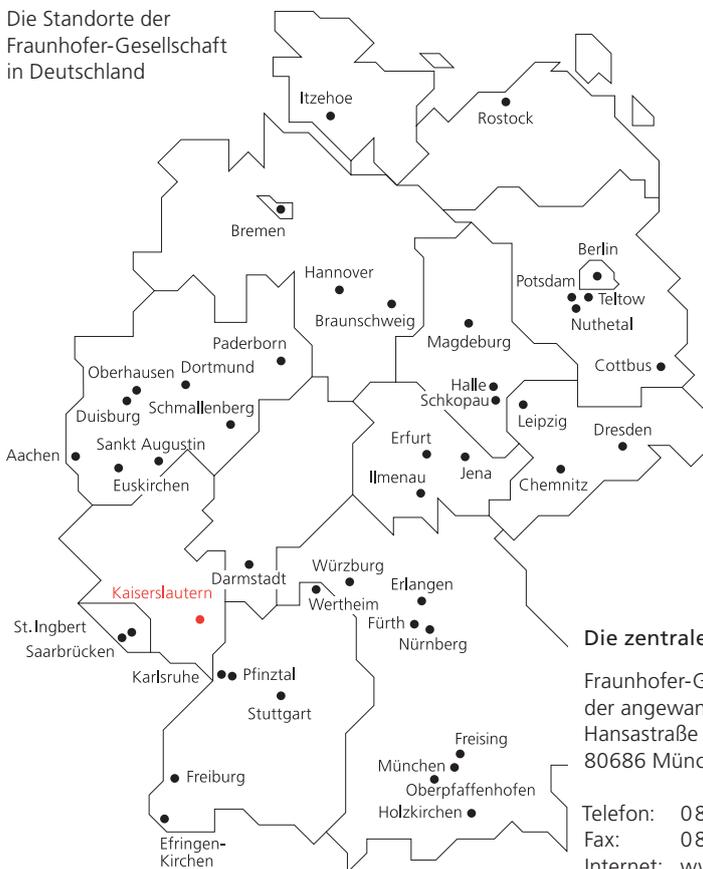
- Werkstofftechnik, Bauteilverhalten
- Produktionstechnik, Fertigungstechnologie
- Informations- und Kommunikationstechnik
- Mikroelektronik, Mikrosystemtechnik
- Prüftechnik, Sensorsysteme
- Verfahrenstechnik
- Energie- und Bautechnik, Umwelt- und Gesundheitsforschung
- Technisch-ökonomische Studien, Informationsvermittlung

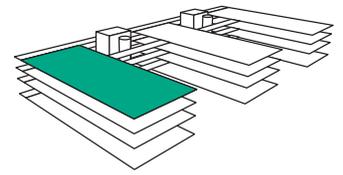
Kurze Innovationszyklen machen IT-Kenntnisse zu einer schnell verderblichen Ware. Die Fraunhofer-Verbund Informations- und Kommunikationstechnik (IuK) bietet Unterstützung durch maßgeschneiderte Studien, Technologieberatung und Auftragsforschung für neue Produkte und Dienstleistungen. Studien untersuchen neben der Machbarkeit auch die Akzeptanz der Anwender. Marktanalysen und Kosten-Nutzen-Rechnungen runden die Untersuchungen ab. Der Fraunhofer-IuK-Verbund umfasst 13 Institute sowie 3 Gastinstitute, ca. 2800 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Die Geschäftsstelle in Berlin vermittelt Wirtschaft und Medien als One-Stop-Shop den passenden Kontakt. Forschungsergebnisse der Institute werden gebündelt nach Anwendungsdomänen, Branchen etc. über den Verbund kommuniziert.

Sich ergänzende Schwerpunkte der Institute decken die Wertschöpfungsketten in der IuK-Branche umfassend ab. Die Geschäftsfelder des IuK-Verbunds bieten u. a. IuK-Lösungen für:

- E-Business
- E-Government
- Medizin und Life Sciences
- Verkehr und Mobilität
- Produktion
- Digitale Medien
- Security
- Kultur und Unterhaltung
- Software
- Kommunikationssysteme
- Finanzwesen

Die Standorte der Fraunhofer-Gesellschaft in Deutschland





Gabriele Gramsch, Gesa Ermel, Ilka Blauth, Katharina Parusel, Dieter Eubell, Dr. Marion Schulz-Reese, Manuela Hoffmann, Steffen Grützner, Michael Mannweiler, Prof. Dr. Stefan Nickel, Michaela Grimberg-Mang, Sandra Leugner, Deborah Korb, Dr. Elmar Gerwalin, Brigitte Williard, Mirko Spell, Prof. Dr. Axel Klar, Sylvia Gerwalin, Prof. Dr. Ralf Korn, Christian Mohrbacher, Christian Peter, Patrick Fuchs, Markus Pfeffer

Transportvorgänge

Die mathematische Modellierung komplexer technisch-naturwissenschaftlicher Problemstellungen und die Entwicklung effizienter Algorithmen zu ihrer numerischen Lösung charakterisieren die Arbeit der Abteilung **Transportvorgänge**. Die behandelten Aufgabenstellungen in Gebieten wie Strömungsdynamik, Strahlungstransport, Akustik und Strukturmechanik führen aus mathematischer Sicht auf partielle Differentialgleichungen. Aus Kundensicht geht es um die Optimierung von Produkten, die technische Auslegung von Produktionsprozessen oder um simulationsbasierte Messmethoden. In allen fünf im Folgenden skizzierten Schwerpunkten verlief das Jahr 2007 wirtschaftlich sehr erfolgreich.

Fluid-Struktur-Interaktion

Mit dem Softwaretool FIDYST (Fiber Dynamics Simulation Tool) spricht der größte Abteilungsschwerpunkt hauptsächlich Kunden im Bereich der technischen Textilien und dem zugehörigen Maschinenbau an. Durch Simulation der Fadendynamik – beispielsweise in Prozessen der Vlieslegung – können Maschinen systematisch ausgelegt und verbessert werden. Diese Arbeiten wurden durch zahlreiche Messeauftritte und wissenschaftliche Publikationen sowohl in der Zielbranche als auch in der mathematischen Community bekannt gemacht. Neben der Fadendynamik konnte mit Arbeiten zur Schmelzeführung ein zweites inhaltliches Standbein geschaffen werden.

Gitterfreie Methoden

Die Abteilung entwickelt mit FPM (Finite Pointset Method) ihren eigenen Solver für Strömungsvorgänge. FPM ist ein gitterfreies Verfahren und damit ausgezeichnet zur Lösung von Problemen mit zeitlich veränderlichem Strömungsgebiet (Mehrphasenströmungen, freie Oberflächen) geeignet. Die Software wird mittlerweile durch die Firma NOGRID GmbH vertrieben. Im Vordergrund der laufen-

den Entwicklungsarbeiten am ITWM steht ein spezielles Tool zur Simulation von Betankungsvorgängen für die Firma Volkswagen.

Strahlungstransport und Parameteridentifikation

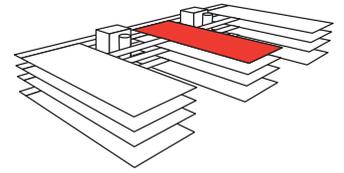
Dieser Schwerpunkt hat seine Wurzeln in Projekten zur Abkühlung von Glas durch Wärmestrahlung und Wärmeleitung. Begleitet wurden diese Arbeiten stets von Projekten zur Parameteridentifikation zumeist im Umfeld der Glasindustrie, die wesentlich zum Aufbau mathematischer Kompetenzen im Bereich Inverser Probleme beigetragen haben. 2007 traten die Aktivitäten innerhalb der Glasindustrie etwas zugunsten solcher Projekte in den Hintergrund, in denen die Themen Wärme, Strahlung und Parameteridentifikation in andere Bereiche – beispielsweise in die Medizintechnik – übertragen wurden.

Raumakustik

Im Zentrum dieses neuen Abteilungsschwerpunkts steht der Aufbau eines audio-visuellen VR-Systems, mit dem die akustischen Verhältnisse von Innenräumen (Gebäude, Maschinenhallen, Fahrzeuge) bereits in der Planungsphase erfahrbar gemacht werden können. Das System ist mittlerweile weitgehend einsatzfähig, soll aber in Forschungsprojekten weiter ausgebaut werden. Mit Blick auf industrielle Anwendungen wird dabei verstärkt auf Fragestellungen der Geräuschentwicklung und -bekämpfung eingegangen.

Kontinuumsmechanische Produkt- und Prozessauslegung

Der Schwerpunkt umfasst die Projekte der Abteilung, bei denen die technische Auslegung und Optimierung von Produkten und Produktionsprozessen im Vordergrund steht. Gemeinsame Basis der Projekte sind im weitesten Sinne kontinuumsmechanische Multiphysics-Modelle, die erst durch Modellreduktion einer Optimierung und/oder Re-



gelung zugänglich werden. Zur Bearbeitung der Projekte werden Kompetenzen und Ressourcen der gesamten Abteilung genutzt.

Abteilungsleiter:

Dr. Raimund Wegener

☎ 06 31/3 16 00-42 31

raimund.wegener@itwm.fraunhofer.de

Schwerpunkte

- Fluid-Struktur-Interaktion
- Gitterfreie Methoden
- Strahlungstransport und Parameteridentifikation
- Raumakustik
- Kontinuumsmechanische Produkt- und Prozessauslegung



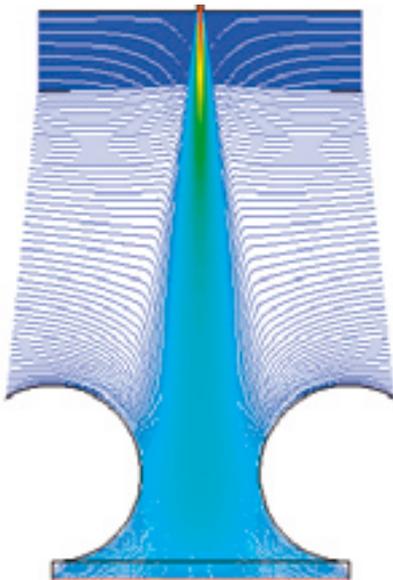
Jaques Offenbach, »Hoffmanns Erzählungen«, Spielzeit 2006/2007

»Hoffmanns Erzählungen führen aus der realen Welt in die Traumwelt, drei separate Geschichten werden in einem ähnlichen Raum erzählt, reale Welt, Traumwelt und Theater finden quasi nebeneinander statt; dies ermöglicht das transparente Bühnenbild, ein liches Struktursystem, das in den realen Raum bricht. Das Material ist durchscheinend, aber auch dicht, kann seine Durchlässigkeit ändern und erinnert an fein verwobene Fäden, ein Geflecht, das seine Gitterstruktur hinter Reflektionen verbirgt.«

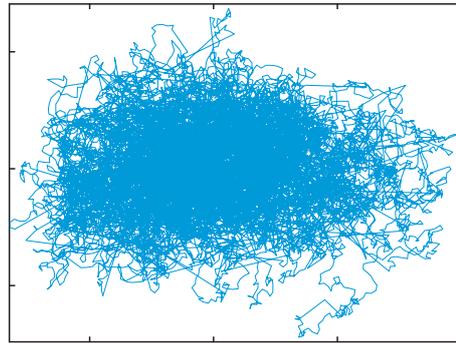
Thomas Dörfler, Ausstattungsleiter des Pfalztheaters

Simulationsbasierte konstruktive Auslegung einer Spinnvliesanlage

Auf Basis des Softwaretools FIDYST (Fiber Dynamics Simulation Tool) sind verschiedene Projekte zur Auslegung und Optimierung von Maschinen und Anlagen bearbeitet worden. Wesentlicher Schlüssel hierzu ist es, das dynamische Verhalten von Filamenten oder Stapelfasern gezielt zu beeinflussen. In enger Kooperation mit Oerlikon Neumag wurde – basierend auf Simulationsergebnissen – eine Spinnvliesanlage neu konstruiert. Zum einen wird hierbei die Strömungsdynamik im Bereich des Slots mit Luftzuführung und schmalen Filamentkanal sowie dem sich anschließenden Freistrah simuliert; zum anderen wird anhand dieser Daten die Dynamik der sich darin bewegend Filamente mit FIDYST erfasst. Die Filamentdynamik wird dabei global durch die Richtung und Stärke des Freistrahls bestimmt, während lokale Ausweichbewegungen wesentlich durch die Turbulenzen der Strömung und deren



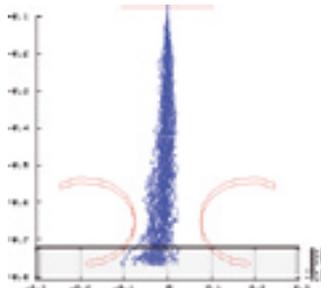
Oben: Stromlinien der Luftströmung



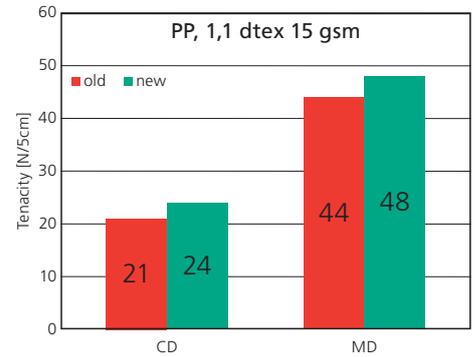
Verteilung der Filamentablage

Wirkung auf die Filamente in Verbindung mit Verlangsamung der Strömung über dem Auffangband entstehen. Durch die Zufälligkeit der Bewegung entstehen in der Ablage stochastische Strukturen, die hinsichtlich der entstehenden Zugfestigkeit im Vliesstoff optimiert werden sollten.

Das stochastische Modell der Ablage beruht auf der Feststellung, dass sich ein einzelnes Filament beim Auftreffen von oben gesehen um ein Zentrum

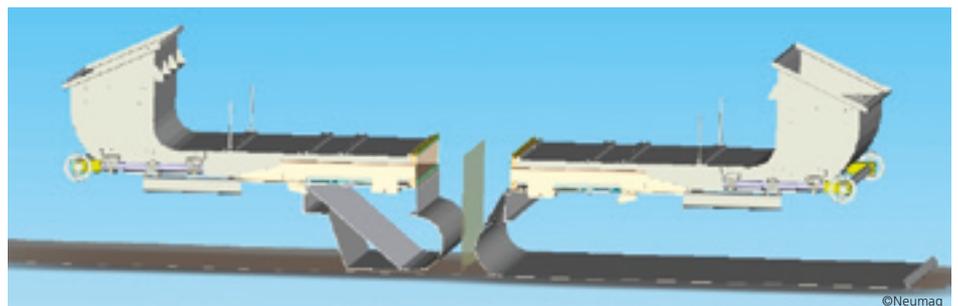


Dynamik des Filamentvorhangs

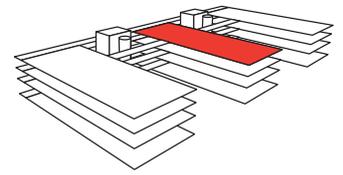


Gemessene Festigkeiten des Vliesstoffes

clustert. Durch Analyse der zugehörigen Verteilung ergibt sich eine Standardabweichung sowohl in Produktions- (MD) als auch in Querrichtung (CD). Typischerweise ist der Wert in MD größer als in CD, was auch mit den Festigkeitswerten korrespondiert. Insgesamt wurden etwa 30 verschiedene Auslegungsvarianten ausgearbeitet und anhand von Simulationen bewertet, um die Filamentablage in CD zu verbreitern und diejenige in MD zumindest beizubehalten. Gemeinsam mit Neumag wurde daraus ein Vorschlag ausgewählt, der eine signifikante Verbesserung verspricht und in einer Anlagenbreite von 7 m realisiert werden kann. Die ersten Ergebnisse nach Realisierung auf der Technikumsanlage wurden auf dem EDANA Symposium 2007 vorgestellt. Dabei haben sich die Simulationsergebnisse bestätigt: Steigerung der Querfestigkeit (CD) um etwa 15 Prozent und zusätzlich in MD um knapp 10 Prozent bei unverändertem Materialeinsatz.



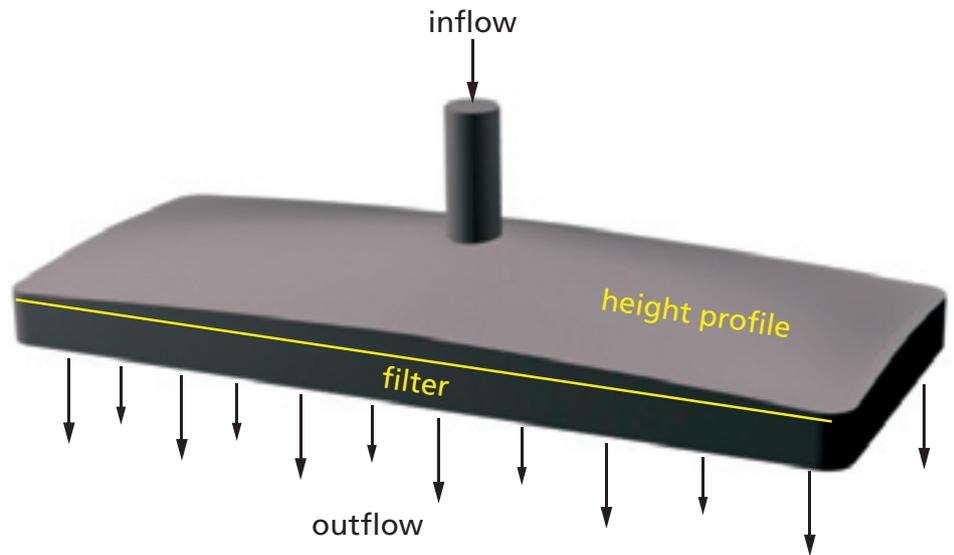
Rechts: Konstruktive Realisierung in 7 m Anlagenbreite



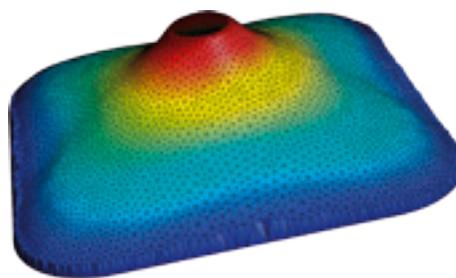
Optimale Schmelzeführung für Spinnprozesse

In verschiedenen industriellen Schmelzspinnprozessen wird Kunststoffgranulat in einem Extruder aufgeschmolzen und über einen Verteiler den einzelnen Kapillarbohrungen eines Spinnkopfes zugeführt. Hierzu muss im Allgemeinen der Querschnitt des Polymerschmelzstroms von dem des Zuleitungsrohres auf den viel größeren der Spinnplatte mit ihren Kapillarbohrungen erweitert werden. Da hierbei die Strömungsgeschwindigkeiten abnehmen, können insbesondere in Wandnähe Totzonen entstehen, in denen das Polymer degradiert und sich an den Wandungen anlagert. Ein geeignetes Maß für die Fließgeschwindigkeit in Wandnähe ist die so genannte Wandschubspannung. Diese kann durch Veränderungen des Strömungsgebietes gezielt beeinflusst werden. Die Abhängigkeiten sind allerdings nicht lokal und so komplex, dass dies in sinnvoller Weise nur durch einen mathematischen Optimierungsprozess erfolgen kann. Am ITWM wurde auf Basis geeigneter Kriterien eine Optimierungsmethode für derartige Fragestellungen entwickelt.

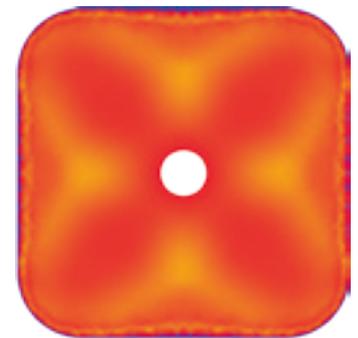
Polymerschmelzen gehören zu den strukturviskosen Nicht-Newtonschen Fluiden. In Anwendungsfällen mit geringen Scherraten, kleiner Deborahzahl und kleiner Reynoldszahl wird die Polymerströmung jedoch in guter Näherung als Kriechströmung durch die stationären Stokes-Gleichungen beschrieben. Außerdem können diese Gleichungen für flache Höhenprofile über dem Ausströmquerschnitt (Abbildung oben) asymptotisch nach der Höhe entwickelt werden. Der Schmelzezufluss über den Eintrittsquerschnitt kann dabei durch einen Quellterm erfasst werden. Alternativ kann der Einströmbereich komplett aus dem zweidimensionalen Strömungsgebiet herausgeschnitten und mittels einer Einströmrandbedingung



Prinzipische Skizze Schmelzeverteiler



Beispiel für eine optimale Geometrie



Zugehörige Wandschubspannungen

behandelt werden. Der Ausfluss über den Austrittsquerschnitt wird dagegen als Senke beschrieben und ist gemäß dem Darcy-Gesetz für poröse Medien proportional zur Druckdifferenz.

Die unteren Abbildungen zeigen die Optimierung einer aus Gründen der Geheimhaltung abstrahierten einfachen radialsymmetrischen Geometrie und die zugehörige Verteilung der Wand-

schubspannung. Die Güte der optimierten Geometrien kann mit voller 3D-Simulation überprüft werden. Dieses Vorgehen hat sich bereits in verschiedenen Anwendungsfällen und bei realen Geometrien bewährt. Die Vorteile der Optimierung sind eine deutliche Reduktion von Degradierungseffekten, eine verbesserte Gleichmäßigkeit und geringere Durchlaufzeit.

Schaumdynamiksimulation

Das Betanken eines Fahrzeuges ist ein komplexes Strömungsproblem. Davon sieht man als Kunde an einer Tankstelle nur wenig, aber einige Begleiterscheinungen des Strömungsvorganges kann man direkt beobachten. Besonders störend ist beispielsweise das vorzeitige Abbrechen des Betankungsvorganges, noch bevor der Tank tatsächlich gefüllt ist. Im Allgemeinen muss ein Fahrzeugtank so konstruiert sein, dass er einen gewissen Mindestvolumenstrom beim Befüllen zulässt. Durch vorzeitige Abschalter wird dieser jedoch schnell unterwandert. Ziel der Entwicklungsingenieure ist es, den Fahrzeugtank neben bestehenden, sehr restriktiven Anforderungen und Richtlinien strömungsmechanisch zu optimieren. Simulationen sind dabei eine geeignete Wahl zur Untersuchung des Strömungsverhaltens.

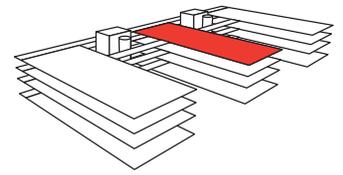
Die Firma VW und das ITWM arbeiten an einer speziellen Simulationslösung, basierend auf der Finite Pointset Methode (FPM), einem am ITWM entwickelten gitterfreien Strömungssolver, der besondere Stärken bei der Berechnung von Strömungen mit freien Oberflächen, in komplexen Geometrien oder mit nicht-klassischen Materialgesetzen hat. Bei diesem Projekt soll besonders den speziellen Materialeigenschaften des Kraftstoffs Rechnung getragen werden. Dieser ist kein Fluid im herkömmlichen Sinn, sondern entspringt der Zapfpistole als Emulsion, also mit Millionen eingeschlossener kleinster Gasbläschen. Während des Durchströmens des Tankinnenlebens koagulieren die Bläschen vorzugsweise untereinander, können aber unter Umständen auch wieder zerfallen. Zu guter Letzt setzt sich an der freien Oberfläche eine Schaumkrone ab, ähnlich wie beim Befüllen eines Bierglases. Der Kraftstoffschäum zerfällt, indem die freien Schaumblasen platzen. Durch sehr turbulente Strömungsführung kann sich



Im Gegensatz zum Schaum im Fahrzeugtank ist der Schaum im Bierglas gewollt – Entstehung und Struktur der Schäume sind allerdings sehr ähnlich.

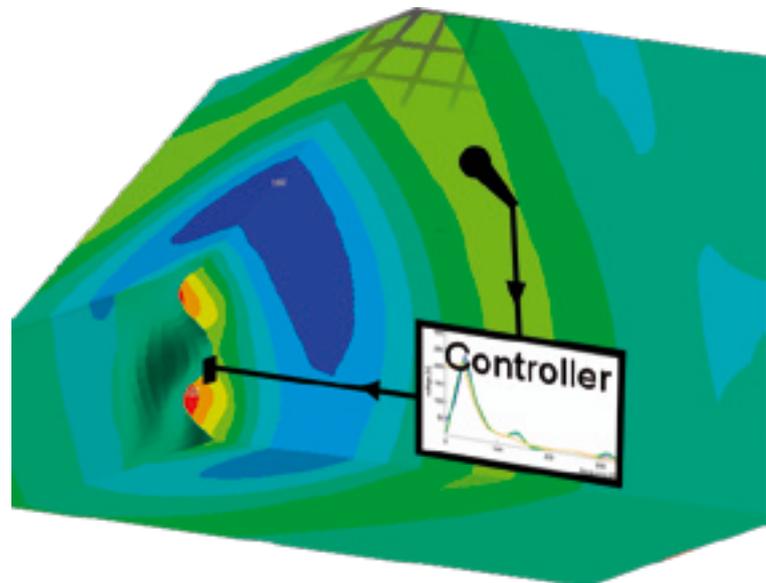
zusätzlich Schaum bilden. Der Schaum ist ungewollt, aber beim Betanken eine schlichte Tatsache, die es zu untersuchen und zu minimieren gilt. Die oben beschriebenen Abschalter rühren beispielsweise daher, dass verbleibender Schaum im Füllrohr nach oben steigt und beim Zusammentreffen mit der Zapfpistole den Stopp-Mechanismus auslöst.

FPM kann hier helfen, die komplexen Strömungs- und Schaumprozesse zu untersuchen, zu verstehen und aus diesen Erkenntnissen die Tankgeometrie zu optimieren. Für FPM wird ein spezielles Schaummodell entwickelt, das in der Lage ist, die sich rapide ändernden Materialeigenschaften von der Emulsion bis hin zur Schaumkrone abzubilden. Hauptaugenmerk liegt zum Einen auf der Schaumdynamik, also auf dem Modellieren von Blasendiffusion, Blasenkoagulation sowie dem Zerfall und der Entstehung von Schaum. Zum Anderen werden die Strömungsparameter (Viskosität, Dichte etc.) in Abhängigkeit vom Schaumgehalt beschrieben. In Zusammenarbeit mit den Experten bei VW wird das komplette Modell kalibriert und getestet.



InMAR: Modellreduktion für Mehrfeld-FEM

Eine große Klasse technischer Auslegungsprobleme lässt sich folgendermaßen charakterisieren: Zur Modellierung aller relevanten Aspekte und Komponenten des Gesamtsystems müssen unterschiedliche partielle Differentialgleichungen gekoppelt werden, z. B. solche der Strukturmechanik, Akustik, Wärmeleitung oder Elektromagnetik. Die Simulation soll im Rahmen einer Optimierung Änderungen an Geometrie- oder Materialparametern in Leistungsmerkmale (z. B. Schalldämmung) übersetzen. Das System wird durch einen modellbasierten Regler gelenkt.



Derartige Probleme lassen sich nur dann effizient bearbeiten, wenn es gelingt, die großen FE-Modelle mit oft Millionen Freiheitsgraden auf Zustandsraummodelle mit wenigen Hundert Freiheitsgraden zu reduzieren und diese anschließend in Berechnungsumgebungen zu überführen, in denen Optimierung, Reglerdesign oder transiente Simulation geleistet werden, z. B. mit Matlab oder unserem audiovisuellen Darstellungssystem.

Die Größe der Ausgangsmodelle sowie die typischerweise unsymmetrischen Matrizen des gekoppelten Systems stellen besondere Anforderungen an die Modellreduktion, denen weder die in Matlab noch die in gängige FE-Pakete eingebauten Verfahren gerecht werden. Im Rahmen des EU-Vorhabens »Intelligent Materials for Active Noise Reduction«, des DASMODO-Projekts »Asymptotische und Mehrskalungsverfahren in der Akustik« sowie eines Industrieauftrags wurden daher erste Teile einer Toolbox moderner Reduktionsverfahren mit Anbindung an Ansys, Femlab und Matlab erstellt. Mit ihrer Hilfe konnte z. B. die Lärmreduktion in einem Modell-Van abgeschätzt werden, wenn geregelte Piezo-Aktoren die Schall-

Transmission durch die Trennwand zum Motorraum dämpfen. Bei der Echtzeitsimulation des Höreindrucks, der sich einer Person beim Gang durch einen virtuellen Raum bietet, wurde das Antwortverhalten des Raums im Tieftonbereich abgebildet, das von stehenden Wellen dominiert wird. Ferner gelang es, die Rückkopplung einer sich thermisch verformenden und auf Druckschwankungen reagierenden Struktur auf eine Gasströmung kompakt zu modellieren.

Besondere Merkmale unseres Ansatzes sind eine verallgemeinerte Modalreduktion, welche die bei unsymmetrischen Systemen unterschiedliche Links- und Rechtseigenvektoren berücksichtigt, die Bereitstellung von Krylov-Methoden, die für große Probleme mit hoher Modendichte im interessanten Frequenzbereich geeignet sind, die Nachbereitung mit Singulärwertmethoden, die auf kleinere Systeme beschränkt sind, dort aber optimale Approximationseigenschaften aufweisen, sowie eine hierarchische Gebietszerlegung, die eine direkte Matrixinversion des Gesamtmodell erlaubt. Mit der Abteilung **Systemanalyse, Prognose und Regelung** und dem Fraunhofer LBF wird die Toolbox weiterentwickelt.

Schema eines modellbasierten Reglers zur Unterdrückung des Schalls, der durch die Feuerwand eines Experimental-Vans ins Innere geleitet wird, per Piezo-Aktor

Erwärmung biologischen Gewebes durch elektromagnetische Strahlung

Elektromagnetische Strahlung wird in den verschiedensten Bereichen unseres Lebens genutzt: In der Telekommunikation, z. B. beim Mobiltelefonieren, beim Radiohören und Fernsehen, zum Erwärmen von Speisen in der Mikrowelle, bei modernen Radarsystemen und in der Mikroelektronik. Moderne Autos sind vollgestopft mit Mikroprozessoren, die elektromagnetische Strahlung aussenden und von dieser auch beeinflusst werden. Der Einfluss elektromagnetischer Wellen auf die Gesundheit des Menschen wird heute in den Medien sehr breit diskutiert. Aktuelle Beispiele sind die Diskussionen um die von Mobiltelefonen oder auch die von dem vielerorts anzutreffenden WLAN ausgehende Strahlung. Zweifelsfrei ist eine mögliche Gesundheitsgefährdung dieser Strahlung noch nicht geklärt und benötigt noch weiterführende wissenschaftliche Forschung. Auf der anderen Seite wird elektromagnetische Strahlung aber auch zu therapeutischen Zwecken in der Medizin eingesetzt.

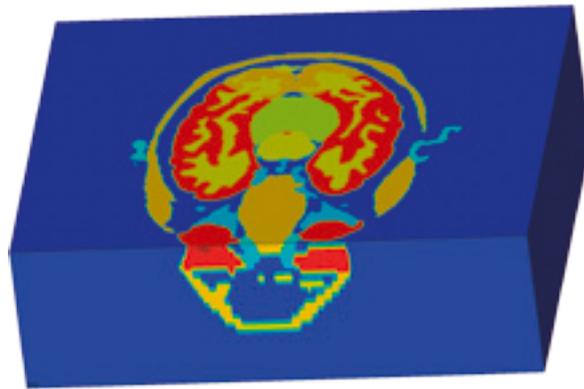
Beispiele hierfür sind die Magneto-Resonanz-Tomographie (MRT) und die lokale Hyperthermie, bei der Tumorgewebe mit Mikrowellen soweit erwärmt wird, dass das krankhafte Gewebe koaguliert und somit abstirbt. Dabei ist darauf zu achten, dass das umliegende gesunde Gewebe weitestgehend verschont bleibt. Gerade dieses Beispiel zeigt, dass sehr viel physikalische Modellierung und umfangreiche numerische Simulationen notwendig sind, um dieses vielversprechende Heilverfahren zu optimieren.

Gemeinsam mit dem Fraunhofer-Chalmers Research Centre in Göteborg wurde am ITWM ein Projekt zur Erwärmung biologischen Gewebes durch elektromagnetische Strahlung gestartet. Ziel dieses Projekts ist die Kopplung

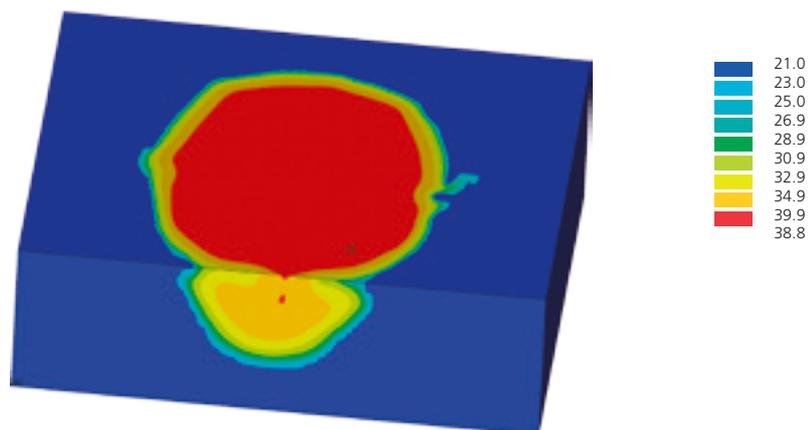
des kommerziellen Softwaretools Efield, das u. a. durch Mitarbeiter des FCC in Göteborg entwickelt wurde und weiter gepflegt wird, mit einem neu zu entwickelnden Tool zur Bestimmung der Temperaturverteilung in biologischem Gewebe.

Elektromagnetische Energie wird als Joulesche Wärme im Gewebe deponiert, die sich durch Wärmeleitung und Konvektion, die vor allem durch das Blut angetrieben wird, ausbreitet. Das

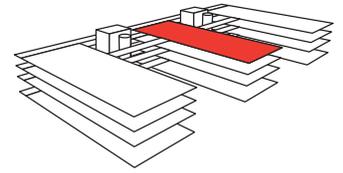
vom ITWM entwickelte Wärmetool ist Voxel-basiert und verwendet eine semiexplizite Zeitdiskretisierung, wodurch eine sehr feine Ortsauflösung mit mehreren Millionen Voxel sehr schnell simuliert werden kann. Exemplarisch wurde mit dieser Software die Temperatureausbreitung in einem menschlichen Kopf nach lokaler Erwärmung bzw. Abkühlung simuliert. Als Geometrie-Input wurde hierfür das Zubal-Modell verwendet. Im nächsten Projektschritt geht es nun um die Kopplung mit Efield.



Segmentierung des Kopfes in Gewebearten: Zubal-Modell (Zubal, I. G.; Harrell, C. R.; Smith, E. O.; Rattner, Z.; Gindi, G.; Hoffer, P. B.; Computerized three-dimensional segmented human anatomy, Medical Physics, 21(2):290-302, 1994)



Berechnete Temperaturverteilung in °C



Dr. Simone Gramsch, Dr. Marco Günther, Dr. Sudarshan Tiwari, Dr. Dietmar Hietel, Dr. Martin Hering-Bertram, Jan Marburger, Dr. Jörg Kuhnert, Vikash Kumar, Dr. Robert Feßler, Thorsten Fütterer, Sabine Repke, Dr. Jan Mohring, Dr. Ferdinand Olawsky, Dr. Norbert Siedow, Dr. Jevgenijs Jegorovs

Strömungs- und Materialsimulation

Die wesentliche Alleinstellung der Abteilung **Strömungs- und Materialsimulation** ist die enge Verknüpfung der Simulation und Optimierung von Produkt- oder Bauteileigenschaften mit lokalen Struktur-Eigenschaftsbeziehungen der zugrunde liegenden Materialien. Zur Materialauslegung von hochporösen Wärmedämmstoffen, akustischen Absorberschichten, geschichteten Filtermedien, faserverstärkten Kunststoffen oder viskoelastischen Schäumen entwickeln wir spezifische Strukturmodelle und analytische wie numerische Upscaling-Techniken. Mit effizienten numerischen Algorithmen für strömungsdynamische, strukturmechanische, thermische, akustische und elektrische Eigenschaftsberechnungen und integralen Softwarelösungen werden somit multifunktionale Produktentwicklungen deutlich beschleunigt.

Mikrostruktursimulation und virtuelles Materialdesign

In der Software GeoDict sind alle wesentlichen heterogenen Materialstrukturen wie beispielsweise Sinterkeramiken, Faservliese, textile Gewebe und Komposite realitätsgetreu generierbar und kombinierbar. Struktureigenschaften von offenporigen Materialien und Verbund- oder Hybridmaterialien lassen sich mit verschiedenen Modulen berechnen. Im Schwerpunkt sind die Arbeiten auf die integrale Entwicklung von Softwaremethoden zur Materialentwicklung fokussiert. Aktuelle Anwendungen sind die Auslegung von Filtermedien, Pressfilzen für Papiermaschinen, Brennstoffzellenmedien und thermische und akustische Isolationsmaterialien.

Hydrodynamik

Dieser Schwerpunkt konzentriert sich auf die Entwicklung numerischer Verfahren und Software zur Strömungssimulation und Upscaling-Methoden zur Integration poröser Materialverbände. Aktuelle Anwendungen sind meist Multiphysikprobleme, wie die

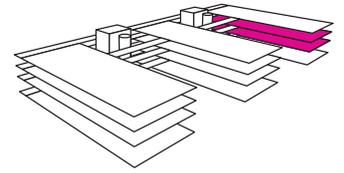
thermische Isolation und strömungsdynamische Auslegung von Hochpräzisionsmesskabinen. Unsere Filterauslegungssoftware SuFiS™ wurde um die dynamische Beladungskonzentration erweitert und parallelisiert. Die Hochwassersimulation mit RisoSim ist mittlerweile sehr flexibel für gekoppelte Oberflächenströmungen, Kanalnetzauslegung, Grundwasserströmungen sowie verschieden große Gebietsauschnitte und Auflösungen anwendbar.

Komplexe Fluide

Strömungen komplexer Flüssigkeiten wie der pneumatische Transport von Granulaten, pulvertechnische Spritzgussverfahren, das Kernschießen, die Produktion faserverstärkter Kunststoffbauteile oder auch Dielektrophorese bei Blutströmungen sind Anwendungen im Schwerpunkt. Es handelt sich dabei immer um dichte Suspensionsströmungen, deren inhärente Skalenkopplung das enge Zusammenspiel von Modellierung und adäquater Numerik erforderlich macht. In unserer Softwareplattform CoRheoS sind verschiedene Bausteine zur Strömungs-, Konzentrations- und Orientierungsdynamik integriert und einfach kombinierbar und erweiterbar.

Strukturoptimierung in Mechanik und Akustik

Dieser Schwerpunkt beschäftigt sich mit der Methoden- und Algorithmenentwicklung für meist nichtlineare thermomechanische und akustische Fragestellungen bis hin zu durchgängigen Softwarelösungen. So wurde mit TopMesh ein robuster, adaptiver, vollautomatischer 3D-Gittergenerierungsalgorithmus für großen Volumendaten entwickelt, der für die verschiedenen Anwendungen, wie der patientenspezifischen Knieprothesensoftware KneeMech (siehe Seite 14), der Demonstrationssoftware zur integralen Funktions- und Fertigungsoptimierung von Gussbauteilen TopLevel oder auch



in dem Auslegungstool für akustische Absorberschichten AdOpt erfolgreich eingesetzt wird.

Das Jahr 2007 war für die Abteilung in allen Belangen überdurchschnittlich positiv. So konnte der wirtschaftliche Ertrag bei hohem Industrieanteil nochmals gesteigert werden und gleichzeitig wesentliche Forschungsarbeiten abgeschlossen werden (u. a. vier Promotionen). Wichtige Forschungsergebnisse zur Skalenkopplung konnten im rhein-

land-pfälzischen Exzellenzcluster DAS-MOD erzielt und publiziert werden. Langfristige Kundenbeziehungen und Forschungsk Kooperationen wurden verstärkt und durch neue wie mit dem Nonwovens Cooperative Research Center in North Carolina ergänzt.

Abteilungsleiter:

Dr. Konrad Steiner

☎ 06 31/3 1600-43 42

konrad.steiner@itwm.fraunhofer.de

Schwerpunkte

- Mikrostruktursimulation und virtuelles Materialdesign
- Hydrodynamik
- Komplexe Fluide
- Strukturoptimierung in Mechanik und Akustik



Henrik Ibsen, »Peer Gynt«, Spielzeit 2002/2003

»Das Bühnenbild zeigt eine Mischung aus Landschaft und Raum; zu sehen ist eine Bretterwand, die eine Gebirgslandschaft darstellt, gestützt auf eine schwarze Wand, Symbol für die Schwere in Peer Gynts Leben. Aufgehoben wird diese Schwere aber durch den Bühnenboden – einen Rost, durch den von unten Licht strömt. Er wird zum porösen Symbol, zum Material, das seine Struktur preisgibt und damit in einem zweiten Schritt neu modelliert werden kann.«

Thomas Dörfler, Ausstattungsleiter des Pfalztheaters

Diffusion in Gasverteilerschichten

In einer PEM-Brennstoffzelle befindet sich zwischen Strömungskanal und Katalysatorschicht eine so genannte Gasverteilerschicht. Diese hat die Aufgabe, einerseits den durch den Strömungskanal zugeführten Sauerstoff zur Katalysatorschicht durchzulassen, andererseits das bei der chemischen Reaktion entstehende Wasser von der Katalysatorschicht in den Kanal zu leiten. Darüber hinaus soll die Schicht auch noch bezüglich Festigkeit und elektrischer Leitfähigkeit optimiert werden.

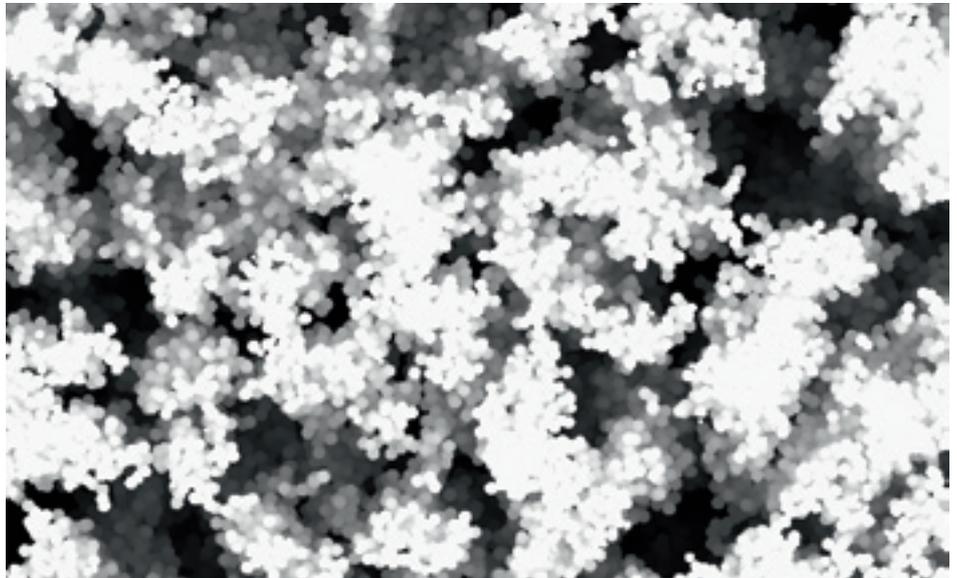
Viele der heute eingesetzten Gasdiffusionschichten sind noch einmal in zwei unterschiedliche Schichten unterteilt. Auf eine Kohlefaserstruktur wird auf der Seite des Katalysators noch eine so genannte mikroporöse Schicht aus Kohlenstoffpartikeln aufgebracht. Der Einfluss dieser zusätzlichen Schicht auf die Stofftransportmechanismen in der Brennstoffzelle ist aber in der Theorie noch weitgehend unverstanden.

Am ITWM wird daher in Zusammenarbeit mit dem vom BMBF geförderten Forschungsverbund »PEMDesign« daran gearbeitet, den Stofftransport – genauer gesagt Gasdiffusion und Gas-

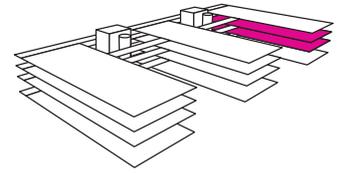
strömung – zu simulieren. Da die Porengrößen der beiden Schichten sich um mehrere Größenordnungen unterscheiden, ist ein zweiskaliges Modell notwendig. Zuerst werden daher ein Modell der mikroporösen Schicht erstellt und die Stofftransporteigenschaften dieser Schicht bestimmt. Eine besondere Schwierigkeit hierbei ist, dass die Poren dieser Schicht so eng sind, dass kontinuumsmechanische Modelle für die Gasdiffusion nicht mehr gelten. Stattdessen muss mit molekulardyna-

mischen Methoden gearbeitet werden (Knudsen-Diffusion). Die damit für die mikroporöse Schicht bestimmten Materialparameter werden dann in einem zweiten Schritt genutzt, um die Stofftransporteigenschaften der gesamten Schicht zu bestimmen.

Die dabei zum Einsatz kommenden Methoden zur Berechnung von Diffusion in Nanoporen sind auch für eine Vielzahl anderer technischer Anwendungsgebiete relevant.



