



Fraunhofer Institut
Techno- und
Wirtschaftsmathematik

Jahresbericht 2004



Impressum

© Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM 2005

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	DIN A4-Fotos und Puzzleteile, Seite 12: Dietmar Portuné, Mannheim, Telefon: 06 21/1 66 25 15 Titel, Seiten 13, 14 rechts, 30, 52, 60: Steffen Grützner Seiten 5, 15 unten: Ilka Blauth Seiten 14 links, 15 oben: Alexandra Rauhut Seite 106: FCC Göteborg Seite 111: MEV
Adresse	Gottlieb-Daimler-Straße, Geb. 49 67663 Kaiserslautern
Telefon	+49 (0) 6 31/2 05-44 41
Fax	+49 (0) 6 31/2 05-41 39
Institutsteil PRE-Park	Europaallee 10 (PRE-Park) 67657 Kaiserslautern
Telefon	+49 (0) 6 31/3 03-18 00
Fax	+49 (0) 6 31/3 03-18 11
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 Steffen Grützner Alexandra Rauhut Marion Schulz-Reese Bianca Steinmetz
Druck	Faber Druck GmbH Kaiserslautern

Dieser Jahresbericht erscheint auch in englischer Sprache.

Jahresbericht 2004

Fraunhofer-Institut für Techno-
und Wirtschaftsmathematik ITWM

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4	Optimierung	68
Das Institut im Profil	6	Innerbetriebliche Logistik	69
Kompetenzen und Arbeitsschwerpunkte	7	Überbetriebliche Logistik und Verkehr	72
Kunden und Kooperationspartner	8	Kontinuierliche Optimierung	74
Kuratorium	9	Knowledge-Management und E-Commerce	77
Organigramm	9	Finanzmathematik	80
Das Institut in Zahlen	10	Optionsbewertung	81
Service für alle – die EDV-Gruppe des ITWM	12	Kreditderivate	83
2004 im Rückblick	14	Zinsmodelle	85
Ausblick	15	Kreditrisiko	87
Voll integriert in die Fraunhofer-Gesellschaft	16	Portfolio-Optimierung	88
Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick	18	Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit	90
Fraunhofer-Gruppe		Lastdatenanalyse	91
Informations- und Kommunikationstechnik	18	Gießsimulation	93
Transportvorgänge	20	Competence Center High Performance Computing	96
Fluid-Struktur-Interaktion	21	Grid Computing	97
Gitterfreie Methoden	24	Parallelisierung und Performance-Analyse	98
Strahlungstransport und Parameteridentifikation	26	Visualisierung	100
Kontinuumsmechanische Produkt- und Prozessauslegung	29	Molekulares Materialdesign	102
Strömungen und komplexe Strukturen	32	Forschungslab	
Hydrodynamik	33	Distributed Computing: Lustre	104
Komplexe Fluide	35	Fraunhofer Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC	106
Mikrostruktursimulation und virtuelles Materialdesign	37	Computational Physics	107
Strukturoptimierung in Mechanik und Akustik	40	Qualitätstechnik	108
Modelle und Algorithmen in der Bildverarbeitung	44	Bioinformatik und Systembiologie	110
Oberflächeninspektion	45	Finanz- und Versicherungsmathematik	111
Analyse von Volumenbildern und Modellierung von Mikrostrukturen	48	Anhang	112
Signalanalyse im Eisenbahnbereich	51	Vorträge	112
Bild- und Szenenanalyse	53	Lehrtätigkeit	115
Adaptive Systeme	56	Publikationen	116
CAD für Anlogschaltungen	57	Graduierungsarbeiten	119
Monitoring und Regelung	59	Messe- und Konferenzteilnahmen	120
Biosignalverarbeitung und Diagnoseunterstützung	61	Gäste	121
Prognose von Material- und Produkteigenschaften	63	Mitarbeit in Gremien, Herausgeberrätigkeit	122
Multiskalen-Strukturmechanik	65		

Angewandte mathematische Forschung besitzt heute in der Industrie einen großen Stellenwert. Firmen erkennen zunehmend, dass diese Forschung, betrieben im eigenen Haus oder beauftragt bei Fraunhofer und ähnlich ausgerichteten Forschungsinstituten Innovation vorantreibt und damit Wettbewerbsfähigkeit stärkt. Als Ergebnis einer europaweit durchgeführten Befragung von Industrievertretern, die durch das MACSI-Net, einer EU-geförderten Initiative europäischer Mathematiker, durchgeführt wurde, liegt jetzt eine »Roadmap for Mathematics in European Industry« vor. Die Fraunhofer-Institute SCAI und ITWM erarbeiten zur Zeit ein Positionspapier zur angewandten, industrienahen Mathematikforschung, das diese Roadmap an die spezielle Situation in Deutschland adaptiert. Die besonders zukunftsrelevanten mathematischen Technologiefelder, die auch wichtige Entwicklungslinien für die angewandte Mathematik im nächsten Jahrzehnt aufzeigen, sind: Simulation, Optimierung und Regelung, Multiskalenmodellierung und Algorithmen, Modellierung von Risiko und Entscheidung unter Unsicherheit, Verarbeitung von Daten, Texten und Bildern, Mathematische Softwareprodukte, High Performance und Grid Computing. Darüber hinaus haben einige der aktuellen Forschungsdisziplinen und Technologien wie Informationstechnik, Biotechnologie oder Nanotechnologie einen überdurchschnittlich großen Bedarf an mathematischen Methoden und Modellen.

Mathematik ist heute nicht mehr allein Hilfsmittel für andere Wissenschaften, sondern eine für die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft und die Bewältigung gesellschaftlicher Aufgaben unverzichtbare, genuine Technologie »on its own«. Diese Position, die in der Industrie zunehmend akzeptiert wird, hat sich in Brüssel und Berlin leider noch nicht durchgesetzt. Wir sind jedoch stärker denn je davon überzeugt, dass eine massive Förderung der angewandten Mathematik einen wesentlichen Beitrag zu einer nachhaltigen technologischen Innovation in Europa leisten würde.

Für das ITWM war das Jahr 2004 ein Jahr der Verstetigung auf hohem Niveau mit einem erneuten signifikanten Wachstum beim Haushalt, Personal und bei den Wirtschaftserträgen. Wie vorausgesehen gab es weitere Einbußen bei den öffentlichen Erträgen und eine grundlegende Trendwende ist

hier auch nicht abzusehen. Gewisse Hoffnungen knüpfen wir daran, dass die angekündigten Initiativen zur Innovations- und Exzellenzförderung in Deutschland wirklich umgesetzt werden. Rheinland-Pfalz hat hier mit seinem Hochschulprogramm »Wissen schafft Zukunft« ein bundesweit wichtiges Signal gesetzt. Den Hochschulen, aber auch den außeruniversitären Forschungsinstituten des Landes fließen aus diesem Programm zusätzliche Mittel zu, die insbesondere zur Förderung der Spitzenforschung, aber auch für eine verbesserte Verzahnung von Universitäten und Instituten eingesetzt werden sollen. Das ITWM ist durch seine wissenschaftliche Reputation und seine Vernetzung mit der TU Kaiserslautern für dieses Programm gut aufgestellt.

Diese Vernetzung wird sich durch unseren Neubau in unmittelbarer Nachbarschaft der Technischen Universität, in dem alle Abteilungen wieder unter einem gemeinsamen Dach zusammengefasst werden, tendenziell noch weiter verstärken. Das Bauvorhaben geht zügig voran und alle Beteiligten gehen davon aus, dass der Einzug noch 2005 erfolgen wird. An der Grundsteinlegung des Fraunhofer-Zentrums nahmen eine große Zahl von Vertretern aus Politik, Wirtschaft und Forschung teil, allen voran Ministerpräsident Kurt Beck, der in seiner Ansprache daran erinnerte, dass es erst zehn Jahre her ist, seitdem die Landesregierung und die Fraunhofer-Gesellschaft sich darauf einigten, Keimzellen für potenzielle Fraunhofer-Institute in Rheinland-Pfalz zu identifizieren. Die Investitionen in der Techno- und Wirtschaftsmathematik und im Software Engineering haben sich in Rekordzeit amortisiert. Der Wissenschaftsstandort Kaiserslautern wurde durch die neuen Institute nachhaltig aufgewertet. Die Vergabe des neuen Max-Planck-Instituts für Softwaresysteme an die Standorte Saarbrücken und Kaiserslautern wurde sicherlich mitbestimmt durch die erfolgreichen Fraunhofer-Institutsgründungen in Kaiserslautern.

Erfreulich war in 2004 auch wieder die Verleihung einer Reihe von Preisen und Auszeichnungen an Angehörige des Instituts. Bei der Kuratoriumssitzung wurde Professor Neunzert für seine Verdienste um die Integration des ITWM in die Fraunhofer Gesellschaft mit der Fraunhofer-Medaille ausgezeichnet. In Indien erhielt er den hoch angesehenen »Zakir Hussain Award«. Mit die-

ser Auszeichnung der Indian Society for Industrial and Applied Mathematics (ISIAM) wurde sein unermüdlicher und erfolgreicher Einsatz für die Entwicklung der angewandten Mathematik in Indien honoriert.

Das ITWM und die Firma FSM! GmbH aus Kaiserslautern haben den Innovationspreis Rheinland-Pfalz 2004 in der Kategorie »Kooperation Wissenschaft/Wirtschaft« gewonnen. Bereits vorher wurde diese Zusammenarbeit zwischen der Arbeitsgruppe um Dr. Dietmar Hietel und Michael Heil bei der Firma FSM! mit dem »Professor-Adalbert-Seifriz-Preis für Technologietransfer« ausgezeichnet. Im Rahmen dieser Kooperation wurde ein Verfahren zum nebelfreien Spritzen von Außenfassaden entwickelt. »Es ist schön zu sehen, welche großen Erfolge aus der Kooperation zwischen einem klassischen Handwerksbetrieb und einem großen Forschungsinstitut – einem Spitzeninstitut der Fraunhofer-Gesellschaft – entstehen«, so der rheinland-pfälzische Wirtschaftsminister Hans-Artur Bauckhage bei der Preisverleihung in Koblenz.

2004 gab es einige wichtige personelle Veränderungen am Institut. Als Nachfolger von Professor Neunzert hat Professor Axel Klar am Fachbereich Mathematik den Lehrstuhl für Technomathematik übernommen. Gleichzeitig ist er in die Führungsgremien des ITWM eingetreten und wird sich am Institut in der wissenschaftliche Grundlagenforschung, der Betreuung von Doktoranden und in der Projektarbeit engagieren. Professor Klar ist ein hervorragend ausgewiesener Mathematiker, der die Kompetenzen des ITWM im Bereich der partiellen Differentialgleichungen und des Scientific Computing verstetigt und gleichzeitig innovative Akzente setzt.

Ein Wechsel in der Leitung fand in der Abteilung Optimierung statt. Professor Stefan Nickel, der seit dem Jahr 2003 eine Professur an der Universität des Saarlandes in Saarbrücken bekleidet, hat die Abteilungsleitung an PD Dr. Karl-Heinz Küfer übergeben. Stefan Nickel wechselt in das Scientific Advisory Board des ITWM und wird sich weiterhin in der Beratung der Abteilung, aber auch als Repräsentant des ITWM in verschiedenen Gremien der Fraunhofer-Gesellschaft engagieren. Karl-Heinz Küfer hat in Kaiserslautern promoviert und sich habilitiert und in der Abteilung Optimierung

seit mehreren Jahren federführend den Bereich der Strahlentherapieplanung aufgebaut. Ein Forschungsbereich, in dem das ITWM sehr eng und erfolgreich mit dem Deutschen Krebsforschungszentrum in Heidelberg, der Siemens AG und dem Massachusetts General Hospital (MGH) in den USA zusammen arbeitet. So gelang es z. B. Professor Thomas Bortfeld von der Harvard Medical School zusammen mit Karl-Heinz Küfer ein großes deutsch-amerikanische Forschungsprojekt vom National Institute of Health einzuwerben. Diese in der deutschen Forschungslandschaft äußerst seltene Projektförderung durch amerikanische Stellen ist für das ITWM eine hohe Auszeichnung, zumal der Antrag von MGH und ITWM nach Einschätzung der Gutachter zu den besten sieben Prozent aller gestellten Anträge gehörte.

Ich wünsche Ihnen jetzt viel Vergnügen bei der weiteren Lektüre unseres Jahresberichts. Lassen Sie sich durch das eine oder andere neue Projekt dazu anregen, bei unseren Mitarbeitern nachzufragen oder treten Sie selber mit Vorschlägen für eine Zusammenarbeit an uns heran. Wir sind für alle Ideen und Anregungen offen.

Wie sehr die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter den Einzug in das neue Gebäude herbeisehen, sieht man daran, dass die neuen Abteilungsfotos bereits im Rohbau aufgenommen wurden und sich dieser auch wie ein roter Faden durch den Jahresbericht zieht.



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 diese zweite Welt – die Simulationswelt –, die in nahezu allen Bereichen der Gesellschaft und Wirtschaft Fuß gefasst hat.

Mission und Aufgabe des ITWM ist es, anspruchsvollen Herausforderungen in Technik, Logistik, Kommunikation und Finanzwesen durch Anwendung moderner mathematischer Methoden zu begegnen, die angewandte Mathematik durch innovative Anstöße weiterzuentwickeln und gemeinsam mit Indus-

triepartnern praktisch umzusetzen. 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 Technischen Universität Kaiserslautern von zentraler Bedeutung.

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

Kontakt

Dr. Marion Schulz-Reese
Verwaltungsleiterin

☎ 06 31/2 05-41 40

schulz_reese@itwm.fraunhofer.de

Kompetenzen und Arbeitsschwerpunkte

TRANSPORTVORGÄNGE

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

STRÖMUNGEN UND KOMPLEXE STRUKTUREN

- Mikrostruktursimulation und virtuelles Materialdesign
- Hydrodynamik
- Komplexe Fluide
- Füll- und Gießprozesse
- Strukturoptimierung

MODELLE UND ALGORITHMEN IN DER BILDVERARBEITUNG

- Oberflächeninspektion
- Analyse räumlicher Mikrostrukturen
- Bild- und Szenenanalyse

ADAPTIVE SYSTEME

- CAD für Anlogschaltungen
- Monitoring und Regelung
- Biosignalverarbeitung und Diagnoseunterstützung
- Prognose von Material- und Produkteigenschaften
- Multiskalen-Strukturmechanik

OPTIMIERUNG

- Innerbetriebliche Logistik
- Überbetriebliche Logistik
- Kontinuierliche Optimierung
- Knowledge-Management und E-Commerce

FINANZMATHEMATIK

- Optionsbewertung
- Kreditrisiko und Finanzstatistik
- Kreditderivate
- Portfolio-Optimierung und Zinsmodelle

MATHEMATISCHE METHODEN IN DYNAMIK UND FESTIGKEIT

- Lastdatenanalyse und Beanspruchungsstatistik
- Dynamik und Festigkeitssimulation
- Funktionsoptimierung

COMPETENCE CENTER

»HIGH PERFORMANCE COMPUTING«

- Molekulardynamik
- Visualisierung
- Parallelisierung
- Benchmarking
- Grid Computing
- Cluster Computing

FRAUNHOFER CHALMERS RESEARCH CENTRE FOR INDUSTRIAL MATHEMATICS

- Materialermüdung aus statistischer Sicht
- Bioinformatik und Systembiologie
- Qualitätstechnik
- Finanz- und Versicherungsmathematik

Kunden und Kooperationspartner

Das ITWM arbeitet seit Jahren mit Auftraggebern aus vielen Branchen mit unterschiedlicher Unternehmensgröße erfolgreich zusammen; im Jahr 2004 u. a. mit:

- ABB, Västeras (Schweden)
- Abbott GmbH & Co. KG, Ludwigshafen
- Adam Opel AG, Rüsselsheim und Kaiserslautern
- ARNOLD & RICHTER Cine Technik, Stephanskirchen
- Audi AG, Ingolstadt
- BASF AG, Ludwigshafen
- Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin
- BMW AG, München
- BorgTec Systemhaus GmbH, Dresden
- DaimlerChrysler AG, Stuttgart
- Deutsche Apotheker- und Ärztebank, Düsseldorf
- Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg
- EKF diagnostic sales GmbH, Barleben
- Elmo Leather AB, Svenljunga (Schweden)
- ESI-Group, Paris (Frankreich)
- Eurofilters AG, Overpelt (Belgien)
- Fachhochschule Darmstadt
- Fachhochschule Aschaffenburg
- Fachhochschule Landshut
- Faurecia, Sassenburg
- FCC Göteborg (Schweden)
- Freudenberg Vliesstoffe KG, Weinheim und Kaiserslautern
- FSM! GmbH, Landstuhl
- GE Transportation Systems, Bad Dürkheim
- Gebrüder Gienanth-Eisenberg GmbH, Eisenberg
- Gießerei-Institut Technische Universität Bergakademie Freiberg
- HegerGuss GmbH, Enkenbach-Alsenborn
- hg.zwo GmbH, Kaiserslautern
- Hoffmann und Engelmann AG, Neustadt an der Weinstraße
- HypoVereinsbank, München
- IBS Filtran GmbH, Morsbach
- Infineon Technologies AG, München
- Institut für Gießereitechnik GmbH, Düsseldorf
- Institut für spanende Fertigung, Universität Dortmund
- Institut für Verbundwerkstoffe IVW, Kaiserslautern
- Johnson Control GmbH, Burscheid
- Kotel AG, Neunkirchen
- Landesbank Baden-Württemberg, Stuttgart
- Landesbank Rheinland-Pfalz, Mainz
- Linux NetworX, Salt Lake City (USA) und Kaiserslautern
- MAGMA Gießereitechnologie GmbH, Aachen
- Mahle GmbH, Stuttgart
- Mann + Hummel GmbH, Ludwigsburg
- Maschinenfabrik Rieter AG, Winterthur (Schweiz)
- Massachusetts General Hospital, Boston (USA)
- Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching
- MiniTec GmbH & Co KG, Waldmohr
- Mobotix AG, Kaiserslautern
- müllers büro, Erzenhausen
- NEUMAG GmbH, Neumünster
- Odenwald-Faserplattenwerke GmbH, Amorbach
- Paul Wild GmbH, partu lapidaries GmbH, Kirschweiler
- Pressebüro Hansmann GmbH, Düsseldorf
- proALPHA Software AG, Weilerbach
- Procter & Gamble, Schwalbach im Taunus und Cincinatti (USA)
- psb GmbH, Pirmasens
- Rayonex Schwingungstechnik GmbH, Lennestadt
- Roche Diagnostics, Mannheim
- Römheld & Moelle, Mainz
- Ruck Ventilatoren GmbH, Boxberg
- RWE Power AG, Biblis
- Saint-Gobain, Auberville (Frankreich)
- Sandler AG, Schwarzenbach/Saale
- SAP AG, Walldorf
- Schott Glas, Mainz
- Shell International, Den Haag (Niederlande)
- Siemens AG (Medical Solutions OCS), Heidelberg
- Städtische Kliniken Frankfurt am Main-Höchst
- Stryker Leibinger GmbH, Freiburg
- tecmath AG, Kaiserslautern
- Tecnotessile Societa Nazionale di Ricerca tecnologica S.r.l., Prato (Italien)
- Tehalit GmbH & Co. KG, Heltersberg
- Temix S.r.l., Catania (Italien)
- Ultrafilter international AG, Haan
- Universität Freiburg
- Universität Karlsruhe
- Universitätsklinik Tübingen
- URSA International GmbH, Neu-Isenburg
- Verein Deutscher Gießereifachleute (VDG), Düsseldorf
- Verkehrsverbundgesellschaft Saar mbH (VGS), Saarbrücken
- Volkswagen AG, Wolfsburg
- Voith Fabrics GmbH & Co. KG, Pfullingen
- WestLB, Düsseldorf
- Zentrum für Europäische Wirtschaftsförderung, Mannheim
- ZF Lemförder Fahrwerktechnik, Lemförde
- Zimmermann Formtechnik GmbH, Weilerbach

Kuratorium

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

Prof. Dr. Achim Bachem
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. DLR, Köln

Dr.-Ing. Erwin Flender
MAGMA Gießereitechnologie, Aachen

Wolfgang Habelitz
Ministerialrat im Ministerium für Wissenschaft, Weiterbildung, Forschung und Kultur, Mainz

Prof. Dr. Wolfgang Hackbusch
Max-Planck-Institut für Mathematik in den Naturwissenschaften, Leipzig

Prof. Dr. Peter Jagers
Chalmers Tekniska Högskolan, Göteborg, Schweden

Dr. Wilhelm Krüger
tecmath AG, Kaiserslautern

Dr. Martin Kühn
SAP AG, Walldorf

Kurt Lechner
Mitglied des Europäischen Parlaments, Kaiserslautern

Dr. Horst Loch
Schott Glas, Mainz

Dr. Ulrich Müller
Leitender Ministerialrat im Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau, Mainz

Dr. Jens Nonnenmacher
DZ Bank AG, Frankfurt

Dr. Bernd Reuse
Ministerialrat im Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bonn

Dr. Werner Sack
Hilti AG, Schaan, Liechtenstein

Prof. Dr. Helmut Schmidt
Präsident der Technischen Universität Kaiserslautern

Dr. Jörg Steeb
Tehalit GmbH & Co. KG, Heltersberg

Prof. Dr. Wolfgang Wahlster
Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, Saarbrücken

Organigramm

Institutsleitung	Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters	06 31/2 05-44 42	
Scientific Advisory Board	Prof. Dr. Axel Klar	06 31/2 05-31 46	
	Prof. Dr. Ralf Korn	06 31/2 05-44 71	
	Prof. Dr. Helmut Neunzert	06 31/2 05-27 46	
	Prof. Dr. Stefan Nickel	06 31/3 03-18 85	
Competence Center »High Performance Computing«	Dr. Franz-Josef Pfreundt (CIO)	06 31/3 03-18 21	
Zentrale Bereiche	Leitung	Dr. Marion Schulz-Reese	06 31/2 05-41 40
	EDV	Dieter Eubell	06 31/2 05-44 43
	Presse- und Öffentlichkeitsarbeit	Ilka Blauth	06 31/2 05-47 49
		Dipl.-Math. Steffen Grützner	06 31/2 05-32 42
Abteilungen	Transportvorgänge	Dr. Raimund Wegener	06 31/2 05-39 26
	Strömungen und komplexe Strukturen	Dr. Konrad Steiner	06 31/3 03-18 20
	Modelle und Algorithmen in der Bildverarbeitung	Dr. Ronald Rösch	06 31/3 03-18 67
	Adaptive Systeme	Dr. Patrick Lang	06 31/2 05-28 33
	Optimierung	PD Dr. Karl-Heinz Küfer	06 31/3 03-18 51
	Finanzmathematik	Dr. Martin Krekel	06 31/2 05-44 68
	Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit	Dr. Klaus Dreßler	06 31/3 03-18 69

Haushalt

Entgegen dem allgemeinen Trend in der Fraunhofer-Gesellschaft hat das ITWM 2004 noch einmal kräftig zugelegt. Steigerungsraten von 12 Prozent beim Betriebshaushalt und 14 Prozent bei den Wirtschaftserträgen sind die positiven Nachrichten aus 2004.

