

Impressum

© Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM 2007

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: Dietmar Portuné, Mannheim, Telefon: 06 21/1 66 25 15 Fotos Kunst: Pfalzgalerie Kaiserslautern und Gesa Ermel Foto Titel und Seite 84: Ingo Hermann, Karlsruhe Foto Seite 91: FCC Göteburg
Adresse	Fraunhofer-Platz 1 67663 Kaiserslautern
Telefon	+49(0)6 31/3 16 00-0
Fax	+49(0)6 31/3 16 00-10 99
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	Printec Repro - Druck - Vertriebs GmbH Kaiserslautern

Dieser Jahresbericht erscheint auch in englischer Sprache.

Jahresbericht 2006

Fraunhofer-Institut für Techno-
und Wirtschaftsmathematik ITWM

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
Das Institut im Profil	6
Kompetenzen und Arbeitsschwerpunkte	6
Kunden und Kooperationspartner	8
Kuratorium	9
Organigramm	9
Das Institut in Zahlen	10
2006 im Rückblick	12
Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick	18
Transportvorgänge	20
Strömungen und komplexe Strukturen	28
Modelle und Algorithmen in der Bildverarbeitung	36
Adaptive Systeme	44
Optimierung	52
Finanzmathematik	60
Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit	68
Competence Center High Performance Computing	76
Fraunhofer Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC	84
Anhang	92
Vorträge	92
Lehrtätigkeit	97
Publikationen	97
Graduierungsarbeiten	102
Messe- und Konferenzteilnahmen	103
Gäste	104
Mitarbeit in Gremien, Herausgebere Tätigkeit	105

Vorwort

Das Jahr 2006 war geprägt durch das »In-Besitz-Nehmen« des ITWM-Neubaus. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter haben diese Aufgabe mit hoher Identifikation und großem Engagement in Angriff genommen. Kunden und Gäste waren begeistert von Architektur, Ausstattung und Kommunikationsmöglichkeiten. Bürger, Politiker, Wissenschaftler, Parteien, Vereine und Firmen haben unsere Angebote zum Kennenlernen des Fraunhofer-Zentrums intensiv genutzt oder sich selber eingeladen. Viele haben mitgeholfen, Interesse und Neugier zu befriedigen und die PR-Abteilung hat den Ansturm der Gäste hervorragend bewältigt.

Trotz der vielen Feiern sind Personal, Haushalt und Erträge des ITWM 2006 weiter gewachsen und ein Ende dieser positiven Entwicklung ist nicht abzusehen. Im Gegenteil, es gibt eine Reihe von Indikatoren für steigende Wachstumsraten und das neue Gebäude wirkt auch hier als Katalysator. Entscheidend für den anhaltenden Erfolg des ITWM ist jedoch die hohe Motivation, der große Arbeitseinsatz und die exzellente Leistung unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Der Markt für hervorragende Wissenschaftler ist, nach einer kurzen Entspannungsphase in den Jahren 2004 und 2005, inzwischen jedoch wieder extrem eng geworden. Wir konkurrieren mit Firmen, Forschungsinstituten und Universitäten um Mitarbeiter und durch die zusätzlichen Fördermittel, die in das Bundesexzellenzprogramm fließen, wird sich diese Situation in den nächsten Jahren noch weiter verschärfen. Wir müssen uns hier sehr anstrengen, vielleicht auch verstärkt Wissenschaftler aus dem Ausland anwerben, damit dieser angespannte Arbeitsmarkt nicht zum Flaschenhals für das weitere Wachstum des ITWM wird.

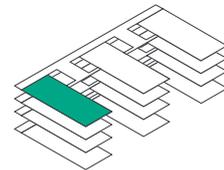
Wachstum braucht aber auch strategische Begleitung, damit es nicht zu schnell, sondern kontrolliert und nachhaltig stattfindet. Wir haben dazu 2006 einen Strategieplanungsprozess aufgesetzt und werden im Laufe dieses Jahres unseren Strategieplan für die nächsten fünf Jahre fertigstellen, den wir dann im Kuratorium und einem Audit mit externen Wissenschaftlern und Industrievertretern zur Diskussion stellen. Die Spiegelung der eigenen Ideen und Arbeitsschwerpunkte an dem, was in Forschung und Entwicklung außerhalb des Mikrokosmos ITWM passiert, ist enorm wichtig, um den Anschluss an die Frontlinien der Forschung zu halten. Wir haben deshalb auch das zehnjährige Jubiläum des ITWM und das neue Institutsgebäude zum Anlass genommen, im September 2006 ein wissenschaftliches Colloquium mit vielen international renommierten Wissenschaftlern auszurichten. Die Tagung war auch eine schöne Gelegenheit, den siebzigsten Geburtstag unseres Institutsgründers Helmut Neunert angemessen zu feiern. Das Motto des Colloquiums war: »There is nothing more practical

than a good theory«. Dieses Zitat von David Hilbert ist eine kompakte Zusammenfassung dessen, was wir in zehn Jahren intensiver Projektarbeit und Kooperation mit der Industrie gelernt haben.

Ein weiteres Highlight im Jahr 2006 war die Einweihung des »Simulationszentrums Rheinland-Pfalz«. Mit diesem Simulationszentrum soll insbesondere die Wettbewerbsfähigkeit von kleinen und mittelständischen Unternehmen in Rheinland-Pfalz gestärkt werden. Hier gibt es einen großen Bedarf an Simulationstechnologie, mit der diese Firmen die Qualität ihrer Produkte verbessern, ihre Entwicklungszyklen verkürzen und ihre Kosten reduzieren können. Dies bedeutet für die Firmen in der Regel jedoch, erst einmal erhebliche Investitionen für Hardware und Software zu tätigen. Das Simulationszentrum leistet hier Beratung und stellt eine Infrastruktur zur Verfügung, in der Simulationsprogramme und Rechner-Hardware vorab getestet werden können. Genauso wichtig wie die Investitionsentscheidung ist jedoch qualifiziertes Personal, das die immer leistungsfähigeren Softwareprogramme fachmännisch bedienen kann. Hier bietet das Zentrum Schulungen, Beratung und Weiterbildung an. Softwarefirmen leisten das in der Regel nur für ihre eigenen Produkte und Technologie-Transferstellen können diese Aufgaben nur schwer übernehmen, weil sie nicht über die benötigten Kompetenzen und Kenntnisse der Softwareprogramme verfügen. Das Zentrum ist als Gemeinschaftseinrichtung von ITWM und Fachbereich Mathematik der Technischen Universität Kaiserslautern auch eine Art Verbindungselement – ein Interface – zwischen Fraunhofer, dem Fachbereich Mathematik und den Unternehmen der Region. Gefördert wird das Zentrum durch das Land Rheinland-Pfalz, die Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation und den Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung.

Im Jahr 2006 gab es auch wieder Preise für das ITWM und seine Mitarbeiter. Franz-Josef Pfreundt und das **Competence Center High Performance Computing** wurden mit dem IBM Faculty Award ausgezeichnet. IBM würdigt mit dem Faculty Award weltweit herausragende Arbeiten, die richtungsweisend für die IT-Branche sind. Der Preis wurde verliehen für die Implementierung der Visualisierungssoftware PV-4D auf der Cell Broadband Engine, einer neuartigen Prozessortechnologie, die von Sony, Toshiba und IBM entwickelt wurde.

Bereits zum dritten Mal erhielt das ITWM im Dezember 2006 den Innovationspreis Rheinland-Pfalz in der Sparte »Sonderpreis für Forschungseinrichtungen«, diesmal für das Softwaretool MAVI der Abteilung **Modelle und Algorithmen in der Bildverarbeitung**. MAVI ist ein modulares



Softwaresystem für die Verarbeitung und Analyse von Volumenbildern, wie sie z. B. in der Mikrocomputertomographie erzeugt werden.

Einen weiteren Preis erhielt Dr. Peter Klein. Er wurde zusammen mit Wissenschaftlern der Universität Stuttgart auf der »Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films, ICMCTF« in San Diego/USA mit dem Bunshah Award für die beste Fachveröffentlichung unter 700 Beiträgen aus 36 Ländern ausgezeichnet.

Das ITWM ist in der Fraunhofer-Gesellschaft durch eine Vielzahl von Kooperationen mit Instituten aus allen Verbänden sehr gut vernetzt. Diese Zusammenarbeit funktioniert deshalb so gut, weil in der Regel komplementäre Kompetenzen in gemeinsamen Projekten zusammengeführt werden und die Konkurrenz am Markt eher gering ist. Mein eigenes Engagement in Gremien der Fraunhofer-Gesellschaft hat sich durch die Wahl zum Vorsitzenden des Wissenschaftlich-Technischen Rats und die dadurch bedingte Leitung der Hauptkommission und Mitarbeit in Präsidium und Senat weiter verstärkt. Natürlich bedeutet das auch weniger Zeit für das ITWM, andererseits ergeben sich neue Gestaltungsmöglichkeiten bei Entscheidungen über die strategischen Entwicklungslinien der Fraunhofer-Gesellschaft, wo verstärkt eigene Vorstellungen eingebracht werden können, die letztendlich auch dem ITWM wieder zugute kommen.

Jeder unserer Jahresberichte versucht durch Layout und Bebilderung das Institut und die Mathematik in einen Kontext zu stellen, in dem es nicht um die Vermittlung von Wissen und Inhalten geht, sondern um Assoziationen und Verbindungen zur Welt außerhalb des ITWM. Eine dieser Welten ist die der Kunst. Zwischen Mathematik und Kunst gibt es viele Bezüge und man kann sich diesem Thema auf ganz verschiedene Weisen nähern. Wir haben einen sehr nahe liegenden, regionalen Zugang gewählt. Zum einen, weil wir es als wichtig ansehen, das regionale Angebot an Kultur und Kunst stärker mit dem Ambiente und den Themen des Fraunhofer-Zentrums zu vernetzen, zum anderen, weil die Pfalzgalerie in Kaiserslautern ein hervorragend ausgestattetes Museum ist, dessen Leiterin, Frau Dr. Britta Buhlmann, großes Interesse an der Verbindung von Wissenschaft und Kunst hat. Sie hat uns die Möglichkeit zum Fotografieren in der Galerie gegeben und sich selber mit viel Engagement und Begeisterung an der Auswahl der Kunstobjekte mit Assoziationen und Bezügen zu ITWM-Forschungsthemen beteiligt. Hierfür möchte ich mich ganz herzlich bei ihr bedanken.

Ich wünsche Ihnen jetzt viel Vergnügen bei der weiteren Lektüre unseres Jahresberichtes und möchte mich bei allen Partnern aus Industrie, Universitäten und Forschungseinrichtungen für die gute Zusammenarbeit und das Vertrauen, das sie dem ITWM entgegengebracht haben, herzlich bedanken.

Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters, Institutsleiter



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 Kaisers-

lautern 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

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

Strömungen und komplexe Strukturen

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

Modelle und Algorithmen in der Bildverarbeitung

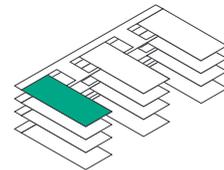
- Analyse von Volumenbildern
- Oberflächeninspektion
- Signalanalyse im Eisenbahnbereich

Adaptive Systeme

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

Optimierung

- Supply Chain Management
- Materialfluss- und Produktionsplanung
- Krankenhauslogistik
- Interaktive Therapieplanung
- Optimierung im Virtual Engineering
- Verkehrsplanung



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

- Grid Computing
- Nanoskalige Prozessmodellierung
- Parallele Softwarearchitektur und Algorithmen
- Performance-Analyse
- 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 1600-45 12

marion.schulz-reese@itwm.fraunhofer.de



Werner Pokorny, »Gefäß + Haus XVIII« 2005, Holz (Tiama), schwarz gebrannt

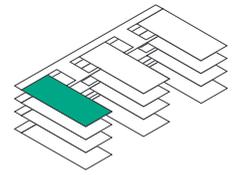
»Die mit Feuer bearbeiteten schwarzen Skulpturen erhalten, als Gruppe aufgestellt, beinah menschliche Züge. Sie sind Individuen von deutlich unterschiedlicher Prägung, die gleichwohl ein gemeinsames Anliegen haben. Haus- und Gefäßform sind ihr Ausgangspunkt. Haus und Gefäß dienen dem Schutz und der Aufbewahrung. Da die geschlossenen Körper Einblicke nicht gestatten, bleibt ihre spezifische Funktion zunächst im Dunkeln.«

Dr. Britta Buhlmann, Leiterin der Pfalzgalerie

Kunden und Kooperationspartner

Das ITWM arbeitet seit Jahren mit Auftraggebern und Partnern aus vielen Branchen mit unterschiedlicher Unternehmensgröße erfolgreich zusammen; im Jahr 2006 u. a. mit:

- Adam Opel AG, Rüsselsheim und Kaiserslautern
- Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven
- Argo Hytos, Kraichtal
- Ballard Power Systems Inc, Burnaby (CDN)
- Biotronik GmbH, Berlin
- BMW AG, München
- Carl Zeiss Imaging Solutions GmbH, Hallbergmoos
- CLAAS, Harsewinkel
- DaimlerChrysler AG, Stuttgart
- Deutsche Apotheker- und Ärztebank, Düsseldorf
- Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg
- Dresdner Grundwasserforschungszentrum, Dresden
- EKF diagnostic sales GmbH, Barleben
- Elmo Leather AB, Svenljunga (S)
- ESI-Group, Paris (F)
- European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), Grenoble (F)
- Fachhochschulen Aalen, Amberg-Weiden, Aschaffenburg, Darmstadt, Emden, Kaiserslautern, Landshut, Worms, Zwickau
- Fachingen Heil- und Mineralbrunnen GmbH, Lahntal
- FCC Göteborg (S)
- Forschungszentrum Karlsruhe
- Foseco GmbH, Borken
- FSM! GmbH, Landstuhl
- GE Global Research, München
- GE Transportation Systems, Bad Dürkheim
- Gebrüder Gienanth-Eisenberg GmbH, Eisenberg
- GM Powertrain, Rüsselsheim
- GRIMME, Damme
- Hahn-Meitner-Institut, Berlin
- Hamburger Stadtentwässerung
- HegerGuss GmbH, Enkenbach-Alsenborn
- Heimbach GmbH & Co. KG, Düren
- Hermsdorfer Institut für Technische Keramik, Hermsdorf
- Horst Zimmermann Modell-/Formenbau, Kaiserslautern
- HypoVereinsbank, München
- IBM Deutschland, Böblingen
- IBS Filtran GmbH, Morsbach
- Infineon Technologies AG, München
- Institut für Gießereitechnik GmbH, Düsseldorf
- John Deere, Zweibrücken und Mannheim
- Johnson Control GmbH, Burscheid
- Landesbank Baden-Württemberg, Stuttgart
- Lima Medical Systems, Villanova di San Daniele (I)
- Linux NetworX, Salt Lake City (USA) und Kaiserslautern
- M + W Zander Products GmbH, Stuttgart
- 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
- Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching
- müllers büro, Erzenhausen
- Meteomedia, Gais (CH)
- MVT Materials Handling GmbH, Dillingen
- NEUMAG GmbH, Neumünster
- NOGRID GmbH, Mainz
- Paul Wild GmbH, partu lapidaries GmbH, Kirschweiler
- Phoenix X-Ray Systems + Services GmbH, Wunstorf
- Porsche AG, Weissach
- Pöyry-GKW Ingenieure, Mannheim
- psb Materialfluss GmbH, Pirmasens
- RJL Mikro & Analytic GmbH, Karlsdorf-Neuthard
- Robert Bosch GmbH, Stuttgart und Waiblingen
- Römheld & Moelle, Mainz
- SAP AG, Walldorf
- SCHMITZ CARGOBULL, Altenberge
- Schott Glas, Mainz
- SIEDA GmbH, Kaiserslautern
- Siemens AG Medical Solutions OCS, Heidelberg, Power Generation, Mülheim Transportation Systems, Krefeld
- STMicroelectronics, Catania (I)
- StatOil, Stavanger (N)
- Stryker Leibinger GmbH, Freiburg
- Tehalit GmbH & Co. KG, Heltersberg
- Texas A&M, College Station, Texas (USA)
- Universitäten Ankara (TR), Cambridge (GB), Catania (I), Dresden, Freiburg, Göteborg (S), Graz (A), Halle-Wittenberg, Hamburg, Hannover, Kaiserslautern, Karlsruhe, Kopenhagen (DK), Leuven (B), Mannheim, North Carolina (USA), Pisa (I), Saarbrücken, Stuttgart
- Kliniken Frankfurt-Hoechst, Heidelberg, Homburg, Tübingen
- URSA International GmbH, Neu-Isenburg
- Verein Deutscher Gießereifachleute (VDG), Düsseldorf
- Voith Paper Fabrics GmbH & Co. KG, Heidenheim
- Volkswagen AG, Wolfsburg
- VOLVO Construction Equipment, Konz
- Zimmermann Formtechnik GmbH, Weilerbach



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 00-10 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
	Strömungen und komplexe Strukturen	Dr. Konrad Steiner 06 31/3 16 00-43 42
	Modelle und Algorithmen in der Bildverarbeitung	Dr. Ronald Rösch 06 31/3 16 00-44 86
	Adaptive Systeme	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

Mit einem ungebrochenen Aufwärtstrend hat das ITWM das Haushaltsjahr 2006 abgeschlossen. Der Betriebshaushalt wuchs um über eine Million Euro und damit um weitere zehn Prozent.

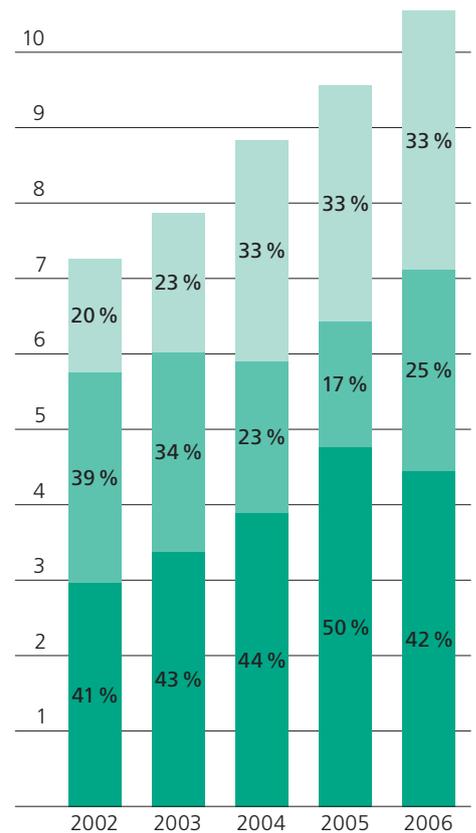
Die erfreulichste Entwicklung 2006 war die Steigerungsrate bei den öffentlichen Erträgen, die gegenüber dem Vorjahr sagenhafte 52 Prozent betrug und damit die Erwartungen bei weitem übertraf. Am meisten zugelegt werden konnte hier bei der Förderung durch das Land Rheinland-Pfalz: Zum einen durch die Landesmittel für das Exzellenzcluster »Dependable Adaptive Systems and Mathematical Modeling (DASMOD)« aus dem Landesprogramm »Wissen schafft Zukunft« und zum anderen durch die Förderung des »Simulationszentrums Rheinland-Pfalz« (SRP). Aber auch die Steigerungsquote bei der Projektförderung durch das BMBF kann sich sehen lassen, sie betrug 51 Prozent. Nach einem jahrelangen Abwärtstrend bei der öffentlichen Förderung zeichnet sich jetzt erfreulicherweise für die nächsten Jahre wieder ein stetiges Wachstum ab.

Auch bei den Fraunhofer-internen Programmen konnte das ITWM wieder zulegen. Hier ist das ITWM weiterhin für viele Fraunhofer-Institute ein gefragter Partner. Die Projektförderung stieg hier um über 24 Prozent. Durch die im 7. Rahmenprogramm der EU verbesserten Förderbedingungen für die Fraunhofer-Gesellschaft ist auch in diesem Bereich ab 2008 eine erhebliche Steigerung der Erträge zu erwarten.

Die Wirtschaftserträge des ITWM haben sich auf hohem Niveau stabilisiert. Die Bedeutung des Instituts für die Region zeigt sich nicht zuletzt darin, dass über ein Drittel der Industrieerträge 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. €

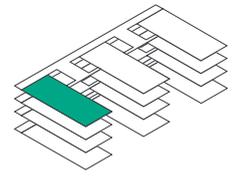
- Industrie
- Öffentliche Hand
- Grundfinanzierung und Fraunhofer-interne Programme



Haushaltsentwicklung [Tausend €]	2002	2003	2004	2005	2006
Betriebshaushalt	7267	7872	8844	9560	10550
Investitionshaushalt	878	563	376	499	332
Gesamt	8145	8435	9220	10059	10882



Ralf Klement, »Karotten« 2003



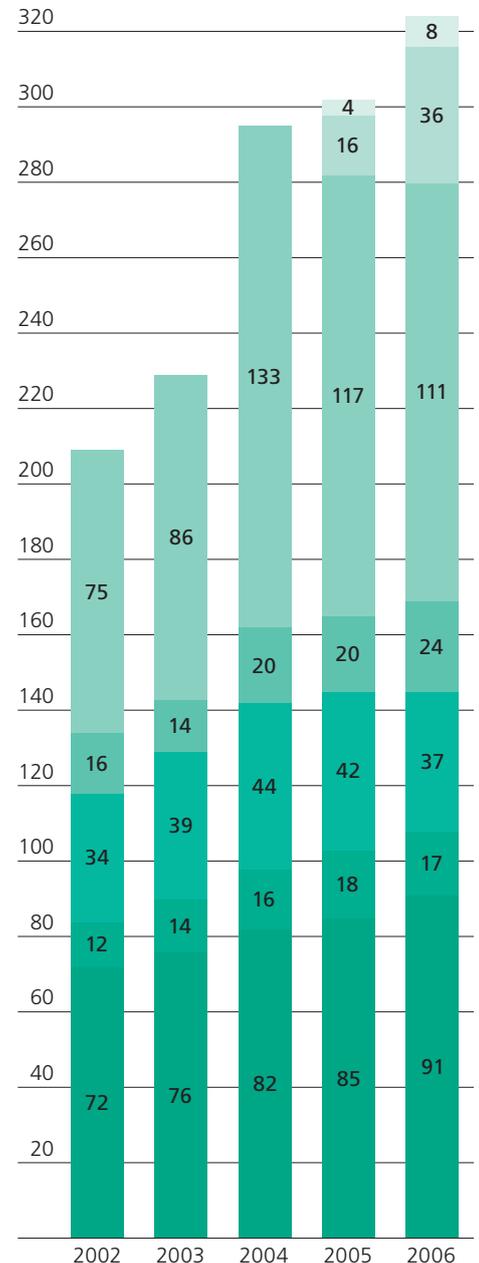
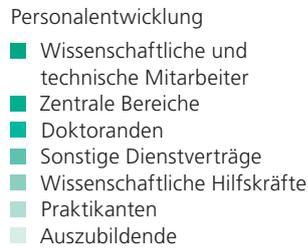
Personalentwicklung

Seit dem Einzug ins neue Fraunhofer-Zentrum im Januar 2006 wurden bis heute 19 neue Arbeitsplätze geschaffen, 16 davon allein im wissenschaftlichen Bereich. Die Zahl der Auszubildenden verdoppelte sich auf acht. Da das ITWM vorher in eher beengten Verhältnissen an zwei unterschiedlichen Standorten gearbeitet hat, erfolgte nach dem Einzug ein regelrechter Boom, was Neueinstellungen und Geschäftsaktivitäten anging.

Selbst vorsichtige Einschätzungen versprechen ein weiteres starkes Wachstum des ITWM und den erfolgreichen Aus- und Aufbau von aktuellen und neuen Geschäftsfeldern, nicht zuletzt auch durch Gründung des Fraunhofer-Innovationsclusters »Digitale Nutzfahrzeugtechnologie«, einer gemeinsamen Initiative mit dem Fraunhofer IESE, gefördert von Bund, Land, Fraunhofer-Gesellschaft und Firmen der Nutzfahrzeugbranche.

Schon jetzt zeichnet sich allerdings ab, dass das neue Institutsgebäude bereits 2008 voll belegt sein wird; dies natürlich unter der Voraussetzung, dass alle ausgeschriebenen Stellen auch besetzt werden können. Und hier zeichnen sich mittlerweile ernsthafte Probleme ab. Die Zahl der qualifizierten Bewerbungen auf unsere Stellenausschreibungen sinkt kontinuierlich. Es ist zu befürchten, dass sich der Arbeitskräftemangel im mathematisch-naturwissenschaftlichen und ingenieurwissenschaftlichen Bereich in nicht allzu ferner Zukunft auch für das ITWM als Wachstumsbremse erweisen wird. Umso wichtiger ist weiterhin die intensive Nachwuchsarbeit, insbesondere durch eine verstärkte Zusammenarbeit mit den Fachbereichen der TU Kaiserslautern. Durch Bereitstellung von Praktikantenplätzen wird versucht, bereits bei Schülerinnen und Schülern Interesse an

mathematisch-naturwissenschaftlichen Studiengängen zu wecken. Die große Nachfrage hier übersteigt allerdings unsere Betreuungskapazitäten.



Einweihung des Fraunhofer-Zentrums

Das wichtigste, weil die nachhaltigsten Veränderungen nach sich ziehende Ereignis des Jahres 2006 war der Umzug in das neue Institutszentrum. Dank guter Vorarbeit war er binnen zwei Wochen erledigt und Mitte Februar konnte offiziell gefeiert werden, mit vielen Wissenschaftlern, Wirtschaftsvertretern und Politikern. Das Fraunhofer-Zentrum bildet nun den Kern eines neuen Technologieparks in Uninähe, in dem sich bereits zwei weitere Institute angesiedelt haben.

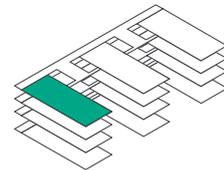


Einweihung der Kindertagesstätte

Lebkuchenmänner für alle Beteiligten gab es im März bei der Einweihung der Kindertagesstätte »Klammer@ffchen« am Fraunhofer-Zentrum, der Schauspieler des Pfalztheaters einen musikalischen Rahmen gaben. Die Kita nimmt in erster Linie Kinder von Mitarbeitern der beiden Fraunhofer-Institute auf, und zwar bereits ab neun Wochen. Vor allem junge Mütter haben so die Möglichkeit, nach einer kurzen Babypause in den Beruf zurückzukehren. Ein Beispiel, das weiter Schule machen sollte: In der Fraunhofer-Gesellschaft gibt es bereits sechs Fraunhofer-nahe Kindertagesstätten – bei insgesamt 56 Instituten.

Im Kaiserslauterer »Klammer@ffchen« kümmern sich sechs Erzieherinnen um zwanzig Kleinkinder, denen außer Gruppen- und Schlafräumen auch noch eine große begrünte Dachterrasse zur Verfügung steht; eine optimale Ergänzung zu den lichtdurchfluteten Innenräumen, die eine Nutzfläche von 500 qm haben. Konzipiert wurde das Gebäude – wie auch das Fraunhofer-Zentrum – vom Lauterer Architekturbüro AS-Plan.





ITWM auf der CeBIT

Hoher Besuch für das Fraunhofer ITWM auf der CeBIT im März: Beim Messerundgang machten Bundeskanzlerin Angela Merkel und Bundesbildungsministerin Anette Schavan am ITWM-Stand Halt und ließen sich von Dr. Franz-Josef Pfreundt die Möglichkeiten der Visualisierungssoftware PV-4D zeigen; sie wird vor allem eingesetzt bei der Bewältigung großer Datenmengen aus wissenschaftlichen Berechnungen und bildgebenden Verfahren, z. B. aus der Medizintechnik und der Erdölförderung. Der ITWM-Stand befand sich in der IBM-Innovation Zone, denn das Weltunternehmen kooperiert mit dem ITWM: PV-4D wurde auf einem Cluster aus IBM-Cell-Blade-Prototypen implementiert.



© IBM Deutschland

Tag der offenen Tür

Unter dem Motto »Wissenschaft und Kultur« öffnete das ITWM Anfang Mai für einen Tag seine Türen und bot eine vielfältige Mischung aus Vorträgen, Führungen, Musik, Theater und Literatur, die von gut 800 Besuchern genutzt wurde. Einen Akzent setzte dabei die Enthüllung zweier Skulpturen, die dauerhaft in einem der beiden Atrien zu sehen sein werden: Der »Kosmische Leuchter« des New Yorker Künstlers Doug Fitch und die »Fahrbare Treppe« des Hamburgers Florian Borkenhagen. Die Wissenschaft beschränkte sich an diesem Tag auf die Flure der einzelnen Abteilungen.



Simulationszentrum Rheinland-Pfalz

Seit Anfang Juni gibt es das Simulationszentrum Rheinland-Pfalz (SRP), ein Gemeinschaftsprojekt des ITWM und des Fachbereichs Mathematik der TU Kaiserslautern, untergebracht im Fraunhofer-Zentrum. Sein Ziel ist es, die Anwendung von CAE-Methoden in rheinland-pfälzischen Unternehmen voranzubringen, speziell in der Metall- und Kunststoffverarbeitung bzw. in Maschinenbau und Mechanik. Die Anforderungen an die Produktentwicklungskompetenz der Unternehmen steigen stetig an und neue Ideen müssen immer schneller kompetent umgesetzt werden. Die qualifizierte Nutzung von CAE-Werkzeugen ist hierfür unentbehrlich. Neu- oder Weiterentwicklungen können mit virtuellen Prototypen durch Simulation kostengünstig und zeitsparend entworfen und getestet werden.

Das ITWM verfügt über langjährige Erfahrung in der Anwendung solcher Softwaretools in Industrieprojekten und steht Firmen deshalb als kompetenter Ansprechpartner zu Verfügung. Die typischen Probleme und der Blickwinkel der Firmen auf CAE-Technologien sind den Mitarbeitern des SRP aus vielen erfolgreich abgeschlossenen Projekten bekannt. Darüber hinaus gibt es am ITWM und am Fachbereich Mathematik die wissenschaftlichen Kompetenzen, um Simulationen über den aktuellen Stand der Technik kommerzieller CAE-Werkzeuge hinaus wesentlich weiterzuentwickeln. Trotz erfolgreicher Anwendung von CAE-Technologien in vielen Branchen scheuen vor allem kleinere Firmen die Einstiegsschwelle in Form von Investitions- und Personaleinkaufskosten. Für die Firmeninhaber stellen sich viele Fragen: »Lohnt sich die Einführung eines Simulationstools für mein Unternehmen?«, »Woher bekommen wir die nötigen Fachkenntnisse?«, »Brauche ich ein allgemeines oder mehrere spezielle Simu-

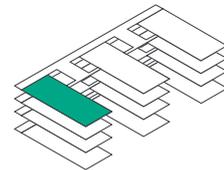


Strahlende Gesichter bei der Einweihung des SRP: Unipräsident Prof. Dr. Helmut Schmidt, SRP-Leiter Dr. Klaus Dreßler, Wirtschaftsminister Hendrik Hering, Wissenschaftsminister Prof. Dr. Jürgen Zöllner, ITWM-Leiter Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters, Dekan des Fachbereichs Mathematik Prof. Dr. Ralf Korn

lationstools?«, »Kann das Simulationstool vom Konstrukteur bedient werden?« Diese Fragen möchte das SRP mittels kompetenter Beratung klären und so einen Einstieg in Simulationstechnologien ermöglichen.

Die SRP-Mitarbeiter stehen den Firmen bei Engineering- und Simulationsprojekten, mit produktunabhängiger Beratung und Unterstützung bei der Einführung oder Veränderung von CAE-Prozessen sowie Schulungsangeboten und Traineeprogrammen zur Seite. Im Rahmen von SRP-Projekten besteht die Möglichkeit zur firmenspezifischen (Weiter-) Entwicklung und Anpassung von CAE-Werkzeugen. Das SRP wird federführend von der Abteilung **Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit** betrieben. Selbstverständlich sind auch die Kompetenzen der anderen Abteilungen sowie der TU über das SRP verfügbar.

Weitere Informationen gibt es auf: www.sz-rlp.de



Bunshah-Award

Dr. Peter Klein aus dem **Competence Center High Performance Computing** wurde mit dem Bunshah-Award ausgezeichnet, anlässlich der »International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films, ICMCTF« in San Diego/USA. Der Preis wurde ihm gemeinsam mit Wissenschaftlern vom Stuttgarter Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb verliehen für die beste von 700 Fachveröffentlichungen im Rahmen der ICMCTF. Die Wissenschaftler beschäftigten sich mit der Frage, wie sich die Oberflächeneigenschaften eines Produktes auf ihre Funktion hin optimieren lassen. Sie entwickelten ein molekulardynamisches Schichtwach-

tumsmodell, das in jeder Phase eines Beschichtungsprozesses eine Wechselbeziehung zwischen bestimmbar Schichteigenschaften und Prozessparametern herstellt. Bis in den atomaren Bereich hinein, denn hier werden die Eigenschaften einer Oberfläche festgelegt, wird das Schichtwachstum messbar und damit auch steuerbar gemacht. Damit ist es ihnen erstmals gelungen, die Deposition von Kupferatomen auf Siliziumwafern in der Simulation mit dem tatsächlichen Beschichtungsprozess und dessen Anwendung in der Mikroelektronik zu koppeln.



EVI-Treffen

Zum vierten Jahrestreffen versammelten sich die ehemaligen Vorstände und Institutsleiter der Fraunhofer-Gesellschaft (EVI) Anfang Juli für drei Tage in Kaiserslautern. Rund fünfzig Teilnehmer tagten im neuen Institutszentrum; Finanzvorstand Dr. Alfred Gossner informierte über die aktuelle Lage der

Fraunhofer-Gesellschaft, per Videokonferenz grüßten Ex-Präsident Prof. Hans-Jürgen Warnecke und der aktuelle Präsident Prof. Hans-Jörg Bullinger. EVI-Mitglied und ITWM-Gründer Prof. Helmut Neunzert organisierte einen Ausflug zum Weinmuseum Deidesheim, außerdem standen eine Stadtführung und ein Besuch des FCK-Stadions auf dem Programm.

Colloquium

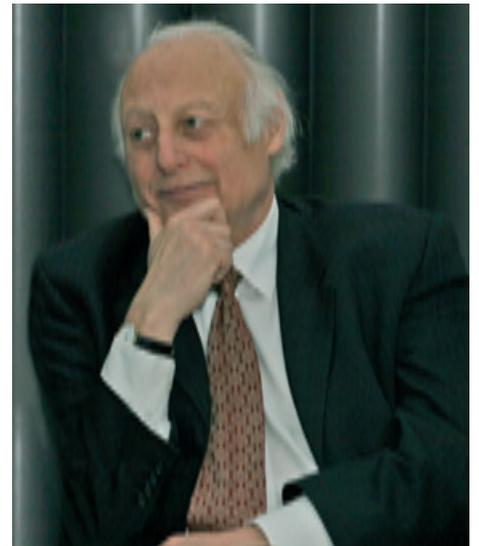
Im September fand im ITWM ein hochkarätig besetztes Colloquium statt, mit dem Titel »There is nothing more practical than a good theory.« Anlass war nicht nur der 70. Geburtstag des Institutsgründers Prof. Dr. Helmut Neunzert, sondern auch das zehnjährige Bestehen des ITWM, das sich mit dieser Veranstaltung der mathematisch-wissenschaftlichen Welt in dem neuen Gebäude zeigte.

Und dieser Teil der wissenschaftlichen Community war mit international renommierten Mitgliedern vertreten, u. a.

Prof. Achi Brandt vom israelischen Weizmann Institute, Prof. Peter Deuffhard vom Zuse-Institut in Berlin, Prof. Leonhard Rogers von der Cambridge University, Prof. Heinz Engl von der Johannes Kepler Universität in Linz sowie Prof. Heinz Otto Peitgen von der Universität Bremen. Während der zwei Tage stellten sie die neuesten wissenschaftlichen Entwicklungen auf dem Gebiet der praktischen Mathematik dar, im Gegenzug präsentierte das ITWM seine Schwerpunkte anhand aktueller Projekte. Solche Vortrags-Tandems bildeten beispielsweise »From multigrid solvers to systematic upscaling« und »Multiscale simulation in filtration processes«,

»Constrained least square estimation in control« und »Model based design strategies for active vibration control systems« oder »Iterative methods for the regularization on nonlinear inverse problems« und »Indirect temperature measurement of hot glasses«.

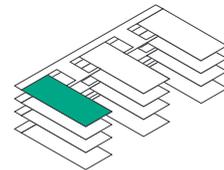
Ein weiterer Grund zum Feiern war die Wahl von Prof. Dr. Dieter Prätzl-Wolters zum Vorsitzenden des Wissenschaftlich-Technischen Rates (WTR) der Fraunhofer-Gesellschaft; der WTR vertritt die Interessen der 56 Institutsleiter und ihrer 12.500 Mitarbeiter und berät den Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft in strategischen Fragen.



Atrium-Jazz

Anfang November war das ITWM auch sonntags belebt, denn der AtriumJazz lockte viele Besucher in den lichtdurchfluteten Innenhof des Gebäudes. Geboten wurde eine Melange aus Latin, Tango, Jazz und Rock vom RoGebhardt-Brasil-Projekt: »Tudo Bem« – auf deutsch: Alles ist gut. Das galt nicht nur für die Musik, sondern für die gesamte Atmosphäre an diesem Sonntagvormittag, dank Kinderbetreuung und kulinarischem Angebot.





Faculty Award

Im November erhielt das **Competence Center High Performance Computing** den mit 16.000 Euro dotierten IBM Faculty Award für die Implementierung der Visualisierungssoftware PV-4D auf der Cell Broadband Engine (BE), einer neuartigen Prozesortechnologie von Sony, Toshiba und IBM. Die Software ermöglicht die interaktive Darstellung großer Bilddaten. Durch erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen dem IBM Entwicklungszentrum in Böblingen und dem CC HPC konnte IBM frühzeitig Erfahrungen in Anwendungen mit Cell Broadband Engine Prozessoren sammeln. Dies zeige, dass die enge Zusammenarbeit mit Partnern aus Lehre und Forschung von wichtiger Bedeutung für Innovationen sei, sagte Erwin Jung, Leiter der Wissenschaftsbeziehungen der IBM Deutschland GmbH, bei der Preisübergabe.



Die ausgezeichnete ITWM-Arbeitsgruppe mit Institutsleiter und den IBM-Preisverleihern: Dr. Gerd Kaufholz (IBM Böblingen), Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters, Dr. Carsten Lojewski, Erwin Jung (IBM Böblingen), Dr. Dirk Merten, Dr. Peter Klein, Utz Bacher (IBM Böblingen), Dr. Franz-Josef Pfreundt und Matthias Klein

Innovationspreis Rheinland-Pfalz

Bereits zum dritten Mal erhielt das ITWM im Dezember den Innovationspreis Rheinland-Pfalz, in der Sparte »Sonderpreis für Forschungseinrichtungen«. Die Arbeitsgruppe um Katja Schladitz aus der Abteilung **Modelle und Algorithmen in der Bildverarbeitung** bekam den mit 3000 Euro dotierten Sonderpreis für das Softwaretool MAVI, ein modulares Softwaresystem für die Verarbeitung und Analyse von Volumenbildern, wie sie z. B. in der Mikrocomputertomographie erzeugt werden. MAVI eignet sich besonders für die Analyse der Mikrostrukturen von Metall- und Polymerschäumen, Faserverbundwerkstoffen, Vliesen, Keramiken oder Beton, ist aber wegen seines modularen Aufbaus auch für 3D-Bilder anderer Strukturen wie Knochen oder Schnee sofort anwendbar. Die Analyseergebnisse werden zur Optimierung bestimmter Eigenschaften von Werkstoffen und Bauteilen und zur Qualitätssicherung genutzt.



Preisverleihung in der Handwerkskammer Kaiserslautern: Björn Wagner, Michael Godehardt, Dr. Katja Schladitz und der rheinland-pfälzische Wirtschaftsminister Hendrik Hering

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 12 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,2 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:

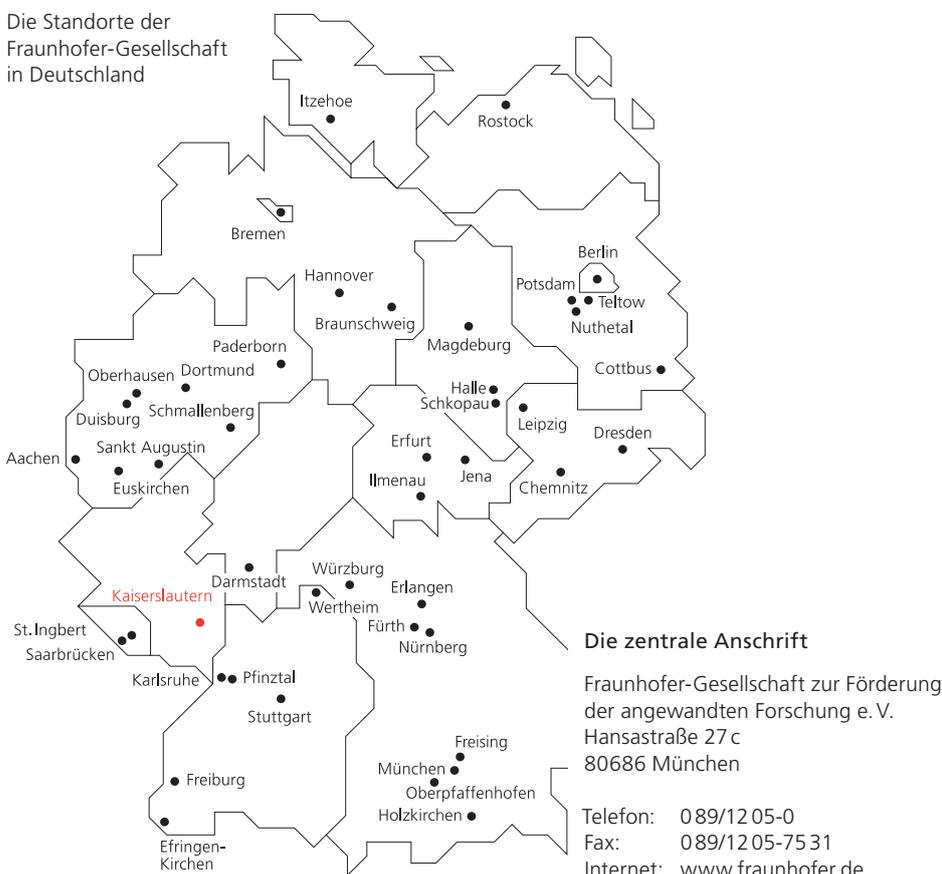
- Werkstofftechnik, Bauteilverhalten
- Produktionstechnik, Fertigungstechnologie
- Informations- und Kommunikationstechnik
- Mikroelektronik, Mikrosystemtechnik
- Prüftechnik, Sensorsysteme
- Verfahrenstechnik
- Energie- und Bautechnik, Umwelt- und Gesundheitsforschung
- Technisch-ökonomische Studien,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

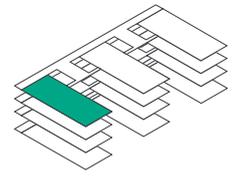
Als größter europäischer Forschungsverbund für Informations- und Kommunikationstechnik (IuK) ist die Fraunhofer-IuK-Gruppe eine erste Anlaufstelle für Industriekunden und Medien auf der Suche nach dem richtigen Ansprechpartner. Stärken der 15 Mitgliedsinstitute werden in strategischen Allianzen gebündelt und gemeinsam vermarktet. Diese Vernetzung ermöglicht gezielte, branchenspezifische und ganzheitliche Lösungen aus der anwendungsorientierten Forschung: maßgeschneiderte IT-Lösungen, kompetente Technologieberatung sowie Vorlaufforschung für neue Produkte und Dienstleistungen. Regelmäßige Wirtschafts-Summits bringen die richtigen Partner aus Industrie und Forschung an einen Tisch.

Die insgesamt 2 800 Mitarbeiter der 15 Institute sowie ein Jahresbudget von mehr als 168 Millionen Euro machen die IuK-Gruppe zum größten Forschungsverbund Europas. Daher decken auch die Technologien in unseren zehn Geschäftsfeldern die gesamte Wertschöpfungskette ab:

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

Die Standorte der Fraunhofer-Gesellschaft in Deutschland





Manuela Hoffmann, Prof. Dr. Ralf Korn, Michael Mannweiler, Prof. Dr. Axel Klar, Dr. Marion Schulz-Reese, Ingeborg Woltmann, Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters, Sandra Leugner, Dieter Eubell, Mirko Spell, Christian Peter, Gesa Ermel, Dr. Elmar Gerwalin, Patrick Fuchs, Ilka Blauth, Steffen Grützner, Brigitte Williard, Gabriele Gramsch, Katharina Parusel, Markus Pfeffer

Transportvorgänge

Die mathematische Modellierung komplexer industrieller Problemstellungen und die Entwicklung effizienter Algorithmen zu ihrer numerischen Lösung charakterisieren die Arbeit der Abteilung **Transportvorgänge**. Die behandelten technisch-naturwissenschaftlichen Aufgabenstellungen in Gebieten wie Strömungsdynamik, Strahlungstransport, Akustik und Strukturmechanik führen aus mathematischer Sicht auf partielle Differentialgleichungen. Aus Kundensicht geht es typischerweise um die Optimierung von Produkten, die technische Auslegung von Produktionsprozessen oder um simulationsbasierte Messmethoden. In allen fünf nachfolgend skizzierten Schwerpunkten der Abteilung verlief das Jahr 2006 erneut wirtschaftlich sehr erfolgreich.

Fluid-Struktur-Interaktion

Die Arbeiten des größten Abteilungsschwerpunkts sind auf die Simulation der Dynamik von Partikeln, Fäden und Bögen in Wechselwirkung mit Strömungen ausgerichtet. Das Hauptgewicht des breit gefächerten Kundenspektrums aus Produzenten und Maschinenbauern liegt im Bereich der technischen Textilien. Mit FIDYST (Fiber Dynamics Simulation Tool) wird ein eigenes Softwarewerkzeug zur Simulation von Fadedynamiken entwickelt, das nachfolgend etwas breiter vorgestellt wird. Die Entwicklung von FIDYST ist in das aktuelle Fraunhofer-Projekt MAVO SR-PRO eingebunden, mit dem die Abteilung einen ersten wichtigen Schritt in Richtung »Simulierte Realität für Produktionsprozesse« geht.

Gitterfreie Methoden

Hier entwickelt die Abteilung 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. FPM be-

herrscht ein breites Spektrum von Materialverhalten und besitzt Schnittstellen zu diversen Pre- und Postprocessing-Formaten. Dazu gibt es eine Reihe von speziell angepassten, bereits im industriellen Einsatz befindlichen FPM-Lösungen. Die Entwicklung eines Tools zur Simulation von Betankungsvorgängen für die Firma VW ist ein aktuelles Beispiel für eine solche Lösung.

Strahlungstransport und Parameteridentifikation

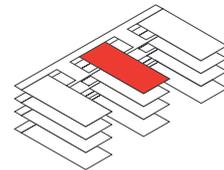
Dieser Schwerpunkt hat seine Wurzeln in Projekten zur Abkühlung von Glas durch Wärmestrahlung und Wärmeleitung, die zur Entwicklung des ITWM-Strahlungstools RADEFF als FLUENT-UDF führten. Unter Fortführung der Arbeiten konnte das Spektrum durch mathematisch verwandte Themen ergänzt werden. Im Jahr 2006 wurden zudem – ausgehend von direkten Problemen des Strahlungstransports – vermehrt inverse Fragestellungen (indirekte Temperaturmessung) und Optimierungsprobleme (thermische Auslegung von Industrieanlagen) bearbeitet.

Raumakustik

Dieses Zukunftsfeld definiert sich aus einer Reihe von Projekten, die vordem der Kontinuumsmechanischen Produkt- und Prozessauslegung zugeordnet waren. Im Zentrum steht der Aufbau eines audiovisuellen VR-Systems (Akustische Simulierte Realität), mit dem die akustischen Verhältnisse von Innenräumen (Gebäude, Maschinenhallen, Fahrzeuge) bereits in der Planungsphase für zu meist fachfremde Entscheider erfahrbar gemacht werden können. 2007 soll das System soweit nutzbar sein, dass es zur Akquisition von Industrieprojekten eingesetzt werden kann.

Kontinuumsmechanische Produkt- und Prozessauslegung

Der Schwerpunkt umfasst die Projekte, bei denen die technische Auslegung und Optimierung von Produkten und



Produktionsprozessen im Vordergrund steht. Gemeinsame Basis sind kontinuumsmechanische Multiphysik-Modelle, die erst durch Modellreduktion einer Optimierung und/oder Regelung zugänglich werden. Zur Bearbeitung der Projekte werden Kompetenzen und Ressourcen der gesamten Abteilung genutzt. Schwerpunkte sind Modellreduktion für Versorgungsnetzwerke, Medizintechnik und Simulierte Realität.