Modell einer mikroporösen Schicht aus agglomerierten Kohlenstoffpartikeln



Auslegung plissierter Filter

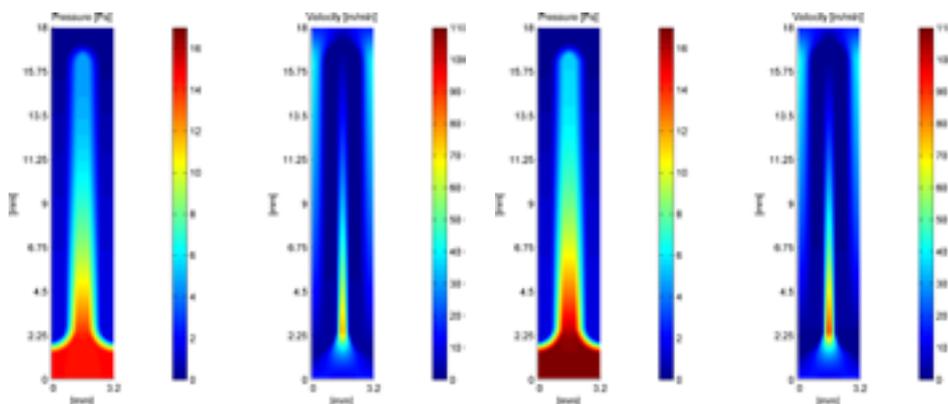
Ein plissierter Filter besteht aus einem in Falten gelegten Filtermedium. Die Faltung geschieht meist aus Platzgründen, d. h. um möglichst viel Filteroberfläche auf engem Raum nutzen zu können. Die Funktion eines plissierten Filters wird durch drei Kenngrößen beschrieben:

- **Druckabfall**
Er beschreibt die Energie, die zum Betrieb des Filters benötigt ist; er sollte möglichst gering sein.
- **Filtereffizienz**
Sie beschreibt für einen gegebenen Partikeldurchmesser die Wahrscheinlichkeit, dass ein Partikel dieser Größe gefiltert wird.
- **Standzeit:**
Sie beschreibt die Lebensdauer des Filters, also den Zeitraum, nach dem der Filter gewechselt oder gereinigt werden muss.

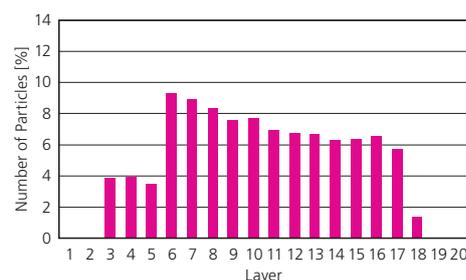
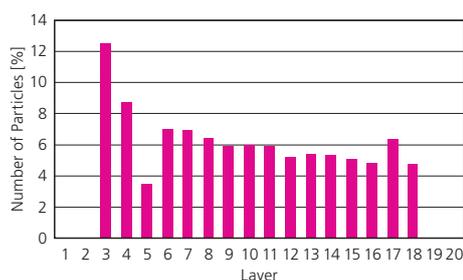
Ziel der Simulationen ist es, den Zusammenhang zwischen der Permeabilität des Filtermediums und der Geometrie der Kanäle im plissierten Filter einerseits und den drei oben genannten Kenngrößen andererseits herzustellen. Dazu wird zunächst ein dreidimensionales geometrisches Modell einer einzelnen Falte erstellt. Für dieses Modell wird ein Rengitter angelegt, in dem dann eine oder mehrere Strömungssimulationen durchgeführt werden, woraus bereits der Druckabfall bestimmt werden kann.

In einem weiteren Schritt werden Schmutzpartikel auf die Strömung aufgegeben, deren Weg durch das Modell dann verfolgt wird. Derzeit wird für jede Partikelgröße bestimmt, welcher Anteil dieser Partikel mit welcher Wahrscheinlichkeit an welchem Punkt des Filtermediums auftritt. Über Variationen der Faltengeometrie und der Filtermediendichten lassen sich schon jetzt Verbesserungspotenziale plissierter Filter erschließen. In Zukunft werden diese

makroskopischen Simulationen durch Integration mit mikroskopischen Simulationen (z. B. mit dem ITWM-Softwaretool FilterDict) auf die Möglichkeit der Vorhersage der zeitabhängigen Filtrationseffizienz und letztlich der Filterstandzeit erweitert. Danach werden die Simulationen auch außerhalb des ITWM als PleatGeo- und PleatDict-Module zur GeoDict Software verfügbar sein.



Druck und Geschwindigkeit entlang eines Schnittes durch eine Falte. Links: Filtermedium mit konstanter Permeabilität. Rechts: Filtermedium mit gleicher, aber im »Knick der Falte unten« niedrigerer Permeabilität. Der Druck fällt nicht nur über das Filtermedium, sondern auch entlang der Falte im Einströmkanal (von unten nach oben) ab. Der Ausströmkanal ist breiter und es entsteht dort kein Druckabfall. Wie erwartet ist der Druckabfall insgesamt rechts höher als links.



Abscheidpositionen von jeweils 20000 Partikeln an den beiden Falten aus dem oberen Bild. Im Bild rechts ist eine deutlich niedrigere Abscheidung in den vorderen Zonen zu erkennen als im Bild links. Die niedrigere Permeabilität im »Knick der Falte« Bild oben rechts bewirkt, dass die Strömung die Partikel weiter in die Falte hinein trägt als im Falle einer gleichmäßigen Permeabilität.

Granulare Strömungen

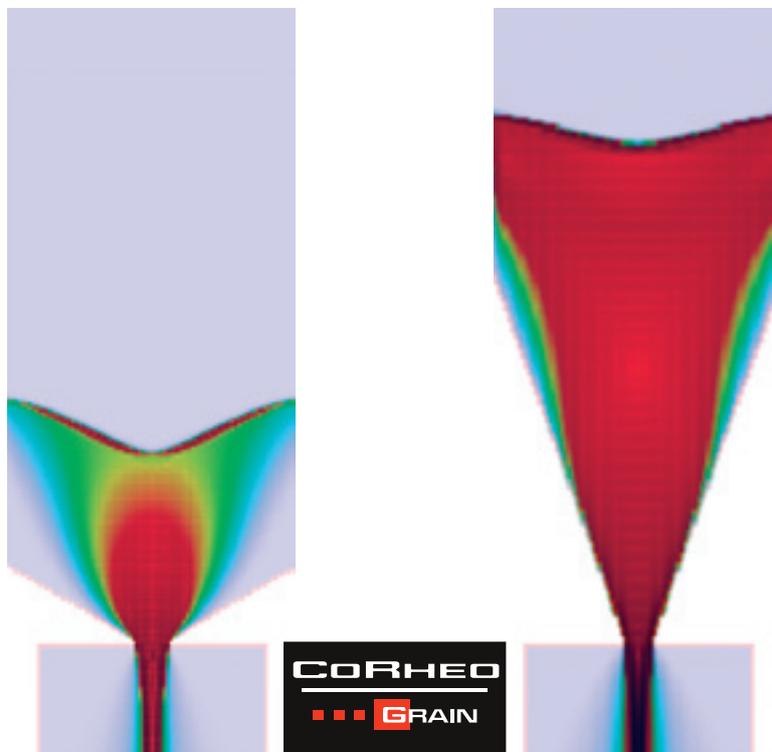
Fließender Sand, Tabletten, die mithilfe von Hochdruckluft durch Rohre transportiert werden, Plastikgranulate, die aus einem Silo strömen, Zucker oder Kaffee, die maschinell in Tüten abgefüllt werden und viele andere granulare Materialien zeigen erstaunliche Ähnlichkeiten in ihrem dynamischen Verhalten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Gesetze der Massen- und Impulserhaltung auf der Ebene der Partikelbewegung makroskopisch zu einer hydrodynamischen Beschreibung führen. Dies heißt jedoch nicht, dass Granulate wie Wasser fließen würden; dies wird nämlich dadurch verhindert, dass die Energie von granularen Partikeln im Gegensatz zur Energie von Molekülen in Wasser nicht erhalten bleibt. Wenn granulare Partikel aneinander oder an Wänden stoßen, wird Energie aus der Translationsbewegung in Rotationen und Wärme umgewandelt, so dass jede Bewegung nach kurzer Zeit zum Erliegen kommt, wenn nicht ständig Energie zugeführt wird.

Besonders komplex wird die Bewegung, wenn die Dichte so groß wird, dass Partikel sehr lange und mehr als zwei Partikel zur gleichen Zeit in Kontakt sind. Jedoch kann auch dieser Effekt mithilfe effektiver Gleichungen, die ihren Ursprung in der Bodenmechanik haben, erfasst werden. Basierend auf den dargestellten physikalischen Mechanismen wurde am ITWM ein Modellierungsansatz entwickelt, der es erlaubt, sowohl sehr schnelle granulare Strömungen bei geringen Dichten als auch langsame hochkonzentrierte Strömungen zu simulieren. Makroskopische Parameter, mit denen in industriellen Anwendungen Schüttgüter charakterisiert werden, wie z. B. der so genannte innere Reibungswinkel, können auf die Parameter des verwendeten Mikromodells abgebildet werden. Dadurch ist es innerhalb des entwickelten hydrodynamischen

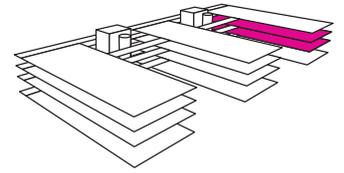
modells möglich, die Bildung eines Sandhaufens mit dem korrekten Schüttwinkel zu simulieren. Auch die Dicke der ruhenden Schicht auf einer schiefen Ebene, die mit Sand bedeckt ist, wird korrekt in Übereinstimmung mit Experimenten abgebildet. Die industrielle Anwendbarkeit des Ansatzes wurde zusammen mit industriellen Partnern in dem vom BMBF geförderten Projekt VIGI zur Simulation des Produktionsprozesses von Sandkernen, die in Gießereien zum Einsatz kommen, getestet. Dazu war es zusätzlich notwendig, die Sandbewegung an kompressible Luftströmungen zu koppeln.

Ein weiteres interessantes industrielles Anwendungsgebiet der Simulation granularer Strömungen ist der Ausfluss von Silos. Es konnte nachgewiesen werden, dass das entwickelte Modell fun-

damentale Eigenschaften des Siloausflusses wie Kern- und Massenfluss je nach Ausflusswinkel in Übereinstimmung mit der Realität reproduziert; d. h. für steile Winkel wird ein Strömen über den gesamten Querschnitt beobachtet (Massenfluss). Bei flachen Winkeln ist die Strömung auf das Zentrum des Silos beschränkt, so dass an den Rändern Totzonen entstehen (Kernfluss). Da der ITWM-Ansatz nicht Partikelbasiert ist und volle dreidimensionale Geometrien auflösen kann, sind die Rechenzeiten sehr viel geringer als in Modellen, welche die Bewegung jedes einzelnen Partikels berechnen. Deshalb ist es z. B. möglich, die Auswirkungen von komplexen Einbauten in Silos auf das Ausflussverhalten zu simulieren und damit die Wiederverwendbarkeit von Silos für verschiedene Schüttgüter zu bestimmen.



Simulation von Kern- und Massenfluss für einfache Silogeometrien: Die Strömung konzentriert sich auf die roten Bereiche; man sieht deutlich, dass bei steilen Austrittswinkeln die Strömung über den gesamten Querschnitt stattfindet, während bei flachen Austrittswinkeln ausgeprägte Totzonen an den Rändern des Silos auftreten.



Integrierte Dimensionierung und Prozessauslegung von Gussteilen

Erfolgreicher Leichtbau kann nur durch die gesamtheitliche Betrachtung von Fertigungstechnik und Konstruktion geschehen. Dies trifft vor allem auf Gussteile zu, da das Gießverfahren die lokalen Materialeigenschaften im Bauteil bestimmt und die lokalen Materialeigenschaften wiederum die Festigkeit des Bauteils wesentlich beeinflussen. Die Herausforderung zur Lösung dieser Problematik besteht in der Kopplung der Berechnungssoftware des Konstrukteurs mit der Simulationssoftware, die in den Gießereien eingesetzt wird. Nach der Lösung dieser technischen Probleme hängt der Erfolg des Einsatzes der Simulationssoftware schließlich von der Vernetzung aller beteiligten Akteure in den Gießereien und Konstruktionsabteilungen ab.

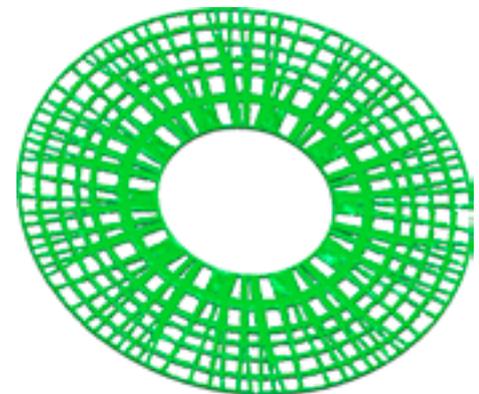
Im Jahr 2007 wurde das vom Land Rheinland-Pfalz und der Europäischen Union geförderte Projekt »MIDPAG – Innovative Methoden zur Integrierten Dimensionierung und Prozessauslegung von Gussteilen« erfolgreich abgeschlossen. In diesem Projekt wurde erstmals eine Kette von Simulationstools verbunden, so dass eine durchgehende Analyse und Optimierung des Gießprozesses, des Gießsystems und der Beanspruchungen im Betrieb des Bauteils möglich ist. Bei der Prozesssimulation und Optimierung des Gießsystems wurden große Fortschritte erzielt durch das Know-how, das der Projektpartner MAGMA Gießereitechnologie GmbH einbrachte. Die im Projekt entwickelten Simulations- und Optimierungstools sind auf einem Demosystem (Multicore-PC) installiert. Dieses Demosystem wird interessierten Kunden zur Verfügung gestellt, um In-House-Tests durchzuführen. Der Einsatz der im Projekt entwickelten Methoden ermöglichte z. B. dem Projektpartner Gießerei Gebrüder Gienanth-Eisenberg GmbH die Einspa-



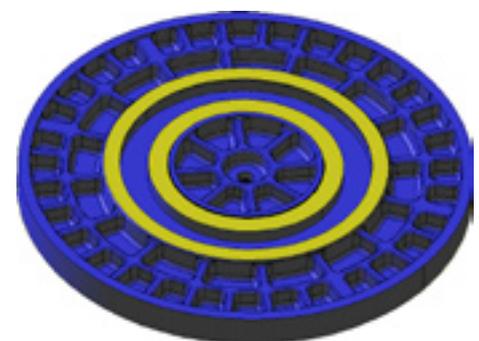
Unterseite eines Riesenseerosenblattes mit kräftigen Rippen und Querstreben; die nur 2 mm dünnen Blätter können dank der genialen Verrippung mühelos bis zu 80 kg tragen.

rung von Material im zweistelligen Prozentbereich für ein Serienprodukt im Fahrzeugbau.

Zur Strukturoptimierung wurden leistungsfähige Algorithmen zur Topologieoptimierung (TopLevel) mit robuster Vernetzung (TopMesh) implementiert. Interessant ist der Vergleich der Lösungen, die mit diesen mathematischen Algorithmen berechnet werden, mit Strukturen aus der Natur, die sich über einen langen Evolutionsprozess entwickelten und ein Optimum repräsentieren: Die Abbildung oben zeigt die ungewöhnliche Blattverrippung der Riesenseerose. Ausgehend von einer einfachen zylindrischen Platte (ohne Verrippung) liefert die Topologieoptimierungssoftware TopLevel eine einfachere, aber ähnliche Verrippung wie bei der Riesenseerose (siehe Abbildung Mitte rechts). Der Konstrukteur setzt das Ergebnis der Strukturoptimierung anschließend in eine technische Konstruktion um (siehe Abbildung unten rechts) und hat damit ein leistungsfähiges Hilfsmittel beim Entwurf von Leichtbaustrukturen.



Optimale Verrippung als Ergebnis des automatischen Topologieoptimierungsverfahrens



Umsetzung in der Technik: Extrem starrer Schalttisch zur hochgenauen Positionierung von Werkstücken (in Zusammenarbeit mit HegerGuss und Fibro)

Optimierung von Wärmedämmstoffen

Wärmedämmmaterialien sind hochporöse Faser- oder Schaumstrukturen, die einerseits eine möglichst niedrige Wärmeleitfähigkeit aufweisen sollen, andererseits aber auch dauerhaft stabil sein müssen. Die optimale Auswahl der Materialstruktur erfordert somit die Ermittlung der verschiedenen Materialeigenschaften und die quantitative Bewertung der widerstreitenden Kriterien. Das Teilgebiet der Mathematik, das sich mit der Bestimmung effektiver Materialeigenschaften befasst, ist die Homogenisierungstheorie. Die effektiven Materialeigenschaften werden dabei von den Lösungen bestimmter »Zell-Probleme« abgeleitet, die auf repräsentativen Elementarvolumen (REV) formuliert werden.

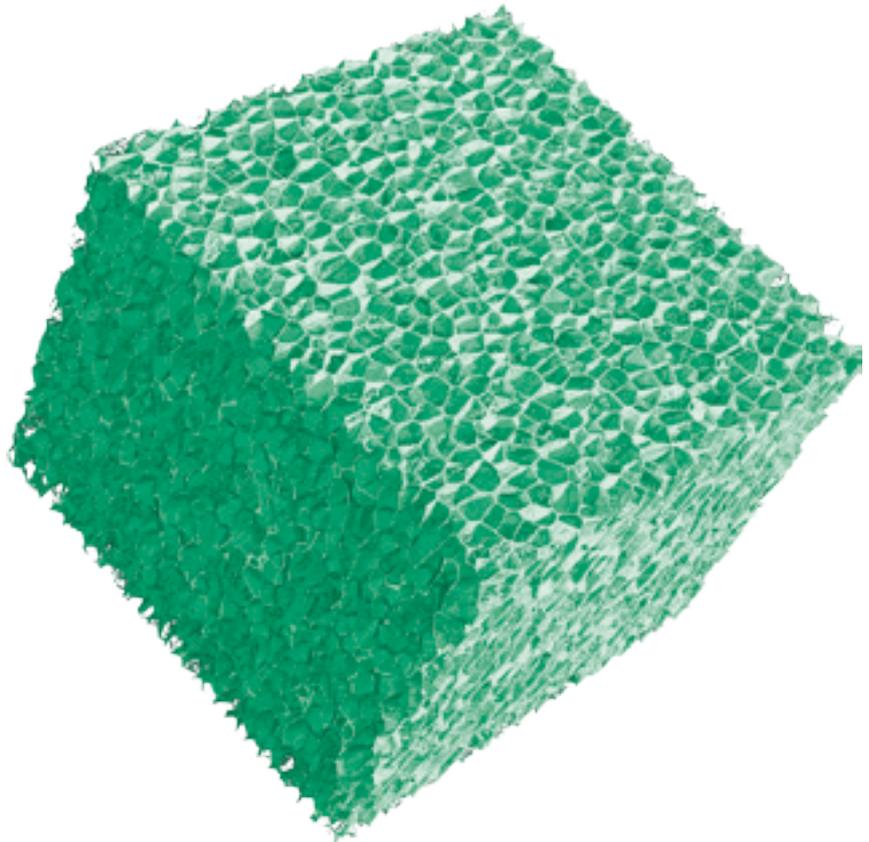
Am ITWM ist es gelungen, einen effizienten Algorithmus zu entwickeln und zu analysieren, mit dem die effektive thermische Leitfähigkeit insbesondere für hochporöse Isolationsmaterialien bestimmt werden kann. Bei diesen Materialien handelt es sich zum Beispiel um Metall- und Kunststoffschäume oder Glas- und Steinwolle, die in modernen Wärmetauschern bzw. zur Isolation verwendet werden. Den betrachteten Materialien ist gemein, dass der Volumenanteil der hoch leitenden Komponenten (Metall, Glas) klein ist, und diese eine komplexe Struktur aufweisen. Der Isolator (Luft) macht den weitestgrößten Volumenanteil aus. Um die oben erwähnten »Zell-Probleme« effizient zu lösen, wird das Verhältnis von geringer (Luft) und hoher (Metall, Glas) Leitfähigkeit als kleiner Parameter betrachtet. Ausgehend von diesem Ansatz war es möglich zu zeigen, dass die effektive thermische Leitfähigkeit mit guter Genauigkeit durch das Lösen der »Zell-Probleme« auf den hoch leitenden Komponenten bestimmt werden kann. Des Weiteren betrachten wir im Falle

von Fasermaterialien (Glas- oder Steinwolle) eine Diskretisierung, deren Unbekannte die Knoten des Graphs sind, der durch die zugrundeliegende Fasergeometrie impliziert wird. Die Knoten sind dabei durch die Schnittpunkte der Fasern gegeben. Für Materialien mit einer hohen Porosität ist die Anzahl solcher Knoten natürlich relativ klein. Mit diesem neuen Ansatz können wir erstmals die effektive Leitfähigkeit sehr großer Fasergeometrien berechnen.

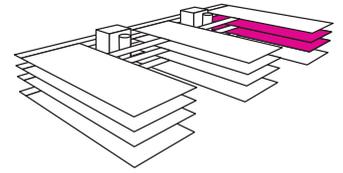
Daneben dürfen hochporöse Wärmeisolationsmaterialien insbesondere aus Kunststoffen auch nach vielen Jahren nicht durch die auftretenden Druckbelastungen zu stark zusammengedrückt werden. Am ITWM wurde eine schnelle, kombinierte Mess- und Simulationsme-

thode entwickelt, um für Zeiträume von bis zu ca. 50 Jahren vorherzusagen, wie sich Isolationsmaterialien unter mechanischer Druckbelastung verformen. Mit diesem Verfahren lassen sich herkömmliche langwierige Messverfahren ersetzen und somit Materialentwicklungszeiten drastisch reduzieren.

Die entwickelten Methoden wurden in verschiedenen Projekten mit unseren Industriepartnern erfolgreich eingesetzt. Für Isolationsmaterialien bietet das ITWM Methoden an, die viele verschiedene physikalische Effekte (u.a. auch Wärmestrahlung und Gasdiffusion in den Poren) berücksichtigen und bewerten. Analoge Auslegungsstudien werden für akustische oder elektrische Isolationsmaterialien durchgeführt.



Mikro-CT-Aufnahme eines Schaums



Sebastian Schmidt, Priv.-Doz. Dr. Heiko Andrä, Dr. John Stockie, Dr. Dirk Kehrwald, Dr. Aivars Zemitis, Silke Menzel, Zahra Lakdawala, Raul Borsche, Shankar Maddu, Dr. Liping Cheng, Kilian Schmidt, Priv.-Doz. Dr. Arnulf Latz, Sabine Muntz, Dr. Konrad Steiner, Dr. Jürgen Becker, Priv.-Doz. Dr. Oleg Iliev, Inga Shklyar, Dr. Stefan Rief, Dr. Andreas Wiegmann

Bildverarbeitung

Die Abteilung **Bildverarbeitung** entwickelt in enger Zusammenarbeit mit Partnern aus Industrie und Forschung maßgeschneiderte Lösungen auf dem Gebiet der Bild- und Signalverarbeitung, insbesondere in den Bereichen Mikrostrukturanalyse, Oberflächeninspektion, Signalanalyse im Eisenbahnbereich und Ultraschall-Imaging. Der mathematische Kern und dessen Umsetzung in effiziente, komplexe Algorithmen und Software ist hierbei Herausstellungsmerkmal gegenüber anderen Anbietern.

Das Gebiet **Mikrostrukturanalyse** gewinnt durch verbesserte technische Möglichkeiten zur dreidimensionalen Bildgebung zunehmend an Bedeutung. Am Fraunhofer ITWM konzentrieren sich die Entwicklungen hierbei auf die Bestimmung geometrischer Charakteristika der Mikrostruktur von Werkstoffen, wobei auch Anwendungen in anderen Bereichen interessant werden. Das am Fraunhofer ITWM entwickelte Softwarepaket MAVI (Modular Algorithms for Volume Images) wird hierfür systematisch um neue Funktionalitäten erweitert.

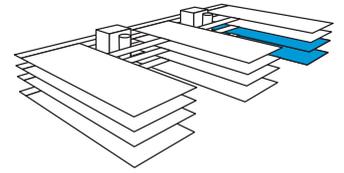
Die Inbetriebnahme eines eigenen Computer-Tomografen ist weitgehend abgeschlossen. Damit werden die Prüf- und Analysemöglichkeiten am Standort Kaiserslautern im Bereich hochauflösender Tomografie (Auflösung bis circa 1 µm) deutlich verbessert.

Der Bereich **Oberflächeninspektion** profitiert von der verstärkten Nachfrage nach hundertprozentiger Qualitätskontrolle. Die Qualität eines Produkts hängt in sehr vielen Fällen direkt mit der Qualität der Produktoberfläche zusammen. Der Kunde erwartet eine einwandfreie Optik – Kratzer auf Autotüren, Flecken auf Papier, Farbfehler in Holzoberflächen sind unerwünscht. Darüber hinaus bestimmen Eigenschaften der Materialoberfläche häufig auch unmittelbar die Funktionalität des Produkts. So werden z. B. Risse in Gussteilen unmittelbar

zum Ausschuss führen und fehlerhafte Gummibeschichtungen bei Dichtungen das Dichtverhalten vermindern. Mit MASC (Modular Algorithms for Surface Control) existiert ein modulares System, das eine Vielzahl an einsatzbereiten Tools und Systemkomponenten umfasst. Somit bietet es eine geeignete Basis für schnelle und flexible Lösungen, um dem breiten Anforderungs- und Materialspektrum gerecht zu werden.

In langjähriger, erfolgreicher Zusammenarbeit mit der Firma GE Transportation Systems wird im Bereich **Signalanalyse** die Software der Fahrwerküberwachungsschwelle (FÜS) entwickelt, die auf über 600 Anlagen in Europa eingesetzt wird. Die Software analysiert Strahlungsprofile, erkennt drohende Überhitzung und signalisiert dies an angeschlossene Meldestellen. Zur Vermeidung von Fehlalarmen ist eine Erkennung und Filterung unerwünschter Störstrahlung, etwa von Bremsklötzen oder durch direkte und indirekte Sonneneinstrahlung, implementiert. In verschiedenen Analyseschritten kommen dabei verstärkt Klassifikationsalgorithmen zum Einsatz, die uns z. B. eine Unterscheidung zwischen Scheiben- und Klotzbremsen mit nahezu hundertprozentiger Genauigkeit ermöglichen. FÜS-Systeme sind darüber hinaus in der Lage, Fahrgestell- und Bremsenbauart aus den Messdaten zu ermitteln, Abstände einzelner Achsen bis auf wenige Millimeter genau zu berechnen und einzelne Fahrzeugtypen, aber auch ganze Verbände, anhand dieser Abstände zu identifizieren.

Das Jahr 2007 war geprägt durch den Beginn vieler neuer Projekte und der Erschließung neuer bildgebender Technologien. Auf dem Gebiet Terahertz-Imaging starteten mehrere Projekte mit dem Freiburger Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik, das auch einen Standort in Kaiserslautern hat. Das Fraunhofer IPM entwickelt hierbei die



bildgebende Terahertz-Technologie, die z. B. als Alternative zur Röntgenstrahlung eingesetzt werden kann. Die Abteilung **Bildverarbeitung** entwickelt Algorithmen und Software zur Auswertung der Terahertz-Bilddaten.

Der neue Bereich **Ultraschall-Imaging** wird eine weitere bildgebende Technologie erschließen und so neue Möglichkeiten in Verbindung mit klassischer optischer Technik eröffnen. Die anspruchs-

vollen mathematischen Fragestellungen bei der Bildgewinnung mittels Ultraschall (einschließlich der Simulation solcher Systeme) passen sich sehr gut in die Kernkompetenzen der Abteilung ein.

Abteilungsleiter:

Dr. Ronald Rösch

☎ 06 31/3 1600-4486

ronald.roesch@itwm.fraunhofer.de

Schwerpunkte

- Mikrostrukturanalyse
- Oberflächeninspektion
- Signalanalyse (Eisenbahn)
- Ultraschall-Imaging



Camille Saint-Saëns, »Samson und Dalila«, Spielzeit 2002/2003

»Im Bühnenbild wurde eine Welt geschaffen, die mit Zeichen spielt; Farben und Oberflächen strukturieren die Umgebung, zeichenhafte Malerei schafft eine besondere Atmosphäre, in der nichts verborgen bleibt, die Struktur bleibt auch in den Bildern transparent. Sowohl Struktur als auch Oberfläche werden klar erkannt.«

Thomas Dörfler, Ausstattungsleiter des Pfalztheaters

Brückenkontrolle

Experten schätzen die Anzahl der Brücken im deutschen Straßennetz auf rund 120 000. Brücken sind besonders wichtige Elemente im Gesamtsystem »Straße« und sie sind besonders empfindlich. Daher gilt: Wenn sie nicht regelmäßig geprüft und instandgesetzt werden, leidet die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer. Im Jahr 2007 hat der ADAC zum ersten Mal 50 Brücken in 13 deutschen Städten unter die Lupe genommen. Jede zehnte bestand den Test nicht, vier mit der Note mangelhaft, eine sogar mit sehr mangelhaft.

Der Verfall einer Brücke beginnt bereits zum Zeitpunkt ihrer Erbauung. Verantwortlich dafür sind Witterungseinflüsse, Schadstoffe in der Luft und Tausalze. Auch die zunehmende Verkehrsbelastung leistet ihren Beitrag. Werden kleinere Schäden nicht rechtzeitig erkannt und behoben, sind unnötig große Instandsetzungskosten die Folge. So können kleine Haarrisse zum Eindringen von Wasser führen, das im Laufe der Zeit die Substanz der Brücke schädigt. Die Folge sind durchfeuchtete Bauteile und großflächige Abplatzungen von Beton. Die durch eindringendes Wasser verursachte Korrosion von Stahleinlagen reicht von anfänglichem Flugrost bis zur kompletten Durchrostung der Bewehrung.

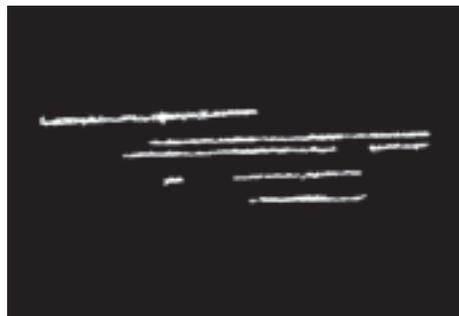
In einer Studie in Zusammenarbeit mit dem Forschungslabor der Firma Infracom Italia mit Sitz im sizilianischen Caltagirone hat das Fraunhofer ITWM sich damit beschäftigt, Schäden an den Betonflächen von Brücken mithilfe von Bildverarbeitungsverfahren automatisch zu detektieren. Wie immer, wenn ein Computer die Arbeit macht, kann man mit einem objektiven und reproduzierbaren Ergebnis rechnen, er hat keine wechselnde Tagesform. Im Gegensatz dazu ist ein Mensch viel besser in der Lage, bestimmte Bewertungsrichtlinien

zu erlernen und zu durchschauen und sich an wechselnde Gegebenheiten anzupassen.

Gerade mit solchen wechselnden Gegebenheiten hat man bei der optischen Prüfung von Brücken häufig zu tun: Kaum eine Brücke gleicht der anderen. Form und Baumaterial unterscheiden sich, die Farbe hängt vom Material und vom Grad der Feuchtigkeit ab, die Oberflächen haben baubedingte Strukturen. Da es sich um Außenaufnahmen handelt, hat man zusätzlich eine hohe Variation in der Beleuchtung. Zwei Auf-

nahmen desselben Objekts sehen völlig unterschiedlich aus, wenn man sie einmal bei prallem Sonnenlicht und einmal bei Regenwetter macht. Schatten und Gegenlicht spielen ebenfalls eine entscheidende Rolle.

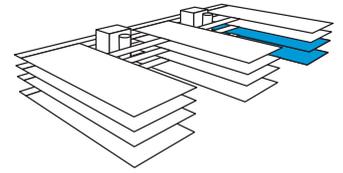
Die ersten Ergebnisse zeigen, dass eine automatische Untersuchung der Betonflächen grundsätzlich machbar zu sein scheint. Es ist allerdings noch viel Arbeit zu leisten, um alle Eventualitäten, mit denen ein Mensch ganz intuitiv umzugehen weiß, auch vom Computer richtig bewerten zu lassen.



Gerostete, frei liegende Stahlverstärkung und das Analyseergebnis der Aufnahme (rechts)



Riss in einer Betonbrücke, Analyse der Aufnahme (rechts)



Tomograf

Seit Anfang 2008 verfügt das Fraunhofer ITWM über ein System zur 3D-Mikrotomografie auf Basis von Röntgenstrahlung, das zur zerstörungsfreien Untersuchung verschiedenster Materialien geeignet ist. Proben mit einem Durchmesser bis 100 mm und einer Höhe bis 150 mm können mit diesem System bei einer Auflösung von 1-70 μm aufgenommen werden.

Zur Charakterisierung unterschiedlicher Materialien wie Schäume, Fasermaterialien, Verbundwerkstoffe, Keramik und Beton bietet das Fraunhofer ITWM Serviceanalysen an. Die Proben werden mit dem hausinternen CT-Gerät aufgenommen und anschließend mit MAVI, einer ITWM-Software, ausgewertet. Als Ergebnis stehen tomografische Aufnahmen, Visualisierungen und ein Bericht zur Verfügung.

Eine Computertomografie-Aufnahme (CT-Scan) entsteht, indem ein Objekt aus mehreren Richtungen mit Röntgenstrahlung durchleuchtet und ihr jeweiliger Intensitätsverlust gemessen wird. Der Grundaufbau bei einer Radiografie mittels Röntgenstrahlung beinhaltet eine Strahlenquelle, ein Objekt, das durchleuchtet und abgebildet werden soll, sowie eine Reihe von Detektoren, die das Ausmaß der Schwächung der Strahlung durch das Objekt messen. Die Messung der Intensität der Röntgenstrahlung auf allen Detektoren und für eine gegebene Position sowohl des Objektes als auch des Scanners wird Radiogramm genannt.

Ziel in der Computertomografie ist es, mehrere Radiogramme eines Objektes für diverse Orientierungen der Strahlungsquelle zu erhalten. Dadurch wird es möglich – im Gegensatz zur traditionellen Radiografie, die ja nur in eine Durchstrahlungsrichtung abbildet – zusätzlich Informationen in mehreren



Richtungen über das Objekt zu gewinnen. Danach durchlaufen die so erhaltenen Daten einen speziellen Algorithmus, mit dessen Hilfe eine Rekonstruktion der Verteilung der Röntgenstrahlungsabschwächung in den jeweiligen Radiogrammen möglich ist. Der nächste Schritt besteht darin, zweidimensionale Bilder zu erstellen. Diese werden Schnittbilder genannt, weil sie genau das zeigen, was sich in der jeweiligen Scan-Ebene befindet, wenn man das Objekt schneidet.

Die auftretenden Grauwerte in einem solchen CT-Schnittbild korrespondieren mit der jeweiligen Strahlungsabschwächung, die den Anteil an zerstreuter oder absorbierter Strahlung widerspiegelt. Die Abschwächung von Röntgenstrahlung ist im Wesentlichen eine Funktion, abhängig von Strahlungsenergie sowie Dichte und Ordnungszahl des abzubildenden Materials. Das Ergebnis ist eine geschichtete, zusammenhängende Serie von CT-Bildern, die das gewünschte Volumen/Objekt vollständig beschreibt.



Der Computertomograf am ITWM: Gesamtansicht und Blick ins Innere; im Vordergrund ist die Röntgenröhre zu sehen, im Hintergrund der Detektor

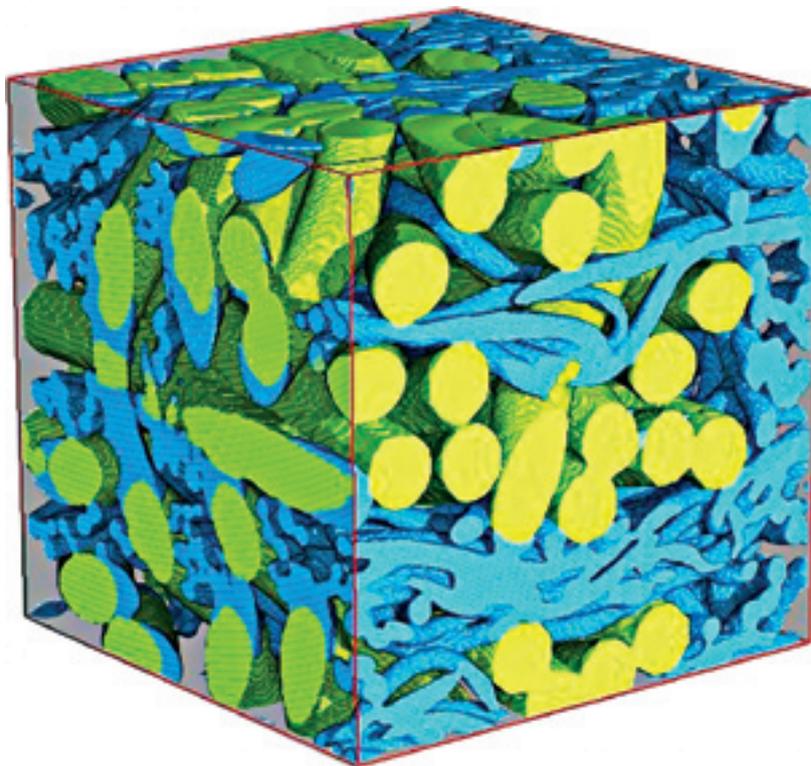
MAVI: Richtungsanalyse

Die Mikrostruktur wichtiger Klassen moderner Werkstoffe wird von der räumlichen Verteilung und Ausrichtung von Fasern, Stegen, Grenzflächen oder Poren geprägt. Festigkeit oder Lebensdauer von Faserverbundwerkstoffen oder die Effizienz von Filtermaterialien hängen von der Richtungsverteilung der Fasern oder Stege ab. Die Richtung der Risse in Aluminiumschäumen zu Beginn des Aufschäumens gibt Aufschlüsse über den Aufschäumungsprozess. Richtungsanalyse ist daher ein wichtiger Schritt für Prüfung, Auswahl und Optimierung solcher Werkstoffe.

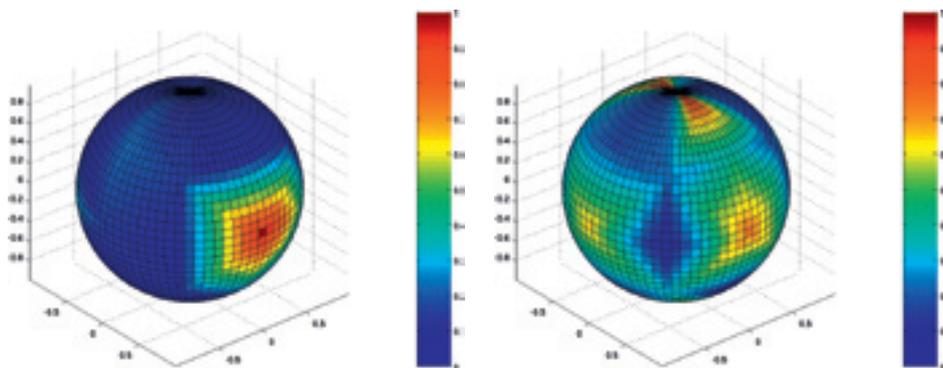
Die räumliche Abbildung der Mikrostruktur mit Mikrocomputertomografie oder konfokaler Laserscanningmikroskopie oder Elektronenmikroskopie kombiniert mit fokussiertem Ionenstrahl resultiert in dreidimensionalen Bilddaten, die die benötigte Richtungsinformation enthalten.

Eine Möglichkeit, die Richtung von Fasern (oder Stegen) zu beschreiben, ist die Verteilung der (zufälligen) Faserrichtung im »typischen« Faserpunkt. Diese Verteilung kann mithilfe integralgeometrischer Methoden effizient aus den Bilddaten geschätzt werden. Das Ergebnis ist **eine** Richtungsverteilung, zu der **alle** Faserpixel beitragen. Bedingt durch den Algorithmus ist diese Verteilung zunächst diskret, konzentriert auf den 13 durch das Gitter vorgegebenen Raumrichtungen (drei Koordinatenrichtungen, sechs Flächendiagonalen der Gittereinheitszelle und vier Raumdiagonalen). Eine stetige Verteilung auf dem gesamten Richtungsraum ergibt sich durch Interpolation auf der oberen Halbsphäre.

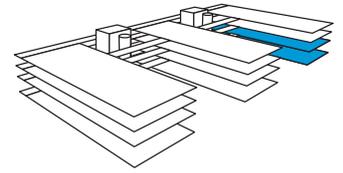
Nachteil dieser »globalen« Richtungsverteilung ist jedoch neben der Beschränkung auf 13 Richtungen, dass sie keine Rückschlüsse über die lokale Faseranordnung zulässt.



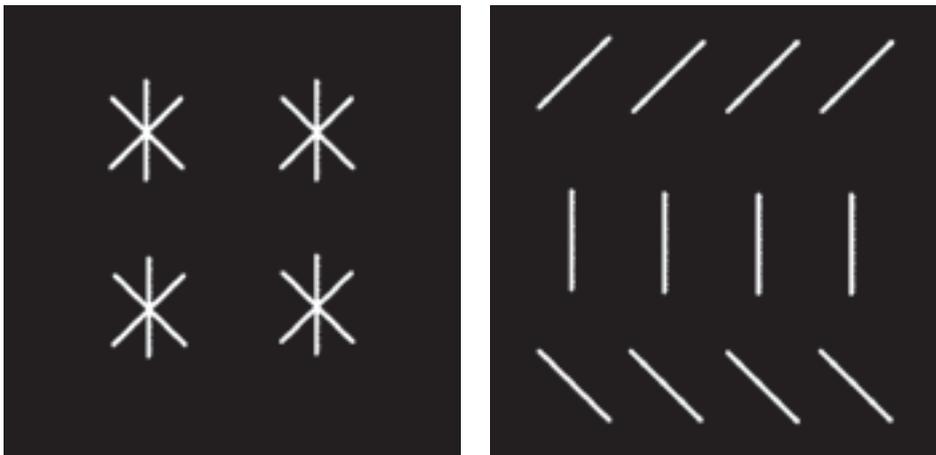
Faserfilz (Aufnahme: ESRF, Phasenkontrastmethode), dicke (gelb) und dünne (blau) Fasern morphologisch getrennt



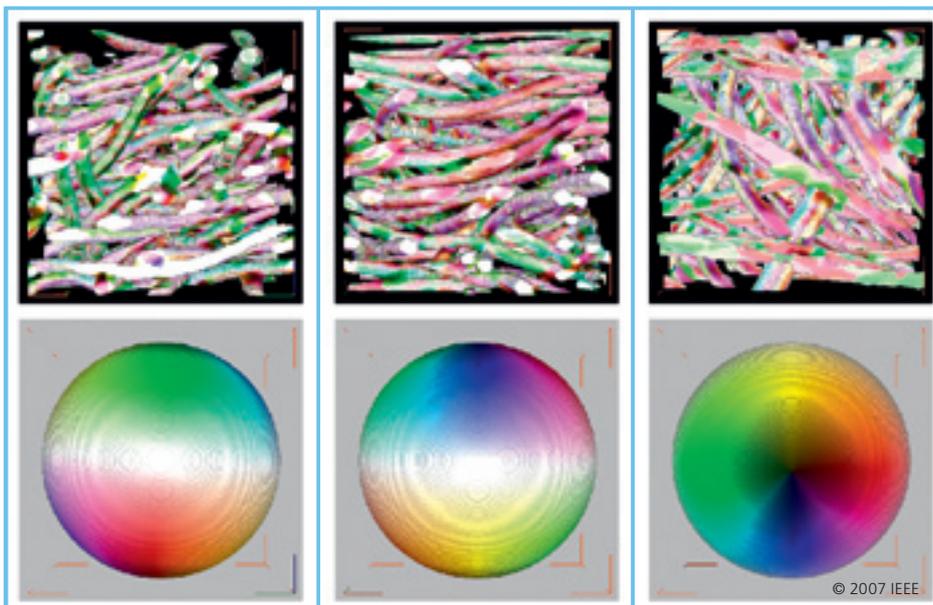
Richtungsverteilung der dicken Fasern (links) und der dünnen Fasern (rechts); die dicken Fasern sind deutlich in x-Richtung ausgerichtet, während die dünnen drei Vorzugsrichtungen haben – die drei Koordinatenrichtungen.



2D-Beispiel für Strukturen mit lokal stark verschiedener Faserorientierung, aber global gleicher Verteilung der Faserrichtung



Lokale Faserrichtungen in einem glasfaserverstärkten Kunststoff (Probe: IVW Kaiserslautern, mikrotomographische Abbildung: ANKA Karlsruhe); die Richtungsvektoren und die Stärke ihrer Ausprägung sind farbkodiert. Der Farbton steht dabei für den Längengrad, die Helligkeit für den Breitengrad und die Sättigung für die Stärke der Vorzugsrichtung.



left view

front view

top view

Die mechanischen Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen (kohlenstoff- oder glasfaserverstärkte Kunststoffe) hängen jedoch stark von der lokalen Fasernanordnung ab. Für die Charakterisierung und den Vergleich mit Simulationsrechnungen wird daher eine lokale Beschreibung der Faserrichtung benötigt.

Die lokaladaptive Filterung mit anisotropen Gauss-Filtern liefert für jedes Pixel die lokal vorherrschende Richtung so-

wie ein Maß dafür, wie stark diese Richtung ausgeprägt ist. Voraussetzung für die Anwendung auf dreidimensionale Bilddaten realistischer Größe ist die effiziente Berechnung der anisotropen Gauss-Filtermasken – ein Problem, das in Veröffentlichungen der Abteilung gelöst wurde. Im Dreidimensionalen ist jedoch auch die Darstellung der so erhaltenen lokalen Richtungsinformation schwierig. In einer weiteren Arbeit der Abteilung wurden Farbe und

Sättigung genutzt, um sowohl die lokale Richtung als auch die Stärke ihrer Ausprägung zu visualisieren.