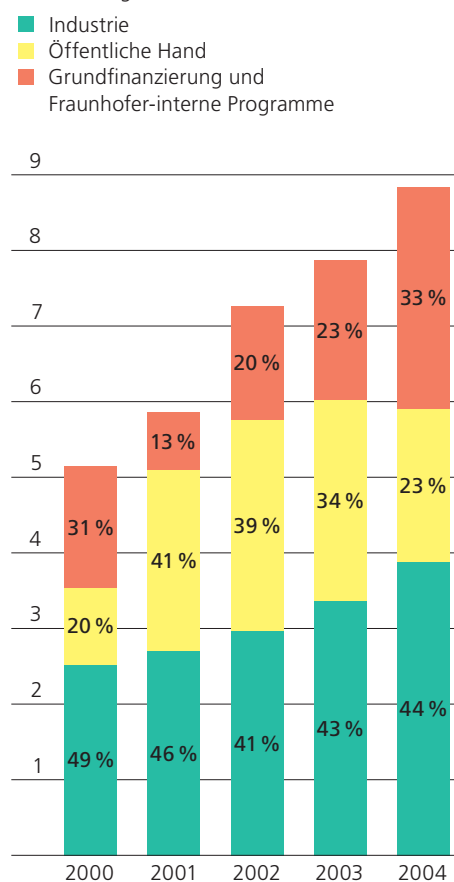
Leider liegt das ITWM jedoch voll im Trend, was die Entwicklung der öffentlichen Erträge betrifft. Da geht es nämlich weiterhin – wie befürchtet – abwärts. Allein die Projekterträge vom BMBF sanken gegenüber dem Vorjahr um dramatische 42 Prozent. Die fehlenden Mittel konnten weitestgehend kompensiert werden durch Projekterträge aus Landesmitteln und internen Programmen. Von einer wirklichen Trendwende für 2005 kann noch nicht ausgegangen werden. Allerdings gibt es Hoffnung auf mittelfristig wieder steigende öffentliche Erträge. So werden im rheinland-pfälzischen Exzellenzprogramm »Wissen schafft Zukunft« zusätzliche Mittel zur Förderung der Spitzenforschung an Universitäten

und Forschungseinrichtungen zur Verfügung gestellt. Auch einige erfolgversprechende Projektanträge beim BMBF geben zu gedämpftem Optimismus Anlass.

Sehr optimistisch jedoch schätzt das ITWM eine weitere Steigerung der Wirtschaftserträge ein. Durch das breite Kompetenzspektrum des ITWM konnten auch 2004 eine Vielzahl von neuen Kunden gewonnen sowie weitere Kooperationen mit langjährigen Industriepartnern eingegangen werden.

Alles in allem erwartet das ITWM, dass auch 2005 das Wachstumsbarometer immer noch nach oben zeigt.

Entwicklung Betriebshaushalt in Mio. €

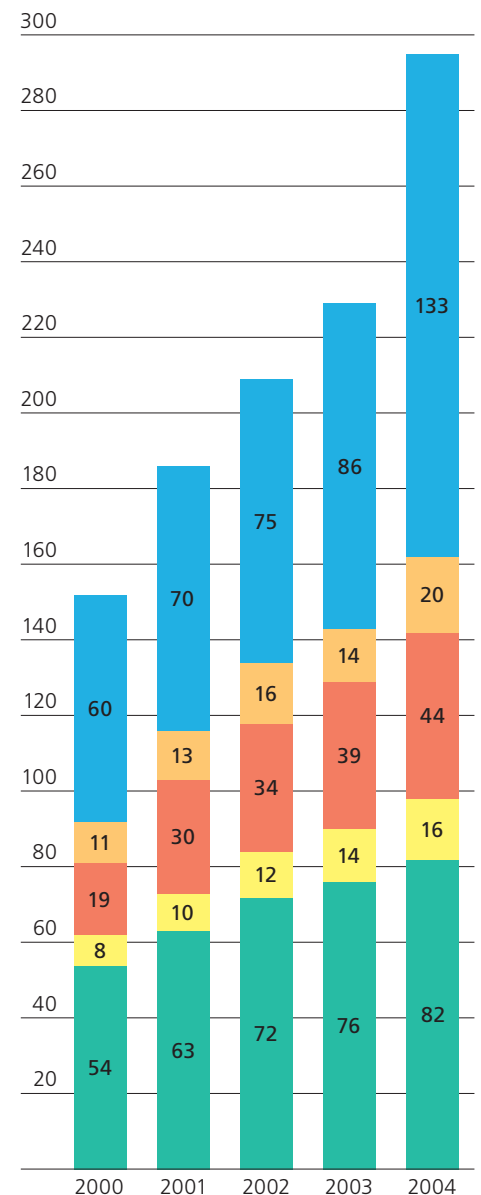
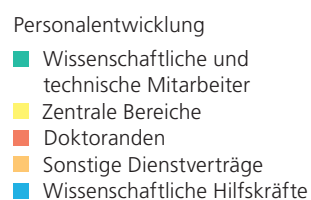


Haushaltsentwicklung [Tausend €]	2000	2001	2002	2003	2004
Betriebshaushalt	5 147	5 866	7 267	7 872	8 844
Investitionshaushalt	244	756	878	563	376
Gesamt	5 391	6 622	8 145	8 435	9 220

Personalentwicklung

2004 waren am Fraunhofer ITWM 142 Mitarbeiter beschäftigt, davon 82 Wissenschaftler, 44 Doktoranden und 16 Mitarbeiter in Verwaltung, EDV und Öffentlichkeitsarbeit. Die in diesem Jahr erheblich gestiegene Zahl von wissenschaftlichen Hilfskräften, Praktikanten und Diplomanden zeigt zum einen das große Interesse von Schülern und Studenten an den Tätigkeitsbereichen des ITWM und ist zum anderen ein Indiz für die intensive Nachwuchsarbeit am ITWM.

Im November 2005 nimmt das ITWM sein zehnjähriges Bestehen zum Anlass, alle ehemaligen Mitarbeiter und Doktoranden zu einem großen Alumni-Treffen nach Kaiserslautern einzuladen. Es wird interessant sein zu sehen, welche beruflichen Wege die einzelnen eingeschlagen haben. Dass Fraunhofer-Institute ein hervorragendes Sprungbrett für eine Karriere an Hochschulen sind, sieht man daran, dass insgesamt 10 ehemalige Kollegen einen Ruf an eine Fachhochschule bzw. Universität angenommen haben.



Service für alle – die EDV-Gruppe des ITWM

In diesem Jahresbericht stellt sich erstmals das EDV-Team des ITWM vor. Mit seinen vier Vollzeitmitarbeitern, einigen Teilzeitkräften und Gabi Gramsch, die an verschiedenen Stellen für Ordnung sorgt, versteht sich die EDV als interner Dienstleister, dessen Aufgabe es ist, die Arbeitsumgebung der wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen Mitarbeiter des ITWM so produktiv wie möglich zu gestalten und dabei möglichst kosteneffizient vorzugehen.

Unter dem Kürzel SLG für »System life guard« wird allen Nutzern am ITWM ein Support-Service angeboten, der mit RT3 ein Open-Source-Help-Desk-System nutzt und im letzten Jahr etwa 2 000 Support-Anfragen bearbeitet hat. Das Help-Desk-System wird unterstützt von einem Support-Wiki, das aktuelle Störungen anzeigt und dem Benutzer die Orientierung in der immer komple-

xer werdenden EDV-Landschaft erleichtert. User-Support ist nicht immer eine leichte Aufgabe und E-Mail kann nicht immer die direkte Kommunikation ersetzen. Allzu Menschliches gilt es auch zu berücksichtigen.

»Tue Gutes und rede darüber«, in diesem Sinne haben wir in den letzten beiden Jahren ein innovatives Thin-Client-Konzept am ITWM zum großen Teil umgesetzt. Ziel war es, die Arbeitsumgebung von Lärm und Hitzeentwicklung zu befreien, sie komfortabler zu machen, dem Nutzer durch ein Virtualisierungskonzept Zugang zum System seiner Wahl zu verschaffen und parallel den Support-Aufwand zu verringern. 70 % der Wissenschaftler sowie die Verwaltung haben heute eine komfortable Arbeitsumgebung ohne Lüfterlärm und Festplattengeräusche.

Christian Peter, Mirko Spell, Dr. Franz-Josef Pfreundt, Martin Vogt, Dieter Eubell, Volker Hochgürtel, Martin Braun, Gabi Gramsch, Moritz Baumann



Seit Gründung des ITWM im Jahre 1994 stellt Linux das zentrale Serverbetriebssystem des ITWM dar. Zunächst wurden die Rechner in Ermangelung besserer Lösungen mit der Eigenentwicklung SLG-Linux betrieben. Im Jahre 2002 fand dann die Umstellung auf SUSE Linux statt. Linux wurde dabei von Anbeginn auch auf dem Desktop eingesetzt. Heute sind ca 30 % der primären Nutzersysteme Windows-basiert. Durch das Virtualisierungskonzept steht allerdings jedem Nutzer sowohl Windows als auch Linux zur Verfügung.

Neben der üblichen Serverstruktur betreibt das ITWM seit Beginn parallele Rechnersysteme, die auf PC-Technik basieren. Heute stehen in den PC-Clustern mehr als 200 leistungsfähige aktuelle CPUs mit mehr als 500 Gbyte Hauptspeicher für aufwändige Simulationsrechnungen zur Verfügung. Dort werden viele Eigenentwicklungen, aber

auch eine breite Palette von kommerziellen Softwarepaketen für Industriekooperationen oder in geförderten Forschungsprojekten eingesetzt und weiterentwickelt. Mit leistungsfähigen Fileservern, einem professionellen Tivoli-basierten Backup- und Archivsystem und ausreichend Scratch-Plattenplatz versucht die EDV dem ständig wachsenden Speicherbedarf zu begegnen.

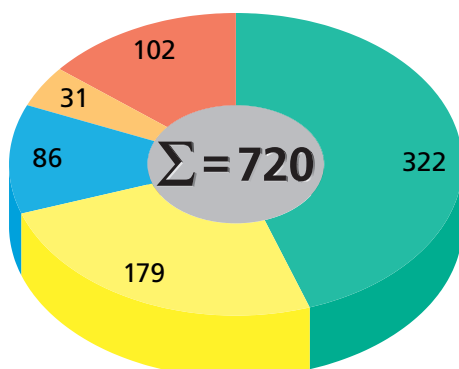
Für die EDV gilt, wie auch für die Abteilungen des ITWM, »Wer rastet, der rostet« – und fast nichts veraltet schneller als IT-Technologie. Deshalb erproben wir in Zusammenarbeit mit dem COMPETENCE CENTER HIGH PERFORMANCE COMPUTING ständig neue Technologien, wie z. B. gegenwärtig parallele Dateisysteme, um sie zu gegebener Zeit einzusetzen. Im Jahr 2005 erwartet uns als Herausforderung der Umzug in unser neues Domizil, in dem wir alles noch besser machen wollen.



Serverraum: Rückseite der Server mit den unterschiedlichsten Kabeln

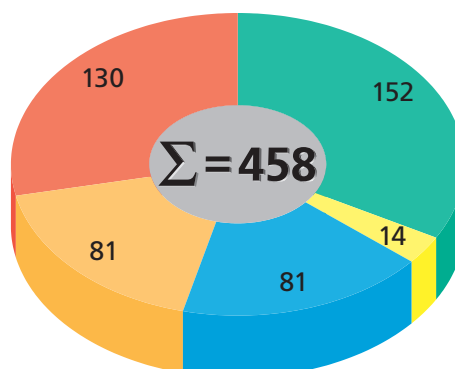
Eingesetzte CPUs nach Prozessorklassen

- Intel Xeon
- Intel Pentium
- AMD Opteron
- AMD Athlon
- Thin Client CPUs



Rechnersysteme nach Einsatzgebiet:

- Thin Clients inkl. Linux-Arbeitsplätze
- Windows-Server
- Windows-Client
- Linux-Server
- Linux-Cluster-Knoten



2004 im Rückblick

Februar	Fraunhofer-Medaille für Prof. Helmut Neunzert
März	ITWM erhält MAVO zur »Simulierten Realität«
April	Grundsteinlegung am Fraunhofer-Zentrum
Juni	ITWM beteiligt sich am Technik-Schiff der Initiative »Wissenschaft im Dialog« 25. Bildverarbeitungsforum am ITWM
Juli	Strahlentherapieplanung: Projekt mit der Harvard Medical School
September	Professor-Adalbert-Seifriz-Preis für Technologietransfer für NESPRI
Oktober	Emeritierung von Prof. Helmut Neunzert
Dezember	Innovationspreis Rheinland-Pfalz für NESPRI Zakir Hussain Award für Prof. Helmut Neunzert



Fraunhofer-Medaillle



Seifriz-Technologie-transfer-Preis



Mit Gunst und Verlaub!

Vernehmt den Spruch aus luftiger Höh,
allwo nach altem Brauch ich steh':
Hoch lebe Kunst und Wissenschaft,
die Häuser baut und Werte schafft.

Seid willkommen zum Richtfest heut',
all Ihr Gäste und Handwerksleut.

Hier oben auf dem flachen Dach
steh ich als Zimmermann vom Fach,
wo einst der Dachstuhl des Zimmermanns Stolz
steht heut' Beton und Glas statt Holz.

Die Maurer, Flechter und Maschinisten,
die Helfer und Büroartisten,
sie alle gaben ihr Bestes her,
zu Stein ward hier ihr Fleiß nunmehr.

Die Öffentlichkeit verfolgt mit großem Elan,
was hier entsteht nah' an der Uni dran,
unter Webcam im World Wide Web,
sind wir live zu sehen im Internet.

So seh'n wir fertig die Hauptkonstruktion,
Elektriker und Installateure beeilen sich schon,
fertig zu stellen, was mit viel Bedacht
Architekten und Ingenieure hervorgebracht.

Mit Stahl und Glas in vielen Bereichen
setzen die Planer architektonische Zeichen.
Doch wenn der Architekt vom Büro herfliegt,
er an jeder Wand eine Katastrophe sieht.

Nun steht der Rohbau schon lang in voller Pracht,
viel Schweiß und Arbeit haben wir eingebracht,

was Menschegeist sich ausgedacht
wird hier mit Präzision gemacht.

Das Institut unseres Bauherrn soll gedeih'n
und wird der Raum dann wieder zu klein,
so bauen wir gern mit Wohlgefallen
noch weitere große Forschungshallen.

So wollen wir dies Werk nun weihen,
möge Gott es beschützen und lassen gedeihen.

Den ersten Schluck den Nutzern gleich,
dass Erfolg hier nie von dannen weich'!
So soll's in diesem Gebäude sein,
darauf trinke ich den goldenen Wein!

Der zweite Schluck soll jene laben,
die hier am Bau geholfen haben.

Nehmt hin den Dank, Ihr Handwerksleut,
auf Euer Wohlsein trink ich heut'.

Auch seien mit Ehren die genannt,
von denen der Plan des Baues stammt.

Der letzte Schluck, den ich nun leere,
er bring' dem Neubau Glück und Ehre,
für heut' und auch in Zukunft noch
darauf rufen wir ein dreifach
Hoch, Hoch, Hoch!

So werf' ich nun nach alter Sitte
das Glas hinab in Eure Mitte.
Des Glases Scherben, der funkelnde Wein,
sie sollen des Glückes Unterpfand sein.



Christian Lange am
23. Februar 2005

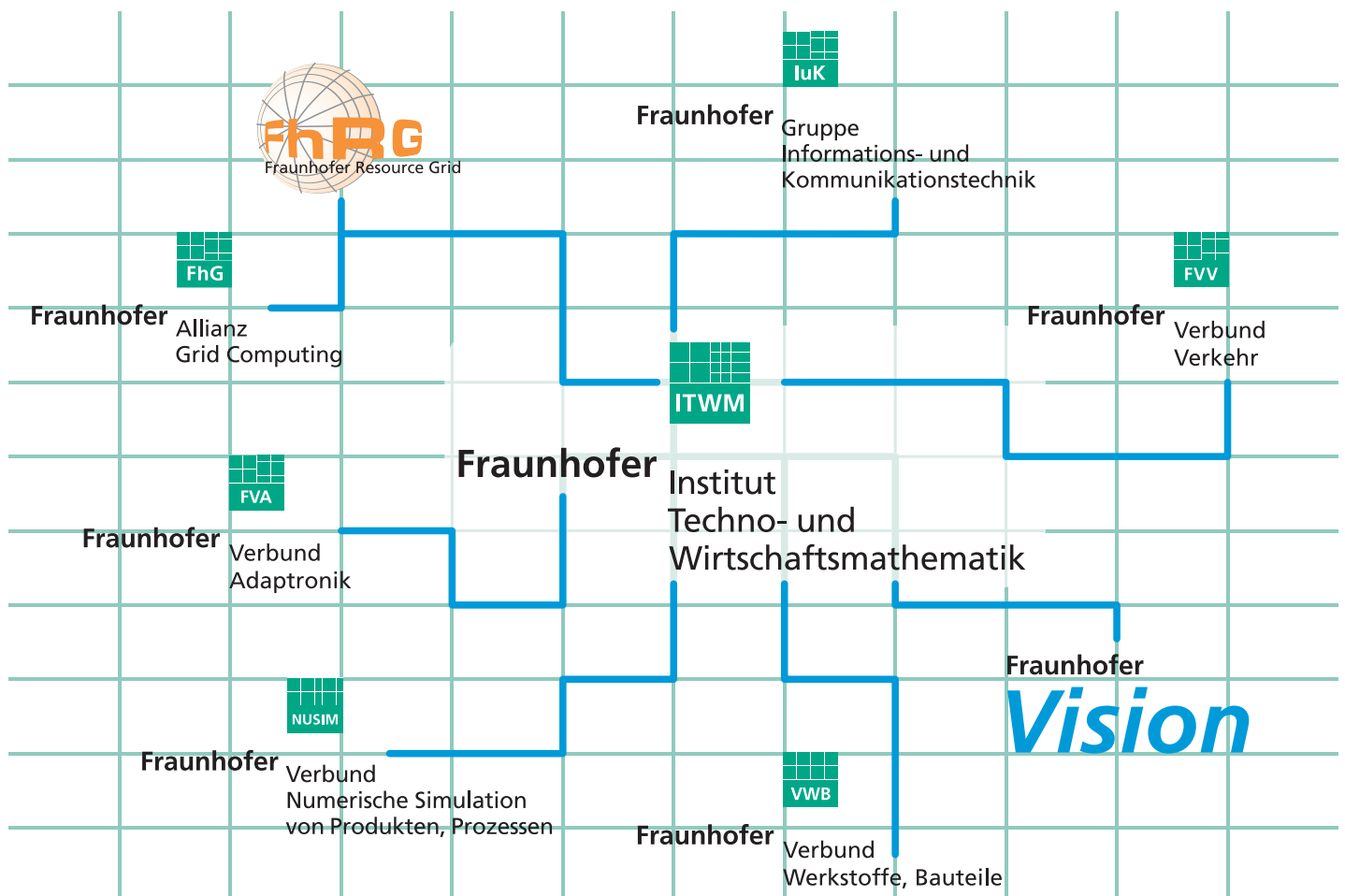
Voll integriert in die Fraunhofer-Gesellschaft

Das ITWM baut – und das nicht nur am neuen Gebäude, sondern auch daran, seine Position innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft weiterhin zu stärken: In allen drei großen Kooperationsformen der Fraunhofer-Institute – Verbünde, Themenverbünde und Allianzen – ist das ITWM Mitglied und erweist sich hierbei mit seinen mathematischen Kompetenzen als fundamentaler Baustein der anwendungsorientierten Forschung.