Abteilungsleiter:

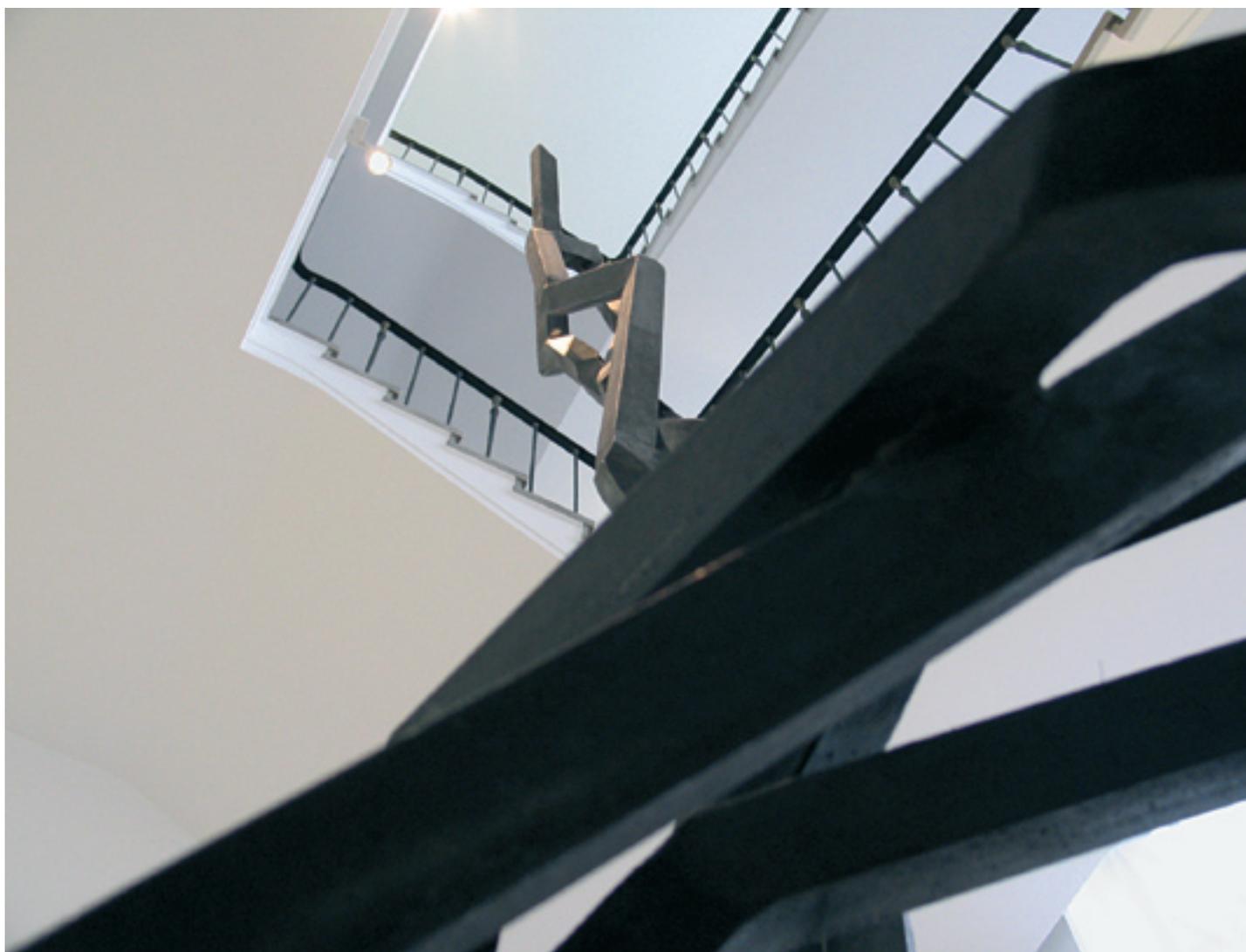
Dr. Raimund Wegener

☎ 06 31/3 16 00-42 31

raimund.wegener@itwm.fraunhofer.de

Problemlösungsfelder

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



Robert Schad, »Pnog«, 2002, Stahl

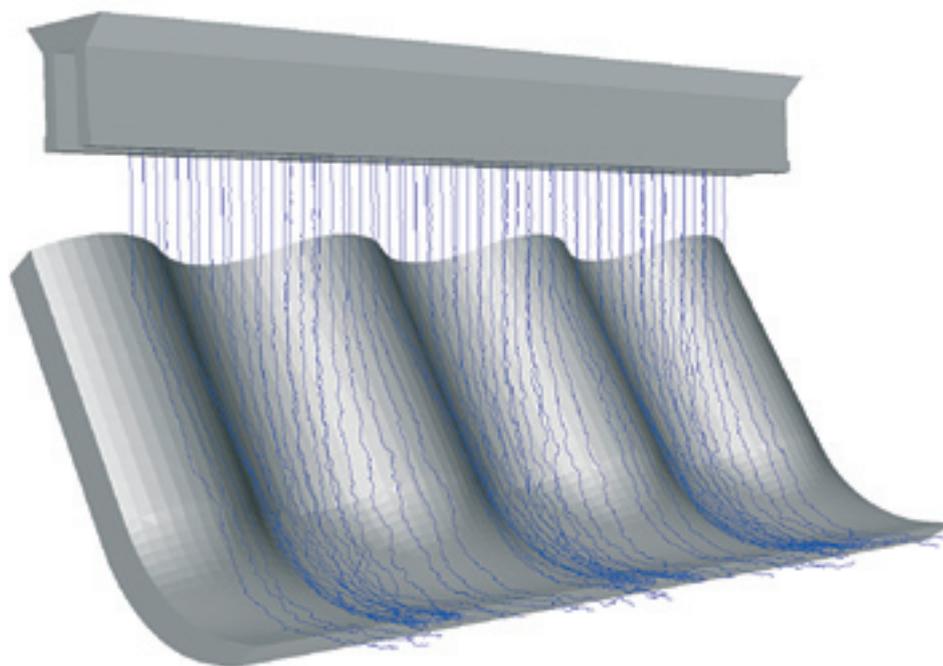
»Aus einer Verdichtung vierkantiger Stahlstäbe entfalten sich einige Elemente in die Höhe des Raumes. Schon die Dynamik der Aufwärtsbewegung lässt Strömungen assoziieren, die auch im Inneren des bewegten Röhrensystems denkbar sind. Die gegenseitige Bedingtheit von Verdichtung und Entfaltung verweist auf strukturelle Interaktion.«

Dr. Britta Buhlmann, Leiterin der Pfalzgalerie

FIDYST – Fiber Dynamics Simulation Tool

In der Textilindustrie werden Fasern, Fäden oder Garne aus unterschiedlichen Materialien hergestellt, verarbeitet oder weiterbearbeitet. Beispiele hierfür sind die Produktion von Vliesstoffen, von Glaswolle und von Garnen sowie die Verarbeitung von Naturfasern. Um solche Verarbeitungsprozesse simulationstechnisch erfassen zu können, entwickelt die Abteilung **Transportvorgänge** im Schwerpunkt Fluid-Struktur-Interaktion das Simulationstool FIDYST (Fiber Dynamics Simulation Tool). Mit FIDYST kann zurzeit die Dynamik von elastischen Fäden mit inneren Spannungen und Biegekräften simuliert werden. Für die Behandlung von viskosen und viskoelastischen Fäden sind weitreichende Vorarbeiten durchgeführt worden. Die Fadendynamik wird neben den intrinsischen Materialeigenschaften im Wesentlichen durch drei äußere Faktoren beeinflusst: aerodynamische Kräfte, Kontakt mit Maschinenbauteilen und Kontakt mit anderen Fäden.

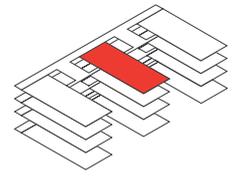
In vielen Produktionsanlagen werden die Fäden hauptsächlich durch gezielt eingesetzte Luftströmungen gelenkt. Hierfür erlaubt FIDYST die Einbeziehung von Strömungsdaten, die durch Simulationen mit kommerziellen CFD-Tools wie FLUENT® oder ANSYS-CFX® ermittelt werden. FIDYST kann sowohl zweidimensionale, axialsymmetrische und dreidimensionale sowie stationäre und instationäre Strömungsdaten verarbeiten. Aus diesen werden über ein Air-drag-Modell Luftkräfte auf den Fäden berechnet. Neben den durch die deterministische Hauptströmung bedingten Kräften werden in FIDYST auch durch Turbulenz erzeugte stochastische Kräfte abgebildet. Das zugehörige Modell basiert dabei auf den lokalen Turbulenzdaten der Strömungssimulation. Für die meisten Anwendungsfälle genügt es, die so umrissene Wirkung der Luftströ-



Faden-Wand-Interaktion: Beispiel für Fadenablenkung durch geometrische Bauelemente

mung auf die Fäden zu berücksichtigen, jedoch die Wirkung der Fäden auf die Strömung zu vernachlässigen. In einigen Fällen – vor allem bei einer großen Anzahl von Fäden im Prozess – muss jedoch die Schleppwirkung der Fäden in der Strömungssimulation abgebildet werden. Hierzu wird die Wirkung vieler Fäden durch Homogenisierung in eine Impulsquelle und darüber hinaus auch in eine Energiequelle überführt. Damit werden die Daten der Fadenbewegungen aus FIDYST über eine entsprechende Schnittstelle in der Strömungssimulation berücksichtigt. In einem iterativen Prozess kann dies zu einer vollständigen Kopplung der Dynamiken genutzt werden.

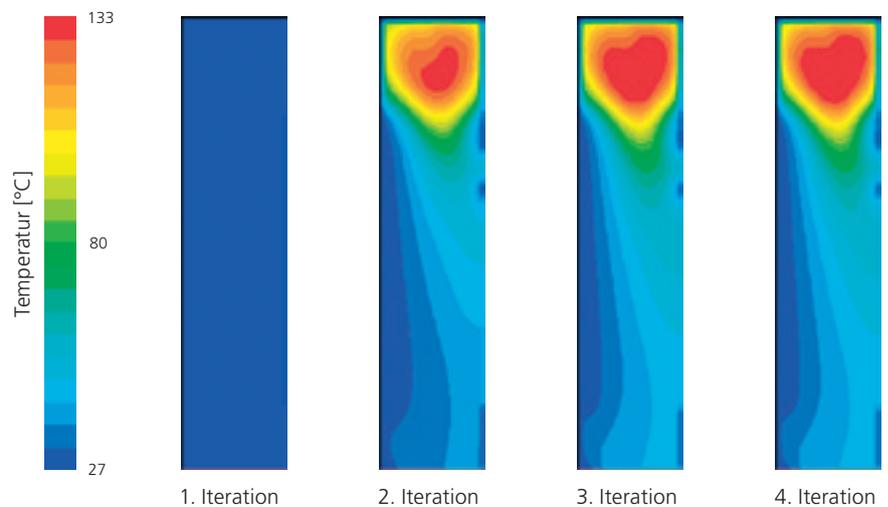
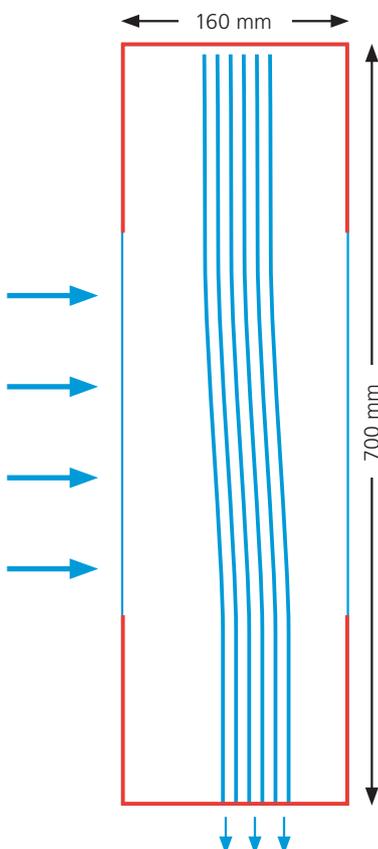
Während des Verarbeitungsprozesses können die Fäden durch feststehende oder sich bewegende Maschinenbauteile abgelenkt oder aufgefangen werden. Für die Behandlung der Wandkontakte können die Begrenzungsflächen als triangulierte Flächen für FIDYST zur Verfügung gestellt werden. Die Erzeugung der triangulierten Flächen kann dabei mit einem kommerziellen Netzgenerierungstool wie z. B. Gambit® erfolgen. Zusätzlich kann eine Bewegung der Maschinenbauteile definiert werden. Die Behandlung der Faden-Wand-Kontakte erfolgt durch Erweiterung der dynamischen Gleichungen durch geometrische Zwangsbedingungen und zugehörige Lagrange-Parameter.



Insbesondere bei sehr vielen Fäden auf engem Raum kommt es zum Kontakt der Fäden untereinander. Diese Kontakte können die Dynamik der Fäden so sehr bestimmen, dass die angreifenden Luftkräfte für die Fadendynamik eine untergeordnete Rolle spielen. Für die Simulation dieser Faden-Faden-Kontakte werden zurzeit unterschiedliche Modellansätze verfolgt. Zum einen wird ein Modell entwickelt, mit dem jeder einzelne Faden-Faden-Kontakt simuliert werden kann. Hier kommen in Analogie zum Faden-Wand-Kontakt erneut geometrische Zwangsbedingungen und Lagrange-Parameter zum Einsatz. Zum anderen wird zur Behandlung hoher Fadendichten mit vielen Kontakten auch ein Modellansatz verfolgt, bei dem nicht jeder einzelne Kontakt, sondern nur die mittlere Wirkung der Kontakte auf repräsentative Fäden abgebildet wird.

Für die Optimierung von Produktionsanlagen sind Parameterstudien nur schwer durchführbar, da die Simulation des gesamten Produktionsprozesses mit gegebenenfalls mehreren hundert Fäden zu aufwändig ist. Speziell bei der Produktion von Vliesstoffen ist jedoch die einzelne Fadenbewegung nicht von Interesse, sondern die Eigenschaften des Endproduktes, also des Vliesstoffes. Daher gilt es, für diese Produktionsprozesse Ersatzmodelle zu entwickeln, die es ermöglichen, komplexe Optimierungsläufe in kurzer Zeit zu realisieren. In FIDYST werden dazu einige repräsentative Fäden simuliert, um in einem nachgeordneten Schritt charakteristische Größen wie z. B. Wurfweite und stochastische Schwankung der Ablagerichtung der Fäden zu ermitteln. Diese Größen dienen als Kalibrierung für ein stochastisches Ersatzmodell, welches ohne weitere aufwändige Faden-

simulationen das gesamte Vlies erzeugen kann. Mithilfe dieses Ersatzmodells kann eine Optimierung der Produktionsanlage in deutlich kürzerer Zeit durchgeführt werden. Anschließend ist eine Überprüfung der Ergebnisse durch eine detaillierte FIDYST-Simulation möglich. Diese Arbeiten an FIDYST sind eng mit dem Fraunhofer-internen Projekt MAVO SR-PRO verbunden.



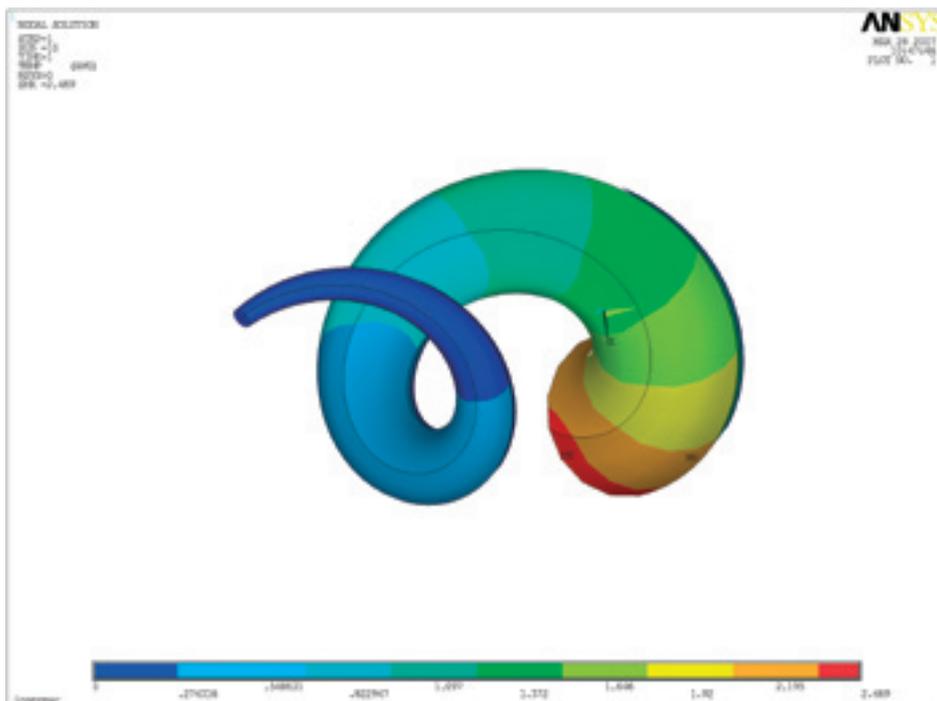
Gekoppelte Simulation Faden- und Strömungsdynamik: Beispiel für resultierende Lufttemperatur in einem Spinnprozess mit Luftanblasen zur Kühlung

SIMPHONI – Simulation der Pharmakokinetik im Innenohr

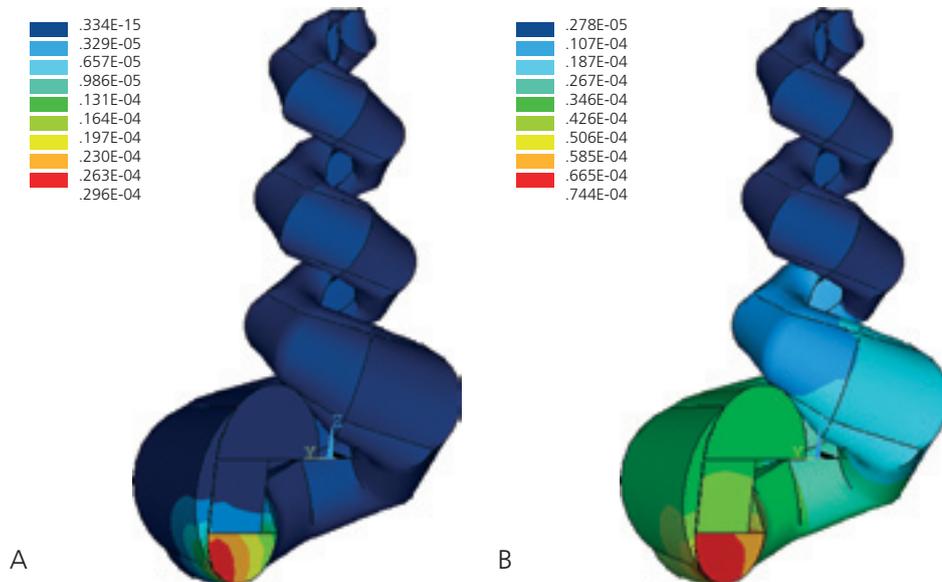
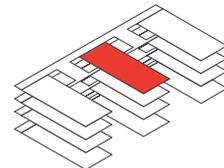
Innenohrschwerhörigkeit gehört zu den häufigsten chronischen Erkrankungen. Die Ergebnisse der derzeitigen medikamentösen Therapiestrategien insbesondere bei akuten Hör- oder Gleichgewichtsschädigungen bestehen aus einer intravenösen oder oralen systemischen Therapie mit verschiedenen Substanzklassen und sind unbefriedigend. Deshalb wird seit einigen Jahren in Grundlagenforschung und klinischer Anwendung die Strategie der lokalen Medikamentenapplikation an das Innenohr verfolgt. Medikamente werden an die Rundfenstermembran (RFM) gebracht, so dass diese in das Innenohr diffundieren können. Um diese vielversprechende Therapieform in die klinische Prüfung überführen zu können, werden derzeit noch sehr viele Tierversuche zur Untersuchung der Pharmakokinetik im Innenohr bei verschiedenen Tierspezies, mit verschiedenen Medikamenten und für unterschiedliche Applikationsstrategien bzw. Drug-Delivery-Systeme

durchgeführt. Diese Tierversuche stark zu reduzieren bzw. sogar zu ersetzen, ist das Anliegen des vom BMBF geförderten Projekts SIMPHONI. Tierversuche sollen durch Computersimulationen ersetzt werden. Dazu werden realistische Modelle der 3D-Pharmakokinetik im Innenohr erarbeitet, in Software implementiert und validiert.

Aufgrund der geringen Flüssigkeitsvolumina und der damit verbundenen speziellen Probleme bei der Probenentnahme aus den Innenohrflüssigkeiten können Computersimulationen entscheidend zur besseren Interpretierbarkeit der Ergebnisse aus notwendigen Tierexperimenten zur Pharmakotherapie des Innenohres beitragen. Bisher wurden Tierexperimente für jedes neue Medikament, für jede Applikationsmethode (Drug-Delivery-System) und für unterschiedliche Applikationsszenarien (kontinuierlich, »single-shot«, wiederholte Applikation) durchgeführt. Hier können Computersimulationen die Anzahl der Tierversuche drastisch reduzieren. Wird beispielsweise die Pharmakokinetik



Reales Abbild einer Cochlea und simulierte Konzentrationsverteilung in einer vereinfachten Geometrie



Konzentrationsverteilung in der Cochlea für zwei unterschiedliche Applikationsstrategien (A: kurzzeitige Applikation; B: kontinuierliche Medikamentenapplikation)

ähnlicher Substanzklassen untersucht, so ist eine hundertprozentige Einsparung von Tierversuchen absehbar. Neue Drug-Delivery-Systeme am Innenohr werden üblicherweise im Tierversuch nach der »Trial-and-Error-Methode« untersucht, ohne Vorstellungen über initial zu verwendende Konzentrationen zu haben. Der Einsatz von Computersimulationen ermöglicht eine bessere Versuchsplanung und vermeidet unnötige Experimente. Unterschiedliche Applikationsszenarien kommen vollständig ohne Tierversuche aus. Sind die Stoffparameter bekannt, so kann die Computersimulation durch Änderung der bekannten Cochlea-Geometrie für eine andere Spezies (oder den Menschen) durchgeführt werden, ohne dass es dafür neuer Tierversuche bedarf. Neue Probenentnahmetechniken, die nur mithilfe von Computersimulationen interpretiert werden können, reduzieren Tierversuche deutlich.

Das Verbundprojekt wird vom ITWM als Koordinator, der Klinik für HNO-Heilkunde am Universitätsklinikum in Tübingen und der Firma Micro Carrier

Systems in Neuss bearbeitet. Inhalt des Teilprojekts des Fraunhofer ITWM ist die Modellierung der Diffusionsprozesse im Innenohr und die Erstellung einer dreidimensionalen Cochlea-Geometrie, die nur in enger Zusammenarbeit mit der HNO-Klinik Tübingen erfolgen kann. Die Implementierung der Modelle, Testrechnungen und die Identifikation der für die Simulation notwendigen Stoffparameter (aus mathematischer Sicht ein inverses Problem) ist Aufgabe des ITWM. Da pharmakokinetische Untersuchungen am Menschen, wie in der Phase I der klinischen Prüfung üblich, am Innenohr nicht durchgeführt werden können, ist es anzustreben, die Vorhersagen aus den Computersimulationen für die Planung von Phase I-II-Studien zu nutzen. In diesem Rahmen sollen durch die Entwicklung des Computermodells Tierversuche vollständig ersetzt werden. Computersimulationen sollten langfristig systematisch in das Zulassungsverfahren für neue Medikamente des Innenohres und neue Applikationsmethoden am Innenohr einbezogen werden.

Simulation von Rührprozessen mit FPM

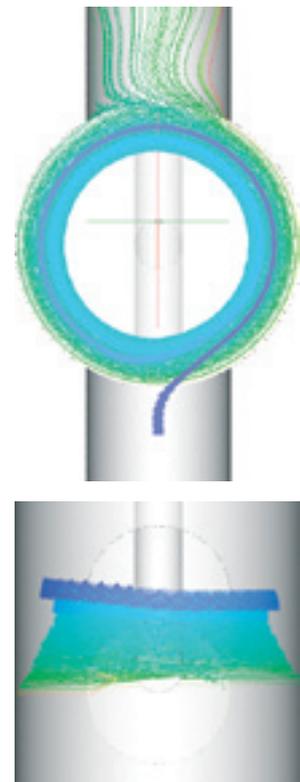
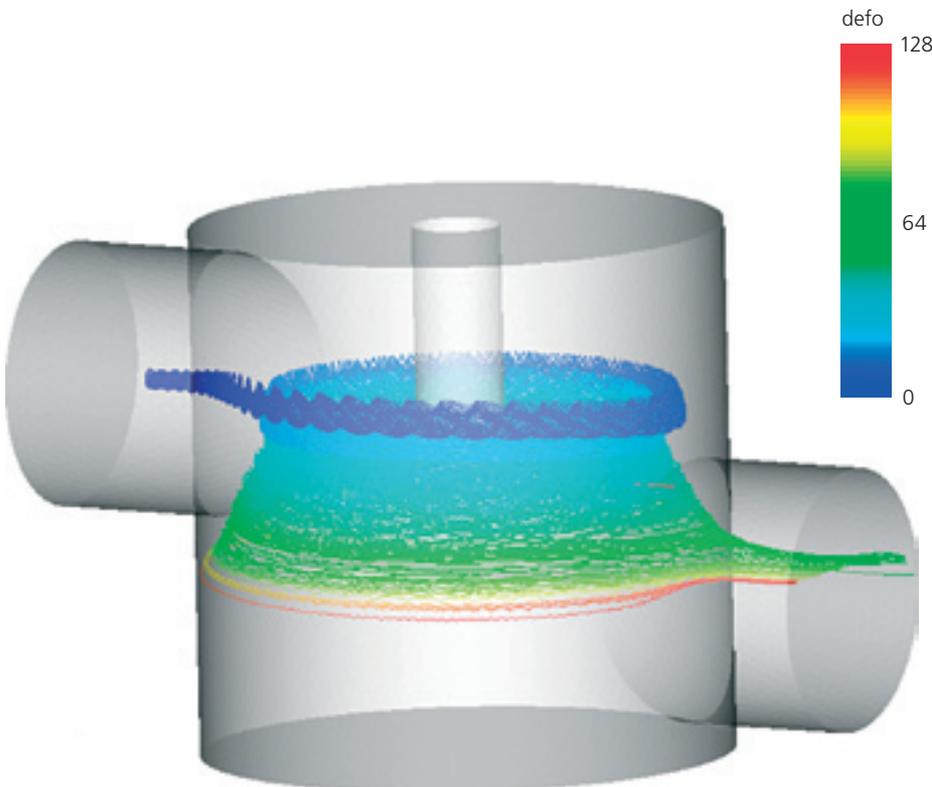
Rührprozesse spielen eine enorm wichtige Rolle in der industriellen Verfahrenstechnik: Sie dienen dazu, Materialien entweder effektiv zu vermischen (chemische Reaktoren, Kläranlagen, Lebensmittelindustrie) oder sie so gut wie möglich zu homogenisieren, um Qualitätsansprüche zu gewährleisten. Das ITWM arbeitet seit einiger Zeit u.a. mit der Firma NOGRID an einer Simulationemethode, um die Effizienz von Rührern im Umfeld der Glasproduktion zu bewerten. Die Rührereinheiten zeichnen sich durch enorme Kosten, aufwändige Technologie, komplexe Geometrien und hohen Energieverbrauch aus. Um Kosten und Aufwand zu sparen, sind Glasfirmen daher auf der Suche nach den effizientesten Rührereinheiten, also einer Optimierung des Rührerfolges unter Berücksichtigung von eingesetzter Energie und Material sowie der zu erwartenden Standzeiten.

Die in der genannten Kooperation erarbeitete Simulationslösung basiert auf einem zweistufigen Ansatz. Zuerst wird mithilfe der Finite-Pointset-Methode (FPM), einem gitterfreien Strömungssolver, die Basisströmung in einer Rührereinheit berechnet. FPM ist ein dafür gut geeignetes numerisches Simulationsverfahren, da der gitterfreie Ansatz eine nahezu perfekte und hocheffiziente Abbildung der bewegten Geometrieteile (Rührflügel) und der entstehenden freien Oberflächen am Rührtopf erlaubt. In FPM wird das strömende Fluid (hier flüssiges Glas) durch eine Punktwolke beschrieben, die sich mit der Strömung bewegt und sich so selbst an die verändernde Geometrie adaptiert. Nach erfolgreichem Durchlaufen der numerischen Simulation wird in einem zweiten Schritt die Rührereffizienz mithilfe des Simulationstools FPM-Pfad ermittelt. FPM-Pfad liest die generierten Strömungsdaten ein und berechnet die Pfade, die einzelnen Partikeln bei ihrem Rührerdurchlauf aufgeprägt werden.

Auf den Pfaden werden virtuelle Deformationen und Durchlaufzeiten ermittelt, die als direktes Maß für die lokale Rührereffizienz dienen. Das komplette Spektrum der Deformationen und Durchlaufzeiten führt so zu einer Abschätzung der globalen Rührereffizienz. Technische Parameter wie Energieverbrauch und thermische Belastung können direkt aus der FPM-Simulation abgelesen werden.

Die Simulation von Rührprozessen betreibt das Fraunhofer ITWM in enger Kooperation mit der Firma NOGRID, Mainz. Letztere setzt FPM zur Erarbeitung von Simulationslösungen insbesondere in der Glasindustrie ein.

Partikelpfade im Rührprozess (© NOGRID)





Sergey Antonov, Dr. Jan Mohring, Dr. Sudarshan Tiwari, Dr. Raimund Wegener, Dr. Jörg Kuhnert, Dr. Jevgenijs Jegorovs, Dr. Martin Hering-Bertram, Dr. Ferdinand Olawsky, Dr. Robert Feßler, Thorsten Fütterer, Frédéric Soulié, Sabine Repke

Strömungen und komplexe Strukturen

Die Abteilung beschäftigt sich mit der Modellierung und Simulation strömungsdynamischer und strukturelastischer Prozesse zum virtuellen Design von Materialien und Produkten. Zu unseren Kernkompetenzen zählt die effiziente numerische Behandlung der auftretenden Multiskalen- und Multiphysikprobleme. Das große Anwendungsgebiet Filtration zeigt idealtypisch die Entwicklung und den Einsatz mathematischer Upscalingverfahren und softwaretechnischer Methoden für ein multiskaliges Material- und Produktdesign durch enge Zusammenführung der Kompetenzen der vier Schwerpunkte.

Mikrostruktursimulation und virtuelles Materialdesign

Im Schwerpunkt Mikrostruktursimulation und virtuelles Materialdesign wird unter dem Gesamtkonzept »GeoDict« Software zur Optimierung komplexer dreidimensionaler geometrischer Strukturen von porösen Materialien und Verbundwerkstoffen entwickelt und vermarktet. Verschiedenste Materialeigenschaften werden in den komplexen 3D-Strukturen berechnet und durch Parametervariation sukzessive verbessert. Die Technologie wird aktuell besonders in Projekten zur Auslegung von Komponenten in Brennstoffzellen, Papiermaschinen und den verschiedensten Arten von Filtern angewendet.

Hydrodynamik

Der Schwerpunkt Hydrodynamik beschäftigt sich daneben mit Strömungen in porösen Medien mit Anwendung bei der Auslegung von Filtersystemen (SuFiS) und der gekoppelten Simulation der Überflutung und Infiltration von urbanen Gebieten (RisoSim). Dabei werden geeignete Lösungsalgorithmen zur effizienten Behandlung der skalenabhängigen Probleme entwickelt.

Komplexe Fluide

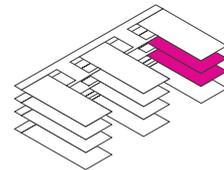
In Erweiterung dazu werden im Schwerpunkt Komplexe Fluide Strömungen

rheologisch komplexer Flüssigkeiten betrachtet. Im vergangenen Jahr wurden die Entwicklungen zur Simulation granularer Strömungen (hochdynamische Sand-Luftgemische), viskoelastischer Polymerschmelzen sowie Fasersuspensionen in eine gemeinsame Softwareplattform CoRheoS integriert. Die Lattice-Boltzmann-Software ParPac wird in den verschiedenen Problemlösungsfeldern zur Strömungsberechnung wie auch zur Simulation der Wechselwirkung von Partikeln mit Strömungen eingesetzt. Erstarrungsprozesse und der Übergang zum Festkörper bilden die Schnittstelle zum Schwerpunkt Strukturoptimierung in Mechanik und Akustik.

Strukturoptimierung in Mechanik und Akustik

Die Entwicklung von strukturmechanischen Simulationsmethoden (DDFEM) und Software zur Topologieoptimierung (TopLevel) insbesondere in Verbindung mit der Gießsimulation im Rahmen des Projektes MIDPAG stehen im Vordergrund der Aktivitäten. Verstärkt werden Anfragen nach modell- und simulationsbasierten Analysen von heterogenen Materialien und Bauteilen hinsichtlich ihrer effektiven akustischen und viskoelastischen bzw. viskoplastischen Eigenschaften (Creep, Resilience) untersucht. In den vergangenen Jahren hat sich das Produktspektrum eigener Software stark erweitert, was sowohl der Projektarbeit im Bereich Scientific Consulting zugute kommt, aber auch mehr und mehr zum Verkauf der Software führt. Die Kunden kommen vorwiegend aus dem verarbeitenden Gewerbe (Kunststoff, Metall, Glas, Keramik) mit ingenieurwissenschaftlichem Hintergrund aus der Verfahrenstechnik bzw. der Materialentwicklung. Mehr und mehr Anfragen und Aktivitäten zielen auf die Branchen Umwelttechnik und Medizintechnik.

Die wissenschaftliche Vernetzung mit der TU Kaiserslautern und in langfris-



tigen weltweiten Kooperationen (u. a. mit der Texas A&M) konnte durch gemeinsame Projekte, Promotionsvorhaben und regen wissenschaftlichen Austausch kontinuierlich ausgebaut werden. Insgesamt konnte die Abteilung ihr letztjähriges sehr gutes Ergebnis bei gleichzeitigem starkem Personalwachstum nochmals steigern und blickt sehr zuversichtlich auf die kommenden Jahre.

Abteilungsleiter:

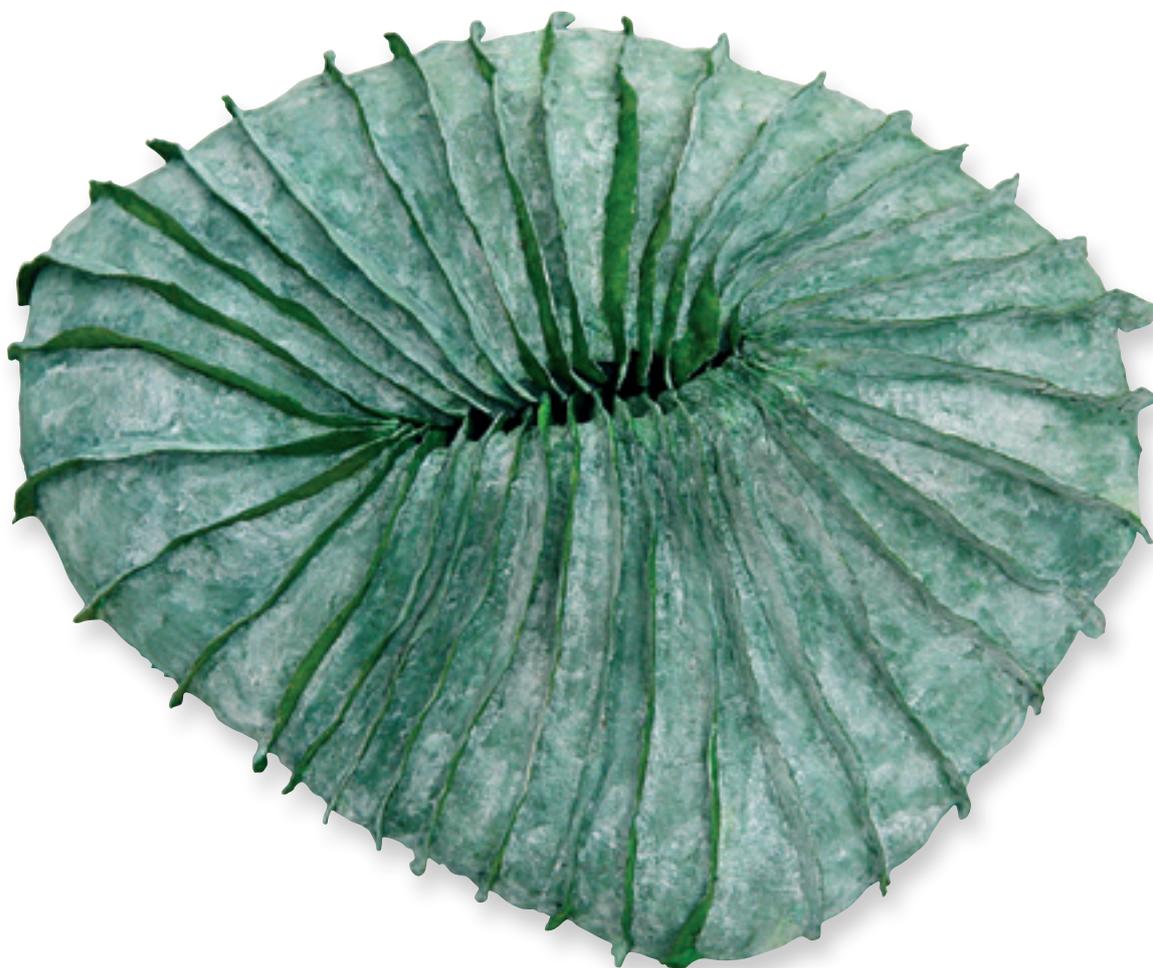
Dr. Konrad Steiner

☎ 06 31/3 1600-43 42

konrad.steiner@itwm.fraunhofer.de

Problemlösungsfelder

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



Alexandra Deutsche, »Meeresform« 2002, geschöpftes Papier, Pigmente, Beize

»Das aus einem pappmachéartigen Material gefertigte Objekt erinnert sowohl aufgrund seiner grünlich-weißen Bemalung als auch durch seine amöbenhafte Form an ein im Wasser lebendes Wesen. Seine Lamellen scheinen Strömungen aufnehmen oder gar provozieren zu können, sein Schlund könnte als Filter ein- und ausfließender Materie dienen.«

Dr. Britta Buhlmann, Leiterin der Pfalzgalerie

GeoDict integriert virtuelles Materialdesign und Mikrostruktursimulation

In vielen technischen Bereichen ist die geometrische Struktur die zentrale einstellbare anwendungsrelevante Eigenschaft eines Werkstoffes. Die Auswahl geeigneter Materialien geschieht in der industriellen Praxis allerdings bisher noch aufgrund von Erfahrungen und zeit- und kostenintensiven empirischen Verfahren (trial and error).

Mit GeoDict, einer am Fraunhofer ITWM entwickelten innovativen Software, können nahezu beliebige Materialstrukturen erstellt und auf Basis dieser Geometrien Beschreibungen bzw. Vorhersagen der Materialeigenschaften getroffen werden.

Hauptanwendungsgebiet von GeoDict ist derzeit die Berechnung von Durchströmungseigenschaften poröser Materialien. Die detaillierte Kenntnis des Strömungsverhaltens ist entscheidend, um die Effizienz und Lebensdauer beispielsweise von Brennstoffzellen, Filtern und Entwässerungsfilzen zu verbessern. Zudem lässt sich mit GeoDict das Verhalten eines Verbundwerkstoffs unter mechanischen Beanspruchungen ermitteln und dieser hinsichtlich seiner Belastbarkeit virtuell überprüfen. Des Weiteren berechnet die Software die Wärmeleitung und elektrische Leitfähigkeiten von porösen Materialien und Verbundwerkstoffen.

GeoDict generiert im ersten Schritt auf der Grundlage gemittelter Kenngrößen oder importierter experimenteller Daten ein mehrfarbiges 3D-Modell einer Mikrostruktur. Im zweiten Schritt folgt die Simulation von strukturelastischen bzw. strömungsdynamischen Prozessen.

Der Anwender kann die Modellparameter jederzeit interaktiv variieren und die Eigenschaftsberechnungen wiederho-

len, um so im Rechner neue und verbesserte poröse Materialien bzw. Verbundwerkstoffe zu finden, aber auch die virtuellen Materialien zur Berechnung mit anderen Simulationswerkzeugen exportieren.

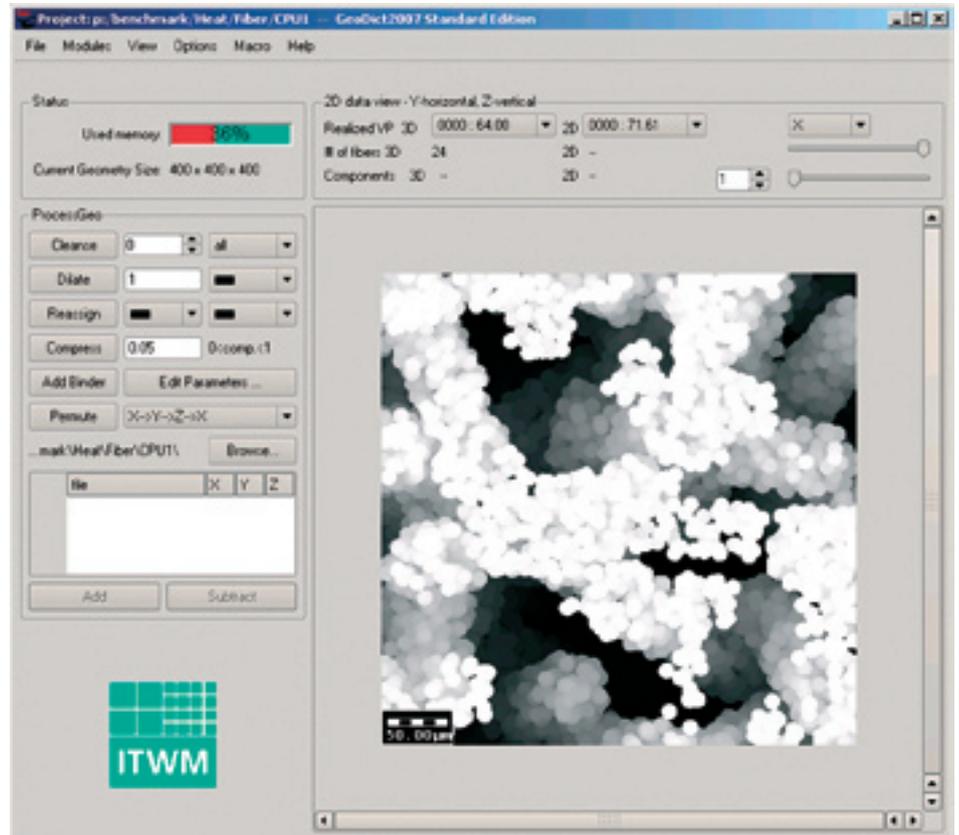
Die erhaltenen Simulationsergebnisse können in aussagekräftige Grafiken und Animationen und auch nach Microsoft Excel exportiert werden, um dort weiterverarbeitet oder präsentiert zu werden.

GeoDict vereint virtuelles Materialdesign und Mikrostruktursimulation in einer Anwendung. Das Softwarepaket kann sowohl auf Windows- als auch

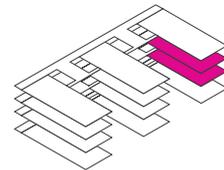
Linux-Rechnern genutzt werden. Neben zahlreichen Windows-Installationen ist seit Oktober 2005 auch die Linux-Version im Einsatz, darunter acht Installationen auf Mehrprozessorsystemen in Firmen, Forschungsinstituten und Universitäten in den USA, Frankreich und Deutschland.

Speziell die Hochleistungsversion der Software, die für 64-bit Linux-Parallelrechner optimiert ist, erlaubt es Wissenschaftlern im ITWM und ihren Projektpartnern, Modellierung und Simulation effizient mit GeoDict durchzuführen.

Ausführlichere Informationen finden sich unter www.geodict.com



Virtuelle poröse Schicht mit bimodaler Porengrößenverteilung in der Elektronenmikroskopansicht



Filtration von Rußpartikeln

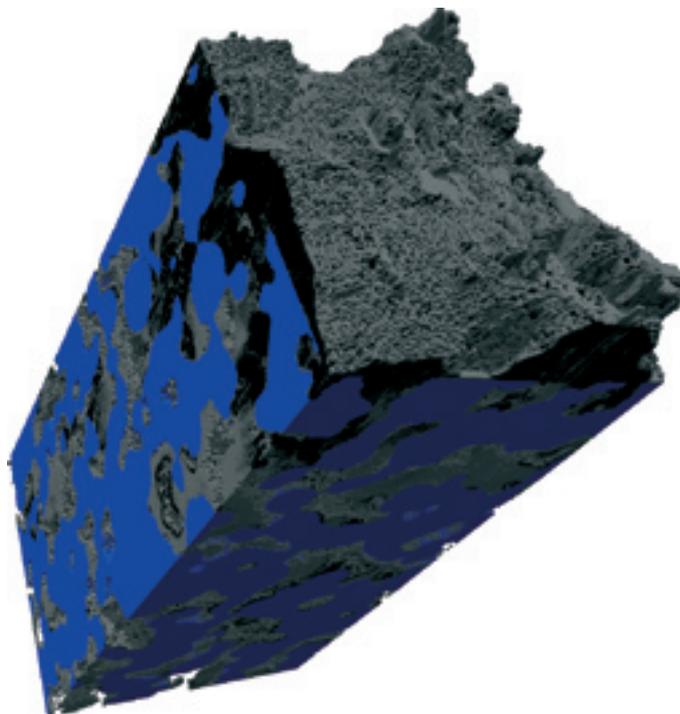
Ob beim Kaffeekochen, beim Staubsaugen oder beim Reinigen von Dieselabgasen – Filter werden vielerorts gebraucht. Das optimale Design zu finden, ist jedoch oft kostenintensiv und langwierig. Die 3D-Simulationssoftware FilterDict ersetzt den Bau von Prototypen.

Rußpartikelfilter bahnen sich langsam einen Weg in die Serienproduktion – die meisten Autohersteller bauen sie bei Dieselfahrzeugen bereits mit ein, um die Feinstaubemissionen zu minimieren. Doch welche Filter fischen die gesundheitsschädlichen Partikel am effektivsten heraus? Wie wirken sich geometrische Details des Filtermaterials auf die Filtereigenschaften aus? Bislang waren Testreihen mit Prototypen nötig, um solche Fragen zu beantworten.

FilterDict kann die Zahl der benötigten Prototypen und somit die Entwicklungszeit und -kosten in Zukunft erheblich verringern – und dabei mehr leisten, denn mit dieser Software erhält man erstmals die volle Information über die Filtrvorgänge, die über praktische Tests oft nicht zugänglich ist. So kann simuliert werden, wie schnell und wie weit Partikel in den Filter eindringen – und das für beliebige Filtermaterialien. Als Ausgangsgrößen benötigt FilterDict das Filtermaterialmodell aus dem Mikrostrukturgenerator GeoDict, verschiedene physikalische Größen sowie die Größenverteilung der Partikel. Je nach Filtermaterial können zudem weitere Parameter berücksichtigt werden, bei Faserfiltern etwa die Richtung der Fasern. Das Programm berechnet aus diesen Informationen die Bahn der Rußteilchen durch die Filtermedien – und zwar für jedes der Milliarden Partikel einzeln. Mithilfe der Simulation kann man erkennen, wo im Filter sich welche Rußmenge ablagert. Daraufhin wird das Design des Filters im Hinblick auf lange

Regenerationsintervalle, geringen Kraftstoffverbrauch und hohe Motorleistung optimiert.

Den ersten Praxistest hat das Simulationsprogramm bereits bestanden: Gemeinsam mit Kollegen von Bosch werden zwei verschiedene Dieselfußpartikelfilter mit und ohne Faserauflage experimentell untersucht und die Ergebnisse mit denen der Simulationen verglichen. Zukünftig weiten Bosch und ITWM die Zusammenarbeit aus und simulieren bis zu hundert Filter. Ungeeignete Filtertypen können so bereits aufgrund der Simulationsergebnisse ausgeschlossen werden – nur von Filtern, die in FilterDict gut abschließen, wird ein Prototyp hergestellt und zusätzlich im Labor getestet.



Simulation der Rußdeposition in einem Partikelfiltermedium

Auslegungssimulation schallabsorbierender Materialien

Zur Lärmdämmung – technisch gesprochen: der Verringerung des Schalldruckpegels – werden heutzutage in vielen Bereichen akustisch wirksame Materialien eingesetzt. Dazu gehören poröse Materialien wie Faserabsorber oder poroelastische Schäume.

Zur Berechnung der akustischen Wirksamkeit poroelastischer Absorber in Bauteilen oder Baugruppen existiert heute bereits eine Reihe von Simulationsprogrammen. In diesen Programmen, wie z. B. AutoSEA2, LMS Sysnoise oder Actran, werden die poroelastischen Materialien über effektive Materialparameter beschrieben. Interessanterweise existiert bis heute keine Software, mit der die benötigten effektiven Materialparameter simulativ bestimmt werden und somit ein Zusammenhang zwischen dem mikroskopischen Aufbau und den akustischen Eigenschaften hergestellt werden kann. Nach wie vor werden diese Eigenschaften in aufwändigen Messungen an Rohlingen und Prototypen bestimmt. Dies ist mit einem hohen Zeit- und Kostenaufwand verbunden.

Am Fraunhofer ITWM werden seit Jahren Verfahren entwickelt, um diesen hohen Zeit- und Kostenaufwand bei der Neuentwicklung von Absorbermaterialien drastisch zu reduzieren. Von zentraler Bedeutung ist dabei, dass alle Materialparameter, welche die akustischen Eigenschaften des Materials bestimmen, nicht gemessen, sondern vollständig berechnet werden. Ausgangspunkt ist ein stochastisches Modell, das die Mikrostruktur des Materials wirklichkeitsnah abbildet. Bei hochporösen Absorbieren wird dann der Strömungswiderstand der Mikrostruktur aus der Lösung der Stokes-Gleichung bestimmt und in einem Effektivmodell auf die akustischen Eigenschaften geschlossen.

Durch den Strömungswiderstand können für hochporöse Absorber alle Effekte der Luftschallabsorption erfasst werden. Bei geringerer Porosität (z. B. Pressvliese oder offenporige Schäume) reicht der Strömungswiderstand alleine nicht mehr aus und weitere Größen wie die Tortuosität und charakteristische Längen müssen bestimmt werden. Für die Experten gesprochen bedeutet dies, dass das einfache Modell von Delany & Bazley durch das Modell von Allard & Johnson ersetzt wird. Aber auch für diese Materialien, die nicht mehr als hochporös bezeichnet werden können, haben wir Verfahren entwickelt, alle akustischen Materialparameter direkt zu berechnen.