Aus dem Orientierungsvektor können Orientierungs- und Strukturtenor abgeleitet werden. Zum Vergleich mit Simulationsergebnissen wird die lokale Richtungsinformation über Teilvolumina gemittelt.

THESEUS

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Großprojektes »Theseus« arbeitet die Fraunhofer-Gesellschaft zusammen mit anderen Forschungseinrichtungen und Technologieunternehmen am Web 3.0, dem so genannten Semantic Web. Ziel ist es, ein beinahe kognitives Verständnis für das vollständige im Internet verfügbare Wissen zu entwickeln. Das Fraunhofer ITWM ist in das Anwendungsszenario »Ordo« eingebunden, das sich mit der automatischen Analyse und standardisierten Katalogisierung der Daten im Netz beschäftigt.

»Ordo« hat das strategische Ziel, Softwarelösungen und Dienste zu entwickeln, die Ordnung in das Chaos des heutigen digitalen Datenaufkommens bringen. Im Zentrum steht dabei der sogenannte »Digital Desktop«, der sowohl dem professionellen Anwender als auch dem Privatanwender einen personalisierten und strukturierten Zugriff auf digitale Informationen ermög-

licht. Digitale Informationen wie z. B. Textdokumente, Bilder und Videos sind dabei nicht nur lokal auf einem PC vorhanden, sondern umfassen auch Daten aus dem Internet sowie unternehmensspezifische Daten aus einem Intranet.

Dazu müssen digitale Informationen automatisch klassifiziert und in personalisierte Ansichten für den jeweiligen Anwender gefasst werden. Der Anwender wird somit vom aufwändigen manuellen Sammeln und Strukturieren der digitalen Information befreit.

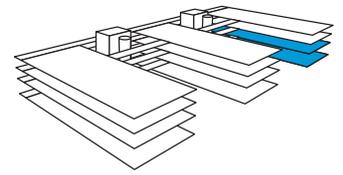
Als ein zentrales Arbeitsergebnis dieses Anwendungsszenarios wird der Pilot CAPRI mit Fokus auf Forschung und Entwicklungsabteilungen innerhalb der Chemie- und Pharma-Branche entwickelt. Im Anwendungsgebiet der dort eingesetzten professionellen Anwender werden Lösungen für die Probleme mit wachsenden Daten- und Informationsbeständen erarbeitet.

Die in CAPRI gewonnenen Erkenntnisse werden in einem nächsten Schritt in die Pilotanwendung MEMEX transferiert

und auf die Bedürfnisse von Privatanwendern weiterentwickelt. Ziel ist es, damit die digitale Ordnung auf dem heimischen PC zu schaffen.

Die Aufgabe der Abteilung **Bildverarbeitung** in »Ordo« ist es, als Basistechnologie für das beschriebene Szenario, ausgewählte Klassifikations- und Clusterverfahren in großen heterogenen Dokumentbeständen zu entwickeln, zu testen und zu validieren. Dazu werden im Zusammenspiel mit vorhandenen Taxonomien hierarchische und partielle Klassifikationsverfahren entworfen und deren Einsatz für den Daten-Hochvolumenbereich optimiert. Technisch betrachtet müssen bereits vorpartitionierte Datencluster in Echtzeit klassifiziert und hierarchisch eingeordnet werden. Dies hat zur Folge, dass in der Abteilung auch eine skalierbare und parallele Architektur für diese Klassifikationsverfahren entwickelt werden muss.





Dr. Katja Schladitz, Priv.-Doz. Dr. habil. Martin Spies, Oliver Wirjadi, Dr. Ali Moghiseh, Martin Braun, Hans Rieder, Dr. Ronald Rösch, Andreas Dinges, Dr. Claudia Lautensack, Prof. Dr. Martin Böhm, Franz Schreiber, Mark Maasland, Thomas Redenbach, Markus Rauhut, Björn Wagner, Hellen Altendorf, Falco Hirschenberger, Kai Taeubner, Kristina Kohrt, Michael Godehardt, Stefanie Peters, Rebekka Malten

Systemanalyse, Prognose und Regelung

Die Abteilung beschäftigt sich zentral mit der daten- und wissensbasierten Modellierung komplexer technischer und biologischer Systeme und Prozesse. Je nach spezifischer Fragestellung an das System- bzw. Prozessverhalten erlauben die resultierenden Modelle entweder die Simulation und Klassifikation, die Ableitung neuen Wissens oder die Prognose der zukünftigen Entwicklung. Überdies sind die identifizierten Modelle aber auch Ausgangspunkt und Kernbestandteil für die Entwicklung effizienter Steuerungs- und Regelungsansätze. Um das Spektrum der entsprechenden Kompetenzen auch besser nach außen abzubilden, hat sich die Abteilung von »Adaptive Systeme« in »Systemanalyse, Prognose und Regelung« umbenannt. Die positive wirtschaftliche Entwicklung setzte sich fort, sodass die Abteilung personell verstärkt werden konnte. Die Themenschwerpunkte sind:

Dynamische heterogene Netzwerke

Der Schwerpunkt beschäftigt sich mit der Modellierung und Analyse komplexer vernetzter Systeme auf Basis von gemischt symbolisch/numerischer Algorithmen für differentiell-algebraische Gleichungssysteme (DAE-Systeme). Fehlerkontrollierte symbolische Modellreduktionsverfahren bilden hierbei den Schlüssel für ein tieferes Systemverständnis und eine effiziente Simulation. Diese Verfahren finden vielfältige Anwendung von der Entwicklung des EDA-Werkzeugs Analog Insydes bis hin zur Simulation und Analyse komplexer technischer Messgeräte.

Monitoring und Regelung

In diesem Bereich steht der modellbasierte Regler- bzw. Beobachterentwurf im Zentrum der Aktivitäten. Die zugrundeliegenden Modelle können hierbei aus physikalischen Prinzipien abgeleitet oder durch geeignete messdatenbasierte Identifikationsverfahren bestimmt werden. Methodisch spielen robuste Kontrollstrategien, lernende ite-

rativen Regelungsansätze, Model Predictive Control und neuronale Regler eine wichtige Rolle. Aktuelle Anwendungen liegen in der Adaptronik und dem Conditional Monitoring großer technischer Systeme.

Entscheidungsunterstützung in Medizin und Technik

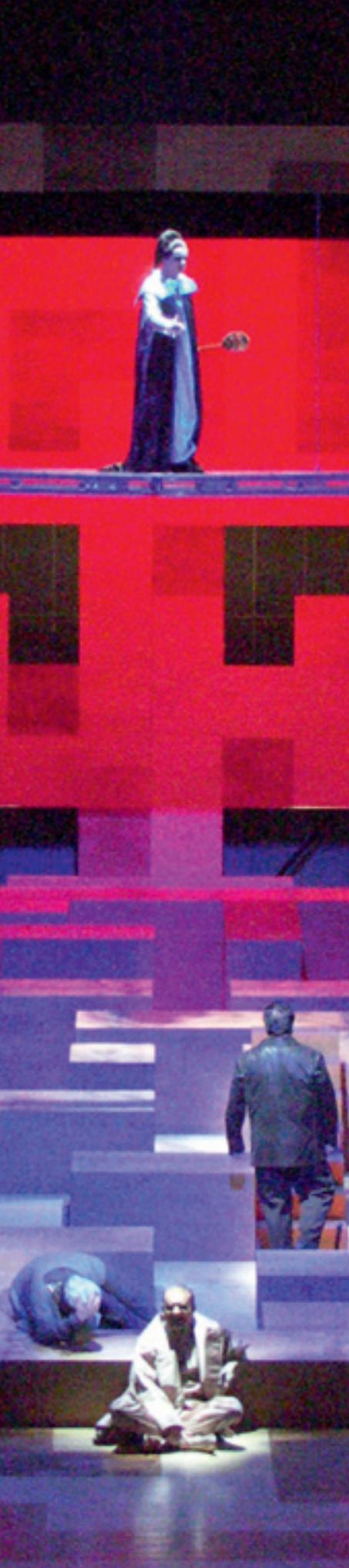
Mission dieses Schwerpunktes ist die Hilfestellung bei komplexen Diagnose- und Entscheidungsfindungsprozessen. Ausgehend von gemessenen Biosignalen oder Prozessdaten werden hierzu durch Methoden der multivariaten Statistik, der Zeitreihenanalyse und des Data Mining aussagekräftige Features bestimmt, auf Basis derer sich Klassifikationsregeln ableiten lassen. Für die interaktive Entscheidungsfindung bei mehrkriteriellen Szenarien wird das Werkzeug KnowCube entwickelt.

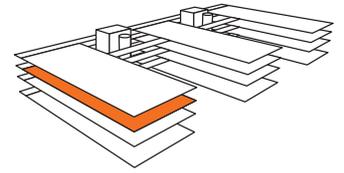
Prognose von Produkt- und Materialeigenschaften

Hier werden mittels Methoden der Systemidentifikation Modelle zur Vorhersage, Klassifikation und Simulation bestimmt. Sind die Modelle rein datenbasiert, spricht man von Blackbox-, im Falle der Integration von Domänenwissen von Greybox-Modellen. Mittels geeigneter Sensitivitätsanalysen lässt sich aus den identifizierten Modellen ein erweitertes Systemverständnis generieren. Neben experimentellen Versuchsdaten werden zunehmend auch Simulationsdatenbanken für die Modellerstellung verwendet. Anwendung fanden diese Verfahren im Berichtszeitraum vor allem in der Abbildung nichtlinear dynamischen Verhaltens von Automobilbauteilen.

Multiskalen-Strukturmechanik

Dieser Schwerpunkt befasst sich mit der Entwicklung und Umsetzung numerischer Algorithmen für festkörpermechanische Probleme bei Materialien, die sowohl eine komplizierte multiskalige Struktur als auch komplizierte zeit-





abhängige Stoffgesetze aufweisen. Methodisch stehen asymptotische Homogenisierungstechniken im Zentrum, untersucht werden Festigkeit und Lebensdauer unter Ermüdung, Kontaktprobleme bei mikrorauen Oberflächen, Kriechen, schlagartige Belastungen und Verschleiß. Anwendungsbeispiele sind die Auslegung von Implantaten und die Beschreibung mechanischer Eigenschaften textiler Gewebestrukturen.

Abteilungsleiter:

Dr. Patrick Lang

☎ 06 31/3 16 00-46 39

patrick.lang@itwm.fraunhofer.de

Schwerpunkte

- Dynamische heterogene Netzwerke
- Monitoring und Regelung
- Entscheidungsunterstützung in Medizin und Technik
- Prognose von Material- und Produkteigenschaften
- Multiskalen-Strukturmechanik



Giacomo Puccini, »Turandot«, Spielzeit 2004/2005

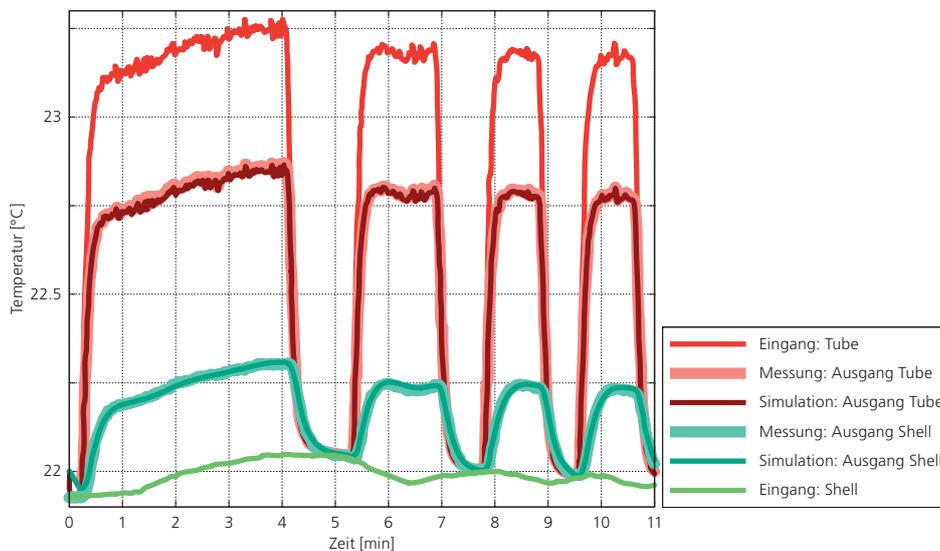
»Holz dominiert das Bühnenbild, nur die Mondscheibe besteht aus Metall und Glas und wird dem hölzernen Labyrinth gegenübergestellt. Dieses versinnbildlicht die Rätsel, mit denen Prinzessin Turandot die Männer, die um sie werben, auf Distanz hält; nur einer schafft es schlussendlich, ihre kryptischen Rätsel zu lösen und findet damit den Weg durchs Labyrinth.«

Thomas Dörfler, Ausstattungsleiter des Pfalztheaters

Systemsimulation eines Fluid-Konditionierungssystems

Das A und O bei vielen optischen Anwendungen heißt Auflösung und diese lässt sich z. B. dadurch verbessern, dass Wasser anstelle von Luft als optisches Medium zwischen Objekt und Objektiv verwendet wird. So haben entsprechende Immersionsoptische Belichtungssysteme in der Halbleiterindustrie in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen. Diese Technik stellt hohe Anforderungen an die Temperaturstabilität des Wassers: Nur wenige Millikelvin darf sich die Temperatur des Wassers verändern und darüber hinaus muss diese für einen weiten Bereich möglicher und dazu variabler Betriebszustände garantiert werden.

Zusammen mit der Firma M+W Zander Products GmbH entwickelte das ITWM eine Systemsimulation eines entsprechenden Fluid-Konditionierungssystems, das die Dimensionierung der Systemkomponenten sowie die Auslegung der zugehörigen Reglerstrukturen – bereits in der Prototypphase – ermöglicht. Das Modell wurde in Matlab/Simulink implementiert und besteht aus einer Reihe unterschiedlicher Komponenten wie z. B. Gegenstrom-Wärmetauschern, Heizern, Fluss- und Druckreglern. Zusammen mit geeigneten Reglerstrukturen erlaubt das Modell die Simulation des Temperatur- und Reglerverhaltens in Abhängigkeit der zeitabhängigen Flussraten und der Eingangstemperaturen in den verschiedenen thermisch gekoppelten Wasserkreisläufen. Die Temperaturmodellierung der Komponentenmodelle basiert dabei auf einer eindimensionalen Finite-Differenzen-Diskretisierung der ortsabhängigen Energiebilanzgleichungen, die zudem die Berücksichtigung von transienten Effekten, wie sie z. B. aus der Aufheizung von Gehäuseteilen folgen, erlaubt.

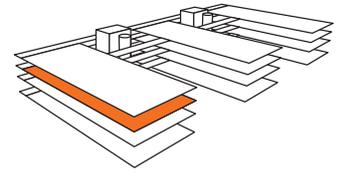


Validierung der Simulationsergebnisse für das Modell des Gegenstrom-Wärmetauschers



Ein weiterer Aspekt ist, dass der Wasserdruck beim Durchfließen von Systemkomponenten aufgrund von Reibungsverlusten abfällt und die entsprechende Verlustleistung der inneren Energie des durchströmenden Mediums zugeführt wird. Bei Flüssigkeiten spielt die damit einhergehende Temperaturänderung für gewöhnlich eine untergeordnete Rolle und wird meist vernachlässigt. Bei den hier vorliegenden Anforderungen an die Temperaturstabilität muss der Effekt jedoch berücksichtigt werden. Darum wurde für das

System auch ein hydraulisches Modell erstellt, das die Simulation der Fluss-Druck-Zusammenhänge ermöglicht. Durch Kopplung des hydraulischen und thermischen Modells ist ein umfangreiches Simulationswerkzeug entstanden, das eine systematische Analyse des Systemverhaltens erlaubt und somit Einblicke liefert, welche mit messtechnischen Verfahren – wenn überhaupt – nur mit sehr großem Aufwand erhalten werden können. Das Modell lieferte so bereits in der Prototypphase wertvolle Hinweise für den Systementwurf.

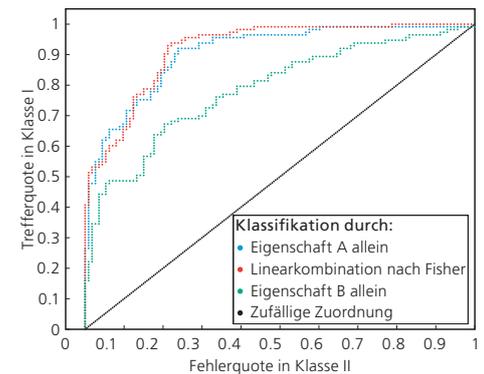
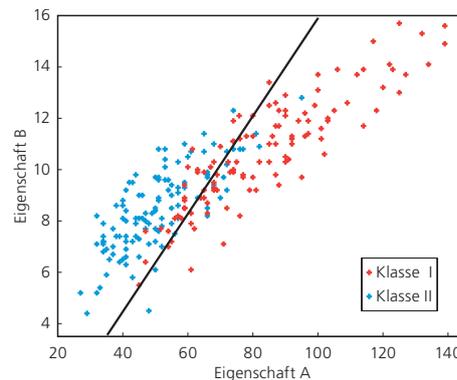


Automatische Klassifikation und die Receiver Operating Characteristic

Von Oktober 2005 bis Dezember 2007 war die Abteilung an dem Teilprojekt »Multi-dimensional Statistical Classification« (MeStE) des vom Land Rheinland-Pfalz finanzierten Exzellenzclusters »Dependable Adaptive Systems and Mathematical Modeling« (DASMOD) beteiligt. Zusammen mit den Abteilungen Finanzmathematik und Bildverarbeitung wurden statistische Klassifikationsverfahren im Hinblick auf ihre Robustheit und Stabilität sowie auf Visualisierungseigenschaften und die Quantifizierbarkeit der Relevanz von Datenmerkmalen untersucht und verglichen. Besonderes Augenmerk galt auch der Gütebewertung von Klassifikatoren.

Im Bereich der automatischen Klassifikation geht es im einfachsten Fall darum, Objekte aufgrund der Werte bestimmter numerischer Eigenschaften in eine von zwei möglichen Klassen einzuordnen. Die hierfür verwendete Klassifikationsregel wird aus einer Menge von Objekten bekannter Klassifikation (»Lernstichprobe«) mit statistischen bzw. Methoden des maschinellen Lernens geschätzt. Die Güte einer so ermittelten Regel wird meistens durch ihre Trefferquote auf einer weiteren Menge von Objekten bekannter Klasse (»Teststichprobe«) angegeben. Diese Art der Gütebewertung hat theoretische und praktische Nachteile, weswegen u. a. seit etwa 1990 in zunehmendem Maß die in Medizin und Psychologie seit langem benutzte Receiver Operating Characteristic (ROC) als Gütemaß für automatische Klassifikationsverfahren untersucht wird.

Die automatische Klassifikation eines Objekts geschieht häufig mittels des Wertes einer Art gewichteten Mittels der vorliegenden numerischen Objekteigenschaften. Die Klassenzuordnung erfolgt dann abhängig vom Über-



Receiver Operating Characteristic eines linearen Klassifikators

schreiten einer vorgegebenen Schranke. Anstatt durch Trefferquoten kann man ein solches Verfahren auch nach seinem Verhalten bei Änderungen des Wertes dieser Schranke bewerten. Ein gutes Klassifikationsverfahren zeichnet sich dann durch das Vorliegen eines Bereichs der Schrankenwerte aus, in dem einerseits akzeptable Trefferquoten auf der Teststichprobe vorliegen, die sich aber andererseits bei moderater Schrankenvariation nur geringfügig ändern. Mathematisch kann dieses Verhalten durch die so genannte ROC-Kurve erfasst werden, in der die klasseweisen Trefferquoten abhängig von der jeweiligen Schranke dargestellt werden.

Das Projekt MeStE erwies sich für den Kompetenzaufbau im Bereich Data Mining als ausgesprochen nützlich: Es wurden systematische Experimente mit ROC-basierter linearer Diskriminanzanalyse sowie den daraus durch Anwendung des so genannten »Kerntricks« gewonnenen nichtlinearen Verfahren durchgeführt. In der Literatur vorgeschlagene Verfahren zur ROC-Optimierung wurden verglichen. Dabei lag der Fokus auf den für ITWM-typische Anwendungen relevanten Eigenschaften dieser Methoden.

Microarraybasierende Transkriptom-analyse zur Beantwortung zellbiologischer Fragestellungen

In allen Organismen wird während zellulärer Differenzierungsvorgänge bzw. zwischen physiologischen Zuständen die Bildung spezifischer Proteine induziert. Die basale Regulation der allermeisten dieser Vorgänge verläuft über Genexpression. Die dabei generierte mRNA wird in Proteine übersetzt. Für wissenschaftliche Untersuchungen dieser Vorgänge benötigt man ein möglichst umfassendes Bild über die transkriptionelle Aktivität aller beteiligten Gene.

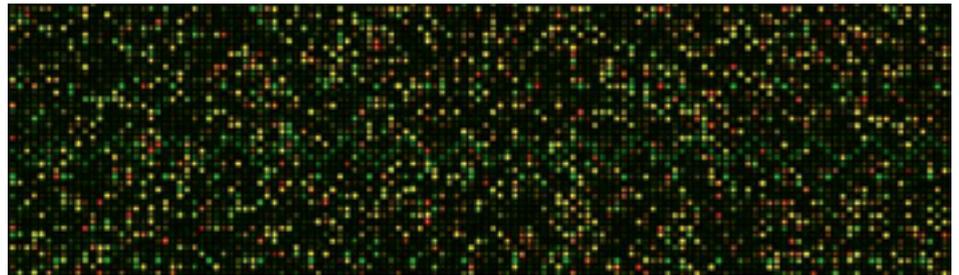
Microarrays (MAs) ermöglichen Momentaufnahmen des kompletten Transkriptoms, also der augenblicklich in der Zelle vorhandenen mRNA. Zeitlich hintereinander ausgeführte MAs führen zu Zeitverlaufsdaten und somit einem Überblick über intra- und interzelluläre Prozesse. Diese Analyse ermöglicht schließlich eine gezielte Beeinflussung einzelner Komponenten des physiologischen Netzwerks.

Im rheinland-pfälzischen Forschungsprogramm »Wissen schafft Zukunft« sollen mit MAs offene Fragen aus den Bereichen der Pflanzen- und Tierphysiologie, der Umwelttoxikologie und der Wirkstoffforschung beantwortet werden. Das ITWM beteiligt sich hierbei im Bereich der Versuchsplanung und Datenanalyse. Aufgrund hoher Kosten der einzelnen MAs mussten effektive Wege gefunden werden, um aus möglichst wenigen Experimenten signifikante Ergebnisse ableiten zu können. Neben den aus der Literatur bekannten Verfahren zur Bestimmung der Stichprobengröße für Einzelexperimente wurde für Zeitverlaufsexperimente ein Zwei-Stufen-Design entwickelt:

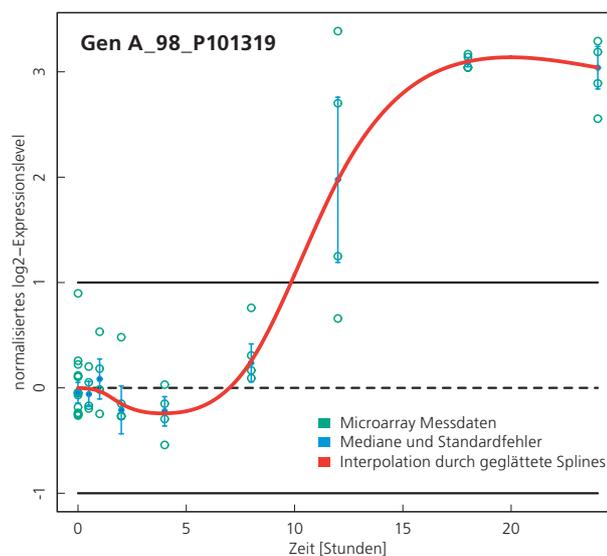
In der ersten Stufe wird ein Common Reference Design gewählt, bei dem

morphologisch signifikante Zeitpunkte der behandelten Spezies gegen eine unbehandelte Kontrolle getestet werden. In Stufe Zwei werden mittels nicht-parametrischer statistischer Tests die signifikanten Expressionsänderungen der einzelnen Gene bestimmt und so in die Zeitintervalle mit den höchsten Änderungsraten weitere Stützstellen eingezogen. Hierbei wird ein balanciertes Design genutzt, das im Vergleich zum Common Reference Design eine geringere Anzahl von Einzelexperimenten erwarten lässt. Für die Nachverarbeitung der Messdaten sind verschiedene Module entwickelt worden, um auf die Fragestellungen der Projektpartner fle-

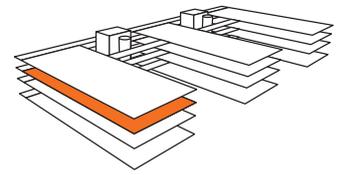
xibel reagieren zu können. Hierbei wurde ein Schwerpunkt auf die Detektion auftretender Varianz- und Fehlerquellen der Messtechnik und die Reduzierung ihrer Einflüsse auf die Ergebnisse gelegt. Dazu wurden zum Teil bekannte Verfahren wie die Lowess-Transformation, die Median-Normalisierung und Bootstrap-Methoden genutzt, aber auch Erweiterungen mittels Betrachtung zeitlicher Verläufe entwickelt und implementiert. Zeitverlaufsdaten wurden mittels geglätteter Splines interpoliert und durch lineare Systeme und rekurrente neuronale Netze approximiert, um die dynamischen Wechselwirkungen zwischen den Genen zu modellieren.



Der Microarray besteht aus Tausenden von Messpunkten, die eine parallele Auswertung der Expressionslevels aller Gene des zu untersuchenden Gewebes ermöglichen.



Approximation des zeitlichen Expressionsverhaltens eines Gens durch einen geglätteten Spline



InMAR – Intelligent Materials for Active Noise Reduction

Im EU-Projekt InMAR – Intelligent Materials for Active Noise Reduction – arbeiteten verschiedene Gruppen am ITWM gemeinsam mit 41 namhaften Einrichtungen aus 13 europäischen Ländern an der Weiterentwicklung neuer, intelligenter Materialsysteme sowie deren Anwendung zur Lärmreduktion in den Feldern Gebäudetechnik, Automobil und Schienenverkehr.

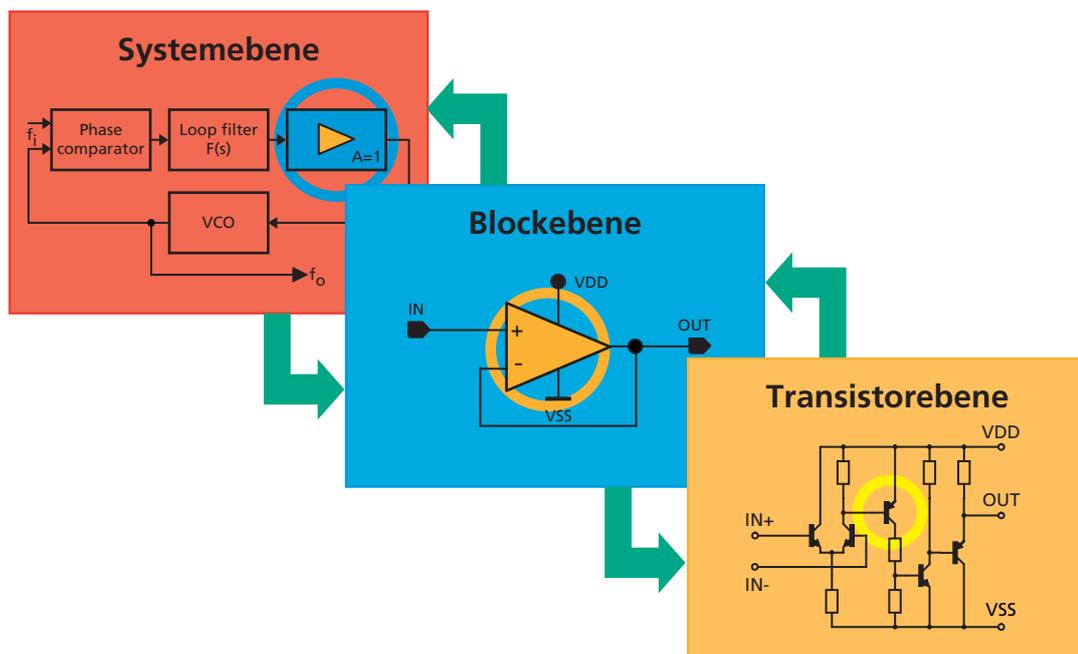
Durch die Kopplung einer konventionellen schwingenden Struktur mit aktiven Werkstoffsystemen, die die Struktur durch sensorische und aktuatorische Funktionalität erweitern, können durch Regelung der Energiezufuhr der Aktoren diese Systeme definiert und kontrolliert an die Betriebsumgebung optimiert angepasst werden. Das zu regelnde Gesamtsystem zur aktiven Lärmreduktion umfasst Strukturschwingungen, Luftschall, elektromechanische Wandler sowie Versorgungs- und Regelungselektronik. Die natürlichen mathematischen Modelle dieser Komponenten gehören

unterschiedlichen Klassen an. Strukturmechanik, Akustik und Elektromagnetismus werden durch partielle Differentialgleichungen, elektronische Bauteile und Regler hingegen durch Systeme differential-algebraischer Gleichungen beschrieben. Die unterschiedlichen Modellierungsansätze spiegeln sich in den jeweils etablierten Simulationswerkzeugen wider: FE- und BE-Pakete wie ANSYS oder SYSNOISE einerseits und System- und Netzwerksimulatoren wie Matlab/Simulink oder SPICE andererseits.

Für eine Gesamtsystems simulation ist die Kopplung aller Modelle notwendig. Die Systemkomponenten werden zunächst mit den bewährten Software-Tools modelliert und anschließend in reduzierte Zustandsraummodelle portiert. Diese werden dann unter Matlab/Simulink für die Gesamtsystems simulation und den Reglerentwurf miteinander verknüpft. Dieses Konzept wurde für spezifische Fragestellungen aus den Bereichen Elektronik sowie Regelung durch die verschiedenen Arbeitsgruppen der Abteilung umgesetzt.

Im Bereich Dynamische Heterogene Netzwerke wurden elektronische Komponenten in verschiedenen Komplexitätsstufen als Matlab/Simulink-Bibliotheksmodule abgebildet. Basierend auf diesen parametrisierten Modulen wurden dann unterschiedliche Regler und Schaltungsbeschreibungen im Rahmen des Gesamtsystems abgebildet und mittels Vergleich der Systemperformance die beste Konfiguration ermittelt.

Im Zentrum des Bereiches Monitoring und Regelung stand die Entwicklung und Implementierung mathematischer Verfahren zum robusten Reglerdesign zur aktiven Lärm- und Schwingungsreduktion. Insbesondere wurden Methoden der H_∞ -Theorie und μ -Synthese angepasst und weiterentwickelt, mit denen auch arbeitspunktabhängige Nichtlinearitäten wie Hysterese und Sättigung eines piezoelektrischen Aktors bei der Regelung von Systemen, z. B. zur Minimierung der abgestrahlten Schallleistung einer Struktur, berücksichtigt werden können.



Hierarchische Modellierung eines Regelkreises mit integrierten Analog-Komponenten

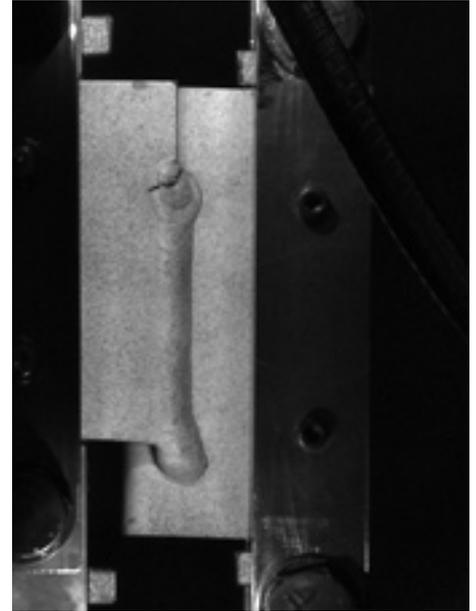
Beschreibung des Versagensverhaltens von Schweißnähten mit Neuronalen Netzen

Die Absicherung von Strukturen gegen Überlasten ist für die Automobilindustrie ein wichtiger Teilaspekt in der Entwicklung neuer Fahrzeuge oder Fahrzeugteile. Insbesondere Schweißverbindungen sind dabei sehr schwierig virtuell zu beschreiben. Um schon in möglichst frühen virtuellen Entwicklungsstadien Aussagen über mögliches Versagen von Schweißnähten zu erhalten, werden Modelle gesucht, die z. B. die Rissentstehung unter verschiedenen Belastungsszenarien vorhersagen können. Um akzeptable Rechenzeiten zu gewährleisten, müssen die gewählten Modelle relativ einfach gehalten werden.

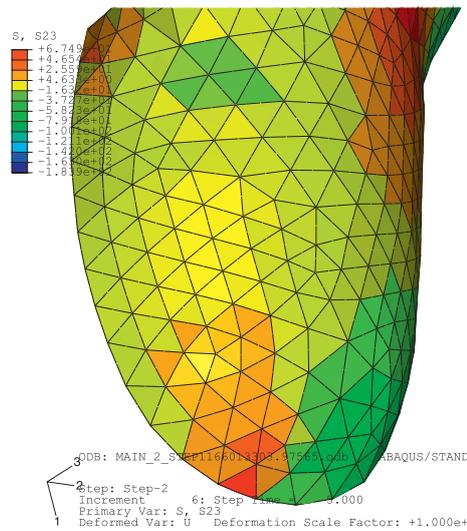
Zusammen mit dem Industriepartner BMW wurde daher zunächst untersucht, inwieweit sich Modelle für die Vorhersage der Rissentstehung basierend auf Finiten-Elemente-Methoden (FEM) verbessern lassen. Diese Vorhersagemodelle bestehen aus Klassifikatoren, die sämtliche Elemente der modellierten Schweißnaht danach beurteilen, ob sie kritisch oder unkritisch für eine mögliche Rissentstehung sind. Die Beurteilung geschieht anhand von Merkmalen wie etwa Spannungen und Dehnungen, die im Material auftreten. Die üblicherweise betrachteten Merkmale wie Mises-Spannung oder maximale Hauptspannung wurden dabei ergänzt durch Berechnung zusätzlicher Kriterien wie z. B. Nachbarschaftsbeziehungen zwischen den einzelnen Finiten Elementen. Anhand dieser Kriterien wurde dann ein Vergleich von linearen und nichtlinearen Verfahren zur Klassifizierung der Elemente durchgeführt. Hauptbestandteil des nichtlinearen Verfahrens war eine Variante eines künstlichen Neuronalen Netzes, die speziell für Klassifikationsaufgaben geeignet ist. Die für das Training und Testen

des Neuronalen Netzes nötigen Messdaten wurden von BMW in einer Versuchsreihe erhoben, in denen eine reale Schweißnaht unterschiedlichen Belastungsszenarien ausgesetzt wurde. Die durch die Simulationen vorhergesagten kritischen Punkte zeigten eine gute Übereinstimmung mit den real beobachteten Punkten einer Rissentstehung.

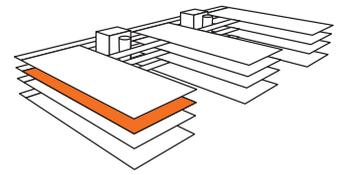
In einem zweiten Projektschritt wurde versucht, die erhaltenen Ergebnisse auf stark vereinfachte Modelle zu übertragen; hier zeigten sich erwartungsgemäß etwas schlechtere Prognose-Eigenschaften. Weitere Verbesserungen der Prognose-Fähigkeiten sind Gegenstand künftiger Untersuchungen.



Rissbildung im Belastungsexperiment



Berechnung von kritischen Elementen im Modell



Dr. Alex Sarishvili, Hans Trinkaus, Dr. Julia Orlik, Christian Salzig, Dr. Jochen Broz, Dr. Hagen Knaf, Silke Spang, Oliver Schmidt, Dr. Andreas Wirsén, Anna Shumilina, Dr. Alexander Dreyer, Dr. Patrick Lang, Jan Hauth

Optimierung

Zentrale Aufgabe der Abteilung **Optimierung** ist die Entwicklung von individuellen Lösungen für Planungs- und Entscheidungsprobleme in Logistik, Ingenieur- und Lebenswissenschaften in enger Kooperation mit Partnern aus Forschung und Industrie. Methodisch ist die Arbeit durch die enge Verzahnung von Simulation, Optimierung und Entscheidungsunterstützung geprägt. Unter Simulation wird die Bildung mathematischer Modelle unter Einbeziehung von Schranken, Design-Parametern und zu optimierenden Qualitäts- und Kostenmaßen verstanden. Die Entwicklung und Implementierung von anwendungs- und kundenspezifischen Optimierungsmethoden zur Berechnung bestmöglicher Lösungen für das Design von Prozessen und Produkten sind Kernkompetenzen der Abteilung. Alleinstellungsmerkmal ist die enge Verzahnung von Simulations- und Optimierungsalgorithmen durch optimierungsgetriebene Diskretisierungsmuster unter spezieller Berücksichtigung mehrkriterieller Ansätze sowie die Entwicklung und Implementierung interaktiver Entscheidungsunterstützungswerkzeuge. Die Forschungsschwerpunkte der Abteilung sind:

Optimierung von Unternehmensstrukturen und -prozessen

Das Portfolio umfasst Beratung und Unterstützung bei der Modellierung logistischer Konzepte sowie die Entwicklung individueller Softwarekomponenten. Mit Optimierungsmethoden in eigenen Softwaretools werden Lösungsvorschläge zur Entscheidungsunterstützung erstellt, die den besten Kompromiss zwischen den konkurrierenden Planungszielen »Minimierung der Kosten« versus »Maximierung der Servicequalität« bieten. Methodisch basiert auf ereignisdiskreter Simulation und kombinatorischer Optimierung beschäftigt sich dieser Schwerpunkt mit effizienten Strategien für das Supply Chain Management, mit Layout und Load Balancing für Produktions- und Materialfluss-Systeme, mit

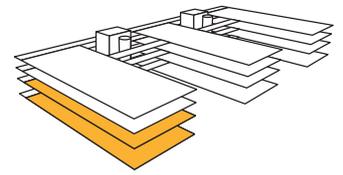
Modellen und Algorithmen zur Planung und Disposition von Prozessabläufen im Krankenhaus wie Patiententransport und OP-Scheduling und mit der mathematischen Modellierung von strategischen und operativen Planungsaufgaben im öffentlichen Personenverkehr.

Optimierung in der medizinischen Therapieplanung

Die Abwägung zwischen der Aussicht auf Heilung von schwerer Krankheit und der Vermeidung von Nebenwirkungen bei der Therapieplanung stellen Mediziner im Alltag vor schwere Planungsaufgaben. Der Forschungsschwerpunkt Interaktive Therapieplanung entwickelt für die klinische Radiotherapieplanung neue Methoden auf Basis mehrkriterieller Optimierung. Die Forschungsgruppe entwickelt im Forschungsverbund mit Massachusetts General Hospital, Boston (USA), Deutschem Krebsforschungszentrum (Heidelberg) und dem kommerziellen Partner Siemens Oncology Care Systems, Concord (USA) ein neuartiges Optimierungs- und Evaluierungstool für die Radiotherapieplanung, welches medizinischen Physikern und behandelnden Ärzten in einer besonders einfachen Weise die Abwägung zwischen Chancen und Risiken der Radiotherapie gestattet.

Optimierung im Virtual Engineering

Der Einsatz mathematischer Optimierungsmethoden in den Ingenieursdisziplinen setzt auf einer Modellierung von physikalischen Zusammenhängen und technischen Prozessen und ihrer Abbildung in Computerprogrammen auf (Virtual Engineering). Optimierung unterstützt Ingenieure dabei, Produkte und Prozesse so auszulegen, dass sie Zielvorstellungen bezüglich Qualität und Kosten bestmöglich erfüllen. Derzeit wird an Projekten aus den Bereichen Elektronikentwurf, Edelsteinschliff, Auslegung chemischer Prozesse, Layout von Adsorptionskältemaschinen und Spritz- und Druckgussformenkühlung gearbeitet.



tet. In den Projekten entstehen jeweils Softwarekomponenten zur simulationsgestützten Optimierung, welche die hochdimensionalen Aufgabenstellungen unter Nutzung speziell entwickelter Integrationstechniken von Simulations- und Optimierungsalgorithmen lösen. Mehrkriteriell optimierte Produkt- bzw. Prozesslayouts werden den Entscheidern in interaktiven Entscheidungsunterstützungswerkzeugen zur Begutachtung und Auswahl vorgestellt.

Auch das Jahr 2007 war von wirtschaftlichem Wachstum und wissenschaftlichem Erfolg geprägt; neben einem abgeschlossenen Promotionsverfahren gab es folgende Höhepunkte:

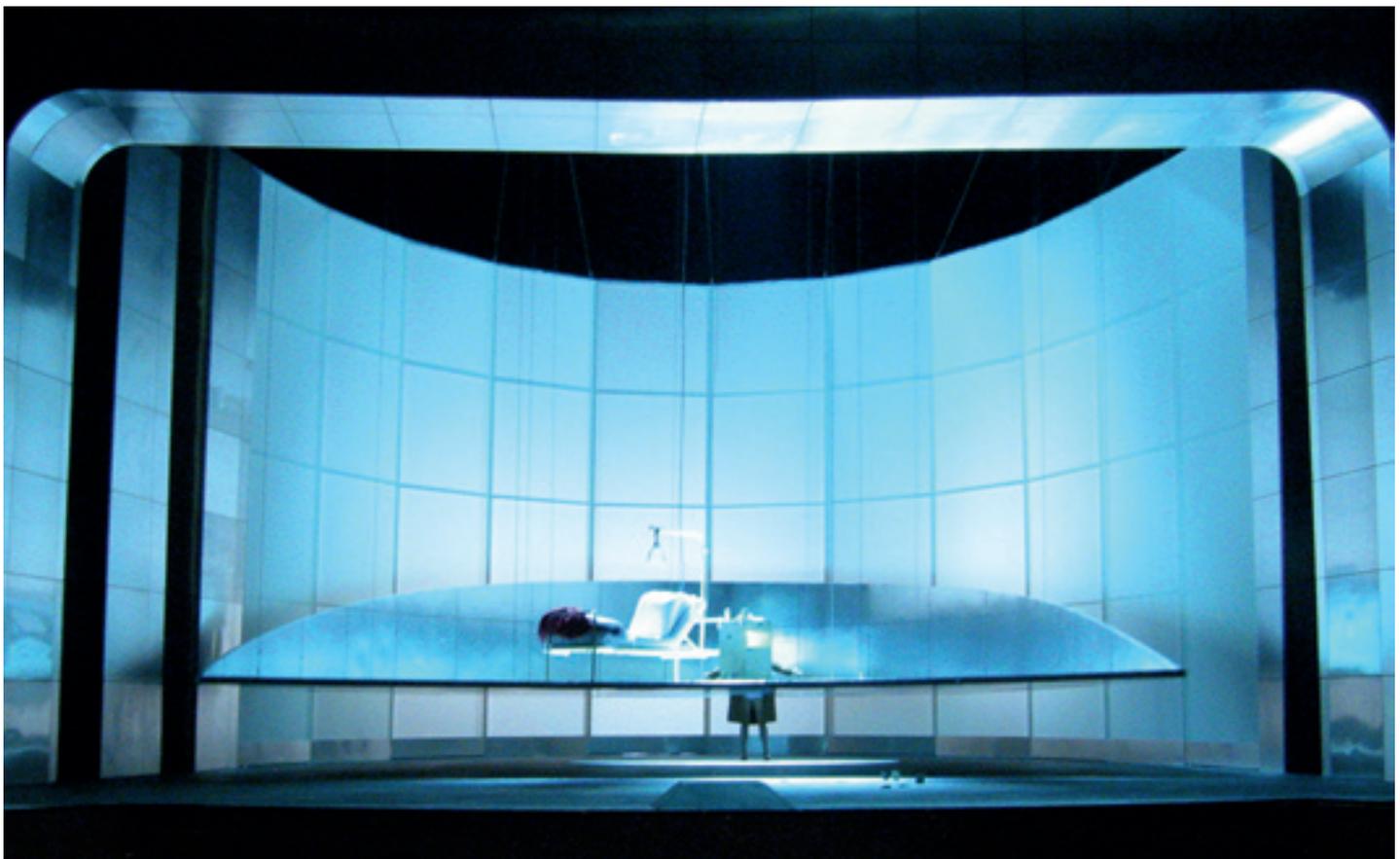
- die Arbeit am Constraint Solver »ConSolve« der SIEDA GmbH
- die Teilnahme an der RailTec mit dem Prototypen SynPlan zur Fahrplanabstimmung in Verkehrsverbänden
- die Gewinnung der ABB AG, Dättwil (Schweiz), und der BASF AG als Neukunden
- die Mitarbeit an den Fraunhofer WISA »INEOS« zur Erarbeitung eines automatisierten Entwurfs elektronischer Baugruppen und »THOKA« zur Simulation und Optimierung von Adsorptionskältemaschinen
- die Workshops der Arbeitsgruppe »Interaktive Therapieplanung« mit den Kooperationspartnern Massachusetts General Hospital und DKFZ

Abteilungsleiter:

Priv.-Doz. Dr. Karl-Heinz Küfer
☎ 0631/3 1600-4491
karlheinz.kuefer@itwm.fraunhofer.de

Schwerpunkte

- Optimierung von Unternehmensstrukturen und -prozessen
- Optimierung in der medizinischen Therapieplanung
- Optimierung im Virtual Engineering



Guiseppe Verdi, »La Traviata«, Spielzeit 2004/2005

»Im Bühnenbild bricht eine Welt in eine andere ein, lichtleitende Folie dient als Projektionsfläche und schafft der Hoffnung auf ein besseres Leben Raum. Das Bett fungiert nicht nur als Symbol für Krankheit, sondern auch für eine verbesserungswürdige Situation; allerdings bleibt unklar, ob die Hoffnung erfüllt wird.«

Thomas Dörfler, Ausstattungsleiter des Pfalztheaters

WISA THOKA: Thermisch angetriebene Hochleistungskälteverfahren

Im Fraunhofer-internen Forschungsprojekt »Thermisch angetriebene Hochleistungskälte« (THOKA) haben sich die Institute ISE, IFAM, IVV und ITWM zusammengeschlossen zu einer WISA (Wirtschaftsorientierten Strategischen Allianz). Die grundlegende Zielstellung von THOKA ist die Steigerung der Leistungsdichte von Adsorptionskältemaschinen auf mindestens 100W pro Liter Bauvolumen durch neue Adsorbertechnologie bei zugleich hoher Effizienz.