Damit die Kunden diese Forschung auch nutzen können, müssen ihnen jedoch erst die Zugänge zu den Ergebnissen und Diensten der FhG gebaut werden – dies ist Ziel der insgesamt neun Fraunhofer-Allianzen, zu denen sich verschiedene Institute zusammenschlossen haben. In zwei von ihnen ist

das ITWM Mitglied. In der Allianz »Grid Computing« hat sich das ITWM selbst als guter Architekt bewiesen, denn an ihrem Aufbau war das Institut maßgeblich beteiligt. Franz Josef Pfreundt, Leiter des COMPETENCE CENTERS FÜR HIGH PERFORMANCE COMPUTING, hat die Grid-Aktivitäten mit initiiert und ist heute Sprecher der Allianz. Diese umfasst sieben Fraunhofer-Institute und betreibt das »Fraunhofer Ressource Grid« (FhRG). Mit den Parallelrechnern des ITWM, die Teil des FhRG sind, und seinen Anwendungen leistet das ITWM einen wichtigen Beitrag zur Präsenz der FhG in der Grid Community. Am ITWM werden insbesondere neue Verfahren des Ressource Managements und des Grid Benchmarking entwickelt.

Als aktiver Baumeister präsentiert sich das ITWM auch in der Fraunhofer-Allianz »Vision«, in die sich vor allem die Abteilung MODELLE UND ALGORITHMEN IN DER BILDVERARBEITUNG auf den Gebieten Bildverarbeitungssysteme, Algorithmen und Mikrostrukturanalyse einbringt. Die zu anderen Instituten aufgebauten engen Beziehungen helfen insbesondere bei der gemeinsamen Akquisition von Projekten, und in gleichem Maße ist man Nutznießer der guten Presse- und Marketingarbeit der Leitung in Erlangen: jährlich wird eine hohe Anzahl von Projektanfragen an die Allianz herangetragen, von denen das ITWM entsprechend profitiert. Fester Bestandteil der Allianz-Aktivitäten ist die jährliche Präsentation auf der



CONTROL in Sinsheim, Europas größter Fachmesse für Qualitätssicherung, sowie das Angebot an Industrie und Forschung, sich in den VISION-Weiterbildungsseminaren mit dem neuesten Stand der Entwicklung im Bereich der Bildverarbeitung sowohl theoretisch als auch praktisch vertraut zu machen.

Auch bei den Instituts- und Themenverbänden gilt das Prinzip: Wer zusammen baut, kann größer bauen, und hat durch das größere Kompetenzspektrum bessere Chancen als ein Einzelinstitut, am FuE-Markt wahrgenommen zu werden. Als wahrer Großbau sticht hier die Fraunhofer-IuK-Gruppe heraus: Sie ist Europas größter Forschungsverbund für Informations- und Kommunikationstechnik, und die Bilanz der Mitgliedschaft des ITWM in diesem Verbund ist beeindruckend: Nachdem im Jahr 2003 das ITWM die höchsten Wirtschaftserträge innerhalb der IuK-Gruppe vorzuweisen hatte, war das Institut auch im letzten Jahr weit vorne zu finden – nur das im Jahr 2004 gegründete IDMT (Institut für Digitale Medientechnologie) in Ilmenau hatte höhere Erträge vorzuweisen. In einem ganz neuen Forschungsbereich, der sogenannten »Simulierten Realität«, hat das ITWM die Führung übernommen: gemeinsam mit zwei weiteren Mitgliedern der IuK-Gruppe forscht man am zukunftsweisenden MAVO-Projekt (Marktorientierte strategischen Vorlauforschung) »Simulierte Realität zur Auslegung und Optimierung von Produkten und Produktionsprozessen« (MAVO SR-PRO).

Für die große Bedeutung des ITWM im Verbund »Werkstoffe, Bauteile« (VWB) spricht die Tatsache, dass ihm dort trotz seiner bereits bestehenden Vollmitgliedschaft im IuK-Verbund ein permanenter Gaststatus eingeräumt wird – und das, seitdem das Institut zur FhG gehört (2001). Für die nächsten Jahre wird ein zentrales Forschungsthema die Modellierung und Simulation von Werkstoff-

und Bauteilverhalten sein, insbesondere auch die skalenübergreifende und skalenintegrierende Betrachtung. In den verschiedenen Projekten mit anderen Instituten des VWB liefert das ITWM mit seiner Kompetenz bei der Entwicklung von Tools für eine Multiskalensimulation ein unentbehrliches Gerüst in diesem Forschungszweig – besonders erwähnenswert ist hier auch die Mitgliedschaft im MAVO-Projekt MMM-Tools (Multiskalen-Material-Modellierungen)

In den insgesamt sieben Themenverbänden, die die FhG beherbergt, haben sich einzelne Abteilungen von Instituten zusammengeschlossen, um mit ihren unterschiedlichen Kompetenzen ein Geschäftsfeld gemeinsam zu bearbeiten.

Seit Bestehen der Kooperation, also seit März 2003, ist das ITWM Mitglied im Themenverbund »Verkehr« (FVV). Hauptsächlich ist es dabei die Abteilung Optimierung, die vor allem in engem Kontakt mit dem IML (Institut für Materialfluss und Logistik) in Dortmund steht und mit ihm Projektanträge stellt. Weitere Bausteine des ITWM in diesem Themenverbund bilden die Abteilungen MATHEMATISCHE METHODEN IN DYNAMIK UND FESTIGKEIT sowie MODELLE UND ALGORITHMEN IN DER BILDVERARBEITUNG. Über die Mitgliedschaft im FVV ist das ITWM gut in die Portfolio-Diskussion eingebunden und kann seinen Kontakt und den Austausch mit den übrigen neunzehn FVV-Instituten intensivieren. Diese Zusammenarbeit bildet das Fundament für zukünftige weitere Kooperationen, mit denen das ITWM seine ohnehin schon gute Position innerhalb des FVV noch weiter festigen kann.

Mit seinen Abteilungen ADAPTIVE SYSTEME sowie TRANSPORTVORGÄNGE ist das ITWM quasi seit Grundsteinlegung des noch relativ jungen Themenverbundes »Adaptronik« dabei, der seit

Anfang 2004 besteht. Die mathematischen Modellierungs- und Simulationskompetenzen des ITWM liefern dabei einen wertvollen Beitrag zum Aufbau eines breiten Kompetenzspektrums, durch das man sich in der Zukunft bessere Chancen erhofft, bei großen Industrieprojekten konsultiert und mit einbezogen zu werden. Die Weichen hierfür hat der Verbund bereits gestellt: der Präsentation des Verbundes auf der MATERIALICA 2004 in München soll in diesem Jahr die Teilnahme am Adaptronic Congress 2005 in Göttingen folgen.

Der Aufbau des Themenverbund »Numerische Simulation von Produkten und Prozessen« war in den vergangenen Jahren ein wichtiges Anliegen des ITWM – verbunden mit dem Wunsch, alle an der Entwicklung von numerischen Simulationsverfahren interessierten Fraunhofer-Institute zusammenzuführen und gemeinsame Aktivitäten zu entfalten. Heute beschäftigen sich insgesamt sechzehn Institute mit diesem Bereich der Simulation, der in allen Phasen des Lebenszyklus eines Produkts, von der Materialentwicklung bis zur Markteinführung, eine entscheidende Rolle spielt. Auch hier hat das ITWM die Entwicklung des Verbundes in großem Umfang mit gestaltet.

Konstruktives und aktives Einbringen der eigenen Kompetenzen in die verschiedenen Projekte ist also das oberste Ziel des ITWM. Als erstes mathematisch ausgerichtetes Institut wurde es im Jahr 2001 mit dem Namen Fraunhofer bedacht – heute kann man die Integration in die Fraunhofer-Gesellschaft und ihre zahlreichen Kooperationen aufgrund dieser Aktivität als mehr als nur vollzogen bezeichnen.

Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist die größte Organisation für angewandte Forschung in Europa. Als gemeinnützige Einrichtung betreibt sie derzeit rund 80 Forschungseinrichtungen – darunter 57 Institute – an über 40 Standorten in ganz Deutschland. Rund 12 700 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter – überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung – erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von über einer Milliarde 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

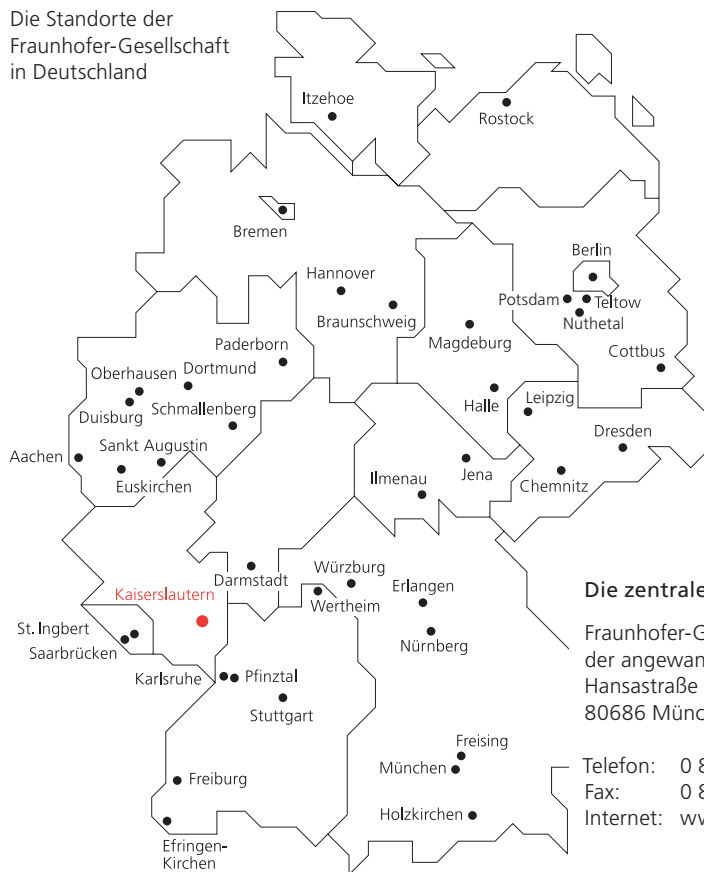
Fraunhofer-Gruppe Informations- und Kommunikationstechnik

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 17 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 Vorlauforschung für neue Produkte und Dienstleistungen. Regelmäßige Wirtschafts-Summits bringen die richtigen Partner aus Industrie und Forschung an einen Tisch.

Die insgesamt 3 000 Mitarbeiter der 17 Institute sowie ein Jahresbudget von mehr als 190 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



Die zentrale Anschrift

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.
Hansastraße 27c
80686 München

Telefon: 0 89/12 05-0
Fax: 0 89/12 05-75 31
Internet: www.fraunhofer.de



Leitung und Verwaltung

Sandra Leugner, Katharina Parusel, Ilka Blauth, Ingeborg Woltmann, Dr. Marion Schulz-Reese, Markus Pfeffer, Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters, Brigitte Williard, Prof. Dr. Helmut Neunzert, Prof. Dr. Axel Klar, Prof. Dr. Ralf Korn, Steffen Grützner

Transportvorgänge

Mathematische Modellierung, Algorithmik, Simulation und Optimierung im Umfeld kontinuumsmechanischer Problemstellungen sind die Themen der Abteilung TRANSPORTVORGÄNGE. Im so umrissenen Arbeitsfeld werden für unsere Kunden maßgeschneiderte Lösungen erarbeitet. Dazu erstellen wir technische Studien mit Auslegungs-, Konstruktions- und Optimierungsvorschlägen. Andererseits konzeptionieren wir Softwarelösungen und -bausteine, erweitern die Leistungsfähigkeit von Softwaretools und entwickeln eigenständige Tools.

Auch das Jahr 2004 verlief wieder wirtschaftlich erfolgreich, wobei weiteres Wachstum realisiert werden konnte. Dabei konzentrieren wir uns nach wie vor auf die Schwerpunkte

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

Unser Kundenspektrum ist entsprechend weit gefächert und branchenübergreifend mit einer gewissen Konzentration auf die Bereiche Maschinenbau, technische Textilien und Glasindustrie.

In allen Schwerpunkten entwickeln wir verstärkt eigene leistungsfähige Softwaretools – einerseits, um diese Software an Kunden weiterzugeben, andererseits, um die vorhandenen Kompetenzen deutlicher zu bündeln und so noch erfolgreicher am FuE-Markt aufzutreten. In diesem Jahresbericht finden sich dazu mehrere Beispiele.

Unter dem im Vorjahr am Fraunhofer ITWM geprägten Begriff »Simulierte Realität (SR)« positionieren wir uns in einem neuen IT-Themenfeld, unter dem die Verschmelzung von Simulation, Optimierung und virtueller Realität verstanden wird. Ein erstes Projektbeispiel ist die »Akustische SR« (siehe Seite 30). Für die Zukunft noch bedeutsamer ist das vom ITWM angeführte Fraunhoferinterne Forschungsprojekt »Simulierte Realität zur Auslegung und Optimierung von Produkten und Produktionsprozessen (MAVO SR-PRO)«.

Dr. Raimund Wegener
☎ 06 31/2 05-39 26
wegener@itwm.fraunhofer.de

Fluid-Struktur-Interaktion

Der Bereich der »Fluid-Struktur-Interaktion« umfasst die Wechselwirkung von Strömungen mit räumlichen Objekten. Dabei konzentrieren sich die Arbeiten auf Fasern, d. h. linienförmige Objekte. Hier konnten zahlreiche Industriekontakte und -kooperationen im Bereich der technischen Textilien und dem zugeordneten Maschinen- und Anlagenbau realisiert werden, so dass dieses Geschäftsfeld momentan das am stärksten wachsende der Abteilung ist. Die Forschungen der vergangenen Jahre werden zur Zeit in dem nachfolgend beschriebenen Simulationstool FIDYST gebündelt. Sukzessive sollen in dieses Tool weitere Prozesse aus dem Umfeld der Produktion und Verarbeitung von Fasern einbezogen werden. Ein industrielles Anwendungsbeispiel zeigt der Projektbericht »Vlieslegung mit ASON-Technologie«.

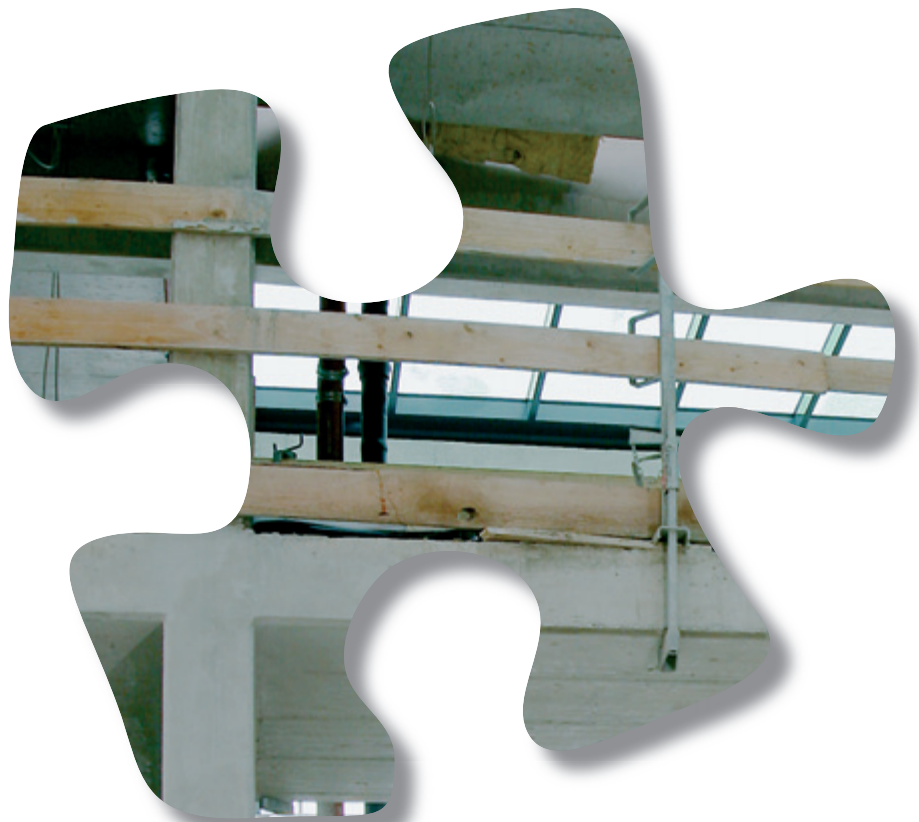
Im Umfeld und parallel zur Entwicklung von FIDYST wurde eine Reihe von Ideen zur Verbesserung der untersuchten Produktionsprozesse generiert. Weitergedacht zielt ein solches Tool eingebunden in eine systematische Optimierung auf den Einstieg in ein echtes simulationsbasiertes Reverse Engineering. Diese Idee ist wesentlicher Bestandteil unseres Konzepts zur Simulierten Realität,

das in dem oben bereits erwähnten Fraunhofer-internen Forschungsprojekt umgesetzt werden soll. Der Bereich der Vlieslegungssimulation ist daher eine der Pilotanwendungen für das Konzept der Simulierten Realität.

Die Arbeiten zur »Fluid-Struktur-Interaktion« zielen aber auch nach wie vor auf flächige Strukturen (z. B. Papierbögen) und partikelartige Objekte (z. B. Tröpfchen). So berichteten wir im Jahresbericht 2001 erstmals über das Projekt »NESPRI – Nebelfreies Spritzen von Außenfassaden« (Teil des BMWA-Programms InnoNet). Dieses Projekt wurde im vergangenen Jahr mit dem Professor-Adalbert-Seifriz-Preis, Technologietransfer Handwerk, und dem Innovationspreis Rheinland-Pfalz, Kategorie Kooperation Forschung und Wirtschaft, ausgezeichnet.

Ansprechpartner:

Dr. Dietmar Hietel
☎ 06 31/2 05-40 82
hietel@itwm.fraunhofer.de



FIDYST – Fiber Dynamics Simulation Tool

Die Produktion von Vliesstoffen ist vor allem durch den Spinn- und Ablageprozess geprägt. In diesem Prozess werden Tausende von Fasern durch eine Vielzahl von Düsen extrudiert und mittels Luftströmungen versponnen. Die Ablage ist durch die Abbremsung der Luftströmung und der Fasern in der Nähe des Auffangbandes bestimmt. In diesem Anwendungsbereich hat das ITWM neue Modelle und Methoden zur Simulation derartiger Prozesse entwickelt. Diese Modelle sind im Simulationstool FIDYST (Fiber Dynamics Simulation Tool) realisiert. Der entscheidende Punkt ist dabei die Wechselwirkung von Fäden und Strömung, die auf einem tragfähigen Modell für die wirkenden Kräfte beruht.