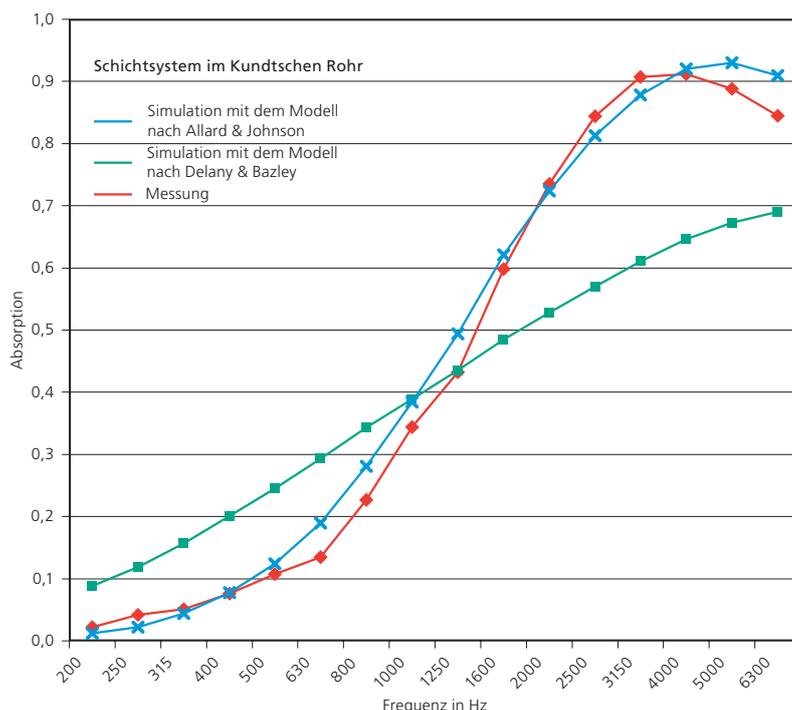
Aktuell erweitern wir unsere Methode auch auf schallabsorbierende Materialien, bei denen ein Teil der Schallenergie im Festkörper dissipiert wird. Dies erfordert u. a. die Berechnung der strukturelastischen Materialkennwerte.

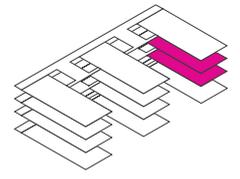
Der Vorteil unserer Vorgehensweise gegenüber allen bisherigen Methoden auf dem Gebiet der poroelastischen Absorber liegt darin, dass auf die Herstellung von Rohlingen und Prototypen vollständig verzichtet wird.



Oben: Im Rechner generierter Schichtaufbau, bestehend aus einem offenporigen Schaum, der von beiden Seiten mit einem Vlies abgedeckt ist.

Unten: gemessene und berechnete akustische Absorption eines zweischichtigen Faserabsorbers, Versagen des einfachen Modells von Delany & Bazley





Strömungssimulation von Faser-suspensionen

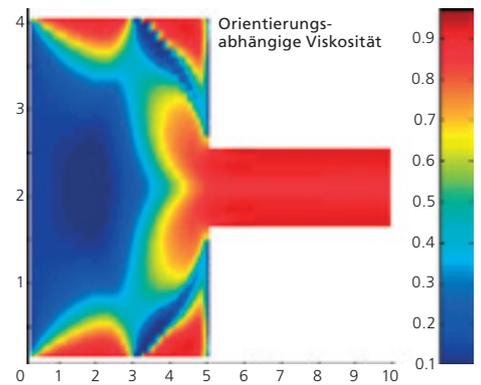
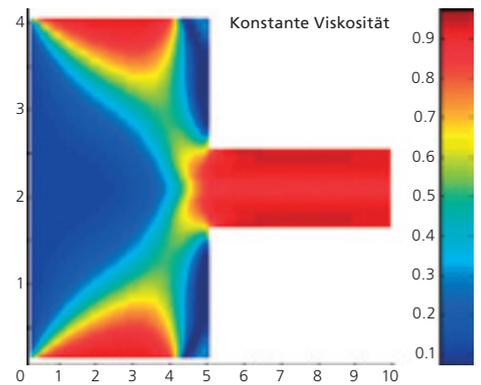
Faserverstärkte Verbundwerkstoffe verfügen über große Vorteile gegenüber herkömmlichen Materialien. Bei vergleichbarer Festigkeit sind sie wesentlich leichter als z. B. metallische Werkstoffe, sind für dauerhaften Einsatz geeignet, sind korrosionsbeständig und können durch gezielte Einstellung der Faserorientierung den großen Nachteil von polymeren Werkstoffen – ihre geringe Steifigkeiten – aufheben. Das geringe Gewicht von Verbundwerkstoffen macht sie zu idealen Materialien für die Produktion energieeffizienter Transportmittel sowohl in der Automobil- und Flugzeug- als auch in der Schiffsbauindustrie. Da Verbundwerkstoffe insbesondere in der Automobilindustrie in der Massenproduktion eingesetzt werden, können schon kleine Einsparungen im Einsatz von relativ teurem Fasermaterial erhebliche ökonomische Vorteile haben. Besonders bei der Nutzung von Glasfasern kann eine weitere Gewichtsreduzierung der produzierten Teile und damit Energieeinsparung im späteren Einsatz nur durch Reduktion des Faseranteils erreicht werden. Da jedoch die Fasern verantwortlich sind für die verbesserten mechanischen Eigenschaften von Verbundwerkstoffen, ist es für die Erhaltung der hervorragenden mechanischen Eigenschaften des Werkstoffes essenziell, die anisotropen Materialeigenschaften der Fasern optimal durch eine prozessgesteuerte Einstellung der Faserorientierung schon in der Produktion des Verbundwerkstoffes auszunutzen. Je genauer die Faserorientierung vorhergesagt werden kann, um so größer ist das Einsparpotenzial.

Am Fraunhofer ITWM werden deshalb schon seit mehreren Jahren in Zusammenarbeit mit Industrie und experimentell orientierten Fraunhofer-Instituten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten durchgeführt, in denen die in kommer-

ziellen Codes existierenden Materialmodelle und numerischen Algorithmen entscheidend verbessert werden. Ein Hauptproblem bei den üblicherweise verwendeten Modellen ist die Vernachlässigung der Rückwirkung der Faserorientierung auf die Fließeigenschaften der Fasersuspension. Diese Modellannahme ist jedoch bei den technisch relevanten Faserkonzentrationen nicht gerechtfertigt. Die beiden Abbildungen rechts zeigen, welche dramatischen Unterschiede in der Faserorientierung entstehen, wenn die Rückwirkung der Faserorientierung berücksichtigt wird. Besonders interessant ist die qualitativ unterschiedliche räumliche Anordnung von Grenzflächen, an denen die Faserorientierung sich stark ändert. In realen Bauteilen sind es nämlich gerade diese Grenzflächen, an denen Risse unter Belastung entstehen können. Es ist deshalb von entscheidender technologischer Bedeutung, solche Grenzflächen zu vermeiden oder zu garantieren, dass sie nur in Bereichen auftreten, an denen im späteren Einsatz keine großen mechanischen Belastungen auftreten.

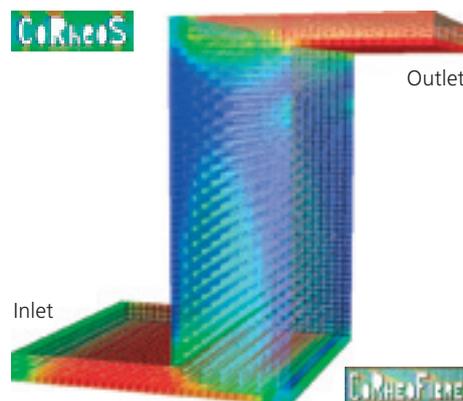
Weiterentwicklungen wurden auch im Bereich flexibler Fasern und in der verbesserten Modellierung von topologischen Wechselwirkungen von Fasern untereinander durchgeführt. Alle Entwicklungen werden in der ITWM-eigenen Softwareentwicklungsplattform CoRheoS als Modul CoRheoFiber implementiert und in realen dreidimensio-

nalen Anwendungen getestet. Die untere Abbildung zeigt dazu die Faserorientierung in einem dreidimensionalen Testkörper. Zusätzlich wurden – wenn möglich – Schnittstellen zu kommerziellen Softwarepaketen geschaffen, die es erlauben, die Entwicklungen am ITWM an eine In-Haus-Softwareausstattung anzukoppeln.



Oben: Vergleich der Orientierung in Strömungsrichtung von links nach rechts bei konstanter Viskosität (keine Rückkopplung der Faserorientierung auf das Fließverhalten) und orientierungsabhängiger Viskosität

Links: Dreidimensionaler Orientierungszustand in einem Demonstrationsbauteil

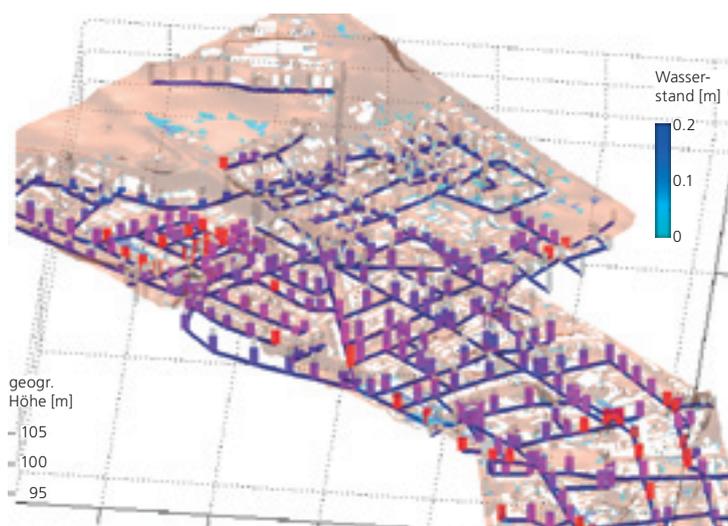
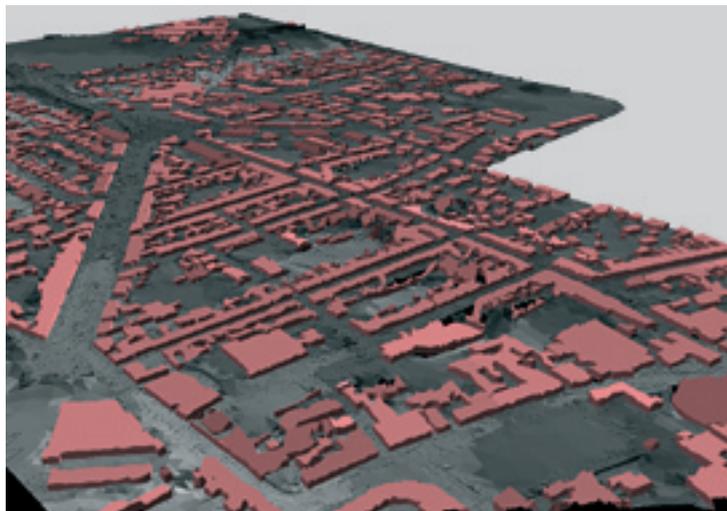


Verbesserte Auslegung kommunaler Überflutungsschutzmaßnahmen durch hochgenaue Abflusssimulation

Die Auslegung städtischer Entwässerungssysteme bedarf der Simulation der Abflussvorgänge nach Starkregenfällen, um aus den Jährlichkeiten für Regenfälle unterschiedlicher Intensität Jährlichkeiten für Kanalnetzüberstauungen oder Überschwemmungen abzuleiten und gegebenenfalls Änderungen im Kanalnetz oder oberflächige Maßnahmen zu implementieren. Die Simulation umfasst die gekoppelte Berechnung der Abflüsse im unterirdischen Kanalsystem, auf der Oberfläche und im Grundwasser. Mit dem Programmsystem RisoDGM und RisoSim des ITWM gelingt durch die Verwendung hochaufgelöster Eingangsdaten eine sehr detaillierte Beschreibung der Topographie und der Bodenparametrisierung der Oberfläche und damit

- die genaue Nachbildung der Abflussvorgänge
- die Führung von Überflutungsnachweisen
- die Planung entlastender Maßnahmen auf der Oberfläche.

Im Sommer 2005 war die Stadt Schwetzingen von einem extremen Regenereignis betroffen. Zusammen mit der Firma Pöyri-GKW (und unterstützt durch das Land Baden-Württemberg) konnte die neue Technologie in einem Gebiet der Größenordnung von 1,5 km² angewandt werden. In das Kanalnetzmodell wurden neben den Schächten auch alle Sinkkästen und Hausanschlüsse des Gebietes eingearbeitet; im Oberflächenmodell wurden die Gebäudeberandungen, Mauern und Bordsteinlinien berücksichtigt. Die obere Abbildung zeigt den Detaillierungsgrad anhand eines Ausschnittes aus dem



Oben: Graustufen der Dreiecke gemäß Höhen. Gebäude sind aus dem Gitter herausgeschnitten (rote Flächen) und können daher nicht überströmt werden.

Unten: Kanalnetz mit überstauenden Schächten (rot) für Regen extremer Intensität. Blau gefärbte Bereiche der Oberfläche sind signifikant überflutet. Flächen mit geringeren Wasserständen sind braun (Gebiet: ca. 1,5 km², Stand nach 32 min).

Berechnungsgitter. Die Abflussvorgänge zum realen Regenereignis konnten so nachgebildet und die kritischen Stadtbereiche identifiziert werden. Kanalnetzüberstauungen und Überschwemmungen auf der Straße zeigten (untere Abbildung), an welchen Stellen Handlungsbedarf bestand, um einen Schutz in der Größenord-

nung der von der EN 752 vorgeschriebenen Jährlichkeiten zu erhalten. Zusätzliche Haltungen, Querschnittserweiterungen bestehender Haltungen und Sonderbauwerke konnten im Verbund mit oberflächigen Maßnahmen wie kleinräumigen Retentionsmulden und Straßenschwellen verlässlich geplant werden.



Priv.-Doz. Dr. Heiko Andrä, Zahra Lakdawala, Uldis Strautins, Dr. Dariusz Niedziela, Dr. Stefan Rief, Jörg Willems, Kilian Schmidt, Emanuel Teichmann, Dr. Liping Cheng, Alfonso Caiazzo, Anna Naumovich, Sebastian Schmidt, Irina Rybak, Dr. Jürgen Becker, Iuliana Matei, Dr. Aivars Zemitis, Inga Shklyar, Dr. Konrad Steiner, Dr. Dirk Kehrwald, Priv.-Doz. Dr. Oleg Iliev, Ashok Kumar Vaikuntam, Dr. Volker Schulz, Dr. Andreas Wiegmann, Shankar Maddu, Dr. Norman Ettrich

Modelle und Algorithmen in der Bildverarbeitung

Die Abteilung Modelle und Algorithmen in der Bildverarbeitung entwickelt in enger Zusammenarbeit mit Partnern aus Industrie und Forschung maßgeschneiderte Lösungen auf dem Gebiet der Bild- und Signalverarbeitung, insbesondere in den Bereichen Analyse räumlicher Mikrostrukturen, Oberflächeninspektion sowie Signalanalyse im Eisenbahnbereich.

Basierend auf umfangreichen Erfahrungen bei der Entwicklung effizienter, komplexer Algorithmen und deren Integration in industrielle Produktionsprozesse haben wir unser Leistungsspektrum sowohl durch eigene Forschung als auch durch Kooperation mit anderen Arbeitsgruppen ständig verbessert und erweitert.

Analyse von Volumenbildern

Das Gebiet der räumlichen Bildanalyse und der Modellierung von Mikrostrukturen gewinnt durch verbesserte technische Möglichkeiten zur dreidimensionalen Bildgebung zunehmend an Bedeutung. Unsere Arbeiten konzentrieren sich hier auf die Bestimmung geometrischer Charakteristika der Mikrostruktur von Werkstoffen, wobei auch Anwendungen in anderen Bereichen interessant werden. Die Markteinführung des Softwarepakets MAVI (Modular Algorithms for Volume Images) führte bereits jetzt zu einer beachtlichen Anzahl verkaufter Lizenzen. Höhepunkt dieser Entwicklung war die Verleihung des Innovationspreises Rheinland-Pfalz durch Wirtschaftsminister Hendrik Hering im Dezember 2006. Aufgrund der großen Nachfrage werden 2007 Versionen mit stark erweitertem Leistungsumfang entstehen.

Weiterhin ist die Beschaffung eines eigenen Computer-Tomographen aus Mitteln der Fraunhofer-Gesellschaft bereits bewilligt. Dies wird die Prüf- und Analysemöglichkeiten am Standort Kaiserslautern deutlich verbessern.

Oberflächeninspektion

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 direkt 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. Neu entwickelt wurden u. a. Module zum Matching, Stereo-Sehen und zur Szenenanalyse.

Signalanalyse im Eisenbahnbereich

Im Eisenbahnbereich wird die langjährige Kooperation mit GE Transportation Systems fortgesetzt. Hier werden 2007 neue Impulse durch das Fraunhofer-Innovationscluster »Digitale Nutzfahrzeugtechnologie« erwartet.

2006 hat die Kooperation mit anderen Fraunhofer-Instituten eine neue Qualitätsstufe erreicht. Neben bilateralen Kooperationen beispielsweise mit den Fraunhofer-Instituten IFF, IIS, IZFP und ISC ist hierbei die Zusammenarbeit innerhalb der Fraunhofer-Allianz Vision hervorzuheben. Dort werden die Bildverarbeitungsaktivitäten innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft koordiniert. Neben der Zusammenarbeit in Projekten wurden gemeinsame Industrie-Workshops zum Thema »Oberflächen-

inspektion« und »Computertomographie und Analyseverfahren für industrielle Anwendungen« angeboten. Wegen der außerordentlich guten Resonanz werden beide Seminare in den kommenden Jahren weitergeführt.

Abteilungsleiter:

Dr. Ronald Rösch

☎ 06 31/3 1600-4486

ronald.roesch@itwm.fraunhofer.de

Problemlösungsfelder

- Analyse von Volumenbildern
- Oberflächeninspektion
- Signalanalyse im Eisenbahnbereich



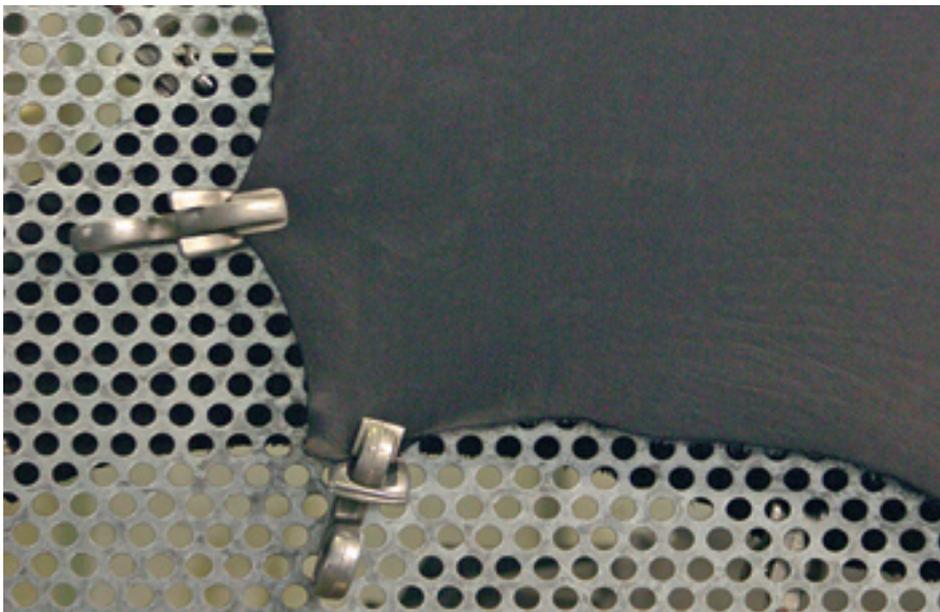
Werner Pokorny, »Großes durchbrochenes Gefäß«, 2001, Sipo

»Die von Werner Pokorny aus afrikanischem Tropenholz mit der Kettensäge herausgearbeitete Gefäßform lebt als durchbrochene Gitterstruktur von ihrer ambivalenten Erscheinung. Innen und außen, Volumen und Raum, Bewahren und Preisgeben werden gleichermaßen zur Anschauung gebracht. Auf den ersten Blick ist ein Gefäß als solches erkennbar, doch die erst daraus resultierenden variantenreichen Vorstellungen und Assoziationen erschließen komplexe Form- und Sinnzusammenhänge.«

Dr. Britta Buhlmann, Leiterin der Pfalzgalerie

Qualitätskontrolle von gegerbtem Leder

In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Chalmers Research Centre (FCC) in Schweden wurde am Fraunhofer ITWM ein automatisches Inspektionssystem zur Qualitätskontrolle von gegerbtem Naturleder entwickelt. Zurzeit ist in der Produktionsanlage eines Kunden eine



Prototypanlage integriert, die es möglich macht, das Verhalten des Systems unter industrienahen Bedingungen zu testen und optimieren.

Die automatisierte Prüfung von Leder wird durch den Umstand erschwert, dass jede Lederhaut als Naturprodukt ein Unikat ist. Fehler wie z. B. Kratzer oder Insektenbisse gelten als qualitätsmindernd und müssen in jeder individuellen Ausprägung zuverlässig von anderen ledertypischen Unregelmäßigkeiten unterschieden werden.

Die Aufgabe des Inspektionssystems ist es, Lederhäute in fünf Qualitätsklassen einzuteilen. Die Qualität hängt dabei grundsätzlich von der Anzahl der gefundenen Defekte sowie deren Position auf der Lederhaut ab. Das System muss demnach alle Defekte auf einer Lederhaut finden und dann die entsprechende Qualitätsklasse bestimmen.

Die Lederhäute werden durch ein Zeilenkamerasystem mit einer Auflösung von ca. 0,2 mm pro Pixel direkt nach dem Austritt aus der sogenannten Abwelkmaschine aufgenommen. Die Abwelkmaschine presst mit einer Geschwindigkeit von ca. 15 m/min die

noch in den Häuten vorhandene Flüssigkeit aus. Aufgrund der großen Datenmengen von ca. 100 Megabyte je Haut müssen die Berechnungen von einem Rechnerverbund durchgeführt werden. Dies stellt besonders hohe Anforderungen an die Systemsoftware, die nicht nur eine schnelle, zuverlässige Bildaufnahme leisten muss, sondern auch für eine optimale, adaptive Verteilung der Berechnungslast auf die einzelnen Verbundknoten sorgt.

Die natürlichen Ledermuster machen das Vorhaben auch aus Sicht der Algorithmik zu einer besonderen Herausforderung: Alle gefundenen Defekte werden in die vier Klassen Kratzer, Insektenbisse, Warzen und Ekzeme eingeteilt. Für jede Fehlerklasse wurde ein spezieller Algorithmus entwickelt. Hauptproblem bei allen Detektionsverfahren sind die natürlichen Strukturen der Haut (z. B. Venen und Falten), die zu vielen Pseudofehlern führen können.

Für die Klassifikation von Defekten wurden für jede Fehlerklasse eigene Klassifikatoren entwickelt, um Defekte von den natürlichen Strukturen der Haut zu unterscheiden. So müssen z. B. Kratzer von Venen auf der Haut unterschieden werden. Sind alle Fehler gefunden und klassifiziert, wird anhand ihrer Anzahl, Ausprägung und Position auf der Haut die Qualitätsklasse bestimmt. Grundidee ist dabei, zwei oder drei Rechtecke auf der Haut zu finden, die möglichst wenige Defekte haben. Die Defekte innerhalb dieser »optimalen Rechtecke« bestimmen dann die Qualitätsklasse.

Das Inspektionssystem läuft seit einiger Zeit im Testbetrieb bei einem schwedischen Lederhersteller.

Leder beim Abwalken (links oben) und in Naturtrocknung (links unten)

Signalanalyse im Eisenbahnbereich

Die Temperaturüberwachung von Achslagern und Bremsen an Güter- und Personenzügen ist ein wichtiger Faktor zur Reduzierung störungsbedingter Ausfallzeiten bzw. erhöhter Wartungskosten. Die Messwertnahme erfordert berührungsfreie Verfahren; üblich ist der Einsatz von Sensoren im Gleisbett, welche die Wärmeabstrahlung der Fahrgestelle messen und mittels mathematischer Methoden analysieren.

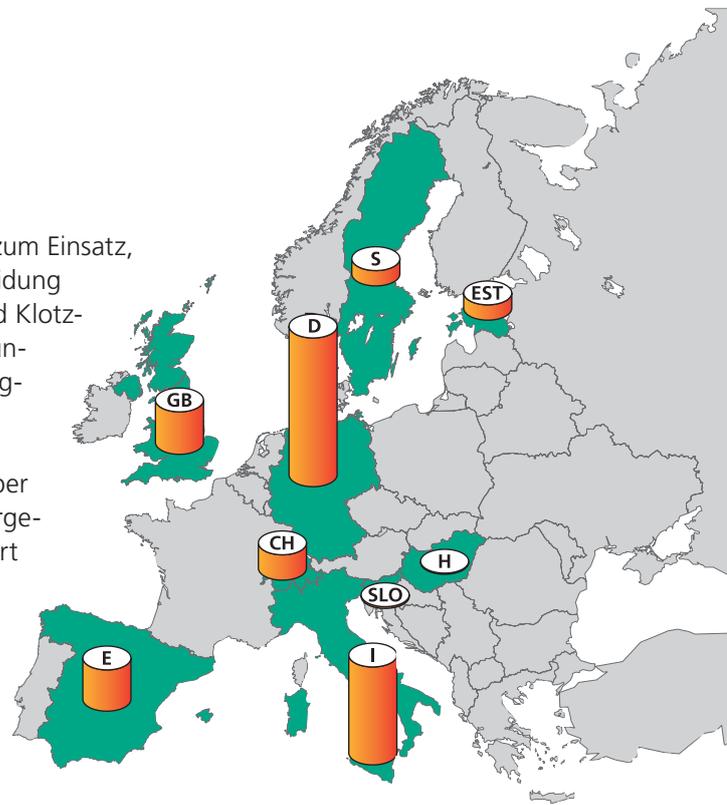
In langjähriger, erfolgreicher Zusammenarbeit mit der Firma GE Transportation Systems entwickelt das Fraunhofer ITWM die Software der Fahrwerküberwachungsschwelle (FÜS), die auf über 600 Anlagen in Europa eingesetzt wird.

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 Bremsblöcken oder durch direkte und indirekte Sonneneinstrahlung – implementiert. In verschiedenen Analyseschritten kommen dabei verstärkt Klas-

sifikationsalgorithmen zum Einsatz, die 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.

Der Auswertungsrechner besteht neben einem Industrie-PC aus speziellen Zusatzkomponenten und läuft unter Linux. Die Auswertung der Daten erfolgt in Echtzeit; somit ist es möglich, kritische Betriebstemperaturen ohne Zeitverzögerung an die Bahnzentrale, an die Signaltechnik im Gleis oder per Funk an den Zugführer zu melden, um Gegenmaßnahmen einzuleiten.



FÜS-Anlagen in Europa

Um einen unbeaufsichtigten Dauerbetrieb zu ermöglichen, existiert eine Reihe von Selbstdiagnose- und Korrekturverfahren, die permanent die Hardware überwachen und selbst bei Teilausfällen einen Weiterbetrieb ermöglichen. Auch schleichende Veränderungen, wie etwa das Abdriften der Messwerte durch alternde Hardware, lassen sich damit kompensieren.

FÜS-Mess-Schwelle mit Steuerschrank

Analyse tomographischer Aufnahmen offenzelliger Schäume und Modellierung offenzelliger Schäume mit MAVI

MAVI ist ein modulares Softwaresystem für die Verarbeitung und Analyse von Volumenbildern, wie sie z. B. in der Mikrocomputertomographie erzeugt werden. MAVI eignet sich besonders für die Analyse der Mikrostrukturen von Metall- und Polymerschäumen, Faserverbundwerkstoffen, Vliesen, Keramiken oder Beton. Mit am Fraunhofer ITWM entwickelten und in MAVI verfügbaren bildanalytischen Methoden lassen sich an Binärbildern räumlich homogener Strukturen zunächst die Volumendichte (der Volumenanteil), die Oberflächendichte (die spezifische Oberfläche), die Dichte des Integrals der mittleren Krümmung und die Dichte des Integrals der totalen Krümmung (proportional zur Dichte der Eulerzahl) bestimmen. Diese vier Kennzahlen bilden in gewissem Sinne eine Basis, aus der sich eine Vielzahl weiterer Kennzahlen wie die Porosität berechnen lassen, speziell für offenzellige Schäume z. B. spezifische Steglänge (mittlere Gesamtlänge je Volumeneinheit) oder mittlere Stegdicke.

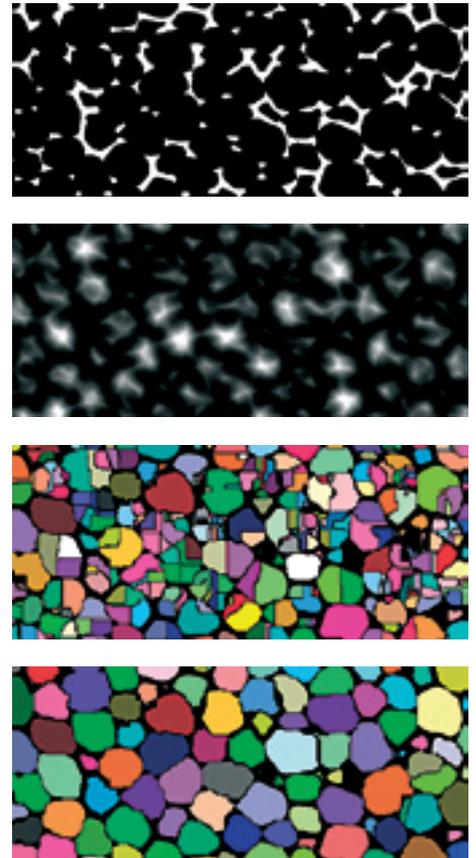
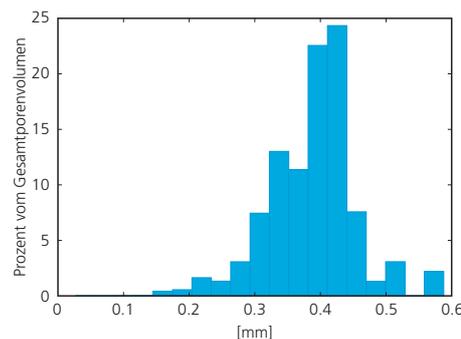
Weitere Charakteristika offenzelliger Schäume können unter der Annahme ermittelt werden, dass das Stegsystem durch das Kantensystem eines Mosaiks modelliert werden kann, z. B. die mittlere Anzahl der Zellen je Volumeneinheit, das mittlere Zellvolumen, die mittlere Zelloberfläche oder die mittlere Sehnenlänge, deren Reziprokes proportional zum ppi-Wert ist.

Die Variabilität von Zellgrößen oder Zellformen und damit die Homogenität eines Schaums kann mithilfe empirischer Verteilungen der Zellcharakteristika beurteilt werden. Dazu werden die Schaumzellen bildanalytisch rekonstruiert: Binarisierung, Euklidische Distanztransformation auf dem Porenraum und

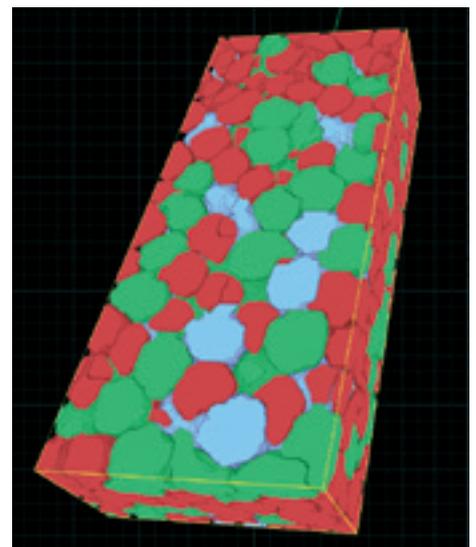
anschließende Wasserscheidentransformation erlauben die Zerlegung des Porenraums in Zellen, so dass die Stege gerade das Kantensystem bilden. Besondere Sorgfalt muss bei diesem Verfahren auf die Glättung des Distanzbildes verwandt werden, da die direkte Anwendung der Wasserscheidentransformation zu starker Übersegmentierung führt (siehe Abbildungen rechts). Die Vermessung der rekonstruierten Zellen als einzelne Objekte ergibt empirische Verteilungen (Histogramme) der Charakteristika wie Volumen, Oberfläche, Krümmungsintegrale, Durchmesser oder Form. Formfaktoren werden aus Volumen, Oberfläche und Integral der mittleren Krümmung berechnet. Die Messung der Durchmesser in 13 diskreten Raumrichtungen liefert ebenfalls Forminformation, dient aber auch der Untersuchung eventuell vorhandener Vorzugsrichtungen.

Die beschriebenen Analysemöglichkeiten werden in den Abbildungen rechts an der rekonstruierten tomographischen Aufnahme eines Nickelschaums (Auflösung 10 μm) demonstriert. Das Binärbild des Stegsystems erhält man durch Setzen einer globalen Grauwertschwelle.

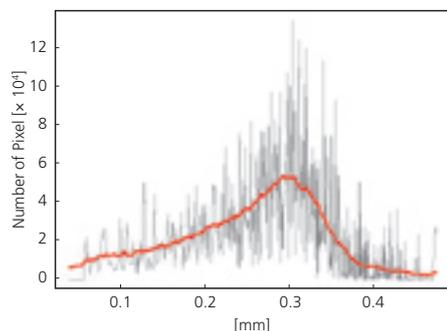
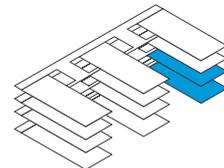
Eine alternative Charakterisierung des Porenraums ergibt sich aus morphologischen Öffnungen des Porenraums mit wachsenden Kugeln. Jedem Hintergrundpixel wird der Radius der größten es überdeckenden Kugel im Porenraum zugeordnet. Anschaulich kann man sich



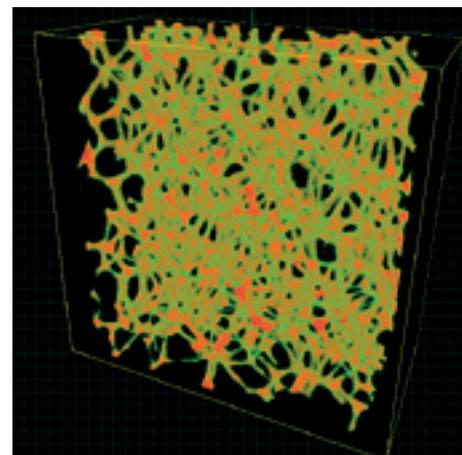
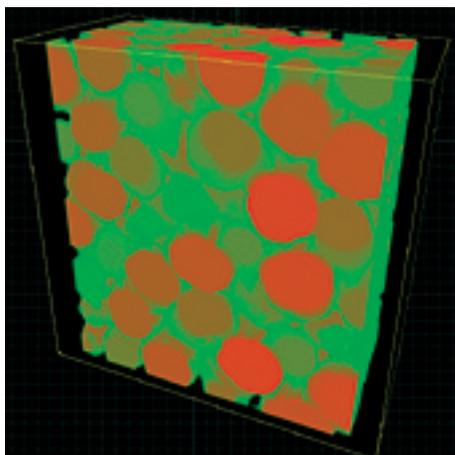
Von oben nach unten: Rekonstruktion der Zellen im Nickelschaum (2D-Schnitte), Stegsystem; Ergebnis der Distanztransformation; Übersegmentierung bei direkter Anwendung der Wasserscheidentransformation; korrekt rekonstruierte Zellen



Zellgrößenverteilung (links) und 3D-Visualisierung der Zellgrößen (oben)



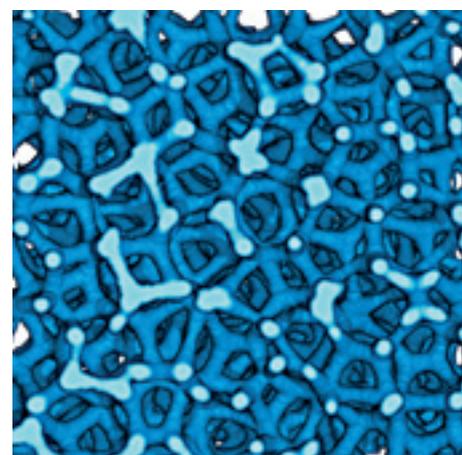
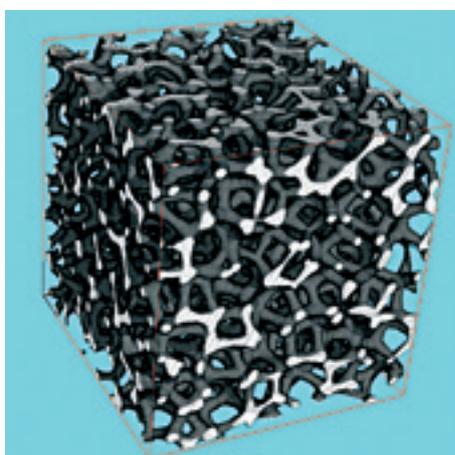
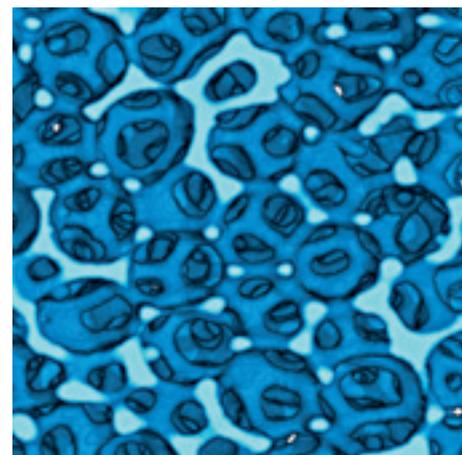
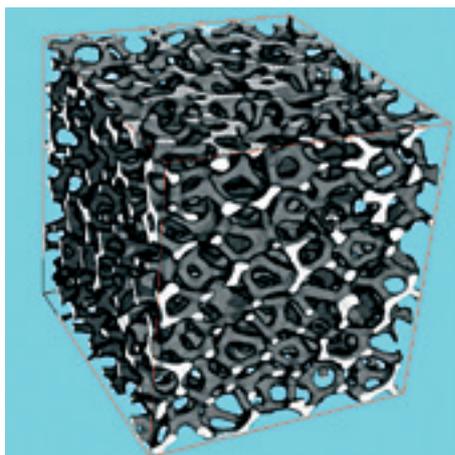
Granulometrieverteilung für den Porenraum, die Diskretisierungseffekte wurden geglättet (rot)



Visualisierung der Granulometrieverteilungen für Porenraum (links) und Stegsystem (rechts), lokale Größen sind farblich von grün (klein) nach rot (groß) abgestuft.

diese Analyse als »Sieben« der Poren mit größer werdenden Sieben vorstellen. Die Granulometrie liefert hier für den Nickelschaum zum einen eine lokale Porengrößenverteilung, zum anderen die lokale Stegdicke (Abbildungen rechts oben).

Um die Zusammenhänge zwischen geometrischer Struktur des Schaums und seinen makroskopischen Eigenschaften durch numerische Simulation aufklären und so besser verstehen zu können, werden realistische Geometriemodelle benötigt. Deterministische Modelle wie der Kelvin- oder der Weaire-Phelan-Schaum sind leicht zu beschreiben. Im Weaire-Phelan-Schaum überwiegen zudem wie in vielen realen Schäumen fünfeckige Seitenflächen der Zellen. Andererseits können deterministische Modelle die Variabilität der Zellen in realen Schäumen nicht beschreiben. Geeignete zufällige Mosaiken sind Laguerre-Mosaiken auf der Basis zufälliger Punktprozesse oder zufälliger dichter Packungen. Durch Vorgabe geeigneter Gewichte kann die beobachtete Zellgrößenverteilung eingestellt werden. Die hochgradige Komplexität der Modelle erschwert jedoch ihre Anpassung an reale Strukturen. Wichtige Kenngrößen der Zellen wie Anzahl der Seitenflächen und Form sind nicht unabhängig wählbar. Modellanpassung bedeutet daher zurzeit systematisches Probieren.



Visualisierungen der rekonstruierten tomographischen Aufnahme eines Aluminiumschaums (oben) und einer Realisierung des angepassten Modells (unten)

Integrierte optische Vermessung und Oberflächenprüfung von dreidimensionalen Objekten

Verfahren zur berührungslosen optischen Oberflächenvermessung und -inspektion von dreidimensionalen Objekten gewinnen immer mehr an Bedeutung; insbesondere im Bereich der Qualitätssicherung und Prozessüberwachung haben sich entsprechende Methoden etabliert, da sie schnell und zuverlässig sind. Während mit den Verfahren der 2D-Oberflächenanalyse Fehlstellen detektiert werden, wird die 3D-Oberflächenvermessung vor allem zur Überprüfung geometrischer Soll- und Ist-Maße herangezogen. Beide Techniken finden momentan jedoch unabhängig voneinander Anwendung, obwohl sich Synergien ergeben können, die eine deutliche Verbesserung beider Verfahren versprechen.



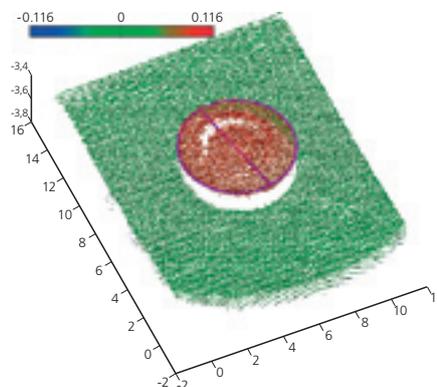
Kombinierte optische Vermessung und Oberflächenprüfung

Im Fraunhofer-internen MEF-Projekt »Integrierte optische Vermessung und Oberflächenprüfung von dreidimensionalen Objekten« sind diese beiden Verfahren verknüpft worden (Grafik links). In dieser gemeinsamen Arbeit der Fraunhofer-Institute IFF und ITWM sind Methoden und Verfahren zur Kombination von geometrischer Vermessung und gleichzeitiger Oberflächenuntersuchung realer dreidimensionaler Objekte entwickelt worden. Die Kernkompetenzen der optischen 2D- und 3D-Vermessung (IFF) und der Oberflächenprüfung (ITWM) sind dabei nicht nur hardwareseitig kombiniert worden, sondern insbesondere ist eine methodische Verknüpfung realisiert worden. Auf der Grundlage einer optischen Geometrieerfassung kann beispielsweise eine objektspezifische Beleuchtung, Bilddatenerfassung und Auswertung möglich gemacht werden. Dadurch wird eine neue Qualität der Oberflächenprüfung erreicht, mit der neue Anwendungsbereiche erschlossen werden können.

Aus Anwendersicht ergeben sich durch diese Entwicklung zwei Vorteile: Zum einen können durch eine kompakte Messvorrichtung zur Geometrie- und Oberflächenprüfung verschiedenste Prüfmerkmale in einer Prüfteilaufspannung erfasst werden. Somit ergeben sich ein geringerer Integrationsaufwand, eine verringerte Prüfzeit sowie

niedrigere Investitionskosten. Zum anderen werden durch die kombinierte Analyse und Auswertung von digitalisierten 3D-Oberflächenmesspunkten sowie Bilddaten Synergien zwischen optischer Vermessung und Oberflächenprüfung geschaffen, die insbesondere eine verbesserte Oberflächeninspektion ermöglichen und somit Folgekosten reduzieren.

Die Anwendungsgebiete der kombinierten Geometrie- und Oberflächenprüfung liegen in der fertigungsintegrierten Qualitätskontrolle. Für den Einsatz typische Branchen sind die Zulieferindustrie für den Automobil- und Flugzeugbau sowie die Metall, Textil, Leder, Kunststoff und Keramik verarbeitende Industrie. Ein Anwendungsbeispiel findet sich in der Flugzeugindustrie, in der das Thema Sicherheit eine sehr wichtige Rolle spielt. Bevor ein Produkt weiterverarbeitet werden darf, müssen viele Qualitätsanforderungen erfüllt sein. Bei Flugzeugrumpfschalen sorgen Nieten für die Verbindung zwischen den einzelnen Teilen und müssen deshalb sehr genau kontrolliert werden. Für diese Aufgabe ist eine kombinierte optische Vermessung und Oberflächenprüfung genau das richtige Mittel. Die 2D-Bildverarbeitung detektiert Oberflächenfehler, während die optische Vermessung die geometrischen Daten prüft (Bildserie unten).



Geometrie- und Oberflächenprüfung eines Nietens; Originalaufnahme (links), 3D-Auswertung und Detektion der Nietens und deren räumlicher Lage (Mitte), korrespondierende Auswertung der 2D-Oberflächenprüfung (rechts)



Björn Wagner, Rebekka Malten, Bernd Pobel, Tetyana Sych, Oliver Wirjadi, Monika Muszkieta, Michael Godehardt, Andreas Jablonski, Steffen Polanski, Stefanie Peters, Kristina Kohrt, Thomas Redenbach, Ruth Velte, Markus Rauhut, Frank Meckum, Martin Braun, Dr. Claudia Lautensack, Falco Hirschenberger, Andreas Dinges, Dr. Ronald Rösch, Oguz Sirin

Adaptive Systeme

Die daten- und wissensbasierte Modellierung komplexer technischer und biologischer Systeme und Prozesse steht im Zentrum der Aktivitäten der Abteilung **Adaptive Systeme**. Die resultierenden Modelle erlauben die Simulation und Klassifikation des Verhaltens, die Ableitung neuen Wissens oder die Prognose der zukünftigen Entwicklung der Prozesse. Andererseits sind die identifizierten Modelle aber auch Ausgangspunkt und Kernbestandteil der Entwicklung effizienter Steuerungs- und Regelungsansätze. Die Abteilung untergliedert sich derzeit in folgende fünf Bereiche:

Dynamische heterogene Netzwerke

Der Schwerpunkt Dynamische heterogene Netzwerke 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. Für die Integration in den industriellen Design-Flow von Analogschaltungen entwickeln wir das Electronic-Design-Automation-Werkzeug »Analog Insydes«.

Monitoring und Regelung

Im Bereich Monitoring und Regelung steht der modellbasierte Regler- bzw. Beobachterentwurf im Zentrum der Aktivitäten. Die zugrunde liegenden Modelle können hierbei aus physikalischen Prinzipien abgeleitet oder durch geeignete messdatenbasierte Identifikationsverfahren bestimmt werden. Methodisch spielen robuste Kontrollstrategien, lernende iterative Regelungsansätze und neuronale Regler eine wichtige Rolle. Zentrale Anwendungen sind die Torsionsüberwachung in Kraftwerken und die aktive Schwingungsdämpfung in der Adaptionik.

Entscheidungsunterstützung in Medizin und Technik

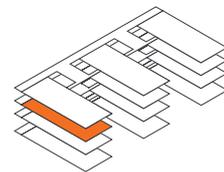
Mission des Schwerpunktes Entscheidungsunterstützung in Medizin und Technik ist die Hilfestellung bei komplexen Diagnose- und Entscheidungsfindungsprozessen. Ausgehend von gemessenen Biosignalen oder Prozessdaten werden hierzu durch Methoden der multivariaten Statistik, der Zeitreihenanalyse und des Data Mining aussagekräftige Features bestimmt, auf Basis derer sich dann geeignete Klassifikationsregeln ableiten lassen. Die interaktive Entscheidungsfindung bei mehrkriteriellen Szenarien unterstützt das Werkzeug knowCube.

Prognose von Material- und Produkteigenschaften

Im Bereich Prognose von Produkt- und Materialeigenschaften 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.

Multiskalen-Strukturmechanik

Der Schwerpunkt Multiskalen-Strukturmechanik befasst sich mit der Entwicklung und Umsetzung numerischer Algorithmen für festkörpermechanische Probleme bei Materialien, die sowohl eine komplizierte mehrskalige Struktur als auch komplizierte zeitabhängige Stoffgesetze aufweisen. Methodisch stehen asymptotische Homogenisierungstechniken im Zentrum, untersucht werden Festigkeit und Lebensdauer unter Ermüdung, Kontaktprobleme bei mikrorauen Oberflächen, Kriechen, schlagartige Belastungen und Verschleiß.



Das Berichtsjahr gestaltete sich für die Ableitung recht erfolgreich, es konnten sowohl neue öffentliche Projekte akquiriert als auch neue Industriekunden gewonnen werden. Die Weiterentwicklung der Abteilungskompetenzen wird durch zahlreiche Graduierungs- und Promotionsarbeiten unterstützt. Für 2007 ist insbesondere die Weiterentwicklung der begonnenen Aktivitäten

im Bereich Systembiologie und Bioinformatik geplant.