Die möglichen Anwendungen dieser Technologie sind etwa die Pkw-Klimatisierung mit Motorabwärme, Transportkühlung für Lkw und Klimaanlage für kleine Gebäude unter Nutzung von solaren Wärmequellen. Das konkrete Ziel innerhalb des Projekts ist der Bau eines Demonstrators mit 2 kW Kälteleistung.

Der grundlegende Prozess, mit Wasser als Kältemittel, besteht aus zwei Zyklen, die durch entsprechende Ventilstellungen realisiert werden (Abb. unten).

Die Schlüsselgrößen für die erreichbare Leistungsdichte sind:

- realisierbare Beladungsamplitude, bestimmt durch das Sorptionsmaterial
- kurze Zyklen durch schnellen Stofftransport im Porensystem
- schnelle Abfuhr der frei werdenden Sorptionswärme
- hohe Verdampfungsenthalpie des Arbeitsmittels
- COP (coefficient of performance) für Kälteerzeugung mindestens 0,6

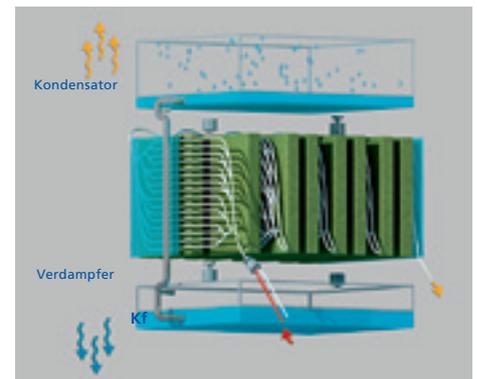
Als Sorptionsmaterial wird ein Zeolith gewählt, da dieser eine hohe Adsorptionsrate für Wasser aufweist. Damit wird am Verdampfer das Dampfdruckgleichgewicht durch schnelles Verdampfen aufrechterhalten (hohe Kühlleistung). Weiterhin sind eine hohe Wärmeleitfähigkeit der Trägerstruktur und ein guter Dampftransport wünschenswert. Aus diesen Anforderungen ergibt sich, dass offenporöse Schwamm- und Faserstrukturen aus Aluminium die idealen Träger sind.

Das ITWM unterstützt mit Simulationsrechnungen auf allen Skalen die Kons-

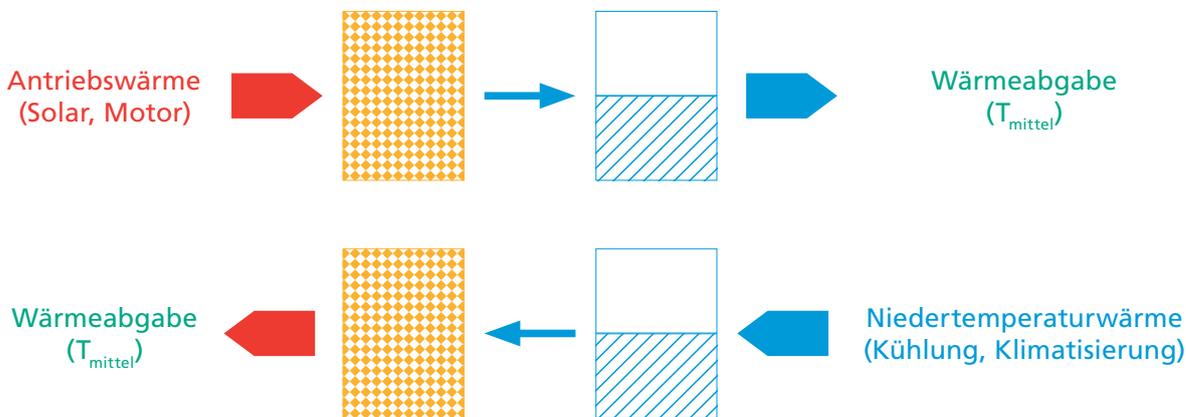
truktion/Auslegung von entscheidenden Komponenten der zu bauenden Adsorptionskältemaschine.

Zunächst werden in einem Top-Down-Ansatz Simulationsketten aufgebaut und nachfolgend für Auslegungsrechnungen benutzt, die auf phänomenologischen Modellen des Zeolithen beruhen. Danach werden diese Modelle durch Homogenisierung von molekularen Modellen verfeinert und mit der molekularen Stöchiometrie und der Mikrostruktur des Zeolithen parametrisiert.

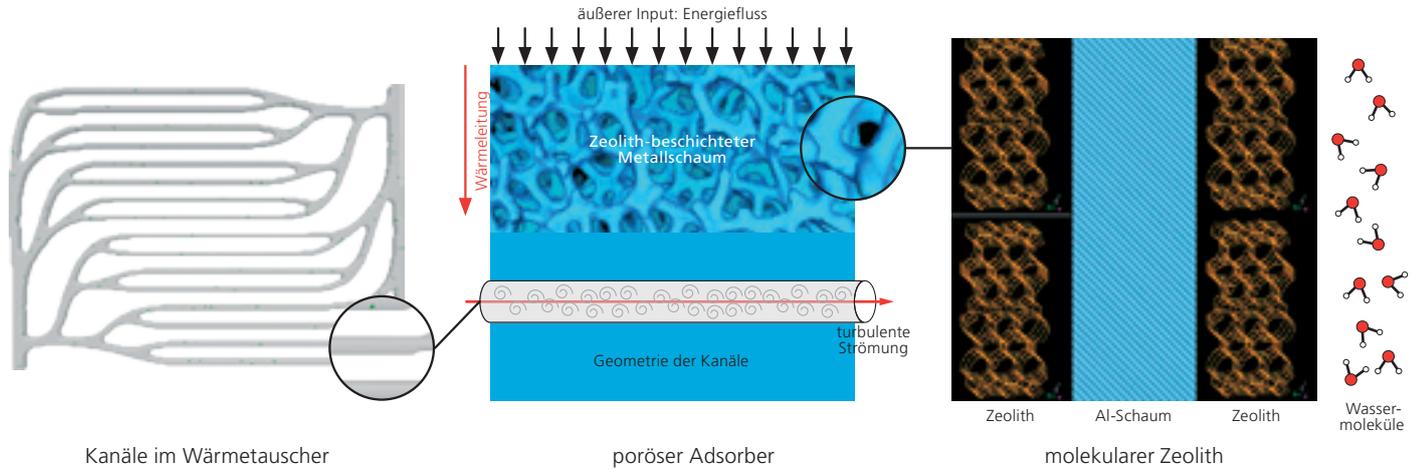
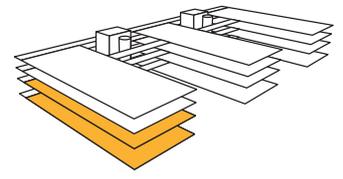
Die Kanalstrukturen, die in THOKA in Betracht kommen, sind aus produktions-



Simulation des Wärmetauschers



Adsorptionsprozess: Austriebszyklus (oben), Kühlzyklus (unten)



Kanäle im Wärmetauscher

poröser Adsorber

molekularer Zeolith

technischen Gründen vorgegeben und in zwei Klassen einteilbar:

- Parallelfeld
- verästelte Baumstruktur

Entsprechende Geometriegeneratoren zur virtuellen Erzeugung und nachfolgenden Charakterisierung sind bereits implementiert.

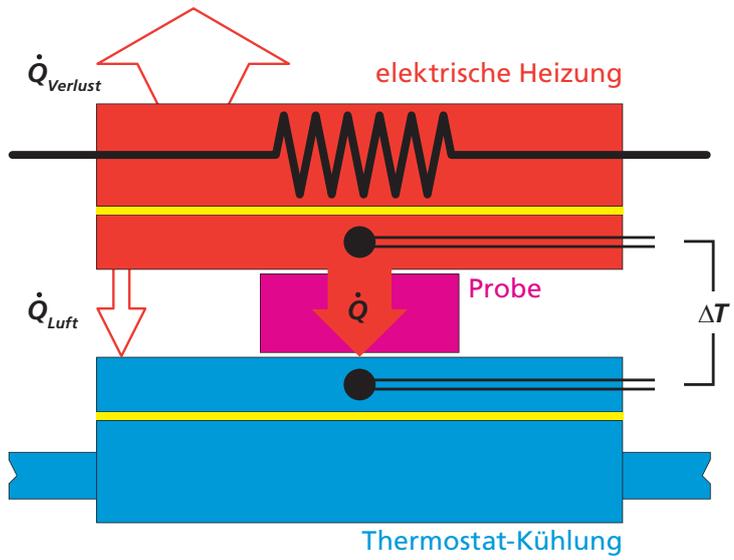
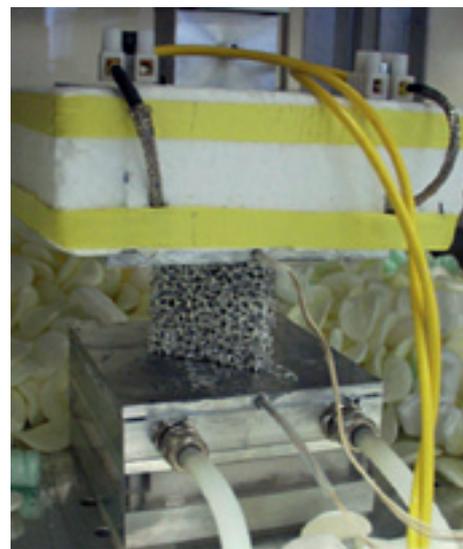
Die Strömung in den Kanälen des Wärmetauschers wird mit der Navier-Stokes- und Wärmeleitungs-Gleichung

simuliert (basierend auf ParPac), bei der Trägerstruktur kommen die Wärmeleitungsgleichung und ein phänomenologisches Zeolithmodell zum Einsatz. Die Vorgänge innerhalb der Zeolithschicht werden in der letzten Projektphase von THOKA mit molekulardynamischen Methoden charakterisiert, um das Potential von Zeolith-Variationen abzuschätzen.

seits CT-Daten realer Strukturen (Schwämme und Faserstrukturen), andererseits sollen virtuell erzeugte Strukturen genutzt werden, um die experimentell nicht erschließbare Optimierung der porösen Strukturen voranzutreiben und Auslegungsrechnungen der Mikrostruktur zu ermöglichen. Erste Vergleiche zwischen Experiment und Simulation zeigen eine hohe Übereinstimmung in den beobachteten Kenngrößen.

Simulation der Wärmeleitung

Die Geometrien der porösen Struktur als Input zum Simulationstool sind einer-



Reale (links) und »virtuelle« Messung (rechts) des effektiven Wärmeleitkoeffizienten

Constraint-Techniken im Scheduling

Constraint-Techniken – ursprünglich eine Entwicklung aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz – haben sich als wertvolle Ergänzung der diskreten mathematischen Optimierung erwiesen. Im Bereich des Virtual Engineerings, insbesondere aber im Scheduling (Ablaufplanung), haben sich Constraint-Techniken in der Abteilung **Optimierung** bewährt und werden erfolgreich eingesetzt.

Der Constraint-Solver ConSolve® unseres Projektpartners SIEDA GmbH wird in einem strategischen Projekt um zusätzliche Constraints und passende Constraint-Techniken erweitert, die für Scheduling-Probleme und weitere Probleme der diskreten Optimierung nützlich sind. Die erweiterten Möglichkeiten zur Problembeschreibung erleichtern nicht nur die effiziente Behandlung, sondern auch die Eingabe durch den Benutzer: Häufig verwendete Constraints stehen dem Anwender nun direkt zur Verfügung.

Der Schwerpunkt liegt hierbei auf so genannten globalen Constraints. Diese stellen Beziehungen nicht nur zwischen Paaren von Variablen, sondern einer Menge von Variablen her und ermöglichen durch die Sicht des »großen Ganzen« eine effizientere Behandlung. Im Bereich der Krankenhauslogistik, dem bisherigen Haupteinsatzgebiet von ConSolve®, können Anwendungen einiger implementierter Constraints so aussehen:

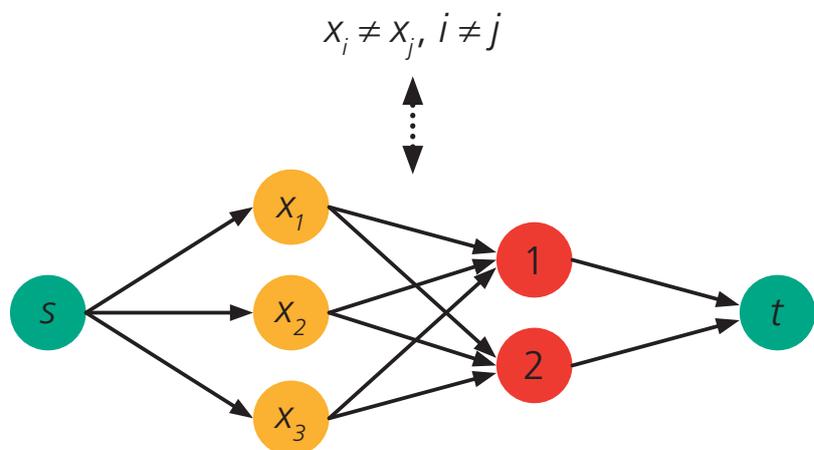
- **All-different:** Eine Gruppe von Krankenschwestern soll bestimmte Funktionen wahrnehmen. Dabei muss jede Krankenschwester eine andere Arbeit erledigen als ihre Kolleginnen.
- **Global Cardinality:** Jede Schicht muss durch eine festgelegte Mindestzahl oder Höchstzahl von Krankenschwestern besetzt sein.
- **Regular Constraint:** Jede Krankenschwester muss eine bestimmte Abfolge von Schichten einhalten; zum Beispiel ist nach höchstens drei Nachtschichten ein Ruhetag erforderlich.

Oftmals sind gewisse Verletzungen der Constraints erlaubt, die Bedingungen können also abgeschwächt werden. Dem wird durch die Implementierung als weiche Constraints Rechnung getragen. Der Grad der Verletzung, der durch eine bestimmte Wahl von Werten erzeugt wird, kann dabei auch als Maß für die Güte einer Zuordnung dienen. So wird die Suche nach guten Lösungen zielgerichtet unterstützt. Zum Ausschließen unzulässiger Werte werden die Constraints in äquivalente Flussprobleme auf Graphen übersetzt. Dieser Ansatz ist nicht nur mathematisch interessant, sondern hat sich auch als ausgesprochen effizient erwiesen.

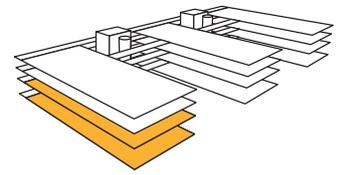
Auf Basis der Constraint-Techniken wird als Demonstrator ein Scrabble-Solver implementiert und für den Vergleich verschiedener Constraints verwendet. Hierbei spielen die Global Cardinality und die Regular Constraint eine besondere Rolle. So ergibt sich ein interessanter Testfall für die neuen Constraints in ConSolve®.

	S	I	E	D	A					
				I		M				
S	U	C	H	E		I		S		
C		O				U	N	S	E	R
H		N		U		D		I		
W		S	O	N	D	E	R	N		
E		O		D	E	S				
R		L				S	T	E	H	T
E		V								
	T	E	C	H	N	I	K	E	N	

Der Demonstrator in Aktion: Scrabble-Brett mit dem Text der Seite als Wörterbuch



Die Übersetzung der Constraints in Graphen ist der Schlüssel zur effizienten Behandlung.

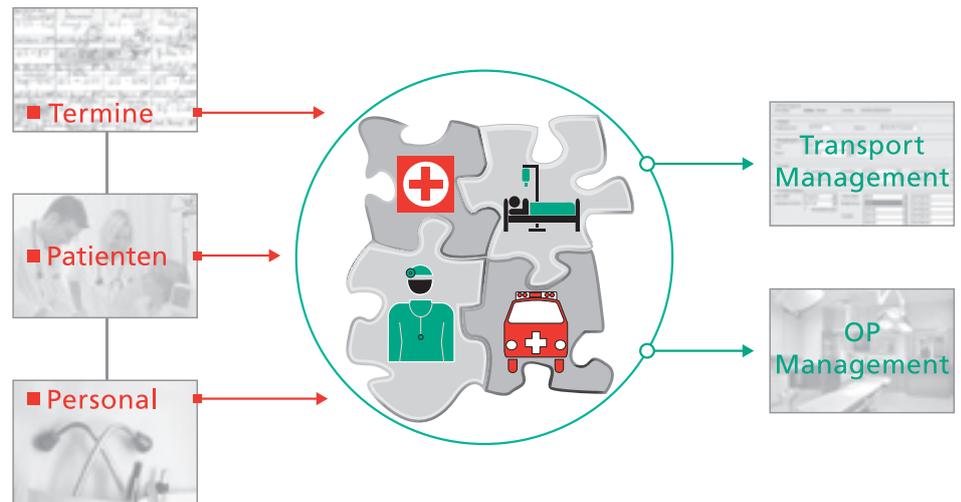


Planungsunterstützung im OP-Management

60 Prozent der Krankenhauskosten fallen bei einem OP-Patienten am Tag der Operation an; doch bereits im Vorfeld besteht ein großes Verbesserungspotenzial im OP-Management. Die taktische Planung ist für die Vergabe der OP-Termine zuständig, auf operativer Ebene werden die benötigten und vorhandenen Personalkapazitäten und Materialressourcen abgestimmt und vorläufige OP-Start- und Endzeiten festgelegt; die Online-Planung befasst sich mit dem Verlauf der Operationen sowie mit unerwarteten Ereignissen wie Notfällen und Verspätungen. Das Ziel des ITWM-Projekts ist eine Optimierung der Arbeitsabläufe und Kosten unter Erhaltung der medizinischen Versorgungsstandards.

Während der taktischen Planungsphase wird der Termin üblicherweise zwischen Arzt und Patienten vereinbart, wobei die Krankenhausauslastung und die Priorität des Patienten berücksichtigt werden. In das hierfür entwickelte mathematische Modell fließen nicht nur diese Aspekte ein, sondern auch die Verfügbarkeit der benötigten Ressourcen (OP-Säle, Personal, Geräte), die Präferenzen der verschiedenen Berufsgruppen (Operateure, Anästhesisten, Pflegepersonal) und potenziell konkurrierende Planungswünsche (OP-Auslastung, Einhaltung der geplanten Arbeitszeiten).

In der operativen Planung wird der OP-Plan für den Folgetag normalerweise aus den Vorschlägen der jeweiligen Abteilungen zusammengesetzt. Unter Berücksichtigung der geschätzten OP-Dauer werden Patienten in einer bestimmten Reihenfolge den OP-Sälen zugewiesen. Die benötigten Ressourcen werden erst am Ende des Tages bzw. am frühen Morgen des OP-Tages vom OP-Manager überarbeitet, was zu kurzfristigen Änderungen führen und den



Vielfalt in der Krankenhauslogistik: Unterschiedliche Elemente bauen Lösungswege auf.

ursprünglichen Plan stören kann. Das für die operative Planung entwickelte mathematische Modell übernimmt die Vorschläge aus der taktischen Planung und modelliert die betreffenden Elemente (Operationen, Ressourcen, ungewisse OP-Dauern), so dass der OP-Manager bereits am Vortag diverse OP-Pläne vorgeschlagen bekommt, die nicht nur alle Rahmenbedingungen erfüllen, sondern auch eine Lösungsvielfalt bezüglich der teilweise konkurrierende Optimierungskriterien anbieten. Die reaktive Online-Planung greift schließlich die Ergebnisse aus der operativen Planung auf. Während im Krankenhaus bei unvorhersehbaren Ereignissen (Notfälle, Ausfall von Ressourcen) vollkommen reaktiv gehandelt wird, beeinflussen die zuvor beschriebenen Modelle diese Planungsebene proaktiv.

Die Modelle sowie die eingesetzten mathematischen Instrumente wurden im Rahmen einer praxisnahen dreijährigen Studie entwickelt, in die mehrere Krankenhäuser in Deutschland und den Niederlanden eingebunden waren. Dadurch konnten die vom ITWM entwickelten neuartigen Methoden aus der diskreten und kombinatorischen Optimierung im Rahmen des OP-Managements der beteiligten Krankenhäuser

Zeit	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
08.00 - 09.00					
09.00 - 10.00		OP2			
10.00 - 11.00					OP2
11.00 - 12.00		OP3			
12.00 - 13.00					
13.00 - 14.00	OP1			OP1	OP3
14.00 - 15.00					
15.00 - 16.00		OP4	OP4		
16.00 - 17.00					
17.00 - 18.00					

OP-Management

direkt auf ihre Praxistauglichkeit geprüft werden. Die Ergebnisse deuten auf ein großes Optimierungspotenzial hin: Auf der taktischen Planungsebene weichen Termine vom gewünschten Termin um 20 Prozent weniger ab und erreichen eine besser balancierte Bettenverteilung. Auf der operativen Planungsebene können bis zu 20 Prozent mehr stationäre Patienten im OP-Plan des Folgetages eingeplant werden als bei den manuellen Methoden. Ferner sind die vorgeschlagenen Pläne robuster bezüglich unerwarteter Ereignisse und vermeiden Überstunden der Mitarbeiter sowie ungenutzte Ressourcen. Aufgrund dieser überzeugenden Ergebnisse soll die Planungsunterstützungssoftware in Modellprojekten mit Krankenhäusern unterschiedlicher Größen weiterentwickelt werden.

Integrierte Entwurfsoptimierung für vertikale Systems-in-Package (INEOS)

Im vergangenen Jahr wurde die auf eine dreijährige Laufzeit angelegte wirtschaftsstrategische Allianz (WISA) mit dem Kurznamen INEOS von den Fraunhofer-Instituten ITWM, IZM und IPK begonnen. Ziel dieses von der Fraunhofer-Gesellschaft geförderten Kooperationsprojektes ist die Entwicklung eines neuartigen Entwurfprozesses für vertikal integrierte elektronische Miniaturbaugruppen und seine Unterstützung durch ein geeignetes innovatives Softwarewerkzeug.

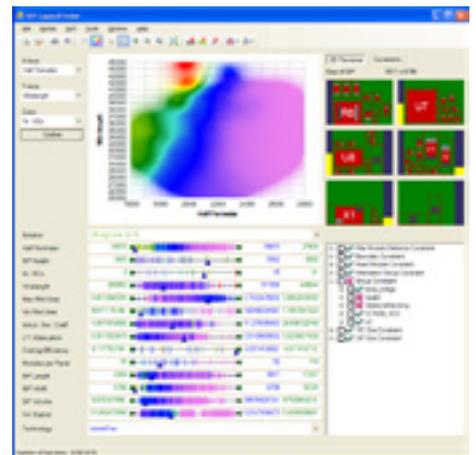
Kennzeichnend für diese »integrierte Entwurfsoptimierung« ist die Berücksichtigung aller relevanten Designanforderungen in einer frühen Phase des Entwurfsprozesses. Dadurch sollen in Zukunft langdauernde und teure Iterationen für Re-Designs vermeidbar werden und tragfähige Entwürfe in deutlich verkürzter Zeit entwickelt werden können.

Die Anforderungen an ein System-In-Package (elektronische Baugruppe, die in neuester Aufbau- und Verbindungstechnologie hergestellt wird) sind vielfältig: neben der elektronischen Funktion sind Baugröße, thermische und elektromagnetische Eigenschaften, produktions- und umweltbezogene Aspekte sowie Kostenparameter in Einklang zu bringen. Deshalb kann die Herausforderung, ein Entwurfswerkzeug zu entwickeln, das diese Anforderungsbereiche simultan berücksichtigt, nur in einem interdisziplinären Ansatz erreicht werden. Die fachliche Breite, die von den drei Partnern mit den Schwerpunkten Aufbautechnik und Zuverlässigkeit (IZM), Produktionstechnologie (IPK) und physikalische Modellierung und optimierungsgestützte Softwarewerkzeuge (ITWM) in die Allianz eingebracht werden, ist eine wesentliche Voraussetzung für die Zielerreichung des INEOS-Projekts.

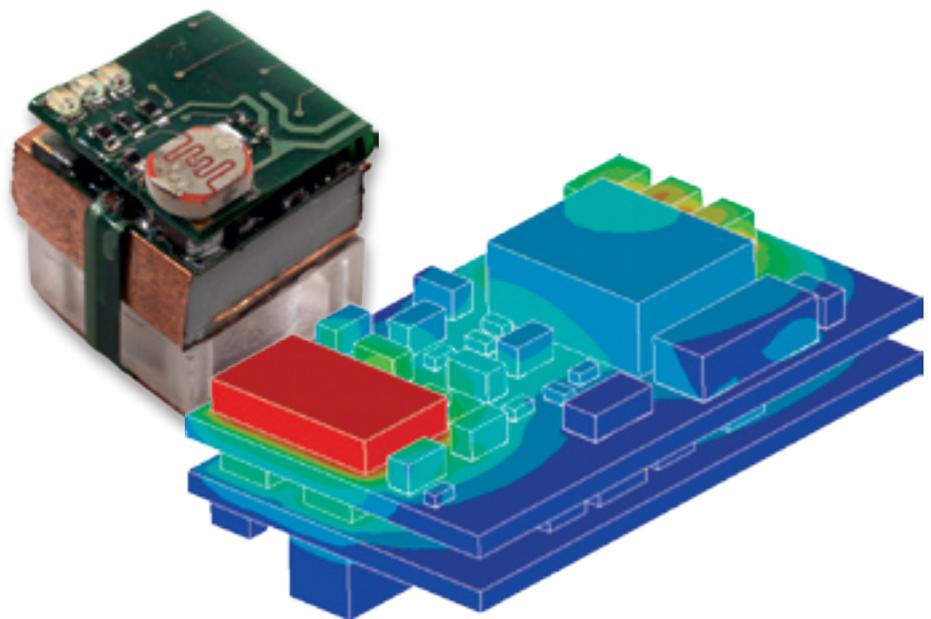
Im ITWM wird das Projekt von zwei Abteilungen getragen. In der Abteilung **Transportvorgänge** wurden im ersten Projektjahr schwerpunktmäßig Modelle für den Thermohaushalt eines System-In-Package (SiP) untersucht. Wesentliche Herausforderung war dabei, eine Modellhierarchie bereitzustellen, die von feinsimulierter thermischer Betrachtung eines SiP hin zu Grobmodellen reicht, die extrem kurze Rechenzeiten benötigen, und dennoch für die Entwurfsoptimierung genug Information liefern, um thermisch brauchbare Designs zu berechnen.

Die Abteilung **Optimierung** untersuchte im vergangenen Jahr auf breiter Front algorithmische Ansätze für einen automatisierten Entwurf von SiP. Zwei wesentliche Aufgaben stellen sich hierbei: die Zuordnung der Bauteile zu den vertikalen Schichten des SiP (Partitionierungsschritt) und die 2D-Anordnung der Bauteile auf jeder Schicht (Platzierungsschritt). Für beide Entwurfsschritte wurden mehrkriterielle Optimierungsalgo-

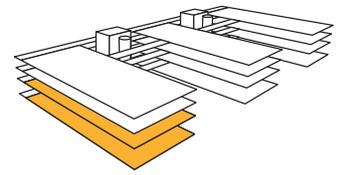
rithmen entwickelt, die Methoden aus den Metaheuristiken, dem Constraint Programming und der nichtlinearen Optimierung einbeziehen. Damit wurde die Basis für eine Integration der die Designanforderungen abbildenden Modelle in die Optimierungsalgorithmen im weiteren Verlauf der Arbeit geschaffen.



Prototyp des Entwurfswerkzeugs, das neben einer Vorschau die interaktive Navigation durch eine Datenbak von SiP-Entwürfen ermöglicht.



Grob simulierte Temperaturverteilung eines »eGrain« (autarkes verteiltes Mikrosystem), das am Fraunhofer IZM als SiP entwickelt wurde.



Jörg Steeg, Richard Welke, Farid Derradji, Rafael Velásquez, Philipp Süß, Uwe Nowak, Dr. Shahin Gelareh, Dr. Alexander Scherrer, Ansgar Geiger, Ingmar Schüle, Martin Berger, Tobias Schneider, Franz Schreiber, Jasmin Kirchner, Dr. Peter Klein, Hendrik Ewe, Tabea Grebe, Dr. Michael Monz, Prof. Dr.-Ing. Alexander Lavrov, Dr. Anton Winterfeld, Dr. Martin Pieper, Prof. Dr. Stefan Nickel, Priv.-Doz. Dr. Karl-Heinz Küfer, Volker Maag, Jan Schwientek

Finanzmathematik

Die Abteilung **Finanzmathematik** beschäftigt sich mit der Entwicklung von Modellen und Algorithmen zur Bewertung von Finanzderivaten, zur Bewertung, Optimierung und Risikoabschätzung von Portfolios sowie der Analyse spezieller Risiken (z. B. des Kreditausfallrisikos). Die fachlichen Schwerpunkte liegen in der finanzmathematischen Modellierung, der numerischen Umsetzung von Bewertungsmethoden und der Entwicklung entsprechender Softwaretools. Die Projekte umfassen Entwicklung, Untersuchung und Vergleich finanzmathematischer Modelle aus theoretischer und praktischer Sicht. Industriepartner kommen vor allem aus dem Investmentbanking, daneben laufen Projekte mit Landes- und Spezialbanken, Versicherungen (insbesondere Pensionsfonds) und spezialisierten Beratungsunternehmen. Als Schwerpunkte haben sich herausgebildet:

Optionsbewertung

Derivate sind abgeleitete Wertpapiere, deren Auszahlung vom Preisverlauf eines zugrundeliegenden Guts, z. B. einer Aktie oder einer Zinsrate, abhängt. Wir untersuchen neue Marktmodelle (stochastische Volatilitätsmodelle, Bergomi-Modell), die vorliegende Marktpreise sehr gut abbilden und den Kursverlauf der Wertpapiere hinreichend realistisch modellieren.

Kreditderivate

Im Gegensatz zum Aktienmarkt hat sich bei der Bewertung von Produkten mit Kreditausfallrisiko noch kein Standardmodell herausgebildet. Gerade bei der Bewertung komplexer Produkte mit mehreren unterliegenden Finanztiteln (Basket Default Swaps, CDOs) besteht ein großer Bedarf an entsprechenden mathematischen Modellen, da die bisherigen Modelle noch nicht in der Lage sind, den Markt hinreichend korrekt zu beschreiben.

Kreditrisiko

Die Abteilung berät Kreditinstitute bei der Umsetzung der neuen Eigenkapital-

richtlinien für Kreditinstitute (Basel II) aus statistischer Sicht. Hier geht es um die Bewertung existierender bankinterner Ratingsysteme, aber auch um deren Neukalibrierung. Wichtig bei der Umsetzung ist die Anpassung an das Portfolio des jeweiligen Kreditinstituts und die Unterstützung beim späteren Back- und Stresstesting.

Portfolio-Optimierung

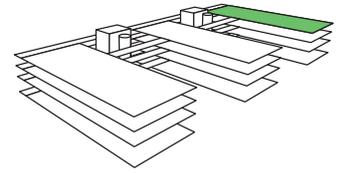
Gegenstand ist die Bestimmung einer optimalen Investmentstrategie, d. h. ein Investor muss entscheiden, wie viele Anteile welcher Wertpapiere er wann halten soll. In der Praxis basieren Investitionsentscheidungen von Fondsmanagern oft noch auf dem Einperioden-Modell von Markowitz. Die Entwicklung der modernen, zeitstetigen Portfolio-Optimierung ist mittlerweile aber soweit fortgeschritten, dass sich viele Algorithmen zur praktischen Anwendung und Implementierung anbieten.

Versicherungsmathematik

Asset-Liability-Management (ALM) ist ein wichtiger Bestandteil der Unternehmensführung, insbesondere auch im Rahmen der kommenden Solvabilitätsrichtlinien (Solvency II) für Versicherungsunternehmen. Zur Unterstützung bei der Umsetzung der Richtlinien haben wir die Software ALMSim entwickelt, die sowohl die individuelle Modellierung von Assets und Liabilities als auch deren Kopplung erlaubt.

Zinsmodelle

Zur Modellierung von Zinsraten existiert eine Reihe von Zinsmodellen, die je nach Produkt und zugrundeliegender Zinsrate auf ihre mögliche Anwendung überprüft und ausgewählt werden müssen. Eine weitere Besonderheit in diesem Bereich ist die große Vielfalt von komplexen Zinsderivaten. Hier untersuchen wir die verschiedenen Modelle für die Preisberechnung komplexer Zinsderivate und deren algorithmische Umsetzung.



2007 hat die Abteilung ihre in den vergangenen Jahren erreichte Position konsolidiert. Bei den Industriepartnern haben wir unser Kundenportfolio verbreitert und neue Kunden aus dem KMU-Bereich hinzugewonnen. Auch in Bezug auf öffentlich geförderte Projekte war 2007 ein sehr erfolgreiches Jahr:

- Im Landesexzellenzcluster DASMODO waren wir aktiv an drei Projekten zu den Themen statistische Klassifikation, Modellierung ökonomischer Prozesse und Derivate-Bewertung beteiligt.
- Im März 2007 startete das von der Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation geförderte Projekt »Umsetzung moderner Methoden der Portfolio-Optimierung in die Praxis«. Hierbei sollen die Praxistauglichkeit zeitstetiger Portfolio-Optimierungsmethoden nachgewiesen

und von uns entwickelte innovative Methoden wie die Berücksichtigung von Transaktionskosten, alternativen Risikomaßen, Berücksichtigung der Anlage in Optionen und die Worst-Case-Optimierung bei Crash-Gefahr implementiert werden.

- Seit Juli 2007 sind wir zusammen mit Arbeitsgruppen der TU Kaiserslautern und der Universitäten Karlsruhe (TH), Oldenburg und Ulm an dem BMBF-Verbundprojekt »Alternative Investments: Modellierung, Statistik, Risikomanagement und Software« beteiligt.

Aufgrund der sehr positiven Projektsituation stehen 2008 eine personelle Verstärkung und weiteres Wachstum in Aussicht. Im Januar 2008 begann eine intensive Kooperation mit der Universität Cambridge zur strategischen Vor-

laufforschung auf den Gebieten zeitstetige Portfoliooptimierung, Simulationssoftware und Risikomanagement.

Schwerpunkte

- Optionsbewertung
- Kreditderivate
- Kreditrisiko
- Portfolio-Optimierung
- Versicherungsmathematik
- Zinsmodelle

Abteilungsleiterin:

Priv.-Doz. Dr. Marlene Müller

☎ 06 31/3 16 00-43 46

marlene.mueller@itwm.fraunhofer.de



Carl Maria von Weber, »Der Freischütz«, Spielzeit 2005/2006

»Historischer Schauplatz des »Freischütz« ist der Wald, der zu dieser Zeit allgegenwärtig war; der Barcode ahmt zum einen mit seinen Balken Baumstämme nach, ist andererseits in unserer Welt allgegenwärtig. Der Stierkopf gilt zeitunabhängig als Symbol für Stärke.«

Thomas Dörfler, Ausstattungsleiter des Pfalztheaters

Bewertung exotischer Optionen mittels partieller Differentialgleichungen

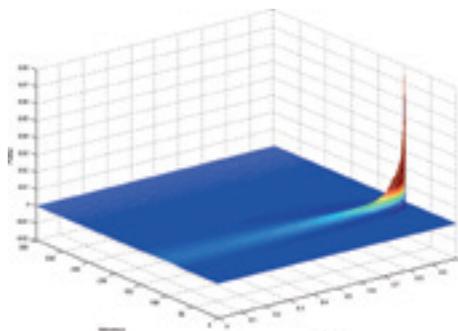
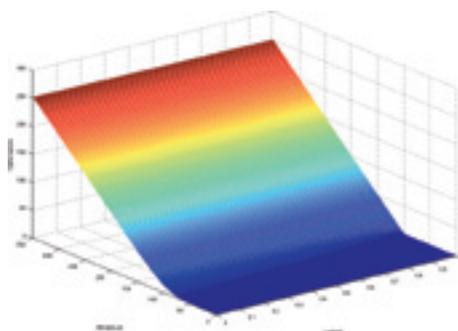
Das Anlageuniversum umfasst eine große Auswahl an spekulativen Produkten. Finanzinnovationen machen Risiken handelbar und können somit zur gezielten Inkaufnahme derselben zur Steigerung der Rendite in die Finanzanlage aufgenommen werden. Beispielsweise sichern Garantiezertifikate das eingesetzte Kapital ab und erlauben gleichzeitig, an positiven Entwicklungen der Aktienmärkte im begrenzten Ausmaß zu partizipieren.

Komplexe Finanzprodukte lassen sich gewöhnlich aus typischen exotischen Optionen auf Aktien oder Aktienindizes sowie der Anlage in risikofreien Anleihen konstruieren. Der Behandlung von exotischen Optionen kommt demnach eine zentrale Bedeutung zu. Die Optionsbewertung geht zurück auf Black und Scholes; dabei wird der faire Preis einer Option durch eine partielle Differentialgleichung (PDGL) beschrieben. Für gewöhnliche Optionen im Black-Scholes-Modell kann die PDGL explizit gelöst und der Optionspreis berechnet werden. In komplexeren Modellen und für exotische Optionen kann die PDGL oft nur numerisch gelöst werden.

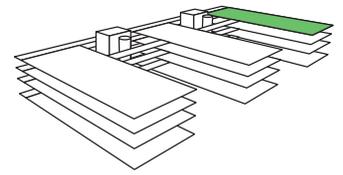
In diesem Projekt verwendeten wir ein lokales Volatilitätsmodell, eine sehr häufig benutzte Erweiterung des Black-Scholes-Modells. Die Lösung der zugehörigen PDGL stößt aufgrund des variablen Diffusionsterms auf Schwierigkeiten, die Standard-Lösungsverfahren nicht unmittelbar beherrschen. Zudem führt die exotische Optionsstruktur oft zu einer höheren Dimension als im vergleichbaren Standardfall, was neben methodischen Herausforderungen auch längere Laufzeiten verursacht. Für die PDGL im lokalen Volatilitätsmodell wurde mittels des Finite-Differenzen-Verfahrens ein Solver erstellt, der gängige

exotische Optionen bewertet. Der Algorithmus basiert auf Neuentwicklungen in den quantitativen und numerischen Bereichen der Finanzmathematik und balanciert Rechendauer und Genauigkeit. Als Ergebnis werden Optionspreise und deren Sensitivitäten berechnet, die den hohen Qualitätsanforderungen der Banken gerecht werden.

Der Vorteil des Zugangs über PDGLs im Gegensatz zu alternativen Verfahren wie Monte-Carlo-Methoden liegt in der Geschwindigkeit des Algorithmus, mit der derartige PDGLs gelöst werden können. Gerade für Banken, die über Nacht ganze Handelsbücher bewerten müssen, ist dieser Geschwindigkeitsvorteil von entscheidender Bedeutung.



Preis einer Kaufoption als Funktion von Laufzeit und Aktienkurs (oben) und Fehlerplot des PDGL-Finite-Differenzen-Verfahrens (im Vergleich zur exakten Lösung, unten)



Option Pricing Framework

Die Bewertung und das Risikomanagement komplexer Derivate sind entscheidende Problemstellungen der modernen Finanzmathematik. Speziell der Anteil strukturierter Produkte wie Forward-Starting-, Cliquet- oder Napoleon-Optionen hat in den letzten Jahren rasant zugenommen und der Markt für diese komplexen Finanzprodukte befindet sich noch immer im Wachstum.

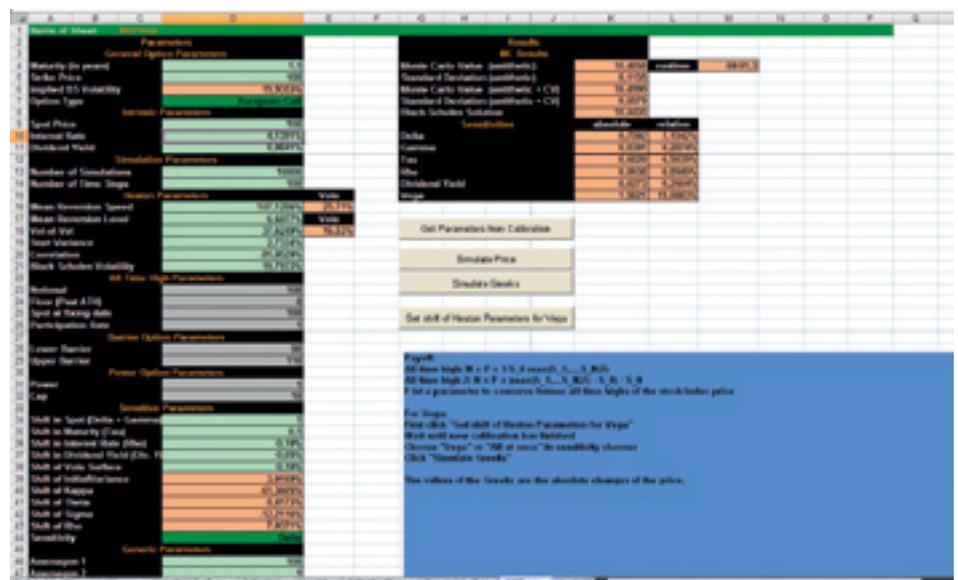
Die schnelle und effiziente Strukturierung, Bewertung sowie das Risikomanagement solcher Produkte ist für führende Finanzinstitutionen die Voraussetzung, um in solchen schnellleibigen Märkten konkurrenzfähig bleiben zu können. Entscheidend dafür ist zum einen die Möglichkeit, mit geringem Aufwand und schnellstmöglich neue Produkte (Payoffs) zu entwickeln und im Rahmen eines geeigneten Modells in einem bestehenden Software-Framework zu bewerten. Zum anderen ist eine im Vergleich zum einfachen Black-Scholes-Modell realistischere Modellierung des zugrundeliegenden Aktienkurses notwendig.

Ein in der Praxis erfolgreich verwendetes Modell ist das stochastische Volatilitätsmodell von Heston. Aufgrund der geschlossenen Lösungen für Standard-Call-Optionen liefert das Modell die Möglichkeit, in der Praxis die Modellparameter der aktuellen Marktsituation anzupassen (Kalibrierung). Im Gegensatz zum Black-Scholes-Modell ist das Heston-Modell in der Lage, den am Aktienmarkt beobachteten Volatilitäts-Smile erfolgreich zu reproduzieren. Durch den erfolgreichen Abschluss mehrerer Industrieprojekte in den vergangenen Jahren sowie zahlreichen Erweiterungen des Modells und dessen Anwendung auf weitere komplexe Produkte konnten wir ein umfangreiches Know-how im Bereich stochastischer Volatilität und der Bewertung komple-

xer Optionen und strukturierter Produkte aufbauen.

Derzeit arbeiten wir an der Entwicklung und kontinuierlichen Erweiterung eines an die kommerziell verfügbaren Tools angelehnten integrierten Software-Frameworks zur Bewertung und zum Risikomanagement komplexer Optionen. Im Vordergrund steht dabei sowohl die Nutzung des aktuellen Forschungsstands als auch ein modu-

lares Software-Design, das eine flexible Erweiterung des Frameworks und eine modulare und schnelle Strukturierung neuer Produkte, deren Bewertung sowie deren Analyse ermöglicht. Alle neuen Bewertungsroutinen sowie die verbesserte Modell-Kalibrierung stehen als modularer, objektorientierter Code in einem neu entwickelten Excel-Tool zur Verfügung und können damit bequem in vorhandene Office-Systeme integriert werden.