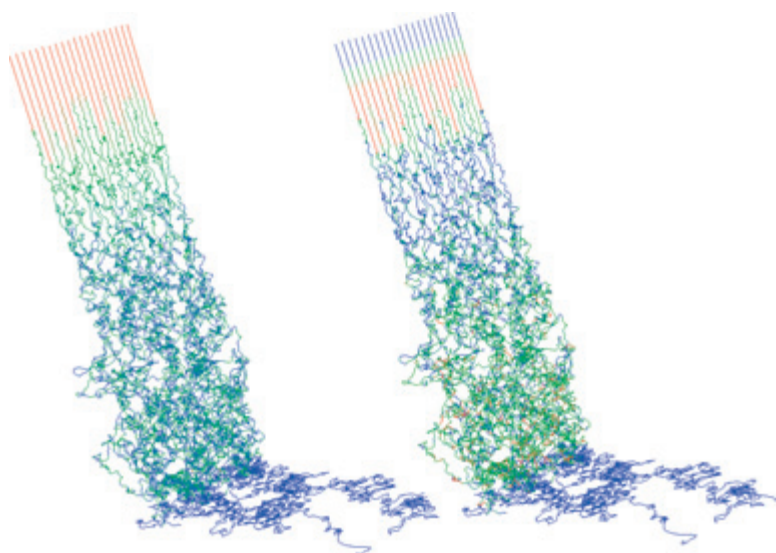
Aufgrund ihrer langgestreckten Geometrie kann eine Faser als zeitlich veränderliche Kurve beschrieben werden, entlang der die verschiedenen angrei-

fenden Kräfte bilanziert werden. Hierbei handelt es sich um innere Kräfte wie elastische oder viskose Spannungen und Biegungen sowie äußere Kräfte, die durch Gravitation oder Wechselwirkung mit Luft, Wänden oder anderen Fasern hervorgerufen werden.

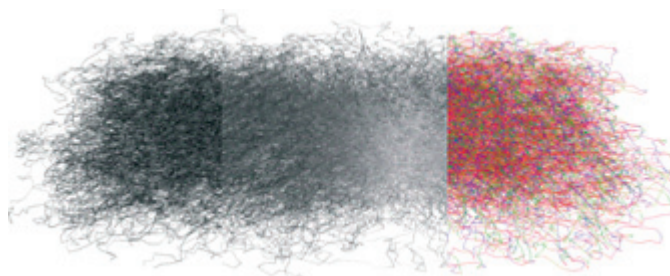
In diesem Rahmen ist die Modellierung der Turbulenzeinflüsse eine besondere Herausforderung. Hierzu ist am ITWM ein stochastisches Kraftmodell entwickelt worden, das die charakteristischen turbulenten Skalen berücksichtigt. Dagegen kann die Strömung mit kommerziellen CFD-Tools wie FLUENT® oder ANSYS CFX® mit Hilfe zusätzlicher UDFs (User Defined Functions) simuliert werden. In der Spinnzone beeinflussen die Fasern die Strömung mittels Luftwiderstand und Wärmeaustausch. Da die Fasern aufgrund ihrer großen Anzahl nicht einzeln repräsentiert werden können, bedienen wir uns eines Homoge-

nisierungsansatzes. In der Ablagezone dagegen wird die Interaktion durch die Luftwirkung auf die Fasern dominiert. Die Rückwirkung auf die Strömung kann daher vernachlässigt werden.

Die auf Basis der Entwicklungen am Fraunhofer ITWM durchführbaren Simulationen ermöglichen einen neuen Einblick in die Produktionsprozesse von Vliesstoffen und Garnen. Als Ergänzung zu Experimenten erlauben sie das Potenzial neuer technologischer Ideen abzuschätzen, Prozessparameter zu optimieren und die Entwicklung neuer Produkte zu unterstützen.



Faserdynamik und Strömung
(Visualisierung Fraunhofer IGD)



Vliesstruktur
(Visualisierung Fraunhofer IGD)

Vlieslegung mit ASON-Technologie

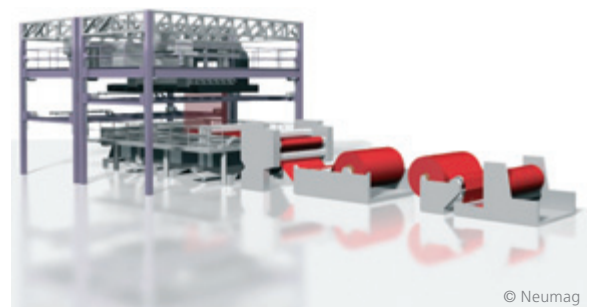
Die flächige Struktur von Vliesstoffen entsteht durch die kontinuierliche Ablage hunderter bis tausender von Fäden auf einem Band oder einer Walze. Die Bewegung der Fäden wird dabei einerseits durch die treibende Luftströmung und andererseits durch die Eigenschaften der Fäden bestimmt. Auf Basis der in Neumünster Anfang 2004 in Betrieb genommenen Technikumsanlage (Kooperation zwischen Neumag | Saurer und ASON) ist die Vlieslegung durch Simulation der Faserdynamiken einschließlich der Ablage auf dem Aufgangband untersucht worden.

Hier wurde eine ganze Reihe von Parametervariationen durchgeführt, um den Einfluss der Faser- und Bandgeschwindigkeit qualitativ und quantitativ zu bewerten. Dazu wurde neben der Bandgeschwindigkeit vor allem der für die maximale Fasergeschwindigkeit entscheidende Druck an der Abzugsdüse variiert. Die erzielten Ergebnisse zeigen die prinzipielle Tendenz einer bevorzugten Ausrichtung der Fasern in Produktionsrichtung, die mit zunehmender Bandgeschwindigkeit verstärkt und mit erhöhtem Abzugsdruck vermindert wird. Die zugehörige Richtungsverteilung steht in Korrelation zu

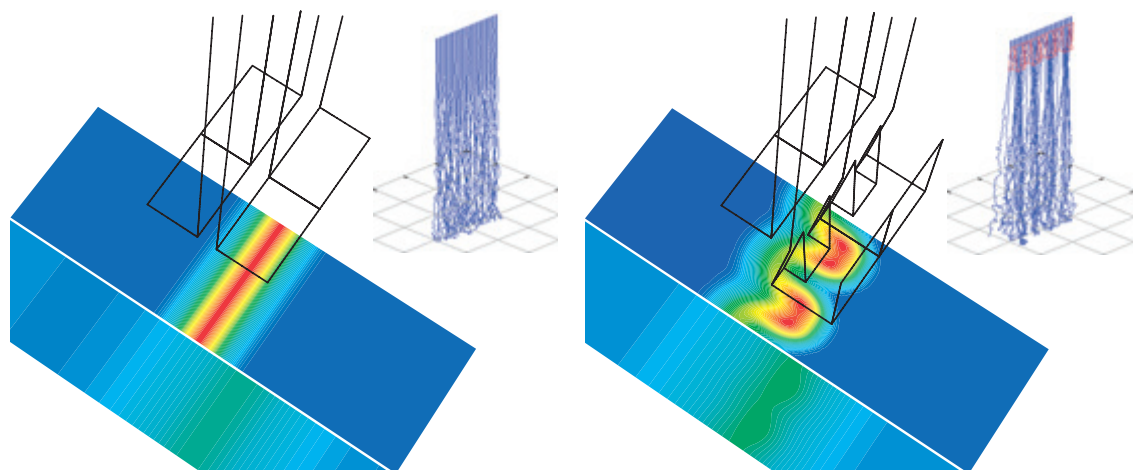
den im Vliesstoff gemessenen Festigkeitswerten in und quer zur Produktionsrichtung (MD/CD-Verhältnis).

Die konstruktive Herausforderung besteht vor allem darin, die Homogenität weiter zu verbessern und das MD/CD-Verhältnis nach Wunsch einstellbar zu machen. Ein Ansatzpunkt hierzu ist die mögliche Verdrehung des Spinnbalkens gegenüber dem Band. Die Simulationsergebnisse hierzu haben gezeigt, dass dies ohne weitere Modifikationen – insbesondere im Bereich der Abzugsdüse – keinen Erfolg verspricht. Auf die Reali-

sierung im Technikum konnte daher zunächst einmal verzichtet werden. Die Simulationen der Vlieslegung sind für die Konstruktion ein ergänzendes Werkzeug, um Versuche gezielter zu planen und teilweise zu ersetzen. Zukünftig sollen diese auch für die Produktion ein Werkzeug bilden, um die Produktionsparameter gezielt und schnell auf sich verändernde Anforderungen einzustellen. Aufgrund der hohen – auch geometrischen – Flexibilität der ASON-Technologie ist das eine große Herausforderung an das Simulationstool FIDYST.



Spinnvliesanlage Neumag | Saurer



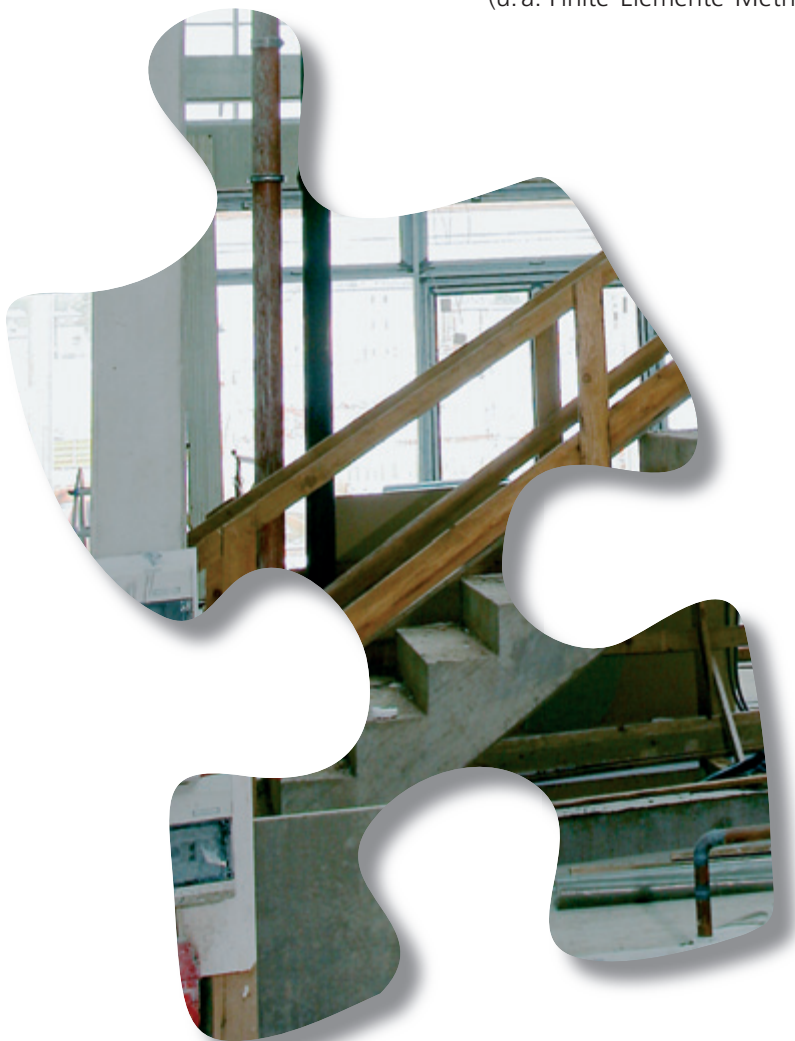
Simulation der Vlieslegung:
Strömungs- und Faserdynamik

Gitterfreie Methoden

FPM (Finite-Pointset-Methode) ist als Softwaretool für kontinuumsmechanische und insbesondere strömungsdynamische Problemstellungen die umfassendste Eigenentwicklung der Abteilung. Die Basisideen und theoretischen Vorzüge der zugrunde liegenden gitterfreien Methode wurden bereits in den vergangenen Jahren beschrieben: In FPM werden die strömungsdynamischen Feldinformationen (u. a. Dichte, mittlere Geschwindigkeit, Temperatur) auf frei positionierbaren Informationsträgern (den sogenannten Partikeln) gespeichert, die bei transienten Problemen im allgemeinen mit der Strömungsgeschwindigkeit bewegt werden. Damit benötigt FPM kein Rechengitter (Mesh) und kann so die Leistungsgrenzen der existierenden CFD-Methoden (u. a. Finite-Elemente-Methode FEM,

Finite-Differenzen-Methode FDM, Finite-Volumen-Methode FVM) in Hinblick auf Gittergenerierung und -adaption überwinden sowie neue Anwendungsfelder erschließen. Die Methode ist den klassischen Verfahren daher in solchen Anwendungen überlegen, in denen sich die Geometrie des Strömungsgebiets zeitlich stark ändert bzw. freie Oberflächen und/oder Mehrphasenströmungen zu handhaben sind.

Ausgehend von kompressiblen Gasströmungen (Airbagentaltung, Kooperation mit ESI-Group, Paris) wurde in den letzten zwei Jahren auch der Bereich der inkompressiblen Strömungen erfolgreich erschlossen. Anwendungsbeispiele sind die Simulation des Betankungsvorgangs von Kraftfahrzeugen (Kooperation mit Volkswagen AG) und diverse Simulationsbeispiele aus dem Bereich der Glasindustrie (Kooperation mit Schott Glas, Mainz). Der augenfälligste Fortschritt des vergangenen Jahres ist die Entwicklung eines stationären FPM-Solvers. Zudem wurden die Fähigkeiten der Software im Bereich Pre- und Postprocessing soweit ausgebaut, dass erste eigenständige Lösungen bei Industriekunden erfolgreich installiert und eingesetzt werden konnten.



Ansprechpartner:

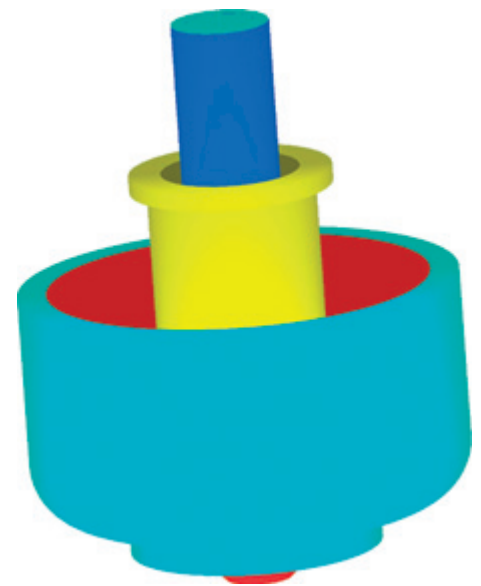
Dr. Jörg Kuhnert
☎ 06 31/2 05-40 87
kuhnert@itwm.fraunhofer.de

Simulation eines Tropfenspeisers

Ein Beispiel für ein instationäres Strömungsproblem mit freien Oberflächen ist ein Tropfenspeiser (TC-25), wie er in der Produktion traditioneller Röhrenbildschirme eingesetzt wird. Das Beispiel TC-25 veranschaulicht die vielfältigen Möglichkeiten der am ITWM entwickelten Finite-Pointset-Methode (FPM). Ein Tropfenspeiser führt einem kontinuierlichen Produktionsprozess innerhalb eines Zyklus jeweils einen Tropfen flüssigen Glases zu. Der erzeugte Tropfen wird in eine Form eingebracht, wo er in einem weiteren Schritt mit Hilfe eines Stempels zu einem Bildschirm gepresst wird. Der zu generierende Tropfen muss bestimmten Vorgaben bezüglich Größe bzw. Temperatur genügen, und es sollte vor Inbetriebnahme eines solchen technologischen Prozesses sichergestellt sein, dass diese Vorgaben im Produktionszyklus auch eingehalten werden können. Ein Tropfenformungsprozess nach dem TC-25-Muster ist jedoch sehr sensibel, es gibt einige Parameter, die den Formungsprozess erheblich beeinflussen können. Simulationen sind daher für die Auslegung sehr hilfreich.

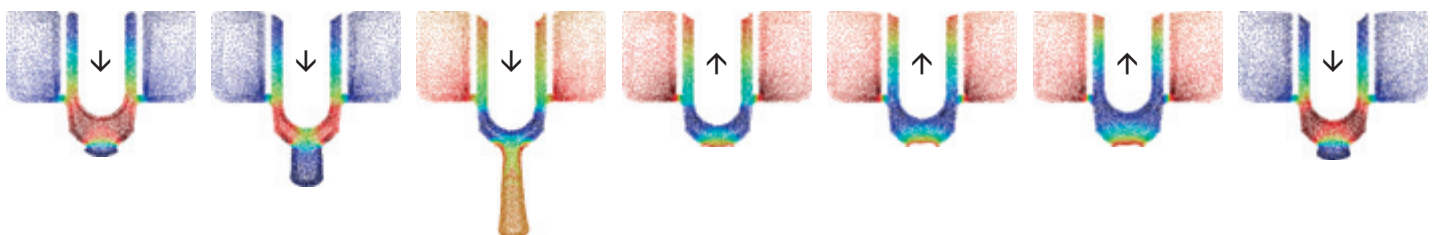
Bei der Apparatur des TC-25 handelt es sich um eine nach oben offene Wanne, die Glasschmelze enthält. Ein über dem Glasspiegel befindliches Zufussrohr stellt einen kontinuierlichen Nachschub an Glasschmelze sicher. Im Boden der Wanne ist eine Speiseröffnung (Ablauf) eingebracht. Eine periodisch auf und ab bewegte »Nadel« oberhalb des Ablaufs sorgt für die Portionierung des Glasmassenstroms. Dabei entsteht bei der Aufwärtsbewegung der Nadel ein Sog, der das Austreten von Glasschmelze aus der Speiseröffnung verhindert. Es füllt sich ein Hohlraum mit Glasschmelze, die bei der anschließenden Abwärtsbewegung der Nadel durch die Speiseröffnung getrieben wird und sich dabei zum Tropfen formt. Jeder der auf diese Weise periodisch entstehenden Tropfen wird abgeschnitten und fällt in die Form, in der er schließlich zum Bildschirm verpresst wird. Die Nadel selbst ist noch von einer Hülse umgeben, die einmal pro Zykluszeit um ihre eigene Achse rotiert und für gute Durchmischung der Glasschmelze sorgt.

Das ITWM hat sich mit dem TC-25 an einem breit angelegten Benchmarking beteiligt und dabei nachgewiesen, dass FPM mühelos einen solchen Prozess simulieren kann.



Geometrie des Tropfenspeisers TC-25

Druckfeld im Prozessverlauf mit der Bewegungsrichtung des Stempels



Strahlungstransport und Parameteridentifikation

In vielen Produktionsprozessen, in denen Materialien oder Bauteile sich aufheizen oder abkühlen, spielt Strahlung eine wichtige Rolle für den Wärmehaushalt. Im Gegensatz zur diffusen Wärmeleitung, die mathematisch einfach beschrieben und mit verschiedenen kommerziellen Softwarepaketen simuliert werden kann, ist Strahlung wesentlich komplexer. Daher wird sie nur in Grenzflächen reiner Oberflächenstrahlung oder in optisch dichten Medien befriedigend (unter den Gesichtspunkten Geschwindigkeit und Genauigkeit) durch Standardsoftware simuliert. In semitransparenten Medien, wie z. B. Glas, kann Wärmestrahlung aus dem Volumen jedoch nicht vernachlässigt werden. Die Situation wird noch komplexer, wenn streuende Medien – z. B. biologische Gewebe – untersucht werden.

In der Abteilung TRANSPORTVORGÄNGE wurde in den vergangenen Jahren ein umfangreiches Know-how auf dem Gebiet des Strahlungstransports erworben und in einer Reihe von Industrieprojekten, schwerpunktmäßig mit der Firma Schott Glas, Mainz, erfolgreich angewandt. Die jüngsten Arbeiten am ITWM konzentrieren sich auf die Bereitstellung der eigenen Softwarebasis RADEFF zur Simulation des Strahlungstransports in Anbindung an das Softwarepaket FLUENT®. Diese Software ist nachfolgend detaillierter beschrieben.

Aus den Industrieprojekten um den Wärmetransport wurde in den letzten Jahren zudem eine besondere Kompetenz im Bereich »Inverse Probleme und Parameteridentifikation« aufgebaut. Das Projekt »Lokale Medikamentenapplikation am Innenohr« gibt ein Beispiel für das interessante Wechselspiel von Vorwärtssimulation und Parameteridentifikation. Es zeigt zudem, wie mathematische Kompetenz aufgrund der hinterlegten Modelle (Wärmeleitung, Diffusion) ohne weiteres auf ganz verschiedenartige Fragestellungen angewandt werden kann.