Abteilungsleiter:

Dr. Patrick Lang
☎ 06 31/3 1600-46 39
patrick.lang@itwm.fraunhofer.de

Problemlösungsfelder

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



Andrea Zaumseil, »Ohne Titel«, 1999/2000, Stahl

»Die zweiteilige Skulptur ist aus Schiffsstahl geschmiedet. Im Gegensatz zur tatsächlichen Starre des Materials wirkt sie in der Außenansicht pneumatisch. Sie scheint auf unterschiedliche Stadien einer vergleichbaren Bewegung hinzuweisen. Schaut man in die Öffnungen der zunächst eindeutig wirkenden Objekte, ist deren »Innenleben« lediglich im oberen Bereich wahrnehmbar. Zum Grund hin entziehen sie sich unserem Blick, scheinen den Boden zu öffnen hin zu einer endlosen Tiefe.«

Dr. Britta Buhlmann, Leiterin der Pfalzgalerie

Symbolische Methoden für mechatronische Systeme und Verifikation von Mixed-Signal-Systemen

Der Schwerpunkt Dynamische heterogene Netzwerke behandelt Fragestellungen der Übertragung der ursprünglich für die Mikroelektronik entwickelten symbolischen Modellierungstechniken auf neue physikalische Anwendungsbereiche. Im Fraunhofer-internen Forschungsprojekt SymRed wurden zusammen mit dem Fraunhofer-Institut IIS/EAS in Dresden neue Modellierungstechniken für mechatronische Systeme entwickelt. Ein mechanisches System wird hierbei als Netzwerk von Finiten Elementen betrachtet. Unter Verwendung einer symbolischen Bibliothek mit mechanischen Grundkomponenten lassen sich mittels der Analogie zwischen den Kirchhoffgleichungen und dem d'Alembertschen Prinzip, mit den in Analog Insydes (<http://www.analog-insydes.de>) zur Verfügung stehenden Methoden zur Netzwerkanalyse die symbolischen Systemgleichungen automatisch formulieren. Im Falle

der Elektronik sind Ströme und Spannungen die Systemvariablen, in der Mechanik sind dies Kräfte und Verschiebungen. Da die Systemgleichungen in Form eines DAE-Systems vorliegen, können die in Analog Insydes vorhandenen Analyse- und Approximationstechniken unmittelbar angewendet werden.

Die Methodik wurde am Beispiel eines einfachen Beschleunigungssensors erfolgreich angewendet. Die multiphysikalischen Anteile des Sensors erlauben eine Kopplung von mechanischen und elektronischen Komponenten. Die Grafik verdeutlicht die Erweiterungen an der Modellierungssprache, die es nun ermöglicht, neben skalaren Größen (Ströme und Spannungen) auch vektorwertige Größen (Kräfte und Verschiebungen) zu behandeln.

Ein weiteres Tätigkeitsfeld des Schwerpunktes bildet die Arbeit auf dem Gebiet der formalen Verifikation. Diese ermöglicht es, mathematisch beweisbare Aussagen über die Eigenschaften ge-

mischt digital/analoger Systeme zu treffen. Digitale Komponenten werden hierbei als Boole'sche Polynome interpretiert, die mit Gröbner-Verfahren behandelt werden. Als Datenstruktur dienen spezielle binäre Entscheidungsdiagramme, die für komplexe Probleme geeignet sind und die Grundlage für High-Level-Algorithmen bilden. Bei analogen Systemen ermöglicht eine Diskretisierung des Zustandsraumes die Anwendung endlicher Automaten. Teile des Raumes werden hierfür zusammengefasst, mittels Intervallarithmetik evaluiert und mit gegebenen Spezifikationen abgeglichen.

```

Netlist[
  {V0, {"1", "0"}, Symbolic -> V0, Value -> 1},
  {RA, {"1", "2"}, Symbolic -> RA, Value -> 1},
  {RB, {"2", "0"}, Symbolic -> RB, Value -> 1},
  {R1, {"1", "e1"}, Symbolic -> R1, Value -> 1.*^8},
  {R2, {"0", "e2"}, Symbolic -> R2, Value -> 1.*^8},
  {out, {"2", "e0"}, Value -> 0, Type -> OpenCircuit},

  {as, {"m" -> "M", "e0" -> "E0", "e1" -> "E1", "e2" -> "E2"},
   Model -> "AccelerationSensor", DIRECTION -> {0, 1., 0}},

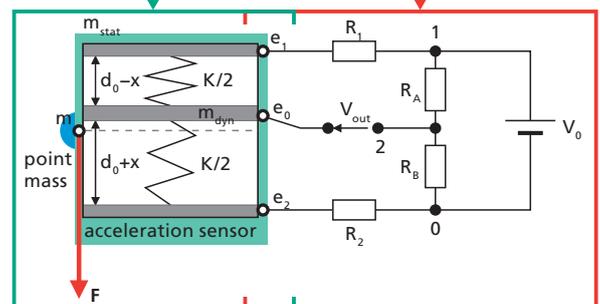
  {mass, {"m" -> "M"}, Model -> "Mass", M -> 0.1},
  {force, {"m" -> "A"}, Model -> "Source",
   FORCE -> {0, If[t > 0.01, -1, 0], 0}, MOMENT -> {0, 0, 0}},

  NetlistAttributes[
    NodeDimensions -> {"m" -> 6, Default -> 1},
    NodePositions -> {"m" -> {0, 0, 0}}
  ]
]

```

elektronischer Anteil

mechanischer Anteil



Beschleunigungssensor als Beispiel eines heterogenen Netzwerks

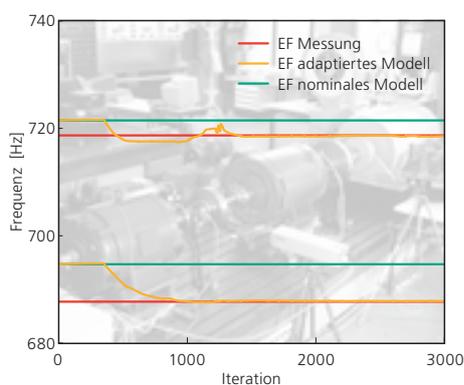
Modelladaption und Beobachterdesign bei Torsionsmodellen von Kraftwerksturbosätzen

In den letzten Jahren wurden innerhalb des Themengebietes Monitoring und Regelung die Softwaretools TorStor, TorFat und TorAn entwickelt, die zusammen mit dem vom ITWM exklusiv vertriebenen berührungslosen Drehmomentsensor jeweils ein Torsionserfassungs- und -analysesystem bilden. In Kooperation mit dem Lehrstuhl Elektrische Antriebe und Mechatronik der Universität Dortmund wurden die Systeme im Kundenauftrag in Kraftwerken weltweit installiert. Neben dem Langzeitmonitoring von Torsionsschwingungen wurden die Systeme erfolgreich zur Ermittlung von Torsionseigenfrequenzen und mechanischen Dämpfungskonstanten der Turbosätze eingesetzt. Die für die Ermittlung dieser Größen geeigneten Torsionsschwingungen wurden sowohl im Rahmen von Experimenten, aber auch im laufenden Betrieb getriggert. Dazu werden auf Kundenwunsch auch speziell angepasste Signalverarbeitungsverfahren innerhalb der Software eingesetzt.

Kraftwerks- und Netzbetreibern konnten so wichtige Größen für die Analyse möglicher Risiken für Kraftwerke, wie z. B. die potenzielle Gefahr von subsynchronen Resonanzen, zur Verfügung gestellt werden. Mithilfe dieser Messgrößen bzw. Messungen von Schwingungen eines Systems im Allgemeinen wird auch die Qualität des mathematischen Modells des Systems beurteilt und es lassen sich nicht bekannte Parameter schätzen bzw. unsichere Parameter adaptieren. Im Rahmen des Designs des vom Monitoringtool TorAn zur Schätzung der Torsionsschwingungen an nicht zugänglichen Komponenten eines Antriebstrangs benötigten mathematischen Beobachters, aber auch beim modellbasierten Reglerdesign bei den verschiedenen Applikationen unserer Kunden kommen daher soweit möglich zunächst Adaptionsver-



© MEV



Oben: Kraftwerksturbosätze als Hauptanwendungsgebiet der Torsionsanalyse-systeme

Links: Adaption der Eigenfrequenzen am Beispiel des Drehmomentprüfstands (Fünf-Massen-System) des Lehrstuhls EAM der Uni Dortmund

fahren zur Verbesserung der Modellqualität zum Einsatz. Dabei werden sowohl modaldatenbasierte als auch Zeitbereichs- bzw. Frequenzbereichsmethoden eingesetzt. Bei den modaldatenbasierten Verfahren vergleicht man z. B. die gemessenen und analytischen Eigendaten und ändert dann schrittweise die Modellparameter, so dass es zur gewünschten Übereinstimmung zwischen den gemessenen und den analytischen Daten kommt. In Abhängigkeit von der erzielten Modellgüte lassen sich dann Unsicherheitsmodelle und Anforderungen an die Robustheit eines darauf aufsetzenden Beobachters bzw. Reglers ableiten.

Prognose von komplexem Prozessverhalten

Im Schwerpunkt Prognose von Produkt- und Materialeigenschaften wird eine Vielzahl physikalischer, chemischer, ökonomischer und softwareentwicklungstechnischer Prozesse betrachtet, bei denen aufgrund des Fehlens geeigneter Modellbeschreibungen zunächst einmal völlig unklar ist, von welchen der potenziellen Einflussfaktoren die ausgewählte Performancegröße bzw. das Qualitätsmaß abhängt. Insbesondere sind die vorhandenen Abhängigkeiten dann oft nicht linear und variieren mit dem Zustand des beobachteten Prozesses.

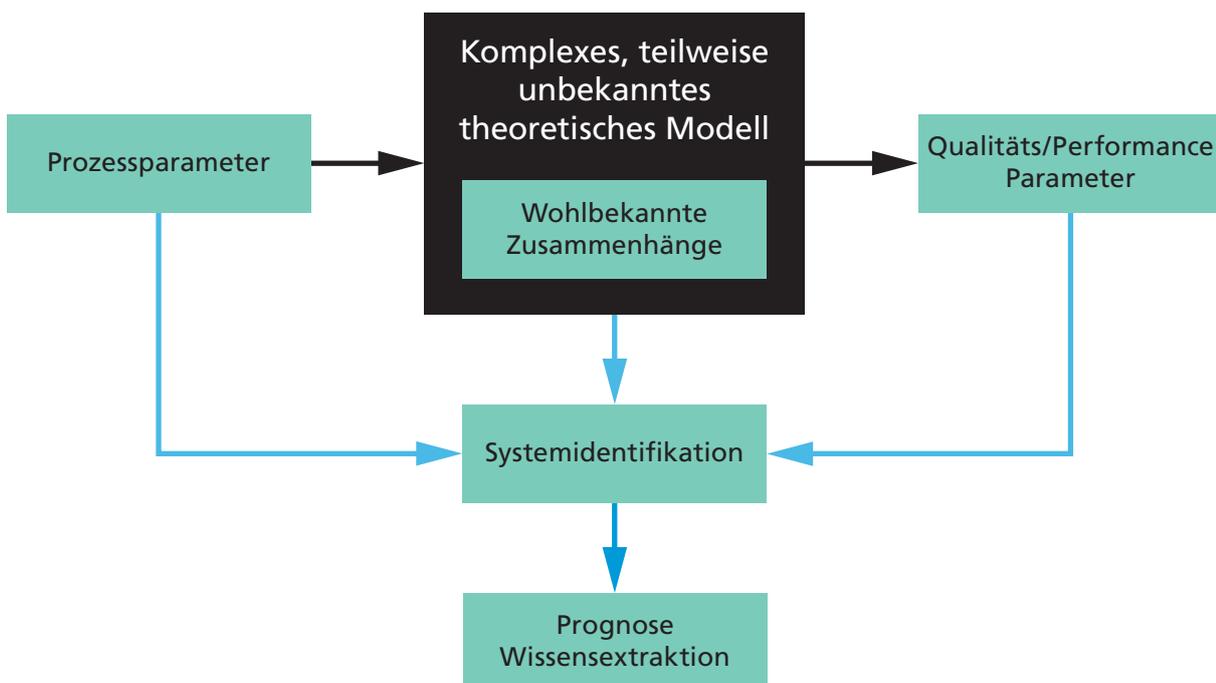
Liegen jedoch ausreichend repräsentative Daten, beispielsweise aus systematischen Versuchsreihen zum Input-Output-Verhalten vor, so lässt sich mit ge-

eigneten Techniken der Systemidentifikation, des Data Mining und der mathematischen Statistik eine datenbasierte Prozessbeschreibung erstellen. Sind die Modelle rein datenbasiert, spricht man hierbei von Blackbox-, im Falle der Integration von Domänenwissen von Greybox-Modellen. Diese Modelle können dann zu Prognose- und Simulationszwecken eingesetzt werden und erlauben insbesondere die Ableitung von Prozess-Sensitivitäten im Hinblick auf ausgewählte Einflussgrößen.

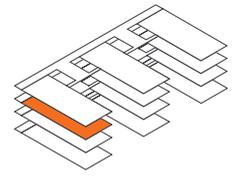
Sind keine oder nur unzureichend viele Prozessdaten vorhanden, so ist zunächst ein Design-of-Experiment (DOE)-Planungsschritt vorzuschalten, um unter Berücksichtigung der technischen Beschränkungen eine möglichst informativste Menge durchzuführender Experimente zu bestimmen.

Beispiele für Fragestellungen, bei denen geeignete Black-/Greybox-Modelle identifiziert wurden, sind:

- Prognose und Sensitivitätsanalyse der Crashperformance eines Verbundwerkstoffes in Abhängigkeit der Herstellungsparameter, der verwendeten Materialspezifikationen und der Geometrie
- Oberflächenfehlerklassifikation eines Druckgussbauteils auf Basis simulierter lokaler Gießparameter
- Prognose und Sensitivitätsanalyse ausgewählter Qualitätsparameter eines extrudierten Werkstoffs basierend auf einstellbaren Prozessparametern und verwendeter Rezeptur
- Vorhersage des hysteretischen Verhaltens eines Kfz-Feder/Dämpfer-Systems



Systemidentifikation



Homogenisierung zur Bestimmung multiskaliger Materialeigenschaften

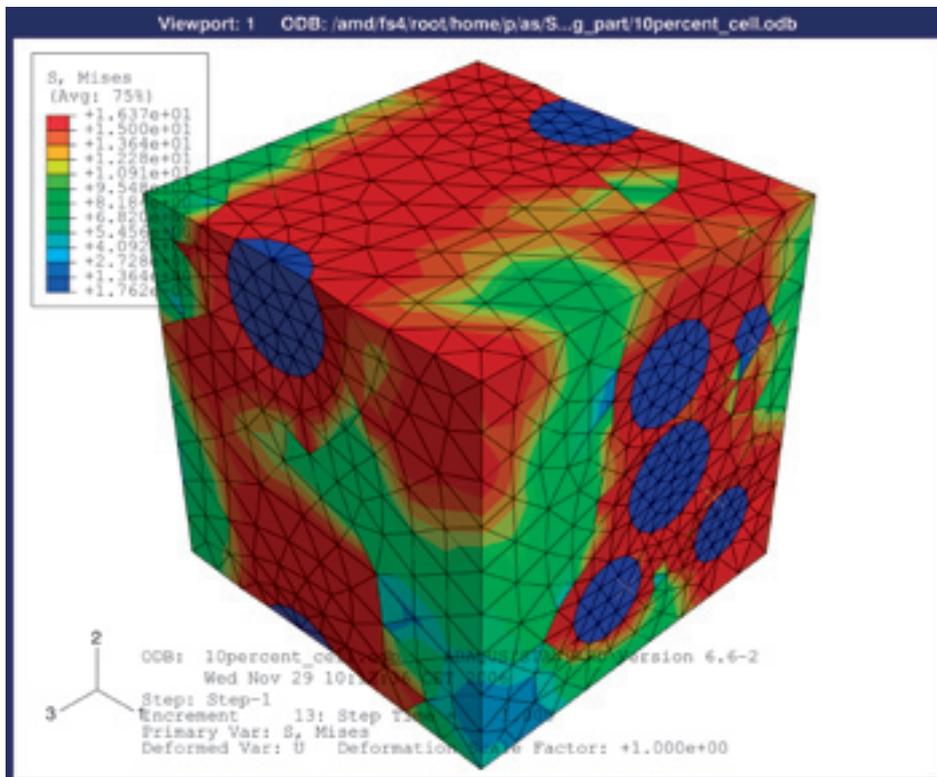
Projektbeispiele aus dem Bereich Multiskalen-Strukturmechanik sind die Bestimmung der effektiven viskoelastischen Eigenschaften, Festigkeit und Lebensdauer von partikelverstärkten Zahnfüllstoffen oder die Berechnung der elastoplastischen und Fließeigenschaften von Verbundbauteilen. In beiden Fällen kam hierbei die Methode der asymptotischen Homogenisierung zum Einsatz.

In einem medizintechnischen Projekt, welches in Kooperation mit der Abteilung **Strömungen und komplexe Strukturen** bearbeitet wird, soll eine Software erstellt werden, die für jeden Patienten die optimale Auswahl von Positionierung, Form und Material für die Knieprothese und deren Beschich-

tung vor der Operation zulässt. Hierzu sind effektive makroskopische Kontaktbedingungen aus mikrostrukturellen Kontakteigenschaften zwischen Prothese und Knochen abzuleiten. Viele numerische Experimente mit der Kontaktschicht haben nachgewiesen, dass die mittels Homogenisierung erhaltenen effektiven Kontaktbedingungen in einer dem Herz'schen Modell ähnlichen, aber anisotropen Kontaktformel resultieren. Dabei ist die Kontaktspannung proportional zur Eindringtiefe der Prothese in einer bestimmten Potenz. Letztere wurde jeweils in Abhängigkeit von der Prothesenbeschichtung aus den o. g. Zellexperimenten identifiziert.

In einem anderen Industrieprojekt zu Metall-Matrix-Verbundwerkstoffen wurde die asymptotische Homogenisierungsmethode auf eine spezielle Form der Elastoplastizität angewendet, die

alle Voraussetzungen für die Zweiskalenkonvergenz der Lösungen erfüllt. Die Partikel waren rein elastisch und das homogenisierte konstitutive Gesetz stimmt mit dem für das Matrixmaterial überein. Die effektiven elastoplastischen Parameter wurden für den isotropen Fall aus zwei rein elastischen und weiteren rein plastischen (mit starren Partikeln) Hilfsproblemen auf einer periodischen Einheitszelle explizit berechnet. Die mittels Zweiskalenansatz berechneten effektiven Parameter wurden mit den über einfache mechanische Formeln bestimmten elastischen (Hashin) und plastischen (Suquet) Parametern verglichen. Der Homogenisierungsansatz hat gegenüber diesen Methoden den Vorteil, dass er die exakte Mikrostruktur und nicht nur die Volumenanteile zwischen Matrix und Partikeln betrachtet.



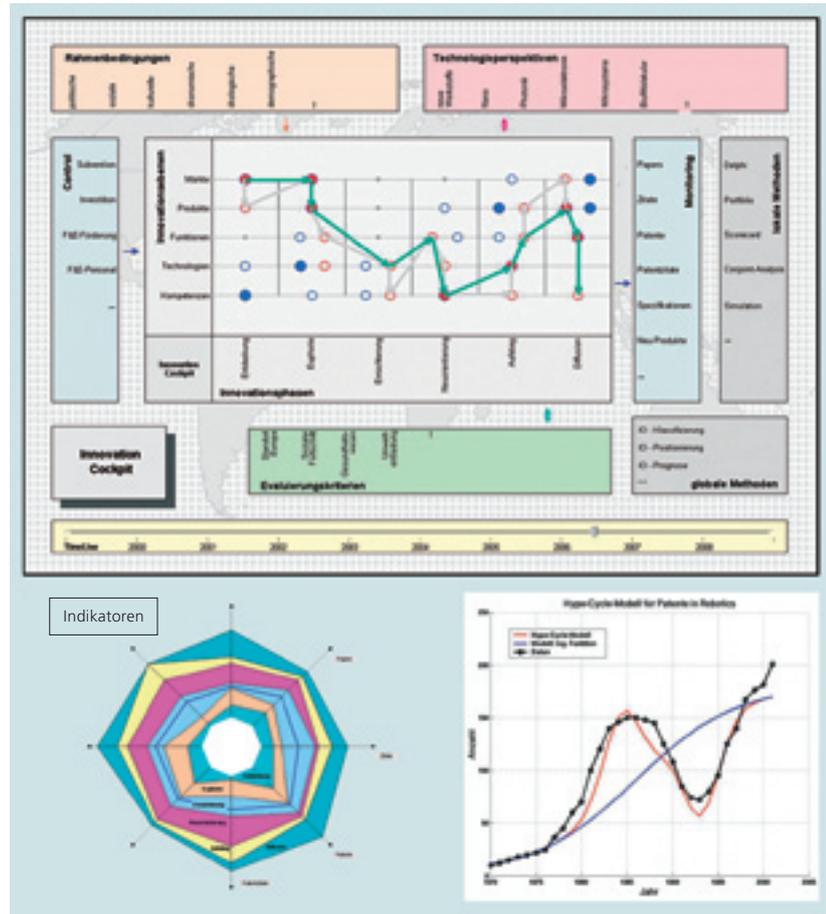
Misessche Spannung in einem der Hilfsprobleme für Homogenisierung in der Elastoplastizität

Fokus Technologie – II. Präsidialprojekt der Fraunhofer-Gesellschaft

Mitarbeiter des Abteilungsschwerpunktes Entscheidungsunterstützung in Medizin und Technik waren im Jahr 2006 an einem Fraunhofer-internen Präsidialprojekt beteiligt, in dem Forschungsgruppen von sieben Fraunhofer-Instituten das Thema Management und Beschleunigung von Innovationsprozessen bearbeiten. Hauptaufgaben sind hierbei: die Identifikation von Verfahren zur frühzeitigen Erkennung sich entwickelnder innovativer Technologien oder Trends; die Verknüpfung unterschiedlicher Methoden zum Management eines integrierten Innovationsprozesses; die Evaluierung der Vorgehensweise anhand von Anwendungsszenarien aus der Polymer-, Bioverfahrens- und Nachrichtentechnik; die Entwicklung eines Frameworks zur Abbildung der Prozessschritte und dessen softwaremäßige Realisierung.

Die Entwicklung von Technologien kann – zumindest näherungsweise – mittels qualitativer Modelle beschrieben werden, z. B. durch Gartner's Hype-Cycle. Dabei wird der zeitliche Verlauf von Indikatoren verfolgt, wie z. B. die Anzahl von Patentanmeldungen oder -zitierten in relevanten Gebieten. Mit zunehmender Zahl von gleichzeitig betrachteten Indikatoren wird die Beschreibung der Prozessentwicklung naturgemäß immer umfassender, jedoch auch immer komplexer in der Handhabung.

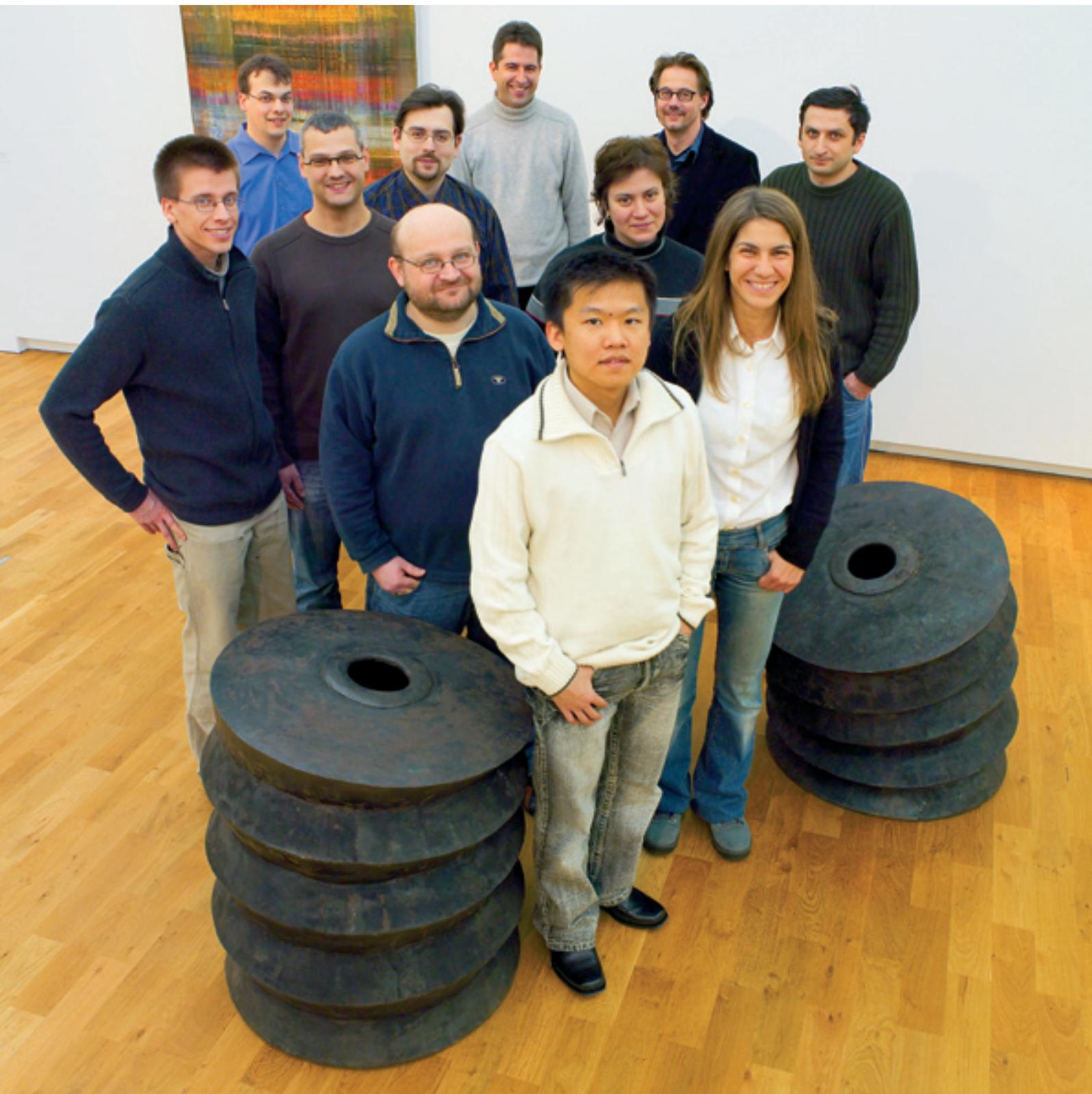
Hier werden dann einerseits Methoden der Zeitreihenanalyse und Mustererkennung eingesetzt, um die Entwicklungsphase einer konkreten Technologie einschätzen und deren weiteren Verlauf prognostizieren zu können. Andererseits werden Verfahren benötigt, die das Management des aus unterschiedlichen Quellen stammenden Wissens unterstützen und den Anwendern



Innovation Cockpit

Navigationsmöglichkeiten durch den kompletten Innovationsprozess bieten.

Bisher wurden mehrere konkrete Methoden realisiert und anhand realer Daten getestet. Beispielsweise wurde die Bestimmung der Entwicklungsphase sowohl durch Anpassen eines analytischen Hype-Cycle-Modells an gegebene Indikatorgrößen implementiert als auch unter Verwendung eines auf reiner Mustererkennung basierenden Ansatzes. Die sich für die verschiedenen Indikatorgrößen ergebenden Ergebnisse wurden mittels Fuzzylogik kombiniert.



Oliver Schmidt, Christian Salzig, Thomas Halfmann, Dr. Jochen Broz, Dr. Alexander Dreyer, Dr. Andreas Wirsén, Alexander Nam, Dr. Julia Orlik, Dr. Patrick Lang, Eva Barrena, Dr. Alex Sarishvili

Optimierung

Kernkompetenz der Abteilung **Optimierung** ist die Entwicklung individueller Lösungen für Planungs- und Entscheidungsprobleme in Logistik, Ingenieur- und Lebenswissenschaften in enger Kooperation mit Partnern aus Forschung und Industrie. Methodisch ist die Arbeit durch eine enge Verzahnung von **Simulation** (Bildung von mathematischen Modellen und datenbasierten virtuellen Strukturen unter Einbeziehung von Schranken, Design-Parametern sowie Qualitäts- und Kostenmaßen), **Optimierung** (Entwicklung und Implementierung von anwendungs- und kundenspezifischen Optimierungsmethoden unter spezieller Berücksichtigung mehrkriterieller Ansätze) und **Entscheidungsunterstützung** (Entwicklung und Implementierung interaktiver Werkzeuge) geprägt. Die Forschungsschwerpunkte der Abteilung sind:

Supply Chain Management

Der Schwerpunkt befasst sich mit Fragestellungen auf allen Planungsebenen der Transportkette, von der strategischen Gestaltung des Netzwerkes bis zur kurzfristigen Feinplanung der täglichen Disposition. Das Portfolio umfasst Beratung und Unterstützung bei der Modellierung logistischer Planung sowie die Entwicklung individueller Softwarekomponenten. Mithilfe von Optimierungsmethoden in eigenen Softwaretools werden Lösungsvorschläge zur Entscheidungsunterstützung ermittelt, die den besten Kompromiss zwischen den konkurrierenden Planungszielen »Minimierung der Kosten« versus »Maximierung des Lieferservices« bieten.

Materialfluss- und Produktionsplanung

Effiziente Strategien für Produktions- und Materialfluss-Scheduling, Load-Balancing von Produktions- und Lagersystemen sowie innerbetriebliches Routing von Materialflüssen prägen den Schwerpunkt. Methodisch basiert auf ereignisdiskreter Simulation und kombinatorischer Opti-

mierung werden optimale Steuerungsalgorithmen zur Maximierung der Effizienz von Produktionsressourcen und Lagern bei gleichzeitiger Vermeidung von Staus und Deadlocks erarbeitet.

Krankenhauslogistik

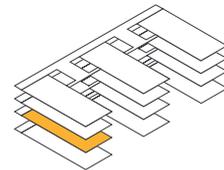
Modelle und leistungsfähige Algorithmen zur Planung und Disposition von Prozessabläufen im Krankenhaus gestalten Zukunft im Krankenhausesektor durch effiziente Nutzung verfügbarer Ressourcen wie Personal, OP-Säle oder Betten, bei gleichzeitiger Verbesserung von Patientenzufriedenheit, Personalplanung und geringeren Kosten. Insbesondere für die Bereiche OP-Management und Krankentransportdienst hat die Umsetzung der entwickelten Ansätze im Klinikalltag zur Erreichung dieser Ziele geführt, ohne die medizinischen Versorgungsstandards zu verschlechtern.

Interaktive Therapieplanung

Die Abwägung zwischen der Aussicht auf Heilung von schwerer Krankheit und der Vermeidung von Nebenwirkungen bei der Therapieplanung stellt Mediziner im Alltag vor schwere Planungsaufgaben. Der Forschungsschwerpunkt »Interaktive Therapieplanung« entwickelt für die klinische Radiotherapieplanung neue Methoden auf Basis mehrkriterieller Optimierung zur Balance von Chancen und Risiken einer solchen Therapie.

Optimierung im Virtual Engineering

Der Einsatz mathematischer Optimierungsmethoden in den Ingenieursdisziplinen setzt auf der Modellierung physikalischer Zusammenhänge und technischer Prozesse und ihrer Abbildung in Computerprogrammen auf (Virtual Engineering). Optimierung unterstützt Ingenieure dabei, Produkte und Prozesse so auszulegen, dass sie die Zielvorstellungen hinsichtlich Qualität und Kosten bestmöglich erfüllen. Derzeit wird an Projekten aus den Bereichen Elektronikentwurf, Edelsteinschliff, Vliesproduktion und Gussformenkühlung gearbeitet.



Verkehrsplanung

Unsere Forschung in diesem Schwerpunkt befasst sich mit der mathematischen Modellierung von strategischen und operativen Planungsaufgaben im öffentlichen Personenverkehr. Auf Basis dieser Modelle und geeigneter Lösungsalgorithmen wird Verkehrsplanern eine bessere Entscheidungsgrundlage geliefert, so z. B. bei der unternehmensübergreifenden Fahrplanabstimmung.

Auch das Jahr 2006 war von wirtschaftlichem Wachstum und wissenschaftlichem Erfolg geprägt; neben drei abgeschlossenen Promotionsverfahren gab es folgende Höhepunkte:

- Mitarbeit am EU-Projekt »SMMART« zur strategischen Gestaltung einer Transportkette zur Helikopter-Maintenance im Schwerpunkt »Supply Chain Management«
- Genehmigung des BMBF-Projektes »Versiplektor« und der Fraunhofer-WISA »Ineos« zur Erarbeitung von Entscheidungsunterstützungswerkzeugen beim elektronischen Entwurf in der Forschungsgruppe »Optimierung im Virtual Engineering«
- Beauftragung für die Krankenhauslogistiksoftware Opti-TRANS® durch das Westpfalzkrankenhaus Kaiserslautern
- Beauftragung weiterer Beratungsprojekte durch die psb Materialfluss GmbH im Bereich »Materialfluss- und Produktionsplanung«
- Workshop der Arbeitsgruppe »Interaktive Therapieplanung« beim Kooperationspartner am Massachusetts General Hospital in Boston (USA)
- die Genehmigung eines mittelstandsorientierten Eigenforschungsprojekts zur Anschlussabstimmung im öffentlichen Personennahverkehr.

Abteilungsleiter:

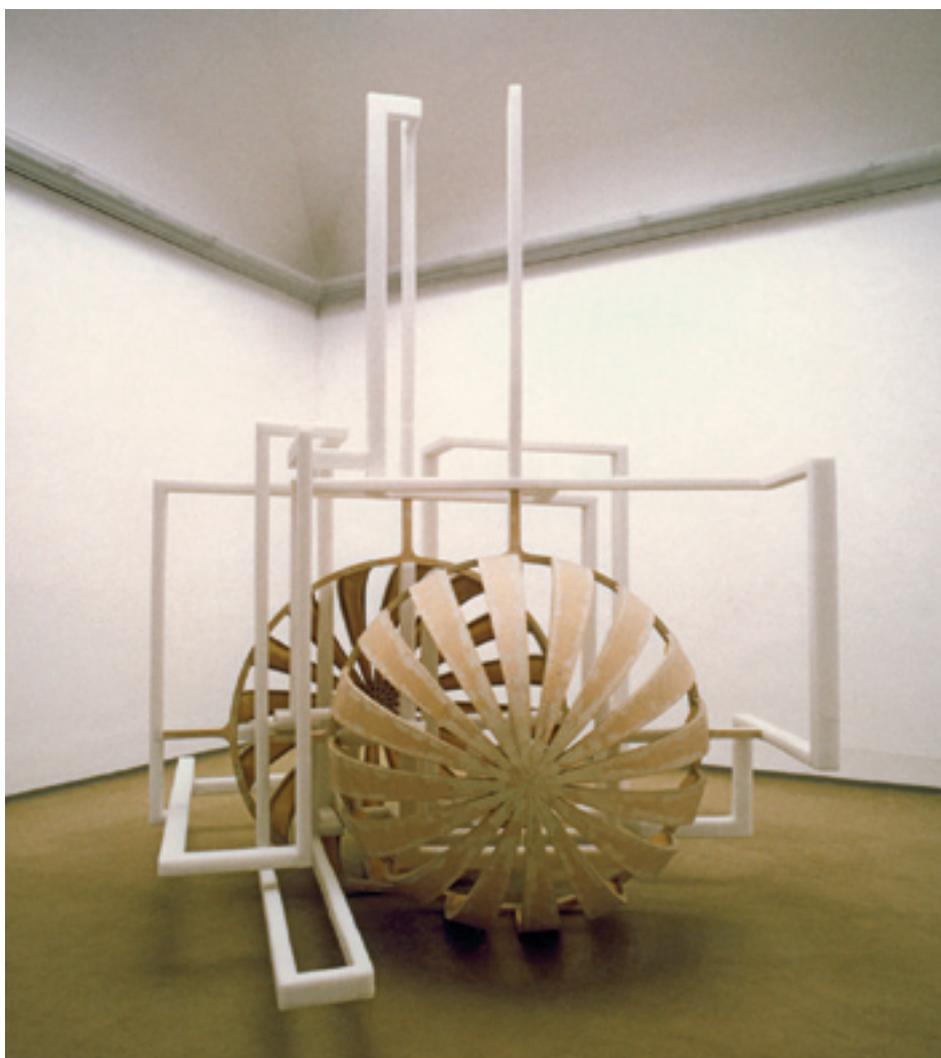
Priv.-Doz. Dr. Karl-Heinz Küfer

☎ 06 31/3 1600-4491

karlheinz.kuefer@itwm.fraunhofer.de

Problemlösungsfelder

- Supply Chain Management
- Materialfluss- und Produktionsplanung
- Krankenhauslogistik
- Interaktive Therapieplanung
- Optimierung im Virtual Engineering
- Verkehrsplanung



Erik Levine, »Transportation Cell«, 1992, Sperrholz, Styropor, Polyurethan

»Schon im Titel der Plastik, Transportation Cell, deutet sich Bewegung an. Während die aufgefächerten Halbkugeln aus Sperrholz schon durch ihre Form als rollende Elemente wahrgenommen werden, scheinen die mit Styropor verkleideten Streben Verkehrswege anderer Art zu sein. Energetische Prozesse sind in ihnen ebenso denkbar wie Bewegungen flüssiger oder gasförmiger Elemente.«

Dr. Britta Buhlmann, Leiterin der Pfalzgalerie

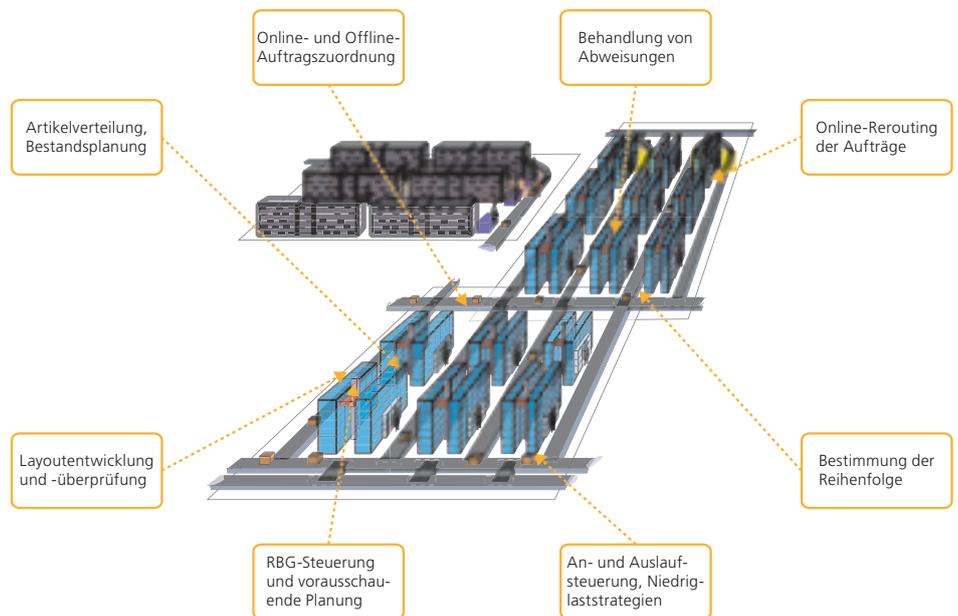
Baustein- und Algorithmenbibliotheken für die erweiterte Simulationsplattform

Entwickler und Anwender industrieller Anlagen mit umfangreichen Materialfluss- und Produktionssteuerungskomponenten müssen permanent einen rationalen Ausgleich finden zwischen dem Umfang der Simulationsstudien, die oft sehr aufwändig sind, und den Risiken einer zu vereinfachten Simulation. Zahlreiche am Markt vorhandene kommerzielle Simulationssysteme bieten bereits verschiedene Bausteinbibliotheken, bestimmte Experimentsteuerungs- und Optimierungsfunktionen. Dies ermöglicht eine relativ schnelle Bildung und Untersuchung von einfachen Modellen. Größere Probleme und wesentlich höherer Aufwand entstehen aber

- bei der Notwendigkeit einer detaillierten Darstellung von systemspezifischen Funktionalitäten, insbesondere für Emulationszwecke
- bei der Gestaltung des Gesamtmodells, der prototypischen Gestaltung und Abbildung der übergeordneten Steuerung (was meist dem Modellbilder komplett überlassen wird)
- bei umfassenderen Simulationsstudien, insbesondere mit garantierten Leistungsaussagen.

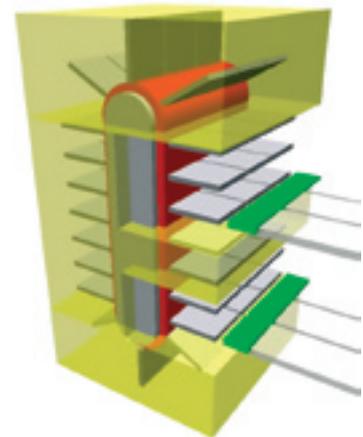
Die in der Abteilung **Optimierung** zu entwickelnde erweiterte Simulationsplattform geht gerade auf diese Probleme ein; sie umfasst

- zahlreiche generische Bausteine mit entsprechender eingebauter Steuerung und erweiterten Schnittstellen zum Anschluss an benutzerdefinierte Steuerungsalgorithmen und mit möglichem Anschluss an eine reale Steuerung. Eine 3D-Visualisierung aller Bausteine ist möglich. Die Kompo-

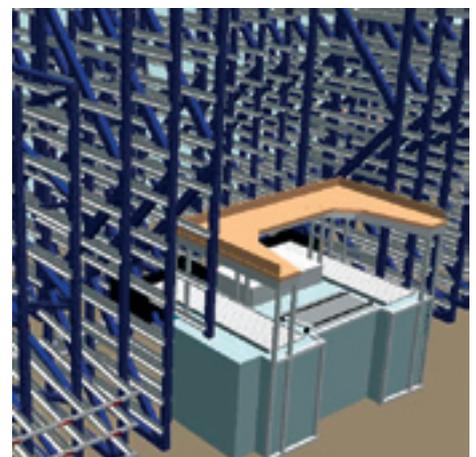


nenten besitzen eine parametrisierbare Struktur, ermöglichen die Abbildung von nebenläufigen Operationen und erlauben es, benutzerdefinierte hypothetische Anlagekomponenten zu gestalten und zu untersuchen.

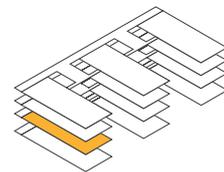
- Systemsteuerungsfunktionalitäten in Form von Templates und generischen Algorithmen mit komfortablen Datenschnittstellen zu den vom Benutzer definierbaren Entscheidungs- und Überwachungsmethoden (insbesondere optimierungsbasiertes Routing sowie unter Einbeziehung von multi-kriteriellen Ansätzen)



- zahlreiche Tools zur Analyse- und Entscheidungsunterstützung, Datengeneratoren (z. B. zur Auftragsgenerierung mit Berücksichtigung komplexer Attributsstrukturen, Lieferscheine, Routen usw.), erweiterte Experimentsteuerung, Tools zur Analyse von Bottlenecks, Statistikbearbeitung
- interaktive und automatische Modellbildungstools, Integration mit CAD-Systemen.



Komponente der erweiterten Simulationsplattform



SMMART (System for Mobile Maintenance Accessible in Real-Time)

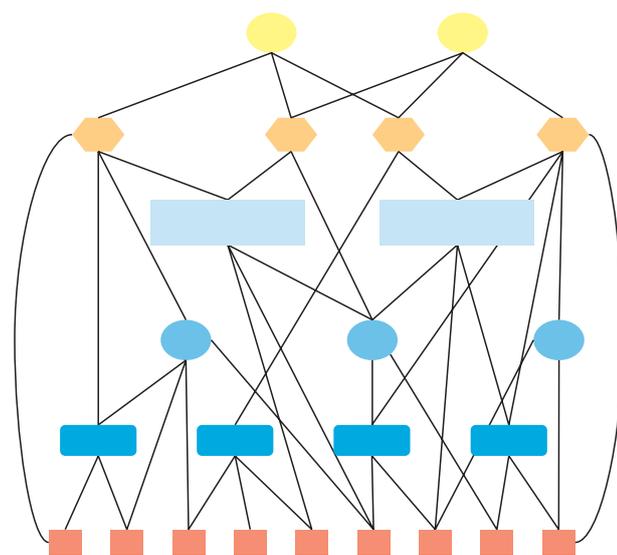
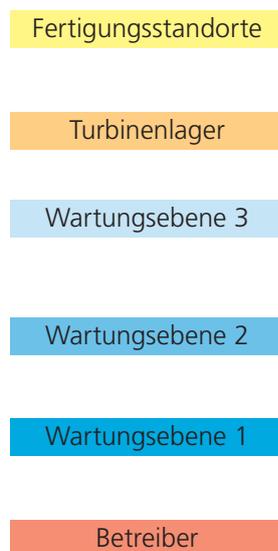
SMMART ist ein Forschungsprojekt, das seit Ende 2005 im sechsten Rahmenprogramm der Europäischen Union gefördert wird. Ziel dieses Projektes ist es, ein System zu konzipieren, das Betriebsdaten über den jeweiligen Zustand von Bauteilen in Echtzeit sammelt und zur Verfügung stellt, um die Planung und Durchführung von Inspektions-, Wartungs- und Instandhaltungsaktivitäten zu unterstützen. Der Fokus liegt auf dem Transportsektor und umfasst die Wartung und Reparatur von LRUs (Line Replaceable Units), die in Hubschrauberturbinen und Lastkraftwagen verwendet werden. Durch den Einsatz der RFID-Technologie in Umgebungen, die bisher als schwierig oder unmöglich galten, sollen die verschiedensten Parameter zur Überwachung von Hubschrauber- oder LKW-Teilen gesammelt und in Echtzeit an eine zentrale Datenbank gesendet werden. Alle LRUs werden mit RFID-Tags ausgestattet, um ihre Wartungshistorie, ihren Standort und ihre Verwendung jederzeit und überall in einem globalen Wartungsnetzwerk verfolgen zu können. Die gesammelte Information wird genutzt, um Vorhersagen über künftige Wartungsbedürfnisse zu erstellen, die Lagerbestände von Ersatzteilen effizient zu steuern und Wartungsaktivitäten besser zu planen.

Unter Führung des französischen Turbinenherstellers Turbomeca beteiligen sich insgesamt 25 Partner aus zehn Ländern am Projekt. Der Beitrag des Fraunhofer ITWM liegt in der Modellierung und Optimierung der Auslegung eines Supply-Chain-Netzwerkes für Wartungsaktivitäten. Die strategische Netzwerkgestaltung bildet die Grundlage für die Erstellung von Distributionsplänen, die sicherstellen, dass die benötigten Ersatzteile zur richtigen Zeit am richtigen Ort verfügbar sind. Aus-

gangspunkt der Planung ist die aktuelle Struktur des Netzwerkes, bestehend aus verschiedenen Typen von Servicecentern, welche die Wartungsbedürfnisse der Kunden innerhalb kürzester Zeit erfüllen. Strategische Planungsaufgaben, die durch das Netzwerk-Design für einen Zeithorizont von bis zu 15 Jahren unterstützt werden, umfassen im Wesentlichen

- den Auf-/Abbau der Kapazität bestehender Servicecenter
- die Auswahl, Lage und Kapazität neuer Standorte für Servicecenter
- die Ermittlung der langfristigen Transportmengen zwischen den Standorten im Netzwerk
- die langfristige Zuordnung von Kunden zu Servicecentern.

Planungsaufgaben solchen Ausmaßes sind mit hohem Kapitaleinsatz verbunden, schwer revidierbar und besonders nachhaltig. Zur Formalisierung dieser Planungsaufgaben werden verschiedene gemischt ganzzahlige lineare Modelle entwickelt. Das zugrunde liegende Optimierungsproblem lässt sich nur für kleine Größenordnungen mithilfe eines kommerziellen Solvers optimal lösen. Daher werden neue Algorithmen der diskreten Optimierung entwickelt, um praxisrelevante Problemgrößen in vertretbarer Zeit lösen zu können. Die Algorithmen werden in ein Softwaretool integriert, das den Entscheidern die Möglichkeit bietet, verschiedene Szenarien abzubilden und Veränderungen durchzuspielen.



Struktur eines Netzwerkes zur Wartung von Turbinen

Fahrplanabstimmung mit SynPlan

Der Langtitel des von der Fraunhofer-Gesellschaft seit Oktober 2006 geförderten Eigenforschungsprojektes »SynPlan« lautet »Multikriterielle Optimierung und Entscheidungsunterstützung für regional abgestimmte ÖPNV-Fahrpläne«. Das Projekt stellt die Umsteigemöglichkeiten an den Vernetzungsknoten verschiedener ÖPNV-Betreiber in den Mittelpunkt der Forschungsarbeiten. An solchen Knoten ist es unter der Zielsetzung eines attraktiven ÖPNV-Angebots erforderlich, dass die Betreiber ihre Fahrpläne wechselseitig synchronisieren. Dies geschieht in der Praxis heute oft noch in langwierigen und aufwändigen Prozessen, ohne adäquate Unterstützung durch Softwarewerkzeuge. Das Forschungsprojekt hat zum Ziel, die Grundlagen für innovative Software zur Fahrplanabstimmung zu schaffen.

Fahrplanabstimmung ist keine einfache Aufgabe. Dafür gibt es drei wesentliche Gründe: Erstens sind die Daten eines ÖPNV-Fahrplans sehr umfangreich und können kaum in Gänze überblickt werden. Fahrplanexperten kennen den Fahrplan des eigenen Unternehmens vielleicht noch in seinen Details, kaum jedoch den Fahrplan der Partnerunternehmen. Ein zweiter Grund ist die hohe Vernetzung der Fahrplanzeiten; eine Fahrplanänderung mit dem Ziel verbesserter Abstimmung an einem Knoten hat Auswirkungen an anderen Knoten,

die im Auge behalten werden müssen. Auch hier stößt manuelle Planung an Komplexitätsgrenzen. Der dritte Grund sind Gegenläufigkeiten im Abstimmungsprozess. Selektive Verbesserung der Umsteigemöglichkeiten an einem Knoten kann und wird in der Regel eine nachteilige Veränderung an anderen Stellen nach sich ziehen; hier müssen die Planer abwägen, ob sie diese in Kauf nehmen möchten. Ein Softwarewerkzeug für die Fahrplanabstimmung muss diesen Anforderungen gerecht

werden. Dabei stellen sich Fragen der Informationsverdichtung und -darstellung, der Entwicklung geeigneter Qualitätsmaße für die Fahrplanabstimmung, der Unterstützung des Abwägens zwischen Vor- und Nachteilen von Fahrplananpassungen und der Berechnung von Änderungsvorschlägen durch mehrkriterielle Optimierungsalgorithmen. Das Projekt SynPlan hat zum Ziel, auf diese Fragen Antworten zu finden und sie in einem SynPlan-Demonstrator prototypisch umzusetzen.