Screenshot des Bewertungs- und Risk-Management-Tools

Asset-Liability-Management

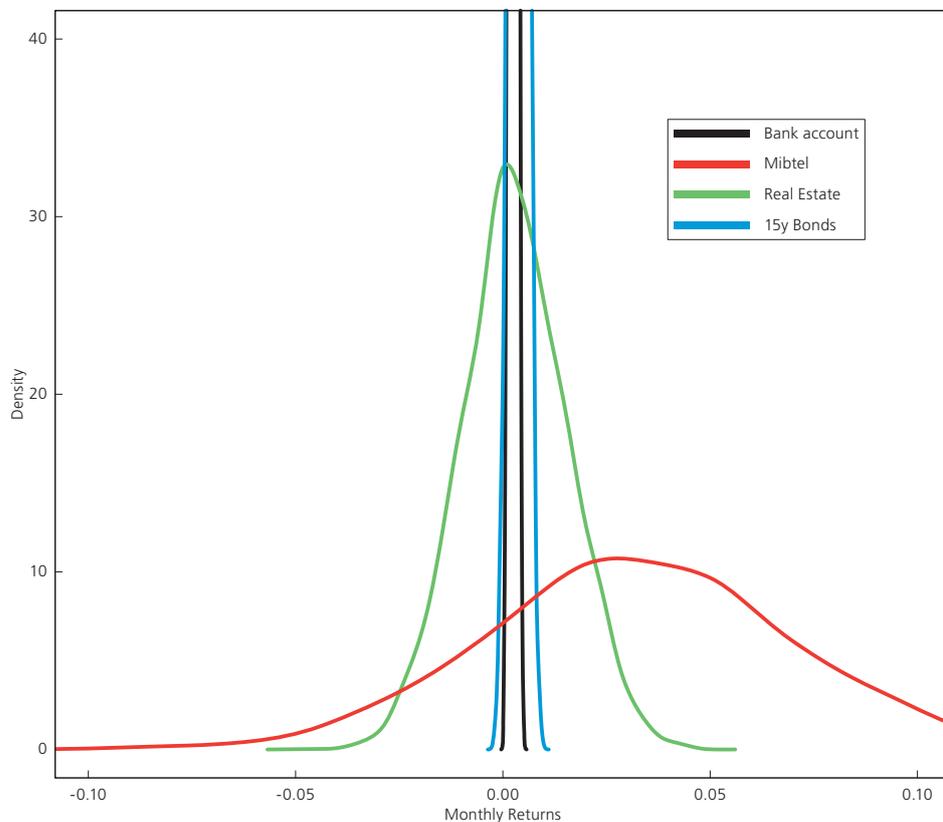
Im Bereich Asset-Liability-Management (ALM) sind wir derzeit in ein EU-Projekt mit einem italienischen Industriepartner eingebunden. Das Hauptaugenmerk dieses Projekts liegt auf der genaueren Untersuchung und Analyse des Asset-Liability-Managements im Pensionsfondssektor. In diesem Sektor wird das Instrument ALM noch nicht umfassend genutzt, so dass wir hier Potenzial für weitere Projekte sehen.

Die neue Richtlinie Solvency II wird die Bedeutung von ALM für Versicherungen und Pensionsfonds verstärken und das Risikomanagement nachhaltig beeinflussen. Die Zielsetzung von Solvency II ähnelt der von Basel II für Banken: Es geht um die Umsetzung eines Solvenzmodells, das besser an die aktuellen

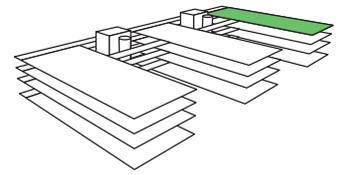
Risiken und Verpflichtungen des Pensionsfonds angepasst ist. Dies wird die Risiken für Öffentlichkeit und Aufsichtsbehörden wesentlich transparenter machen und die Aufsichtsbehörden werden damit besser in der Lage sein, die Interessen der Versicherungsnehmer einzuschätzen.

Im EU-Projekt ALM-PF, das im Marie-Curie-Programm »Transfer of Knowledge« gefördert wird, werden im Wesentlichen zwei Ziele verfolgt: Zum einen wird das Verständnis von ALM-Modellen im Pensionsfondssektor verbessert, zum anderen ist ein Softwareprototyp in Entwicklung, der die Verarbeitung und Administration von verschiedenen Prämienstrategien erlaubt. Ausgangspunkt für das Projekt sind die derzeitige Rentenpolitik vieler EU-Mitgliedsstaaten und die zuneh-

mende Lebenserwartung. Beides führt zu einer starken Zunahme von Pensionsfonds, da ein Teil der Rentenbezüge in Zukunft durch private Vorsorge abgedeckt werden muss. Das schnelle Wachstum dieses Finanzmarktsegments hat jedoch eine unvorhergesehene Krise in einigen Staaten hervorgerufen, da die bisherigen Anlagestrategien der Fonds häufig alleine auf die erwarteten Renditen der einzelnen Finanzinstrumente fixiert waren, ohne die Liabilities des Fonds mit zu berücksichtigen. In Zukunft wird die adäquate Abbildung der Liabilities eine der Hauptaufgaben sein, da dadurch das Hedgen der Liabilities durch geeignete Finanzinstrumente erst möglich sein wird. Diese Kopplung steht bei der Modellierung, ebenso wie in früheren Projekten im ALM-Bereich, im Mittelpunkt.



Verteilung der Renditen verschiedener Anlageformen (Assets) im Vergleich



Moderne Portfolio-Optimierung für die Praxis

Während im Bereich der Optionsbewertung mittlerweile modernste mathematische Methoden eingesetzt werden, herrscht auf dem doch originären finanzmathematischen Gebiet des optimalen Investments (Portfolio-Optimierung) noch die Verwendung recht einfacher Verfahren vor, die oft nur simple Varianten des zeitlich statischen Markowitz-Modells aus den 50er Jahren sind.

Obwohl auch auf dem Gebiet der zeitstetigen Portfolio-Optimierung in den zurückliegenden Jahrzehnten im wissenschaftlichen Bereich große Fortschritte erzielt werden konnten, hat eine Umsetzung dieser Resultate in die Praxis bisher kaum statt gefunden. Gründe hierfür liegen unter anderem darin, dass in der Praxis vorhandene Transaktionskosten in zeitstetigen Modellen bisher nicht in geeigneter Weise berücksichtigt werden konnten, dass neue Maße zur Beschreibung des Risikos gefordert wurden, Investition in Derivate und andere, strukturierte Wertpapiere nicht in die Modellansätze integriert waren und auch darin, dass für die meisten kommerziellen Softwareanbieter die mathematischen Methoden der zeitstetigen Portfolio-Optimierung technisch zu anspruchsvoll sind.

Die angesprochenen Frage- und Problemstellungen werden derzeit in einen von der Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation geförderten Projekt behandelt. Dabei soll ein Konzept für eine interaktive Software zur Nutzung der Methoden durch den Anwender entwickelt werden, die es ihm zum einen ermöglicht, sie ohne Kenntnis der zugrundeliegenden mathematischen Modelle einzusetzen und die zum anderen aus dem Verhalten des Anwenders lernend Rückschlüsse auf seine Risiko-Nutzen-Präferenzen zieht, um so die anwender-

Portfolio Optimization & Risk Measures			
Parameters		Results	
Investment Parameters		Portfolio Results	
Maturity (in years)	3	Portfolio Value	8.160,76
Initial Wealth	5.000	Portfolio with 100% Bond	5.581,36
Portfolio Parameter		Risk Results	
Percentage Stocks	95,00%	Value at Risk	1.772,86
Risk Parameter		Lower Partial Moment	16,05%
Walt Parameter	5,00%	Tail Conditional Expectation	1.627,61
Alpha	1,00%	Conditional Value at Risk	2.064,64
LPM Parameter		Get Portfolio Value & Risk Measures	
Long Boundary	1,000	Estimated Gamma: -6,167	
TCE Parameter			
Loss Boundary	1,000		
What-if Parameters		Largest possible Results	
Interest Rate	3,00%	Largest Portfolio Value	19.012,43
Drift	0,50%	Second largest Portfolio Value	18.842,76
Volatility	15,0%	Third largest Portfolio Value	18.296,63
		Fourth largest Portfolio Value	17.650,12
		Fifth largest Portfolio Value	17.466,06
		Smallest possible Results	
		Fifth smallest Portfolio Value	2.940,36
		Fourth smallest Portfolio Value	2.913,73
		Third smallest Portfolio Value	2.810,82
		Second smallest Portfolio Value	2.792,60
		Smallest Portfolio Value	2.681,73
		Return in %	290,26%
		Return in %	278,96%
		Return in %	268,96%
		Return in %	267,60%
		Return in %	263,22%
		Return in %	-41,16%
		Return in %	-41,72%
		Return in %	-43,76%
		Return in %	-44,12%
		Return in %	-46,22%

Anlage-Szenario zur Software-gestützten Bestimmung der Risiko-Nutzen-Präferenzen des Anwenders

spezifische optimale Strategie zu bestimmen. Im ersten Abschnitt des Projekts haben wir uns insbesondere mit der Bestimmung der Risikoaversion des potentiellen Anwenders beschäftigt. Hierzu wurde der Prototyp eines interaktiven Softwaretools konzipiert, der anhand von Anlage-Szenarien die Risiko-Nutzen-Präferenzen des Investors quantifiziert.

Kreditrisiko und Validierung von Ratingsystemen

Die Umsetzung der neuen Eigenkapitalrichtlinien für Kreditinstitute (»Basel II«) und deren Begutachtung durch die Bankenaufsicht (BaFin, Bundesbank) steht für viele Banken kurz vor dem Abschluss. Typische Aufgaben, bei denen die Abteilung **Finanzmathematik** beratend tätig wird, sind die Beurteilung der Trennschärfe des Ratingsystems, die statistische Bewertung von Ratinggewichten, die Validierung der Ausfallwahrscheinlichkeitschätzungen und die Modellierung von Verlustverteilungen.

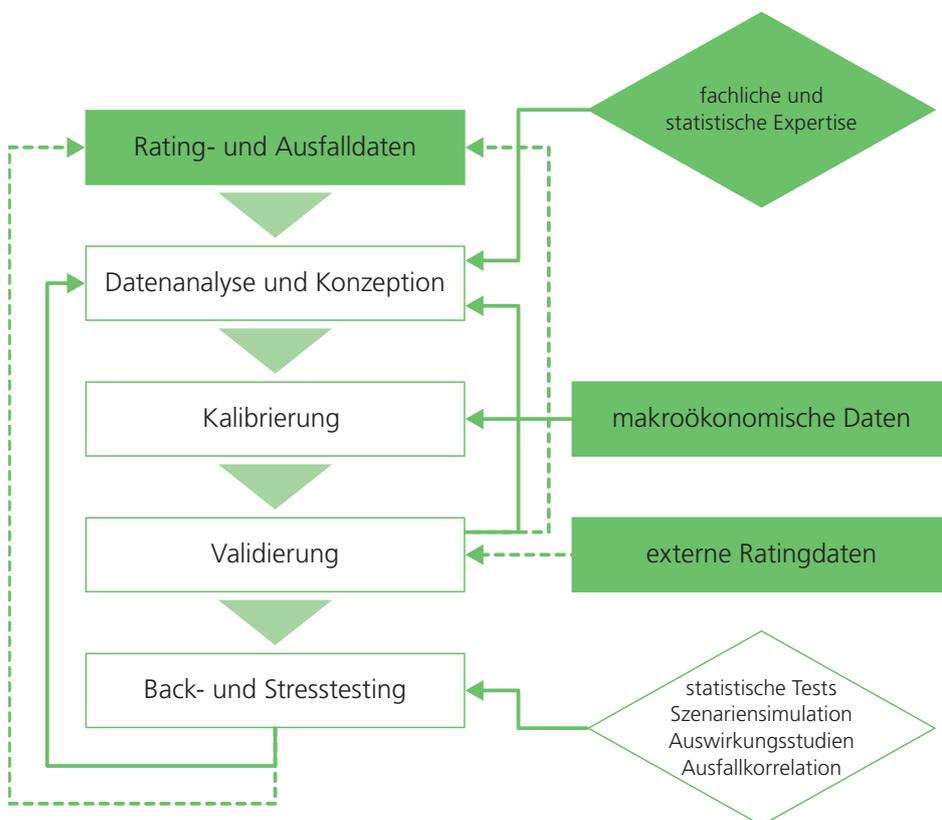
Im Einzelnen unterstützen wir Kreditinstitute bei folgenden Aufgaben: Zur Konzeption des Ratings werden zunächst Einzelanalysen der Variablen im Hinblick auf ihre Trennfähigkeit zwischen Ausfall und Nichtausfall vor-

genommen. Klassische Trennschärfekennzahlen quantifizieren den Abstand zwischen den Scoreverteilungen von Ausfällen und Nichtausfällen bzw. Ausfällen und der Gesamtverteilung. Beispielfall seien hier Lorenz- und ROC-Kurven sowie daraus abgeleitete Kennzahlen (Gini-Koeffizient, Accuracy Ratio, AUC) genannt.

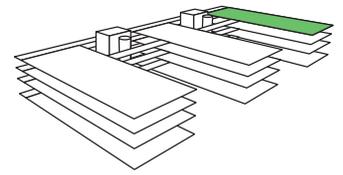
Die nächsten Schritte sind die Schätzung von Rating-Scores und die Bestimmung von Ausfallwahrscheinlichkeiten. Hier ist das Ziel, eine optimale Gewichtung der relevanten Einflussfaktoren im Rating-Score zu ermitteln. Für die gleichzeitige Schätzung von Scores und Ausfallwahrscheinlichkeiten aus Querschnittsdaten eignen sich klassische statistisch-ökonomische Ansätze wie das Logit-Modell (logistische Diskriminanzanalyse). Im DASMODO-Projekt »Mehrdimensionale statistische Entscheidungsverfahren«

(Exzellenzförderungsprojekt des Landes Rheinland-Pfalz) beschäftigen wir uns mit semiparametrischen, insbesondere additiven Modellansätzen zur Erweiterung des Logit-Modells. Diese Modelle erlauben eine flexiblere Modellierung von Rating-Scores bei gleichzeitiger Beibehaltung der einfachen Interpretations- und Visualisierungsmöglichkeiten für die Scorefunktion.

Das Ratingsystem einer Bank sollte einer möglichst regelmäßigen Validierung unterzogen werden. Backtesting-Verfahren überprüfen die Qualität des aktuellen Systems anhand von historischen Daten. Stresstesting schätzt die Grenzen des Systems ab. Aus statistischer Sicht kommen für beide Evaluationsziele Testverfahren und Resampling-Ansätze (Monte-Carlo-Methoden, Bootstrap, Kreuzvalidierung u. ä.) zur Anwendung.



Entwicklung eines Ratingsystems



Prof. Dr. Ralf Korn, Dr. Sarp Kaya Acar, Dr. Kalina Natcheva-Acar, Dr. Gerald Kroisandt, Stefan Lorenz, Eva-Maria Zimmermann, Dr. habil. Jörg Wenzel, Sascha Desmettre, Priv.-Doz. Dr. Marlene Müller, Dr. Ulrich Nögel, Dr. Alexander Szimayer, Evren Baydar, Melanie Hollstein, Johan de Kock

Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit

Die Abteilung **Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit** beschäftigt sich mit der Modellierung und Simulation von Festigkeit und Zuverlässigkeit dynamisch beanspruchter mechanischer und mechatronischer Systeme. Methodisch kommen dabei Mehrkörpersystemsimulation (MKS), Finite-Elemente-Methoden (FEM) sowie statistische und Optimierungsverfahren zum Tragen. In den Industrieprojekten beschäftigen wir uns überwiegend mit Zuverlässigkeit, Betriebsfestigkeit, Dynamik und Schwingungsverhalten (NVH) in der Fahrzeugindustrie. Dabei simulieren wir auch Fertigungsprozesse im Hinblick auf die Herstellung von funktionalen Bauteileigenschaften.

Das vergangene Jahr war für die Abteilung geprägt durch starkes Wachstum, gleichermaßen in Projektvolumen und Personal. Besonders hervorzuheben ist die Einrichtung des Fraunhofer-Innovationsclusters Digitale Nutzfahrzeugtechnologie (www.nutzfahrzeugcluster.de, s. Seite 15), bei dem die Abteilung die Gesamtkoordination und wesentliche Projektanteile bestreitet.

Im Einzelnen gliedern sich die Aktivitäten der Abteilung in folgende Arbeitsschwerpunkte:

Statistische Methoden in Betriebsfestigkeit und Zuverlässigkeit

Wir entwickeln Methoden zur Modellierung von Kundennutzungsbeanspruchungen sowie zur Versuchsplanung und Auswertung in der Betriebsfestigkeit. Bei der Auslegung und Beurteilung mechanisch beanspruchter Bauteile hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit spielen statistische Methoden eine zentrale Rolle. Dies beginnt mit der Festlegung der Bemessungsgrundlagen: Wie modelliert man die Kundenbeanspruchung? Wie plant man Messkampagnen zur Ermittlung von Beanspruchungsdaten? Wie übersetzt man diese in Teststrecken oder Prüfprogramme? Schließlich muss man die

Versuche zum Nachweis der Festigkeit mit statistisch abgesicherten Verfahren auswerten. Dies gilt für vergleichsweise einfache Bauteilversuche und für teure, lang laufende Ganzfahrzeugversuche.

Modellierung und Simulation mechatronischer Systeme

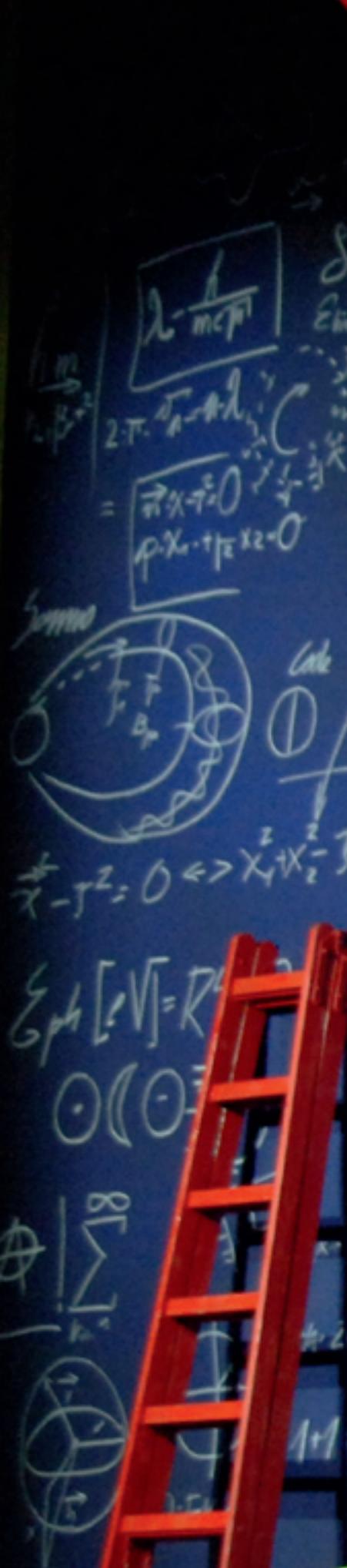
Bei der Systemsimulation geht es uns darum, z. B. Achsen oder komplette Fahrzeuge so zu modellieren, dass die Kinematik, der Bewegungsablauf und die Kraftübertragung richtig vorausberechnet werden. Wenn man nun nicht nur am Bewegungsablauf, sondern auch an Schnittkräften und resultierenden Bauteilspannungen interessiert ist, ist die Abhängigkeit der Ergebnisse von der Modellerstellung, der Approximation der Inputdaten und der numerischen Methodik sehr groß. In unseren Industrieprojekten geht es häufig darum, die Modellierung so zu optimieren, dass insbesondere die Kraftübertragung richtig abgebildet wird.

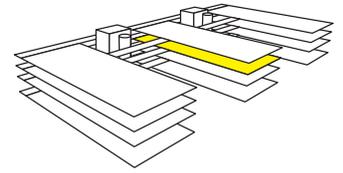
Strukturdynamik und CAE-Betriebsfestigkeit

Ist die Systemdynamik richtig abgebildet, so ergeben sich daraus die Beanspruchungen der einzelnen mehr oder weniger deformierbaren Bauteile als dynamische Schnittkräfte. Diese Schnittlasten werden dann per strukturmechanischer Simulation auf örtliche Beanspruchungen und Lebensdauerabschätzungen übertragen. Wir entwickeln insbesondere Methoden zur Lebensdauerberechnung von Strukturen mit nichtlinearem Verhalten und wenden diese in Industrieprojekten an. Ferner beschäftigen wir uns mit der Simulation stark deformierbarer Strukturen, insbesondere Kabel und Reifen.

Gießprozessabhängige Bauteileigenschaften

Gießereien wie HegerGuss, Gienanth-Eisenberg, Römheld & Moelle oder PHB-Stahlguss nutzen in Kooperationen unsere Kompetenz im Bereich der Gießprozesssimulation. Für die Aachener





MAGMA GmbH sind wir nicht nur Anwender ihrer Software, sondern auch Entwicklungspartner. Schwerpunkt unserer Forschungsaktivitäten ist die Frage, wie man aus Ergebnissen der Gießprozesssimulation systematisch auf Bauteileigenschaften schließen kann.

Abteilungsleiter:

Dr. Klaus Dreßler

☎ 06 31/3 16 00-44 66

klaus.dressler@itwm.fraunhofer.de

Schwerpunkte

- Statistische Methoden in der Betriebsfestigkeit
- Modellierung und Simulation mechatronischer Systeme
- CAE-Betriebsfestigkeit (MKS, FEM, Lebensdauer)
- Gießprozessabhängige Bauteileigenschaften



Arrigo Boito, »Mefistofele«, Spielzeit 2007/2008

»Die mathematische Formel dient hier als Dekor und das Bühnenbild vermittelt, dass okulte Zeichen die Welt genauso beherrschen wie die Formeln der Wissenschaft. Gelbe prismaartige Formen, die mit allerlei magischen Zeichen bemalt sind, füllen die Bühne. Mal hebt sich die obere Form weg, mal öffnet sich die untere und die Hexen steigen zur Walpurgisnacht heraus, und oft formen sich Dreiecke als Zeichen göttlichen Einflusses.«

Heidrun Schmelzer, Bühnenbildnerin

Aufbau einer mechatronischen Entwicklungsplattform

Die Abteilung befasst sich zu einem großen Teil mit Simulationen im Fahrzeugumfeld. Das direkte Zusammenspiel von Simulation und realem Fahrzeug eröffnet viele Möglichkeiten, um beispielsweise die Sicherheit von Fahrzeugen zu erhöhen. Mit echtzeitfähigen Simulationsmodellen, die im laufenden Betrieb bestimmte Betriebszustände berechnen, erhält man Größen, die messtechnisch nur schwer oder sehr aufwändig und teuer erfassbar sind.

Speziell um Konzepte und Verfahren im Umfeld der Echtzeitsimulation im Fahrzeugumfeld zu entwickeln, testen und demonstrieren, wurde im Jahr 2007 eine mechatronische Entwicklungsplattform konzipiert und in Betrieb genommen. Die Entwicklungsumgebung besteht im Wesentlichen aus:

- einem realitätsnahen Modell-Lkw im Maßstab 1:10
- CAN-Bus (drahtlos)
- Luftfederung
- hydraulische Bremsen
- Meßwerterfassung (z. B. Beschleunigungen)
- zwei dSpace-Echtzeitsystemen
- MicroAutoBox und dSpace DS1006
- direkte oder drahtlose Verbindung zum CAN-Bus
- ControlDesk und MotionDesk

Die Steuerung des Lkw geschieht über CAN-Bussignale. Die Steuersignale werden zuerst in CAN-Bussignale umgewandelt und über den CAN-Bus an die entsprechende Aktuatorik weitergeleitet. Die



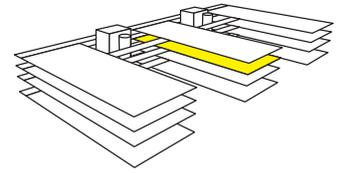
Modell-LKW im Maßstab 1:10 mit CAN-Bus und Luftfederung

Wandlung geschieht über Microprozessoren (ATMEL), die zusätzlich noch Algorithmen enthalten können, die z. B. die eingehenden Signale auf Plausibilität prüfen und entsprechend modifizieren können.

Arbeiten in Zusammenhang mit dieser Entwicklungsumgebung befassen sich insbesondere mit:

- der Erstellung echtzeitfähiger Modelle
- Systemsimulation
- Code-Export
- Modellreduktion
- echtzeitfähiger Solvortechnologie
- Messdatenaufbereitung
- Lastdatenanalyse
- Manövererkennung
- Vorbereitung von Anwendungsprojekten

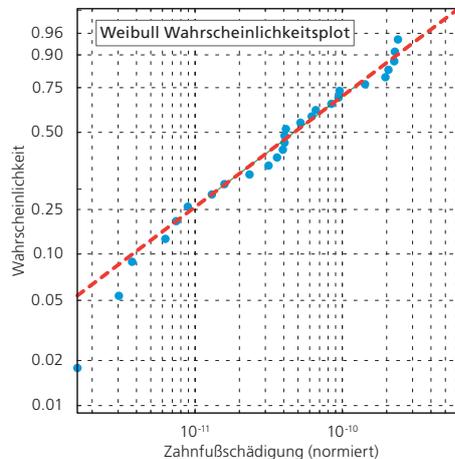
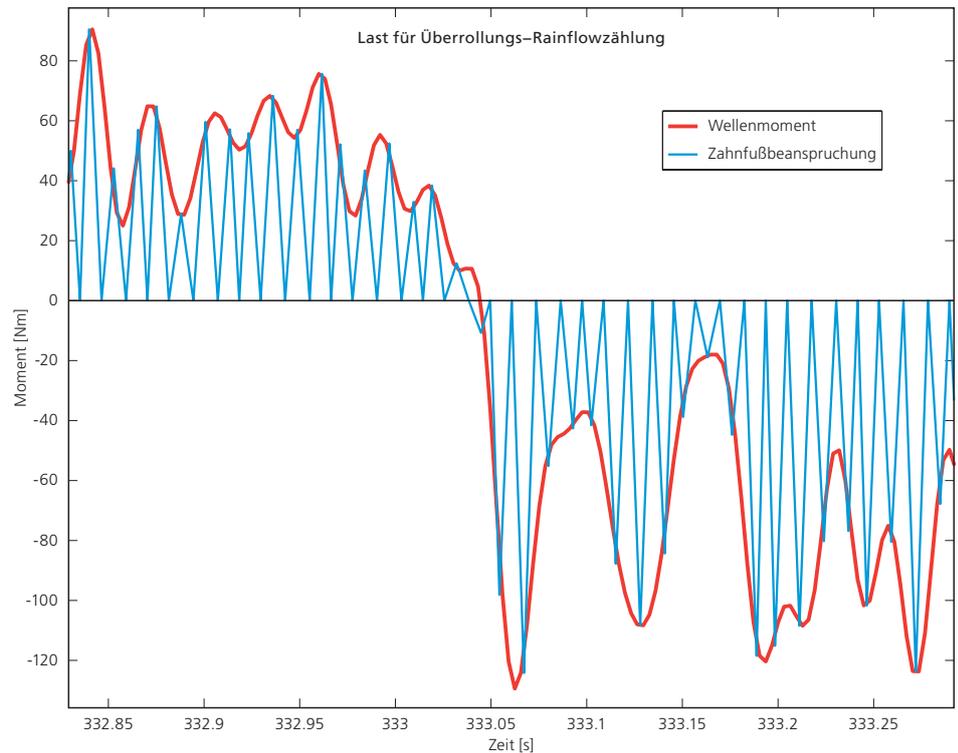
Wesentliche Komponenten der Prozesskette (z. B. Messdatenaufbereitung, Echtzeitfähigkeit der Modelle) können somit sehr effektiv schon vorab auf ihre Funktionsfähigkeit getestet und gegebenenfalls auch optimiert werden, bevor sie im realen Einsatz bei Kunden in den derzeit laufenden Pilotprojekten eingesetzt werden. Weitere Projekte, wie z. B. die automatische Steuerung des mit einer Kamera ausgestatteten Fahrzeugs (mittels Bilderkennung, in Zusammenarbeit mit der Abteilung **Bildverarbeitung**), ergänzen die oben erwähnten Tätigkeiten.



Erstellung von Bemessungsgrundlagen für Getriebe

Zur Ermittlung von Bemessungsgrundlagen für die Getriebeauslegung und zur Kalibrierung bzw. Neuentwicklung von Prüfprogrammen hat GM Powertrain in den beiden vergangenen Jahren ein großes Messprogramm zur Erhebung geeigneter Daten unter typischen Kundenbelastungen durchgeführt. Dazu wurden 16 Fahrzeuge (Opel Corsa, Vectra, Zafira sowie Saab 9-3) mit unterschiedlichen Antriebssträngen (Motor/Getriebe/Differential-Kombinationen) mit Geräten zur Aufnahme und Speicherung von Daten wie Geschwindigkeit, Motordrehzahl, Motormoment, Katalysatortemperatur, Drosselklappenstellung etc. ausgerüstet. Diese Fahrzeuge wurden von vielen verschiedenen Fahrern in Deutschland und Schweden unter normalen Alltagsbedingungen gefahren. In einem Logbuch wurden jeweils Fahrer, Beladungszustand, Einschätzung der Fahrweise und Streckentyp (Autobahn, Land, Stadt) für die spätere Auswertung festgehalten. Daneben wurden auch die bei GM gängigen Dauerlauftests vermessen.

Die Planung dieses Programms wurde abgestimmt mit dem ITWM, die Daten von ca. 300 000 gefahrenen Kilometern wurden vollständig vom ITWM ausgewertet. Dazu gehörten neben der Prüfung auf Korrektheit beispielsweise die Gangerkennung und Gang-spezifische Klassierverfahren (z. B. die Überrollungs-Rainflowzählung, Abbildung oben), Schaltmatrizen oder Verweildaueranalysen verschiedener Größen. Auf Basis geeigneter abgeleiteter Größen wie z. B. der Schädigungskennzahlen für Grübchenbildung oder Zahnfußbruch im Getriebe wurden statistische Analysen und Vergleiche durchgeführt, die einen vertieften Einblick in die Kundenbeanspruchung erlauben. Als Beispiele seien hier nur der Einfluss verschiedener Triebstränge oder die Streu-



Oben: Gemessenes Wellenmoment (rot) und die berechnete Last eines Zahnes (blau)

Links: Zahnfußschädigungen verschiedener Fahrer (normiert auf einheitliche Streckenlänge) im Weibullpapier

ung durch das Fahrerverhalten genannt. Dabei können sowohl parametrische Ansätze mit Verteilungsschätzungen (z. B. Weibull, Abbildung oben) und Extrapolationen durchgeführt und auf ihre Gültigkeit überprüft als auch Monte-Carlo-Techniken eingesetzt werden, um 95-prozentige Kundenbeanspruchungen zu ermitteln und diese in Beziehung zu setzen mit den bei GM standardmäßig durchgeführten Dauerlaufprüfungen.

Lastdatenanalyse und Erstellung von Bemessungsgrundlagen für Lkw

Die Erprobung von Komponenten, Baugruppen oder kompletten Fahrzeugen durch Fahrversuche auf der Teststrecke bzw. Tests auf Prüfständen muss verschiedenen, teilweise gegenläufigen Kriterien genügen. Einerseits müssen die geforderten Ausfallsicherheiten insbesondere bei sicherheitskritischen Bauteilen garantiert werden, andererseits sollen die Tests aber nicht durch zu »harte« Prüfungen zu einer Überdimensionierung führen. Deshalb wird beispielsweise in der Nutzfahrzeugindustrie versucht, eine enge Korrelation der Prüfungen mit den beim Kunden auftretenden Belastungen herzustellen.

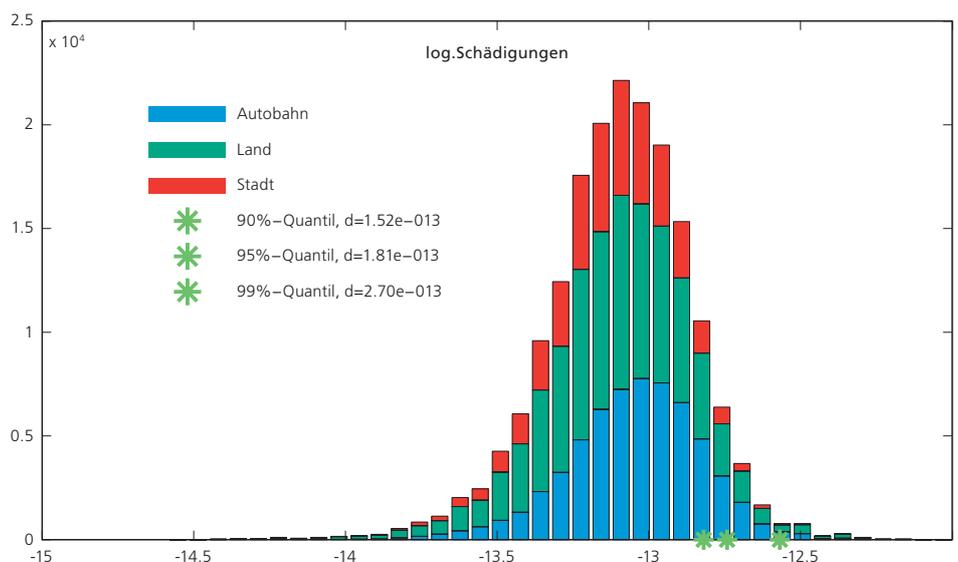
Dabei müssen sowohl die unterschiedlichen Anforderungen an sicherheitskritische und funktionelle Bauteile als auch die Vielfalt der Varianten, die eine Erprobung aller Komponenten in allen vorkommenden Konfigurationen unmöglich macht, geeignet berücksichtigt werden. Messkampagnen zur Ermittlung von Lastkollektiven für die Erprobung neuer Fahrzeuge oder die Erprobung für neue Märkte sind zeitaufwändig und teuer und müssen daher auf das notwendige Maß beschränkt bleiben. Zur Ableitung von Prüfprogrammen ist es aus statistischen Gründen aber wünschenswert, möglichst viele Messungen zu haben. Deshalb muss ein geeigneter Kompromiss zwischen beiden Anforderungen gefunden werden.

Das ITWM unterstützt hier Fahrzeughersteller bei der Planung und Auswertung der Messkampagnen. Typische Fragestellungen, die nur durch die Kombination von statistischem Modellierungs-Know-how und Systemverständnis hinsichtlich der Lastpfade und der Betriebsfestigkeit beantwortet werden können, sind:

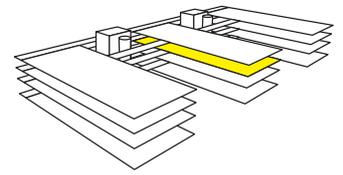
- Welche Straßentypen müssen gefahren werden, welche Fahrmanöver, welche Beladungszustände, wie viele Kilometer, etc.?
- Wie kann die Kundennutzung statistisch modelliert werden?
- Wie erfolgt die Übertragung des Kundennutzungsmodells auf die Messdaten?
- Wie ist der Auslegungskunde von den modellierten Einflussparametern (Straßentypen, Nutzungsarten, etc.) abhängig?
- Wie kann für den Auslegungskunden ein Prüfprogramm für Teststrecken oder Prüfstände abgeleitet werden?

Das Ergebnis solcher Messkampagnen sind mehrere hundert Abschnitte mit 50 bis 200 Kanälen (Messgrößen), die jeweils zu einer bestimmten Kombination

der variierenden Faktorstufen gehören. Neben den gängigen statistischen Methoden der Verteilungs- und Quantilschätzung spielen insbesondere Monte-Carlo-Methoden eine große Rolle. Diese ermöglichen die Verwendung von Informationen aus Vertrieb oder Wartung über Streckentypen- oder Nutzungsverteilungen. Damit kann der Hersteller gewisse Annahmen über den Kundenkreis eines Fahrzeugs treffen, die Auswirkungen dieser Annahmen auf die Beanspruchung des Fahrzeugs oder einzelner Komponenten studieren (Abbildung unten) und einen Auslegungskunden definieren. Schließlich wird der Auslegungskunde in Beziehung gesetzt zu den Beanspruchungen, die bei den Erprobungen auf Teststrecken entstehen. Dabei werden Optimierungsverfahren angewendet, um eine Teststreckenmischung zu berechnen, welche die Beanspruchung des Auslegungskunden möglichst gut abbildet.



Histogramm der Schädigungsverteilung für die Kundennutzung aus einer Monte-Carlo-Simulation mit zugehörigen Quantilen. Die Balken sind aufgespalten nach der Verteilung der Schädigung auf die verschiedenen Streckenarten.

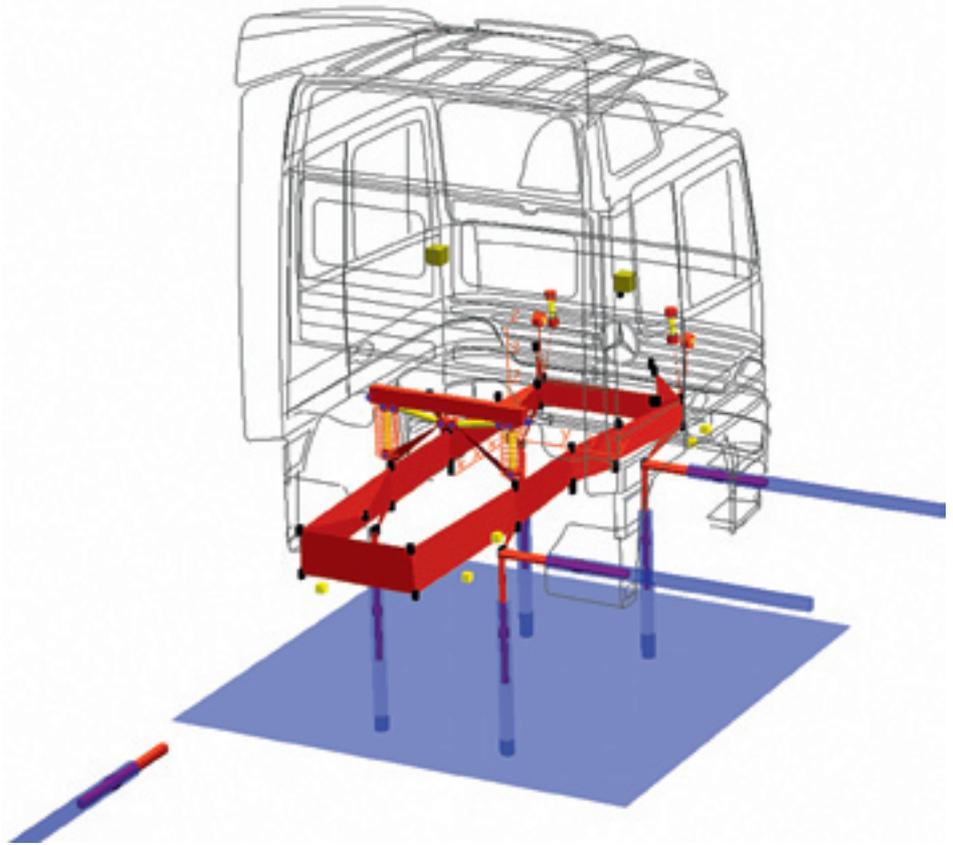


Ermittlung invarianter Anregung zur Simulation und Erprobung von Nutzfahrzeugmodulen

Bei der Neuentwicklung von Lkw legt die Daimler AG sowohl auf die rechnerische Simulation als auch auf die Prüfstandserprobung sehr viel Wert. Der Erfolg hängt dabei in beiden Fällen von realistischen Eingangslasten für die einzelnen Module (wie Fahrerhaus, Achse, Sitz usw.) ab. Da das Gesamtfahrzeug noch nicht existiert, können diese nicht am Betrieb eines Prototyps gemessen werden, sondern müssen sinnvoll durch Messungen an aktuell existierenden Modellen erschlossen werden.

Das Konzept der invarianten Systemanregung besteht darin, Größen zu finden, die bezüglich der Fahrzeugvariante invariant sind, sich also einfach auf ein anderes Modell übertragen lassen. Das Straßenprofil ist beispielsweise eine solche Invariante, hat aber den Nachteil, dass dabei das ganze Fahrzeug inklusive des in der Regel sehr aufwändig zu berechnenden Reifens simuliert werden muss. Deshalb sucht man nach anderen Größen. Auf ein Lkw-Fahrerhaus lässt sich die Rahmenbewegung des Fahrzeugs übertragen, da diese im Wesentlichen von der Straßenanregung verursacht wird.

Auf einer Daimler-Schlechtwegstrecke wurden an einem Testfahrzeug Federwege der Fahrerhauslagerung und Beschleunigungen am Rahmen gemessen. Die Simulation soll nun diese Größen wiedergeben. Ein virtueller Modulprüfstand mit sieben Zylindern wurde einschließlich Fahrerhaus als Mehrkörpersystem (MKS) modelliert. Das Modell legte insbesondere Wert auf die Flexibilität des Fahrzeugrahmens, der einen Teil des Prüfstands bildet. Als Nächstes wurden Drive-Signale so ermittelt, dass die Simulation die gemessenen Größen möglichst gut nachbildet. Dazu wurde ein iterativ lernendes Verfahren ver-



MKS-Modell des Fahrerhausprüfstandes

wendet, das mittels einer linearen Approximation des Systems die Zylinderbewegung in jedem Schritt so lange korrigiert, bis die gewünschte Übereinstimmung erfolgt. Dabei wurde insbesondere Wert auf betriebsfestigkeitsrelevante Vergleichsgrößen wie Spannenpaare und Pseudoschädigungszahlen gelegt.

Die aus der Simulation zugängliche Rahmenbewegung wurde auf den Rahmen der neuen Fahrerhausvariante übertragen. Diese kann nun auf dem virtuellen Prüfstand simuliert werden, ohne dass das gesamte Fahrzeug konstruiert sein muss. Dabei können im frühen Stadium des Entwicklungsprozesses Schwachstellen des Moduls erkannt und behoben werden.

Modellierung von Fahrzeugreifen

Als einziges Element des Fahrzeugs, das Kontakt mit der Fahrbahn hat, gibt der Reifen sämtliche Anregungen der Straße in Form von Achskräften und -momenten an das Gesamtsystem weiter. Daher spielt die Reifenmodellierung eine zentrale Rolle bei der Simulation des dynamischen Fahrzeugverhaltens.

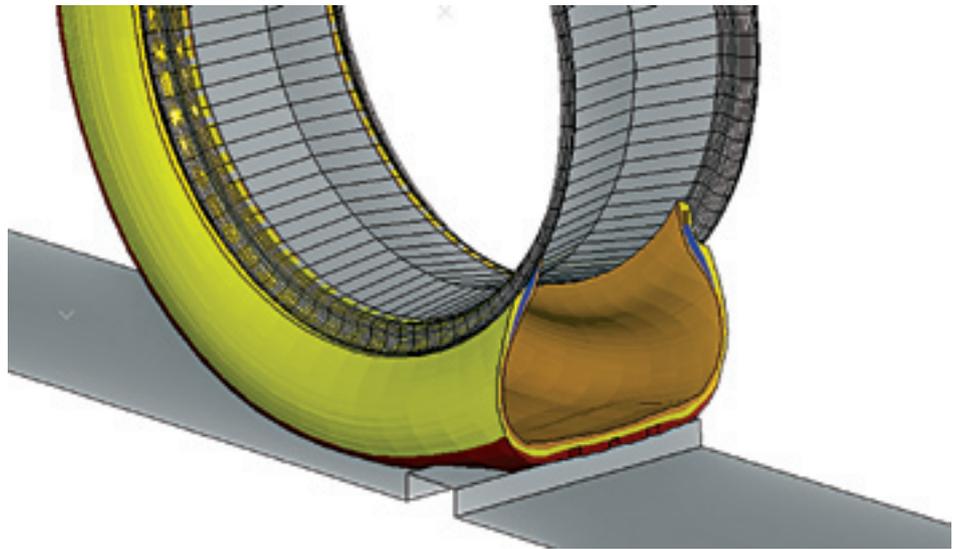
Echte 3D-Modelle auf der Basis der Finite-Elemente-Methode können die Reifenphysik sehr detailliert und realitätsnah beschreiben und damit in einer Simulation umfangreiche Informationen zur Übertragung von Kräften und Momenten von der virtuellen Straße auf die Radnabe liefern. Die Berechnung der transienten Reifendynamik ist jedoch so zeitaufwändig, dass derartige Modelle praktisch nur für Kurzzeit-Simulationen einsetzbar sind.

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der Abteilung auf dem Gebiet der MKS-Reifenmodelle beschäftigen sich daher mit zwei wichtigen Punkten: Der simulationsgestützten Parametrierung von MKS-Reifenmodellen und der Entwicklung solcher Modelle speziell für Nutzfahrzeuge.

Die simulationsgestützte Parametrierung umfasst Messungen und Simulation mit direktem Industrieauftrag, die Simulation spezieller Manöver und Ereignisse (virtuelle Versuche) mit 3D-FEM-Reifenmodellen und das Reifen- und MKS-Simulationsprogramm TIRE TOOL.

TIRE TOOL ermöglicht

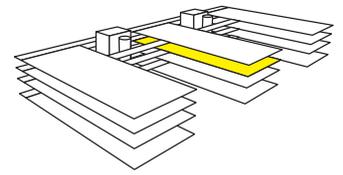
- die schnelle Vernetzung der individuell bilderfassten Reifenmodelle durch den Benutzer
- die automatische Erstellung und Berechnung von Reifen-FE-Modellen auf Basis von ABAQUS, wobei der Benutzer auch ohne ABAQUS-Kenntnisse auskommt



FE-Simulation einer Schlagleistenüberfahrt

- detaillierte Auflistung, Sichtung und auch Vergleich der Ergebnisse
- die automatische Erstellung sehr einfacher »magischer« Berechnungsformeln, die eine Abschätzung der vom Reifen übertragenen Kräfte und Momente aus kinematischen Parametern und Schlupfgrößen liefern
- die automatische Erstellung von Masse-Feder-Dämpfer-Systemen mit vom Benutzer wählbarer Komplexitätsstufe für anspruchsvollere MKS-Anwendungen, die optimal an die Reifensimulationsergebnisse angepasst werden, aber dennoch vernünftige Laufzeiten ermöglichen
- die Eingabe von Straßen- und Prüfstandprofilen
- schließlich die eigentliche MKS-Simulation

Für Nutzfahrzeuge, wie Lkw oder Traktoren, sind wegen der großen Lasten Prüfstandsversuche sehr aufwändig und entsprechende Daten schwer zugänglich. Die Entwicklung speziell für diese Fahrzeuggruppe geeigneter MKS-Reifenmodelle ist daher besonders gefragt.