Ansprechpartner:

Dr. Norbert Siedow
☎ 06 31/2 05-41 26
siedow@itwm.fraunhofer.de

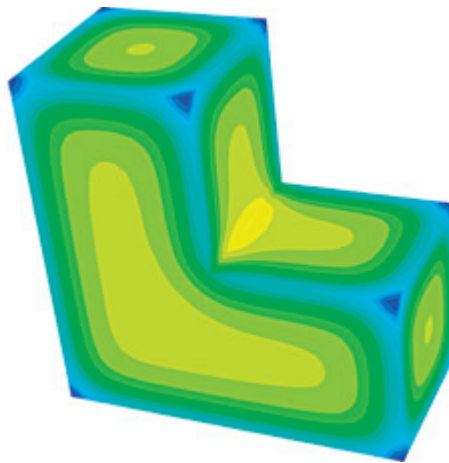
RADEFF – Effiziente Strahlungssimulation mit FLUENT®

Die Kopplung von Wärmestrahlung an Wärmeleitungs- und/oder Strömungsprobleme ist ein hochdimensionales nichtlineares Problem. Klassischerweise kommen drei Simulationsmethoden für den Strahlungsteil solcher Probleme zum Einsatz. Die Rosseland-Approximation beschreibt die Strahlung unter Verlust aller Geometrieinformationen als Korrektur des Wärmeleitkoeffizienten. Das Verfahren ist daher leicht zu implementieren und sehr schnell. Brauchbare Ergebnisse erhält man aber nur für optisch dicke Medien. Die P_1 -Approximation ist eine richtungsunabhängige, aber wellenlängenabhängige Diffusionsapproximation der Strahlung. Im Vergleich zu Rosseland wird die Geometrieinformation berücksichtigt, was aber durch einen deutlich höheren Rechenaufwand erkauft wird. Aber auch dieses Verfahren ist für optisch dünne Medien ungenau. Die Diskrete-Ordinaten-Methode (DOM) basiert dagegen auf einer echten Richtungsdiskretisierung der vollen Strahlungstransportgleichung, so dass man ein sehr genaues Verfahren erhält. Allerdings führt dies in vollen dreidimensionalen Geometrien zu einem kaum vertretbaren Rechenaufwand. Die beschriebenen drei Verfahren sind sämtlich in FLUENT® implementiert.

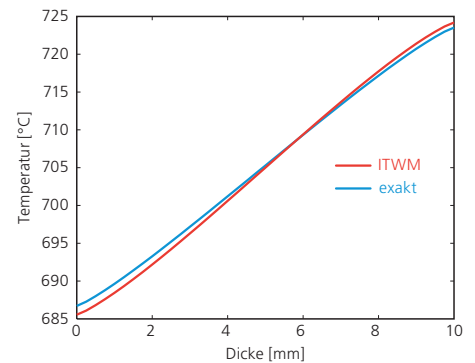
Am ITWM wurde unter dem Namen RADEFF ein Näherungsverfahren zur numerischen Lösung der Strahlungstransportgleichung entwickelt. RADEFF beruht auf einer formalen Integration der Strahlungstransportgleichung, die zu einer geeigneten Modellierung der Quell- und Diffusionsterme in den Ener-

giebilanzgleichungen führt. Insgesamt ist das Verfahren, wie die Anwendungsbeispiele zeigen, ein guter Kompromiss zwischen der schnellen Rosseland- und der genauen Diskrete-Ordinaten-Methode. Es berücksichtigt sowohl wellenlängenabhängige Absorption als auch alle Geometrieinformationen. Bei hinreichend guter Genauigkeit ist RADEFF bis zu zehnmal schneller als die klassische DOM. Das Verfahren ist als UDF (User Defined Function) in FLUENT® im-

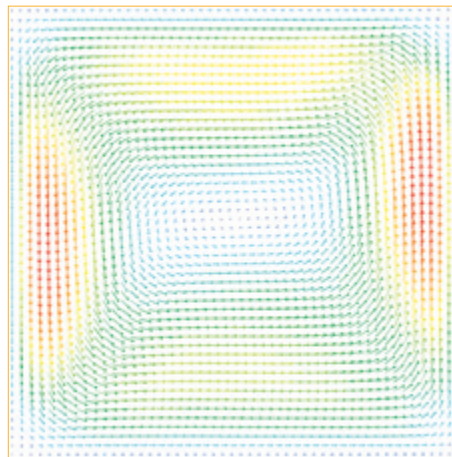
plementiert und wird bereits in Projekten zur Simulation des Wärmetransports in semitransparenten Materialien eingesetzt. Die momentanen Arbeiten konzentrieren sich auf Benchmarking und Weiterentwicklung bezüglich diverser Randbedingungen. Für Unternehmen bietet RADEFF in Anbindung an FLUENT® die Basis von maßgeschneiderten Simulationslösungen für den Wärmetransport in semitransparenten Materialien.



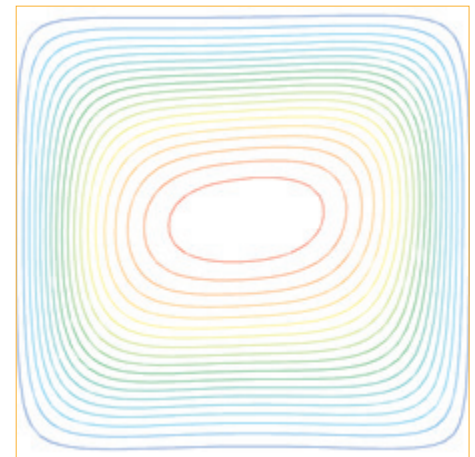
Abkühlung eines Glasblocks



Stationäre Temperatur einer aufgeheizten Glasplatte: ITWM-Lösung und exakte Lösung



Konvektionsströmung mit Strahlung: Geschwindigkeit



Konvektionsströmung mit Strahlung: Stromlinien

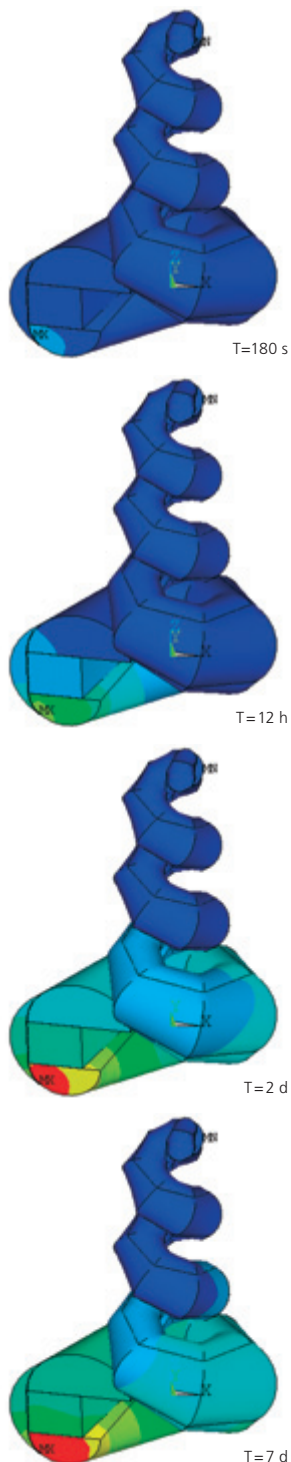
Lokale Medikamentenapplikation am Innenohr

Erkrankungen des Innenohrs, wie beispielsweise Hörsturz mit oder ohne Tinnitus, gehören in Deutschland zu den häufigsten chronischen Erkrankungen. Derzeit verwendete Therapiemethoden beinhalten u. a. intravenöse Infusionen, deren Wirkungsweise allerdings nicht unumstritten ist. Studien haben gezeigt, dass nur sehr hohe Pharmaka-Dosen zu messbaren Wirkstoffspiegeln im Innenohr führen, die jedoch unerwünschte systemische Nebenwirkungen nach sich ziehen können. Aus diesem Grund beschäftigt sich die medizinische Forschung seit geraumer Zeit mit lokalen Therapiemethoden, bei denen die Pharmaka in geeigneter Weise an die Rundfenstermembran gebracht werden und von dort in das Innenohr diffundieren. Mangelnde Kenntnis der Pharmaka-Kinetik im Innenohr ist derzeit einer der Hauptgründe für die Unsicherheit im Umgang mit dieser Methode und Grund für umfangreiche Tierversuche. Allerdings sind die morphologischen Eigenschaften des Innenohrs verschiedener Spezies auch unterschiedlich, so dass die Ergebnisse der Tierversuche nicht direkt auf den Menschen übertragbar sind.

In einem Projekt zwischen der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde / Hörforschungszentrum am Universitätsklinikum Tübingen und dem ITWM wurde nun ein mathematisches Modell zur Computersimulation der Stoffverteilung in den Innenohrflüssigkeiten bei

der lokalen Pharmaka-Applikation entwickelt. Mit Hilfe des Programmpakets ANSYS® wurde ein vereinfachtes dreidimensionales geometrisches Modell der Cochlea erstellt und für die Simulation der Medikamentenapplikation (Diffusionsprozess) eingesetzt. Die notwendigen physikalischen Parameter – Permeabilitäten, Diffusions- und Übergangskoeffizienten – wurden, soweit vorhanden, der Literatur entnommen.

Generell sind die Übergangskoeffizienten allerdings nicht gut bekannt, sondern müssen als Inverses Problem aus In-vivo-Messungen, verbunden mit der Computersimulation, ermittelt werden. Die notwendigen direkten Messergebnisse aus Tierversuchen stehen dafür in der Literatur zur Verfügung. Aufgrund der hohen Rechenzeiten ist das volle dreidimensionale Modell aber nicht für eine echte Parameteridentifikation geeignet. Daher wurde zusätzlich asymptotisch ein eindimensionales Modell abgeleitet und implementiert, mit dem eine effiziente Parameteridentifikation möglich ist. In der Auswertung konnte am ITWM insbesondere ein erheblicher Skalierungsfehler in den Literaturwerten nachgewiesen werden. Sofern entsprechende Geldgeber gefunden werden, kann die Forschungskooperation mit der Entwicklung eines realistischen, auf CT-Daten basierenden Modells fortgesetzt werden.



Konzentrationsverläufe eines Medikaments in der Cochlea

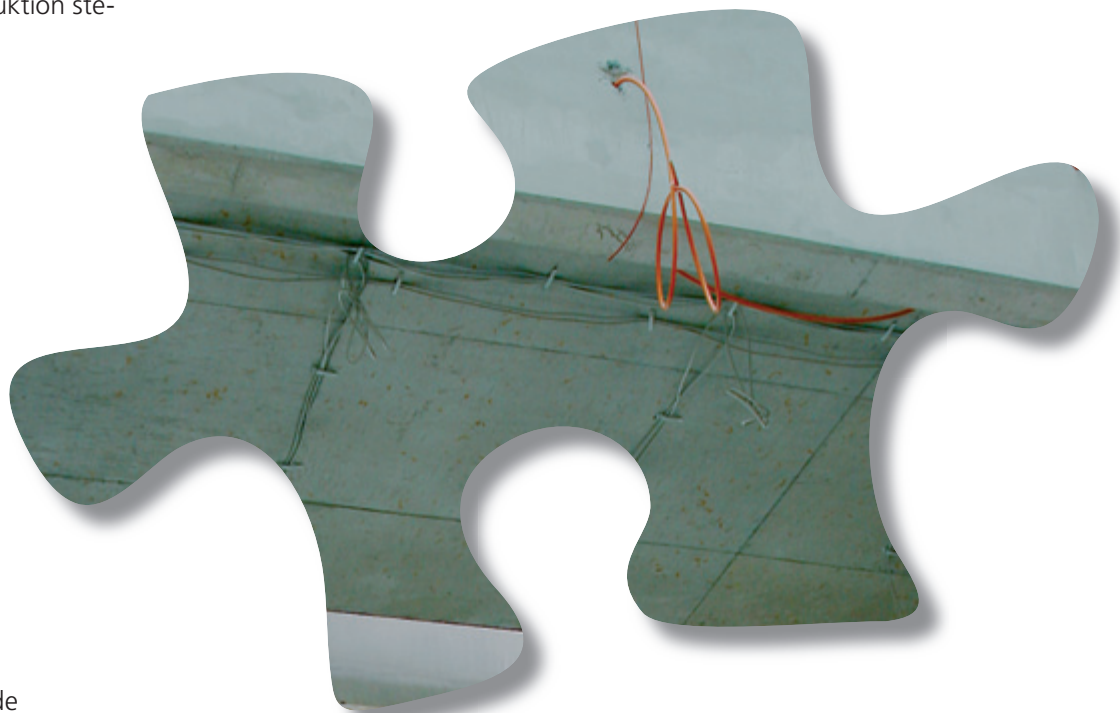
Kontinuumsmechanische Produkt- und Prozessauslegung

In diesem Schwerpunkt werden die verschiedenen Kompetenzen der Abteilung im Umfeld der Modellierung und Simulation von Transportvorgängen zusammengeführt, um hauptsächlich in Industrieprojekten die Auslegung und Optimierung von Produkten und Produktionsprozessen voranzutreiben. Daher berühren die Aktivitäten auch fast alle Bereiche der Kontinuumsmechanik, u. a. Strömungsdynamik, Wärmeleitung, Diffusion, Strahlungstransport, Strukturmechanik und Akustik. Unsere Stärke sehen wir dabei in der Behandlung gekoppelter Probleme (Multiphysics), die wir mit kommerziellen Softwaretools (FLUENT®, ANSYS®, FEMLAB®, MATLAB® u. a.), eigener Software und hybriden Softwarelösungen angehen.

Ein zweiter Fokus liegt auf solchen Projekten, die aus Komplexitätsgründen insbesondere vor dem Hintergrund von Optimierungsfragestellungen nach Modellreduktion verlangen. Hier bringen wir insbesondere asymptotische Methoden zur Anwendung. Als Beispiel sei die Teilaufgabe des ITWM im europäischen Großprojekt INMAR genannt, in dessen Zentrum Fragen der adaptiven Schwingungsreduktion ste-

hen. Exemplarisch ist auch die Kooperation mit der Firma Stryker/Leibinger; hier betreiben wir auf Basis eines kontinuierlichen Kooperationsvertrags in kurzfristig vereinbarten Projekten wissenschaftlich-technisches Consulting im Bereich der Medizintechnik. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf Operationsnavigationssystemen.

Der Bereich der Simulierten Realität (Verschmelzung von Simulation, Optimierung und virtueller Realität) wird nachfolgend exemplarisch mit dem Projekt »Akustische Simulierte Realität« vorgestellt. Langfristig wollen wir unter dem Schlagwort »Simulierte Realität« Softwaretools zur Auslegung und Optimierung verschiedenartigster Produkte und Prozesse entwickeln. Der akustische Aspekt des nachfolgenden Projekts ist in dieser Hinsicht nur exemplarisch.



Ansprechpartner:

Dr. Jan Mohring
☎ 06 31/2 05-38 86
mohring@itwm.fraunhofer.de

Akustische Simulierte Realität

Im Rahmen dieses durch die Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation geförderten Forschungsvorhabens wird in Zusammenarbeit mit der AG Graphische Datenverarbeitung & Computergeometrie (Prof. Dr. Hans Hagen) des Fachbereichs Informatik der TU Kaiserslautern ein Virtual-Reality-Darstellungssystem geschaffen, in dem ein zu planender Raum nicht nur optisch, sondern auch akustisch vorab erkundet werden kann. Ausgerüstet mit Space-Mouse und 3D-Brille taucht die Testperson in eine vor ihr auf die Powerwall projizierte Szene ein. Für die Schallfeldsynthese sorgt ein hochwertiges Surround-System. Die Forschungsschwerpunkte des Vorhabens sind die physikalisch korrekte Berechnung des Schallfeldes im virtuellen Raum und die intuitive Visualisierung akustischer Qualitätskriterien.

Zur Bewertung der akustischen Eigenschaften eines Raumes haben sich in der Beschallungstechnik eine Reihe von Kriterien herausgebildet (Nachhallzeit, Deutlichkeit, Ortbarkeit etc.). Mit

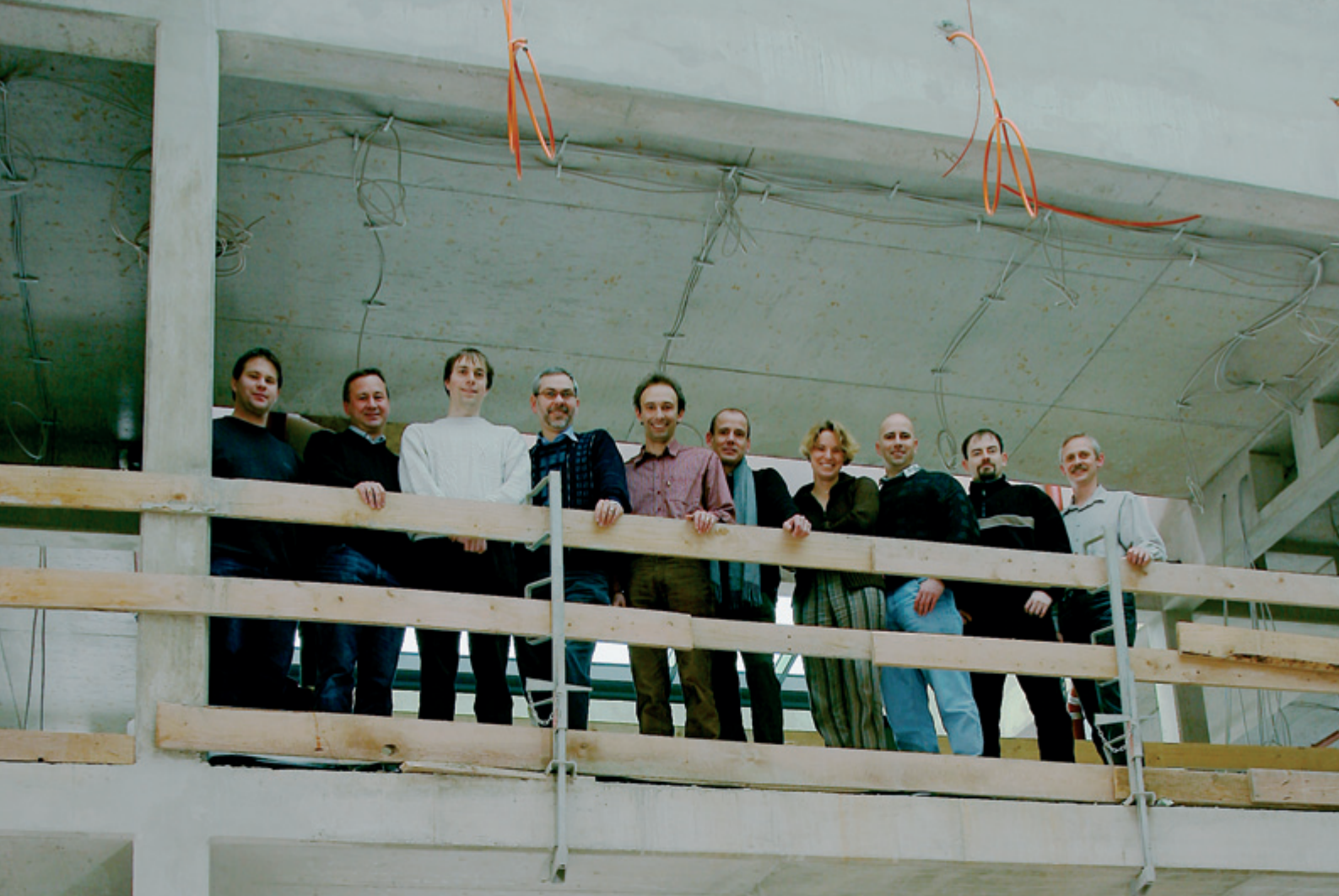
den auf dem Markt befindlichen Raumakustikprogrammen lassen sich diese mit gewisser Güte berechnen und visualisieren. Für den Kunden eines Ingenieurbüros, z. B. einen kommunalen Bauträger, oder einen Architekturstudenten sind diese Kennzahlen jedoch selten mit Erfahrung hinterlegt und die Abwägungen eines Akustikers daher nur schwer nachvollziehbar. Mit Hilfe des Virtual-Reality-(VR)-Systems wird es dagegen auch ohne hinreichende Erfahrung möglich sein, z. B. Anforderungen an Akustik, Beleuchtung und Ästhetik eines Konzertsalles gegeneinander abzuwägen. Ist die Hard- und Softwarebasis einmal geschaffen, sind zahlreiche weitere Anwendungen denkbar (z. B. audio-visuelle Darstellungen von Umströmungen, Lärmbelastungen in einer Maschinenhalle, Schallschutzmaßnahmen gegen Verkehrslärm). Der von uns vorgeschlagene Zugang zeichnet sich gegenüber bestehenden Ansätzen durch

wellenakustische Berücksichtigung der für industrielle Anwendungen wichtigen tiefen Frequenzen, hochwertige natürliche Visualisierung, Echtzeitbewegung des Hörers im virtuellen Raum, Realisierung des Prinzips fehlerorientierter Adaptivität in allen Simulationsaspekten sowie intuitive Visualisierung komplexer Qualitätskriterien aus.