Bei der Fahrplanabstimmung werden die Fahrpläne der ÖPNV-Betreiber in einer Region zu einem Gesamtfahrplan des Verkehrsverbundes zusammengeführt und dabei zeitlich aufeinander abgestimmt. Möglichst gute Umsteigemöglichkeiten an den Netzknoten sind das Ziel.

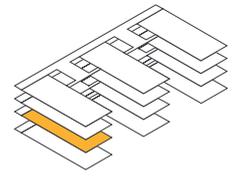
© VRN

Linie	141	101	105	101	105	140	141
Fahrt	4					2	8
Beschränkungen							
Kaiserslautern, Hbf						5,36	
- Marienkirche						5,39	
- Fackelpassage							5,44
- Maxstr.							
- Rathaus (Stg. B)	ab	5,00	5,15	5,15	5,30		
- Westbahnhof							
- Kaisersberg							
- Pfaffl./Pariser Str.		5,02					
- Waldstr.		5,04					
- Neue Brücke		5,06					
- Am Belzappel		5,08					
Vogelweh, Ost		5,12					
Kaiserslautern, Opelkreisel							
Otterbach, Siedlung							
- Bahnhof							
- Lampertsmühle, Spinnerei							
Erlenbach, Denkmal							
Siegelbach, Sand							
- Siegelbach Mitte							
- Erlenbacher Str.							
- Zoo							
- Rodenbacher Str.							
Rodenbach, Aral							
- Abzw. Bahnhof		5,37					
- Ortsmitte		5,38					
- Wellers, Waldchen		5,39					
- Hünensgrab							

Linie	130	140	140	130	140	130	130
Fahrt	1	2	114	3	706	55	65
Beschränkungen							
Kaiserslautern, Hbf	ab	5,15	5,38	6,05	6,18	6,35	6,58
- Fackelpassage		5,18		6,18		6,38	7,08
- Marienkirche			5,39	6,08		6,38	
- Maxstr.			5,44	6,13		6,43	
- Bürgstr.					6,23		7,03
- Westbahnhof					6,14	6,25	7,05
- Kaisersberg					6,15	6,26	7,07
- An der Galoppmühle							
Erlenbach/KL, Höllenstr.					5,28	5,19	6,30
- Bahnhof					5,29	6,20	6,31
Lampertsmühle, Spinnerei					5,31	6,21	7,18
Sambach, Ort							
Katzweiler, Bahnhof Abzw.					5,34	6,32	7,22
Otterbach, Börtzier					5,35	6,33	7,23
- Abzw. Erlenbach					5,37	6,35	7,25
Otterbach, Lorenz					5,38	6,36	7,26
- Tankstelle Weber					5,39	6,37	7,27
- Stadtmitte					5,40	6,38	7,30
- Ewang. Kuga					5,42	6,39	
- Siedlung					5,43	6,40	
- Pegulan							7,31
- Schellenhal							7,32
- Schwimmbad							7,34
- Dreherhalerhof, Friedhof							7,37
- Ortsmitte							7,38
- Ende							7,39
- an							7,38

Hinweise	ab				
Panzerkaserne Ost					
Panzerkaserne West					
Abzw. Autobahn					
Real-Mult. Markt					
Daernerkaserne					
Warmfriedbad					
Stiftswaldstr.					
23er Kaserne					5,19
Friedhof					5,20
Daniel-Häberle-Str.	4,51	5,06			5,21
Allerwegstr.	4,52	5,07			5,22
Messeplatz	4,53	5,08			5,23
Kennedyplatz	4,54	5,09			5,24
Sitzplatz	4,55	5,10			5,25
Rathaus (Stg. B)	an	4,57	5,12	5,27	5,42
Rathaus (Stg. B)	ab	5,00	5,15	5,15	5,30
Appostelkirche		5,01	5,16		5,31
Pfaffplatz		5,02	5,17		5,32
Kammgarnstr.		5,03	5,18		5,33
Waldstr.		5,04	5,19		5,34
Lothringer Eck		5,05	5,20		5,35
Neue Brücke		5,06	5,21		5,36
Bahnheim		5,07	5,22		5,37
Bahnheim West		5,08	5,23		5,38
Am Belzappel		5,08	5,23		5,38
Homburger Str.		5,09	5,24		5,40
RSW Vogelweh					5,40
Industriegebiet Nord					5,48
Vogelweh West		5,10	5,25	5,29	5,30
Vogelweh Süd		5,11	5,26		5,31





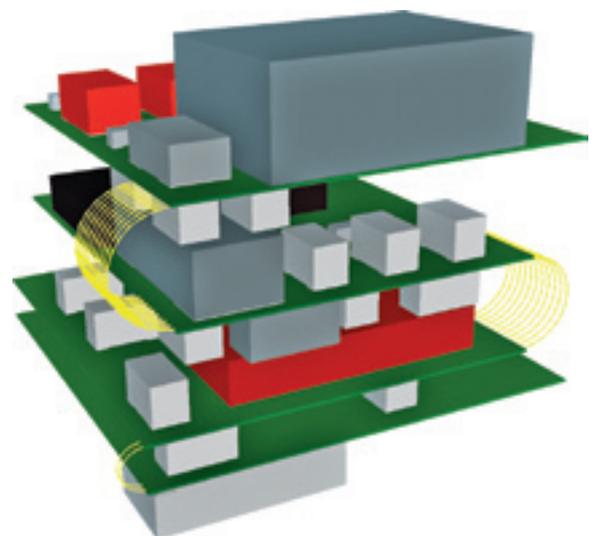
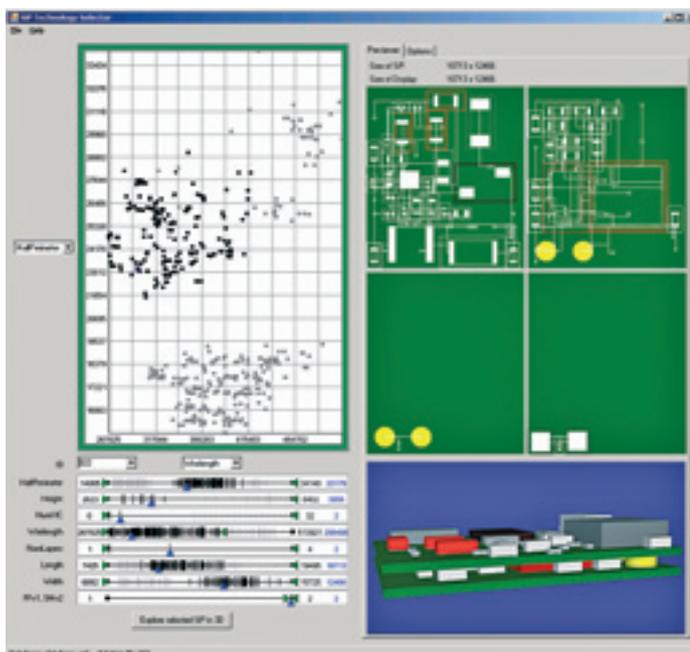
MEF Teplavius

Die Entwicklung einer elektronischen Baugruppe ist in aller Regel ein aufwändiger und komplizierter Prozess, der umfangreiches Fachwissen benötigt. Dies gilt insbesondere, wenn moderne Aufbau- und Verbindungstechnologien (AVT) eingesetzt werden, wie bei System-in-Package-Baugruppen (SiP). Ungehäuste Chips werden mit anderen diskreten Schaltungselementen (Widerstände, Kondensatoren usw.) über Substrate verschaltet, oft vertikal in mehreren Lagen oder mittels flexiblen Substraten, die im 3D-Raum gebogen werden können (Faltflex). Heutige Elektronik-CAD-Systeme bieten nur wenig Unterstützung bei diesen 3D-Entwurfsaufgaben, da sie – entwickelt für herkömmliche Platinentechnik oder Chips – für reinen 2D-Entwurf ausgelegt sind.

Das Projekt Teplavius, von der Fraunhofer-Gesellschaft gefördert als mittelstandsorientiertes Eigenforschungsprojekt (MEF), verfolgt unter anderem das Ziel, mit mathematischen Optimierungsmethoden Entwurfsvorschläge

für das 3D-Layout von SiP zu berechnen. Diese Vorschläge verbinden optimale Volumenausnutzung mit der Beachtung technologischer Rahmenbedingungen und elektrotechnisch motivierter Designvorgaben. Insbesondere zum objektiven Vergleich verschiedener AVT-Varianten zur Realisierung der Baugruppe wird dabei eine ganze Reihe von Entwurfsvorschlägen berechnet und in einem neuartigen Bewertungs- und Selektionswerkzeug miteinander vergleichbar gemacht.

Voraussetzung für die Optimierung ist eine adäquate mathematische Modellierung des SiP-Entwurfsproblems. Abstrakt gesehen handelt es sich um ein 3D-Packungsproblem mit vielfältigen Nebenbedingungen. Die Modellierung wird in Zusammenarbeit mit unserem Projektpartner, dem Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM) und dem dort etablierten Expertenwissen zum Elektronik-Design vorgenommen. Erste Modelle und Optimierungsalgorithmen sind bereits erarbeitet und lassen viel versprechende Projektergebnisse erwarten.



Mehrkriterielles Auswahlwerkzeug für optimierte System-in-Package-Layouts; die 3D-Struktur kann visuell beurteilt werden.

MIRA

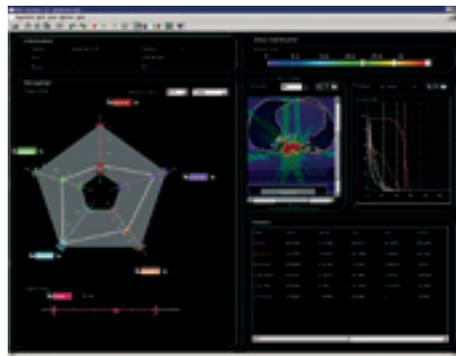
In der Krebsbehandlung können durch die simulationsbasierte Therapieplanung die Erfolgsaussichten erheblich verbessert werden. In der intensitätsmodulierten Strahlentherapie (IMRT) wird hierzu die applizierte physikalische Dosis mittels Pencil-Beam-, Superpositions- oder Monte-Carlo-Verfahren simuliert und daraus mithilfe statischer Daten Tumorkontrollwahrscheinlichkeit und Nebenwirkungsrisiken ermittelt. In einem vom National Institute of Health geförderten Projekt wird zusammen mit einer Forschergruppe des Massachusetts General Hospital unter dem Dach der Harvard Medical School in Boston der Einfluss modellspezifischer Aspekte auf die mehrkriterielle Strahlentherapieplanung untersucht. Zentrale Projektinhalte hierbei sind die Untersuchung der Beziehung zwischen mathematischer Modellbildung und medizinischer Qualität der resultierenden Behandlungspläne, die Integration von Applikationsaspekten in die Behandlungsplanung sowie die Entwicklung einer frei verfügbaren Planungssoftware für wissenschaftliche klinische Studien. Näheres zum Projekt unter www.project-mira.org.

Multikriterielle Strahlentherapieplanung

Im Auftrag und in Kooperation mit Siemens Medical Solutions – Oncology Care Systems wird eine mehrkriterielle Planungskomponente für den Strahlentherapie-Workspace COHERENCE® entwickelt und implementiert. Der bestehende Prototyp wurde 2006 näher an die Anforderungen der klinischen Praxis herangeführt. In Vorbereitung auf die Markteinführung ist für 2007 eine Ergänzung der Planungsfunktionalität sowie eine weitergehende Evaluierung durch Siemens-Pilotkunden an hochrangigen Krankenhäusern und Forschungseinrichtungen geplant.

Klinische Evaluierung eines interaktiven Planungssystems

Im Rahmen des Krebshilfe-Projektes »Entwicklung und Erprobung eines klinischen Systems« wird die entwickelte Planungssoftware am Deutschen Krebsforschungszentrum und dem Universitätsklinikum Heidelberg in Vorbereitung auf den klinischen Routinebetrieb in retrospektiven Studien auf typischen Behandlungsfällen erprobt und hinsichtlich ihrer Bedienbarkeit und Ergebnisqualität mit etablierten Planungswerkzeugen verglichen.

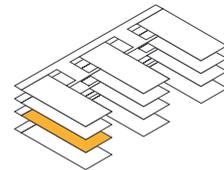


Interaktive Planauswahl für einen Paraspinalfall

IMRT-Behandlungsgerät



© SIEMENS Medical



Martin Berger, Farid Derradji, Dr. Michael Schröder, Hector Flores Cantu, Dr. Michael Monz, Jörg Steeg, Uwe Nowak, Ansgar Geiger, Ingmar Schüle, Philipp Süß, Priv.-Doz. Dr. Karl-Heinz Küfer, Hendrik Ewe, Dr. Thomas Hanne, Volker Maag, Anton Winterfeld, Dr. Alexander Scherrer

Finanzmathematik

Das Jahr 2006 stand für die Abteilung **Finanzmathematik** im Zeichen der Konsolidierung der in den vorangegangenen Jahren erreichten Position. Dies ist vor allem der erfolgreichen Fortführung unserer Industrieprojekte zu verdanken. Aber auch wissenschaftlich war 2006 wieder ein sehr erfolgreiches Jahr. So konnten Mitarbeiter und Berater des ITWM eine zweistellige Anzahl an Arbeiten in international anerkannten Zeitschriften veröffentlichen und drei Doktoranden haben ihre Promotion abgeschlossen. Im Oktober 2006 haben wir den zweiten DGVFM-Workshop »Wissenschaft trifft Praxis« ausgerichtet. Hier trafen sich Praktiker aus Banken und Versicherungen mit hochrangigen Wissenschaftlern aus den Bereichen Finanz- und Versicherungsmathematik.

Personell war für die Abteilung der Wechsel der Abteilungsleitung von Ralf Korn zu Marlene Müller die einschneidendste Veränderung, wobei Ralf Korn der Abteilung weiterhin als Berater zur Verfügung steht. Aufgrund der sehr erfreulichen Auftragslage steht 2007 eine personelle Erweiterung der Abteilung verbunden mit weiterem Wachstum in Aussicht.

Als Schwerpunkte unserer Forschungs- und Projektstätigkeit haben sich folgende Bereiche herausgebildet:

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 überaus 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 Eigenkapitalrichtlinien 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.

Optionsbewertung

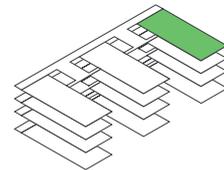
Derivate sind abgeleitete Wertpapiere, deren Auszahlung vom Preisverlauf eines zugrunde liegenden Guts wie einer Aktie oder einer Zinsrate abhängt. Hier werden innovative Marktmodelle untersucht (stochastische Volatilitätsmodelle, Bergomi-Modell), die vorliegende Marktpreise sehr gut abbilden können, aber auch den Kursverlauf der zugrunde liegenden Wertpapiere hinreichend realistisch modellieren.

Portfolio-Optimierung

Gegenstand der Portfolio-Optimierung 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 auf dem Einperioden-Modell von Markowitz. Die Entwicklung der modernen, zeitsteigeren Portfolio-Optimierung ist mittlerweile jedoch 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 von Solvency II. Zur Unterstützung von Versicherungsunternehmen haben wir die Software »ALMSim« entwickelt, die sowohl die individuelle Modellierung von Assets und Liabilities als auch deren Kopplung erlaubt.



Zinsmodelle

Im Vergleich zur Modellierung von Aktienkursen hat sich auf der Zinsseite der Finanzmärkte bislang kein Benchmark-Modell wie das Black-Scholes-Modell für Aktienkurse herausgebildet. Eine weitere Besonderheit ist die große Vielfalt von komplexen Zinsderivaten. Hier untersuchen wir verschiedene Modelle für die Preisberechnung komplexer Zinsderivate und deren algorithmische Umsetzung.

2007 werden wir ein größeres Projekt zum Thema »Hedgefonds und alternative Investments« starten sowie unsere international beachteten Resultate im

Bereich der Portfolio-Optimierung in eine marktaugliche Software umsetzen. Im Landesexzellenzcluster DAS-MOD sind wir in drei Projekten zu den Themen statistische Klassifikation, Modellierung ökonomischer Prozesse und Derivate-Bewertung beteiligt. Der Transfer neuester Forschungsergebnisse wird auch in zwei EU-Projekten mit Partnern aus Italien stattfinden.

Abteilungsleiterin:

Priv.-Doz. Dr. Marlene Müller
☎ 06 31/3 1600-4346
marlene.mueller@itwm.fraunhofer.de

Problemlösungsfelder

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



Felix Droese, »Landschaft«, 2003/2004, Ölfarben, Bitumen, Lehm, Kuhmist auf Nessel

»Das zentrale Motiv in Felix Droeses Gemälde erinnert gleichermaßen an ein antikes Füllhorn, das Üppigkeit und Wohlstand assoziieren lässt, wie auch an das Auge eines Hurrikans, dessen verheerende Wirkung alles zunichte machen kann. Nutzen und Risiko sind in einem Symbol zusammengefasst.«

Dr. Britta Buhlmann, Leiterin der Pfalzgalerie

Vier Generationen von Aktienmodellen

Das von Fischer Black und Myron Scholes 1973 veröffentlichte Modell kann heute als Modell der ersten Generation zur Bewertung von Optionen bezeichnet werden. Dass das Black-Scholes-Modell wegen der Annahme konstanter Volatilität nicht geeignet ist, um implizite Volatilitäts-Skews und -Smiles anzupassen, wurde bereits ausführlich in der Fachliteratur diskutiert. Eine zweite Generation von Modellen, die auf Dupire (1994) zurückgehen und als »lokale Volatilitätsmodelle« bekannt sind, versucht dieses Problem zu lösen, indem sie die Volatilität als Funktion des Aktienpreises modelliert. Diese Modelle haben jedoch Nachteile: Mangels geschlossener Lösungen für europäische Optionen ist die Kalibrierung an Volatilitäts-Skews und -Smiles zeitaufwändig und die Forward-Volatilitätsflächen sind unrealistisch. Darüber hinaus muss interpoliert werden, wenn die Volatilitätsflächen zur Bewertung genutzt werden sollen.

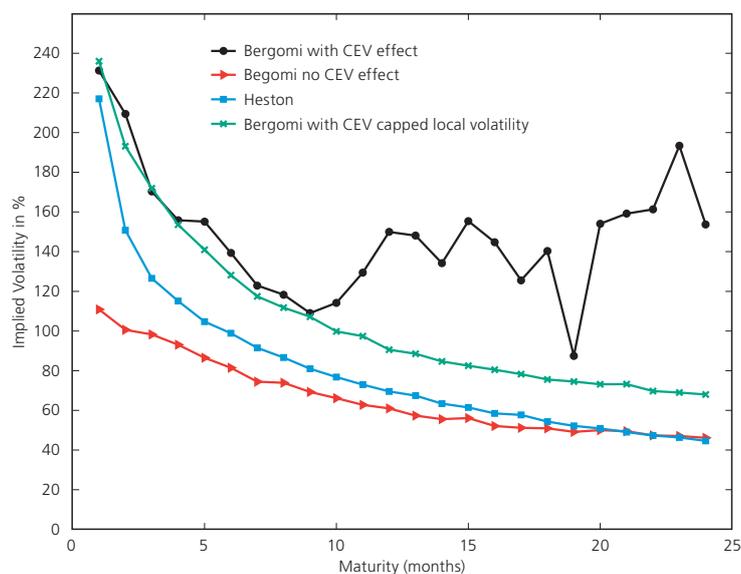
Die stochastischen Volatilitätsmodelle bilden die dritte Generation und versuchen, die oben genannten Nachteile zu überwinden. Im Gegensatz zu den lokalen Volatilitätsmodellen gibt es nun zu jedem Zeitpunkt nur eine Volatilität. Eines der beliebtesten Modelle dieser Generation ist das von Heston (1993), in dem die Volatilität mit einem Cox-Ingersoll-Ross-Prozess modelliert wird. Der Hauptvorteil dieses Modells liegt darin, dass es für europäische Call- und Put-Optionen eine halbgeschlossene Formel gibt, die die Kalibrierung beschleunigt. Bergomi (2004) zeigte jedoch anhand von Tests, dass die realisierte Volatilität der Volatilität nur die Hälfte der impliziten Volatilität der Volatilität beträgt. Diese Tatsache hat unwirtschaftliche, d. h. zu hohe Hedges (wegen einer zu hohen Volatilität der Volatilität) zur Folge. Der Grund ist, dass die Volatilität der Volatilität so-

wohl für die Anpassung der kurzfristigen Skews als auch zur Realisierung einer realistischen Dynamik der impliziten Volatilität benutzt werden muss.

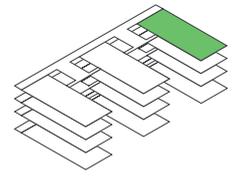
Das stochastische lokale Volatilitätsmodell von Bergomi (2005) könnte als die nächste (vierte) Generation betrachtet werden. Das Modell soll die Bewertung von exotischen und allgemeinen Optionen in einem einheitlichen Rahmen ermöglichen. Dies wird dadurch erreicht, dass folgende Parameter unabhängig spezifiziert werden:

- die Dynamik eines Varianz-Swaps (mittels eines Zweifaktormodells)
- der Level des kurzfristigen Forward-Skews und
- die Korrelation zwischen dem Aktienpreis (der Basisaktie) und den Volatilitäten des Short/Long-Varianz-Swaps (den beiden Faktoren)

In einem Projekt wurde das Bergomi-Modell untersucht und mit möglichen alternativen Modellen zur Bewertung von Derivaten, z. B. Variance Swaps, verglichen.



Vergleich verschiedener Aktienmodelle



Flexibles Design und Bewertung von Derivaten

Ein Derivat ist ein Finanzprodukt, dessen Marktwert aus den Entwicklungen der zugrunde liegenden Basiswerte, beispielsweise Rohstoffe, Aktien oder Anleihen, abgeleitet ist. Die Ermittlung eines fairen Preises ist die grundlegende Voraussetzung für dessen Handelbarkeit. Die praktisch unbegrenzten Gestaltungsmöglichkeiten eines Derivats, von Fischer Black (einem der Väter des Black-Scholes-Modells) treffend durch »With derivatives you can have almost any payoff pattern you want. If you can draw it on paper, or describe it in words, someone can design a derivative that gives you that payoff.« auf den Punkt gebracht, ermöglichen immer komplexere Produkte. Diese stoben aufgrund kontinuierlich wachsender Nachfrage auf reges Interesse bei Investoren.

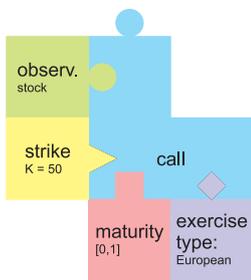
Momentan zur Verfügung stehende Techniken für Design und Bewertung von Derivatverträgen sind den sich permanent ändernden Anforderungen nicht gewachsen, weshalb neue Methoden benötigt werden, um mit der

rasanten Entwicklung Schritt halten zu können. Im Rahmen des DASMÖD-Projekts »ComDeCo« verfolgen wir in Zusammenarbeit mit den AGs »Finanzmathematik und Stochastische Steuerung« und »Softwaretechnik« der TU Kaiserslautern das Ziel, eine konzeptionelle und technische Basis zur Optimierung des Designs und der Bewertung heutiger und zukünftiger Derivate zur Verfügung zu stellen, die auf aktuellen softwaretechnischen und mathematischen Verfahren beruht.

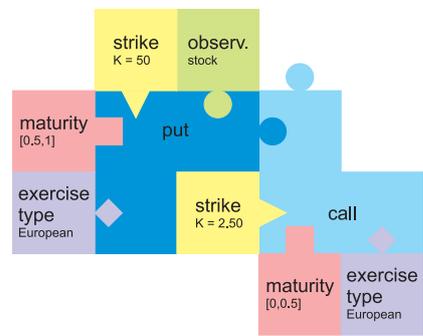
Ein Derivat wird dabei als aktives Dokument interpretiert – eine Erweiterung des klassischen Dokumentbegriffs, der ein Dokument als eine miteinander interagierende Menge von Softwarekomponenten modelliert (Hyperdokument). In der Endausbaustufe sollen Derivatpuzzles durch den Financial Engineer ohne tief gehenden Programmieraufwand zum gewünschten Produkt kombinierbar sein (end-user compatible development). Ein komponentenorientiertes und somit wiederverwendbares Framework tritt an die Stelle der üblicherweise in einem proprietären Tabellenkalkulationsprogramm fest verdrahteten produktspezifischen Bewertungs-

algorithmen, wodurch eine möglichst flexible und erweiterbare Bewertungslogik zur Verfügung stehen soll.

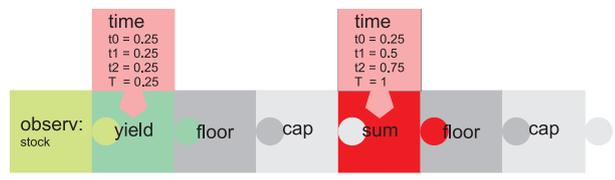
Derartig flexible Konstruktionsmöglichkeiten fordern entsprechend leistungsfähige und generische finanzmathematische Bewertungsmethoden. Im Rahmen des Projektes werden die jeweils aktuellsten Modelle im Hinblick auf eine Anwendung als Software-Komponenten erweitert und neue numerische Algorithmen zur effektiven Bewertung der konstruierten Derivate implementiert.



European call auf eine Aktie mit Strike 50 und Laufzeit von $t_0=0$ bis $T=1$



Call on put



$$\min(\max(\text{floor}_g, \sum_{i=0}^{n-1} \min(\max(\text{floor}_i, \frac{S_{t_{i+1}} - S_{t_i}}{S_{t_i}}), \text{cap}_i)), \text{cap}_g)$$

Cliquet mit globalen und lokalen Barrieren

Veranschaulichung verschiedener Optionen

Asset-Liability-Management für Pensionsfonds

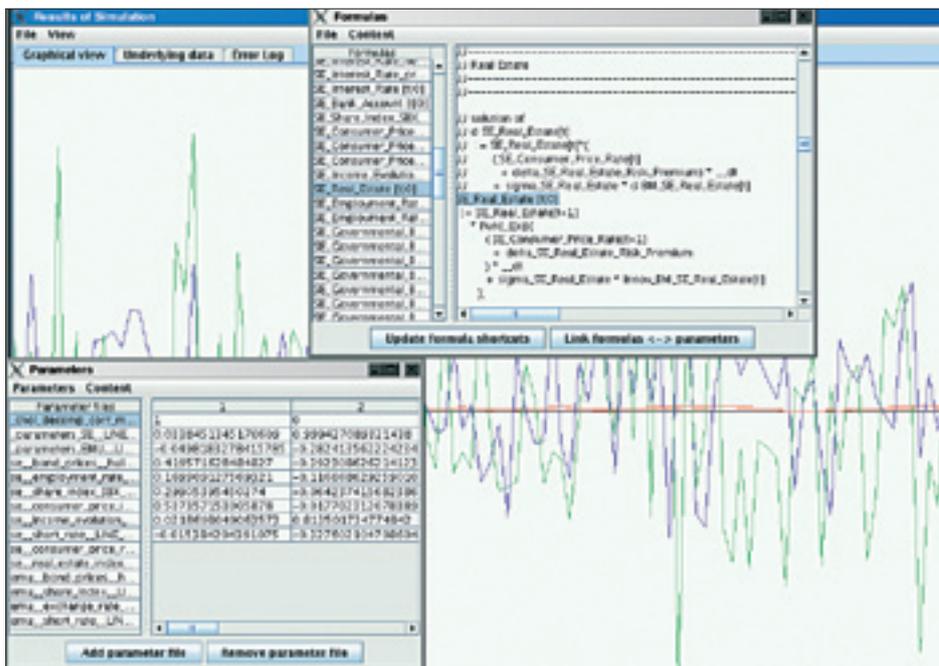
Asset-Liability-Management (ALM) ist ein wichtiger Bestandteil in der Unternehmensführung und wird aufgrund von firmeninternen Bestimmungen bzw. den Anforderungen von »Solvency II« regelmäßig durchgeführt. Normalerweise werden diese Analysen an Unternehmensberatungen delegiert, die sich hauptsächlich auf die Modellierung und Simulation vieler verschiedener internationaler Finanzinstrumente konzentrieren, wobei auch Risikoüberlegungen und Hedgingaspekte mit einfließen. Die Liabilities (Verpflichtungen) des Unternehmens werden entweder gar nicht modelliert (das Ergebnis ergibt dann nur Aussagen über die mittlere Rendite und das Risiko gewisser Anlagestrategien) oder die Verpflichtungen werden mit Standardprodukten abgedeckt. Die

Abhängigkeiten zwischen den Assets und Liabilities können dann nur ungenau abgebildet werden.

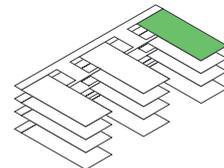
Das Hauptziel im Projekt mit KP (Kooperationens Pension & Försäkring; Stockholm) war daher insbesondere die Interdependenz ihrer Assets und Liabilities abzubilden. Auf der Asset-Seite wurden Standardprodukte wie Bonds mit verschiedenen Laufzeiten, Firmenanleihen, Aktien, Immobilien usw. in verschiedenen Märkten modelliert, wobei das Wechselkursrisiko teilweise abgesichert wurde. Weitere Möglichkeiten für Derivate sind z. B. Swaps und europäische Optionen, wobei die meisten Versicherungen Optionen nicht als strategische Anlageform ansehen, sondern in ihrer ursprünglichen Eigenschaft als Hedgeinstrument in bestimmten Marktsituationen einsetzen. Bei den Liabilities wurden die Hauptprodukte

modelliert, so dass 90 Prozent des Kundenbestands abgedeckt werden können. Dabei wurden pro Produkt die Kunden eines Jahrgangs zu einem repräsentativen Kunden zusammengefasst und die Entwicklung über die Simulation des Kundenbestands (run-off bzw. Neuerträge und Fluktuationen) und der Beitragsentwicklung (die von der Lohnentwicklung abhängt) fortgeschrieben. Ziel war es, ein optimales Benchmark-Portfolio zu ermitteln, das die Rendite maximiert, wobei als Nebenbedingungen die schwedischen Solvency-II-Regeln (Ampelsystem) eingehen.

Simuliert wurde mit der in der Abteilung entwickelten Software »ALMSim«. Die offene Architektur des Programms erlaubt es, die Anforderungen der Assets und der Liabilities abzubilden, wobei der Projektpartner in Zukunft auch eigene Anpassungen vornehmen kann.



Analyse mit ALMSim



Validierung von Ausfallwahrscheinlichkeitsschätzungen

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

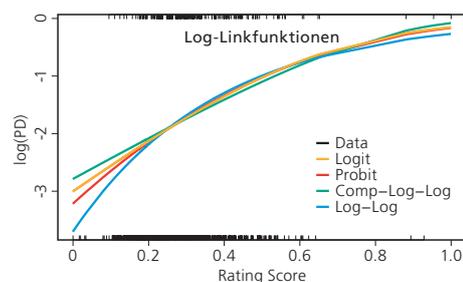
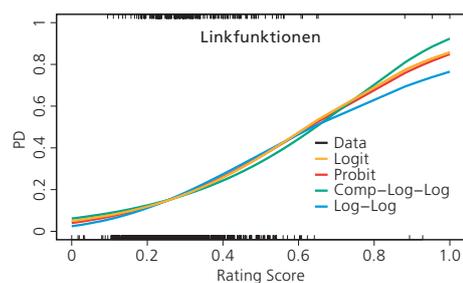
Die Einschätzung der Qualität eines Ratingverfahrens basiert sowohl auf der Analyse einzelner Ratingfaktoren als auch auf der Untersuchung der Rating-Scores. Bei den Einzelfaktoren wird vorrangig die Trennfähigkeit zwischen Aus-

fall und Nichtausfall betrachtet. Daneben wird eine Reihe von deskriptiven Analysen durchgeführt. Dabei können grafische Verfahren wie Dichteschätzer oder Boxplots Hinweise auf problematische Merkmalsausprägungen geben, die zu niedrigen Trennschärfewerten führen.

Für die Bewertung von Rating-Scores ist neben der Trennschärfe auch die Kalibrierung der geschätzten Ausfallwahrscheinlichkeiten zu beurteilen. In den Projekten zum Kreditrisiko im Jahr 2006 haben wir uns insbesondere mit der Validierung von Ausfallwahrscheinlichkeitsschätzungen beschäftigt. Zur Optimierung der Gewichte innerhalb des Rating-Scores und zur Analyse der Ausfallwahrscheinlichkeiten werden in der Praxis spezielle Regressionsmodelle, insbesondere das Logit-Modell verwendet.

Die Logit-Linkfunktion, d. h. die Verteilungsfunktion der (standard-) logistischen Verteilung ist hier die Transformation, die einen Rating-Score in eine Ausfallwahrscheinlichkeit (default probability, PD) überführt. In einer Studie haben wir hier die Verwendung alternativer Link- bzw. Transformationsfunktionen (Probit-, Complementary Log-Log und Log-Log Link) geprüft.

Daneben haben wir erste Ansätze zum Vergleich von Ausfallwahrscheinlichkeitsschätzungen aus einem bankinternen Ratingsystem mit aus Marktdaten implizierten Ausfallwahrscheinlichkeiten erarbeitet. Hier können durch Bootstrapping gewonnene Ausfallwahrscheinlichkeiten aus CDS-Spreads (credit defaults swaps) oder Unternehmensanleihen (defaultable bonds) Verwendung finden.



Verschiedene Linkfunktionen zur PD-Schätzung

Umsetzung moderner Methoden der Portfolio-Optimierung

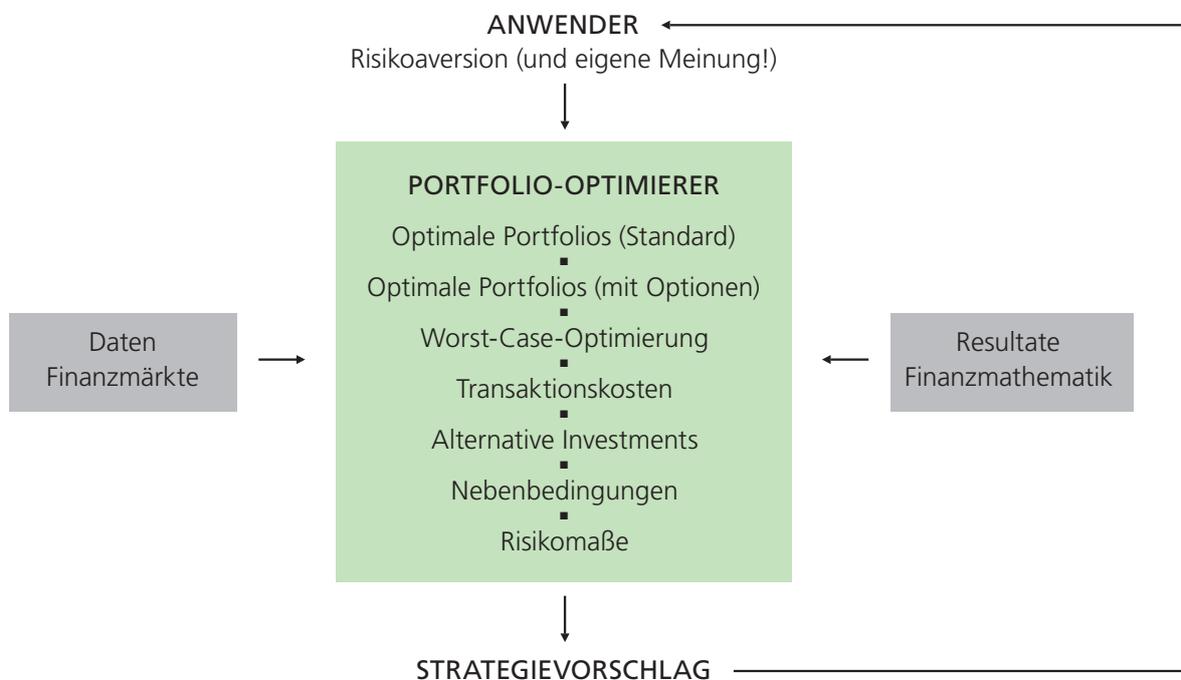
Während im Bereich der Derivatebewertung bei Banken mittlerweile modernste mathematische Methoden eingesetzt werden, herrscht auf dem doch originären finanzmathematischen Gebiet des optimalen Investments (Portfolio-Optimierung) noch die Verwendung recht einfacher Verfahren vor, die oft nur simple Varianten 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 die praktische Umsetzung dieser Resultate bisher nicht stattgefunden. Gründe hierfür liegen unter anderem darin,

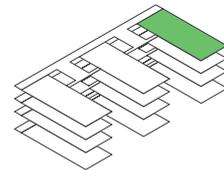
dass in der Praxis vorhandene Transaktionskosten in zeitstetigen Modellen bisher nicht in geeigneter Weise berücksichtigt werden konnten, dass neue Maße zur Beschreibung des Risikos gefordert wurden, dass Investition in Derivate und andere, strukturierte Wertpapiere nicht in die Modellansätze integriert waren und nicht zuletzt darin, dass für die meisten kommerziellen Software-Anbieter die mathematischen Methoden der zeitstetigen Portfolio-Optimierung technisch zu anspruchsvoll sind.

All die oben angesprochenen Frage- und Problemstellungen werden derzeit im Rahmen eines von der Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation bewilligten Projekts behandelt, wobei auf neueste wissenschaftliche Erkenntnisse zurückgegriffen wird. Hierbei sollen zum

einen die Praxistauglichkeit zeitstetiger Portfolio-Optimierungsmethoden nachgewiesen werden (Echtzeitberechnungen), weitere praxisrelevante Problemstellungen der Portfolio-Optimierung (Alternative Investments, Nebenbedingungen, Minimalertragsforderungen) behandelt werden und zum anderen die bereits entwickelten innovativen Methoden wie z. B. die Berücksichtigung von Transaktionskosten, von zur Varianz alternativen Risikomaßen, Investment mit nichtlinearen Gütern (Optionen), Worst-Case-Optimierung bei Crash-Gefahr oder aber inflationsbereinigtes Investment in Software-Routinen implementiert werden. Einen wichtigen Aspekt stellen hierbei auch die verschiedenen Schnittstellen Anwender – Programm, finanzmathematische Theorie – finanzmathematische Praxis und Daten – Algorithmen dar.



Schematische Darstellung des Projekts »Umsetzung moderner Methoden der Portfolio-Optimierung«



Serkan Zeytun, Dr. Sarp Kaya Acar, Johan de Kock, Dr. Ulrich Nögel, Svitlana Stotska, Prof. Dr. Ralf Korn, Dr. Claudio Domenis, Dr. habil. Jörg Wenzel, Dr. Gerald Kroisandt, Stefan Lorenz, Priv.-Doz. Dr. Marlene Müller, Tin-Kwai Man, Dr. Kalina Natcheva-Acar, Evren Baydar

Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit

Die Abteilung **Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit** beschäftigt sich mit der Modellbildung und Simulation im Umfeld der Festigkeit und Zuverlässigkeit mechanischer Systeme. Das dritte Jahr der Abteilung war erneut sehr erfolgreich; es war geprägt durch weiteres Wachstum, sehr interessante und umfangreiche Industrie- und Forschungsprojekte, eine ausgezeichnete Akquisitionslage, die Gründung des Simulationszentrums Rheinland-Pfalz und die Initiierung des Fraunhofer-Innovationsclusters »Digitale Nutzfahrzeugtechnologie« (DNT).

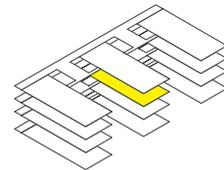
Arbeitschwerpunkte sind weiterhin Modellierungs- und Berechnungsmethoden zur Simulation mechatronischer Systeme. Dabei werden Finite-Elemente-Methoden, Mehrkörpersimulation und Systemsimulation kombiniert. Finite-Elemente-Methoden werden benutzt, um die Beanspruchungen in Bauteilen aufgrund äußerer Belastungen zu bestimmen. Die Kenntnisse über diese Beanspruchungen ermöglichen es, Aussagen über die Haltbarkeit von Bauteilen und Baugruppen zu machen. Da die äußeren Belastungen selbst in vielen Fällen jedoch unbekannt und messtechnisch nicht erfassbar sind, wird zu deren Berechnung die Mehrkörpersimulation benutzt. Unter Berücksichtigung von Massen und Trägheiten der Systembestandteile können die dynamisch auftretenden Belastungen, z. B. in einem Fahrzeug bei einer Schlechtwegüberfahrt, bestimmt und als Ausgangspunkt für Finite-Elemente-Rechnungen oder Lebensdauervorhersagen verwendet werden. Das Ziel ist es, durch Simulation möglichst sicherzustellen, dass bereits der erste Prototyp des zu entwickelnden Systems im Wesentlichen den Ansprüchen genügt. In dieser Phase sollen keine Überraschungen mehr auftreten, wie beispielsweise der Ausfall gewünschter Funktionen oder frühzeitiges Versagen im Betrieb.

Eine Besonderheit der Abteilung ist die Verbindung dieser Systemmodellierungs- und Simulationskompetenz mit Aktivitäten im Bereich der statistischen Modellierung von Betriebsbeanspruchungen und der Versuchsplanung zur Zuverlässigkeitsauslegung.

Neben den umfangreichen Projekten im Bereich Systemsimulation mit Kunden wie VW, DaimlerChrysler, Porsche oder SCHMITZ CARGOBULL macht sich auch der große Bedarf an Beratungsdienstleistungen im CAE-Umfeld sehr stark bemerkbar. Das Angebot an Simulationssoftware ist groß und die Thematik komplex; damit ist es für Firmen entsprechend schwer, bei der Einführung von simulationsgestützten Berechnungsmethoden nicht den Überblick zu verlieren. Durch die umfassende praktische Erfahrung der ITWM-Mitarbeiter mit nahezu allen gängigen Softwaresystemen aus dem Bereich Finite Elemente, Mehrkörpersimulation, Hydraulik und Regelung sowie Systemsimulation wird die unterstützende Beratung hinsichtlich CAE-Prozessen und -Werkzeugen von Firmen aller Größen sehr gern in Anspruch genommen.

Damit insbesondere Betriebe aus der Region von der am ITWM vorhandenen Erfahrung im Simulationsbereich profitieren können, wurde im Juni 2006 das Simulationszentrum Rheinland-Pfalz (<http://www.sz-rp.de>) gegründet (siehe Seite 14).

Aus der engen Zusammenarbeit mit verschiedenen Nutzfahrzeugherstellern, von denen ein großer Teil in Rheinland-Pfalz angesiedelt ist (z. B. DaimlerChrysler in Wörth, VOLVO CE in Konz, John Deere in Zweibrücken), wurde Ende 2006 gemeinsam mit dem Fraunhofer IESE das Fraunhofer-Innovationscluster »Digitale Nutzfahrzeugtechnologie« initiiert. Dieses bietet unter der Beteiligung der Industrie, des Landes Rheinland-Pfalz und der Fraunhofer-Gesell-



schaft mit einem Volumen von ca. zehn Millionen Euro ein ideales Umfeld, um in den nächsten drei Jahren das Thema Simulation weiter voranzubringen und so den Technologievorsprung zum Vorteil regionaler Standorte zu sichern.

Abteilungsleiter:

Dr. Klaus Dreßler

☎ 06 31/3 16 00-44 66

klaus.dressler@itwm.fraunhofer.de

Problemlösungsfelder

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



Michael Kidner, »Black Columns«, 1986, Tusche auf Astralonfolie, geschichtete Holzsäulen

»Die Arbeit besteht aus zwei Holzsäulen und sieben Zeichnungen. Eine der Säulen ist gerade und entspricht der Form eines Zylinders, die andere ist in sich verdreht, also kurvig. In den Zeichnungen lässt sich ein Gang um die geschwungene Säule nachvollziehen. In ihrer Abfolge analysieren die Zeichnungen den jeweiligen Bewegungsverlauf der Säule von einem festgelegten Punkt aus. Ein statisches Objekt wird in virtuelle Bewegung versetzt, von einer Wahrnehmungsebene aus lassen sich alle folgenden auf mathematischem Weg prognostizieren.«

Dr. Britta Buhlmann, Leiterin der Pfalzgalerie

Simulationsmethoden im Entwicklungsprozess für Bagger

Um in Zukunft die Produktentwicklung noch besser den verschiedenen Anwendungsprofilen anzupassen und zur weiteren Effizienzsteigerung im gesamten Entwicklungsprozess investierte VOLVO CE in den letzten Jahren mehrere Millionen Euro in das Konzer Werk.

Unter anderem wurden umfangreiche Messreihen durchgeführt, um unter verschiedensten Einsatzbedingungen einen tieferen Einblick in Kundenbeanspruchungsprofile zu gewinnen. Ergänzend werden geeignete Simulationsmethoden eingeführt bzw. erweitert, die es erlauben, die Auswirkung der Beanspruchung im System (Betriebsfestigkeit, Schwingungsverhalten) zu simulieren und zu bewerten (Virtual Product Development, VPD).

Das ITWM unterstützt VOLVO CE insbesondere bei

- der allgemeinen konzeptionellen Beratung zu Bemessungsgrundlagen und dem VPD-Prozess
- der Erstellung von Simulationsmodellen
- der Einarbeitung von VOLVO CE-Mitarbeitern in neue Simulationsmethoden
- der Auswahl geeigneter CAE-Simulationsprogramme und
- der Durchführung ausgewählter berechnungsgestützter Engineering-Aufgaben bezüglich Betriebsfestigkeit und Schwingungsverhalten.

In der Praxis gestaltet sich die Unterstützung derart, dass zwei Mitarbeiter von VOLVO CE über mehrere Monate hinweg jeweils mehrere Tage pro Woche am ITWM vor Ort sitzen, um für

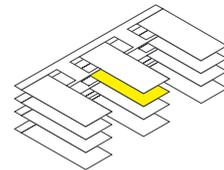


Mehrkörpersimulationsmodell eines Baggers

die verschiedenen Fragestellungen die Spezialisten des ITWM direkt als Ansprechpartner zur Verfügung zu haben. So wird beispielsweise diskutiert, wie aus vorhandenen Messdaten Lastfälle zur Auslegung von Bauteilen bzw. des Gesamtsystems abgeleitet werden können. Es werden basierend auf CATIA V5-Konstruktionsdaten komplexe, parametrisierte Mehrkörpersimulationsmodelle in ADAMS erstellt und mit geeigneten Softwaresystemen, z. B. zur Hydrauliksimulation, verknüpft. Ein Ziel ist es, den gesamten Prozess zur rechnerischen Lebensdauervorhersage zu vereinheitlichen, d. h. Modellierungsrichtlinien zu erstellen und durchgängig zu gestalten.

In diesem gesamten Beratungsprozess wird neben der Unterstützung beim praktischen Einsatz von Simulationssoftware insbesondere die stetige, produktunabhängige Beratung bezüglich kommerziell verfügbarer Softwaresysteme, die bei der Lösung spezieller Simulationsaufgaben eingesetzt werden können, geschätzt.





Handbucharstellung: Guide to Load Data Analysis for Truck Engineering

Zusammen mit dem ITWM und dem FCC in Göteborg haben die sechs großen europäischen LKW-Hersteller (DAF, DaimlerChrysler, IVECO, MAN, Scania und VOLVO) eine Arbeitsgruppe zum Themenbereich »Lastdaten und Bemessungsgrundlagen« gebildet. Ziel ist es, in einem Zeitraum von etwa vier Jahren auf vorwettbewerblicher Ebene ein Handbuch mit dem Titel »Guide to Load Data Analysis for Truck Engineering« mit dem Schwerpunkt Nutzfahrzeugsbereich zu erarbeiten.

In einem ersten Schritt wurden hierzu die bei den verschiedenen Herstellern derzeit eingesetzten Methoden und Vorgehensweisen bei der Erstellung von Bemessungsgrundlagen vor Ort erfasst und anschließend zusammengetragen.

Das Handbuch beschreibt die wichtigsten Werkzeuge und Methoden im Umfeld der Lastdatenanalyse und Synthese. Im Mittelpunkt steht dabei das Verständnis der mathematischen und der statistischen Werkzeuge beim Anwender. Dabei werden sowohl Basismethoden für Neueinsteiger als auch weiterführende Methoden, die bisher noch selten Anwendung finden, erläutert. Besonderer Wert wird darauf gelegt aufzuzeigen, welche Methoden und Verfahren zur Lösung bestimmter Fragestellungen am besten geeignet sind.

Auch Verfahren, die bislang in der Praxis noch wenig Verwendung finden, aber einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung bei der Erstellung von Bemessungsgrundlagen versprechen, werden erläutert und beschrieben. Es wird untersucht, wann und unter welchen Voraussetzungen diese sinnvoll angewendet werden können.

Des Weiteren soll das Handbuch als Grundlage für die Zusammenarbeit zwischen Industriepartnern, z. B. zwischen

Zulieferer und Hersteller, dienen. Auch die Funktionsweise kommerzieller Software wird erläutert, damit erzielte Ergebnisse besser verstanden werden und die Benutzung dadurch vereinheitlicht und anwendungssicher wird.