Yekta Öngün, Ilker Nikelay, Thomas Stephan, Dr. Klaus Dreßler, Dr. Dominik Jung, Dr.-Ing. Joachim Linn, Sascha Feth, Dr. Michael Speckert, Dr.-Ing. Fredrik Birgeresson, Dr. Anja Streit, Dr.-Ing. Gerd Bitsch, Dr. Holger Lang, Silke Menzel, Dr. Albert Marquardt, Thorsten Weyh, Reinhard Priber, Sabrina Herkt, Lilli Müller, Steffen Polanski, Oliver Hermanns, Dr. Bernd Büchler, Thomas End

Competence Center High Performance Computing

Aufgrund der wachsenden Bedeutung der Simulation und der Verfügbarkeit entsprechender Software in der Industrie ist heute der Einsatz paralleler Systeme auch im kommerziellen Umfeld Standard geworden. Parallele Rechnersysteme werden bei Finanzdienstleistern, in der Ölindustrie und auch in der Formel 1 eingesetzt. Die Mehrzahl der Systeme ist heute aus Standard-PC-Hardware in Kombination mit einem Hochgeschwindigkeitsnetz aufgebaut.

Das Fraunhofer ITWM zählt zu den Pionieren beim Einsatz von PC-Clustern für industrielle Simulationsaufgaben. Erste Systeme mit am ITWM entwickelten Applikationen wurden bereits 1995 ausgeliefert. Heute betreibt das Institut zur Entwicklung paralleler Software und für industrierelevante Berechnungsaufgaben parallele Systeme mit über 1000 CPUs.

Technologische Probleme haben den kontinuierlichen Performancegewinn durch Taktraterhöhung gestoppt; Dual Core, Quad Core und mehr sind heute die Schlagworte für weiteren Performancegewinn. Damit ist die Parallelisierung von Software zu einer Schlüsseltechnologie in allen IT-relevanten Bereichen geworden. Zukünftige effiziente parallele Software wird eine hybride Struktur haben, die Multicore-Subsysteme optimal ausnutzt, aber auch über viele Rechner skaliert.

Der von IBM, Toshiba und Sony gemeinsam produzierte Cell Prozessor, der in der neuen Playstation arbeitet, ist ein Prototyp dieser neuen Generation von CPUs. In Kooperation mit dem IBM Entwicklungslabor in Böblingen werden am CC HPC Applikationen entwickelt und die Cell-Plattform auf ihre Eignung als HPC-System analysiert.

Die Projektaktivitäten des Competence Center HPC sind aktuell in vier Felder gegliedert:

Parallelisierung und Performance-Analyse

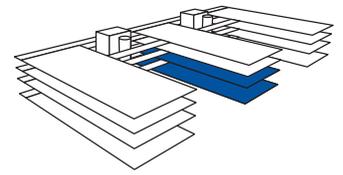
Der Schwerpunkt der Aktivitäten lag 2007 in den strategischen Kooperationen mit IBM und anderen Partnern. Durch die Kombination von grundlegendem HPC-Know-how und Anwendungswissen gelingt dem CC HPC die Entwicklung besonders leistungsfähiger Codes, die bei den Kunden auf großes Interesse stoßen. Speziell im Bereich der Seismik ist das Competence Center 2007 besonders erfolgreich gewesen. Mit dem norwegischen Konzern StatoilHydro konnte eine längerfristige Kooperation vereinbart werden.

Grid Computing

Das CC HPC beteiligt sich aktiv an D-Grid und dem europäischen EGEE-Projekt. Ein Schwerpunkt liegt in der Weiterentwicklung grundlegender Grid-Technologien und dem Engagement in Grid-Standardisierungsgremien. In einem zweiten Schwerpunkt werden Fraunhofer-Grid-Lösungen mit den Partnern im internen Enterprise-Grid-Projekt weiterentwickelt. Die eigene Grid-Lösung PHASTGrid konnte in verschiedenen Kooperationsprojekten mit der Industrie eingesetzt werden. Mit der Entwicklung der Grid Benchmark Portals jawari.itwm.fraunhofer.de wurde der D-Grid-Community eine produktive Umgebung zur Beurteilung von Qualität und Performance der Grid-Infrastruktur zur Verfügung gestellt.

Visualisierung

Die grundlegenden Forschungsarbeiten im Bereich der Ray-Tracing-Verfahren, die mit den Fraunhofer-Forschungspreis ausgezeichnet wurden, haben 2007 zur Entwicklung erster kommerzieller Produkte geführt. Mit PreStack-Pro konnte auf Internationalen Messen (SEG, EAGE) ein innovatives Softwareprodukt zur quantitativen Analyse und Visualisierung von großen PreStacks in der Ölindustrie vorgestellt werden. Für die Firma MAGMA Gießereitechnologie wurde ein komplett



CPU-basierter Postprozessor zur Analyse von Berechnungsergebnissen der Software MAGMASOFT entwickelt und ausgeliefert.

HPC-Tools

In den letzten Jahren sind leistungsfähige Tools für die Entwicklung von HPC-Software und -Systemen entstanden, die 2007 einem größeren Publikum vorgestellt wurden. Dazu gehören GraPA, ein Parallelisierungs-Framework für hybride Anwendungen im Bereich Multicore Distributed Memory; FVM, eine Software-Schnittstelle, die für parallele Applikationen »global shared memory«

auf Infiniband-Clustern bereitstellt, und das parallele Fraunhofer-Filesystem fhgfs.

Bereichsleiter:

Dr. Franz-Josef Pfreundt

© 06 31/3 1600-44 59

franz-josef.pfreundt@itwm.fraunhofer.de

Schwerpunkte

- Service Oriented Computing
- Nanoskalige Prozessmodellierung
- Parallele Algorithmen, Performance-Analyse
- Seismische Datenverarbeitung und Interpretation
- Cell Competence Center
- Visualisierung großer Datenmengen



Johann Wolfgang von Goethe, »Faust«, Spielzeit 2006/2007

»Die Hexenküche ist eine der zentralen Szenen im »Faust«, denn dort passiert Entscheidendes: Dr. Faustus wird verjüngt, wird ansehnlich und vital durch die Zauberkräfte der Hexen. Er geht gestärkt aus der Prozedur hervor, entwickelt neuen Lebensmut und die Energie, sich auf die rauschhafte Reise ins Ungewisse an der Seite Mephistos einzulassen.«

Thomas Dörfler, Ausstattungsleiter des Pfalztheaters

Cell Competence Center

Der Cell Broadband Engine (CBE) stellt einen Prozessortyp einer neuen Generation dar. Als hybrider Prozessor, der auf einem Chip einen Power-PC-Prozessor und acht auf Performance optimierte Synergistic Processing Elements (SPE) enthält, wurde für die Spieleindustrie entwickelt. Die gemeinsame Entwicklung von SONY, IBM und Toshiba ist in ihrer Spitzenleistung eine Größenordnung schneller als PC-Prozessoren und wird inzwischen auch im wissenschaftlichen Rechnen eingesetzt.

Das CC HPC war eine der weltweit ersten Gruppen, die in Zusammenarbeit mit IBM reale Anwendungen für den Cell-Prozessor entwickelt hat. In einer Kooperation mit dem IBM-Entwicklungszentrum in Böblingen wurde eine Spezialversion des Volume Rendering Codes PV-4D für den Cell-Prozessor entwickelt. Die Darstellung eines schlagenden Herzens aus CT-Aufnahmen mittels PV-4D wurde mit großem

Erfolg auf der CeBIT und weltweit in den IBM-Vertretungen präsentiert. Das schlagende Herz wurde 2007 auf der Sonderausstellung Computer.Medizin des Heinz-Nixdorf-Museums in Paderborn gezeigt.

Im Jahr 2007 wurden am CC HPC mit Unterstützung von IBM die Aktivitäten mit Bezug zur CBE ausgebaut. So konnte auf der CeBIT das Fraunhofer-Parallelisierungs-Framework GraPA präsentiert werden. Mittels GraPA wurde eine Strömungssimulation zur Optimierung von Wärmetauschern für Cluster von Cell Blades parallelisiert. In einer interaktiven Simulation zeigt der Cell-Prozessor seine besondere Leistungsfähigkeit.

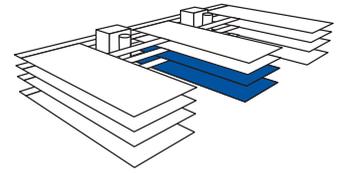
Mit der Verfügbarkeit der Playstation 3 in Europa wurde am Fraunhofer ITWM ein Rechencluster aus Playstations aufgebaut und für die Entwicklung und Simulation eingesetzt. Ein großer Erfolg war dann die Integration einer Finanzsimulation in die Fraunhofer Grid-Lösung PHASTGrid und deren Portierung

auf die Cell-Plattform. Auf der Internationalen Supercomputing Konferenz in Dresden fand diese Cloud-Computing-Lösung auf einem Cluster aus Playstations großes Interesse.

Die Portierung des Finanzsimulationscodes von einem Single-Core-Opteron-Prozessor zum Cell-Prozessor sowie die interne Optimierung des Codes erbrachte einen Geschwindigkeitsgewinn um den Faktor 160.

Ein besonders interessantes Einsatzgebiet für den Cell-Prozessor ist die Seismik. Bei Rechenzeiten, die selbst auf großen parallelen Systemen Wochen betragen, lohnt die Portierung auf den komplexen, aber deutlich schnelleren Cell-Prozessor. Als erstes konnte der Fraunhofer-Code zur Kirchhoff-Migration erfolgreich auf die CBE portiert und in PHASTGrid integriert werden. In Projekten mit der Ölindustrie werden 2008 weitere Codes für den Cell-Prozessor verfügbar gemacht.

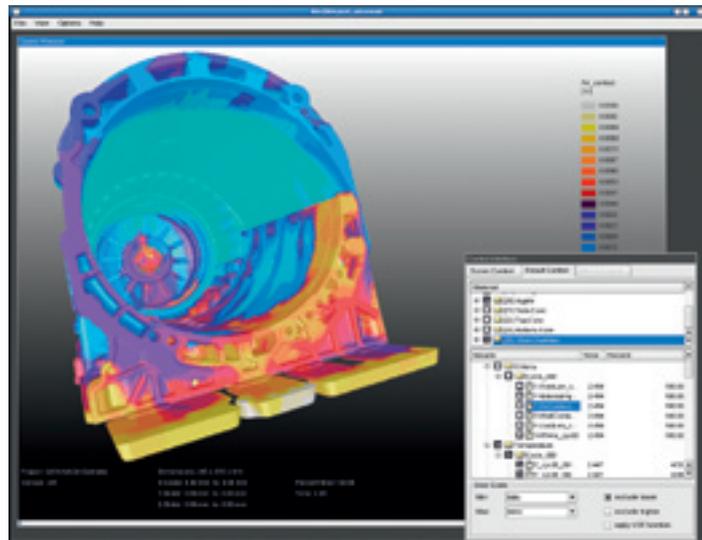




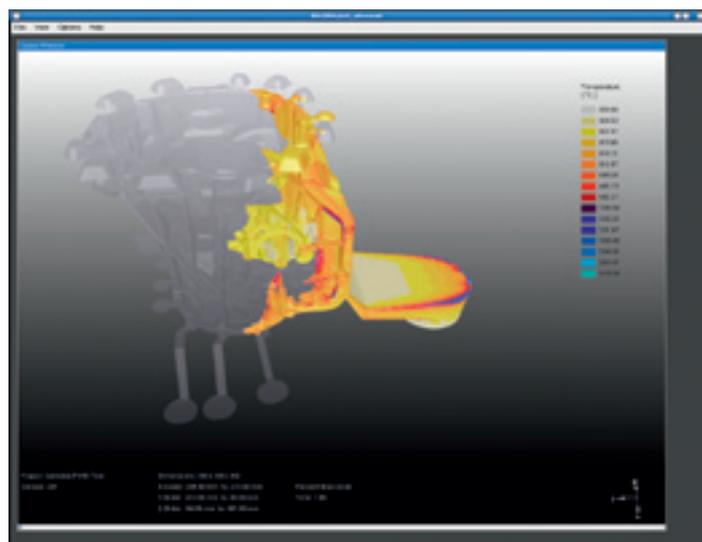
MAGMApost Advanced

2006 wurden am ITWM neue CPU-basierte Ray-Tracing-Verfahren für die Visualisierung großer triangulierter 3D-Objekte entwickelt. Diese Verfahren konnten Grafikkarten hinsichtlich Bildqualität und Bildrate schlagen. Die Kombination der bisher vorhandenen Volume-Rending-Verfahren mit diesen Verfahren war die besondere Herausforderung im Jahre 2007. Sie mündete in einem neuen Modul »MAGMApost advanced« für MAGMASOFT®. MAGMASOFT® ist heute das führende Simulationspaket für die Gießereiwirtschaft weltweit.

Zusätzlich zur Ergebnisdarstellung präsentiert es in einem 4D-Viewer animierte Simulationsergebnisse in Echtzeit. Alle Manipulationen der Ergebnisse wie Drehen, Zoomen und Schneiden sind live und interaktiv möglich, insbesondere bei sehr großen MAGMASOFT®-Projekten. Das Modul ermöglicht die direkte stereoskopische Darstellung der Ergebnisse in Raum und Zeit, verbessert die Einsicht in Füll- und Erstarrungsprozesse und erleichtert somit die Auswertung. MAGMApost advanced nutzt CPU-basierte Ray-Tracing-Techniken zur Visualisierung von Volumen und Oberflächendaten und stellt dabei keine besonderen Anforderungen an Grafikkarten. Ein Zusatznutzen von MAGMApost advanced ist, dass mit einer Lizenz konvertierte Ergebnisse auf jedem anderen Rechner mit einem Clientprogramm dargestellt und manipuliert werden können. Das Visualisierungswerkzeug setzt damit einen neuen Standard für die Ergebnisdarstellung der Gießprozess-Simulation.



Darstellung der Oberfläche eines Gussteils mit dem neuen in MAGMApost Advanced integrierten Polygon Renderer



Blick durch die transparent geschaltete Oberfläche auf den Füllprozess

Grid Computing

In wissenschaftlichen Anwendungen ist Grid-Technologie eine etablierte Basis für Berechnungen auf großen Datenmengen. Das Fraunhofer ITWM unterstützt mit der in wissenschaftlichen Projekten gewonnenen Erfahrung auch Unternehmen, welche die neuen Möglichkeiten des Grid Computings nutzen möchten. Dabei stehen maßgeschneiderte Lösungen für den Unternehmenseinsatz im Vordergrund.

PHASTGrid = Service-Oriented Computing

Mit PHASTGrid können Rechenaufgaben auf beliebigen Computern ausgeführt werden. Die Middleware basiert auf dem SOA-Gedanken und lässt sich einfach in bestehende Infrastrukturen integrieren. Durch eine einfache Webservice-Schnittstelle können bestehende Applikationen mit PHASTGrid gekoppelt werden – den Benutzern steht sofort mehr Rechenkapazität zur Verfügung.

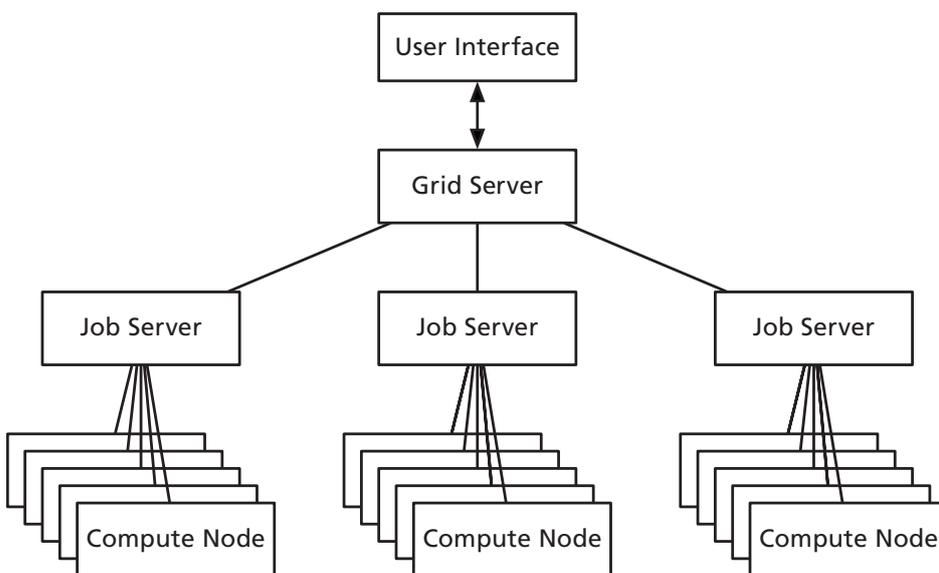
Die Benutzeraufträge werden von PHASTGrid automatisch paralleli-

siert und anhand der gegenwärtigen Systemauslastung verteilt. Ziel ist es, einen möglichst hohen Durchsatz zu realisieren. Schnittstellen zu Stagemanagern, unter anderem AVAKI, vereinfachen die Datenhaltung im System. Die Integration des Fraunhofer FS bietet darüber hinaus auch einen performanten Datenaustausch innerhalb der PHAST-Grid-Infrastruktur.

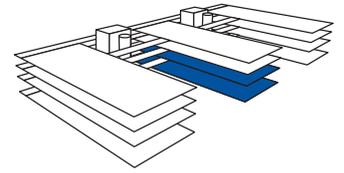
Calana

Calana ist ein agentenbasierter Scheduler für Grid-Systeme. Eingehende Rechenjobs werden durch Auktionen auf die verfügbaren Ressourcen verteilt. Dabei können Benutzer zwischen einer schnellen und einer billigen Ausführung wählen – in Abhängigkeit von der Systemauslastung generiert Calana entsprechende Vorschläge.

Die Ressourcenanbieter können mittels lokalen Agenten eigene Gebotsstrategien implementieren und so die Auslastung ihrer Ressourcen optimieren. Calana ist darüber hinaus auch in der Lage, Accounting-Informationen zur Rechnungsstellung zur Verfügung zu stellen.



PHASTGrid-Komponenten



Jawari

Um die Leistungsfähigkeit von Grid-Infrastrukturen vergleichen zu können, bietet das CC-HPC mit Jawari ein web-basiertes Tool zum Benchmarking an. Administratoren können ihre Infrastrukturen auf Schwachpunkte untersuchen, während Anwender bei der Auswahl von Ressourcen auf die Benchmarking-Resultate zurückgreifen können.

Das System führt in regelmäßigen Abständen Testjobs und Datentransfers aus. Die Ergebnisse werden in einer Datenbank gespeichert und über die Weboberfläche graphisch aufbereitet. Anwender können detaillierte Reports und Analysen abrufen.

XenBEE

Das Xen Basic Execution Environment zeigt die Stärken von virtualisierten Systemen in einer handlichen Umgebung. Ähnlich einem Batchsystem lassen sich Images starten und verwalten. Applikationen lassen sich mit speziellen Tools in ein Image packen und bringen so ihre komplette Umgebung mit – sogar das Betriebssystem kann in ein solches Image integriert werden. Damit müssen Applikationen nicht länger auf den Rechenressourcen selbst installiert werden. Die Images können auch die Eingabedaten enthalten; für einen Rechenjob lassen sich also alle Abhängigkeiten in das Image integrieren, was Kompatibilitätsproblemen vorbeugt.

BladeCenter QS20 von IBM basierend auf Cell-Prozessoren

Projekte im Grid-Umfeld

Neben der Entwicklung eigener Produkte ist das CC HPC auch an Projekten beteiligt. Die Fraunhofer-WISA »Enterprise Grids« bietet Gridtechnologie für den Unternehmenseinsatz an. Im D-Grid Projekt »PartnerGrid« wird in Zusammenarbeit mit anderen Fraunhofer-Instituten und der DLR an der Umsetzung von Applikationen für Grid-Umgebungen gearbeitet.

Die Erfahrung aus der Softwareentwicklung und den Projekten fließt im Rahmen des Open Grid Forum auch in die Standardisierung von Protokollen ein.



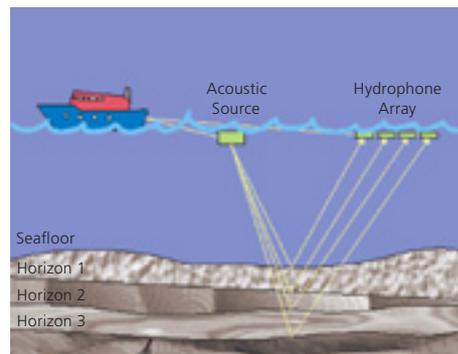
Seismische Datenverarbeitung und Interpretation

Unter den geophysikalischen Methoden nimmt die Reflektionsseismik aufgrund ihrer Fähigkeit, den Erduntergrund großräumig zu untersuchen und dennoch feine Strukturdetails aufdecken zu können, die herausragende Rolle bei der Exploration von Erdöl und Erdgas ein. Für seismische Messungen werden akustische Schallwellen an zahlreichen Stellen der Erdoberfläche angeregt und ihre Reflektionen an Geophonen oder Hydrophonen registriert. Aus den Reflektionslaufzeiten und -stärken lassen sich die gesteinsabhängigen Schallgeschwindigkeiten bzw. die an Schichtgrenzen vorliegenden Geschwindigkeitskontraste ermitteln und Untergrundstrukturen visuell darstellen.

Zwischen solchen Ergebnissen und der Datenaufnahme liegen zahlreiche Bearbeitungsschritte, die heute im TeraByte-Maßstab erhoben werden. Seismisches Datenprozessing ist daher ein zeitaufwändiger und teurer Vorgang, der stets nach verbesserten Methoden verlangt.

Eine wesentliche Rolle in der Bearbeitungsreihe nimmt die seismische Migration ein, die die nach geometrischen Aspekten der Akquisition angeordneten Messdaten ihren Reflektionsorten im Untergrund zuordnet und damit das Abbild des Untergrundes erzeugt. Eine mögliche Umsetzung dieses Verfahrens verwendet mit Methoden der Strahlentheorie berechnete Laufzeiten, um die möglichen Reflektionspunkte für jeweils ein Quell-Empfängerpaar zu berechnen, wobei sich durch die Interferenz der Beiträge von allen Quell-Empfänger-Kombinationen die Untergrundstruktur abzeichnet.

Laufende Arbeiten am ITWM umfassen die effiziente Implementierung derartiger Verfahren für drei Dimensionen auf massiv parallelen PC-Cluster-Architekturen. Vielversprechend ist insbesondere die auf der Theorie der generalisierten Radon-Transformation beruhende Migration, die Resultate in Abhängigkeit des Reflektionswinkels liefert und damit besonders gut geeignet ist, ölfüllte Reservoirs von trockenen Strukturen zu unterscheiden. Weitere effiziente Ray-



Schiff mit Hydrophonen

tracing-Algorithmen und Kirchhoff-Migrationen sind am ITWM im Einsatz und werden in Kooperationsprojekten mit der Ölindustrie weiterentwickelt.

Die effiziente parallele Implementierung wellengleichungsbasierter Migrationsverfahren sowie anderer besonders rechenzeit- und speicherplatzintensiver Algorithmen des seismischen Prozessings auch auf modernen CPU-Plattformen und in Kombination mit Grid-Technologien (PHASTGrid) und Grid-Computing konnte erfolgreich auf Messen demonstriert werden.

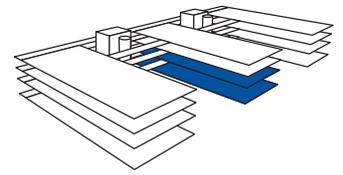


PreStack-PRO

Zahlreiche Schritte des seismischen Prozessings bedürfen zu ihrer optimalen Parametrisierung aktiver Qualitätskontrolle. Da verschiedenartige Kriterien wie der generelle Charakter der erhaltenen Seismik und z. B. Amplituden entlang von Reflektoren oder Störungen zu beurteilen sind und häufig gleichzeitig Stapelergebnisse und Seismik vor dem Stapeln darzustellen ist, muss die Qualitätskontrolle von guten Visualisierungstechniken begleitet werden.

Die Software PreStack-PRO wurde in den letzten Jahren am ITWM und in

Zusammenarbeit mit unserem norwegischen Partner ENVISION zu einer innovativen Plattform für die quantitative Analyse großer seismischer Datensätze ausgebaut. Ein effizienter Volumenrendering-Kern erlaubt das schnelle Navigieren in den parallel verteilt im Arbeitsspeicher gehaltenen Datensätzen. Aus der Kombination mit leistungsfähigen parallel implementierten Algorithmen ergeben sich kurze Bearbeitungszeiten für Verfahren, die im seismischen Prozessing und in der Interpretation heute die Produktivität maßgeblich beeinflussen und zu einem Alleinstellungsmerkmal für PreStack-Pro geworden sind.



Maxim Ilyasov, Sven Breuner, Mathias Dalheimer, Dr. Dirk Merten, Martin Vogt, Kai Krüger, Dr. Norman Ettrich, Dr. Franz-Josef Pfreundt, Claudia Fey, Alexander Petry, Dr. Martin Kühn, Nikolai Ivlev, Gerd Marmitt, Evgeny Ivanov, Matthias Groß, Dr. Tiberiu Rotaru, Abel Amirbekyan

Fraunhofer Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC

Auch 2007 ist es dem FCC gelungen, das Ertragsniveau des Vorjahres in Höhe von drei Millionen Euro aufrechtzuerhalten und ebenfalls wieder Ertragsüberschüsse zu erzielen. Zusammen mit unseren Partnern Chalmers und Fraunhofer ITWM decken wir einen großen Bereich an Anwendungen ab. 2007 floss etwa eine Million Euro an Projektmitteln an jeden Partner, die Grundfinanzierung der Projekte bereits mit eingerechnet.

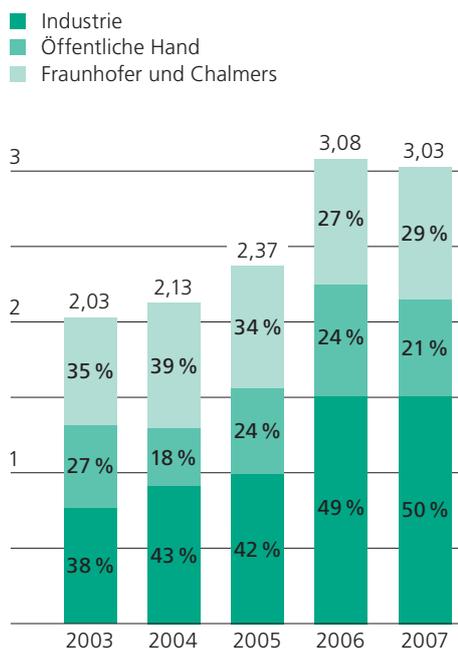
Das Gothenburg Mathematical Modelling Centre (GMMC), das von 2006 bis 2010 von Mathematical Sciences mit einem Budget von zweieinhalb Millionen Euro betrieben wird, sowie das vom Wingquist Laboratory 2007 bis 2016 mit einem Budget von siebeneinhalb Millionen Euro betriebene Vinnex Centre sind zwei prestigeträchtige schwedische strategische Initiativen von Chalmers, an denen das FCC beteiligt ist.

Das Profil des FCC wird durch seine Ertragsstruktur bestimmt. Das Ergebnis von 2007 entspricht genau dem Fraunhofer-Finanzierungsmodell, d. h. der Ertragsanteil aus Industrieprojekten

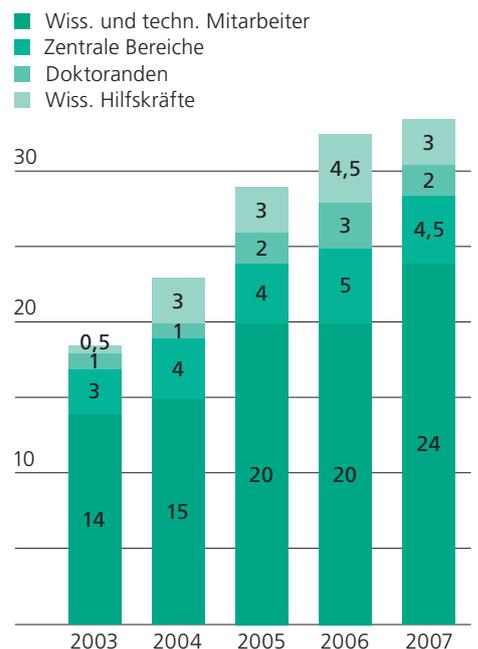
(50 %) und aus öffentlichen Projekten (21 %) sowie die Grundfinanzierung durch Fraunhofer und Chalmers (29 %) befinden sich in einem ausgewogenen Verhältnis. Unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind auch für andere Einrichtungen sehr attraktiv, wie sich durch den Wechsel von drei langjährigen Institutsmitgliedern zu anderen Arbeitgebern (zwei davon im Ausland) im letzten Jahr gezeigt hat. Gleichzeitig freuen wir uns über einige sehr vielversprechende Neueinstellungen. Die untenstehenden Diagramme belegen die Ertrags- und Personalentwicklung des FCC.

Die Abteilung **Geometrie und Bewegungsplanung**, die eng mit dem Chalmers Wingquist Laboratory zusammenarbeitet, erreichte ein Ertragsniveau von weit über einer Million Euro. Ihre Aktivitäten im Jahr 2007 umfassten den Beginn eines dritten Vinnova-MERA-Projekts zur Farbensimulation, rasch wachsende Lizenzeinnahmen aus der Bahnplanungssoftware und substantielle gemeinsame Entwicklungen mit der Abteilung **Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit** am ITWM.

Entwicklung Betriebshaushalt in Mio. €



Personalentwicklung



Die Abteilung **Computational Engineering und Design** erweiterte ihre Kompetenz in multiphysikalisch gekoppelten Anwendungen (elektromagnetischen und strömungsdynamischen Simulationen), insbesondere durch Projekte zusammen mit schwedischen und anderen europäischen Industriepartnern in Kooperation mit mehreren ITWM-Abteilungen. Auch mit Chalmers besteht eine strategische Kooperation zur simulationsgestützten Optimierung durch das GMMC.

Die Abteilung **Zuverlässigkeit und Risikomanagement** startete ein dreijähriges Projekt zur Belastungsanalyse für Anwendungen im Kraftfahrzeugbereich, zusammen mit dem Chalmers Stochastic Centre, dem Fraunhofer ITWM,

dem SP Technical Research Institute in Schweden und sechs europäischen Lkw-Herstellern aus Deutschland, Italien, den Niederlanden und Schweden. Im Finanz- und Versicherungswesen sind Software-Plattformen zum Asset-Liability-Management, zur robusten Portfolio-Optimierung und für Collateral-Debt-Obligationen in Zusammenarbeit mit dem ITWM entstanden.

Die Abteilung **Systembiologie und Bioinformatik** ist durch das Hinzukommen weiterer substantieller Erträge aus Industrieprojekten (Pharmaunternehmen) und öffentlichen Projekten (EU und GMMC), zusätzlich zu der langfristigen Finanzierung durch die schwedische Foundation for Strategic Research SSF, weiter gewachsen.

Schwerpunkte

- Geometrie und Bewegungsplanung
- Computational Engineering
- Risikomanagement
- Systembiologie und Bioinformatik

Leiter des FCC:

Dr. Uno Nävert

☎ +46 (0) 31/7 72-42 85

uno.navert@fcc.chalmers.se



Andrew Lloyd Webber, »Jesus Christ Superstar«, Spielzeit 2004/05

»Bestimmendes Moment dieses Bühnenbildes sind die Treppen, integriert in eine bewegliche Konstruktion, die sich öffnen und schließen lässt und damit der Dramaturgie verschiedene Schauplätze ermöglicht; sie stellen aber auch das Symbol für Verbindung dar. Das helle Licht schafft zusätzlich eine verheißungsvolle Atmosphäre.«

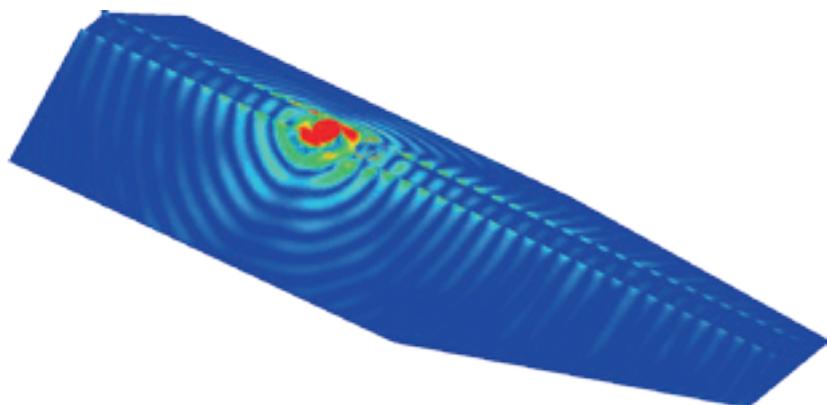
Thomas Dörfler, Ausstattungsleiter des Pfalztheaters

Die Software efield®

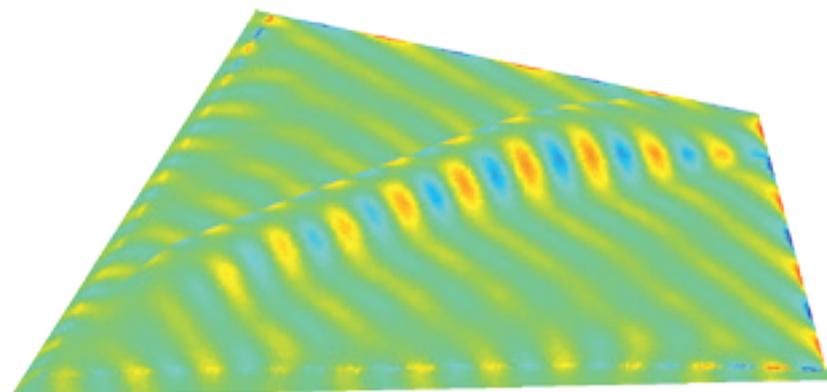
Die Software efield® ist das Ergebnis einer erfolgreichen Zusammenarbeit von Wissenschaft und Industrie in Schweden. Das FCC spielte eine wichtige Rolle bei der Entwicklung der Software und arbeitet derzeit im Auftrag von Efield AB und dem Industriekonsortium STM an einer Weiterentwicklung. Die Aktivitäten im Jahr 2007 betrafen vorwiegend vorbereitende Arbeiten für die ersten Releases und Verbesserungen des MLFMM-Lösers für dielektrische Materialien.

Die Software kann für Anwendungen in Bereichen wie Antennendesign, elektromagnetische Kompatibilität, Radar-

signatur und Mikrowellen eingesetzt werden. Die Gleichungslöser basieren auf Formulierungen sowohl im Zeit- als auch im Frequenzbereich. Ein Schlüsselmerkmal ist die Anwendung von Hybridmethoden. Im Frequenzbereich wird eine Momentenmethode (MoM) des Randintegrallösers mit einem Physical-Optics-Solver gekoppelt; im Zeitbereich koppelt man eine unstrukturierte Finite-Elemente-Methode mit einer Finite-Differenzen-Methode. Die grundlegende Idee der Hybridmethoden besteht darin, die Stärken der einzelnen Methoden zu nutzen, ohne deren Schwächen in Kauf nehmen zu müssen; dies erlaubt eine substantielle Erweiterung des Spektrums lösbarer Probleme.



Induzierte Oberflächenströme auf dem ESA-Swarm-Satelliten beim Senden elektromagnetischer Wellen durch das linke Antennenelement (eine der beiden Schüsseln oben auf dem Satelliten). Es wurde der auf einer Multilevel-Fast-Multipole-Methode (MLFMM) basierende efield®-Löser verwendet (Bildmaterial von Efield AB).



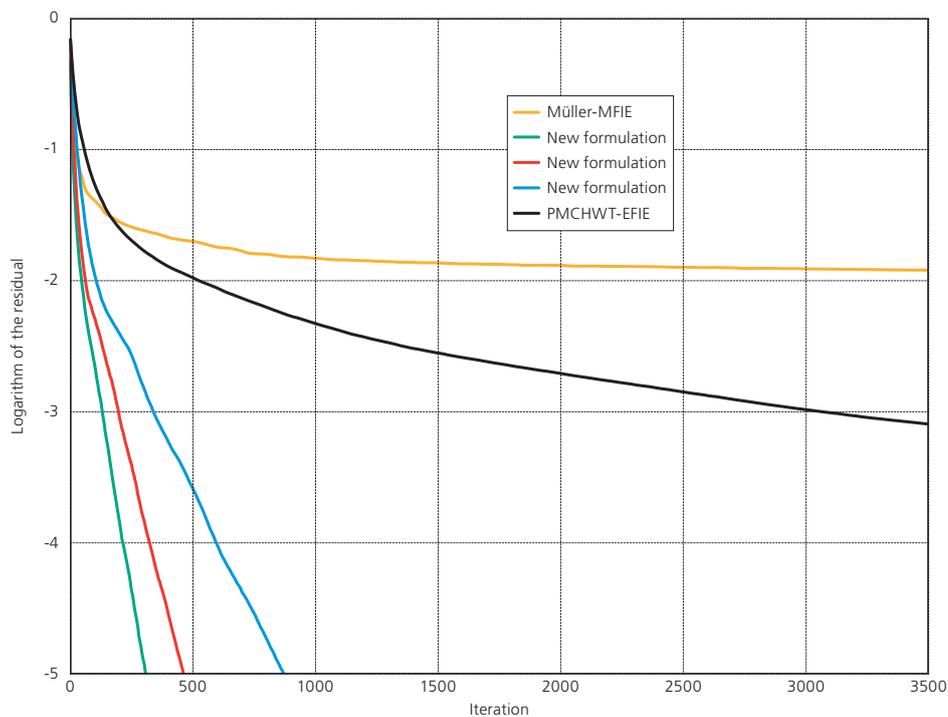
Oberflächenströme auf einer Eikon, nachdem ein Radarimpuls das Flugzeug, das als ein metallisches Objekt mit Vorderkanten aus einem radarabsorbierenden Material modelliert wurde, getroffen hat. Zur Berechnung wurde eine Multilevel-Fast-Multipole-Methode (MLFMM) verwendet.

Verbesserte Integralformulierungen für dielektrische Körper in MLFMM

Im Löser für den Frequenzbereich ist das Integral für dielektrische Körper sehr schlecht formuliert. Dies ist insbesondere dann ein Problem, wenn iterative Methoden zum Einsatz kommen, denn der iterative Prozess konvergiert, wenn überhaupt, dann nur langsam. Da diese Tatsache die Anwendung der Fast-Multipole-Methode lediglich auf Probleme mit perfekten elektrischen Leitern einschränkt, ist sie von entscheidender Bedeutung. Das Industriekonsortium STM hat ein Projekt finanziert, im Rahmen dessen alternative Integralformulierungen untersucht wurden.

Eine besondere Herausforderung stellt das Problem einer Kombination von

dielektrischen Materialien und Metall dar. Unten ist der bistatische Radarquerschnitt für die UAV Eikon mit radarabsorbierendem Material an den Vorderkanten dargestellt. Die mit dem alten, auf der Rumsey-Reaktionsformulierung basierenden (PMCHWT) Löser erzielten Ergebnisse werden verglichen mit den Ergebnissen, die sich aus der Kombination der PMCHWT-Formulierung mit der Müller-Formulierung ergeben. Das Problem der alten Implementierung war eine nicht optimale Skalierung der Gleichungen. Eine sorgfältige Analyse von Eigenvektoren und Eigenwerten führt außerdem zu einer neuartigen Kombination der Gleichungen in der Müller-Formulierung. Der Effekt hinsichtlich der Konvergenz ist dramatisch, wie sich in der Abbildung erkennen lässt.



Abgeschirmtes Gehäuse mit einem Draht; am Draht sind die elektrischen Ströme dargestellt, die Oberflächenströme am Gehäuse sind an den Wänden zu sehen. Das elektrische Feld wird in der Nähe des Drahts durch Volumenrendering sichtbar gemacht.

In-Silico-Simulation des Vorhofflimmerns beim Hund

Das Vorhofflimmern ist die häufigste Form der Arrhythmie und geht im Falle eines Herzinfarkts einher mit einer fünf- bis sechsfachen Steigerung der Schläge. Computermodelle, die die zeitliche Entwicklung des Aktionspotentials über realistischen Vorhofgeometrien beschreiben, sind von großem Nutzen für das Verständnis oder die Vorhersage des Effekts von Medikamenten, die als Inhibitoren auf einzelnen oder multiplen Ionenkanälen wirken. Im Besonderen ermöglichen es diese Modelle, die Dynamik der Ausdehnung des Aktionspotentials mit der Wirkung von Medikamenten auf der Ebene einer einzelnen Zelle in Verbindung zu bringen. Dies wiederum gestattet die In-Silico-Rekonstruktion und Untersuchung von Phänomenen wie dem Vorhofflattern oder -flimmern.

In diesem Projekt in Zusammenarbeit mit der Firma AstraZeneca R&D Mölndal wurde eine Methode für die Modellierung und Simulation elektrochemischer Aktivität in großformatigen Zellnetzwerken entwickelt. Diese erlaubt sowohl die Einbeziehung von verschiedenen geometrischen und Zellmodellen durch ein Plugin, als auch von Methoden zur Bestimmung der Faserorientierung der Myozyten und der Verteilung der Myozytensubtypen (siehe Abb. 2). Auf der Ebene einer einzelnen Zelle werden die Myozyten durch eine Reihe von gekoppelten, nichtlinearen gewöhnlichen Differentialgleichungen beschrieben. Die Verbindung der Zellen auf Gewebeebene erfolgt auf Grund von Monodomain-Annahmen; es ergibt sich ein Netzwerk, das durch eine durch das geometrische Modell definierte Konnektivitätsmatrix dargestellt wird. Hierauf basiert das vollständige Vorhoffmodell (Abb. 1).

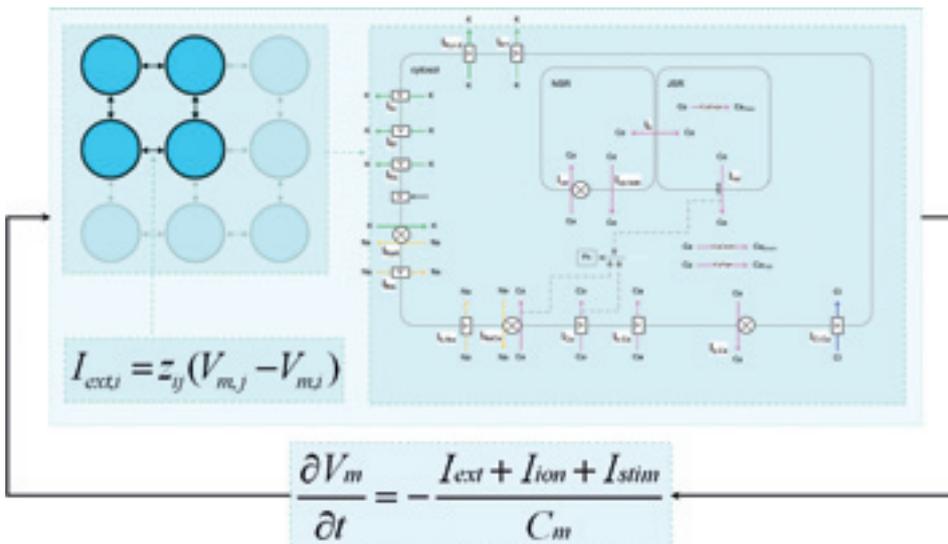


Abb. 1: Skizze der entwickelten Modellierungs- und Simulationsmethode: Netzwerkmodell, Zellmodell und Konnektivitätsmodell (Membranpotential-Gleichungen).