Während im Mittelpunkt der Arbeiten des laufenden Projektjahrs der Aufbau der benötigten Hardware und die Spezifikation der Softwarebausteine stand, werden sich die weiteren Arbeiten auf die Themenfelder Raumakustiksimulation (Hoch-, Mittel-, Tieftonbereich und deren Kopplung), Echtzeitdarstellung (visuelles und akustisches Rendering), Visualisierung und damit auf die Erstellung der Softwarebasis konzentrieren. Ziel ist, bis Ende 2006 zu einer ersten prototypischen Lösung in Hard- und Software zu kommen.



Raum für Akustische Simulierte Realität



Markus von Nida, Dr. Norbert Siedow, Dr. Marco Günther, Dr. Dietmar Hietel, Dr. Hartmut Hensel, Dr. Raimund Wegener, Nicole Marheineke, Ferdinand Olawsky, Dr. Arkadiusz Wawrenczuk, Dr. Jan Mohring, Sergiy Pereverzyev, Satyananda Panda, Dr. Teodor Grosan, Sergey Antonov, Dr. Robert Feßler, Aleksander Grm, Eka Budiarto, Jevgenijs Jegorovs, Dr. Sudarshan Tiwari

Strömungen und komplexe Strukturen

Die Abteilung beschäftigt sich mit der Modellierung und Simulation strömungsdynamischer und strukturelastischer Prozesse zur Optimierung von Materialien und Bauteilen. Immer wichtiger wird dabei die ganzheitliche Betrachtung der relevanten Prozesse und Phänomene für eine integrierte Material- und Produktauslegung. Die effiziente Lösung der hierbei auftretenden Multiskalen- und Multiphysikprobleme zählt zu den Kernkompetenzen der eng verzahnten Schwerpunkte

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

Unser Kundenkreis umfasst Hersteller von technischen Textilien und Verbundmaterialien, metall- und kunststoffverarbeitende Industrien, insbesondere Gießereien, sowie weiterverarbeitende Branchen wie Filterhersteller und Systemzulieferer im Automobilbereich.

Das vergangene Jahr war geprägt von verstärkten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in der direkten Zusammenarbeit mit und für industrielle Kunden und resultierte in einem entsprechend hohen Wirtschaftsertrag. Neben engen bilateralen Kooperationen mit Firmen wurden die Kundenkontakte u. a. durch mehrere Industrieworkshops (»Integrierte Prozess-Simulation zur Optimierung von Gussbauteilen«, »Simulation und Design von Filtern und Filtermedien« sowie »Innovative Methoden und Materialien in der Fahrzeugakustik«) erweitert und intensiviert.

Auf Seiten der Grundlagen- und Vorkaufforschung wurde mit vermehrten Promotionsvorhaben – mittlerweile umfasst die Abteilung genauso viele Doktoranden wie wissenschaftliche Mitarbeiter – und engen Kooperationen mit thematisch verwandten universitären Gruppen dem sich drastisch auswirkenden Rückgang der öffentlichen Projektförderung entgegengetreten. Neben der traditionell intensiven Zusammenarbeit mit verschiedenen Fachbereichen der TU Kaiserslautern haben sich mittlerweile mit einigen internationalen Wissenschaftlern längerfristige Kooperationen etabliert, die Gastaufenthalte unterschiedlicher Dauer zur Folge hatten.

Dr. Konrad Steiner
☎ 06 31/3 03-18 20
steiner@itwm.fraunhofer.de

Der Bereich »Hydrodynamik« umfasst die Modellierung und Simulation komplizierter Strömungsvorgänge für industrielle und umwelttechnische Anwendungen mit dem Schwerpunkt auf Kopplungs-, Multiphysik- und Multiskalenphänomenen. Insbesondere beinhalten unsere Aktivitäten die Entwicklung von Algorithmen und Software für

- die Kopplung frei strömender Fluide mit Strömungen in porösen Medien (in Ölfiltern, auf der Erdoberfläche und im Boden sowie das Durchströmen von perforierten Wänden)
- die Simulation von Überflutungen in urbanen Gebieten
- Strömungen durch deformierbare poröse Medien sowohl auf der Makroskala (Poroelastizität) als auch auf der Mikroskala (Fluid-Struktur-Wechselwirkung)

sowie Simulation, Analyse und Optimierung von

- Wärmetauschern
- Maschinen zur Herstellung von Glaswolle
- Ölfiltern etc.

Stabilität und Effizienz der implementierten Algorithmen sind die Ergebnisse unserer zielgerichteten Forschung in den Bereichen Finite-Volumen- und Gitter-Boltzmann-Methoden, optimale iterative Methoden und problemangepasste Vorkonditionierung.

Ansprechpartner:

PD Dr. Oleg Iliev
☎ 06 31/3 03-18 12
iliev@itwm.fraunhofer.de

Der Bereich Hochwasser verwendet Flachwassergleichungen zur Simulation des Abflussgeschehens auf der Oberfläche und im Kanalnetz in urbanen Gebieten und angrenzenden Einzugsgebieten. Beiträge zur Abschätzung von Überflutungshäufigkeiten und Schadenspotenzialen und zur Dimensionierung von Entwässerungssystemen können somit geleistet werden. Spezielle Kompetenz liegt in der Erstellung von Höhenmodellen im städtischen Raum und in der Oberflächen-Kanalnetz-Kopplung vor.

Bei der Optimierung von Wärmetauschern sind mit den Kriterien des maximalen Wärmeaustausches und des minimalen Druckverlusts zwei sich widersprechende Anforderungen zu erfüllen. Detaillierte numerische Simulationen der nicht-isothermen Strömungsvorgänge erlauben die Auslegung energieoptimaler Wärmetauscher.



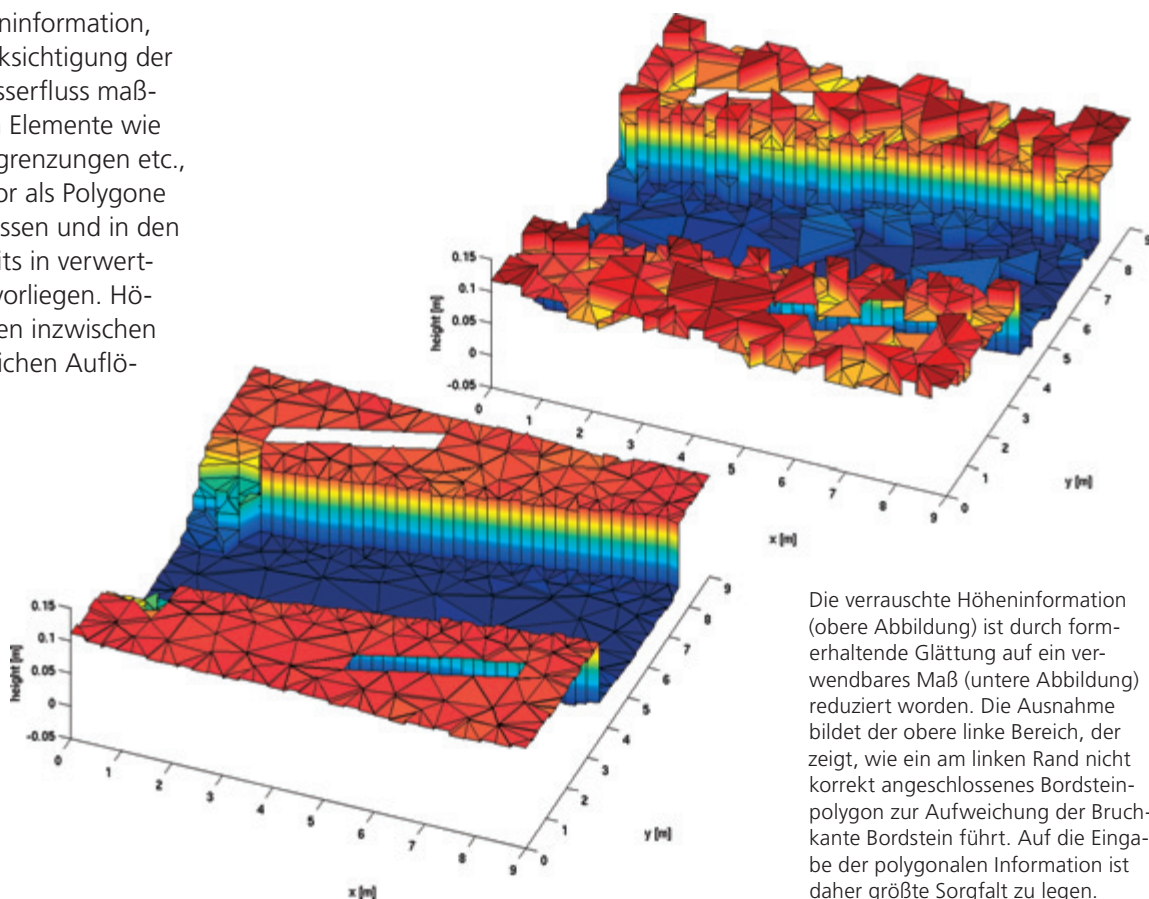
Hochwassersimulation im städtischen Raum

Mit dem Auslaufen des BMBF-/Eureka-Projekts RisUrSim (Risk management in urban areas – simulation and optimization) steht dem ITWM eine Software zur Simulation der für die gekoppelte Abflussberechnung auf der städtischen Oberfläche und im Kanalnetz relevanten Prozesse zur Verfügung, die für die Abschätzung von Überflutungshäufigkeiten von urbanem Siedlungsraum geeignet ist. Die Software verfügt über das Alleinstellungsmerkmal der bidirektionalen Oberflächen-Kanalnetzkopplung, für die es neben den erarbeiteten methodischen Weiterentwicklungen bisheriger Ansätze einer sehr detaillierten Modellrepräsentation der Oberfläche bedarf. In diesem Punkt wurden im abgelaufenen Jahr entscheidende Fortschritte erzielt. Die Beschreibung des Reliefs im städtischen Raum verlangt nicht nur nach möglichst exakter Höheninformation, sondern auch der Berücksichtigung der linienförmigen, den Wasserfluss maßgeblich beeinflussenden Elemente wie Bordsteine, Gebäudebegrenzungen etc., die dem Modellgenerator als Polygone eingegeben werden müssen und in den Stadtkarten häufig bereits in verwertbarer Form digitalisiert vorliegen. Höheninformationen können inzwischen in der benötigten räumlichen Auflö-

sung von mehr als einem Punkt pro Quadratmeter aus luftgestützten Verfahren, wie dem Laserscanning, auch im städtischen Raum mit guter Genauigkeit (maximal 10 bis 15 cm Fehler in vertikaler Richtung), gewonnen werden. Tests mit einem derartigen Datensatz haben ergeben, dass die Standarddatenverarbeitung noch eine Restwelligigkeit der Daten zurücklässt, die oberhalb der für die Herausarbeitung von Bordsteinen notwendigen Genauigkeit liegt. Mit am ITWM entwickelten Glättungsalgorithmen gelingt es hingegen, die Restwelligigkeit so zu reduzieren, dass der Höhenunterschied zwischen Bürgersteig und Straße auflösbar wird. Dieser Schritt gelingt, ohne die linienförmigen Strukturen aufzuweichen und ist vom Benutzer ohne

komplizierte Datenaufbereitung durchführbar. Die Abbildungen zeigen die Funktionalität an einem synthetischen Beispiel.

Derartige Prozesse werden im Hause derzeit auf einen realen Datensatz hoher Qualität angewendet. Erste Ergebnisse zeigen, dass dieser Datensatz mit der diskutierten Bearbeitung es erlauben wird, hochfeyn aufgelöste Oberflächenmodelle zu erzeugen, die zu einem Genauigkeitszuwachs in der Abflussmodellierung führen werden. Die neue Technik wird ebenfalls Anwendung im kürzlich angelaufenen BMBF-Projekt 3ZM-GRIMEX finden, das sich die gekoppelte Berechnung der Fließvorgänge am Beispiel von Dresden zur Aufgabe gesetzt hat.



Die verrauschte Höheninformation (obere Abbildung) ist durch form-erhaltende Glättung auf ein verwendbares Maß (untere Abbildung) reduziert worden. Die Ausnahme bildet der obere linke Bereich, der zeigt, wie ein am linken Rand nicht korrekt angeschlossenes Bordsteinpolygon zur Aufweichung der Bruchkante Bordstein führt. Auf die Eingabe der polygonalen Information ist daher größte Sorgfalt zu legen.

Im Schwerpunkt »Komplexe Fluide« befassen wir uns mit Strömungen von industriell relevanten Flüssigkeiten, deren Fließverhalten stark von dem gewöhnlicher Flüssigkeiten abweicht. Dazu gehören z. B. Flüssigkeiten mit je nach Strömungsmuster räumlich variierenden Viskositäten oder Strömungen, die sich sowohl viskos als auch plastisch und elastisch verhalten können. Für die Anwendung besonders interessant sind granulare Medien, Polymerflüssigkeiten, kolloidale Flüssigkeiten, faserverstärkte Kunststoffe und Glasschmelzen, aber auch viele biologische Flüssigkeiten.

Für viele industrielle Anwendungen von komplexen Fluiden reichen die Simulationsmöglichkeiten, die durch kommerzielle Software zur Verfügung stehen, nicht aus, da entweder die verwendeten mathematisch-physikalischen Modelle oder die eingesetzten numerischen Methoden nicht der Anwendung angepasst sind. Für diese Fälle werden im Schwerpunkt »Komplexe Fluide« Speziallösungen entwickelt. So wurde z. B. in den letzten Jahren ein Software-Modul zur Berechnung der Faserorientierung während des Spritzgusses von faserverstärkten Thermoplasten entwickelt. Dieses Modul kann an kommerzielle Softwarepakete über ein Software-Interface angekoppelt werden.

Um auch Prozesse wie das Spritzgießen optimieren zu können, ist es wichtig, die Strömung rheologisch anspruchsvoller Polymerschmelzen in komplexen Geometrien zu simulieren. Dazu wurde schon vor einigen Jahren am Fraunhofer ITWM das zur Simulation von Strömungen einfacher Flüssigkeiten in komplexen Strukturen sehr effiziente Lattice-Boltzmann-Verfahren in einen parallelen, industrietauglichen Code umgesetzt und jetzt innerhalb eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekts auf Strömungen von Polymerschmelzen erweitert.

Ein weiteres Anwendungsbeispiel ist die Entwicklung einer Software zur Simulation des Kernschießens, das zur Herstellung von Gussformen verwendet wird.



Ansprechpartner:

PD Dr. Arnulf Latz
☎ 06 31/3 03-18 25
latz@itwm.fraunhofer.de

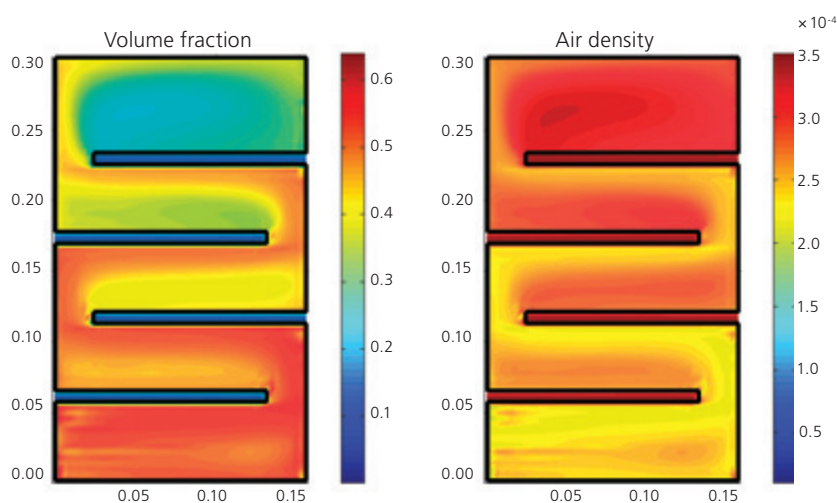
Simulation des Kernschießens bei der Herstellung von Gießereikernen

Produktionsprozesse, in denen granulare Materialien verarbeitet werden, spielen in so unterschiedlichen Industriezweigen wie der Baustoffindustrie, der pharmazeutisch-chemischen Industrie und der Lebensmittelindustrie eine ökonomisch bedeutende Rolle. Das komplexe Fließverhalten von Pulvern und Körnern macht es trotz der erheblichen Erfahrung in der Handhabung solcher Materialien schwierig, in neuen Situationen abzuschätzen, welches Verhalten zu erwarten ist. Hier können Simulationen, in denen die Rheologie so realistisch wie möglich erfasst wird, helfen. In enger Zusammenarbeit mit der Firma MAGMA wird deshalb am Fraunhofer ITWM die Kompetenz in der Simulation granularer Strömungen auf das Kernschießen von Sandformen übertragen. Diese werden in der Gießerei-Industrie zur Produktion komplexer Gießereikerne eingesetzt. Während des sogenannten Kernschießens wird eine Sand-Luft-Mischung, die anfänglich aus ca. 30 bis 40 % Sand besteht, in ein Modell des Kerns eingeschossen, um ein kompaktes Negativ aus Sand zu produzieren.

Der Sandkern darf keinerlei Inhomogenitäten in der Porosität der granularen Struktur aufweisen, da sonst nicht vertretbare Fehler im Guss-Stück auftreten. Um diese Anforderungen zu erfüllen, müssen Entlüftungsdüsen an der Vorform angebracht werden, die garantieren, dass auch in Zonen, in denen die Luft aufgrund des hohen Sanddrucks massiv komprimiert wird, keine Lufteinschlüsse auftreten. Um Regionen hohen Luftdrucks detektieren zu können, behandelt die von MAGMA und dem ITWM entwickelte Software das granulare Medium als kompressibles Sand-Luft-Gemisch. Mit Hilfe moderner kinetischer Theorien kann eine hydrodynamische Beschreibung der Dynamik des Sandes abgeleitet werden. Diese unterscheidet sich jedoch wesentlich von der gewöhnlicher Flüssigkeiten. Die Unterschiede beruhen darauf, dass bei den Stößen von Sandkörnern Energie dissipiert wird. Deshalb kommen granulare Strömungen nicht nur zur Ruhe, sondern verdichten sich und werden wie Gläser immer zähflüssiger.

Ein wesentliches Konzept zur Beschreibung des Übergangs von schnell fließendem zu ruhendem Sand ist die granulare Temperatur. Sie quantifiziert die schnellen Fluktuationen der Geschwindigkeiten der einzelnen Körner, genauso wie die gewöhnliche Temperatur die Fluktuationen der Moleküle. Um auch den Übergang von flüssigem zu festem Verhalten korrekt zu beschreiben, fließen in die mathematische Beschreibung neueste Forschungsergebnisse zum glasartigen Erstarren granularer Materialien ein.

Die Abbildung zeigt eine Momentaufnahme einer Füllsimulation, in der Sand von links unten mit hoher Geschwindigkeit eingeblasen wird. Man sieht deutlich, dass in Regionen hoher Luftdichte der Volumenanteil von Sand herabgesetzt ist.



Momentaufnahme einer Füllsimulation: Sand wird von links unten eingeschossen und kann rechts oben die Box verlassen. Links ist der Anteil an Sand und rechts die relative Dichte der Luft angezeigt.

Mikrostruktursimulation und virtuelles Materialdesign

Im Bereich »Mikrostruktursimulation und virtuelles Materialdesign« geht es vor allem um die Modellierung, Eigenschaftsberechnung und Verbesserung von porösen Materialien und Verbundwerkstoffen. Es wird besonderer Wert auf eigene Software gelegt, welche die Arbeit am ITWM erleichtert und an dessen Partner verkauft wird. Weiterhin werden die effiziente Speicherung und Bewegung von freien Oberflächen mittels der Level-Set-Methode behandelt.

Wichtige Materialklassen sind technische Textilien, gesinterte Strukturen, Membranen und sogar die menschliche Lunge. Neben generierten Geometrien – neu sind gekrümmte Fasern, Membrane und Gewebe – nutzt die Methodik auch dreidimensionale tomographische Aufnahmen als Eingangsdaten zur Eigenschaftsberechnung.