Folgende Punkte werden im Handbuch explizit abgehandelt:

- Grundlagen der Lastdatenanalyse
- Grundlagen der Statistik
- Erstellung von Bemessungsgrundlagen
- Generierung von Zeitsignalen
- Evaluierung von Kundennutzungsprofilen
- Problematiken beim Einsatz von Teststrecken
- Vor- und Nachteile der »State-of-the-art«-Methoden
- Anwendungsbereiche der »State-of-the-art«-Methoden



Regionaltypisches Beanspruchungsszenario

Schnittlastenermittlung und Lebensdauerberechnung für eine LKW-Aufliegerachse

Bei der Achsanbindung eines LKW-Aufliegers handelt es sich um ein sicherheitsrelevantes Bauteil. Daher ist es wichtig, die Betriebsfestigkeitseigenschaften dieses Bauteils genau zu kennen. Die Baugruppe ist im Betrieb komplexen, zeitlich veränderlichen Belastungen ausgesetzt, die zu sich stets ändernden Beanspruchungsverteilungen führen. Eine einfache Berechnung der Schädigungsverteilung mittels FE-Methoden ist daher nicht ausreichend. Zusätzliche Herausforderungen stellen auch die notwendige Berücksichtigung des Einflusses sehr hoher Schraubenvorspannungen und der Kontaktverhältnisse in der Achsanbindung dar.

Um die Schädigungsverteilung in einer Achsanbindung berechnen zu können, ist die Kenntnis der Zeitverläufe der angreifenden Lasten entscheidend. Diese können jedoch messtechnisch nicht direkt oder nur mit sehr erheblichem Aufwand ermittelt werden.

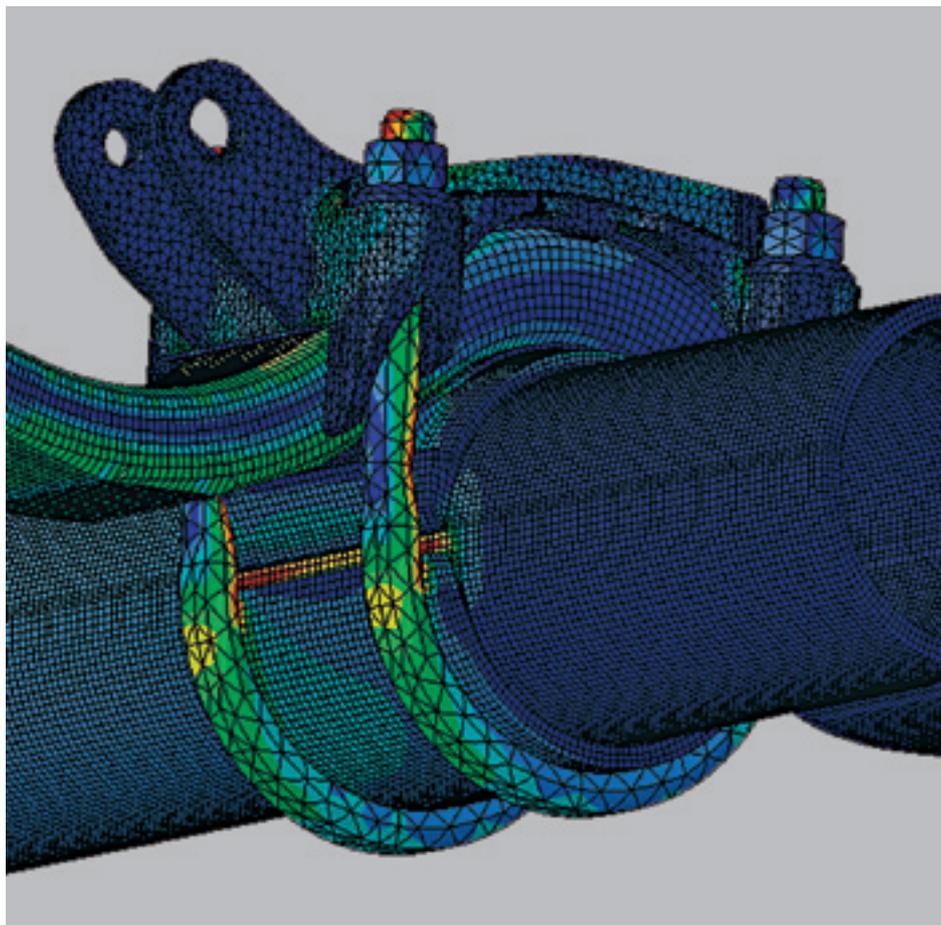
Ziel dieses Projektes mit der SCHMITZ CARGOBULL AG war es, basierend auf gemessenen Dehnungszeitverläufen die Zeitverläufe der angreifenden Lasten zu identifizieren. Diese Zeitverläufe wurden dann benutzt, um die Schädigungsverteilung in der gesamten Achsanbindung zu berechnen und die kritischen Stellen zu ermitteln. Auf diese Weise kann die Lebensdauer verschiedener Designs der Achsanbindung verglichen werden, um dann zu entscheiden, welche Variante als physikalischer Prototyp gebaut wird.

Zunächst wurde mithilfe von Verfahren der iterativ lernenden Regelung der zeitliche Verlauf der Schnittlasten der Achsanbindung bestimmt. Dieses Verfahren ermöglicht es, zeitliche Verläufe von Anregungsgrößen iterativ so zu be-

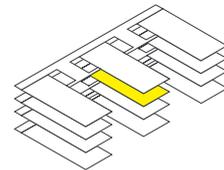
stimmen, dass vorgegebene Zielgrößen, hier die Dehnungszeitverläufe, möglichst gut erreicht werden. Ein wesentlicher Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass dieses Verfahren auch dann eingesetzt werden kann, wenn zwischen Lastkonfiguration und Dehnungszuständen kein linearer Zusammenhang besteht bzw. zusätzlich das Eigenschwingungsverhalten der Struktur zu berücksichtigen ist.

Anschließend wurde für alle angreifenden Schnittlasten mittels der Methode der Finiten Elemente jeweils ein Einheitslastfall berechnet. Mithilfe dieser Einheitslastfälle konnten dann in allen Knoten die Spannungstensorzeitverläufe berechnet werden, die als Grundlage für die Schädigungsberechnung benötigt werden.

Auf diese Weise können kritische Stellen identifiziert werden, die vorher als solche nicht bekannt waren und für die keine Dehnungsmessungen vorhanden sind. Die Vorgehensweise ermöglicht es, vor dem Bau des ersten Prototypen unterschiedliche Designs der Achsanbindung bezüglich ihrer Betriebsfestigkeitseigenschaften zu vergleichen und zu verbessern. Nur die beste Variante wird anschließend als physikalischer Prototyp gebaut.



Beanspruchungsanalyse einer Achsanbindung



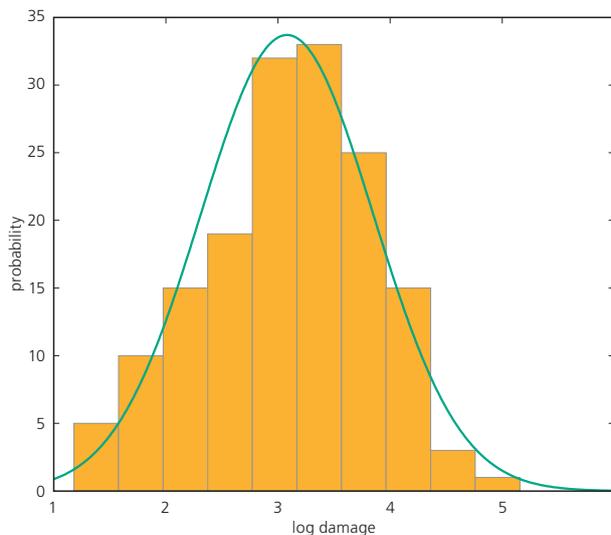
Statistische Planung von Lebensdauerversuchen

Bei der betriebsfesten Auslegung und Beurteilung mechanisch beanspruchter Bauteile spielen statistische Methoden eine zentrale Rolle. Die Versuche zum Nachweis der Festigkeit müssen mit statistisch abgesicherten Methoden ausgewertet werden. Dabei ist die optimale Planung solcher Versuche von großer Bedeutung.

Um fundierte Aussagen über Verteilungen und Ausfallwahrscheinlichkeiten machen zu können, sind klassischerweise sehr viele Versuche notwendig, deren Durchführung aufgrund des exponentiellen Zusammenhangs zwischen Belastung und Lebensdauer einen immensen Zeitaufwand bedeuten würde. In der Praxis ist diese Vorgehensweise jedoch in aller Regel nicht umsetzbar, da weder Zeitaufwand noch Kosten für so umfangreiche Versuchsreihen vertretbar sind.

Andererseits ist es als glücklicher Umstand zu sehen, dass die Kenntnis der eigentlichen Ausfallverteilung in der Praxis nicht notwendig ist. Aussagen darüber, mit welcher Sicherheit man annehmen kann, dass nur ein bestimmter Teil der Bauteile im Betrieb versagen wird, sind im Allgemeinen ausreichend. Wichtig ist also letztendlich zu wissen, dass ein ausreichend hoher Anteil der Bauteile eine Mindestlebensdauer erreicht; Aussagen darüber, wie lange die Bauteile darüber hinaus letztendlich halten würden, sind weniger von Interesse.

Um diese Fragestellungen fundiert zu beantworten, wurden am ITWM statistische Verfahren zur Versuchsplanung erweitert bzw. speziell entwickelt. Diese Verfahren ermöglichen es beispielsweise zu entscheiden, ob man günstigerweise mehr Versuche durchführt, diese jedoch nach kürzerer Laufzeit ab-



Statistische Verteilung von Versuchsergebnissen

bricht, oder besser weniger Versuche plant, für die man im Einzelnen jedoch eine längere Laufzeit ansetzt.

Typische Fragestellungen im Umfeld der statistischen Versuchsplanung sind somit:

- Viele kurze oder wenige lange Versuche?
- Welche Ausfall(un)wahrscheinlichkeiten muss man nachweisen?
- Wie kann man aus wenigen Versuchen das Maximum an Information und Nutzen gewinnen?
- Wie modelliert man die Beanspruchung?
- Wie übersetzt man diese in Teststrecken oder Prüfprogramme?

Um dieses Fachwissen auch anderen Anwendern zu vermitteln, bietet die Abteilung das Seminar »Statistische Methoden in der Betriebsfestigkeit« an, das sich speziell mit diesen Fragestellungen auseinandersetzt und 2006 bereits zweimal mit sehr positiver Resonanz durchgeführt wurde.

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 Achsmomenten an das Gesamtsystem weiter. Daher spielt die Reifenmodellierung eine zentrale Rolle bei der Simulation des dynamischen Fahrzeugverhaltens.

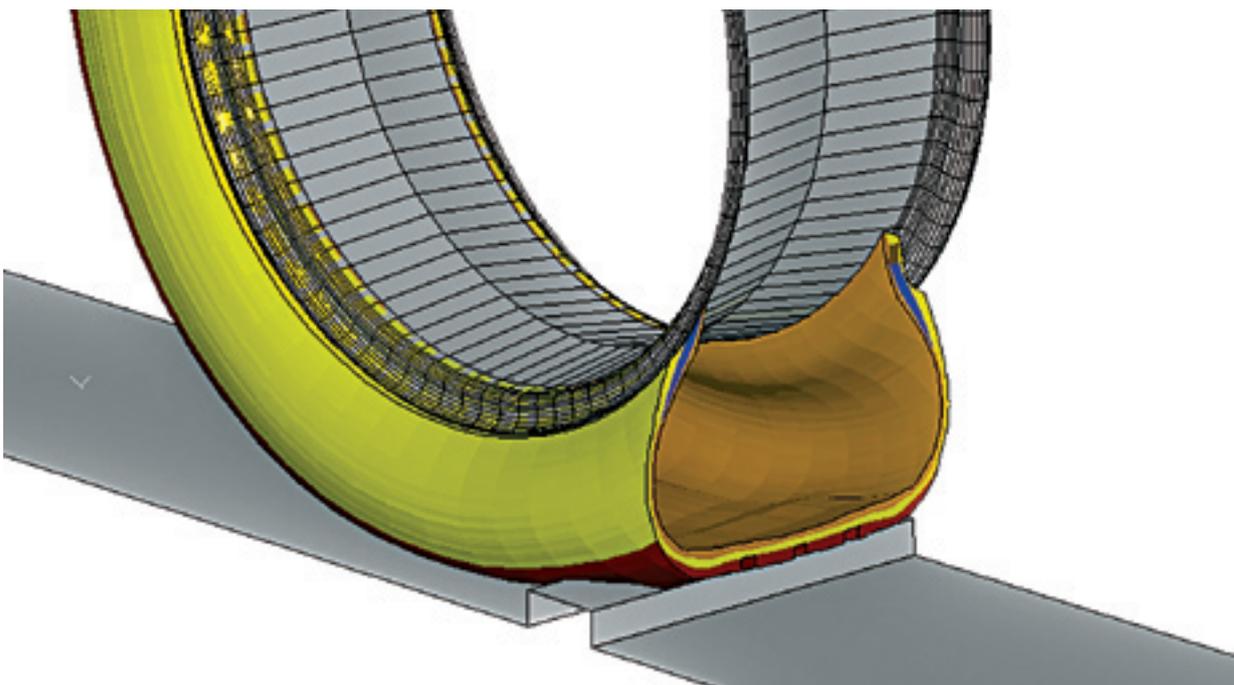
Echte 3D-Modelle auf der Basis Finiter Elemente können die »Reifenphysik« sehr detailliert und realitätsnah beschreiben und damit in einer Simulation umfangreiche Informationen zur Übertragung von Kräften und Momenten von der virtuellen Straße auf die Radnabe liefern. Diese Berechnung der transienten Reifendynamik ist jedoch so aufwändig, dass derartige Modelle praktisch nur für Kurzzeit-Simulationen einsetzbar sind. Für andere Simulationsanwendungen, die Berechnungen über längere Zeitintervalle erfordern, sind 3D-FE-Reifenmodelle um Größenordnungen zu langsam. Das Spektrum der

hierzu in der Praxis eingesetzten Modelle reicht von rein empirischen »magischen« Berechnungsformeln, die eine Abschätzung der vom Reifen übertragenen Kräfte und Momente aus kinematischen Parametern und Schlupfgrößen liefern, über einfachere, aus Starrkörpern (»starrer Ring«) und wenigen Feder-Dämpfer-Elementen aufgebauten Modellansätzen bis hin zu komplexeren »Masse-Feder-Dämpfer«-Systemen für anspruchsvollere MKS-Anwendungen im Bereich NVH und Betriebsfestigkeit, die das transiente dynamische Übertragungsverhalten des Reifens mit für die jeweilige Anwendung ausreichender Genauigkeit abbilden sollen.

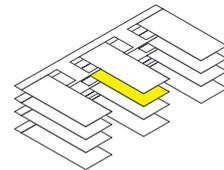
Der wesentliche Vorteil der vereinfachten Modellierungsansätze ist zweifellos die Möglichkeit zur performanten Berechnung. Allerdings treten Schwierigkeiten auf, weil die Parametrierung eines solchen Reifenmodells aufwändige Prüfstands-Versuche erfordert und daraus gewonnene Informationen oft nicht sinnvoll für die Parametrierung anderer Modelle genutzt werden können.

Die Abteilung **Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit** beschäftigt sich daher einerseits mit der Parametrierung von Standard-MKS-Reifenmodellen aus FEM-Berechnungen und deren Übertragbarkeit. Andererseits werden neue Ansätze zur Modellierung eines Reifens ausgehend von FEM-Modellen verfolgt. Dabei existieren zunächst verschiedene Möglichkeiten der FEM-Modellierung, bei denen der Reifen je nach Anwendung durch Kontinuums-, Schalen- oder Balkenelemente beschrieben wird.

Bei der Anknüpfung an den MKS-Formalismus stellt sich das Problem der Einbindung eines großen Systems nichtlinearer Differentialgleichungen (FEM-Reifen) in das MKS-Gesamtsystem, das aus differentiell-algebraischen Gleichungen besteht und mit deutlich höheren Zeitskalen behandelt werden muss. Dabei müssen effiziente Modellreduktionsverfahren angewendet werden, die bei hinreichender Genauigkeit den Berechnungsaufwand des FE-Modells deutlich verringern.



FE-Simulation einer Schlagleistenüberfahrt



Sascha Feth, Dr. Klaus Dreßler, Sabrina Herkt, Dr. Dominik Jung, Dr.-Ing. Gerd Bitsch, Thomas Stephan, Thorsten Weyh, Ilker Nikelay, Dr. Anja Streit, Dr. Michael Speckert, Dr.-Ing. Joachim Linn, Dr.-Ing. Fredrik Birgersson

Competence Center High Performance Computing

Aufgrund der wachsenden Bedeutung der Simulation und der Verfügbarkeit entsprechender Software in der Industrie ist heute der Einsatz paralleler Systemen 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 ITWM zählt zu den Pionieren beim Einsatz von PC-Clustern für industrielle Simulationsaufgaben. Erste Systeme mit am ITWM entwickelten Applikationen wurden bereits 1995 an Kunden ausgeliefert. Heute betreibt das ITWM zur Entwicklung paralleler Software und zur Durchführung industrierelevanter 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 einerseits Multicore-Subsysteme optimal ausnutzt, aber ebenso über viele Rechner skaliert.

Der von IBM, Toshiba und Sony 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. Eine weitere strategische Kooperation besteht mit LinuxNetworX, einem weltweit führenden Anbieter von Clusterlösungen; industrielle Appli-

kationen werden hinsichtlich ihrer Laufzeit und Performance für Clustersysteme optimiert.

Die Projektaktivitäten des **CC HPC** sind aktuell in folgende Felder gegliedert:

Parallelisierung und Performance-Analyse

Schwerpunkte sind die Aktivitäten in den strategischen Kooperationen mit den Partnern IBM und LinuxNetworX sowie die Entwicklung paralleler Codes für die Molekulardynamik und die Ölindustrie. 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. Neben der Molekulardynamik und der Seismik ist die Entwicklung eines hochskalierenden schnellen FEM-Codes einer der Schwerpunkte. Im vergangenen Jahr konnte unser Code DDFEM mit der MPCCI-Schnittstelle versehen werden und kann jetzt für Fluid-Struktur-Simulationen mit anderen Codes wie FLUENT gekoppelt werden.

Grid Computing

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

Visualisierung

Mit dem Fraunhofer-Preis 2005 und dem IBM Faculty Award 2006 für PV-4D kam auch die öffentliche Anerkennung für die Forschungsergebnisse von Dr. Carsten Lojewski. CPU-basierte Visualisierung in Verbindung mit effektiver Parallelisierung über alle Ebenen hinweg sind der Kern der PV-4D-Visualisierungstechnologie. Interaktive Visualisierung großer Datenmengen (auch über eine Netzwerkverbindung) bei bester Bildqualität ist das Ziel einer Entwicklung, die bereits in mehreren kommerziellen Produkten eingesetzt wird.

Aus den Entwicklungen der letzten Jahre sind leistungsfähige Tools für die Generierung von HPC-Software und HPC-Systemen entstanden; dazu gehören: GraPA, ein Parallelisierungsframework für hybride Multicore-Distributed-Memory-Anwendungen; FVM, eine Software-Schnittstelle, die für parallele Applikationen »Global Shared Memory« auf Infiniband-Clustern bereitstellt, und fhgfs, das parallele Filesystem der Fraunhofer-Gesellschaft.

Bereichsleiter:

Dr. Franz-Josef Pfreundt

☎ 06 31/3 16 00-44 59

franz-josef.pfreundt@itwm.fraunhofer.de

Problemlösungsfelder

- Parallele Softwarearchitektur und Algorithmen
- Performance-Analyse
- Grid Computing
- Visualisierung



Gisela Kleinlein, Ohne Titel, 1998, Stahl

»Die aus lose übereinander gelegten Stahlstäben aufgebauten »Türme« werden nicht als starre Gebilde wahrgenommen, sondern scheinen aus vielschichtigen, sich rasch bewegenden Strukturen zu bestehen. Durch die Überlagerung der Streifengitter tritt ein Moiré auf, das sich aufgrund der Bewegung des Betrachters ständig zu verschieben scheint.«

Dr. Britta Buhlmann, Leiterin der Pfalzgalerie

Visualisierung

Viele Anwendungen aus den Bereichen der Simulationstechnik, der Medizin, der Strömungsdynamik (CFD), der Werkstoffwissenschaften oder der Seismik produzieren Datensätze, die aufgrund ihrer Größe nicht von Grafikkarten interaktiv dargestellt werden können. Grafikkarten sind a priori für den Spielmarkt entwickelt und deshalb nicht für die Visualisierung großer Datenmengen optimiert. Diese Beschränkung wurde vom ITWM zum Anlass genommen, das eigene Visualisierungssystem PV-4D (www.pv-4d.com) zu entwickeln: PV-4D ist heute die leistungsstärkste Software im Bereich der volumetrischen Darstellung komplexer, multidimensionaler Daten. Die hohe Leistungsstärke von PV-4D ermöglicht es dem Betrachter, sich stereo durch vier Dimensionen (x, y, z, t) zu bewegen. Die Auflösung dieser reinen Softwarelösung in Ort und Zeit liegt dabei weit über der von anderen Hardware- und Softwaresystemen erreichten Leistungen.

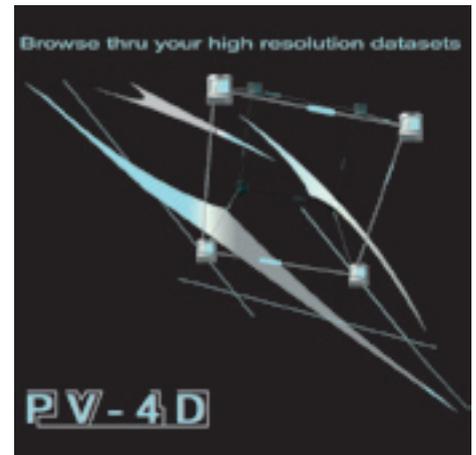
Die mit dem Fraunhofer-Preis ausgezeichnete Software erzielt ihre Leistungsfähigkeit durch Algorithmen, die optimal an die Architektur moderner Multikern-CPU's angepasst sind, sowie durch eine mehrstufige Parallelisierung: Ausgehend von den Vektoreinheiten eines einzelnen CPU-Kerns, über die verschiedenen CPU-Kerne und Multikern-CPU's auf einer Hauptplatine bis hin zu großen Distributed-Memory-Systemen werden die möglichen Ressourcen heutiger Clustersysteme voll ausgenutzt. Da PV-4D eine reine Software-Lösung ist, konnte sie auch auf den Cell-Prozessor portiert werden. Diese Portierung auf den Prototypen einer neuen Generation von hybriden Multicore-CPU's wurde von IBM mit dem Faculty Award ausgezeichnet.

PV-4D dient der interaktiven Aufbereitung, Analyse und 4D-Visualisierung

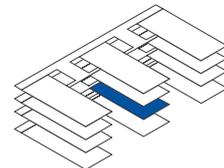
von CT-Daten aus der Medizin und den Materialwissenschaften. Die immer größer werdenden Datenvolumina (bis zu 4000³) sind mit klassischen Visualisierungstechniken nicht mehr handhabbar. Erst der Einsatz paralleler Algorithmen und Hardware erlaubt wieder interaktives Arbeiten. PV-4D liefert dabei neue Einsichten durch neue Methoden. Die interaktive Stereo-Visualisierung eines hochauflösenden schlagenden Herzens bei voller Beleuchtung des Objektes war dabei ein besondere Herausforderung. Bei der Detektion von Porositäten in Metallwerkstoffen sind vor allem die interaktiven Filter von PV-4D gefragt.

PV-4D wird aber auch in Verbindung mit der neu entwickelten Fraunhofer Virtual Machine (FVM) genutzt. Die FVM ist eine Middleware, die mithilfe spezieller Bibliotheken ein mit Infiniband vernetztes Cluster zu einer SMP-ähnlichen virtuellen Maschine vereint: Sie stellt einen bewusst simpel gehaltenen Weg zur Verfügung, mit dessen Hilfe jeder einzelne Clusterknoten auf den aggregierten Hauptspeicher des gesamten Clusters zugreifen kann. Mit einem realistischen Verhältnis zwischen dem Anfordern von Daten und dem Rechnen auf Daten sind somit globale Speicherzugriffe möglich, die annähernd so schnell sind wie lokale Speicherzugriffe. Diese Eigenschaft der FVM gekoppelt mit PV-4D ermöglicht das Visualisieren umfangreicher seismischer Daten.

PV-4D wird kontinuierlich weiterentwickelt. So unterstützt PV-4D nun auch das interaktive Visualisieren großer Polygonszenen. Die hohe Leistungsfähigkeit dieser Erweiterung im Vergleich zu heutigen Grafikkarten hat auch die Firma MAGMASOFT® überzeugt: Der weltweit führende Software-Hersteller für Gießereisimulationen wird einen auf PV-4D basierenden Post-Prozessor zu seiner Software-Palette hinzufügen. Dieser wird für die vierdimensionale in-

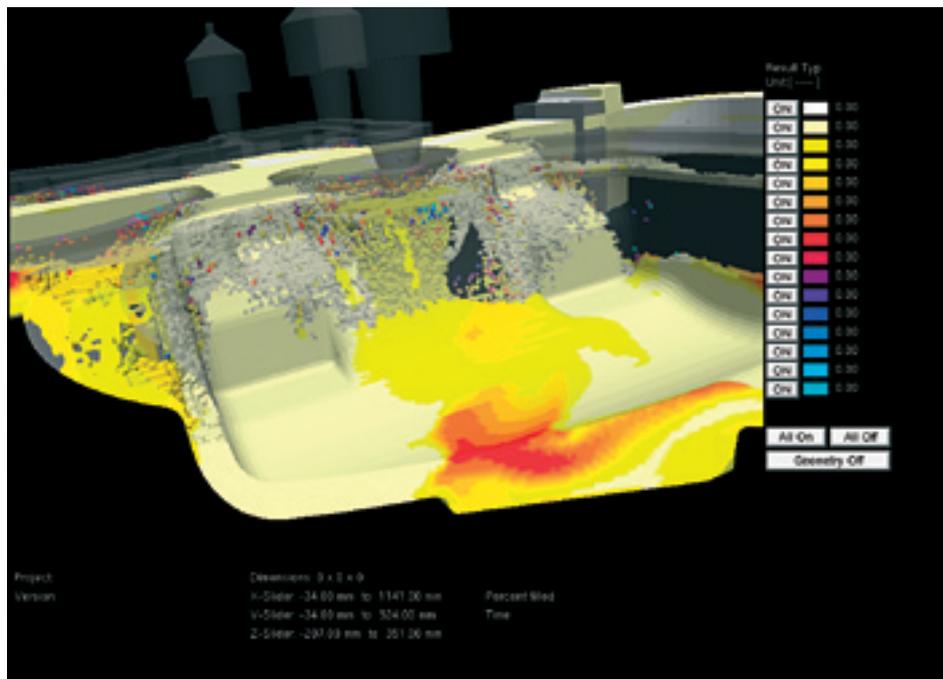


teraktive Visualisierung hoch komplexer Gussvorgänge verwendet. Mit dem neuen Post-Prozessor ist es nun erstmals möglich, die durch parallele Simulation entstehenden großen Datenmengen wirklich interaktiv als bewegte Filme darzustellen.



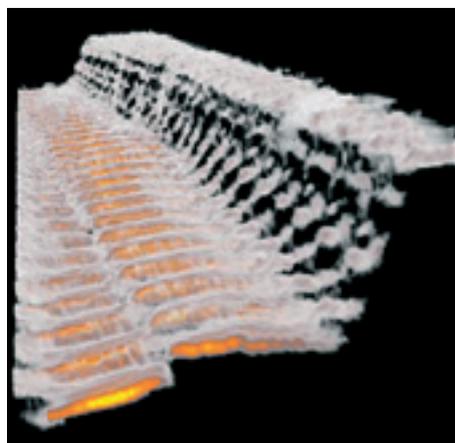
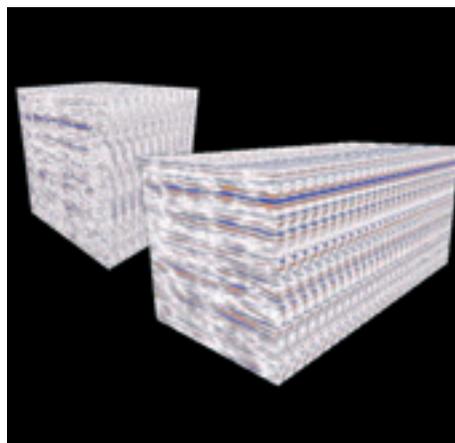
PV-4D MAGMAVR

Als erste Anwendung wurden das am ITWM entwickelte Softwarepaket Par-Pac sowie die parallele Version von MAGMASOFT, dem führenden Simulationspaket für Gießereien, durch PV-4D unterstützt. Dadurch ist es jetzt möglich geworden, die durch die parallele Simulation entstehenden großen Datenmengen zum ersten Mal wirklich interaktiv als bewegte Filme zu visualisieren. Die jetzt verfügbare Darstellung in dem VR-Lab des ITWM ermöglicht gänzlich neue Einsichten und überwältigende Bilder. Die Entstehung und Wirkung von Wirbeln in der Strömung wird hoch aufgelöst räumlich erfahrbar. Der Erstarrungsprozess kann erstmals im Detail als zeitabhängiger Prozess genau analysiert werden.



PV-4D SEISMICPRO

Die Visualisierung umfangreicher seismischer Daten ist in der Industrie noch ein sehr aufwändiger und teurer Prozess, der letztlich eine erhebliche Bedeutung für die Interpretation der Lagerstätten von Öl und Gas hat. Die speziell angepasste PV-4D-Version unterstützt weit verbreitete Datenformate, visualisiert auch extrem große Depth-Migration-Datensätze, Geschwindigkeitsfelder und bietet dem Nutzer Schnittstellen für eigene Anpassungen. Die Viewer-Server-Struktur bietet die Möglichkeit, das Werkzeug auch im weltweiten Verbund standortübergreifend ohne große Performanceverluste einzusetzen. Als PC-basiertes Tool ist PV-4D ungeschlagen in Preis und Performance.



Oben: Visualisierung eines komplexen Gussvorgangs

Links: dreidimensionale Visualisierungen seismischer Prestack-Daten

Grid Computing

Grid-Technologie hat sich im Bereich der Wissenschaft zu einem wichtigen Standbein für die Nutzung von Rechenclustern und die Verarbeitung von großen Datenmengen entwickelt. Das **Competence Center High Performance Computing** stellt seine Erfahrung aus vielen Projekten nun auch Unternehmen zur Verfügung. Grid-Technologie bietet neue Möglichkeiten, maßgeschneidert die Anforderungen von Unternehmen an ihre IT zu erfüllen.

PHASTGrid

Mit PHASTGrid hat das **CC HPC** eine flexible Enterprise-Grid-Lösung geschaffen, die sich in Projekten bewährt hat. Die Middleware basiert auf dem SOA-Gedanken und setzt auf Webservices. Die Integration in bestehende Systeme ist dabei bewusst einfach gehalten. PHASTGrid kann sowohl auf Cluster- als auch auf Desktop-Systemen eingesetzt werden. Durch die automatische Parallelisierung werden eingehende Rechenjobs optimal auf die vorhandenen Rechenressourcen verteilt. Dabei steht der hohe Durchsatz im Vordergrund. Eine Schnittstelle zum Stora-

gemanager AVAKI vereinfacht die Datenhaltung im System.

Calana

Calana ist ein agentenbasierter Scheduler für Grid-Systeme; einzelne Agenten sind den Rechenressourcen zugeordnet und können lokal Entscheidungen treffen. Ein Auktionsmechanismus koordiniert die Ressourcen und bezieht sowohl die Benutzer- als auch die Providerpräferenzen in den Schedulingprozess ein. Es ist also möglich, einem Benutzer eine billige, dafür allerdings langsame Ressource anzubieten, während ein anderer Benutzer mehr Wert auf eine schnelle Ressource legt. Im Hinblick auf die Verwendung in kommerziellen Umgebungen bietet Calana die Möglichkeit, Billinginformationen direkt aus dem Scheduler zu generieren.

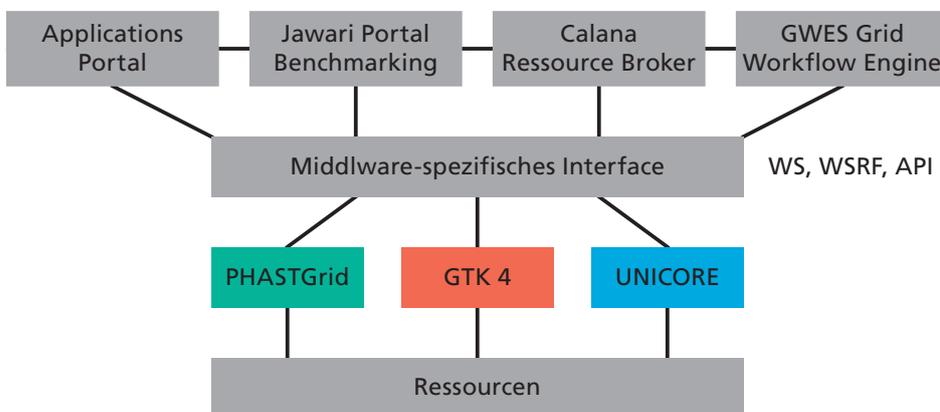
Jawari

Jawari ist ein Service zum Benchmarking von Grid-Umgebungen; über eine einfache Weboberfläche können Systemadministratoren ihre Grid-Installationen untersuchen und so Stärken und Schwächen feststellen. Der Schwerpunkt des Systems liegt in den Benchmarks: Durch

die Ausführung von Testjobs und Datentransfers können Aussagen über Engpässe etc. getroffen werden.

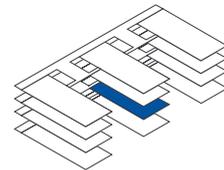
Die Benchmark-Ergebnisse werden in einem zentralen Repository gespeichert. Jawari generiert daraus detaillierte Auswertungen, die neben der Leistungsfähigkeit auch Informationen zu den Betreibern der Ressourcen liefern. Grafische Auswertungen zeigen auch die Evolution der Ressourcen und erlauben es, weitere Analysen durchzuführen. Systemadministratoren können auf dieser Datenbasis das Feintuning ihrer Systeme verbessern.

Neben der Entwicklung eigener Produkte ist das **CC HPC** auch an anderen Projekten beteiligt. Die Fraunhofer-WISA »Enterprise Grids« beschäftigt sich mit dem Einsatz von Grid-Technologie in Unternehmen und greift auf die Erfahrungen aus dem Fraunhofer Resource Grid zurück. Im EGEE-Projekt betreibt die Arbeitsgruppe einen Rechencluster für internationale Wissenschaftler. Die gesammelten Erfahrungen werden auch im Rahmen des Open Grid Forums in die Standardisierung von Grid-Technologie eingebracht.



Enterprise-Grid-Komponenten

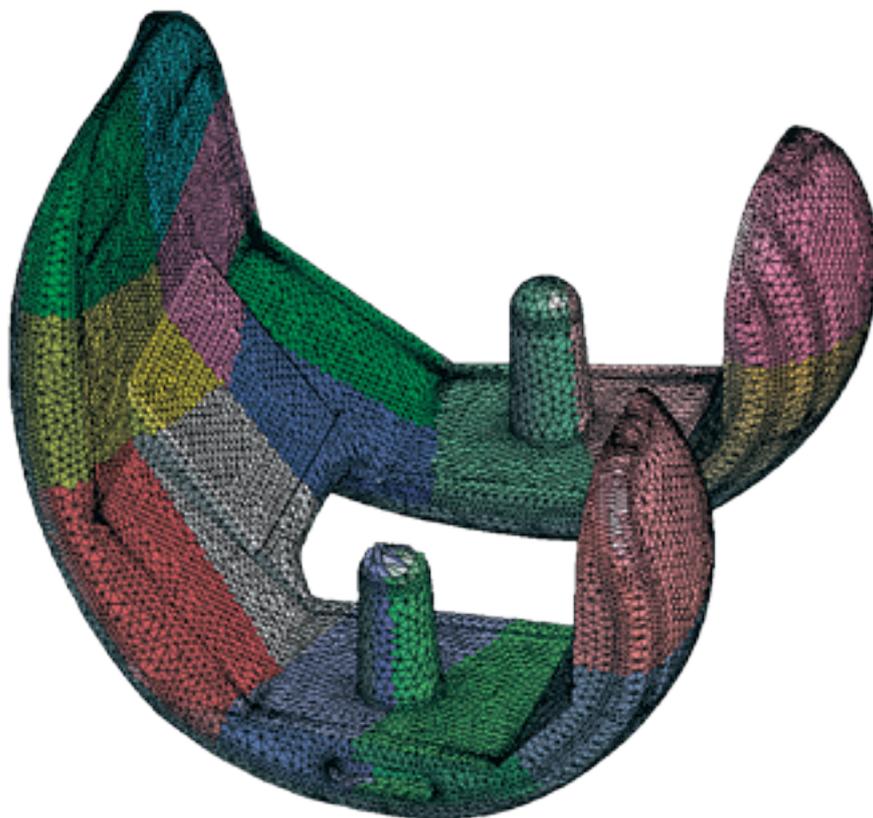




Automatische parallele Gittergenerierung

Mit dem Wunsch, mehr geometrische und physikalische Features bei technischen Strukturen zu simulieren, wächst die Anzahl der Freiheitsgrade bei FEM-Simulationen deutlich an. Parallele numerische Löser und PC-Cluster bieten auch die notwendige Rechenleistung für immer größere Probleme. Damit steckt die Gittergenerierung für parallele Codes in einer Sackgasse, denn fast alle bisher genutzten Verfahren zur Gebietszerlegung laufen nicht parallel. Große 3D-Gittermodelle passen nicht mehr in den Hauptspeicher und die Rechenzeiten für die Gittererzeugung steigen stark an.

In einer Doktorarbeit wurde am ITWM ein neues Verfahren zur parallelen Erzeugung von nicht überlappenden unstrukturierten Gittern direkt aus den CAD-Daten entwickelt. Damit wird die Gittererzeugung jetzt zu einer skalierbaren parallelen Anwendung und auch extrem große Gitter können schnell erzeugt werden. Das Verfahren wird derzeit in skalierbaren FEM-Code DDFEM integriert und an praktischen Beispielen erprobt.



Teil einer Knieprothese

Cell Broadband Engine

Der für die Sony Playstation 3 entwickelte Cell Prozessor hat 2006 aufgrund seiner hohen Rechenleistung in den Medien ein besonderes Echo gefunden. 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-Aufnah-

men mittels PV-4D wurde mit großem Erfolg auf der CeBIT vorgestellt. Das schlagende Herz wird auch auf der Sonderausstellung Computer.Medizin des Heinz Nixdorf Museums in Paderborn gezeigt.

Diese Zusammenarbeit mit IBM wird 2007 fortgesetzt. Dabei wird unter anderem das Parallelisierungsframework GraPA auf den Cell Prozessor portiert. Damit ist es dann möglich, sehr schnell eine große Anzahl von Simulationscodes effizient auf dem Cell Prozessor auszuführen.



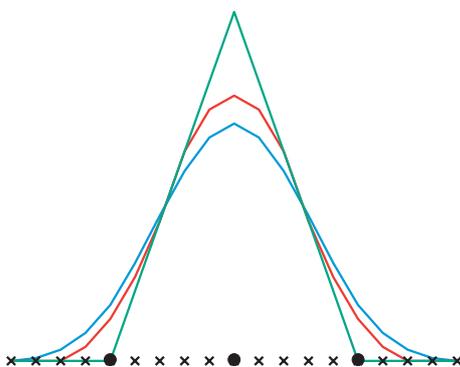
BladeCenter QS20 von IBM basierend auf Cell-Prozessoren

Nanoskalige Prozessmodellierung

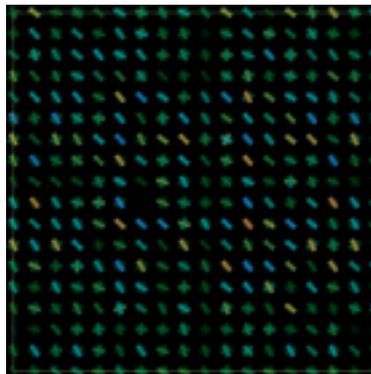
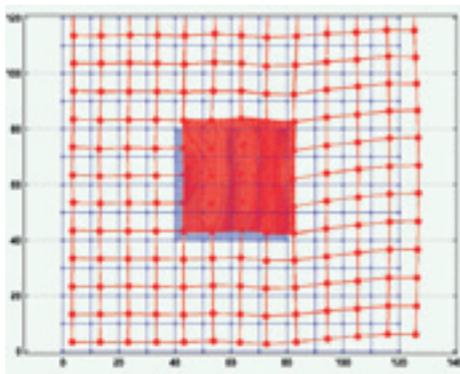
Im Jahr 2006 lagen die Schwerpunkte am ITWM auf Basisentwicklungen, die in Projekte mit längeren Laufzeiten eingehen. Einerseits wurden Potenzialmodelle zur molekulardynamischen Simulation von Zeolithen implementiert, die als Adsorbermaterialien in einem Fraunhofer-internen Projekt (WISA THOKA) zum Einsatz kommen. Andererseits wurden Beobachtungsgrößen (Observable) konstruiert, die es erlauben, Parameter für höherskalige Beschreibungen von Adsorptionseffekten in Zeolithen aus der molekulardynamischen Simulation zu extrahieren.

Parallel dazu wurde in einer abgeschlossenen Promotion die Kopplung von atomistischer und Kontinuumsbeschreibung zur Reduzierung der Systemgröße untersucht. Da beide Model-

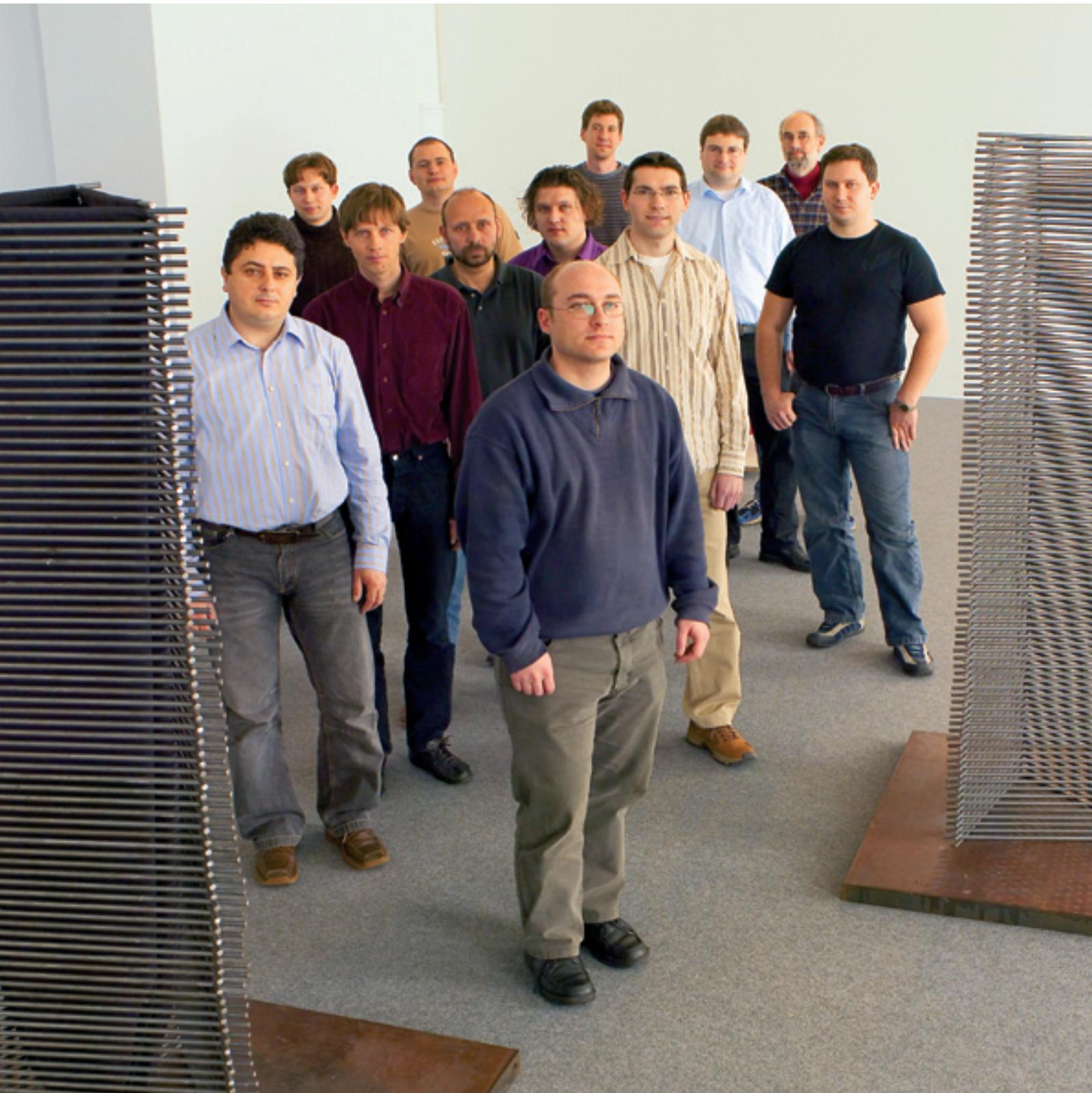
le jeweils auf unterschiedlichen Skalen gültig sind, ist dafür zunächst eine zum System gewöhnlicher Differentialgleichungen der Molekulardynamik passende Beschreibung mit partiellen Differentialgleichungen erforderlich. Als Ansatz zur numerischen Diskretisierung der kontinuumsmechanischen Differentialgleichungen wurden zunächst Finite Elemente gewählt, auch um den Anschluss an Standard-Bauteilsimulationen zu gewährleisten. Es hat sich aber herausgestellt, dass Finite Elemente zu falschen Dispersionsrelationen führen, die in gekoppelten Systemen zu erheblichen artifiziellen Rückstreuphänomenen führen. Dieser Defekt konnte mit neuen Ansätzen für die Basisfunktionen deutlich reduziert werden. Die neuen Basisfunktionen sind in der oberen Abbildung dargestellt, ein Simulationsbeispiel folgt in der unteren.



Modifizierte Ansatzfunktionen (links) und zugehörige Dispersionsrelationen (rechts). Finite Elemente (grün) führen zu falschen Dispersionen.



Gekoppelte 2D-Simulation (links) und Eigenspannungen (rechts)



Dr. Tiberiu Rotaru, Maxim Ilyasov, Kai Krüger, Nikolai Ivlev, Dr. Dimitar Stoyanov, Nermin Junuzovic, Martin Vogt, Dr. Dirk Merten, Gerd Marmitt, Dr. Martin Kühn, Dr. Franz-Josef Pfreundt, Evgeny Ivanov

Fraunhofer Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC

Nach der erfolgreichen Aufbauphase in den Jahren 2001 bis 2005 hat das FCC nun die strategische Expansionsphase 2006 bis 2010 begonnen. Verschiedene wichtige Ziele wurden bereits 2006 erreicht. Insbesondere hat das Ertragsniveau die drei Millionen Euro überschritten und die ununterbrochene Folge von Ertragsüberschüssen konnte beibehalten werden; 2006 gab es einen Übertrag von fünf Prozent. Zusammen mit unseren Partnern Chalmers und Fraunhofer ITWM decken wir einen großen Bereich an Anwendungen ab. 2006 sind etwas weniger als eine halbe Million Euro an Projektmitteln an das ITWM geflossen. Der Start des »Gothenburg Mathematical Modelling Centre (GMMC)«, betrieben von Mathematical Sciences (2006 bis 2010), und die Entscheidung zum Start des »Vinnex Centre«, betrieben von dem Wingquist Laboratory (2007 bis 2016), sind zwei schwedische prestigeträchtige und strategische Initiativen von Chalmers, an denen das FCC beteiligt ist.

Die Diagramme zeigen die Entwicklung des FCC bezüglich Einnahmen und Personal.

Das Profil des FCC wird durch seine Ertragsstruktur bestimmt. Das Ergebnis von 2006 stimmt mit dem Fraunhofer-Finanzierungsmodell überein, d. h. Industrieprojekte (49 Prozent), öffentliche Projekterträge (24 Prozent) und Grundfinanzierung von Fraunhofer und Chalmers (27 Prozent) sind in guter Balance.

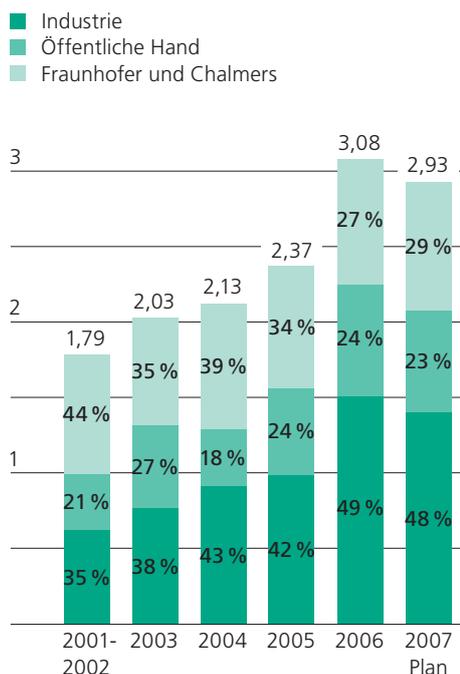
Geometrie und Bewegungsplanung

Die Abteilung »Geometrie und Bewegungsplanung«, welche eine enge Kooperation mit dem Chalmers Wingquist Laboratory pflegt, hat ein Ertragsniveau von etwas mehr als einer Million Euro. Die Aktivitäten im Jahr 2006 waren geprägt durch den Start eines zweiten Vinnova MERA-Projektes, rasch ansteigenden Lizeinnehmungen aus der Bahnplanungssoftware und der substanziellen gemeinsamen Entwicklung mit der Abteilung **Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit** des ITWM.