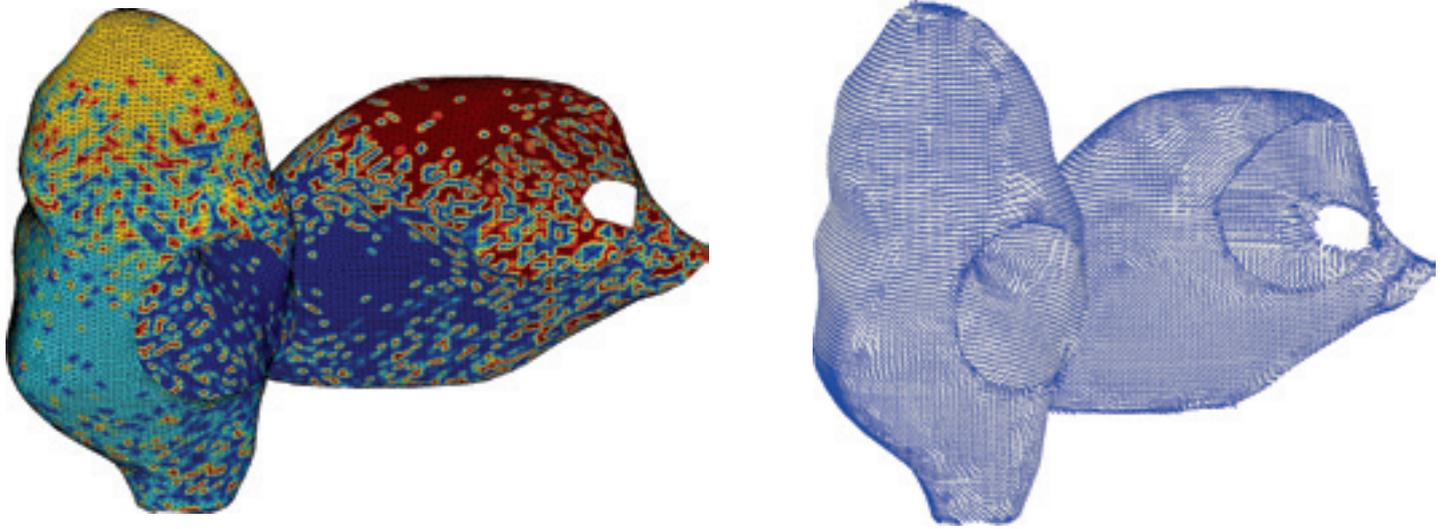


Abb. 2

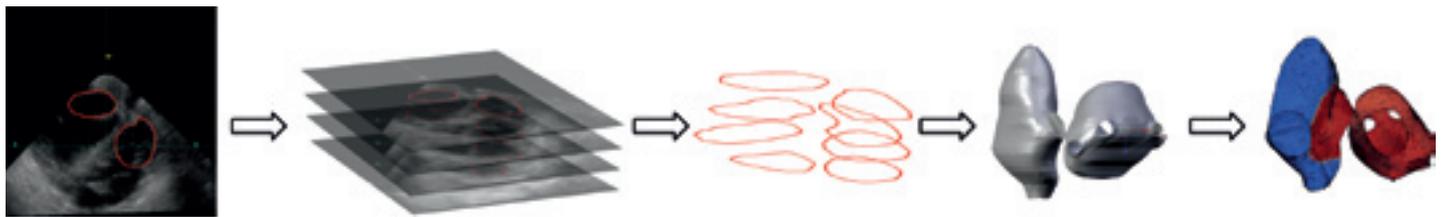


Abb. 3

Gegenwärtig umfasst das vollständige Vorhofmodell etwa 106 gewöhnliche Differentialgleichungen. Um eine gute Skalierbarkeit in Bezug auf die Komplexität des Modells, also die Gesamtzahl der zu lösenden Differentialgleichungen, zu erreichen, wurde das Modell auf einer Mehrprozessorumgebung implementiert.

Im Rahmen der Simulation wurde ein geometrisches Modell des Vorhofs beim Hund unter Verwendung von Ultraschall-Bilddaten erarbeitet. Ebenso wurde, basierend auf extensiven Literaturrecherchen und Konsultationen mit klinischen Experten, eine realistische Faserstruktur und Zelltypenverteilung in das Modell integriert. Abbildung 3 zeigt den Workflow bei der Modellentwicklung.

In der Simulation wurde das Vorhofflimmern und -flattern wie elektrodynamische Aktivität in Zellnetzwerken angeregt und nachfolgend die Auswirkung der Ionenkanal-Modulation auf dieses Verhalten untersucht. Die Ergebnisse stimmen qualitativ gut mit In-Vivo-Beobachtungen überein; die Methode ist somit für diese Anwendung nutzbar und gibt Anlass für eine Weiterentwicklung und weitere Untersuchungen. Die in dieser Arbeit vorgestellte Art der Simulation bietet ein großes Potential für Einblicke in die zugrunde liegenden Mechanismen des Vorhofflimmerns und -flatterns und eine Basis für die Vorhersage der Wirkung von Medikamenten.

Abb.2: Probenverteilung von verschiedenen Zelltypen auf den Oberflächen des Vorhofs (links), Muskelfaserorientierung (rechts)

Abb. 3: Workflow beim Modellieren: Ultraschallbild, Z-Stack der Ultraschallbilder, gezogene Kurven, 3D-Geometrie und Simulationsmodell

Automatische Bahnplanung für Festkörper und Industrieroboter

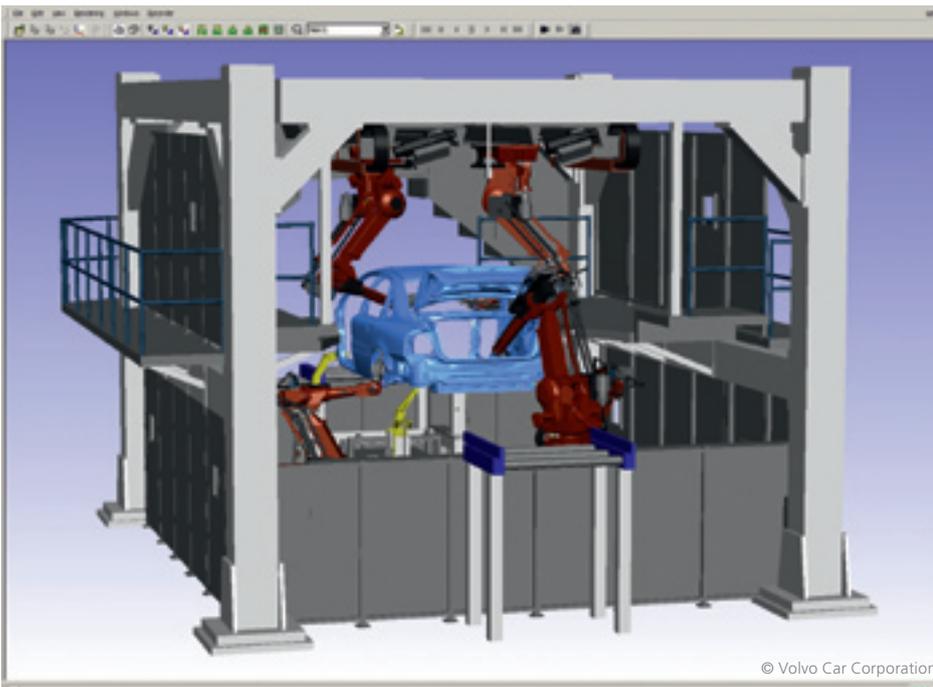
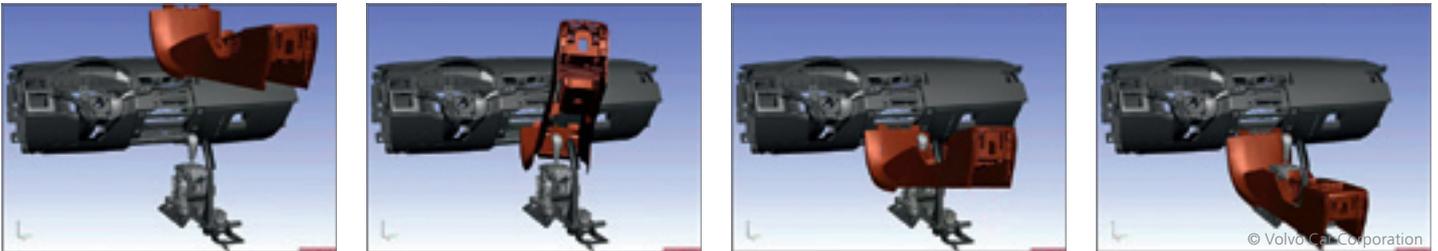
Obwohl in der modernen Industrie virtuelle Prototypen als Ersatz für physikalische Prototypen, zur Visualisierung von Montageprozessen und zur Offline-Programmierung von Industrierobotern verwendet werden, wird das volle Potential einer virtuellen Fabrik noch nicht erreicht. Die Programmierung der Bewegungen und Bahnen sowohl der Roboter als auch der Ausrüstung findet immer noch manuell statt, da eine Unterstützung für die Bahnplanung nur sehr begrenzt vorhanden ist. Eine weitere Einschränkung ist die geometrische Genauigkeit von virtuellem Modell und physikalischer Realität. Aus diesem Grund müssen geometrische Toleranzen bei der Bahnplanung be-

rücksichtigt werden. Dies ist ein erster Schritt von nominalen zu produktionsangepassten virtuellen Modellen, durch den eine Verbindung zum Produktionslauf mit Styling, Design und Manufacturability geschaffen wird.

Die virtuelle Verifikation solcher Produkte, die montiert und später für Instandsetzungsarbeiten demontiert werden können, ist ein wichtiger Bestandteil einer geometrischen Simulation in der produzierenden Industrie. Es besteht daher ein großes Interesse an Methoden und Software für eine automatische Erzeugung von kollisionsfreien Montagebahnen. Die Offline-Programmierung von Robotern und in der Fabrik verwendeten Koordinatenmessgeräten stellen Simulationsingenieure ebenfalls vor große Probleme,

wenn sie versuchen, manuell kollisionsfreie Bahnen zwischen einzelnen Punkten zu finden, unter Berücksichtigung möglichst geringer Zykluszeiten und geringer Verschleißes. Das FCC bietet daher Unterstützung bei der Bahnplanung in folgenden Anwendungen an:

- Visualisierung/Verifikation/Design bei der Montage
- Montage mit Robotern
- Schweißen und Abdichten
- Koordinatenmessgeräte
- Lastenverteilung, Reihenfolge und Koordination von Roboteroperationen



Obere Reihe: Der FCC-Bahnplaner findet eine Lösung für die Montage der Mittelkonsole in weniger als zwei Minuten.

Links: Automatische Bahnplanung und -optimierung in einer Abdichtungsstation



Dr. Johan Carlson, Johan Segeborn, Joachim Almquist, Mikael Karlsson, Dr. Pär Johannesson, Dr. Sara Lorén, Peter Lindroth, Mikael Sunnåker, Jonas Hagmar, Dr. Robert Rundqvist, Dr. Mats Jirstrand, Tomas Hermansson, Fredrik Ekstedt, Mikael Wallman, Daniel Segerdahl, Jenny Ekenberg, Domenico Spensieri, Bo Johansson, Dr. Stefan Jakobsson, Anders Ålund, Annika Eriksson, Dr. Fredrik Edelvik, Prof. Rikard Söderberg, Sebastian Tafuri, Dr. Robert Bolin, Björn Andersson, Muhammad Saif-Ul-Hasnain, Staffan Björkenstam, Dr. Uno Nävert

Andrä, Heiko; Steiner, Konrad

Methodenentwicklung in der Simulation entlang der Prozesskette Guss

Cluster-Workshop »Simulation in der Prozesskette Guss«, München, November 2007

Becker, Jürgen; Wiegmann, Andreas; Schulz, Volker

Design of Fibrous Filter Media Based on the Simulation of Pore Size Measures

Filtech 2007, Wiesbaden, Februar 2007

Berger, Martin; Nowak, Uwe; Schröder, Michael

Technology Aware Modeling of 2.5D-SIP for Automation in Physical Design

9th Electronics Packaging Technology Conference, Singapur, Dezember 2007

Bitsch, Gerd

Development of an Experimental and Test Environment for Vehicle Real-Time Simulations

Simpack User Meeting 2007, Bonn-Bad Godesberg, November 2007

Bitsch, Gerd; Dreßler, Klaus; Marquardt, Albert; Nikelay, Ilker

Computing digital road profiles for agricultural vehicle simulations

AgEng 2007, Hannover, November 2007

Bitsch, Gerd; Dreßler, Klaus; Speckert, Michael

Virtual Test Rigs

ECCOMAS thematic conference on Multibody Dynamics, Mailand (I), Juni 2007

Böhm, Martin

Automatisierte Online-Inspektion von metallischen Oberflächen

Internat. Symposium »Geometrisches Modellieren, Visualisieren und Bildverarbeitung«, Stuttgart, Juni 2007

Caiazzo, Alfonso

Asymptotic analysis of lattice Boltzmann method: fluid-structure interaction problems

NAMKE-Workshop, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Februar 2007

Dreßler, Klaus

Innovation auf verschiedenen Zeitskalen: Forschung – Methodenentwicklung – Anwendung am Beispiel des Innovationsclusters »Digitale Nutzfahrzeugtechnologie«

Symposium der Fraunhofer-Gesellschaft: »Beschleunigte Innovation mit regionalen und industrienahen Forschungscustern«, Berlin, September 2007

Dreßler, Klaus

Das Simulationszentrum Rheinland-Pfalz

KMU-Seminar des Simulationszentrums Rheinland-Pfalz, Ludwigshafen, Februar 2007; Trier und Koblenz, März 2007

Ettrich, Norman

Hydrodynamische Kanalnetzrechnung – Oberflächenabflussmodellierung bei Starkregenereignissen in urbanen Gebieten

DWA Landesverbandstagung Baden-Württemberg, Oktober 2007

Ettrich, Norman

Modellierung von Starkregenereignissen und Sanierungskonzeptionen

5. Hochwasserschutzforum in der Metropolregion Rhein-Neckar, Mannheim, November 2007

Ewe, Hendrik; Melo, Teresa; Savéant, Pierre

An MILP Model to Optimise the Logistics Network Configuration for the Maintenance of Turbo-shaft Engines

International Scientific Annual Conference Operations Research, Saarbrücken, September 2007

Ewing, Richard; Iliev, Oleg; Lazarov, Raytcho; Rybak, Iryna; Willems, Joerg

Two-level preconditioners for elliptic equations with multiscale varying coefficients

Perugia (I), Juni 2007

Ewing, Richard; Iliev, Oleg; Lazarov, Raytcho; Willems, Jörg

Numerical Study of Two-Grid Methods and Preconditioners for Elliptic Problems with Highly Oscillating Discontinuous Coefficients

6th International Conference on Large-Scale Scientific Computations, Sozopol (BG), Juni 2007

Godehardt, Michael; Schlötzer, Stephan

Analyse von strukturierten Werkstoffen mittels Computertomographie

3. Landshuter Leichtbau-Cluster, Landshut, Februar 2007

Günther, Marco

Modelling and Simulation: A Key for Innovation in Technical Textiles?

Symposium Research and Education Area, ITMA, München, September 2007

Halfmann, Thomas; Mohring, Jan; Wirsén, Andreas

Tools and libraries for numeric and symbolic model reduction

InMAR Workshop on Model Reduction and Control, Fraunhofer ITWM, Mai 2007

Hering-Bertram, Martin

Knowledge-assisted analysis of time-varying volumetric simulation data

Knowledge Assisted Visualization (KAV), IEEE Visualization, Sacramento (USA), Oktober 2007

Hering-Bertram, Martin

Recent advances in wave based and geometric simulated acoustics

Scientific Visualization Seminar, Dagstuhl, Juli 2007

Hietel, Dietmar

Modeling and Simulation of Filament Dynamics

Symposium Fibers and Fabrics, Schwalbach, September 2007

Hietel, Dietmar

Modelling, simulation, and optimization of fibre dynamics

Synthetic Fibre Talks, Vaals (NL), Mai 2007

Hietel, Dietmar

Process and Product Optimisation of Technical Textiles on Basis of Mathematical Simulations

Symposium Research and Education Area, ITMA, München, September 2007

Hietel, Dietmar; Feßler, Robert; Marburger, Jan

Simulationsbasierte Optimierung der Strömung von Polymerschmelzen

22. Hofer Vliesstofftage, Hof, November 2007

Iliev, Oleg; Latz, Arnulf; Popov, Petr; Rief, Stefan; Steiner, Konrad; Wiegmann, Andreas; Lakdawala, Zahra

Modelling and Simulation of Multiscale Problems in Industrial Filtration Processes

Sofia (BG), Dezember 2007

Iliev, Oleg; Lakdawala, Zahra

On Multiscale Simulation of Flow in Plain and Porous media

Multi-Scale Computational Methods for Solids and Fluids ECCOMAS Thematic Conference, Paris (F), November 2007

Iliev, Oleg; Lakdawala, Zahra; Latz, Arnulf; Rief, Stefan; Steiner, Konrad; Wiegmann, Andreas

Efficient Solvers for Simulation of Multiscale Filtration Processes

Sozopol (BG), June 2007

Iliev, Oleg; Latz, Arnulf; Rief, Stefan; Steiner, Konrad; Wiegmann, Andreas

On multiscale simulation of filtration processes

Zürich (CH), Juli 2007

Iliev, Oleg; Lazarov, Raytcho; Willems, Jörg

On Upscaling Heat Conductivity for a Class of Industrial Problems

Multi-Scale Computational Methods for Solids and Fluids ECCOMAS Thematic Conference, Paris (F), November 2007

- Iliev, Oleg; Latz, Arnulf; Rief, Stefan; Steiner, Konrad; Wiegmann, Andreas; Lakdawala, Zahra
Particle filtration processes in porous media
Utrecht (NL), November 2007
- Iliev, Oleg; Naumovich, Anna; Mikelic, Andro; Popov, Peter; Rybak, Iryna
On certain multiscale aspects of flow in rigid and in deformable porous media
Minsk (BY), June 2007
- Ivanov, Evgeny
Automatic Parallel Generation of Unstructured Grids for Computational Mechanics
2 Seminare, Siberian Division of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk (RUS), September 2007
- Ivanov, Evgeny
Parallel Tetrahedral Mesh Generation Based on A-priori Domain Decomposition
Universität Erlangen-Nürnberg, FB Informatik, August 2007
- Ivanov, Evgeny; Gluchshenko, Olga; Andrä, Heiko; Kudryavtsev, Alexey
Efficient parallel algorithm and software for automatic generation of 3D computational tetrahedral meshes
The 2007 World Congress in Computer Science, Computer Engineering & Applied Computing, PDPTA'07, Las Vegas (Nevada) USA, Juni 2007
- Jung, Dominik
Simulation mechatronischer Systeme
KMU-Seminar des Simulationszentrum Rheinland-Pfalz, Ludwigshafen, Februar 2007; Trier und Koblenz, März 2007
- Kehrwald, Dirk; Caiazzo, Alfonso; Maddu, Shankar; Thömmes, Guido; Becker, Jürgen; Latz, Arnulf; Rief, Stefan; Schulz, Volker; Steiner, Konrad; Vaikuntam, Ashok Kumar; Wiegmann, Andreas
Gitter-Boltzmann-Simulation komplexer Strömungen
AG Numerische Verfahren auf Hochleistungsrechnern, Universität Karlsruhe (TH), Oktober 2007
- Kehrwald, Dirk; Becker, Jürgen; Thömmes, Guido; Junk, Michael
A lattice Boltzmann method for multiphase flows
ICMF 2007, Leipzig, Juli 2007
- Kehrwald, Dirk; Latz, Arnulf; Maddu, Shankar; Thömmes, Guido
Direkte Simulation von Dielektrophorese in partikelbeladenen Strömungen
IWRMM-Workshop 2007, Universität Karlsruhe (TH), Oktober 2007
- Kirchner, Nina
Simulation nachgiebiger Bauteile
KMU-Seminar des Simulationszentrum Rheinland-Pfalz, Ludwigshafen, Februar 2007; Trier und Koblenz, März 2007
- Korn, Ralf
Dividends: Modelling, Option Pricing, Portfolio Optimization
London, Juni 2007 und Linz, Juni 2007
- Korn, Ralf
Inflation, Dividenden und dynamische Mortalität: Neue Modelle für praktische Probleme
Graz, Juni 2007
- Korn, Ralf
Langlebigkeit – Wirklich ein Problem ? Zur Analyse von Langlebigkeitsbonds
Mainz, Juni 2007
- Korn, Ralf
Langlebigkeitsbonds: Neue Produkte zur Absicherung des Langlebigkeitsrisikos ?
Hamburg, November 2007
- Korn, Ralf
OekonoSys: Modellierung (gesteuerter) ökonomischer Systeme
DASMOD-Meeting, Kaiserslautern, Februar 2007
- Korn, Ralf
Projektion von Versorgungswerken
Kaiserslautern (TeckPro), April 2007
- Korn, Ralf
Statistics and Probability at the Stock Exchange: A Modern Success Story
1. DAGSTAT Meeting in Bielefeld, März 2007
- Korn, Ralf
Worst-case control for optimal portfolios
Oberwolfach, Februar 2007, London, Juni 2007 und Berlin, Oktober 2007
- Krause, Michael
Sensitivity analysis and the choice of modeling parameters in intensity modulated radiotherapy (IMRT) plan optimization
Westfälische Wilhelms-Universität, FB Mathematik und Informatik, Münster
- Küfer, Karl-Heinz
Cooling of Casting Tools – fighting complexity with optimization-driven discretization
Gjuteri Föreningen, Jönköping (S), Februar 2007
- Küfer, Karl-Heinz
Industrial mathematics London, Juni 2007 method- or problem-driven? A project-oriented point of view
Festvortrag »5 Jahre Technomathematikstudium in Lund«, Lund Tekniska Högskola (S), November 2007
- Küfer, Karl-Heinz
Interactive decision support for industrial processes
Conference on »Robust Multiobjective Design Optimization with Simulation« Chalmers University, Göteborg (S), Dezember 2007
- Küfer, Karl-Heinz
Optimale Verwertung von Farbedelsteinen – ein neuer Industrieprozess
10 Jahre Fraunhofer-Allianz »Vision«, Fraunhofer IIS, Erlangen, Oktober 2007
- Kuhnert, Jörg
General Modelling for Visco-Elasto-Plastic Material Behaviour within the Finite Pointset Method
International Workshop Meshfree Methods for Partial Differential Equations, Bonn, September 2007
- Latz, Arnulf; Steiner, Konrad
Computational Rheology for Complex Fluids
VDI-Fachtagung »Simulation und Berechnung in der Kunststofftechnik«, Mannheim, März 2007
- Lautensack, Claudia
Modellierung der Mikrostruktur von Schäumen
Seminar des FB Mathematik/Naturwissenschaften, Hochschule Darmstadt, November 2007
- Lautensack, Claudia
Random Laguerre Tessellations – Promising Models for Foam Structures
Workshop »3D Image Analysis and Modeling of Microstructures«, Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern, April 2007
- Lautensack, Claudia
Random Laguerre Tessellations and Applications to Microstructures of Materials
Workshop SGSSA07, Reischensburg, Februar 2007
- Linn, Joachim
Real time simulation of quasistatic rod deformations
GAMM session on »Materials, Motion and Stability«, ICIAM Conference, Zürich (CH), Juli 2007
- Linn, Joachim
Schnelle Simulation quasistatischer Kabeldeformationen mit diskreten Kirchhoff- und Cosserat-Balkenmodellen
Universität Siegen, Mechanik-Kolloquium, April 2007

- Linn, Joachim; Stephan, Thomas
Fast simulation of quasistatic cable deformations using discrete rod models
ECCOMAS thematic conference on Multibody Dynamics, Mailand (I), Juni 2007
- Maag, Volker
Optimal Cooling in Injection Molding
22nd European Conference on Operational Research EURO XXII, Prag (CZ), Juli 2007
- Maasland, Mark; Teutsch, Christian
Kombinierte optische Vermessung und Oberflächenprüfung von 3D-Objekten
Fraunhofer-Vision-Seminar »Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung«, Braunschweig, Juni 2007 und Erlangen, Dezember 2007
- Maddu, Shankar
Asymptotic Analysis of Extrapolation Boundary Conditions for Lattice Boltzmann Methods
NAMKE-Workshop, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Februar 2007
- Maddu, Shankar; Caiazzo, Alfonso
Lattice Boltzmann boundary conditions via local singular force
ICMMES 2007, München, Juli 2007
- Melo, Teresa
A tabu search approach for a multi-period production/distribution system design problem
International Scientific Annual Conference Operations Research 2007, Saarbrücken, September 2007
- Mohring, Jan
Model reduction for multiphysics FE-models
Joint InMAR-MADUSE-Smart-Structures Workshop, Turin (I), Oktober 2007
- Müller, Marlene
Discussion of IPM36: Statistical algorithms and software
56th Session of the International Statistical Institute, Lissabon (PT), August 2007
- Müller, Marlene
Financial Mathematics at Fraunhofer ITWM
Deutsch-Spanischer Tag der Statistik und Ökonometrie, Universität Göttingen, Juli 2007
- Müller, Marlene
Nichtparametrische Komponenten in Discrete-Choice-Modellen
DASMOD Workshop: Klassifikationsverfahren für die Anwendung in Medizin, Wirtschaft und Technik, Fraunhofer ITWM, September 2007
- Müller, Marlene
MeStE: Mehrdimensionale Statistische Entscheidungsverfahren
DASMOD-Meeting, Kaiserslautern, März 2007
- Neunzert, Helmut
A new role for mathematics
Tata-Institute TIFR Mumbai (IND), Januar 2007
- Neunzert, Helmut
Biologie – Mathematik – Kunst
Eröffnung der Ausstellung von F. X. Lutz, FH Ulm, Oktober 2007
- Neunzert, Helmut
Industrial Mathematics in the Fraunhofer Society
Eröffnung der Fondation Math. Paris, Paris, Frankreich, September 2007
- Neunzert, Helmut
Industrial Problems for Mathematics
Vadodara (IND), Januar 2007
- Neunzert, Helmut
Mathematical Modelling
Stella Maris College, Chennai (IND) und Tirunelveli College, Tirunelveli (IND), Januar 2007
- Neunzert, Helmut
Mathematics as a Key Technology
Universität von Baroda, Vadodara (IND) Januar 2007
- Neunzert, Helmut
Opportunities for Indian enterprises at Kaiserslautern
Chennai (IND), Januar 2007
- Neunzert, Helmut
The 2 worlds of mathematics
Chalmers TH, Göteborg (S), Mai 2007
- Nickel, Stefan
Clinical Pathways and Appointment Planning
Karlsruhe, März 2007 und Prag (CZ), Juli 2007
- Nickel, Stefan
Location Problems in Supply Chain Management
Estoril (PT), Februar 2007; Dortmund, November 2007 und Barcelona (E), November 2007
- Nickel, Stefan
Ordered Median Problems
Talca (CL), April 2007
- Nickel, Stefan
Patient Transports in Hospitals
St Etienne (F), Juli 2007
- Nickel, Stefan
Planning Patient Transports in Hospitals: Theory and Practice
Twente (NL), November 2007
- Nickel, Stefan
Process Improvements in Hospitals
Seattle (USA), November 2007
- Nickel, Stefan
Real World Location Problems
Santiago de Chile (CL), April 2007
- Nickel, Stefan
Territory Design Problems
Universität Valencia (E), November 2007
- Oliveira, Ely Wagner Aguiar de
Jawari Grid Benchmarking Service
Demonstration Session, IEEE/ACM International Conference on Grid Computing (Grid 2007), Austin (USA), September 2007
- Peters, Stefanie
Automatische Parametrierung von Verfahren zur optimierten Texturerkennung
QIA Darmstadt, Seminar, Juni 2007
- Peters, Stefanie; König, Andreas
A Hybrid Texture Analysis System based on Non-Linear & Oriented Kernels, Particle Swarm Optimization and kNN vs. Support Vector Machines
7th International Conference on Hybrid Intelligent Systems, Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern, September 2007
- Peters, Stefanie; König, Andreas
Automatische Auswahl und Parametrierung bewährter Verfahren zur optimierten Texturerkennung
Bildverarbeitung in der Mess- und Automatisierungstechnik, Regensburg, November 2007
- Peters, Stefanie; Rauhut, Markus
Anforderungen und Aufbau eines Online-Oberflächeninspektionssystems
Messe Control, Sinsheim, Mai 2007
- Pfreundt, Franz-Josef
Beyond the graphics card – new game, changing technologies
Statoil Research Summit, Trondheim (N), September 2007
- Pfreundt, Franz-Josef
Das hochverfügbare und energieeffiziente Rechenzentrum des Fraunhofer ITWM
Data Center Convention, Düsseldorf, August 2007
- Pfreundt, Franz-Josef
Projektbericht zu Cell als HPC Platform für Financial Markets
Low Latency-Veranstaltung, IBM Frankfurt, November 2007

- Pfreundt, Franz-Josef
Energy Efficiency as an integral part of construction – procurement – operation
ISC Dresden, Juni 2007
- Pfreundt, Franz-Josef
FVM-fhgfs-GraPA-XENBEE-CBE
Scientific Computing Seminar, Lawrence Berkeley Lab (USA), April 2007
- Pfreundt, Franz-Josef
On Demand Computing - Technologien und Beispiele
IT-Betrieb und RZ, Wiesbaden, April 2007
- Pfreundt, Franz-Josef
Service-oriented Computing on the Cell CPU
IBM Workshop Frankfurt/M., November 2007
- Rauhut, Markus
Typischer Aufbau eines Online-Oberflächeninspektionssystemes
Fraunhofer-Vision-Seminar »Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung«, Braunschweig, Juni 2007 und Erlangen, Dezember 2007
- Rief, Stefan
Paper Pulp Dewatering
Marie Curie Workshop on Flow and Transport in Industrial Porous Media, Utrecht University (NL), November 2007
- Rief, Stefan; Kehrwald, Dirk; Schmidt, Kilian; Wiegmann, Andreas
Reliable Use of Numerical Methods in Upfront Simulations
NAFEMS, Wiesbaden, Germany, March 2007
- Rief, Stefan; Kehrwald, Dirk; Schmidt, Kilian; Wiegmann, Andreas
Virtual Diesel Particulate Filters
Emission Solutions in Transportation, Ann Arbor, Michigan (USA), October 2007
- Rief, Stefan; Wiegmann, Andreas
Simulation von Keramikstrukturen und ihren Eigenschaften mit GeoDict
Seminar des Graduiertenkollegs PoreNet, Universität Bremen, Dezember 2007
- Robb, Katharina; Wirjadi, Oliver; Schladitz, Katja
Fiber Orientation Estimation from 3D Image Data: Practical Algorithms, Visualization, and Interpretation
7th International Conference on Hybrid Intelligent Systems, Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern, September 2007
- Rösch, Ronald
Analyse von Volumenbildern mikrostrukturierter Werkstoffe
Initiative Bildverarbeitung, Hamburg, Mai 2007
- Rösch, Ronald
Bildverarbeitung am Fraunhofer ITWM
TU München, Juni 2007 und DGM-Arbeitskreis »Quantitative 3D-Mikroskopie«, FZK Karlsruhe, Juni 2007
- Rösch, Ronald
Fehlerdetektion in texturierten Oberflächen
10 Jahre Vision, IIS Erlangen, Oktober 2007
- Rösch, Ronald
Image Processing at Fraunhofer ITWM
DAAD Science Tour, Dezember 2007
- Scherrer, Alexander
Interactive multi-criteria IMRT planning
Radboud University Nijmegen Medical Centre, Nijmegen (NL), Oktober 2007
- Scherrer, Alexander
Simulation – Optimierung – Entscheidungsunterstützung: Zusammenspiel am Beispiel Strahlentherapieplanung
MeVis Research GmbH Bremen, März 2007
- Schladitz, Katja
3D image analysis and modelling of microstructures
Winterschule Sandbjerg (DK), Januar 2007 und ANKA-Seminar, Karlsruhe, Mai 2007
- Schladitz, Katja
ITWM-Präsentation
TU Kaiserslautern, FB Mathematik, November 2007
- Schmidt, Sebastian; Latz, Arnulf; Iliev, Oleg
On a nonlinear pressure algorithm for dilute and dense granular flow
AIP Conference proceedings 936, ICNAAM 2007, Korfu (GR)
- Schröder, Michael
Optimization-based solutions for practical problems in industry and the public sector
ICCTIAM 07, Baroda (IND), Januar 2007
- Schröder, Michael; Schüle, Ingmar
SynPlan - Ein neuer Lösungsansatz für die Fahrplanabstimmung in Verkehrsverbänden
21. Verkehrswissenschaftliche Tage, Dresden, September 2007
- Schulz, Volker; Andrä, Heiko; Steiner, Konrad
Simulation based optimization of layered acoustic trims
VAUC 2007, Vibro-Acoustics Users Conference, Köln, Juni 2007
- Schulz, Volker; Andrä, Heiko; Steiner, Konrad
Simulationsbasierte Optimierung geschichteter Vliesstoffe für Akustikverkleidungen
Techtextil Symposium, Messe Frankfurt, Juni 2007
- Siedow, Norbert
Models for fast radiative heat transfer simulations
icg2007 – XXIst International Congress on Glass, Strasbourg (F), Juli 2007
- Siedow, Norbert; Feßler, Robert; Hietel, Dietmar; Heinemann, Ulrich
Heat Transfer in Insulation Materials based on Evacuated Glass Bubbles
8th International Vacuum Insulation Symposium, Würzburg, September 2007
- Speckert, Michael; Marquardt, Albert; Dreßler, Klaus
Virtual iteration for setup of truck cab tests
Simpack User Meeting 2007, Bonn, November 2007
- Spies, Martin
Simulation-based Evaluation and Optimization of Ultrasonic NDT Methods for Complex Materials and Components
Chalmers University of Technology, Göteborg (S), Dezember 2007
- Spies, Martin; Bamberg, Joachim
Optimal Probe Arrangement for Ultrasonic Inspection of Turbine Engine Spin Test Disks
34th Annual Review of Progress in Quantitative Non-destructive Evaluation, Golden, Colorado (USA), Juli 2007
- Spies, Martin; Hamann, Rainer; Heerens, Joachim
ProRepaS - Bruchmechanische Bewertung von Fehlstellen in Propellerflügeln
Statustagung zum F&E-Förderprogramm »Schifffahrt und Meerestechnik für das 21. Jahrhundert«, Rostock, Dezember 2007
- Spies, Martin; Raillon, Raphael; Chatillon, Sylvain; Mahaut, Steve
Results of the 2007 UT Modelling Benchmark Using Various Semi-Analytical Beam and Flaw Scattering Codes
34th Annual Review of Progress in Quantitative Non-destructive Evaluation, Golden, Colorado (USA), Juli 2007

- Spies, Martin; Rieder, Hans
Simulationsgestützte Ultraschallprüfung komplexer Werkstoffe und Bauteile
Arbeitskreis »Bildanalyse und Mustererkennung Kaiserslautern«, Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern, Dezember 2007
- Spies, Martin; van Kooij, Adri; Junglewitz, Andreas
ProRepaS – Auffinden und Bewerten von Schweißstellen in NiAl-Bronze-Propellern
102. Hauptversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft e. V., November 2007, Berlin
- Steeg, Jörg
A Hybrid Approach to Solve the Periodic Home Health Care Problem
International Scientific Annual Conference Operations Research, Saarbrücken, September 2007
- Steiner, Konrad
Mathematische Modellierung und Simulation von technischen Prozessen
Fraunhofer IZFP, Saarbrücken, Januar 2007
- Süss, Philipp
A multi-objective optimiser for intensity modulated radiation therapy planning
European Conference on Numerical Mathematics and Advanced Applications (ENUMATH 2007), Graz (A), September 2007
- Szimayer, Alexander
Returns of Stock and Bond Markets: A Copula-Based Investigation of the Dependence Structure
Universität Heidelberg, Alfred-Weber-Institut, Juli 2007
- Szimayer, Alexander
Valuing Executive Stock Options: Performance Hurdles, Early Exercise and Stochastic Volatility
School of Mathematics, University of Manchester (UK), Dezember 2007 und Universität Hohenheim, Institut für Betriebswirtschaftslehre, Dezember 2007
- Thömmes, Guido
A combined Lattice Boltzmann/Level Set Method for Immiscible Multiphase Flows
ICMMES 2007, München, Juli 2007
- Tiwari, Sudarshan; Drumm, Christian; Attarakih, M. Menwer; Kuhnert, Jörg; Bart, Hans-Jörg
Coupling of the CFD and the droplet Population Balance Equation with Finite Pointset Method
International Workshop »Meshfree Methods for Partial Differential Equations«, Bonn, September 2007
- Velásquez, Rafael
Modeling and solving the online operating theatre scheduling problem
Twente University Enschede (NL), Oktober 2007
- Velásquez, Rafael
Operating Theatre Scheduling: from the Appointment to the Future
Erasmus Universität Rotterdam (NL), Oktober 2007
- Velásquez, Rafael
Solving the Multi-criteria Next-day Elective Surgery Scheduling Problem
33rd International Conference on Operational Research Applied to Health Services, St. Étienne (F), Juli 2007
- Velásquez, Rafael
Tactical Operating Theatre Scheduling: Efficient Appointment Assignment
International Scientific Annual Conference Operations Research 2007, Saarbrücken, September 2007
- Velásquez, Rafael
The Operating Theatre: Appointment Planning, Surgery Scheduling and Online Surgery Rescheduling
OR in Healthcare Conference, Enschede, November 2007
- Weyh, Thorsten
FEM und Schraubenverbindungen
Arbeitskreis »Örtliche Bewertung von Gewindeverbindungen«, MPA Darmstadt, Oktober 2007
- Wiegmann, Andreas
CAMD and CAME: Computer Aided Material Design and Material Engineering
Dupont, Wilmington, Delaware (USA), Mai 2007
- Wiegmann, Andreas
Computational Study of Dependence of Pressure Drop on Pleat Shape and Filter Media
Filtech 2007, Wiesbaden
- Wiegmann, Andreas
Fuel Cell Material Models and Property Computations with GeoDict and SatuDict
Electrochemical Engine Center, Penn State University, Pennsylvania, USA. 20.9.2007
- Wiegmann, Andreas
Virtual Characterization of the Pore Structure of Nonwovens
International Nonwovens Technical Conference, Atlanta, Georgia (USA), 2007
- Winterfeld, Anton
Multibody design centering via general semi-infinite optimization
22nd European Conference on Operational Research EURO XXII Prag (CZ), Juli 2007
- Winterfeld, Anton
Numerics of large-scale semi-infinite optimization applied to optimal gem cutting
MeVis Research GmbH, Bremen, März 2007
- Wirjadi, Oliver; Breuel, Thomas
Global Modes in Kernel Density Estimation: RAST Clustering
7th International Conference on Hybrid Intelligent Systems, Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern, September 2007
- Wirjadi, Oliver; Breuel, Thomas
Interaction Point Processes for Multiple Object Localization
Workshop »3D Image Analysis and Modeling of Microstructures«, Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern, April 2007
- Wirjadi, Oliver; Jablonski, Andreas
Clustering in der Bildverarbeitung
DASMOD-Workshop, Kaiserslautern, September 2007
- Zemitis, Aivars; Orlik, Julia; Andrä, Heiko
Multiscale solution of the mechanical contact between coated knee prosthesis and bone
Multiscale Computational Methods for Solids and Fluids, ECCOMAS Thematic Conference, ENS-Cachan (F) 2007

Andrä, Heiko
Einführung in die Boundary-Element-Methode
TU Kaiserslautern, Sommersemester 2007

Böhm, Martin
Blockvorlesung Image Processing
Université de Savoie, Annecy, Sommersemester 2007

Böhm, Martin
Professur für Robotik und Bilderkennung
Fachhochschule Kaiserslautern

Dreßler, Klaus
Lastdatenanalyse in der Betriebsfestigkeit
Simpack Academy 2007, Starnberg, Januar 2007

Günther, Marco
Modelling and Simulation of Fluid Mechanics in the Area of Non-wovens
TU Kaiserslautern, Kompaktkurs, Oktober 2007

Hering-Bertram, Martin
Visualization and VR
TU Kaiserslautern, Sommersemester 2007

Hering-Bertram, Martin
Computeranimation
TU Kaiserslautern, Wintersemester 2006/2007 und 2007/2008

Iliev, Oleg
Modern iterative methods
TU Kaiserslautern, Wintersemester 2007/08

Kehrwald, Dirk
Thermo- und Fluidodynamik
Hochschule Mannheim, Wintersemester 2006/07, Sommersemester 2007 und Wintersemester 2007/08

Klar, Axel
Professur für Technomathematik
Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern

Korn, Ralf
Professur für Finanzmathematik
Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern

Müller, Marlene
Statistical Aspects of Credit Rating
Humboldt-Universität zu Berlin, Wintersemester 2007/08

Müller, Marlene
Multivariate Statistics
TU Kaiserslautern, Sommersemester 2007

Neunzert, Helmut
Modelling Workshop
Chennai, IIT Madras, Januar 2007

Neunzert, Helmut
Vorlesung über Partielle Differentialgleichungen
Chennai, IIT Madras, Januar 2007

Nickel, Stefan
Professur für Operations Research und Logistik
Universität des Saarlandes, Saarbrücken

Prätzel-Wolters, Dieter
Professur für Technomathematik
Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern

Spies, Martin
Blockvorlesung EM-zfP
Uni Bordeaux, Wintersemester 2007

Thömmes, Guido
Introduction to Computational Fluid Dynamics
TU Kaiserslautern, FB Mathematik, Wintersemester 2007/08

Banda, Mapundi; Klar, Axel; Seaid, Mohammed
Lattice Boltzmann relaxation methods for coupled convection and radiation systems
Journal of Computational Physics 226, 2, 2007, 1408-14

Bauer, Norbert; Rauhut, Markus; Aderhold, Jochen
Automobil-Oberflächen mit industrieller Bildverarbeitung untersuchen – Der Blick unter die Oberfläche
Journal für Oberflächentechnik, Nr. 3, S. 38-40, 2007

Beaudry, Alexandre; Melo, Teresa; Laporte, Gilbert; Nickel, Stefan
Dynamic transportation of patients in hospitals
OR Spectrum, doi: 10.2007/s00291-008-0135-6, 2007

Becker, Jürgen; Junk, Michael; Kehrwald, Dirk; Thömmes, Guido
A combined Lattice Boltzmann/Level Set Method for Immiscible Multiphase Flows
Proceedings of ICMMES 2007

Becker, Jürgen; Junk, Michael; Kehrwald, Dirk; Thömmes, Guido
A Lattice Boltzmann Method for multiphase flows
Proceedings of ICMF 2007

Becker, Jürgen; Wiegmann, Andreas; Schulz, Volker
Design of Fibrous Filter Media Based on the Simulation of Pore Size Measures
Filttech 2007 Proceedings, Volume I, pp. 71-78.