Für diese Strukturen werden Strömungs- und Filtrationseigenschaften berechnet. Effiziente Löser für Festigkeit, Elektrostatik und Wärmeleitfähigkeit wurden 2004 entwickelt. Die Berechnungen werden anhand von Messungen validiert, bevor optimierte Strukturen im Rechner entwickelt werden.

Werkzeuge aus diesem Bereich sind GEODICT – der Strukturgenerator, Simulator und Designer – sowie FILTERDICT zur Filtrationssimulation und -visualisierung. Daneben steht SINTERDICT zur Bestimmung der Anfangs-, Zwischen- und Endstrukturen des Sinterprozesses. Ziele sind hochwertige Oberflächennetze zur Nutzung durch Partnerinstitute in einem Fraunhofer-internen Forschungsprojekt. In diesem Projekt sowie im Fraunhofer-Themenverbund »Numerische Simulation« wird gezielt mit anderen Fraunhofer-Instituten zusammengearbeitet.

Im NETIAM-Projekt (www.netiam.net) wird eng mit europäischen Partnern kooperiert mit dem Ziel, die EU-Kommission über mathematische Zukunftsthemen zu beraten. In diesem Zusammenhang wurde in Kaiserslautern ein Workshop zum Thema »Challenges in visualization, simulation and design for virtual porous materials« organisiert.

Ansprechpartner:

Andreas Wiegmann, PhD

☎ 06 31/3 03-18 24

wiegmann@itwm.fraunhofer.de



FILTERDICT – Filtrationssimulation in Mikrostrukturen

Nach einer Bedarfsanalyse in einer Fraunhofer-internen Marktstudie und initiiert durch ein von der Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation gefördertes Projekt wird im Bereich »Mikrostruktursimulation und virtuelles Materialdesign« an der Entwicklung der parallelen Simulationssoftware FILTERDICT gearbeitet. Laufende Projekte mit Automobilzulieferern – vornehmlich auf dem Gebiet der Luftfiltration – haben dabei den Anforderungskatalog an die Software mitbestimmt.

Startpunkt einer jeden Simulation ist eine Geometriebeschreibung des Filtermediums, die z. B. auf Tomographie-daten basieren kann. Gerade bei Vliesstrukturen wie geschichteten Luftfiltermedien bietet sich aber auch die virtuelle Erzeugung mit dem Strukturgenerator GEODICT an.

Kern der Filtrationssimulation ist die auf der Lösung der Navier-Stokes-Gleichungen basierende Berechnung des Strömungsfelds in der Filtergeometrie mit anschließender Bestimmung der Partikelbahnen. Letztere werden durch ein Modell beschrieben, das neben Brownscher Bewegung auch die Partikelmasse und die Partikel-Fluid-Rei-

bung als Transportmechanismen berücksichtigt. Kommt es zu einer Kollision mit dem Filtermedium, kann der Partikel gesiebt oder durch Adhäsion angelagert werden. Besitzt er hinreichend kinetische Energie, prallt er energiedissipativ ab.

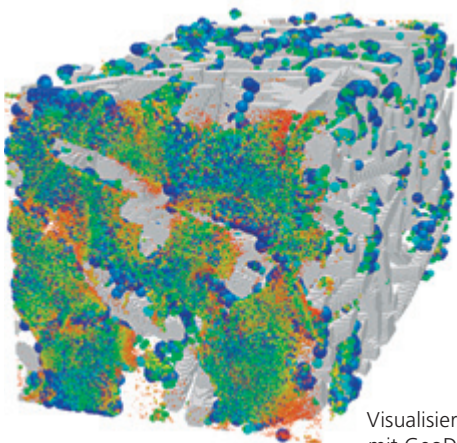
Das Simulationsmodell ist dabei so flexibel, dass die verschiedensten physikalischen Situationen nachgestellt werden können. Ein detailliertes Teilchenmodell lässt beispielsweise die Simulation von Standardteststäuben ebenso zu wie die Behandlung von Ruß.

Wichtig für Anwendung und Validierung ist die Simulation von Filtereffizienz und Standzeit. Zur Berechnung der Filtereffizienz werden tausende von Partikeln durch das Medium propagiert, um das Verhältnis von angelagerten und austretenden Teilchen zu bestimmen. Dabei können genaue Statistiken ausgegeben werden, z. B. in welcher Schicht des Mediums welche Partikelart vorzugsweise angelagert wurde.

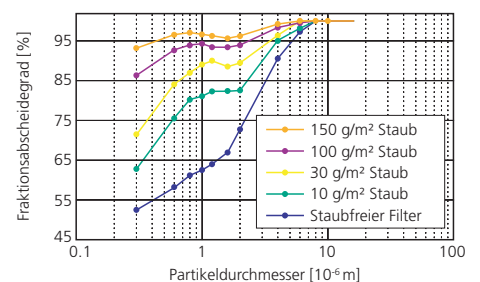


Bei der Simulation von Filterstandzeiten wird nach Eingabe einer gewissen Teilchenmenge die »verschmutzte« Geometrie nochmals durchströmt, da die Partikel nun beginnen, das Strömungsfeld zu beeinflussen. Dieses Abwechseln von Strömungs- und Filtrationsschritt wird solange fortgesetzt, bis ein vorgegebener Druckanstieg erreicht ist. Auch hier wird eine ausführliche Statistik erstellt, so dass man schichtweise Informationen über die Anlagerung erhält. Zusätzlich hat man bei der Standzeitsimulation auch Ausgaben über zeitlich veränderliches Anlagerungsverhalten, was für die Konstruktion von Gradientenmedien eine entscheidende Information ist.

Bei der Simulation realer Medien fallen üblicherweise so viele Daten an, dass ein Parallelrechner eingesetzt werden muss. FILTERDICT ist aber auch als Zusatzmodul von GEODICT erhältlich und kann je nach Rechnerausstattung vor Ort vom Medienentwickler mit beachtlichen Leistungen eingesetzt werden.



Visualisierung der Partikelanlagerung mit GeoDict



Gemessene und simulierte Filtereffizienz

Die LEVELDICT-Bibliothek zur Bewegung von Oberflächen

LEVELDICT ist eine auf der Level-Set-Methode basierende Bibliothek zur Behandlung von Problemen mit beweglichen Rändern. Die Software wurde für verschiedene industrielle Anwendungen modularisiert, die Nutzung der Narrow-Band-Technik macht sie effizient.

Die Bibliothek enthält drei Basismodule:

- Initialisierung: Berechnung der Level-Set-Funktion ϕ im unterliegenden kartesischen Gitter aus einer Oberflächentriangulierung
- Contouring: Konstruktion einer Triangulierung der durch die Nullflächen von ϕ gegebenen Oberfläche S mittels Marching-Cube-Methode
- Propagation: Bewegung der Fläche S durch Lösen der Level-Set-Gleichung

$$\phi_t = F|\nabla\phi|$$

wobei F die Geschwindigkeit in Richtung der Flächennormale (Propagationsgeschwindigkeit) ist. An der Fläche wird F durch Extrapolation des Geschwindigkeitsfelds mit der Methode der kleinsten Quadrate ermittelt und dann durch konstante Fortsetzung der Geschwindigkeit auf den Gitterpunkten in einer Umgebung von S konstruiert.

Bei der Kopplung mit SIGMASOFT, einer Software zur Simulation plastischer Fluide, übernimmt die LEVELDICT-Bibliothek folgende Aufgaben:

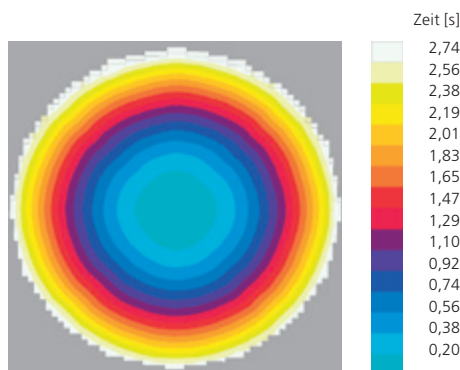
- Konstruktion der Oberfläche (Triangulierung) aus den von SIGMASOFT gegebenen Geometriedaten (Volumenanteil der Flüssigkeit) und Berechnung der Level-Set-Funktion ϕ für das unterliegende nicht-äquidistante, aber kartesische Gitter
- Abschätzung des Geschwindigkeitsfelds und Fortsetzung der Normalengeschwindigkeit auf eine Umgebung (wie oben beschrieben); Bewegung der freien Oberfläche gemäß der Level-Set-Gleichung
- Abschätzung des Volumenanteils und der Normalen anhand der Level-Set-Funktion und Rekonstruktion der freien Oberfläche für den folgenden Zeitschritt

Die Bibliothek wurde an verschiedenen Geometrien mit Hindernissen getestet. Die linke Abbildung zeigt die Simulation eines Füllprozesses für eine kugelsymmetrische Plastikform zu verschiedenen

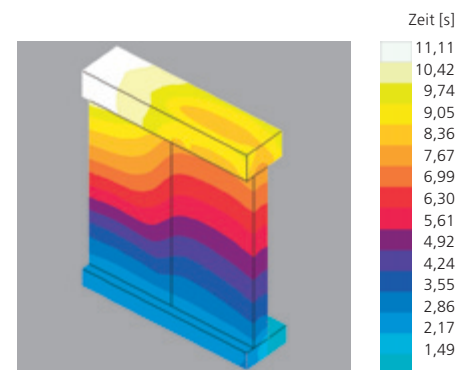
Zeitpunkten. Die rechte Abbildung ist der Füllvorgang für eine Form mit über die Länge unterschiedlicher Dicke.

Die LEVELDICT-Module werden derzeit für viele verschiedene Anwendungen genutzt, zum Teil auch als Präprozessor. Das Initialisierungsmodul ermöglicht die Konvertierung von Oberflächeninformationen in Volumendaten für die Softwarepakete SINTERDICT, SUFIS und SIGMASOFT. Contouring erzeugt Oberflächentriangulierungen aus Volumendaten, die in Optcast/TopLevel, EJIM und dem Strukturgenerator GEODICT verwendet werden. Außerdem verarbeitet und exportiert die Bibliothek das Stereolithographie-Format (STL), das als Industriestandard gilt und in vielen Anwendungen benutzt wird. Weiterhin gibt es eine benutzerfreundliche Programmoberfläche LEVELSPLIT, die STL-Dateien in ihre Zusammenhangskomponenten aufteilt. Diese wird in SUFIS- und TopLevel-/OptCast-Projekten verwendet.

LEVEL DICT



Die Simulation eines Füllprozesses für das Modell »Kreisscheibe« zu verschiedenen Zeitpunkten



Die Simulation eines Füllprozesses für das Modell »Plattendickensprung« zu verschiedenen Zeitpunkten

Strukturoptimierung in Mechanik und Akustik

Im Konstruktions- und Entwicklungsbereich ist die eigentliche Problemstellung nicht die Analyse hinsichtlich Materialbeanspruchung und Verhalten im Betrieb, sondern die Gestaltänderung bzw. -optimierung der Bauteile und Systeme, um die Materialbeanspruchung zu reduzieren und damit die Lebensdauer zu erhöhen. Softwaretools, die diese Problemstellung der Strukturoptimierung automatisieren, wurden in den letzten zehn Jahren entwickelt und werden mit zunehmender Tendenz in der Industrie eingesetzt. In diesem Umfeld ist das ITWM vor allem in folgenden Bereichen aktiv:

- Analyse vorhandener Software zur Strukturoptimierung von Gussteilen
- Entwicklung von Strukturoptimierungstools, die auf mathematisch begründeten und hocheffizienten Algorithmen beruhen, insbesondere für Gießereien
- Entwicklung von Strukturoptimierungstools, wobei simultan der Herstellungsprozess (Gießprozess) und die Betriebsbelastung berücksichtigt werden. Beispielsweise werden Eigenspannungen aus dem Gießprozess berechnet und zur Betriebsbelastung superponiert.
- Analyse des Ist-Zustandes von Bauteilen und Systemen zur Bestimmung des Optimierungspotenzials
- Optimierung von hochkomplexen Strukturen, wie z. B. Vliese oder poröse Verbundwerkstoffe, hinsichtlich (strömungs-)mechanischer, akustischer und thermischer Eigenschaften

Bei der Topologie- bzw. Formoptimierung wird in einem iterativen Prozess die Gestalt ausgehend von einem Anfangsdesign oder von einem gegebenen Bauraum sukzessiv verbessert. In jeder Iteration ist eine Strukturanalyse bzw. eine Sensitivitätsanalyse notwendig, die mit der Methode der Finiten Elemente durchgeführt wird. Um den Iterationsprozess zu beschleunigen, wurde das spezielle, hocheffiziente FEM-Verfahren DDFEM gemeinsam mit dem CC HPC (siehe Seite 99) entwickelt und für industrielle Anwendungsprobleme, beispielsweise in den Projekten »OptCast« und »Motorblock«, eingesetzt.

Ansprechpartner:

PD Dr. Heiko Andrä
☎ 06 31/3 03-18 22
andrae@itwm.fraunhofer.de



Adäquate Strukturoptimierungsverfahren für Gießereien

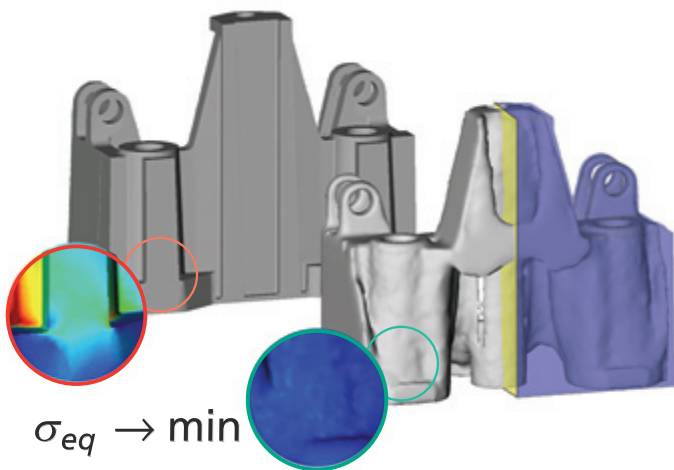
Das vom rheinland-pfälzischen Wirtschaftsministerium und der EU geförderte Projekt »OptCast« wurde im Jahr 2004 erfolgreich abgeschlossen. Gemeinsam mit den fünf Projektpartnern (HegerGuss, Gienanth, Römheld & Moelle, Müllers Büro und Hg.zwo) wurde eine Test-CAE-Kette aufgebaut und mit dieser die Topologie- und Formoptimierung von Benchmark-Bauteilen (typische Gussteile aus den drei beteiligten Gießereien) durchgeführt und analysiert. Als Ergebnis der Analyse wurde zunächst ein Anforderungskatalog an Strukturoptimierungswerkzeuge für Gießereien erstellt, um zukünftig speziell für Gießereien zugeschnittene Softwaretools zu entwickeln. Gleichzeitig erhielten die Gießereien als Nebeneffekt Vorschläge für verbesserte bzw. optimierte Bauteilvarianten.

Auf Basis des Anforderungskatalogs entwickelte das ITWM Algorithmen und prototypische Verfahren, die es zukünftig ermöglichen sollen, Bauteile und Gießprozesse in-house in Gießereien und Ingenieurbüros zu optimieren:

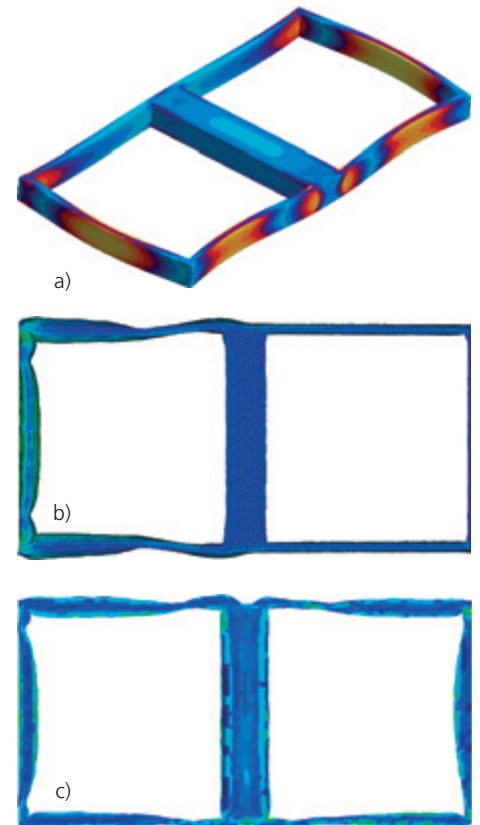
- Der FE-Preprozessor GiD® wurde erweitert zur Spezifikation von Topologie-Optimierungsproblemen für Gussteile.
- Das spezialisierte FE-Analysetool DDFEM zum Einsatz innerhalb des Optimierungsverfahrens wurde entwickelt (siehe Seite 99).
- Die Gießsimulationssoftware MAGMASOFT® wurde in den Strukturoptimierungsprozess integriert.

- Ein neues mathematisch begründetes Topologieoptimierungsverfahren, bei dem der topologische Gradient und die Level-Set-Methode eingesetzt werden, wurde implementiert.

Mit Hilfe dieser Tools kann der Optimierungsprozess aus Anwendersicht vereinfacht und beschleunigt werden. Im Gegensatz zu ähnlichen heuristischen Methoden sind die Ergebnisse mathematisch begründet und wesentlich verlässlicher.



Topologieoptimierung am Beispiel der Stirnplatte einer Spritzgießmaschine: Bauraum (links), von-Mises-Spannung auf der optimierten Struktur (rechts).

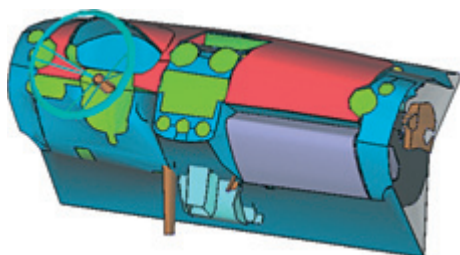


Von-Mises-Vergleichsspannung:
 a) Eigenspannungen (Originalkonstruktion)
 b) optimierte Variante ohne Berücksichtigung der Eigenspannungen
 c) optimierte Variante mit Berücksichtigung der Eigenspannungen

Akustiksimulation eines Fahrzeugcockpits

Der Geräuschpegel im Fahrzeuginneren wird zum großen Teil durch das Design des Cockpits bestimmt. Das Cockpit trennt die Fahrgastzelle vom Motorraum und kann das Motorengeräusch mehr oder weniger stark dämmen. Geht man daher allein von den akustischen Eigenschaften aus, sollte das Bauteil möglichst komplett geschlossen und damit schalldicht ausgeführt werden. In der Praxis ist dies aus Kostengründen nur bedingt zu realisieren, da die Lenksäule sowie die Heizungs- und Lüftungssystemen durch die Stirnwand geführt werden müssen und »Leaks« (Acoustical Leakages) verursachen. In der Praxis ist das Cockpit daher ein Kompromiss der verschiedenen Anforderungen (Preis, Gewicht, Materialauswahl etc.) und es ist die Aufgabe der Akustiksimulation, für diese Rahmenbedingungen das akustisch optimale Cockpit zu finden.

Im Bereich der mittleren und hohen Frequenzen, d. h. ab etwa 500 Hz, lässt sich der Geräuschpegel mit Hilfe der Statistischen Energieanalyse (SEA) berechnen. Am ITWM steht das Softwaretool AutoSEA2003® für diese Berechnungen zur Verfügung. Durch Überführung der CAD-Cockpitgeometrie in ein entsprechendes AutoSEA2003-Modell konnte in der Simulation geklärt werden, welche Acoustical Leakages gerade noch zulässig sind und inwieweit das Motorengeräusch durch zusätzliche akustische Absorber im Cockpitinneren gedämmt werden kann.