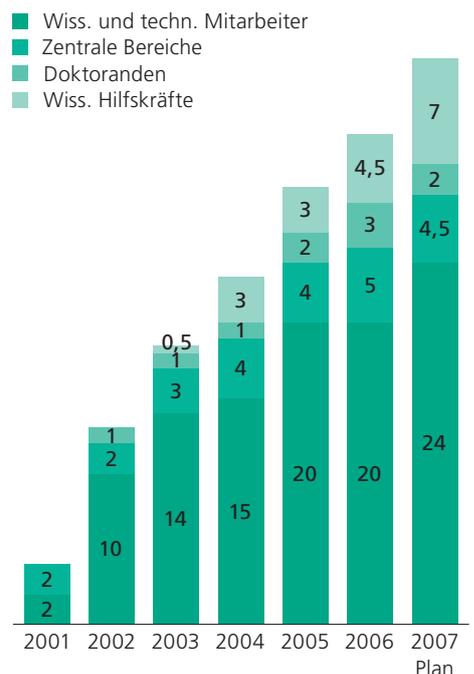
Computational Engineering und Optimierung

Die Abteilung »Computational Engineering und Optimierung« hat ihre Arbeit

Entwicklung Betriebshaushalt in Mio. €



Personalentwicklung



ten auf dem Gebiet der elektromagnetischen Simulationen mit führenden schwedischen Industriepartnern erweitert, durch den Abschluss einer langlaufenden Vereinbarung mit der kürzlich gegründeten Firma Efield. Die Abteilung hat auch strategische Projekte mit den Abteilungen **Transportvorgänge** und **Optimierung** des ITWM gestartet.

Risikomanagement

Die Abteilung »Risikomanagement« hat zusammen mit Chalmers und dem Fraunhofer ITWM ein gemeinsames Projekt im Bereich der Belastungsanalyse für Anwendungen im Kraftfahrzeugbereich initiiert, bei dem sechs europäische

LKW-Hersteller aus Deutschland, Italien, Niederlande und Schweden dabei sind. Im Finanz- und Versicherungswesen sind Software-Plattformen für Asset Liability Management und Collateral Debt Obligations zusammen mit dem ITWM entstanden.

Systembiologie und Bioinformatik

Diese Abteilung hat erfolgreich ihre Entwicklung zu einem höheren Ertragsanteil an Industrienaufträgen fortgesetzt. Die Einnahmen aus anderen Quellen haben 2006 die Zuweisungen aus dem Langzeitprogramm der Swedish Foundation for Strategic Research SSF signifikant überstiegen.

Problemlösungsfelder

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

Leiter des FCC:

Dr. Uno Nävert

☎ +46(0)31/7 72-42 85

uno.navert@fcc.chalmers.se



Werner Pokorny, »Circolo« 1998

»Zu einer Kreisform gedreht, umschließt »Circolo« mit seinen stählernen Linien eine imaginäre Mitte und wird von der Dynamik ihrer angedeuteten Bewegung bestimmt. Gesetzmäßigkeiten werden außer Kraft gesetzt. In der Verbindung zweier zunächst eigenständiger Motive entsteht eine neue Wirkungsästhetik. Haus und Gitterstruktur verschmelzen zu einer spezifischen Formkomposition.«

Dr. Britta Buhlmann, Leiterin der Pfalzgalerie

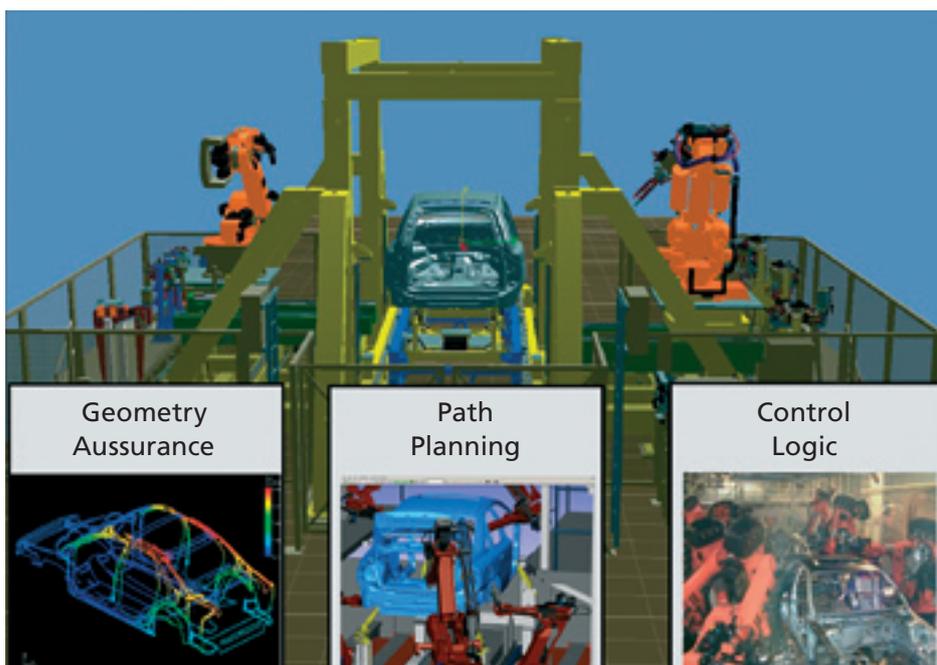
Automatische Bahnplanung für Festkörper und Industrieroboter

Obwohl die moderne Industrie virtuelle Prototypen verwendet, um physikalische Prototypen zu ersetzen, Montageprozesse visualisiert und Industrieroboter offline programmiert, wird das volle Potenzial einer virtuellen Fabrik nicht erreicht. Die Programmierung der Roboterbewegungen und -bahnen und die Ausrüstung wird immer noch manuell gemacht, da die vorhandene Unterstützung für automatische Bahnplanung sehr limitiert ist. Eine andere Limitierung ist die geometrische Genauigkeit zwischen virtuellem Modell und physikalischer Realität. Aus diesem Grund müssen geometrische Toleranzen bei der Bahnplanung berücksichtigt werden. Das ist ein erster Schritt von nominalen zu produktionsangepassten virtuellen Modellen. Damit wird eine Verbindung zum Produktionslauf mit Styling, Design und Manufacturability geschaffen.

Die virtuelle Verifikation solcher Produkte, die montiert oder später für Instandsetzungsarbeiten demontiert werden

können, ist ein wichtiger Bestandteil einer geometrischen Simulation in der produzierenden Industrie. Daher sind Methoden und Software zur automatischen Erzeugung von kollisionsfreien Montagebahnen von großem Interesse. Die Offline-Programmierung von Robotern und die Nutzung von Koordinatenmessgeräten führen zu großen Problemen für den Simulationsingenieur, wenn dieser versucht, manuell eine kollisionsfreie Bahn zwischen zwei Punkten zu finden, unter Berücksichtigung möglichst geringer Zykluszeiten und geringen Verschleißes. Daher bietet das FCC bei folgenden Bahnplanungen seine Unterstützung an:

- Visualisierung, Verifizierung und Design bei der Montage
- Montage mit Robotern
- Schweißen und Abdichten
- Koordinatenmessgeräte
- Lastenverteilung, Reihenfolge und Koordinierung von Roboterbewegungen

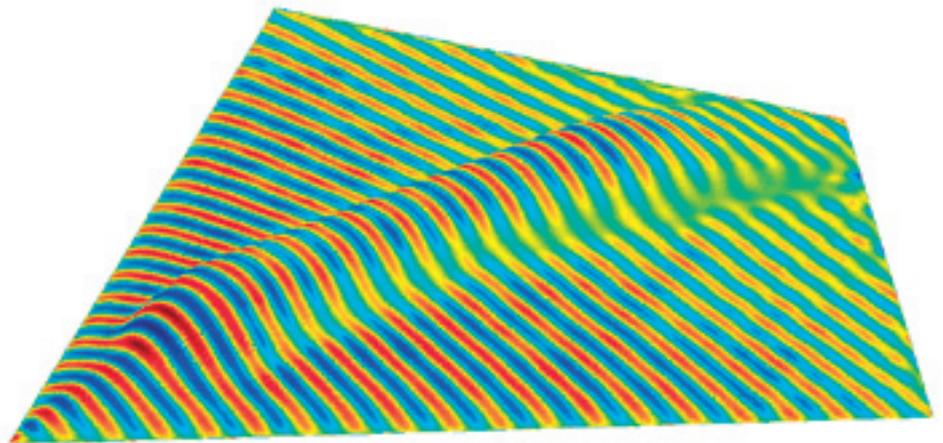


© Volvo Car Corporation

Die elektromagnetische efield™ -Software

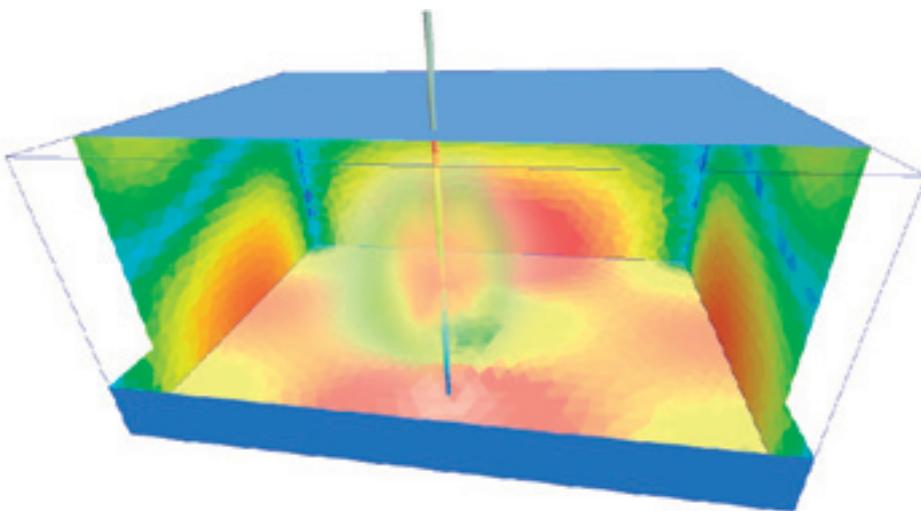
Die Software efield™ ist das Resultat der erfolgreichen Zusammenarbeit zwischen der schwedischen Wissenschaft und Industrie. Das FCC hat dabei eine wichtige Rolle in der Entwicklung der Software gespielt und arbeitet derzeit an deren Fortführung und Pflege für die Firma Efield AB. Größere Aktivitäten im Jahr 2006 waren die Entwicklung einer Windows-Version der Software und die Vorbereitung der ersten Release-Version. Die Software bildet eine hervorragende Grundlage für die Forschung in der numerischen Elektromagnetik; dies wird durch ein Basisprogramm unterstützt, welches von dem Industriekonsortium STM und FCC gefördert wird.

Die Software kann für vielfältige Anwendungen wie Antennendesign, elektromagnetische Kompatibilität, Radarsignatur und Mikrowellen eingesetzt werden. Die Gleichungslöser basieren auf Formulierungen sowohl im Zeit- als auch im Frequenzbereich. Ein Schlüsselmerkmal ist die Anwendung von



Oberflächenströme auf einer FOI UAV Eikon, nachdem ein Radarimpuls das Flugzeug an der Flugzeugspitze getroffen hat. Zur Berechnung wurde eine Multilevel Fast Multipole Method (MLFMM) verwendet.

Hybridmethoden. Im Frequenzbereich wird eine Momentenmethode des Randintegrallösers mit einem Physical Optics Solver gekoppelt, im Zeitbereich eine Finite-Element-Methode mit einer Finite-Differenzen-Methode. Die zugrunde liegende Idee der Hybridmethoden liegt darin, die Stärken der einzelnen individuellen Methoden zu nutzen, ohne deren Nachteile in Kauf nehmen zu müssen. Dies erlaubt eine substantielle Erweiterung des Spektrums an lösbaren Problemen und Anwendungen.



Ein abgeschirmtes Gehäuse mit einem Draht; am Draht werden die elektrischen Ströme dargestellt, an den Wänden sind die Oberflächenströme des Gehäuses zu sehen. Das elektrische Feld ist durch Volumenrendering in der Nähe des Drahtes erkennbar.

Entscheidungsunterstützung durch Simulationen und multikriterielle Optimierung

Dieses drei Jahre laufende Projekt ist Teil des Basisprogrammes mit dem Industriekonsortium STM. Ziel ist die Entwicklung und Vermarktung eines Software-Tools zur Entscheidungsunterstützung. Die Software integriert die multikriterielle Optimierung und Simulation, einschließlich der Visualisierung von Lösungen als interaktives Tool zur Entscheidungsfindung.

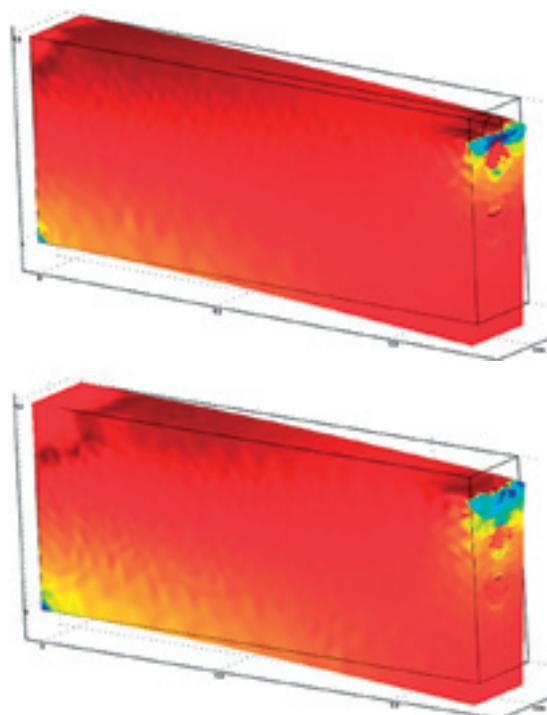
Im Jahr 2006 sind verschiedene Fallstudien betrachtet worden. Daneben ist eine erste Version des Optimierungstools entstanden, welches eine Reihe von Modulen für die mathematische Modellierung, numerische Simulationen, Optimierungsalgorithmen und Visualisierung beinhaltet.

Die Module kommunizieren über Dateien, die vom Benutzer gesteuert werden. Die Optimierungsalgorithmen können an eine oder mehrere Zielfunktionen und verschiedene mathematische Eigenschaften des Designmodells angepasst werden. Numerische Simulationen können in verschiedenen Simulationsumgebungen durchgeführt werden. Die Visualisierung ist sowohl im Kriterienraum als auch im Raum des Simulationsmodells möglich.

Fallstudie: Optimale Platzierung von Verstärkungsbalken im Beton

Ein Auslegerbalken wird mit seiner vertikalen Seite an der Wand angebracht. Zwei Verstärkungsstäbe mit unterschiedlichem Durchmesser werden horizontal im Auslegerbalken platziert. Die Positionen und Abmessungen der Balken sind bezüglich der Zielfunktion mit der kleinsten positiven potenziellen Energie des Betons optimiert worden.

Die Bilder illustrieren die Spannung im Auslegerbalken, der links an der Wand angebracht worden und einer vertikalen Last ausgesetzt ist. Das obere Bild zeigt den Ausleger mit der Ausgangsplatzierung, das untere mit der optimierten Platzierung der Stäbe. Die Position der Stäbe wird an der rechten Balkenoberfläche ersichtlich. Die Plastifizierung (dunkelrot gekennzeichnet) in der linken oberen Ecke ist im optimierten Fall kleiner als in der Ausgangssituation.



Durch die optimierte Positionierung der Verstärkungsstäbe, rechts im Querschnitt zu sehen, nimmt die Plastifizierung des Betons deutlich ab.

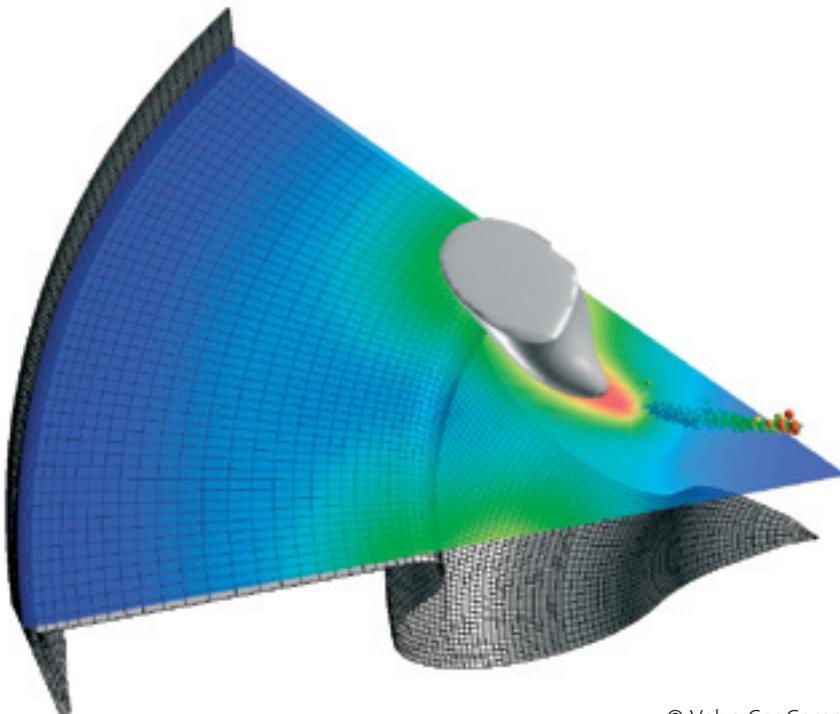
Optimierung eines Verbrennungsmotors

Mit entsprechender Software und Rechnerleistung ist es heutzutage möglich, physikalische und chemische Prozesse in einem Verbrennungsmotor zu simulieren. Diese Simulationen können zum Beispiel Kraftstoffverbrauch oder Ruß- und Stickstoffemissionen vorhersagen. Durch die Variation von Designparametern des Motors können verschiedene Konfigurationen simuliert und deren Leistung verglichen werden. In unserem Fall nutzen wir globale und lokale Optimierungsalgorithmen in Kombination mit Simulationen, um pareto-optimale Designparameter für verschiedene Zielfunktionen zu finden.

Ein Ziel von Ingenieuren ist es, Motoren mit wenig Verbrauch und geringen

Schadstoffausstoß zu entwickeln. Die Zielfunktion, die durch den Designer definiert wird, kombiniert diese verschiedenen Ziele. Da der Motor in allen Belastungs- und Geschwindigkeitsbereichen zuverlässig arbeiten muss, müssen die entsprechenden Bedingungen in der Optimierung berücksichtigt werden. Da eine Motorsimulation unter Umständen viele Tage Rechenzeit braucht, müssen sehr effiziente Optimierungsalgorithmen eingesetzt werden.

Das Projekt ist eine Kooperation zwischen GMMC, Volvo Car Corporation und Volvo Powertrain mit dem umfassenden Ziel, einen Software-Demonstrator zur Optimierung von Verbrennungsmotoren zu entwickeln, basierend auf numerischen Strömungsrechnungen.



© Volvo Car Corporation

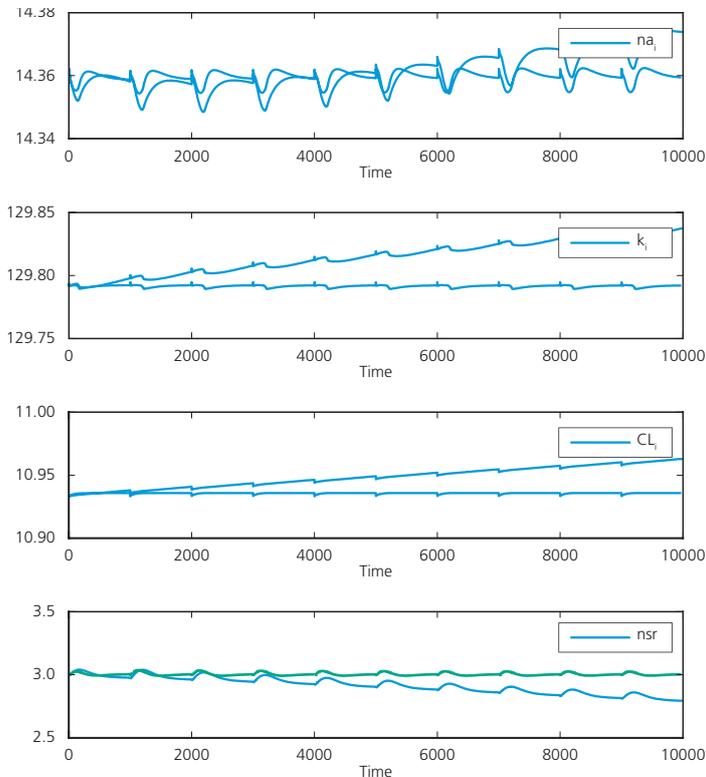
Das Bild zeigt einen Ausschnitt eines Zylinders in einem Verbrennungsmotor; die Tropfen bestehen aus Treibstoff und die Tropfenfarbe illustriert deren Temperatur. Das graue Objekt ist eine Isofläche für die Rußkonzentration, der farbige ebene Konturplot zeigt die Treibstoffkonzentration.

Elektrophysiologisches Modell des ventrikulären Aktionspotenzials

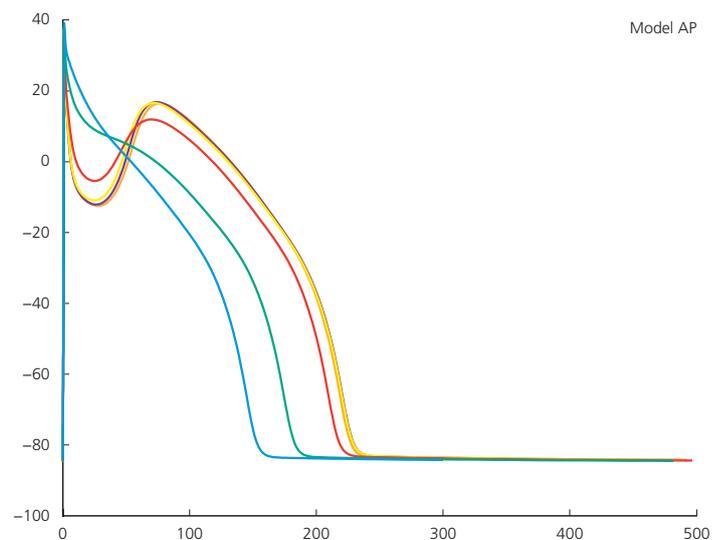
In diesem Projekt wurde das sogenannte Hund-Rudy-Modell des ventrikulären Myocyten-Aktionspotenzials mittels unserer Systems Biology Toolbox für Matlab (SBtoolbox) implementiert und validiert. Das Modell ist sehr gut geeignet, da es die Beziehung zwischen Ionenkanalblockade und Aktionspotenzialausdehnung bei den routinemäßigen Patienten-Screenings beschreibt, welche für die Medikamentenzulassung vorgeschrieben sind. Die Implementierung des Modells im SBtoolbox-Format erlaubt es, viele Tools für weitere numerische Analysen anzuwenden, um zum Beispiel Sensitivitätsanalysen, Parameterschätzungen, Modellreduktionen oder Modellmodifikationen durchzuführen.

Zusätzlich kann das Modell recht einfach in andere Formate wie Systems Biology Markup Language (SBML) exportiert werden. Dies erleichtert den Austausch mit anderen Programmen für numerische Analysen. Innerhalb des Projektes ist das Hund-Rudy-Modell erweitert worden, um die aktuellen inhärenten Probleme von Langzeitdrifts in einigen Ionenkonzentrationen zu beseitigen. Dies ist Voraussetzung dafür, dass jede Art von Steady-State-Analysen durchgeführt werden können (z. B. Dauer des Aktionspotenzials und morphologische Untersuchungen für verschiedene Herzschlagraten). Einige Parameter sind dem Modell hinzugefügt worden, um eine schnelle Spezifikation experimenteller Bedingungen zu ermöglichen, wie zum Beispiel das Festhalten eines bestimmten Membranpotenzials über ein spezifisches

Zeitintervall, Herzschlagamplitude, Schlagfrequenz und -dauer oder Inaktivität verschiedener Enzyme. Schließlich ist das Modell gegen den Original-Hund-Rudy-Code validiert worden, indem ein paarweiser Vergleich zwischen Zustands- und elektrischer Stromtrajektorie durchgeführt worden ist. In ähnlicher Weise ist der automatisch generierte SBML-Code mit der SBtoolbox durch paarweisen Vergleich validiert worden. Das Projekt hat auch die Fähigkeiten und Potenziale einer integrierten Berechnungsplattform wie die der SBtoolbox für die Systembiologie demonstriert, um eine schnelle Modellentwicklung und numerische Analysen durchführen zu können. Das Projekt ist von AstraZeneca über das Industriekonsortium STM teilfinanziert worden.



Die Konzentration von Natrium, Kalium, Chlorid und Calcium in NSR vor und nach der Drift-Elimination durch künstliche Steuerung



Morphologie des Steady-State-Aktionspotenzials für verschiedene Herzschlagzyklen



Dr. Johan Carlson, Prof. Michael Patriksson, Ann-Christine Karlsson, Dr. Robert Rundqvist, Johan Segeborn, Dr. Sara Lorén, Dr. Fredrik Edelvik, Erik Höök, Tomas Hermansson, Mikael Wallman, Domenico Spensieri, Sebastian Tafuri, Joachim Almquist, Fredrik Ekstedt, Daniel Segerdahl, Carl Lindberg, Dr. Mats Jirstrand, Annika Eriksson, Dr. Joachim Johansson, Prof. Rikard Söderberg, Dr. Mats Kvarnström, Ann-Brith Strömberg, Dr. Stefan Jakobsson, Magnus Karlsson, Martin Eckerljung, Dr. Pär Johannesson, Dr. Robert Bohlin, Tomas Nordlund, Mikael Sunnåker, Jonas Hagmar, Thomas Weibel, Dr. Thomas Svensson, Nils Lämmås, Dr. Henning Schmidt, Dr. Uno Nävert

Acar, Sarp Kaya

Optimal Capital Structure with a Jump-Diffusion Process

21st European Conference on Operational Research, Reykjavik (IS), Juli 2006

Azizi-Sultan, Ahmad-Saher

Beam orientations optimization for multi-criteria IMRT

DKFZ, Heidelberg, Juli 2006

Baydar, Evren

Credit Products

Workshop on »Credit Ratings in View of Basel II«, First Conference of AMAMEF, Antalya (TR), April 2006

Broz, Jochen

Automated Symbolic Model Reduction for Mechatronical Systems

IEEE International Symposium on Computer-Aided Control Systems Design, München, Oktober 2006

Caiazzo, Alfonso

Analysis of lattice Boltzmann nodes initialization in moving boundary problems

ICMMES 2006, Hampton, Virginia (USA), Juli 2006

Chernogorova, Tatjana; Iliev, Oleg;

On finite volume discretization of imperfect contact problems

Borovetz (BG), August 2006

Dreßler, Klaus

Invarianz und Übertragbarkeit von Lastdaten

DVM-Workshop »Prüfmethodik für Betriebsfestigkeitsversuche in der Fahrzeugindustrie«, Darmstadt, Februar 2006

Dreßler, Klaus

Modellkomplexität und Robustheit in der Betriebsfestigkeitssimulation

Konferenz für angewandte Optimierung in der virtuellen Produktentwicklung, Karlsruhe, März 2006

Dreßler, Klaus

Simulation von Dynamik und Festigkeit

Zuliefererkonferenz »Bayern Innovativ«, Ingolstadt, Juli 2006

Dreyer, Alexander

Resolving Parameter Dependences for Interval Analysis of Linear Analog Circuits

9th International Workshop on Symbolic Methods and Applications in Circuit Design (SMACD 2006), Florenz (I), Oktober 2006

Dreyer, Alexander

Interval Analysis of Linear Analog Circuits

SCAN 06 - 12th GAMM - IMACS International Symposium on Scientific Computing, Computer Arithmetic and Validated Numerics, Duisburg, September 2006

Dreyer, Alexander

Simulation Model of an Active Noise Control System

Euronoise 2006 – 6th European Conference on Noise Control, Tampere (FIN), Mai 2006

Dreyer, Alexander

PolyBoRi – Ein Framework für Boole'sche Polynome

Seminar der Gruppe »Algebra, Geometry and Computer Algebra«, TU Kaiserslautern, FB Mathematik, November 2006

Ettrich, Norman

Detaillierte Höhenmodelle für urban-hydrologische Abflussimulationen

München, März 2006

Ettrich, Norman

Gekoppelte Simulation urban-hydrologischer Abflussvorgänge

Trier, April 2006

Ettrich, Norman; Sommer, Thomas

Entwicklung eines 3-Zonen-Modells für das Grundwasser- und Infrastrukturmanagement nach extremen Hochwasserereignissen in urbanen Räumen

Hamburg, September 2006

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

On a two-level Domain Decomposition preconditioner for 3D Flow in anisotropic highly heterogeneous porous media

Strobl (A), Juli 2006

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

Two-level DD preconditioners for certain multi-scale problems

Texas A&M University, College Station, Texas, (USA), November 2006

Flores, Hector

A Tool for Multicriteria Reverse Engineering of Fleece Production Processes

GOR-Arbeitsgruppen »Entscheidungstheorie und -praxis« und »Fuzzy-Systeme, Neuronale Netze und Künstliche Intelligenz«, Kaiserslautern, März 2006

Giertzsch, Marc

Lokal adaptive mathematische Morphologie

Workshop Stochastische Geometrie und verwandte Gebiete, Karlsruhe, Dezember 2006

Godehardt, Michael

Wasserscheidentransformation als flexibles Werkzeug in der quantitativen Bildanalyse

31. BV-Forum, Kaiserslautern, Juli 2006

Godehardt, Michael

Verarbeitung von Volumenbildern

Workshop »Computertomographie und Analyseverfahren für industrielle Anwendungen«, Kaiserslautern, Oktober 2006

Günther, Marco

Simulation der Wechselwirkung Fäden-Luft in Filamentprozessen

21. Hofer Vliesstofftage, Hof, November 2006

Günther, Marco; Wegener, Raimund; Olawsky, Ferdinand

Modelling and Simulation of Nonwoven Processes

14th ECMI Conference, Madrid (E), Juli 2006

Hanne, Thomas

On utilizing infeasibility in multiobjective evolutionary algorithms

7th International Conference on MultiObjective Programming and Goal Programming, Tours (F), Juni 2006

Hanne, Thomas

A Primal-Dual Multiobjective Evolutionary Algorithm for Approximating the Efficient Set

Operations Research 2006, Karlsruhe, September 2006

Hietel, Dietmar

FIDYST – Fiber Dynamics Simulation Tool

45. Internationale Chemiefasertagung, Dornbirn (A), September 2006

Hietel, Dietmar

Simulation von Faserdynamiken zur Bestimmung und Optimierung von Materialeigenschaften

mtex 2006, Ausstellerforum, Chemnitz, Oktober 2006

Hietel, Dietmar

Simulation of Fiber Dynamics

ITWM-Colloquium – There is nothing more practical than a good theory, Kaiserslautern, September 2006

Iliev, Oleg

Challenges in upscaling filtration problems

Kaiserslautern, Juni 2006

Iliev, Oleg; Latz, Arnulf; Rief, Stefan;

Steiner, Konrad; Wiegmann, Andreas

On multiscale simulation of filtration processes

Kaiserslautern, September 2006

Iliev, Oleg; Latz, Arnulf; Steiner, Konrad;

Wiegmann, Andreas

On numerical simulation of industrial filtration processes and related problems

Borovetz (BG), August 2006

Iliev, Oleg; Lazarov, Raytcho; Willems, Jörg
On a two-level Domain Decomposition preconditioner for 3D Stokes flow in highly complicated geometry
Strobl (A), Juli 2006

Iliev, Oleg; Mikelic, Andro; Popov, Petr; Rybak, Iryna
Modeling and simulation of flow in deformable porous media
Stuttgart, März 2006

Iliev, Oleg; Muntz, Sabine; Naumovich, Anna
On interaction of fluid with deformable porous media
NAFEMS-Seminar »Die Simulation komplexer Strömungsvorgänge (Multifield FSI)«, Wiesbaden, Mai 2006

Iliev, Oleg; Naumovich, Anna
On efficient solvers for poroelasticity equations
Moskau (RUS), Juni 2006

Iliev, Oleg; Naumovich, Anna
Accurate and robust algorithms for solving a class of poroelasticity equations
Texas A&M University, College Station, Texas, (USA), November 2006

Iliev, Oleg; Vasileva, Daniela
On local refinement solver for coupled flow in plain and in porous media
Borovetz (BG), August 2006

Ivanov, Evgeny G.; Andrä, Heiko; Kudryavtsev, Alexey N.
Domain decomposition approach for automatic parallel generation of three-dimensional unstructured grids
European Conference on Computational Fluid Dynamics (ECCOMAS CFD 2006), Egmond aan Zee (NL), September 2006

Ivanov, Evgeny; Andrä, Heiko; Kudryavtsev, Alexey N.
Automatic parallel generation of tetrahedral grids by using a domain decomposition approach
International Conference on Numerical Geometry, Grid Generation and High Performance Computing, Moskau (RUS), Juli 2006

Ivanov, Evgeny
Parallel generation of unstructured grids for computational mechanics
Seminar of Institute of Mathematical Modeling, Russian Academy of Sciences, Moskau (RUS), Juli 2006 und Seminar »Mathematical modeling in Mechanics«, Institute for Theoretical and Applied Mechanics, Siberian Division of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk (RUS), September 2006

Ivanov, Evgeny
Robust Automatic Parallel Grid Generation and Local Refinement
Meeting with DESTENE company, ITWM Kaiserslautern, Mai 2006

Ivanov, Evgeny
Automatic Parallel Generation of 3D Unstructured Grids by Using a Domain Decomposition Approach
NUMECA international, Brüssel (B), Dezember 2006

Jegorovs, Jevgenis
On the Convergence of the WBM Solution in Certain Non-Convex Domains
International Conference on Noise and Vibration Engineering ISMA, Leuven (B), September 2006

Kehrwald, Dirk; Caiazzo, Alfonso; Maddu, Shankar; Thömmes, Guido; Becker, Jürgen; Latz, Arnulf; Rief, Stefan; Schulz, Volker; Steiner, Konrad; Wiegmann, Andreas
Gitter-Boltzmann-Simulation in der virtuellen Produktentwicklung
Südwestdeutsches Mechanik-Kolloquium 2006, TU Kaiserslautern, November 2006

Kehrwald, Dirk; Drese, Klaus Stefan; Latta, Daniel; Latz, Arnulf; Schönfeld, Friedhelm; Steiner, Konrad; Thömmes, Guido
Simulationsgestützte Auslegung von Dielektrophoresefiltern
NAFEMS-Seminar »Die Simulation komplexer Strömungsvorgänge (Multifield FSI)«, Wiesbaden, Mai 2006

Kehrwald, Dirk; Schulz, Volker
Relative permeability, capillary pressure, and effective diffusivity
Workshop »Microstructure Simulation and Material Design«, Kaiserslautern, Januar 2006

Kehrwald, Dirk; Thömmes, Guido; Becker, Jürgen; Klar, Axel; Steiner, Konrad; Wiegmann, Andreas; Vaikuntam, Ashok Kumar
Lattice Boltzmann and level set methods for fluid-structure interaction
Workshop »Lattice Boltzmann methods: analysis, numerics, and application to complex physics«, Kaiserslautern, März 2006

Korn, Ralf
Mathematische Modelle für Inflation: Bewertung inflationsgebundener Produkte und optimales Investment
Universität zu Köln, Januar 2006

Korn, Ralf
Portfolio optimization and statistics in stochastic volatility markets
Chalmers Universität, Göteborg (S), Februar 2006

Korn, Ralf
Mathematical Models for Inflation: Pricing of inflation-linked products and optimal Investment
Bilkent Universität, Ankara (TR), April 2006

Korn, Ralf
Credit Rating in View of Basel II (Lecture Series)
Ahmed-Conférence, Side (TR), April 2006

Korn, Ralf
Optimal Portfolios: New Variations of an Old Theme
Bilkent Universität, Ankara (TR), April 2006; GOR-Workshop, BASF Ludwigshafen, Mai 2006 und 21st European Conference on Operational Research, Reykjavik (IS), Juli 2006

Korn, Ralf
Langlebigkeitsbonds
Felix-Klein-Kolloquium 2006, Universität Düsseldorf, Juni 2006 und DGVFM-Nachwuchsworkshop, Schloss Reinsburg, Ulm, September 2006 und LMU München, Oktober 2006

Korn, Ralf
Optimales Investment mit Transaktionskosten: Theorie – Praxis
DGVFM-Workshop, ITWM Kaiserslautern, Oktober 2006

Korn, Ralf
Dividends: Modelling, Option Pricing, Portfolio Optimization
DMV-Tagung, Bonn, September 2006

Korn, Ralf
Modern Financial Mathematics in the Finance Industry: Optimal portfolios with transaction costs
ITWM-Colloquium »There is nothing more than a good theory«, September 2006

Korn, Ralf
Mathematische Modelle für optimales Investment: Klassische, neuere und praktische Aspekte
Universität Stuttgart, November 2006

Korn, Ralf
Morgen wird wie heute sein: Monotonie oder Optimalität?
Kolloquium »Mathematik und Philosophie«, TU Kaiserslautern, November 2006

Korn, Ralf
Optionspreisbewertung in populären Aktienpreismodellen
Oberwolfach, November 2006

- Korn, Ralf
Stochastik an der Börse: Muss das sein?
Jahrestagung der Mathematischen Gesellschaft,
Hamburg, November 2006
- Korn, Ralf
Mathematical Models for Inflation: Pricing of inflation-linked products and optimal Investment
King's College, London (GB), November 2006
- Korn, Ralf
The worst-case approach to optimal portfolios
University of Cambridge (GB), November 2006
- Kroisandt, Gerald
ALM am ITWM
DGVFM-Workshop, ITWM Kaiserslautern, Oktober 2006
- Küfer, Karl-Heinz
Gem stone cutting – a semiinfinite programming approach
ITWM-Colloquium »There is nothing more than a good theory«, September 2006
- Küfer, Karl-Heinz
Hochdimensionale multikriterielle Optimierung – Beispiele aus der Praxis
Hochschule Mittweida, September 2006
- Kuhnert, Jörg
Finite Pointset Method: Meshfree solver in Continuum Mechanics, Applications to Cutting Processes
14th ECMI Conference, Madrid (E), Juli 2006
- Lang, Patrick
Model Based Design Strategies for Active Vibration Control Systems
ITWM-Colloquium »There is nothing more than a good theory«, September 2006
- Lautensack, Claudia
Modelling of sintered structures
Statistisches Seminar, Chalmers University of Technology, Göteborg (S), Februar 2006
- Lautensack, Claudia
Modeling the microstructure of sintered copper
International Conference on Stereology, Spatial Statistics and Stochastic Geometry, Prag (CZ), Juni 2006
- Lautensack, Claudia
Anisotropy analysis of the system of air pores in polar ice
Spatial and Spatio-temporal Modelling in Biology, Ecology and Geosciences, Smøgen (S), August 2006
- Lautensack, Claudia
Random Laguerre tessellations
Stochastik-Tage, Frankfurt, März 2006
- Lautensack, Claudia
Analyse von Anisotropien räumlicher Punktprozesse
AG Stochastische Geometrie, Universität Karlsruhe, Juni 2006
- Lautensack, Claudia
Modelling the microstructure of materials
7th International Conference on Monte Carlo and Quasi-Monte Carlo Methods in Scientific Computing, Ulm, August 2006
- Lautensack, Claudia
Random Laguerre tessellations
Workshop »Probability and Convexity«, Freudenstadt, September 2006
- Linn, Joachim
Optimierung, Sensitivitätsanalyse und Modellreduktion
Workshop »Robust Design« des Fraunhofer NuSim-Verbundes am Fraunhofer ILT, Aachen, März 2006
- Linn, Joachim; Stephan, Thomas; Carlson, Johann S.; Bohlin, Robert
Fast simulation of quasistatic cable deformations for simulation applications in VR
European Conference of Mathematics in Industry (ECMI), Madrid (E), Juli 2006
- Maasland, Mark; Kohrt, Kristina
Automatische Qualitätskontrolle von Deckenplatten und Automobilteilen
Vortragsforum Fraunhofer Vision, Control 2006, Sinsheim, Mai 2006
- Maasland, Mark; Teutsch, Christian
Kombinierte optische Vermessung und Oberflächenprüfung von 3D-Objekten
Fraunhofer-Vision Seminar »Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung«, Karlsruhe, Juni 2006, Kaiserslautern, Dezember 2006
- Malten, Rebekka
Der Jordansche Oberflächensatz und 14-Nachbarschaften
Workshop Stochastische Geometrie und verwandte Gebiete, Karlsruhe, Dezember 2006
- Marheineke, Nicole; Panda, Satyananda; Wegener, Raimund
Dynamics of curved viscous fibers
14th ECMI Conference, Madrid (E), Juli 2006
- Melo, Teresa
Terminplanung und -steuerung im Krankenhaus
Jahrestagung der AG »OR im Gesundheitswesen« der Gesellschaft für Operations Research (GOR), Münster, Februar 2006
- Mohring, Jan; Wirsén, Andreas
Robust Controller Design based on integrated Simulation of An ANVC-System
EuroNoise2006, Tampere (FIN), Mai 2006
- Monz, Michael
An interactive multiobjective optimization method
GOR-Arbeitsgruppen »Entscheidungstheorie und -praxis« und »Fuzzy-Systeme, Neuronale Netze und Künstliche Intelligenz«, Kaiserslautern, März 2006
- Monz, Michael
Cone scalarising functions
OR 2006 (GOR), Karlsruhe, September 2006
- Monz, Michael
MIRA (Multicriteria Interactive Radiotherapy Assistant) – An IMRT planning tool
Massachusetts General Hospital, Boston, März 2006
- Müller, Marlene
Classification of High-dimensional Data by Semi-parametric Generalized Regression Models
Interface 2006 - 38th Symposium on the interface of statistics, computing science, and applications, Pasadena, California (USA), Mai 2006
- Müller, Marlene
KernGPLM – A Package for Kernel-Based Fitting of Generalized Partial Linear and Additive Models
useR! R-User-Konferenz, WU Wien (A), Juni 2006
- Müller, Marlene
Statistical Aspects of Basel II
DGVFM-Workshop, ITWM Kaiserslautern, Oktober 2006
- Natcheva-Acar, Kalina
Longevity Bonds-Pricing, Modeling and Application for German Data
21st European Conference on Operational Research, Reykjavik (IS), Juli 2006
- Naumovich, Anna
Efficient numerical solution of the Biot poroelasticity system in multilayered domains
Stuttgart, März 2006,
- Neunzert, Helmut
Industrial Mathematics in Europe: Experiences and Visions
Workshop in Applied Mathematics, Bedlowo (PL), April 2006
- Neunzert, Helmut
Mathematics is a Technology: Modeling – Simulation – Optimization – Software Development
Göteborg (S), Januar 2006

- Neunzert, Helmut
MACSI-net
IST, Brüssel (B), Februar 2006
- Neunzert, Helmut
Simulated Reality (Vorstellung der FhG)
Treviso (I), Juni 2006
- Neunzert, Helmut
Are pure and applied mathematics drifting apart?
Closing Round Table des ICM, Madrid (E), August 2006
- Neunzert, Helmut
Denn des Schönen ist nichts als des Schrecklichen Anfang
Symposium »Ornament – Spiegel subatomarer Welten?«, Mannheim, Oktober 2006
- Nickel, Stefan
Planning Patient Transports in Hospitals
Murcia (E), April 2006 und Montreal (CA), Mai 2006
- Nickel, Stefan
A New Geometric Approach to Territory Design Problems
Montreal (CA), Mai 2006
- Nickel, Stefan
MCDM Location Problems
Porto (P), Juni 2006
- Nickel, Stefan
A Tabu Search Based Heuristic for Dynamic Dial-a-Ride Problems Arising in In-House Hospital Transportation
Reykjavic (IS), Juli 2006
- Nickel, Stefan
Process Improvements in Hospital
Karlsruhe, September 2006
- Nickel, Stefan
Territory Design Problems
Teneriffa (E), September 2006
- Niedziela Dariusz; Latz Arnulf; Iliev Oleg
On 3d numerical simulations of viscoelastic fluids
ECCOMAS CFD 06, Egmond aan Zee (NL), September 2006
- Niedziela, Dariusz; Latz Arnulf; Iliev Oleg
Effiziente Strömungssimulation von Schmelzen und Suspensionen mit richtungsabhängigen Viskositäten
NAFEMS-Seminar »Die Simulation komplexer Strömungsvorgänge (Multifield FSI)«, Wiesbaden, Mai 2006
- Nögel, Ulrich
Modelling of Credit Derivatives
DGVFM Workshop »Wissenschaft und Praxis«, ITWM Kaiserslautern, Oktober 2006
- Nögel, Ulrich
Credit Derivatives
MDB ALM&Risk Management Forum, European Investment Bank, Luxemburg (L), Oktober 2006
- Nögel, Ulrich
Derivatives Contracts as Active Documents
7th WSEAS Int. Conference on Computer and Mathematics in Business and Economics (MCBE06), Cavtat (HR), Juni 2006
- Orlik, Julia
Homogenization of strength, fatigue and durability of periodic composites
DMV-Tagung 2006, Minisymposium »Homogenisierung«, Bonn, September 2006
- Peters, Stefanie
Beiträge zur Automatisierung und Optimierung des Entwurfs bildbasierter Erkennungssysteme (Teil 2)
31. BV-Forum, Kaiserslautern, Juli 2006
- Peters, Stefanie
Automatische Configuration von Bildverarbeitungssystemen
ITG-Fachgruppensitzung »Mikroelektronik neuronaler Netze«, Kaiserslautern, November 2006
- Peters, Stefanie; König, A.
Parameter optimization for texture analysis using genetic algorithms and particle swarm optimization
Kleinheubacher Tagung, Miltenberg, September 2006
- Prätzel-Wolters, Dieter
Das Simulationszentrum Rheinland-Pfalz (SRP)
Eröffnung des SRP, Kaiserslautern, Juni 2006
- Prätzel-Wolters, Dieter
Mathematik ist Technologie – Vorstellung des Fraunhofer ITWM
4. Treffen der ehemaligen Vorstände und Institutsleiter der FhG, Kaiserslautern, Juli 2006
- Prätzel-Wolters, Dieter
Mathematics is a Technology – Projects and Research at Fraunhofer ITWM
GMMC-Seminar, Chalmers Technical University, Göteborg (S), Mai 2006
- Rauhut, Markus
Inspektion von Leder – MASC-Leather
Verband der Deutschen Lederindustrie e.V., Hameln, September 2006
- Rauhut, Markus
Typischer Aufbau eines Online-Oberflächeninspektionssystems
Fraunhofer-Vision-Seminar »Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung«, Karlsruhe, Juni 2006, Kaiserslautern, Dezember 2006,
- Rief, Stefan; Iliev, Oleg; Kehrwald, Dirk; Latz, Arnulf; Steiner, Konrad; Wiegmann, Andreas
Simulation und virtuelles Design von Filtermedien und Filterelementen
Haus der Technik, Essen, September 2006
- Rösch, Ronald
Bildverarbeitung zur Qualitätskontrolle und Materialanalyse
Semesterthema Bildverarbeitung, Uni Hamburg, Juni 2006
- Scherrer, Alexander
The adaptive clustering method in inverse IMRT planning
Massachusetts General Hospital, Boston, Mai 2006
- Scherrer, Alexander
Clinical Radiotherapy Planning – compromising between Chances and Risks of Treatment Options
ITWM-Colloquium »There is nothing more than a good theory«, September 2006
- Schladitz, Katja
Estimating Intrinsic Volumes in Digital 3d Images
Spatial and Spatio-temporal Modelling in Biology, Ecology and Geosciences, Smoegen (S), August 2006
- Schladitz, Katja
Dreidimensionale Bilder
»Naturwissenschaft und Technik für Schülerinnen«, TU Kaiserslautern, Oktober 2006
- Schladitz, Katja
Geometrische Charakterisierung von Objekten und Phasen in Volumenbildern
Workshop »Computertomographie und Analyseverfahren für industrielle Anwendungen«, Kaiserslautern, Oktober 2006
- Schladitz, Katja; Godehardt, Michael
Geometric characterisation of light weight composites using computer tomographic images
9th European Conference on Non-Destructive Testing, Berlin, September 2006
- Schladitz, Katja; Ohser, Joachim; Nagel, Werner
Measuring Intrinsic Volumes in Digital 3d Images
13. Internationale Konferenz: »Discrete Geometry for Computer Imaginary«, Szeged, H, Oktober 2006