Bitsch, Gerd; Dreßler, Klaus
Einsatz von Simulationswerkzeugen zur Auslegung und Optimierung von Prüfkonzepten
MP Materials Testing, Vol. 49, München, 2007, S. 455-462

Bitsch, Gerd; Dreßler, Klaus; Marquardt, Albert; Nikelay, Ilker
Computing digital road profiles for agricultural vehicle simulations
VDI-Berichte, Nr. 2001, VDI-Verlag Düsseldorf, 2007, pp. 533-538

Bitsch, Gerd; Dreßler, Klaus; Speckert, Michael
Virtual Test Rigs
C.L. Bottasso et al. (Eds.): Proceedings of the ECCOMAS thematic conference on Multibody Dynamics, Politecnico di Milano (2007)

Bonilla, Luis; Götz, Thomas; Klar, Axel; Marheineke, Nicole; Wegener, Raimund
Hydrodynamic Limit of a Fokker-Planck Equation Describing Fiber Lay-down Processes
SIAM Journal on Applied Mathematics, 68(3), 648-665, 2007

- Büchler, Bernd
On the ill-posedness and regularization of third-kind integral equations
Journal of Inverse and Ill-Posed Problems 15 No.4, de Gruyter, 2007, pp. 329-346
- Caiazzo, Alfonso; Junk, Michael
Boundary Forces in lattice Boltzmann: Analysis of Momentum Exchange Algorithm
Computers and Mathematics with Applications, 55, 1415-1423, 2007
- Ciegis, Raimondas; Iliev, Oleg; Lakdawala, Zahra
On parallel numerical algorithms for simulating industrial filtration problems
Comp. Meth. Appl. Math., Vol.7, No.2, pp.118-134, 2007
- de Kock, Johan; Kraft, Holger; Steffensen, Mogens
CDOs in Chains
Wilmott Magazine, Mai 2007
- Degond, Pierre; Göttlich, Simone; Herty, Michael; Klar, Axel
A network model for supply chains with multiple policies
SIAM Multiscale Modeling and Simulation 6, 3, 2007
- Deines, Eduard; Michel, Frank; Hering-Bertram, Martin; Mohring, Jan; Hagen, Hans
Simulation, visualization, and virtual reality based modeling of room acoustics
19th International Congress on Acoustics (ICA), Madrid, RBA-05-002-IP, 2007
- Dreßler, Klaus
Innovation auf verschiedenen Zeitskalen: Forschung – Methodenentwicklung – Anwendung am Beispiel des Innovationsclusters »Digitale Nutzfahrzeugtechnologie«
Hans-Jörg Bullinger (Hrsg.): Beschleunigte Innovation mit regionalen und industriennahen Forschungsclustern, Stuttgart, 2007, S.70-75
- Drezner, Zvi; Nickel, Stefan
Solving the ordered one-median problem in the plane
Berichte des Fraunhofer ITWM, 107, 2007
- Drumm, Christian; Tiwari, Sudarshan; Kuhnert, Jörg; Bart, Hans-Jörg
Verknüpfung von Populationsbilanzmodellen PBM und der Finite Pointset Methode FPM bei der Extraktion
Chemie Ingenieur Technik (ProcessNet Jahrestagung), 9, 1367, 2007
- Elwart, Kristina
Intensitätsbasierte Bildregistrierung in der industriellen Bildverarbeitung
Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung – Qualitätssicherung in der Praxis; S. 95-98, Fraunhofer-Allianz Vision, 2007
- Ettrich, Norman
Surface-sewer coupling and detailed elevation models for accurate urban drainage modelling.
Proceedings Cost Session AquaTerra Conference: Special aspects of urban flood management, Februar 2007, Amsterdam, pp. 183-196
- Ewing, Richard; Iliev, Oleg; Lazarov, Raytcho; Naumovich, Anna
On convergence of certain finite volume difference discretizations for 1-D poroelasticity interface problems
Num. Meth. PDEs, vol.23, No.3, pp. 652-671, 2007
- Ewing, Richard; Iliev, Oleg; Lazarov, Raytcho; Rybak, Iryna
On two-level preconditioners for flow in porous media
Berichte des Fraunhofer ITWM, 121, 2007
- Fehlinger, Thomas; Freeden, Willi; Gramsch, Simone; Mayer, Carsten; Michel, Dominik; Schreiner, Michael
Local modelling of sea surface topography from (geostrophic) ocean flow
ZAMM Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik, 87(11-12), 775-791 (2007)
- Feth, Sascha; Franke, Jürgen; Speckert, Michael
Resampling-Methoden zur mse-Korrektur und Anwendungen in der Betriebsfestigkeit
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 116 (2007)
- Frank, Martin; Hensel, Hartmut; Klar, Axel
A fast and accurate moment method for the Fokker-Planck equation and Applications to Electron Radiotherapy
SIAM Appl. Math. 67 (2), 582-603, 2007
- Gelareh, Shahin; Nickel, Stefan
A Benders Decomposition for Hub Location Problems Arising in Public Transport
Operations Research Proceedings 2007, pp. 129-134
- Gerstner, Thomas; Holtz, Markus; Korn, Ralf
Valuation of performance-dependent options in a Black-Scholes framework
Numerical methods for finance (Hrsg. Miller, J. Edelman, D. Appleby, J.)
- Götz, Thomas; Klar, Axel; Marheineke, Nicole; Wegener, Raimund
A Stochastic Model and Associated Fokker-Planck Equation for the Fiber Lay-down Process in Nonwoven Production Processes
SIAM Journal on Applied Mathematics, 67(6), 1707-1717 (2007)
- Götz, Thomas; Klar, Axel; Unterreiter, Andreas; Wegener, Raimund
Numerical Evidence for the Non-existence of Solutions of the Equations Describing Rotational Fiber Spinning
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 108 (2007)
- Groß, Matthias; Lojewski, Carsten; Hagen, Hans
A Visualization Framework for Time Dependent Metal Casting Simulation
IEEG/EG Symposium on Interactive Ray Tracing (RT07), p. 171-176
- Groß, Matthias; Lojewski, Carsten; Hering-Bertram, Martin; Hagen, Hans
Fast Implicit KD-Trees: Accelerated Isosurface Ray Tracing and Maximum Intensity Projection for Large Scalar Field
Proceedings of Computer Graphics and Imaging (CGIM07), pp. 67-74
- Gugat, Martin; Herty, Michael; Klar, Axel; Leugering, Gunter
Conservation law constrained optimization based upon front-tracking
MMAN 40 (5), 939-960, 2007
- Günther, Marco; Wegener, Raimund; Olawsky, Ferdinand
Modeling and Simulation of Non-woven Processes
Progress in Industrial Mathematics at ECMI 2006, Springer, 691-696 (2007)
- Hanne, Thomas
A multiobjective evolutionary algorithm for approximating the efficient set
European Journal of Operational Research, 176, pp. 1723-1734, 2007
- Hanne, Thomas
A primal-dual multiobjective evolutionary algorithm for approximating the efficient set
Proceedings of the IEEE Congress on Evolutionary Computation, Singapore, September 2007
- Hanne, Thomas; Melo, Teresa; Nickel, Stefan
Bringing robustness to patient flow management through optimized patient transports in hospitals
Berichte des Fraunhofer ITWM, 131, 2007
- Hering-Bertram, Martin
Wavelet analysis for progressive meshes
Spring Conference on Computer Graphics (SCCG), Budmerice, 203-209 (2007)
- Herty, Michael; Klar, Axel; Piccolli, Benedetto
Existence of solutions for supply chain models based on partial differential equations
SIAM J. Math. Anal. 39 (1), 160-173, 2007

- Herty, Michael; Klar, Axel; Singh, A. K., Spellucci, Peter
Smoothed Penalty Algorithms for Optimization of Nonlinear Models
COAP 37 (2), 2007
- Hietel, Dietmar; Günther, Marco; Olawsky, Ferdinand
Modelling and Simulation of Fiber Dynamics in Nonwoven Processes
Proceedings INTC 2007, Atlanta, USA (2007)
- Iliev, Oleg; Latz, Arnulf; Popov, P.; Rief, Stefan; Steiner, Konrad; Wiegmann, Andreas; Lakdawala, Zahra
Modelling and Simulation of Multiscale Problems in Industrial Filtration Processes
Proceedings of 2nd Annual meeting of Bulgarian Section of SIAM, Dec.20-21, 2007, Sofia (BG)
- Iliev, Oleg; Lazarov, Raytcho; Willems, Jörg
Numerical study of two-grid preconditioners for 1d elliptic problems with highly oscillating discontinuous coefficients
J. Comput. Methods Appl. Math. 7, No. 1, 48-67 (2007) und Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 111 (2007)
- Iliev, Oleg; Rybak, Iryna
On approximation property of multipoint flux approximation method
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 119 (2007)
- Iliev, Oleg; Rybak, Iryna
On numerical upscaling for flow in heterogeneous porous media
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 118 (2007)
- Iliev, Oleg; Rybak, Iryna; Willems, Joerg
On upscaling heat conductivity for a class of industrial problems
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 120 (2007)
- Ivanov, Evgeny, Andrä, Heiko; Gluchshenko, Olga
Parallel Software Tool for Decomposing and meshing of 3D Structures
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 110 (2007)
- Ivanov, Evgeny; Andrä, Heiko; Gluchshenko, Olga; Kudryavtsev, Alexey
Efficient parallel algorithm and software for automatic generation of 3D computational tetrahedral meshes
Proceedings of the 2007 World Congress in Computer Science, Computer Engineering & Applied Computing, PDPTA'07 – International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications, Las Vegas, Nevada, USA, pp. 275-282
- Jablonski, Andreas
Merkmalsextraktion für Grauwertbilder
Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung – Qualitätssicherung in der Praxis; S. 104-109, Fraunhofer-Allianz Vision, 2007
- Jung, Dominik; Lücke, Manfred
Bistability of moving and self-pinned fronts of supercritical localized convection structure
Europhysics Letters 80, 14002, 1-6 (2007)
- Keller, Patric; Bertram, Martin
Modeling and visualization of time-varying topology transitions guided by hyper reeb graph structures
Computer Graphics and Imaging (CGIM), Innsbruck, 15-20 (2007)
- Keller, Patric; Hering-Bertram, Martin; Hagen, Hans
Reverse Engineering with subdivision surfaces
Computing, Special Issue on Geometric Modeling (Dagstuhl 2005), Springer, 79(2-4), 119-129 (2007)
- Klar, Axel; Seaid, Mohammed; Thömmes, Guido
Lattice Boltzmann Simulation of Depth-Averaged Models in Flow Hydrodynamics
Proceedings of ICMMES 2007
- Korn, Ralf
Faszination Finanzmathematik
Mathematische Semesterberichte
- Korn, Ralf
Optimal Portfolios: New Variations of an Old Theme
Computational Management Science, CMS DOI 10.1007/s 10287-007-0054-z
- Korn, Ralf
Stochastik an der Börse: Muss das sein?
Mitteilungen der Mathematischen Gesellschaft Hamburg, 26 (2007), 5–25
- Korn, Ralf; Kovilyanskaya, Helen
Some Aspects of Investment into High-Yield Bonds
International Journal of Theoretical and Applied Finance, 2007, 10 (6), 967-984
- Korn, Ralf; Kraft, Holger
Optimal delegated portfolios
Financial Markets and Portfolio Management 10.1007/s11408-007-0067-1
- Korn, Ralf; Steffensen, Mogens
On worst-case portfolio optimization
SIAM Journal on Control and Optimization, Vol. 46, No. 6, pp. 2013–2030
- Krause, Michael; Scherrer, Alexander
On the role of modeling parameters in IMRT plan optimization
Berichte des Fraunhofer ITWM, 128, 2007
- Linn, Joachim; Stephan, Thomas
Fast simulation of quasistatic cable deformations using discrete rod models
C.L. Bottasso et al. (Eds.): Proceedings of the ECCOMAS thematic conference on Multibody Dynamics, Politecnico di Milano (2007)
- Linn, Joachim; Stephan, Thomas; Carlson, Johan; Bohlin, Robert
Fast simulation of quasistatic rod deformations for VR applications
L.L. Bonilla et al. (Eds.): Progress in Industrial Mathematics at ECMI 2006, Springer (2007), S. 247 - 253
- Maag, Volker; Berger, Martin; Winterfeld, Anton; Küfer, Karl-Heinz
A novel non-linear approach to minimal area rectangular packing
Berichte des Fraunhofer ITWM, 126, 2007
- Maasland, Mark; Teutsch, Christian
Kombinierte optische Vermessung und Oberflächenprüfung von 3D-Objekten
Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung – Qualitätssicherung in der Praxis; S. 306-312, Fraunhofer-Allianz Vision, 2007 und Fraunhofer-Vision-Seminar »Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung«, Braunschweig, Tagungsband, Juni 2007 und Erlangen, Dezember 2007
- Maddu, Shankar; Sundar, Subbiah
Asymptotic analysis of extrapolation boundary conditions for lattice Boltzmann methods
Eingereicht bei SIAM J. Sci. Comp.
- Marheineke, Nicole; Wegener, Raimund
Dynamics of Curved Viscous Fibers with Surface Tension
Berichte des Fraunhofer ITWM, 115, 2007
- Marheineke, Nicole; Wegener, Raimund
Fiber Dynamics in Turbulent Flows – Specific Taylor Drag
SIAM Journal on Applied Mathematics, 68(1), 1-23 (2007)
- Melo, Teresa; Nickel, Stefan; Saldanha da Gama, Francisco
Facility Location and Supply Chain Management – A comprehensive review
Berichte des Fraunhofer ITWM, 130, 2007

- Michel, Frank; Deines, Eduard; Hering-Bertram, Martin; Garth, Christoph; Hagen, Hans
Listener-based analysis of surface importance for acoustic metrics
IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (TVCG), Visualization 2007 Proceedings, 13(6), 1686-1687 (2007)
- Mohring, Jan; Broz, Jochen; Halfmann, Thomas; Wirsén, Andreas
Model Reduction at Fraunhofer ITWM
Tagungsband des GMA-Workshops Modellbildung, Identifikation und Simulation in der Automatisierungstechnik, Anif/Salzburg (2007)
- Möller, Alfons; Kuhnert, Jörg
Simulation of the glass flow inside a floating process / Simulation de l'écoulement du verre dans le procédé float
Revue Verre, 13 (5) (2007)
- Monz, Michael; Küfer, Karl-Heinz; Bortfeld, Thomas; Thieke, Christian
Pareto navigation – systematic multicriteria-based IMRT treatment plan determination
Berichte des Fraunhofer ITWM, 127, 2007
- Neunzert, Helmut; Prätzel-Wolters, Dieter
»Zwölf Jahre ITWM«
DMV-Mitteilungen, Heft 4, 2007
- Oliveira, Ely Wagner Aguiar de
Jawari Grid Benchmarking Service
Proc. German e-Science Conference (GES2007), Baden-Baden, Deutschland, May 2007
- Panda, Satyananda; Marheineke, Nicole; Wegener, Raimund
Dynamics of Curved Viscous Fibers
Progress in Industrial Mathematics at ECMI 2006, Springer, 685-690 (2007)
- Peters, Stefanie; König, Andreas
A Hybrid Texture Analysis System based on Non-Linear & Oriented Kernels, Particle Swarm Optimization and kNN vs. Support Vector Machines
Neural Network World, Special issue on Hybrid Intelligent Systems, Vol. 17, No. 6, 2007, pp. 507-527
- Peters, Stefanie; König, Andreas
Evolutionäre Optimierung zum automatisierten Entwurf von Bildverarbeitungssystemen
Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung – Qualitätssicherung in der Praxis; S. 89-94, Fraunhofer-Allianz Vision, 2007
- Peters, Stefanie; König, Andreas
Optimized texture operators for the automated design of image analysis systems: Non-linear and oriented kernels vs. gray value co-occurrence matrices
- International Journal of Hybrid Intelligent Systems (IJHIS), Vol. 4, No. 3, 2007, pp. 185-202
- Plontke, Stefan; Siedow, Norbert; Wegener, Raimund; Zenner, Hans-Peter; Salt, Alec
Cochlear Pharmacokinetics with Local Inner Ear Drug Delivery Using a 3D Finite Element Computer Model
Audiology & Neurotology 12(1), 37-48 (2007)
- Rauhut, Markus
Konzeption und Aufbau eines Oberflächeninspektionssystems
Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung – Qualitätssicherung in der Praxis; S. 117-123, Fraunhofer-Allianz Vision, 2007
- Rauhut, Markus
Systemsteuerung und Überwachung von Bildanalyse-Systemen
Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung – Qualitätssicherung in der Praxis; S. 85-88, Fraunhofer-Allianz Vision, 2007
- Rauhut, Markus
Typischer Aufbau eines Online-Oberflächeninspektionssystems
Fraunhofer-Vision Seminar »Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung«, Braunschweig, Tagungsband, Juni 2007 und Erlangen, Dezember 2007
- Rief, Stefan
Modeling and simulation of the pressing section of a paper machine
Berichte des Fraunhofer ITWM, 113, 2007
- Rief, Stefan; Kehrwald, Dirk; Schmidt, Kilian; Wiegmann, Andreas
Zuverlässiger Einsatz numerischer Simulationsmethoden in der Vorausberechnung
NAFEMS, Wiesbaden, März 2007
- Robb, Katharina; Wirjadi, Oliver; Schladitz, Katja
Fiber Orientation Estimation from 3D Image Data: Practical Algorithms, Visualization, and Interpretation
Proc. 7th International Conference on Hybrid Intelligent Systems (HIS 2007), pages 320-325, 2007
- Rutka, Vita; Wiegmann, Andreas
Explicit jump immersed interface method for virtual material design of the effective elastic moduli of composite materials
Numerical Algorithms, Volume 340, No. 4, pp. 309-330, 2007
- Scherrer, Alexander; Küfer, Karl-Heinz
Accelerated IMRT plan optimization using the adaptive clustering method
- Linear Algebra and its Applications, doi:10.1016/j.laa.2007.03.025, März 2007
- Schladitz, Katja
Geometrische Charakterisierung der räumlichen Mikrostruktur von Werkstoffen
Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung – Qualitätssicherung in der Praxis; S. 99-103, Fraunhofer-Allianz Vision, 2007
- Schladitz, Katja
MAVI – Modulare Algorithmen für Volumenbilder
Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung – Qualitätssicherung in der Praxis; S. 353-356, Fraunhofer-Allianz Vision, 2007
- Schladitz, Katja; Pfrang, Andreas; Wiegmann, Andreas; Schimmel, Thomas
Calculation of the Evolution of Surface Area and Free Volume During the Infiltration of Fiber Felts
Chemical Vapor Deposition, Volume 13, pp. 705-715, 2007
- Schlemmer, Michael; Heringer, Manuel; Morr, Florian; Hotz, Ingrid; Hering-Bertram, Martin; Garth, Christoph; Kollmann, Wolfgang; Hamann, Bernd; Hagen, Hans
Moment invariants for the analysis of 2D flow fields
IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (TVCG), Visualization 2007 Proceedings, 13(6), 1743-1750 (2007)
- Schmitz, Norbert; Wettach, Jens; Deines, Eduard; Dannenmann, Peter; Bertram, Martin; Berns, Karsten; Hagen, Hans
Simulation and visualization of indoor-acoustics for robot control
Computer Graphics and Imaging (CGIM), Innsbruck, 100-107 (2007)
- Schneider, Elena; Seaid, Mohammed; Janicka, Johannes; Klar, Axel
Validation of simplified PN models for radiative transfer in combustion systems
Comm. Num. Meth. Eng., 2007
- Schulz, Volker; Andrä, Heiko; Schmidt, Kilian
Robuste Netzgenerierung zur μ FE-Analyse mikrostrukturierter Materialien
NAFEMS Magazin, 2/2007, S. 28-30
- Schulz, Volker; Mukherjee, Partha; Becker, Jürgen; Wiegmann, Andreas; Wang, Chao-Yang
Modeling of Two-phase Behavior in the Gas Diffusion Medium of Polymer Electrolyte Fuel Cells via Full Morphology Approach
Journal of the Electrochemical Society 2007, Volume 154, No. 4

- Sellier, Mathieu; Breitbart, Christian; Loch, Horst; Siedow, Norbert
An iterative algorithm for optimal mould design in high-precision compression moulding
 Proc. IMechE Vol. 221 Part B: J. Engineering Manufacture, 25-33 (2007)
- Sellier, Mathieu; Hann, Christopher; Siedow, Norbert
Identification of Relaxation Functions in Glass by Mean of a Simple Experiment
 J. Am. Ceram. Soc. 90(9), 2980-2983 (2007)
- Spalke, Tobias; Thieke, Christian; Küfer, Karl-Heinz; Monz, Michael; Scherrer, Alexander; Alonso, Fernando; Oelfke, Uwe
Automized localization of a reference IMRT plan within a database of a new multicriterial planning system
 Proceedings of the XVth International Conference on the Use of Computers in Radiation Therapy (ICCR) Vol. 1, pp. 293-297, 2007
- Speckert, Michael; Dreßler, Klaus
Simulation and Optimization of Suspension Testing Systems
 L.L. Bonilla et al. (Eds.): Progress in Industrial Mathematics at ECMI 2006, Springer(2007), S. 254-258)
- Spies, Martin; Hamann, Rainer; Heerens, Jürgen
ProRepaS - Bruchmechanische Bewertung von Fehlstellen in Propellerflügeln
 Tagungsband zur Statustagung zum F&E-Förderprogramm »Schifffahrt und Meerestechnik für das 21. Jahrhundert«, Rostock, 200-216 (2007)
- Steeg, Jörg; Schröder, Michael
A hybrid approach to solve the periodic home health care problem,
 Operations Research Proceedings 2007, pp. 297-302
- Süss, Philipp, Küfer, Karl-Heinz; Thieke, Christian
Improved stratification algorithms for step-and-shoot MLC delivery in intensity-modulated radiation therapy
 Physics in Medicine and Biology, 52, pp. 6039-51, 2007
- Süss, Philipp; Craft, David; Bortfeld, Thomas
The Tradeoff Between Treatment Plan Quality and Required Number of Monitor Units in Intensity-modulated Radiotherapy
 International Journal of Radiation Oncology Biology Physics, 67, pp. 1596-1605, 2007
- Süss, Philipp; Küfer, Karl-Heinz
Balancing control and simplicity: A variable aggregation method in intensity modulated radiation therapy planning
 Linear Algebra and its Applications, doi:10.1016/j.laa.2007.11.010, November 2007
- Süss, Philipp; Küfer, Karl-Heinz
Smooth intensity maps and the Bortfeld-Boyer sequencer
 Berichte des Fraunhofer ITWM, 109, 2007
- Szimayer, Alexander; Boyd, Tristan; Brown, Philip
What Determines Early Exercise of Employee Stock Options in Australia?
 Accounting and Finance, Vol. 47, No. 2., 165-186, (2007)
- Szimayer, Alexander; Maller, Ross
Finite Approximation Schemes for Levy Processes, and their Application to Optimal Stopping Problems
 Stochastic Processes and Their Applications, Vol. 117, No. 10, 1422-1447, (2007)
- Taubner, Kai
Optische Sensoren
 Handbuch zur Industriellen Bildverarbeitung – Qualitätssicherung in der Praxis; S. 32-34, Fraunhofer-Allianz Vision, 2007
- Thieke, Christian; Küfer, Karl-Heinz; Monz, Michael; Scherrer, Alexander; Alonso, Fernando; Oelfke, Uwe; Huber, Peter; Debus, Jürgen; Bortfeld, Thomas
A new concept for interactive radiotherapy planning with multicriteria optimization: First clinical evaluation
 Radiotherapy and Oncology, 85, pp. 292-298, 2007
- Thömmes, Guido; Seaid, Mohammed; Banda, Mapundi
Lattice Boltzmann methods for shallow water flow applications
 Intl. J. Num. Meth. Fluids , 55:673-692, 2007
- Velasquez, Rafael; Melo, Teresa; Küfer, Karl-Heinz
Tactical operating theatre scheduling: efficient appointment assignment,
 Operations Research Proceedings 2007, pp. 303-308
- Wagner, Gilles; Keller, Patric; Michel, Frank; Hering-Bertram, Martin; Ostermayer, Dirk; Hagen, Hans
Continuous improvement process in virtual reality
 Spring Conference on Computer Graphics (SCCG), Budmerice, 158-164 (2007)
- Wiegmann, Andreas
Computation of the permeability of porous materials from their microstructure by FFF-Stokes
 Bericht des Fraunhofer ITWM, Nr. 129 (2007)
- Wiegmann, Andreas; Rief, Stefan; Kehrwald, Dirk
Computational study of pressure drop dependence on pleat shape and filter media
 Filtech 2007 Proceedings, Volume I, pp. 79-86.
- Wiegmann, Andreas; Becker, Jürgen
Virtual Characterization of the Pore Structure of Nonwovens
 Proceedings of the International Nonwovens Technical Conference, Atlanta, 2007
- Wiegmann, Andreas; Thoemen, Heiko; Walther, Thomas
3D Simulation of Macroscopic heat and mass transfer properties from the microstructure of wood fibre networks
 Composites Science and Technology, Vol 68 No. 3-4 pp. 608-616, 2007
- Wirjadi, Oliver
Survey of 3d image segmentation methods
 Bericht des Fraunhofer ITWM, Nr. 123, 2007
- Wirjadi, Oliver; Breuel, Thomas
Global Modes in Kernel Density Estimation: RAST Clustering
 Proc. 7th International Conference on Hybrid Intelligent Systems (HIS 2007), pages 314-319, 2007
- Zeytun, Serkan; Gupta, Ankit
A Comparative Study of the Vasicek and the CIR Model of the Short Rate
 Berichte des Fraunhofer ITWM, 124, 2007
- Zhang, Aihua; Korn, Ralf; Ewald, Christian
Optimal management and inflation protection for defined contribution pension plans
 Blätter der DGVFM, Volume 28 (2), 239-258, Springer, 2007

Altendorf, Hellen

Konsistente Paare von Nachbarschafts-Systemen für die 3D-Bildanalyse

Diplomarbeit, Uni Mannheim, FB Mathematik

Anger, Jasmin

Evolutionäre Algorithmen für Dial-a-Ride-Probleme zur Planung von Krankentransporten

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Ashok Kumar Vaikuntam

Estimation of surface parameters by level-set methods

Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Berndt, Thilo

Implementierung von Middleware-Komponenten zur automatischen Code-Parallelisierung auf Cell-Prozessoren

Diplomarbeit, FHTW Berlin, FB Wirtschaftswissenschaften II – Angewandte Informatik

Bökenheide, Simone

Solving Coupled Systems of Linear Equations for the Simulation of Fibre Dynamics

Diplomarbeit, Uni Karlsruhe, Fakultät Mathematik

Borsche, Raul

Mimetic finite difference method for convection diffusion equations on Voronoi grids

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Branzalova, Paulina

A two-phase heuristic for solving on-line pickup and delivery problems with time windows

Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Caiazzo, Alfonso

Asymptotic Analysis of lattice Boltzmann method for fluid-structure interaction problems

Dissertation, Scuola Normale Superiore Pisa und TU Kaiserslautern

Dechant, Johannes

Predicting Credit Default with Longitudinal Data

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Dembovskis, Andis

Efficient transient simulation of the acoustic wave equation in low and medium frequencies by reducing large FE models

Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Desmettre, Sascha

Four Generations of Asset Pricing Models and Volatility Dynamics

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Ducrozet, Martin

A Tabu Search Algorithm for Solving a Dynamic Facility Relocation Problem

Masterarbeit, University Montreal

Elias, Vanja:

Strategic Planner - Network Design for Aircraft Maintenance, Repair and Overhaul

Diplomarbeit, School of Economics and Management, Technical University of Lisbon

End, Thomas

Transient Finite Element Method for a Nonlinear Planar Flexible Ring Model

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Giertzsch, Marc

Lokal-adaptive Morphologie für Analyse und Modellierung von Mikrostrukturen

Diplomarbeit, FH Kaiserslautern, FB Elektrotechnik / Informationstechnik

Göttlich, Simone

Continuous Models for production networks

Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Grm, Aleksander

Mathematical Analysis of Macroscopic Models for Slow Dense Granular Flow

Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Heinrichs, Stephanie

Modelle zur Bewertung von (deutschen) Langlebigkeitsbonds

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Jegorovs, Jevgenijs

The Optimal Shape of the Reflex Tube of a Bass Loudspeaker

Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Junuzovic, Nermin

Praktische Berechnung des geometrischen Verdeckungsgrades virtueller Szenen

Diplomarbeit, Universität Paderborn, FB Informatik

Kempkes, Swenja

Martingalmaße bei der Optionsbewertung in unvollständigen Märkten

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Krause, Michael

Sensitivity analysis and the choice of modeling parameters in intensity modulated radiotherapy (IMRT) plan optimization

Diplomarbeit, FB Mathematik und Informatik, Westfälische Wilhelms-Universität, Münster

Lang, Holger

The difference of the solutions of the elastic and elastoplastic boundary values problem and an approach to multiaxial stress-strain correction

Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Lautensack, Claudia

Random Laguerre Tessellations

Dissertation, Universität Karlsruhe, FB Mathematik

Li, Li

Monte Carlo Method for modified ANOVA

Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Lofink, Konstantin

Iterativ Lernende Regelung

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Malten, Rebekka

Der Jordansche Oberflächensatz und 14-Nachbarschaften

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Man, Tin-Kwai

Neue Aspekte der Portfolio-Optimierung und der Modellierung von Bondindizes

Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Middendorf, Lars

Interaktive Abwicklung triangulierter Flächen

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Informatik

Moghiseh, Ali A.

Fast Wavelet Transform by Biorthogonal Locally Supported Radial Basis Functions on Fixed Spherical Grids

Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Muszkietta, Monika

Nonlinear diffusion filtering of images using topological gradient approach for edges detection

Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Naumovich, Anna

Efficient numerical methods for the Biot poroelasticity system in multilayered domains

Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Petry, Alexander

Design and Implementation of a Xen-Based Execution Environment

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Informatik

Pobel, Bernd

Schnelle exakte sphärische Granulometrie

Diplomarbeit, BA Mannheim, FB Informationstechnologien

Messe- und Konferenzteilnahmen

Primm, Michael

Das stochastische Volatilitätsmodell nach Heston
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Velte, Ruth

Design und Entwicklung einer robusten Umgebung für verteilte Oberflächeninspektionssysteme
Diplomarbeit, BA Mannheim, FB Informationstechnologien

Winterfeld, Anton

Large-scale semi-infinite optimization applied to industrial gemstone cutting
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik,

14. Arbeitstagung Quantitative Bildanalyse
Darmstadt, Juni 2007; Aussteller, Poster & Vortrag

AMaMeF Mid-Term Conference »Advanced Mathematical Methods for Finance«
Wien (A), September 2007, Poster Präsentation

2nd Annual Meeting of Bulgarian Section of SIAM
Sofia, December 2007, Invited talk

Arbeitskreis »Örtliche Bewertung von Gewindeverbindungen«
MPA Darmstadt, Oktober 2007, Vortrag

CeBIT
Hannover, März 2007, Aussteller (auf IBM-Stand)

CISM Advanced School: »Simulation Techniques for Applied Dynamics«
Udine (I), September 2007, Teilnehmer

Conference on Computational Methods in Applied Mathematics
Minsk (XX), June 2007, Invited talk

Control 2007
Sinsheim, Mai 2007, Aussteller

D-Grid-CERT Tutorium Sicherheit
Berlin, Oktober 2007, Teilnehmer

1. Dagstat-Meeting
Bielefeld, März, Vortrag, Teilnehmer

DASMOD-Meeting
Kaiserslautern, Februar 2007, Veranstalter und Vorträge

DASMOD-Workshop: Klassifikationsverfahren für die Anwendung in Medizin, Wirtschaft und Technik
ITWM Kaiserslautern, September 2007, Veranstalter und Vortrag

14. Workshop 'Stochastic Geometry, Stereology and Image Analysis'
Neudietendorf, September 2007, Teilnehmer & Poster

5. Deutscher Investment-Hochschultag
Johann Wolfgang von Goethe-Universität in Frankfurt am Main, 21. November 2007, Teilnehmer

DVM 34. Tagung »Lastannahmen und Betriebsfestigkeit«
Wolfsburg, Oktober 2007, Teilnehmer/Aussteller

69th EAGE
London, 8UK) Juni 2007

ECCOMAS thematic conference on Multibody Dynamics 2007
Mailand (I), Juni 2007, Vortrag

Euromat
Nürnberg, September 2007, Poster

European Baking and Insurance Fair
Frankfurt, November 2007

Festveranstaltung »10 Jahre Vision«
IIS Erlangen, Oktober 2007, Teilnehmer & Vortrag

Filtech 2007
Wiesbaden, Februar 2007, Aussteller und Vortrag

Fonds 07 (Messe)
Zürich, Februar 2007, Teilnehmer

Fraunhofer-Vision-Seminar »Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung«
Braunschweig, Juli 2007; Aussteller, Vorträge & Veröffentlichungen

Fraunhofer-Vision-Seminar »Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung«
Erlangen, Dezember 2007; Aussteller, Vorträge & Veröffentlichungen

GAMM session on »Materials, Motion and Stability«, ICIAM Conference 2007
Zürich (CH), Juli 2007, Vortrag

GridKa School 2007
September 2007, Teilnehmer

33. Heidelberger Bildverarbeitungs-Forum: »Segmentierung und Erkennung von Objekten unter schwierigen Bedingungen«
Mannheim, März 2007, Teilnehmer

34. Heidelberger Bildverarbeitungs-Forum: »Lernende Bildverarbeitung«
Mannheim, Juli 2007, Teilnehmer

35. Heidelberger Bildverarbeitungs-Forum »Farb- und spektroskopische Bildverarbeitung«
Waldbronn, Oktober 2007, Teilnehmer

22. Hofer Vliesstofftage
Hof, November 2007, Aussteller und Vortrag

ICMF 2007
Leipzig, Juli 2007, Vortrag

IEEE Visualization Conference
Sacramento, USA, Oktober 2007, Vortrag

- Innovations in Mathematical Finance*
Loen (NO), Juni 2007, Teilnehmer
- INTC – International Nonwovens Technical Conference*
Atlanta, USA, September 2007, Aussteller und Vorträge
- 17th International conference on field programmable logic and applications*
Amsterdam (NL), August 2007; Teilnehmer
- 7th International Conference on Hybrid Intelligent Systems*
Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern, September 2007; Veranstalter & Vorträge
- International Nonwovens Technical Conference*
Atlanta, Aussteller
- International Supercomputing Conference*
Dresden, Juni 2007
- 62. Internationale Automobil-Ausstellung (IAA)*
Frankfurt, September 2007, Aussteller
- Isgatec*
Nürnberg, März 2007, Teilnehmer
- 15. ITG/GI - Fachtagung Kommunikation in Verteilten Systemen*
Bern (CH), Februar 2007, Teilnehmer
- ITMA – Internationale Textilmaschinen Ausstellung*
München, September 2007, Aussteller und Vorträge
- 52. IWK – Internationales Wissenschaftliches Kolloquium*
Ilmenau, September 2007, Poster
- IWRMM-Workshop*
Karlsruhe, Oktober 2007, Vortrag
- Joint International Meeting UMI – DMV*
Perugia, June 2007, Vortrag
- KMU-Seminar des Simulationszentrum Rheinland-Pfalz*
IHK Pfalz/Ludwigshafen, Februar 2007, Veranstalter / Vorträge; IHK Trier, März 2007, Veranstalter/Vorträge; IHK Koblenz, März 2007, Veranstalter/Vorträge
- KMU-Kongress der WFG Kaiserslautern*
Kaiserslautern, Februar 2007, Aussteller
- 3. Landshuter Leichtbau-Cluster*
Landshut, Februar 2007, Aussteller & Vortrag
- Large Scale Scientific Computation*
Sozopol, June 2007, talk and minisymposium
- Material Innovativ 2007*
Fürth, März 2007, Teilnehmer
- MathFinance Workshop*
Frankfurt, März 2007, Teilnehmer
- NAFEMS Seminar »Reliable Use of Numerical Methods in Upfront Simulations«*
Wiesbaden, März 2007
- NAMKE-Workshop*
Saarbrücken, Februar 2007, Vorträge
- Open Grid Forum 19, 20, 21*
Chapel Hill, North Carolina (USA), Februar; Manchester (UK), Mai; Seattle, Washington (USA), Oktober 2007
- RADON Workshop on Financial and Actuarial Mathematics for Young Researchers*
Linz (A), Mai 2007, Teilnehmer
- railtec 2007*
Dortmund, November 2007, Aussteller
- Recent Developments in Financial and Insurance Mathematics and the Interplay with the Industry*
Oberwolfach, Februar, Veranstalter und Vortrag
- Reifen-Fahrwerk-Fahrbahn*
Hannover, Oktober 2007, Teilnehmer
- RICAM-Workshop*
Linz (A), Juni 2007, Vortrag
- SC07*
Reno, Nevada, USA, November 2007
- Scientific Visualization Seminar*
Dagstuhl, Juli 2007, Vortrag
- Scuola Matematica Interuniversitaria (SMI)*
Perugia (I), August 2007, Teilnehmer
- SEG 2007*
San Antonio, Texas, USA, September 2007
- Seminar: Lastdaten- Analyse, Bemessung und Simulation*
Kaiserslautern (ITWM), Juni 2007, Veranstalter
MesH Engineering, Stuttgart, August 2007, Veranstalter
- Seminar: Mehrkörpersimulation in der Betriebsfestigkeit*
Kaiserslautern (ITWM), November 2007, Veranstalter
- Seminar: Statistische Methoden in der Betriebsfestigkeit*
Kaiserslautern (ITWM), Januar, Februar und September 2007, Veranstalter
VW, Wolfsburg, Dezember 2007, Veranstalter
- 56th Session of the ISI (International Statistical Institute)*
Lissabon, August 2007, eingeladene Diskussion
- Simpack User Meeting 2007*
Bad Godesberg, November 2007, Vortrag
- SOES 2007*
Dagstuhl, November 2007, Teilnehmer
- Spring Conference on Computer Graphics (SCCG)*
Budmerice (SK), April 2007, Vortrag
- SPS/IPC Drives 2007*
Nürnberg, November 2007, Teilnehmer
- STG-Tagung*
Berlin, November 2007, Vortrag
- Symposium der Fraunhofer-Gesellschaft: »Beschleunigte Innovation mit regionalen und industrienahe Forschungsclustern«*
Berlin, September 2007, Vortrag
- Tagung des Ausschusses für Ökonometrie des Vereins für Sozialpolitik*
Marburg, März 2007, Teilnehmer
- Tagung: 5 Jahre TeckPro*
Kaiserslautern, April, Vortrag
- TechTextil*
Frankfurt, Juli 2007, Aussteller
- VDI AgEng07*
Hannover, November 2007, Vortrag
- Workshop Finanz- und Versicherungsmathematik*
Graz, Juni 2007, Vortrag
- Workshop für junge Mathematiker der Deutschen Aktuar Akademie*
Günzburg, September 2007, Teilnehmer
- Workshop on Flow and transport in industrial porous media*
Utrecht (NL), November 2007, Vortrag
- Workshop on Solvency*
Zürich, Mai 2007, Teilnehmer
- Workshop on Stochastic Geometry, Spatial Statistics and their Applications*
Günzburg, Februar 2007, Teilnehmer & Vortrag
- Workshop »3d image analysis and modelling of microstructures«*
Kaiserslautern, April 2007, Veranstalter & Vorträge

- Vision 2007*
Stuttgart, November 2007, Aussteller
- VDI-Wissensforum Bildverarbeitung in der Mess- und Automatisierungstechnik*
Regensburg, November 2007, Vortrag
- Winter School »Geometric Measure Theory, Random Sets and Digital Stereology«*
Sandbjerg (DK), Januar 2007, Vortrag
- World Congress in Computer Science, Computer Engineering & Applied Computing, PDPTA'07*
Las Vegas, USA, Juli 2007, Teilnehmer
- Zulieferer Innovativ 2007*
Ingolstadt, Juli 2007, Aussteller
- Arnold, Martin (Institut für Mathematik, Martin Luther Universität Halle-Wittenberg)
Modulare Zeitintegration von gekoppelten Differentialgleichungssystemen
März 2007
- Becker, Christoph (Frankfurt School of Finance & Management)
Stochastische Modelle zur Bewertung von Zinsoptionen
Oktober – Dezember 2007
- Betsch, Peter (Lehrstuhl für numerische Mechanik, Universität Siegen)
Eine rotationsfreie Formulierung von Mehrkörpersystemen
Februar 2007
- Bilotta, Giuseppe (Universität Catania)
Sensitivitätstheorie
März und Oktober 2007
- Bongaerts, Dion (Universiteit van Amsterdam, Niederlande)
Vortrag: Liquidity and Liquidity Risk Premia in the CDS Market
Oktober 2007
- Ciegis, Raimondas (Technical University of Vilnius)
Flows in porous media and parallelization
April 2007
- Domenis, Claudio (INFORM/Infracom Italia)
Asset Liability Management
Januar – Dezember 2007
- Ewing, Richard (Texas A&M University)
Multiscale and multiphysics problems related to porous media flows
March 2007
- Fengler, Mathias (Sal. Oppenheim)
Vortrag: A Semiparametric Factor Model for Implied Volatility Surface Dynamics
Juli 2007
- Idelberger, Horst (Institut für Konstruktion – AG Maschinenelemente und Leichtbaukonstruktion, Universität Siegen)
Simulationsgestützte Auslegung von Prüfständen und neuartige Regelungskonzepte
Mai 2007
- Kalyani, Baba (Bharat Forge, Indien)
Mai 2007
- Kudryavtsev, Alexey (ITAM RAS, RUSSIA)
Parallel grid generation
Februar 2007
- Lazarov, Raytcho Texas A&M University
Numerical Methods For PDEs
Juli 2007
- Leyendecker, Sigrid, (California institute of technology, Pasadena, California, USA)
Computational mechanics / Variational integrators and optimal control for constrained multi-body dynamics
Juni 2007
- Margenov, Svetozar (Institut Parallel Processing, Sofia)
Multiscale modelling of human bone
April und September 2007
- Muhle-Karbe, Johannes (TU München)
Portfoliooptimierung in Modellen mit stochastischer Volatilität
September 2007
- Pechtl, Andreas (LBBW Stuttgart)
Vortrag: Powered Options
April 2007
- Popov, Peter (Texas A&M University)
Multiscale and multiphysics problems related solid and fluid mechanics
Mai 2007
- Rieder, Ulrich (Universität Ulm)
Vortrag: Portfolio Optimierung unter Risiko-beschränkungen
Januar 2007
- Rybak, Irina (Institute of Mathematics, Minsk)
Numerical upscaling
Oktober 2006 – September 2007
- Scheuermann, Gerik (Universität Leipzig)
Strömungsvisualisierung
Oktober 2007
- Schimek, Michael G. (Med. Uni Graz, Österreich)
Vortrag: Top-k-Ranglisten: Aggregation und Inferenz
September 2007
- Serkan Zeytun (METU Ankara, Türkei)
Risikomanagement
August 2006 – Juli 2007
- Shankar, Meera (Indische Botschafterin)
Mai 2007
- Starikovicius, Vadimas (Vilnius Technical University, Lettland)
Numerics for CFD and for flow in porous media
April - Mai 2007

Mitarbeit in Gremien, Herausgebertätigkeit

Stockie, John, (Humboldt-Stipendiat, Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, Kanada)

Brennstoffzellen und Faserorientierung

Mai 2007 – Januar 2008

Ugur, Ömür (METU Ankara, Türkei)

Numerische Methoden in der Finanzmathematik

Januar – September 2007

Xin Guo (UC at Berkeley, USA)

Vortrag: Several mathematical issues in information-based credit risk analysis

Juni 2007

Hanne, Thomas

- GECCO 2006 (Mitglied im Programmkomitee)
- CEC 2006 (Mitglied im Programmkomitee)
- MOPGP 2006 (Mitglied im Programmkomitee)
- ESM2006 (Mitglied im Programmkomitee)

Iliev, Oleg

- J. Comp. Meth. Appl. Math. (Editor)
- Math. Modelling and Analysis (Editor)
- LNCS, Springer (Gutachter)
- J. Food Engineering (Gutachter)
- Int. J. Num. Meth. PDEs (Gutachter)

Kehrwald, Dirk

- Comput. Math. & Appl. (Gutachter)
- J. Food Eng. (Gutachter)
- Wissenschaftlich-Technischer Rat der Fraunhofer-Gesellschaft (stellv. Mitglied)
- XING: Gruppe »Mathematik/Mathematics« (Moderator)

Klar, Axel

- ECMI-Council (Mitglied)
- Graduiertenkolleg »Mathematik und Praxis« der Technischen Universität Kaiserslautern (Mitglied)
- Rheinland-pfälzisches Landesexzellenzcluster »Dependable Adaptive Systems and Mathematical Modeling – DASMOD« (Mitglied)
- Rheinland-pfälzischer Landesforschungsschwerpunkt »Mathematik und Praxis« (Sprecher)
- SFB 568 »Strömung und Verbrennung in zukünftigen Gasturbinenbrennkammern«, TU Darmstadt (Mitglied)
- SIAM Journal on Numerical Analysis (Associate Editor)
- Journal of Applied Numerical Analysis and Computational Mathematics (Associate Editor)
- Annales de la Faculte des Sciences de Toulouse (Associate Editor)

Korn, Ralf

- Mathematical Finance (Associate Editor)
- Mathematical Methods of Operations Research (Associate Editor)
- Deutsche Gesellschaft für Versicherungs- und Finanzmathematik DGVFM (Vorstandsmitglied)

- Deutscher Verein für Versicherungswissenschaft (Vorstandsmitglied)
- Senat der TU Kaiserslautern (Mitglied)
- Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern (Dekan)
- Rheinland-pfälzisches Landesexzellenzcluster »Dependable Adaptive Systems and Mathematical Modeling – DASMOD« (Sprecher)
- Rheinland-pfälzischer Landesforschungsschwerpunkt »Mathematik und Praxis« (Mitglied)
- Graduiertenkolleg »Mathematik und Praxis« der Technischen Universität Kaiserslautern (Mitglied)
- BMBF-Schwerpunktprogramm »Mathematik in Industrie und Dienstleistungen« (Gutachter)

Küfer, Karl-Heinz

- Multicriteria Decision Making and Fuzzy Systems. Theory, Methods and Applications, Shaker (Editor)
- Mathematics of Operations Research (Gutachter)
- Medical Physics (Gutachter)
- Zentralblatt für Mathematik (Gutachter)
- Mathematical Programming (Gutachter)

Lavrov, Alexander

- Arbeitsgruppe »Praxis der Mathematischen Optimierung« der GOR (stellv. Vorsitz)
- VDI-Fachausschuss »Modellbildungsprozesse« (Mitglied)

Melo, Teresa

- Arbeitsgruppe »Health Care Management« der GOR (Stellv. Vorsitz)
- Computers & Operations Research (Associate Editor)

Müller, Marlene

- Computational Statistics (Associate Editor)

Neunzert, Helmut

- European Journal of Applied Mathematics (Associate Editor)
- Monte Carlo Methods and Application (Editorial Board)
- ITWM Series an Mathematical Modeling (Senior Editor)

- Springer Series on »Mathematics in Industry« (Editor)
- Technologiebotschafter der Stadt und des Landkreises Kaiserslautern
- Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC (Boardmember)
- Corresponding Fellow der Royal Society of Edingburgh
- Honorary Member of Nepal Mathematical Society
- Ehrenmitglied der Österreichischen Mathematischen Gesellschaft
- Honorary Member of ECMI
- Ehrendoktor (Dr. h. c. tech.) der Johannes-Kepler-Universität Linz

Nickel, Stefan

- European Journal of Operational Research (Gutachter)
- OR Spectrum (Gutachter)
- Mathematical Programming (Gutachter)
- Zentralblatt für Mathematik (Gutachter)
- Mathematical Reviews (Gutachter)
- IEEE Transactions (Gutachter)
- Annals of OR (Gutachter)
- Omega (Gutachter)
- Networks (Gutachter)
- Operations Research Letters (Associate Editor)
- Computers & Operations Research (Editor in Chief)
- Arbeitsgruppe »Health Care Management« in der GOR (Leiter)

Prätzel-Wolters, Dieter

- Wissenschaftlich-technischer Rat und Hauptkommission der Fraunhofer-Gesellschaft (Vorsitzender)
- Präsidium und Senat der Fraunhofer-Gesellschaft (Mitglied)
- GAMM-Fachausschuss »Dynamik und Regelungstheorie (Mitglied)
- Graduiertenkolleg »Mathematik und Praxis« der Technischen Universität Kaiserslautern (Mitglied)
- Rheinland-pfälzischer Landesforschungsschwerpunkt »Mathematik und Praxis« (Mitglied)

- Rheinland-pfälzisches Landesexzellenzcluster »Dependable Adaptive Systems and Mathematical Modeling – DASMOD« (Mitglied)
- ECMI-Council (Mitglied)
- MACSI-net (Executive Committee)
- Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC (Boardmember)

Rösch, Ronald

- Fraunhofer-Allianz Vision (Mitglied)
- Heidelberger Bildverarbeitungsforum (Beirat)
- Arbeitskreis »Bildanalyse und Mustererkennung Kaiserslautern« (Mitglied)
- FIT Leichtbau (Mitglied)
- Master-Studiengang »Computer Vision and Computational Intelligence«, FH Südwestfalen (Gutachter)
- Nutzfahrzeugcluster CVC (Mitglied)

Schladitz, Katja

- Leichtbau-Cluster (Mitglied)
- Journal of Microscopy (Gutachter)
- Image Analysis & Stereology (Gutachter)
- Advances of Applied Probability (Gutachter)

Schulz, Volker

- Journal of Applied Physics (Gutachter)

Wenzel, Jörg

- Zentralblatt für Mathematik (Gutachter)

Wiegmann, Andreas

- Journal of Computational Physics (Gutachter)
- SIAM Journal on Numerical Mathematics (Gutachter)
- Applied Numerical Mathematics (Gutachter)
- SIAM Journal on Scientific Computing (Gutachter)

Merten, Dirk; Klein, Peter

Verfahren zur computergestützten Simulation technischer Prozesse

Deutsches Patent Nr. 102005057697.4/53