- Schröder, Michael
Interactive Multicriteria Decision Support – Clinical and Technical Applications
Workshop on »Challenges in the Optimization of Health and Bio-Systems«, Universität Graz, Mai 2006
- Schulz, Volker
Computersimulation zur optimierten Materialauswahl akustischer Komponenten im Fahrzeugbau
Chemnitz, Oktober 2006
- Schulz, Volker
Multiscale analysis of heterogeneous materials
Niedernhausen, Dezember 2006
- Sellier, Matthieu; Breitbach, Christian; Loch, Horst; Siedow, Norbert
Optimal mould design for the manufacture by compression moulding of high-precision lenses
8th ESG Conference, Sunderland (GB), September 2006
- Sellier, Matthieu; Breitbach, Christian; Loch, Horst; Siedow, Norbert
A fixed point iteration for optimal mold design in high-precision compression molding
14th ECMI Conference, Madrid (E), Juli 2006
- Siedow, Norbert
Radiative Heat Transfer in Glass Manufacturing
Eurotherm78 – Computational Thermal Radiation in Participating Media II, Poitiers (F), April 2006
- Siedow, Norbert
Indirect temperature measurement of hot glasses
ITWM-Colloquium »There is nothing more practical than a good theory«, Kaiserslautern, September 2006
- Speckert, Michael
Simulation and Optimization of Suspension Testing Systems
Universidad Carlos III de Madrid (E), Juli 2006
- Speckert, Michael; Dreßler, Klaus; Mauch, Heiko
MBS Simulation of a hexapod based suspension test rig
NAFEMS-Konferenz »Virtual Testing«, Wiesbaden, Mai 2006
- Steiner, Konrad
What are GeoDict, FilterDict and SatuDict?
Workshop »Mikrostruktursimulation und Virtuelles Materialdesign«, Kaiserslautern, Januar 2006
- Steiner, Konrad
Innovative Simulationstechniken als Werkzeug einer integrierten Produktpolitik am Beispiel von Formpressteilen im Automobilbau
IPP-Abschlussveranstaltung, Schwarzenbach, Mai 2006
- Steiner, Konrad
Virtuelles Design von Textilien für Medizin und Hygiene
Kooperationsforum »Funktionelle Textilien – Medizin, Gesundheit & Hygiene«, Augsburg, Mai 2006
- Strautins, Uldis; Latz, Arnulf
Flow driven orientation dynamics of flexible long fiber systems
3rd Annual European Rheology Conference, Hersonisos (GR), April 2006
- Streit, Anja; Zillich, Robert; Baumann, Petra; Klein, Peter
Differentiable mesoscopic fields in molecular dynamics simulations: construction, dynamics and coupling of length scales
Multiscale Material Modeling Conference 2006, Freiburg, September 2006
- Trinkaus, Hans L.
Multi Criteria Knowledge Management
EURO XXI, Reykjavik (IS), Juli 2006
- Trinkaus, Hans L.
Multi Perspective Knowledge Management and Decision Support
Operations Research, Karlsruhe, September 2006
- Weigel, Nicolas; Weihe, Stefan; Bitsch, Gerd; Dreßler, Klaus
Einsatz von Simulationswerkzeugen zur Auslegung und Optimierung von Prüfkonzepten
DVM, Steyr (A), Oktober 2006
- Wiegmann, Andreas
Virtual Materials for Virtual Material Design
GeoDict Workshop, Kaiserslautern, Januar 2006
- Wiegmann, Andreas
GeoDict & FilterDict: Software for the Virtual Material Design of new Filter Media
Workshop »New developments in Filtration Technology«, Loughborough University (GB), Februar 2006
- Wiegmann, Andreas
Filtermediendesign via Simulation
8. Symposium »Textile Filter«, Chemnitz, März 2006
- Wiegmann, Andreas
Simulation des Einflusses elektrischer Oberflächenladungen auf die Staubanlagerung an eine Faser
Seminar »Partikeltechnik«, Institut für mechanische Verfahrenstechnik und Mechanik, Universität Karlsruhe, Juni 2006
- Wiegmann, Andreas
Effective properties of technical textiles from microstructure simulations
ECMI, Madrid (E), Juli 2006
- Wiegmann, Andreas
Soot filtration simulation – generation of porous media on the micro scale from soot deposition on the nano scale
Second European Conference on Filtration and Separation, Compiègne (F), Oktober 2006
- Wiegmann, Andreas
Explicit Jump Solvers and Virtual Material Design
Texas A&M University, College Station, Texas (USA), September 2006
- Wiegmann, Andreas
Computer Models of Nonwoven Geometry and Filtration Simulation
International Nonwovens Technical Conference, Houston, Texas (USA), September 2006
- Wiegmann, Andreas; Zemitis, Aivars
Simulation of Thermal Conductivity, Diffusivity and Electric Force Fields
GeoDict Workshop, Kaiserslautern, Januar 2006

Andrä, Heiko
Festigkeitslehre
 Berufsakademie Mannheim,
 Sommersemester 2006 und Wintersemester 2006/2007

Andrä, Heiko
Kontaktmechanik
 TU Kaiserslautern, Wintersemester 2006/2007

Dreßler, Klaus; Bitsch, Gerd; Speckert, Michael
Dynamic Load Data – Analysis, Targets & Simulation
 ITWM Kaiserslautern, Mai 2006 und
 SCANIA, Södertälje (S), September 2006

Dreßler, Klaus; Speckert, Michael
Statistische Methoden in der Betriebsfestigkeit
 ITWM Kaiserslautern, Februar 2006 und
 Schaeffler AG, Schweinfurt, Juli 2006

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

Klar, Axel
Professur für Technomathematik
 Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern

Knaf, Hagen
Einblicke in die Biosignalanalyse
 TU Kaiserslautern, Wintersemester 2005/2006

Korn, Ralf
Professur für Finanzmathematik
 Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern

Korn, Ralf
Portfolio Optimization
 Université Louis Pasteur Strasbourg (F),
 Sommersemester 2006

Küfer, Karl-Heinz
Scheduling Algorithms
 TU Kaiserslautern, Sommersemester 2006

Küfer, Karl-Heinz; Scherrer, Alexander
Probability and Algorithms
 TU Kaiserslautern, Wintersemester 2006/2007

Kuhnert, Jörg
Introduction to FPM:
 1. Point Cloud Creation and Maintenance
 2. Approximations based on Point Clouds
 3. Different Numerical Schemes for Dynamics of
 Continuous Media
 Winter School, IIT Madras (IN), Dezember 2006

Melo, Teresa
*Optimization Methods for Logistics Systems
 Planning*
 TU Kaiserslautern, Wintersemester 2006/2007

Müller, Marlene
Multivariate Statistical Analysis
 TU Kaiserslautern, Sommersemester 2006

Müller, Marlene
Multivariate Statistical Analysis I
 Humboldt-Universität zu Berlin,
 Wintersemester 2005/2006

Müller, Marlene
Statistical Aspects of Credit Rating
 Humboldt-Universität zu Berlin,
 Wintersemester 2006/2007

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

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

Schröder, Michael
Hybrid Optimization Algorithms
 TU Kaiserslautern, Wintersemester 2006/2007

Schulz, Volker
Technische Mechanik I und II
 Fachhochschule Mannheim – Hochschule für Technik
 und Gestaltung,
 Sommersemester 2006 und Wintersemester 2006/2007

Teichmann, Emanuel
Technische Mechanik I und II
 Fachhochschule Mannheim – Hochschule für Technik
 und Gestaltung,
 Sommersemester 2006 und Wintersemester 2006/2007

Amstutz, Samuel; Andrä, Heiko
*A new algorithm for topology optimization using
 a level-set method*
 J. Comput. Phys. 216 (2), 573-588, 2006

Amstutz, Samuel; Andrä, Heiko; Matei, Iuliana;
 Teichmann, Emanuel
*A New Algorithm for 3d Topology Optimisation
 in Structural Mechanics Using a Level-Set Method*
 Proceedings of the Eighth International Conference on
 Computational Structures Technology

Banda, M.; Herty, M.; Klar, Axel
*Coupling conditions for gas networks governed
 by the isothermal Euler equations*
 NHM, 1 (2), 2006

Banda, M.; Herty, M.; Klar, Axel
Gas flow in pipeline networks
 NHM, 1 (1), 41-56, 2006

Banda, M.; Klar, Axel; Pareschi, L.; Seaid, M.
*Lattice Boltzmann type relaxation systems and
 relaxation schemes for the incompressible Navier
 Stokes equations*
 Mathematics of Computation, 2006

Banda, M.; Yong, Wen-An; Klar, Axel
Stability Structure of Lattice Boltzmann Equations
 SISC, 27 (6), 2098-2111, 2006

Bauer, Norbert; Aderhold, Jochen; Danzl,
 Reinhard; Rauhut, Markus
Lederoberflächen sicher prüfen
 Leder & Häute Markt, 11-12, November 2006

Bauer, Norbert; Maasland, Mark
Oberflächen zuverlässig prüfen
 Online Zeitschrift Werkstatttechnik, 6-2006, Springer
 VDI-Verlag, 402-404, Juni 2006

Beaudry, Alexandre; Laporte, Gilbert; Melo,
 Teresa; Nickel, Stefan
Dynamic transportation of patients in hospitals
 Berichte des Fraunhofer ITWM, 104, 2006

Beletski, Taras; Korn, Ralf
Optimal Investment with Inflation-linked Products
 Advances in Risk Management (Hrsg. G. N. Gregoriou),
 Palgrave Macmillan, 170-190, 2006

Bertschek, Irene; Müller, Marlene
*Productivity Effects of IT-Outsourcing: Semipara-
 metric Evidence for German Companies*
 Sperlich, S., Härdle, W., Aydinli, G. (Hrsg.): The Art of
 Semiparametrics. Physica, April 2006

- Boland, N.; Dominguez-Marin, P.; Nickel, Stefan; Puerto, J.
Exact Procedures for Solving the Discrete Ordered Median Problem
Computers & Operations Research, 33, 2006
- Broz, Jochen; Clauss, Christoph; Halfmann, Thomas; Lang, Patrick; Martin, Roland; Schwarz, Peter
Automated Symbolic Model Reduction for Mechatronical Systems
IEEE International Symposium on Computer-Aided Control Systems Design, 408-415, München, Oktober 2006
- Caiazzo, Alfonso
Analysis of Lattice Boltzmann nodes initialization in moving boundary problems
Tagungsband der ICMMS 2006, Juli 2006
- Ciegis, R.; Iliev, Oleg; Starikovicius, V.; Steiner, Konrad
Numerical algorithms for solving problems of multiphase flows in porous media
J. Mathematical Modeling and Analysis, Vol. 11, 133-148, 2006; Berichte des Fraunhofer ITWM, 89, 2006
- Degond, P.; Goettlich, S.; Herty, M.; Klar, Axel
A network model for supply chains with multiple policies
SIAM Multiscale Modeling and Simulation, 2006
- Di Oliveira, Leopoldo P. R.; Deraemaeker, Arnaud; Mohring, Jan; Desmet, Wim; Sas, Paul
Representing coupled vibro-acoustic models in controller design for ASAC problems
Proceedings of the International Conference on Noise and Vibration Engineering ISMA 2006, Leuven (B), September 2006
- Drese, Klaus Stefan; Kehrwald, Dirk; Latta, Daniel; Latz, Arnulf; Schönfeld, Friedhelm; Steiner, Konrad; Thömmes, Guido
Simulation based design of dielectrophoretic traps
Tagungsband des NAFEMS-Seminars »Die Simulation komplexer Strömungsvorgänge (Multifield FSI)«, Wiesbaden, Mai 2006
- Dreyer, Alexander; Halfmann, Thomas; Broz, Jochen; Kataja, Jari; Antila, Marko
Simulation Model of an Active Noise Control System
Euronoise 2006 - 6th European Conference on Noise Control, Acta Acustica united with Acustica, 92 (1), 14, Tampere (FIN), Mai 2006
- Dreyer, Alexander
Resolving Parameter Dependences for Interval Analysis of Linear Analog Circuits
Proc. 9th International Workshop on Symbolic Methods and Applications in Circuit Design (SMACD 2006), Florenz (I), Oktober 2006
- Dreyer, Alexander
Interval Methods for Analog Circuits
Berichte des Fraunhofer ITWM, 97, 2006
- Ettrich, Norman; Sieh, Wolfgang
Detaillierte städtische Höhenmodelle aus Laser-scannerdaten zur Simulation oberflächigen Wasserabflusses
Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 2/131, 2006
- Ewald, Christian; Zhang, Aihua
A New Method for the Calibration of Stochastic Volatility Models: The Malliavin Gradient Method
Journal of Quantitative Finance, 6 (2), 147-158, 2006
- Ewing, R.; Iliev, Oleg; Lazarov, Raytcho; Naumovich Anna
On convergence of certain finite volume difference discretizations for 1-D poroelasticity interface problems
Int. J. Num. Meth. PDEs, November 2006
- Frank M.; Dubroca, B.; Klar, Axel
Partial moment entropy approximation to the radiative heat transfer
JCP, 218, 1, 1-18, 2006
- Frank, M.; Hensel, Hartmut; Klar, Axel
Fast and accurate methods for dose calculations in electron radiotherapy
SIAM Appl. Math., 2006
- Fügensschuh, A.; Herty, M.; Klar, Axel; Martin, A.
Combinatorial and Continuous Models for the Optimization of Traffic Flows on Networks
SIOPT, 16 (4), 1155-1176, 2006
- Gal, Tomas; Hanne, Thomas
Nonessential objectives and the LOOPS method in MCDM
European Journal of Operational Research, 168, 584-592, 2006
- Göttlich, S.; Herty, M.; Klar, Axel
Modelling and Optimization of supply chains on complex networks
CMS, 4 (2), 315-330, 2006
- Götz, Thomas; Klar, Axel; Marheineke, Nicole; Wegener, Raimund
Fiber Lay-down Process in the Nonwoven Production
Berichte des Fraunhofer ITWM, 102, 2006
- Gugat, M.; Herty, M.; Klar, Axel; Leugering, G.
Conservation law constrained optimization based upon front-tracking
MMAN, 2006
- Halfmann, Thomas; Wichmann, Tim
Symbolic Methods in Industrial Analog Circuit Design
Scientific Computing in Electrical Engineering, Edited by A.M. Anile, G. Ali, G. Mascali, 87, Springer, 2006
- Hanne, Thomas
Applying multiobjective evolutionary algorithms in industrial projects
K.-H. Küfer, H. Rommelfanger, C. Tammer, K. Winkler (Eds.): Multicriteria Decision Making and Fuzzy Systems. Theory, Methods and Applications, 125-142, Shaker, Aachen 2006
- Hanne, Thomas
Interactive decision support based on multi-objective evolutionary algorithms
H.-D. Haasis, H. Kopfer, J. Schönberger (Eds.): Operations Research Proceedings 2005, 761-766, Springer, Berlin 2006
- Hensel, Hartmut; Iza-Teran, Rodrigo; Siedow, Norbert
Deterministic model for dose calculation in photon radiotherapy
Phys. Med. Biol., 51, 675-693, 2006
- Herty, M.; Illner, R.; Klar, Axel; Panferov, V.
Qualitative Properties of Solutions of Systems of Fokker-Planck Equations in Multilane Traffic Flow
TTSP, 2006
- Herty, M.; Klar, Axel; Piccolli, B.
Existence of solutions for supply chain models based on partial differential equations
SIAM J. Math. Anal., 2006
- Herty, M.; Klar, Axel; Singh, A. K.; Spellucci, P.
Smoothed Penalty Algorithms for Optimization of Nonlinear Models
COAP, 2006
- Hinjosa, Y.; Kalcsics, J.; Nickel, Stefan; Puerto, J.; Velten, S.
Dynamic Supply Chain Design with Inventory
Computers & Operations Research, available online, Oktober 2006
- Huber, O.; Klaus, H.; Dallner, R.; Bartl, F.; Eigenfeld, K.; Kovacs, B.; Godehardt, Michael
Herstellung und Eigenschaften syntaktischer Metallschäume mit unterschiedlichen Matrix- und Füllmaterialien: Beschreibung des Herstellungsverfahrens und der Füllmaterialien, Charakterisierung des Verformungsverhaltens unter unterschiedlichen Bedingungen (Teil 1)
Druckguss Praxis, 1/06, 19-24, Februar 2006

- Huber, O.; Klaus, H.; Dallner, R.; Bartl, F.; Eigenfeld, K.; Kovacs, B.; Godehardt, Michael
Herstellung und Eigenschaften syntaktischer Metallschäume mit unterschiedlichen Matrix- und Füllmaterialien: Einfluss unterschiedlicher Matrix- und Füllmaterialien auf die mechanischen Eigenschaften des syntaktischen Schaums (Teil 2)
Druckguss Praxis, 2/06, 69-75, März 2006
- Huber, O.; Klaus, H.; Dallner, R.; Bartl, F.; Eigenfeld, K.; Kovacs, B.; Godehardt, Michael
Herstellung und Eigenschaften syntaktischer Metallschäume mit unterschiedlichen Matrix- und Füllmaterialien: Einfluss unterschiedlicher Matrix- und Füllmaterialien auf die mechanischen Eigenschaften des syntaktischen Schaums (Teil 3)
Druckguss Praxis, 5/06, 205-216, Oktober 2006
- Iliev, Oleg; Linn, Joachim; Moog, Mathias; Niedziela, Dariusz; Starikovicius, Vadimas
On iterative solvers for Non-Newtonian flow equations
Int. J. Num. Meth. Heat and Fluid Flow, 16 (5), 602-616, 2006
- Iliev, Oleg; Linn, Joachim; Moog, Mathias; Niedziela, Dariusz; Starikovicius, Vadimas
On iterative solvers for non-Newtonian flow equations
Numerical Methods for Heat & Fluid Flow, Vol. 16 (No. 5), p. 602-616 (2006)
- Iliev, Oleg; Muntz, Sabine; Naumovich, Anna
On interaction of fluid with deformable porous media
Tagungsband des NAFEMS-Seminars »Die Simulation komplexer Strömungsvorgänge (Multifield FSI)«, Wiesbaden, Mai 2006
- Iliev, Oleg; Vasileva, Daniela
On a local refinement solver for coupled flow in plain and porous media
Springer Lecture Notes in Computer Science, 2006
- Ivanov, Evgeny; Andrä, Heiko; Kudryavtsev, Alexey
Automatic parallel generation of tetrahedral grids by using a domain decomposition approach
Proceedings of International Conference on Numerical Geometry, Grid Generation and High Performance Computing, 115-124, 2006
- Ivanov, Evgeny; Andrä, Heiko; Kudryavtsev, Alexey
Domain decomposition approach for automatic parallel generation of tetrahedral grids
Computational Methods in Applied Mathematics, 6 (2), 178-193, 2006;
Berichte des Fraunhofer ITWM, 87, 2006
- Ivanov, Evgeny; Andrä, Heiko; Kudryavtsev, Alexey
Domain decomposition approach for automatic parallel generation of three-dimensional unstructured grids
Proceedings of European Conference on Computational Fluid Dynamics (ECCOMAS CFD 2006), 295, 2006
- Jegorovs, Jevgenis
On the Convergence of the WBM Solution in Certain Non-Convex Domains
Proceedings of the International Conference on Noise and Vibration Engineering ISMA 2006, ID 183, Leuven (B), September 2006
- Jegorovs, Jevgenis; Mohring, Jan
On the Application of the Wave Based Method in the Case of an Exterior 3D Domain
Proceedings of the International Conference on Noise and Vibration Engineering ISMA 2006, ID 184, Leuven (B), September 2006
- Kaßbohm, Sven; Müller, Wolfgang H.; Feßler, Robert
Improved approximations of Fourier coefficients for computing periodic structures with arbitrary stiffness distribution
Computational Materials Science, 37, 90-93, 2006
- Kehrwald, Dirk; Drese, Klaus Stefan; Latta, Daniel; Latz, Arnulf; Schönfeld, Friedhelm; Steiner, Konrad; Thömmes, Guido
Simulation based design of dielectrophoretic traps
Tagungsband des NAFEMS-Seminars »Die Simulation komplexer Strömungsvorgänge (Multifield FSI)«, Mai 2006
- Kirchner, C.; Herty, M.; Klar, Axel
Instantaneous Control For Traffic Flow
MMAS, 2006
- Kirchner, Nina ; Steinmann, Paul
On the material setting of gradient hyper-elasticity
Mathematics and Mechanics of Solids (2006)
- Kirchner, Nina; Steinmann, Paul
Mechanics of extended continua: modeling and simulation of elastic microstretch materials
Computational Mechanics (2006)
- Kohrt, Kristina
Intensitätsbasierte Bildregistrierung in der industriellen Bildverarbeitung
Leitfaden zur Inspektion von Oberflächen mit Bildverarbeitung, Fraunhofer Vision, 9, 12-15, Mai 2006
- Korn, Ralf; Natcheva, Kalina; Zipperer, Jörg
Langlebigkeitsbonds – Bewertung, Modellierung und Aspekte für deutsche Daten
Blätter der DGVFM, XXVII, 3, 397-418, 2006
- Krekel, Martin; Wenzel, Jörg
A unified approach to Credit Default Swaption and Constant Maturity Credit Default Swap valuation
Berichte des Fraunhofer ITWM, 96, 2006
- Küfer, Karl-Heinz; Wiegmann, Andreas; Zemitis, Aivars
EJ-HEAT: A Fast Explicit Jump Harmonic Averaging Solver for the Effective Heat Conductivity of Composite Materials
Berichte des Fraunhofer ITWM, 94, 2006
- Lampert, C.; Wirjadi, Oliver
An Optimal Nonorthogonal Separation of the Anisotropic Gaussian Convolution Filter
IEEE Transactions on Image Processing, 15, 3501-3513, November 2006
- Lampert, C.; Wirjadi, Oliver
Anisotropic Gaussian Filtering using Fixed Point Arithmetic
Proc. IEEE International Conference on Image Processing, 1565-1568, 2006
- Lang, Holger; Bitsch, Gerd; Dreßler, Klaus; Speckert, Michael
Comparison of the solutions of the elastic and elastoplastic boundary value problems
Berichte des Fraunhofer ITWM, 99, 2006
- Lang, Holger; Dreßler, Klaus; Pinnau, René
Lipschitz estimates for the stop and the play operator
AGTM Report, TU Kaiserslautern, No. 266, 2006
- Lang, Holger; Dreßler, Klaus; Pinnau, René; Bitsch, Gerd
A homotopy between the solutions of the elastic and the elastoplastic boundary value problem
AGTM report, TU Kaiserslautern, 268, 2006
- Lang, Holger; Dreßler, Klaus; Pinnau, René; Speckert, Michael
Error estimates for quasistatic global elastic correction and linear kinematic hardening material
AGTM Report, TU Kaiserslautern, 267, 2006
- Latz, Arnulf; Rief, Stefan; Wiegmann, Andreas
Research note: Computer simulation of air filtration including electric surface charges in 3-dimensional fibrous microstructures
Filtration, 6 (2), 169-172, 2006

- Lautensack, Claudia; Schladitz, Katja; Särkkä, A.
Modeling the microstructure of sintered copper
Proceedings of 6th International Conference on Stereology, Spatial Statistics and Stochastic Geometry (S4G), Prag (CZ), 2006
- Lautensack, Claudia; Sych, Tetyana
3d image analysis of open foams using random tessellations
Image Analysis & Stereology, 25, 87-93, 2006
- Linn, Joachim; Stephan, Thomas; Carlson, Johann S.; Bohlin, Robert
Fast simulation of quasistatic cable deformations for simulation applications in VR
Proc. of the European Conference of Mathematics in Industry (ECMI 2006), submitted
- Lochegnies, Dominique; Siedow, Norbert; Monnoyer, F.; Aben, H.; Ourak, M.; Langlais, R.
Modelling of the thermal tempering of flat glass: determination of the radiation and convection exchanges, prediction and control of the residual stresses
Proceedings of the ESG 2006, Sunderland (GB), September 2006
- Maasland, Mark; Teutsch, Christian
Kombinierte optische Vermessung und Oberflächenprüfung von 3D-Objekten
Leitfaden zur Inspektion von Oberflächen mit Bildverarbeitung, Fraunhofer Vision, 9, 41-43, Mai 2006
- Maasland, Mark; Teutsch, Christian
Kombinierte optische Vermessung und Oberflächenprüfung von 3D-Objekten
Tagungsband zum Fraunhofer-Vision-Seminar »Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung«, Karlsruhe, Juni 2006
- Marheineke, Nicole; Wegener, Raimund
Fiber Dynamics in Turbulent Flows – General Modeling Framework
SIAM Journal on Applied Mathematics, 66 (5), 1703-1726, 2006
- Marheineke, Nicole; Wegener, Raimund
Mathematical Force Concept for the One-Way-Coupling of Dynamic Fibers and Turbulent Flows
Proc. Appl. Math. Mech. 6, Wiley, 2006
- Marin, A.; Nickel, Stefan; Puerto, J.; Velten, S.
A Flexible Model and Efficient Solution Strategies for Discrete Location Problems
Operations Research Proceedings 2005, Springer, 2006
- Melo, Teresa; Nickel, Stefan; Saldanha da Gama, F.
Dynamic Multi-Commodity Capacitated Facility Location: A Mathematical Modeling Framework for Strategic Supply Chain Planning
Computers & Operations Research, 33, 181-208, 2006
- Mohring, Jan; Wirsén, Andreas
Robust Controller Design based on integrated Simulation of An ANVC-System
Proceedings of EuroNoise2006, Tampere (FIN), Juni 2006
- Mohring, Jan; Wirsén, Andreas
Robust Controller Design on Integrated Simulation of an ANVC-System
Euronoise 2006 – 6th International Conference on Noise Control, Tampere 2006, Acta Acustica United with Acustica, 92, 2006
- Naumovich, Anna
On a finite volume discretization of the three-dimensional Biot poroelasticity system in multi-layer domains
Comp. Meth. Appl. Math., 6 (3), 306, 2006
- Naumovich, Anna; Gaspar, Francisco
On a multigrid solver for the 3D Biot poroelasticity system in multilayered domains
Computations and Visualization in Science, 2006; Berichte des Fraunhofer ITWM, 85, 2006
- Niedziela, Darisuz; Iliev, Oleg; Latz Arnulf
On 3D numerical simulations of viscoelastic fluids
Berichte des Fraunhofer ITWM, 90, 2006
- Nögel, Ulrich; Reitz, Markus
Components: A Valuable Investment in Financial Engineering
4th international Symposium on Principles and Practices of Programming in Java (PPPJ06), ACM International Conference Proceeding Series, 178, 153-162, 2006
- Nögel, Ulrich; Reitz, Markus
Composable Component-Oriented Derivative Contracts
WSEAS Transactions on Information Science and Applications, 9 (3), 1756-1764, 2006
- Nögel, Ulrich; Reitz, Markus
Derivatives Contracts as Active Documents
Proceedings of 7th WSEAS International Conference of Computers and Mathematics in Business and Economics (MCBE06), Cavtat (HR), 2006
- Orlik, Julia; Ostrovska, Arina
Space-Time Finite Element Approximation and Numerical Solution of Hereditary Linear Viscoelasticity Problems
Berichte des Fraunhofer ITWM, 92, 2006
- Panda, Satyananda; Wegener, Raimund; Marheineke, Nicole
Slender Body Theory for the Dynamics of Curved Viscous Fibers
Berichte des Fraunhofer ITWM, 86, 2006
- Peverzyev, Sergiy; Pinnau, René; Siedow, Norbert
Regularized Fixed-Point Iterations for Nonlinear Inverse Problems
Inverse Problems, 22, 1-22, 2006
- Peters, Stefanie; König, A.
A Contribution to Automatic Design of Image Processing Systems – Breeding Optimized Non-Linear and Oriented Kernels for Texture Analysis
6th International Conference on Hybrid Intelligent Systems (HIS '06), Auckland (NZ), 2006
- Peters, Stefanie; König, A.
A Contribution to Automatic Design of Image Processing Systems – Segmentation of Thin and Thick Fibers in 2d and 3d Images
International Conference on Instrumentation, Communication and Information Technology (ICICI) 2005 Proc., Bandung (ID), 2006
- Platte, Daniel; Sommer, Ralf; Broz, Jochen; Dreyer, Alexander; Halfmann, Thomas; Barke, Erich
Automatische nichtlineare Verhaltensmodellierung mit sequentieller Gleichungsstruktur
9. GMM/ITG-Diskussionssitzung Analog, 06: Entwicklung von Anlogschaltungen mit CAE-Methoden, Dresden, September 2006
- Rauhut, Markus
Konzeption und Aufbau eines Online-Oberflächeninspektionssystems
Leitfaden zur Inspektion von Oberflächen mit Bildverarbeitung, Fraunhofer Vision, 9, 5-8, Mai 2006
- Rauhut, Markus
Typischer Aufbau eines Online-Oberflächeninspektionssystems
Tagungsband zum Fraunhofer-Vision-Seminar »Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung«, Karlsruhe, Juni 2006
- Rief, Stefan; Iliev, Oleg; Kehrwald, Dirk; Latz, Arnulf; Steiner, Konrad; Wiegmann, Andreas
Simulation und virtuelles Design von Filtermedien und Filterelementen
Durst, M. und Klein, G.-M. (Hrsg): Filtration in Fahrzeugen, Expert-Verlag, Renningen, 2006
- Rief, Stefan; Latz, Arnulf; Wiegmann, Andreas
Research Note: Computer Simulations of air Filtration including Electric Surface Charges in 3-dimensional fibrous microstructures
Filtration, 6 (2), 169-172, 2006
- Sandfort, K.; Ohser, Joachim
Labeling of n-dimensional images with choosable adjacency of the pixels
IWRMM, Universität Karlsruhe, Preprint Nr. 06/07, August 2006

- Sarishvili, Alex; Andersson, Ch.; Franke, J.; Kroisandt, Gerald
On the Consistency of the Blocked Neural Network Estimator in Time Series Analysis
 Neural Computation, 18 (10), 2006
- Schladitz, Katja; Godehardt, Michael
Geometric characterisation of light weight composites using computer tomographic images
 9th European Conference on Non-Destructive Testing, Berlin, September 2006
- Schladitz, Katja; Peters, Stefanie; Reinel-Bitzer, Doris; Wiegmann, Andreas; Ohser, Joachim
Design of acoustic trim based on geometric modeling and flow simulation for non-woven
 Computational Materials Science, 38, 56-66, Elsevier, 2006
- Schladitz, Katja; Peters, Stefanie; Reinel-Bitzer, Doris; Wiegmann, Andreas; Ohser, Joachim
Design of acoustic trim based on geometric modeling and flow simulation for non-woven
 Computational Materials Science, 38 (1), 56-66, 2006
- Schneider, E.; Seaid, M.; Janicka, J.; Klar, Axel
Validation of simplified PN models for radiative transfer in combustion systems
 Comm. Num. Meth. Eng., 2006
- Schulz, Volker P.; Mukherjee, Partha P.; Becker, Jürgen; Wiegmann, Andreas; Wang, Chao-Yang
Numerical Evaluation of Effective Gas Diffusivity - Saturation Dependence of Uncompressed and Compressed Gas Diffusion Media in PEFCs
 Proceedings of the 210th ECS Meeting, T. Fuller, C. Bock, S. Cleghorn, H. Gasteiger, T. Jarvi, M. Mathias, M. Murthy, T. Nguyen, V. Ramani, E. Stuve, T. Zawodzinski, 3 (1), 1069-1076, 2006
- Seaid, M.; Teleaga, I.; Klar, Axel; Struckmeier, J.
Radiation models for thermal flows at low Mach numbers
 JCP, 215, 506-525, 2006
- Sellier, Mathieu; Breitbach, Christian; Loch, Horst; Siedow, Norbert
Optimal mould design for the manufacture by compression moulding of high-precision lenses
 Proceedings of the ESG 2006, Sunderland (GB), September 2006
- Siedow, Norbert
Radiative Heat Transfer in Glass Manufacturing
 Proceedings of Eurotherm78 – Computational Thermal Radiation in Participating Media II, Poitiers (F), April 2006
- Sommer, Ralf; Platte, Daniel; Broz, Jochen; Dreyer, Alexander; Halfmann, Thomas; Barke, Erich
Automatic Nonlinear Behavioral Model Generation using Sequential Equation Structures
 Proc. 9th International Workshop on Symbolic Methods and Applications in Circuit Design (SMACD 2006), Florence (I), Oktober 2006
- Stark, H.-G.; Rauhut, Markus; Redenbach, Thomas; Rösch, Ronald
Entwicklung eines Systems zur Oberflächeninspektion von Mineralfaserplatten – Ein Beispiel für erfolgreichen Ideentransfer
 Automation Valley (Elektrotechnik), 20-22, November 2006
- Süss, Philipp; Küfer, Karl-Heinz
Balancing control and simplicity: a variable aggregation method in intensity modulated radiotherapy planning
 Berichte des Fraunhofer ITWM, 103, 2006
- Tiwari, Sudarshan; Antonov, Sergey; Hietel, Dietmar; Kuhnert, Jörg; Olawsky, Ferdinand; Wegener, Raimund
A Meshfree Method for Simulations of Interactions between Fluids and Flexible Structures
 Meshfree Methods for Partial Differential Equations III, Editors Griebel, M., Schweitzer, M.A., Springer, 249-264, 2006
- Velásquez, Rafael; Melo, Teresa
A Set Packing Approach for Scheduling Elective Surgical Procedures
 H.-D. Haasis, H. Kopfer, J. Schönberger (Eds.): Operations Research Proceedings 2005, 167-172, Springer, Berlin 2006
- Velásquez, Rafael; Melo, Teresa; Nickel, Stefan
An LP-based Heuristic Approach for Strategic Supply Chain Design
 H.-D. Haasis, H. Kopfer, J. Schönberger (Eds.): Operations Research Proceedings 2005, 425-430, Springer, Berlin 2006
- Velichko, A.; Schladitz, Katja; Holzapfel, C.; Mücklich, F.
3D-Charakterisierung der Graphitmorphologie mit Hilfe der FIB-Nanotomographie
 Praktische Metallographie, Sonderband 38, 169-176, 2006
- Weigel, Nicolas; Weihe, Stefan; Bitsch, Gerd; Dreßler, Klaus
Einsatz von Simulationswerkzeugen zur Auslegung und Optimierung von Prüfkonzepten
 DVM-Bericht 133, 33. Tagung des DVM-Arbeitskreises Betriebsfestigkeit, S. 163-176, Steyr (A), Oktober 2006
- Wirjadi, Oliver; Breuel, T.M.; Feiden, W.; Kim, Y.
Automated Feature Selection for the Classification of Meningioma Cell Nuclei
 Informatik aktuell, Bildverarbeitung für die Medizin, 76-80, Springer, 2006
- Wirsén, Andreas; Humer, Mathias
Online-Monitoring von Torsionsschwingungen in Wellensträngen von Kraftwerksturbinen
 Proceedings Schwingungsdiagnostische Überwachung von Kraftwerksturbinen – Methoden, Nutzen, Erfahrung, Symposium Schwingungsdiagnose, 345-370, Potsdam, 2006

- Acar, Sarp Kaya
Aspects of Optimal Capital Structure and Default Risk
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Acevedo Cabra, Ricardo
State Space vs. ARMA Models in Multivariate Macroeconomic Forecasting
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Azizi-Sultan, Ahmad-Saher
Optimization of Beam Orientations in Intensity Modulated Radiation Therapy Planning
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Bajars, Janis
A New Variational Finite Element Approach for Elastic Beams
Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Beaudry, Alexandre
Heuristic Procedures for a Dynamic Dial-a-Ride Problem for Patient Transportation in Hospitals
Masterarbeit, Universität Montreal, Kanada
- Berger, Martin
Module Placement in 2.5D System in Package Design Automation
Masterarbeit, FH Mittweida
- Bustamante, Jose Pablo
Spectral Analysis and GARCH Processes
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Caiazzo, Alfonso
Asymptotic Analysis of lattice Boltzmann method for Fluid-Structure Interactin Problems
Dissertation, Scuola Normale Superiore, Pisa (I), TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Clavero Rasero, Beatriz
Statistical Aspects of Setting up a Credit Rating System
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Dankert, Tanja
Comparison and Visualization of Statistical Classification Methods for Credit Defaults
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Feth, Sascha
Biasreduzierung für Quantilschätzer in der Betriebsfestigkeit
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Gramsch, Simone
Integral Formulæ and Wavelets on Regular Regions of the Sphere
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Hakimhashemi, Amir Hossein
Analysis of Road AccidentData using a Linear Regression Model and a Regression Tree Model
Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Klein, Sonja
Multicriteria Optimization Methods for Schedule Synchronization in Public Transit
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Kneip, Frank
Iterative Learning Control for Nonlinear Systems – An Operating Regime Based Approach
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Krämer, Axel
On Discontinuous Galerkin Methods, error estimates and adaptive implementation
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Lemke, Diana
Balanced Truncation Methods for Nonlinear Systems
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Leßmeister, Carolin
Data aggregation methods for preconditioning primal-dual barrier methods in linear optimization
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Martens, Katja
Untersuchungen zu FFT-basierten Registrierungsverfahren mit Subpixelgenauigkeit
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Meyne, Christian
Hinf-controller networks for compensation of actuators hysteresis
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Monz, Michael
Pareto Navigation – Interactive multiobjective optimisatoin and its application in radiotherapy planning
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Nacke, Oliver
Verbesserung der Darstellungsqualität einer texturbasierten Volumenvisualisierung unter Verwendung moderner Shadertechnologie
Diplomarbeit, FH Oldenburg/Ostfriesland/Wilhelms- haven, FB Informatik
- Natcheva-Acar, Kalina
On Numerical Pricing Methods of Innovative Financial Products
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Niederberger, Nadine
The Global Cardinality Constraint – Applications, Filtering Algorithms and Extensions
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Niedziela, Dariusz
On numerical simulations of viscoelastic fluids
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Omari-Sasu, Akoto Yaw
Investigating extreme value distributions
Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Panda, Satyananda
The dynamics of Viscous Fibers
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Pereverzyev, Sergiy
Method of Regularized Fixed-Point and its Application
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Pitova, Yana
Logistic Regression in the World of Generalized Linear Models
Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Scherrer, Alexander
Adaptive approximation of nonlinear minimization problems - the adaptive clustering method in inverse radiation therapy planning
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Seibold, Benjamin
M-Matrices in meshless finite difference methods
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Shen, Zhuhui
Loss Given Default Modeling
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Streit, Anja
Coupling of different length scales in molecular dynamics simulations
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Tratsiakova, Natallia
Pricing of CDOs
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Viriyopase, Attaphon
Approximated balanced truncation via empirical gramians
Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Willems, Jörg
Efficient Preconditioners for Multiscale Flow Problems
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Messe- und Konferenzteilnahmen

- AcquaAlta*
Hamburg, September 2006, Aussteller und Vortrag
- Ahmamed-Conference*
Side (TR), April 2006, Vortragsserie
- Analog 2006*
Dresden, September 2006, Vortrag
- 3rd Annual European Rheology Conference*
Hersonisos (GR), April 2006, Vortrag
- CeBIT*
Hannover, März 2006, Aussteller (auf IBM-Stand)
- 45. Chemiefasertagung*
Dornbirn (A), September 2005, Aussteller und Vortrag
- Colloquium on Numerical Upscaling*
Kaiserslautern, Juni 2006, Organisator und Vorträge
- 6th Conference on Numerical Methods and Applications*
Borovetz (BG), August 2006, Vortrag
- Control 2006*
Sinsheim, Mai 2006, Aussteller
- 1st DASMODO-Summer-School*
TU Kaiserslautern, Juli/August 2006, Mitveranstalter
- 13. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Finanzwirtschaft*
Oestrich-Winkel, Oktober 2006, Teilnehmer
- 13. Internationale Konferenz: »Discrete Geometry for Computer Imaginary«*
Szeged (H), Oktober 2006, Vortrag
- DGVFM-Workshop*
Kaiserslautern, Oktober 2006, Veranstalter und Vorträge
- DMV-Tagung 2006*
Bonn, September 2006, Vorträge
- 17th Domain Decomposition Conference*
Strobl (A), Juli 2006, Minisymposium und Vorträge
- 33. Tagung des DVM-Arbeitskreises Betriebsfestigkeit*
Steyr (A), Oktober 2006, Vorträge
- DVM-Workshop »Prüfmethodik für Betriebsfestigkeitsversuche in der Fahrzeugindustrie«*
Darmstadt, Februar 2006, Vortrag
- 68th EAGE Conference & Exhibition incorporating SPE Europec 2006*
Wien (A), Juni 2006, Aussteller
- EuroMold*
Frankfurt, November 2006, Aussteller
- European Conference on Computational Fluid Dynamics (ECCOMAS CFD 2006)*
Egmond aan Zee (NL), September 2006, Vortrag
- 14th European Conference of Mathematics in Industry 2006*
Madrid (E), Juli 2006, Vortrag
- 9th European Conference on Non-Destructive Testing*
Berlin, September 2006, Vortrag
- 21st European Conference on Operational Research (EURO 2006)*
Reykjavik (IS), Juli 2006, Vorträge
- FILTREX*
München, Oktober 2006, Aussteller
- Fonds 2006*
Zürich (CH), Februar 2006, Teilnehmer
- Forum »Intelligente Sensorik«*
Nürnberg, Mai 2006, Poster
- Fraunhofer IPA-Technologieforum »Machine Vision Excellence - Qualitätskontrolle für die industrielle Fertigung«*
Stuttgart, Juli 2006, Teilnehmer
- Fraunhofer-Vision-Seminar »Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung«*
Karlsruhe, Juni 2006, Vorträge
- Fraunhofer-Vision-Seminar »Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung«*
Kaiserslautern, Dezember 2006, Veranstalter und Vorträge
- Funktionelle Textilien*
Augsburg, Mai 2006, Aussteller und Vortrag
- Global Derivatives 2006*
Paris (F), Mai 2006, Teilnehmer
- Global Grid Forum/GGF16*
Athen (GR), Februar 2006, Aussteller
- Global Grid Forum/GGF17*
Tokyo (JP), Mai 2006, Aussteller
- Global Grid Forum/GGF18*
Washington D.C. (USA), September 2006, Aussteller
- GOR-Workshop*
BASF Ludwigshafen, Mai 2006, Vortrag
- Hannovermesse 2006*
Hannover, April 2006, Aussteller
- 30. Heidelberger Bildverarbeitungsforum »Zukunftsperspektiven digitaler Bildverarbeitung in Forschung und Anwendung«*
Heidelberg, März 2006, Teilnehmer
- 31. Heidelberger Bildverarbeitungsforum »Neue Algorithmen für die Bildverarbeitung«*
Kaiserslautern, Juli 2006, Veranstalter und Vorträge
- 32. Heidelberger Bildverarbeitungsforum »Gewinnung optimal auswertbarer Bilder«*
Karlsruhe, Oktober 2006, Teilnehmer
- 21. Hofer Vliesstofftage*
Hof, November 2006, Aussteller und Vortrag
- ICMMES 2006*
Hampton, Virginia (USA), Juli 2006, Vortrag
- 8th IMACS Symposium on Iterative Methods*
College Station, Texas (USA), November 2006, Vortrag
- Industrieforum »Bildgebende Röntgenverfahren – neue Einblicke in kleinste Strukturen«*
Karlsruhe, November 2006, Poster
- Interface 2006 - 38th Symposium on the interface of statistics, computing science, and applications*
Pasadena, California (USA), Mai 2006, Vortrag
- 8th International Conference on Computational Structures Technology*
Las Palmas de Gran Canaria (E), September 2006, Vortrag
- 7th International Conference on Monte Carlo and Quasi-Monte Carlo Methods in Scientific Computing*
Ulm, August 2006, Vortrag
- International Conference on Numerical Geometry, Grid Generation and High Performance Computing*
Moskau (RUS), Juli 2006, Vortrag

International Conference on Stereology, Spatial Statistics and Stochastic Geometry
Prag (CZ), Juni 2006, Vortrag

Jahrestagung der Mathematischen Gesellschaft
Hamburg, November 2006, Vortrag

Kleinheubacher Tagung
Miltenberg, September 2006, Vortrag

Konferenz für angewandte Optimierung in der virtuellen Produktentwicklung
Karlsruhe, März 2006, Vortrag

Lattice-Boltzmann-Methoden
Kaiserslautern, März 2006, Veranstalter

»MediaMit Kaiserslautern« (regionale IT-Messe)
Kaiserslautern, Oktober 2006, Aussteller

»mtex 2006« – Internationale Messe und Symposium für Textilien und Verbundstoffe im Fahrzeugbau
Chemnitz, Oktober 2006, Aussteller und Vorträge

Mikrostruktursimulation und Virtuelles Materialdesign
Kaiserslautern, Januar 2006, Veranstalter

Multiscale Material Modeling Conference 2006
Freiburg, September 2006, Vortrag

NAFEMS-Seminar »Virtual Testing«
Wiesbaden, Mai 2006, Vorträge

NAFEMS-Seminar »Die Simulation komplexer Strömungsvorgänge«
Wiesbaden, Mai 2006, Vorträge

Nonwovens Research Academy
Lille (F), April 2006, Teilnehmer

Schwingungssymposium Potsdam (Torsionserfassung und -analyse)
Potsdam, März 2006, Vortrag

4. Sensortage
Bensheim, März 2006, Teilnehmer

Stochastik-Tage Frankfurt
Frankfurt, März 2006, Vortrag

SuperComputing06
Tampa Bay, Florida (USA), November 2006, Aussteller (gemeinsam mit Linux Networx)

Symposium »Fahrerassistenzsysteme«
Aschaffenburg, April 2006, Teilnehmer

Symposium »Material Innovativ«
Bayreuth, März 2006, Poster

Symposium zur schwingungsdiagnostischen Überwachung von Turbosätzen
Potsdam, März 2006, Aussteller

Tagung des Ausschusses für Ökonometrie des Vereins für Socialpolitik
Rauischholzhausen bei Marburg, März 2006, Teilnehmer

16. Technologie- und Innovations-Forum »Neue Wege zu neuen Märkten – Geschäftsfelder erschließen, Marktchancen erkennen«
TU Kaiserslautern, April 2006, Aussteller

Technotag
TU Kaiserslautern, Mai 2006, Aussteller

user! R-User-Konferenz
WU Wien (A), Juni 2006, Vortrag

Vision 2006
Stuttgart, November 2005, Aussteller

5. Weltkongress für Biomechanik
München, August 2006, Poster

Workshop »Bildverarbeitung für die Medizin«
Hamburg, März 2006, Poster

Workshop »Computertomographie und Analyseverfahren für Industrielle Anwendungen«
Kaiserslautern/Saarbrücken, Oktober 2006, Veranstalter und Vorträge

Workshop »Robust Design« des Fraunhofer NUSim-Verbundes am Fraunhofer ILT
Aachen, 23. März 2006, Vortrag

Workshop on Model Concepts for Fluid-Fluid and Fluid-Solid Interactions
Stuttgart, März 2006, Vortrag

Workshop Probability and Convexity
Freudenstadt, September 2006, Vortrag

Workshop Spatial and Spatio-temporal Modeling in Biology, Ecology and Geosciences
Smoegeen (S), August 2006, Vorträge

Workshop Stochastische Geometrie und verwandte Gebiete
Karlsruhe, Dezember 2006, Vorträge

Zulieferer-Innovativ
Ingolstadt, Juli 2006, Aussteller und Vortrag

Albrecher, Hansjörg (Linz/Graz, Österreich)
Model-independent bounds for Asian option prices
Oktober 2006

Bergomi, Lorenzo (SG Paris, Frankreich)
Volatility dynamics
September 2006

Bhattacharyya, Somnath (Indian Institute of Technology Kharagpur, Indien)
Particles dynamics, aggregates, CFD
Oktober 2006

Bilotta, Giuseppe (Universität Catania, Italien)
Fuzzy FEM
Juli 2006

Bilotta, Giuseppe (Universität Catania, Italien)
Interval arithmetic, Fuzzy-FEM, Sensitivity-Analysis
Juli 2006

Brandt, Achi (Weizmann-Institut, Israel, UCLA, USA)
Mehrgitter- und Multiskalenmethoden
August 2006

Ciegis, Raimondas (TU Wilna, Litauen)
Gebietszerlegung für gekoppelte Strömungsprobleme
März 2006

Efendiev, Yalchin (Texas A&M University, USA)
Multiscale problems, Finite elements, Porous media flow
Juni 2006

Ewald, Christian (University of Leeds, England)
Stochastic Volatility and Malliavin Calculus
April–Juli 2006

Ewing, Richard (Texas A&M University, USA)
Multiskalen- und Multiphysikprobleme im Zusammenhang mit porösen Medien
Mai 2005

Georgievski, D. (Staatliche Universität Moskau, Russland)
Modelling and analysis for fluid and solid mechanics problems
November 2006

Javier Etcheverry (CINI-Siderca/Tenaris, Argentinien)
Mathematical modeling of magnetic inspection processes of steel pipes
Dezember 2005 – März 2006

Kumar, Rathish (Indian Institute of Technology Kanpur, Indien)
Parallele Algorithmen für FPM
Mai 2006 – Februar 2007

Kuznetsov, Yuri (Universität Houston, USA)
Gebietszerlegungsmethoden, Mortarmethoden und iterative Löser
November 2006

Lazarov, Raytcho (Texas A&M University, USA)
Numerische Methoden für partielle Differentialgleichungen
Dezember 2005 – Juli 2006

Lindberg, Carl (Chalmers Universität, Göteborg, Schweden)
Portfolio Optimization and Stochastic Volatility
Februar 2006

Margenov, Svetozar (Institut für Parallele Datenverarbeitung Sofia, Bulgarien)
Mehrskalmodellierung menschlicher Knochen
Dezember 2006

Meyer, Michael J. (Wien, Österreich)
A driftless LIBOR-market model
Mai 2006

Mikelic, Andro (Universität Lyon, Frankreich)
Homogenisierung von beladenen Filtern
September 2006

Mondal, Arindam (IIT Madras, Indien)
Portfolio Optimization
August 2006 – Januar 2007

Nalholm, Morten (Universität Kopenhagen, Dänemark)
Dynamic or Static Hedging of Barrier Options? An Empirical Comparison
November 2006

Popov, Petr (Texas A&M University, USA)
Parallelisierung von Strömungssimulationen bei Filtern
August – September 2006

Rybak, Irina (Institut für Mathematik Minsk, Weißrußland)
Numerisches Upscaling
Oktober 2006 – 2007

Scherer, Matthias (Universität Ulm)
Pricing CDOs in a multivariate default model with jumps
Mai 2006

Schwarz, Fritz (Fraunhofer SCAI)
Loewy Zerlegung linearer Differentialgleichungen in ALLTYPES
August 2006

Starikovicius, Vadimas (TU Wilna, Litauen)
Simulation von Strömungen in porösen Medien
April – Mai 2006

Stockie, John (TU Wilna, Litauen)
Simulation von Brennstoffzellen
April 2006

Zheng, Harry (Imperial College London, England)
Form of the mean-variance efficient set
November 2006

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 Edinburgh, seit Juni 2003
- Honorary Member of Nepal Mathematical Society, seit August 2006
- Ehrenmitglied der Österreichischen Mathematischen Gesellschaft, seit 2004
- Honorary Member of ECMI, seit 2003
- 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)

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)