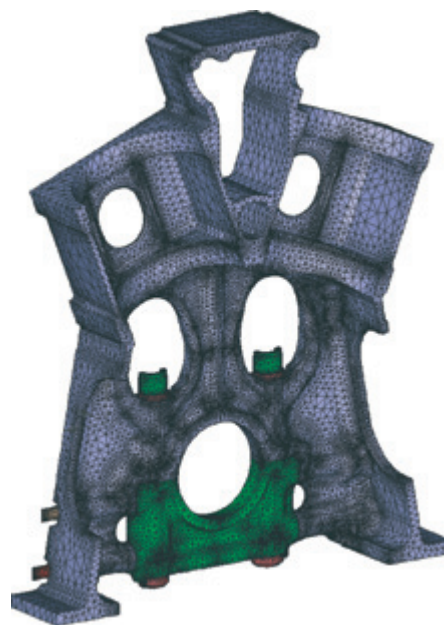


3D-Ansicht des simulierten Cockpits

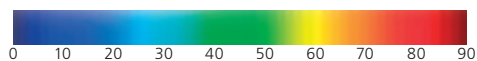
Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Gussteile

Für eine mittelständische Gießerei wie die Fa. Zimmermann Formtechnik GmbH gewinnen Serviceleistungen für ihre Kunden mehr und mehr an Bedeutung. Hierzu zählen unter anderem ein rechnerischer Festigkeitsnachweis der Gussteile und Vorschläge für Konstruktionsverbesserungen. In diesem Zusammenhang bietet das Fraunhofer ITWM als Dienstleistung die Berechnung der lokalen Spannungsverteilungen und der Deformationen im Betrieb an. Zusätzlich lassen sich mit automatischen Optimierungsverfahren kritische Bereiche der Konstruktion deutlich verbessern.

Am konkreten Beispiel eines Motorblocks wurde eine Stahlschweißkonstruktion durch ein Gussteil ersetzt. Durch Gestaltoptimierung wurden die lokalen Materialbeanspruchungen im kritischen Bereich reduziert. Die exakte Berechnung der lokalen Spannungsverteilungen erlaubt eine Materialeinsparung an wenig beanspruchten Stellen. Dies reduziert sowohl das Gewicht als auch die Herstellungskosten des Bauteils – zwei entscheidende Vorteile gegenüber anderen Wettbewerbern.



Finite-Elemente-Netz eines Segments eines Dieselmotors



Von-Mises-Vergleichsspannung für das Motorsegment bei maximalem Gasdruck im Zylinder und kritischem Drehwinkel der Kurbelwelle

Das Projekt wird im Rahmen der »Mathematischen Forschungsplattform für regionale KMU« vom Land Rheinland-Pfalz und der EU gefördert.



Dariusz Niedziela, Alfonso Caiazzo, Hanna Naumovich, Stefan Rief, PD Dr. Arnulf Latz, Dr. Norman Ettrich, Ashok Kumar Vaikuntam, Dr. Volker Schulz, Dr. Vita Rutka, Inga Shklyar, Sabine Muntz, Emanuel Teichmann

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

- Oberflächeninspektion
- Signalanalyse im Eisenbahnbereich
- Analyse räumlicher Mikrostrukturen
- Bild- und Szenenanalyse

Wir besitzen umfangreiche Erfahrungen bei der Entwicklung effizienter komplexer Algorithmen und deren Integration in industrielle Produktionsprozesse. Unser Leistungsspektrum wird sowohl durch eigene Forschung als auch durch Kooperation mit anderen Arbeitsgruppen ständig verbessert und erweitert.

Auch 2004 können wir auf ein erfolgreiches Geschäftsjahr zurückblicken. Die Auftragslage bei den Oberflächeninspektionssystemen entwickelt sich sehr gut. Im letzten Jahr wurden die bereits installierten Systeme weiterentwickelt sowie neue Anlagen in Betrieb genommen. Auch 2005 sind mehrere Projekte zur Prüfung texturierter Oberflächen (z. B. Leder, Papier, Faserplatten, Metallgussteile) in Arbeit.

Im Eisenbahnbereich wurde die Entwicklung der bestehenden autonom arbeitenden Überwachungssysteme fortgesetzt. Im kommenden Jahr ist die Modernisierung der Software, insbesondere zur besseren Ausrichtung auf internationale Märkte, geplant.

Das Gebiet der räumlichen Bildanalyse gewinnt durch verbesserte technische Möglichkeiten zur dreidimensionalen Bildgebung zunehmend an Bedeutung. Unsere Arbeiten konzentrieren sich auf die Bestimmung geometrischer Charakteristika der Mikrostruktur von Werkstoffen. Mit MAVI wurde ein eigenes kommerzielles Softwarepaket zur Analyse von 3D-Bildern entwickelt. Zur Zeit befindet es sich in der Beta-Testphase, die Vollversion wird Anfang 2005 auf den Markt kommen.

Im Schwerpunkt »Bild- und Szenenanalyse« wurde die Weiterentwicklung des gemeinsam mit Partnern entwickelten Systems zur Suche in Datenbanken oder Videosequenzen kontinuierlich vorangetrieben. Im Rahmen der von der EU und dem Land Rheinland-Pfalz geförderten »Mathematischen Forschungsplattform für regionale KMU« gibt es Untersuchungen zum Thema Stereobildanalyse.

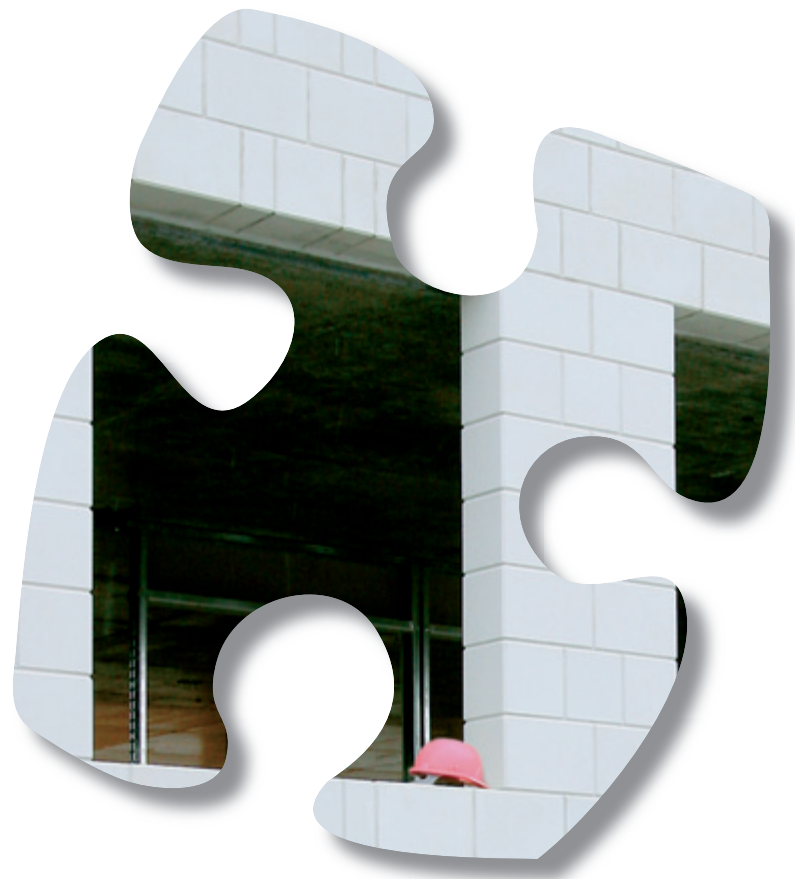


Zwischen der Qualität von Materialien und Produkten und der Qualität ihrer Oberfläche besteht in vielen Fällen ein direkter Zusammenhang. Im Gegensatz zu der sehr häufig eingesetzten manuellen Oberflächenprüfung von Werkstücken, die entweder stichprobenartig ist oder oft nicht mehr produktionsnah geschieht, lässt sich durch die Verfahren der Abteilung MODELLE UND ALGORITHMEN IN DER BILDVERARBEITUNG eine Online-Fehlererkennung und -Klassifikation erreichen. Somit ist z. B. bei Serienfehlern auch ein frühzeitiges Eingreifen in den Produktionsprozess möglich. Durch die automatische optische Oberflächeninspektion wird die Produktion nicht beeinträchtigt und zudem kann durch die erreichte Objektivität eine gleichbleibende Qualität der Prüfteile garantiert werden.

Die Anwendungsgebiete sind weitreichend, sowohl was die untersuchten Materialien als auch was die interessierenden Oberflächeneigenschaften angeht. Um dieser Vielzahl an Anwendungsbereichen gerecht zu werden, wurde ein modulares System (**MASC** – **M**odular **A**lgorithms for **S**urface **C**ontrol) entwickelt, das eine Vielzahl

von einsatzbereiten Tools und Systemkomponenten umfasst. Diese sind in einer modularen Struktur angeordnet und bieten eine geeignete Basis für schnelle und flexible Lösungen für fast jede individuelle Aufgabenstellung im Bereich der Oberflächeninspektion.

Im Rahmen von **MASC** sind Inspektionssysteme entstanden zur Qualitätskontrolle von Textilien und Vliesstoffen, zur Defektdetektion auf laminierten Metalloberflächen und zur Klassifikation von farbigen und strukturierten Oberflächen (z. B. Holz). Weitere Anwendungsgebiete finden sich u. a. in der metallverarbeitenden Industrie, in der Kunststoffindustrie und bei Automobilzulieferern. Zur Zeit finden am Fraunhofer ITWM Entwicklungen zur automatischen Qualitätskontrolle von Leder und Weiterentwicklungen im Bereich der Inspektion von Papieroberflächen statt, wie die beiden folgenden Projektbeispiele zeigen.



Ansprechpartner:

Dipl.-Inform. Markus Rauhut
☎ 06 31/3 03-18 73
rauhut@itwm.fraunhofer.de

Inspektion von Papieroberflächen

In Papierverarbeitungsfirmen geschieht die Qualitätskontrolle oftmals noch durch speziell geschultes Personal; dies ist mühsam und zeitaufwändig.

Durch das am Fraunhofer ITWM entwickelte System **MASC-SPOT** zur automatischen Papierinspektion wurde die Qualität der ehemals manuellen Inspektion durch objektive Maße verbessert und die Geschwindigkeit gesteigert. Die erste Version dieses Systems wurde nun grundlegend überarbeitet und an den aktuellen Stand derameratechnik und Rechnerhardware angepasst. Weiterhin detektiert das System nun Fehler für verschiedenste neue Papiersorten. Durch diese Erweiterungen ist es möglich, noch höhere Bandgeschwindigkeiten zu erzielen, so dass das System noch effizienter in den Produktionsprozess eingebettet werden kann.

Den Kern des Systems bilden schnelle Bildverarbeitungsalgorithmen, die Fehler wie z. B. Flecken und Kratzer auf der homogenen Papieroberfläche erkennen und klassifizieren. Als Eingabe erhält der Algorithmus digitalisierte Bilder der Papieroberfläche. Diese werden von Kameras geliefert, die oberhalb des Laufbandes für die Papierbögen montiert sind. Durch die neuen hochauflösenden Zeilenkameras sind nun noch kleinere Fehler detektierbar (Auflösung 0,2 mm); trotz des hierdurch erhöhten Datenaufkommens konnte die Laufzeit der Algorithmen konstant gehalten werden.

Bildverarbeitung

Im ersten Schritt des Bildverarbeitungsalgorithmus wird die relevante Bildregion aus dem Kamerabild ausgeschnitten, d. h. der Bildausschnitt, der nur den Papierbogen zeigt. Nach dieser »Randerkennung« werden Fehler im Bild detektiert und durch sogenannte ROIs (Regions of Interest) markiert. Anhand von aus den ROIs gewonnenen Merkmalen (Features) klassifiziert der Algorithmus dann die Fehler. Erst in diesem Schritt wird ermittelt, ob der gefundene Fehler ein Punktfehler oder ein Fleck etc. ist.

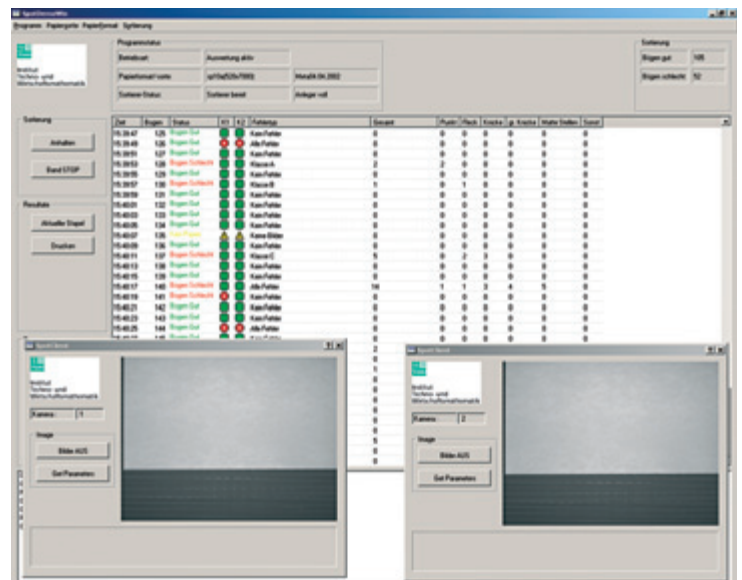
Aufbau des Gesamtsystems

Das SPOT-System wird direkt in eine Papier-Sortiermaschine integriert. Dazu werden oberhalb des Laufbandes Zeilenkameras installiert, die die Papier-

bögen über die gesamte Breite erfassen. Jede dieser Kameras ist mit einem Rechnerknoten des SPOT-Systems verbunden, auf dem die Bildverarbeitungsalgorithmen ausgeführt werden. Jeder Knoten besteht aus einem Doppelprozessor-System, auf dem mehrere Bildverarbeitungsalgorithmen parallel laufen. Erst diese Parallelisierung ermöglicht die hohe Arbeitsgeschwindigkeit von 250 Metern pro Minute. Dies machte es notwendig, Hochgeschwindigkeits-Zeilenkameras zu verwenden, die sehr kurze Belichtungszeiten (bis zu 1/20 000 Sekunde) erlauben. Ein zentraler Server sammelt und protokolliert die Ergebnisse der Rechenknoten und steuert die Sortiermaschine.

Der modulare Aufbau des Systems als **MASC-Komponente** ermöglicht die problemlose Anpassung an Kundenwünsche und technische Neuerungen.

Benutzeroberfläche von **MASC-SPOT**



Zwei Zeilenkamerabilder der Papieroberfläche (Originalgröße: 8192 x 512 Pixel)



Lederinspektion

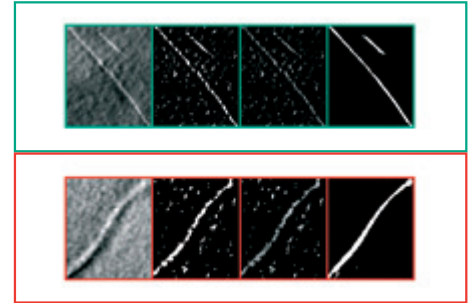
In Zusammenarbeit mit dem schwedischen lederverarbeitenden Unternehmen ELMO wurde die Entwicklung eines Systems zur automatischen Inspektion und Bewertung von Roh-Leder von Rindern begonnen. Bis jetzt wurde die Aufgabe ausschließlich von besonders geschulten Experten ausgeführt. Entsprechend ihrer visuellen Erscheinung werden alle möglichen Defekte einem der folgenden vier Typen zugeordnet: Insektenbisse, Kratzer, Warzen und Ekzeme. Diese Klassifikation soll in Zukunft automatisiert werden.

Die Komplexität dieses Problems ergibt sich durch die sehr reichen und variablen Strukturen, die auf dem Naturprodukt Leder vorhanden sind. Das System muss in der Lage sein, zwischen den natürlichen und gewünschten Mustern und den unerwünschten Artefakten, die als Defekte die schlechtere Qualität bedingen, zu unterscheiden. Zum Beispiel ist die Unterscheidung von schwachen verheilten Kratzern und dünnen Venen aus algorithmischer Sicht sehr schwierig, da beide Strukturen lokal nur anhand der Bilddaten schon visuell kaum zu unterscheiden sind.

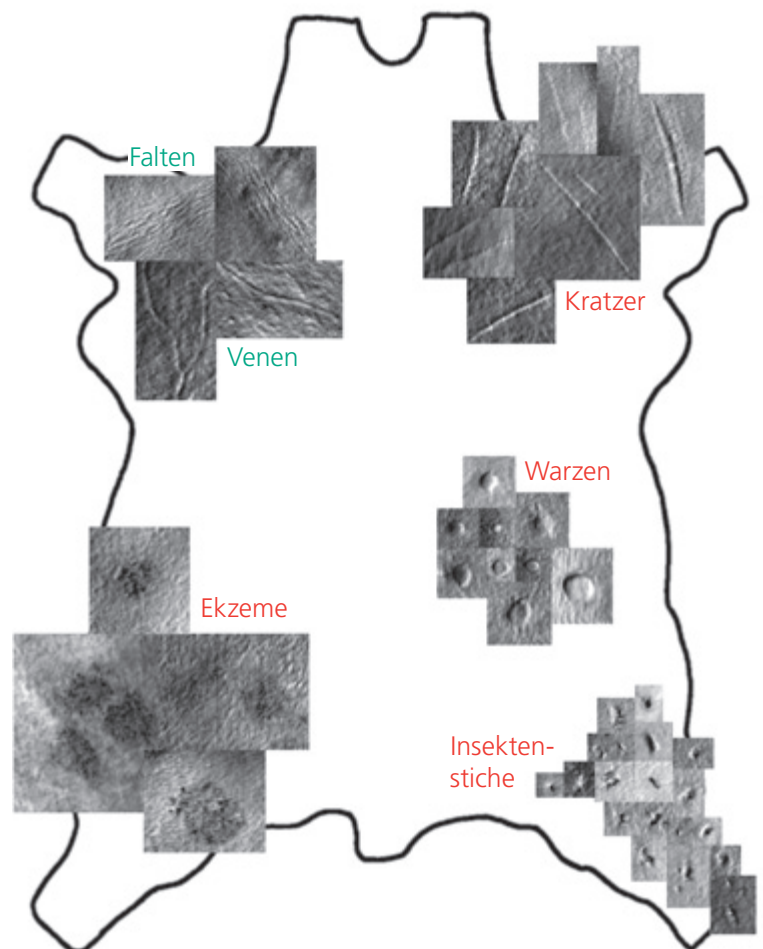
Ein mathematisches Modell, das all die verschiedenen Ledermuster und ihre natürlichen Variationen berücksichtigt, wäre viel zu kompliziert, um als Basis für ein Echtzeitsystem zu dienen. Statt die Regelmäßigkeiten der visuellen Ledererscheinung und die Abweichungen davon zu modellieren, konzentrieren wir uns auf die Defekte selbst. Die Herausforderung besteht darin, Algorithmen zu entwickeln, die mit den riesigen Datenmengen (ca. 140 Mio. Pixel pro Haut beim Einsatz einer 8 192-Pixel-Zeilenkamera) zurechtkommen und die gleichzeitig die Detektion und Klassifikation in Echtzeit realisieren können. Unsere Strategie ist es, die vorliegende Datenmenge möglichst effizient zu re-

duzieren und nur die über die Bewertung entscheidende Information zu behalten.

Systematische Vorstudien haben die wahre Komplexität der Aufgabenstellung zum Vorschein gebracht. Als besonders kritische Systemkomponenten wurden die Bildaufnahmeeinheit (Beleuchtung) und die Detektionsprozedur (sehr geringe falsch positive Raten gefordert) identifiziert. In beiden Bereichen konnten signifikante Fortschritte erzielt werden. Dadurch ist das Ziel, die Machbarkeit eines automatischen Lederinspektionssystems nachzuweisen, in greifbare Nähe gerückt. In den nächsten Monaten wird ein erstes Pilotsystem gebaut und beim Kunden installiert.



Kratzerdetektion: Dargestellt sind einzelne Verarbeitungsschritte. Da Kratzer und Venen sehr ähnlich aussehen, werden teilweise auch Venen anstelle von Kratzern gefunden (grün – korrekte Detektion, rot – Vene, als Kratzer detektiert). Diese müssen von den eigentlichen Kratzern im Klassifikationsschritt getrennt werden.



Natürliche Lederstrukturen (Falten und Venen) und typische Defekte auf Naturleder

Analyse von Volumenbildern und Modellierung von Mikrostrukturen

Neue Materialien sollen leicht und zugleich fest sein, die Herstellung einfach, thermisches, akustisches und mechanisches Verhalten optimal. Materialeigenschaften werden nicht zuletzt von der Mikrostruktur bestimmt. Es gibt daher ein wachsendes Interesse an der geometrischen Charakterisierung der Mikrostruktur, insbesondere auch sehr weicher, brüchiger oder hoch poröser Materialien, die konventionellen mikroskopischen Methoden nicht zugänglich sind.

Die rasante Entwicklung räumlicher Abbildungsverfahren, insbesondere der Computertomographie mit immer besserer Auflösung, größeren Bildausschnitten und schnellerer Rekonstruk-

tion macht die Aufnahme räumlicher Bilddaten im Labor für viele Anwendungsfelder interessant und rückt Online-Qualitätskontrolle anhand räumlicher Bilddaten in greifbare Nähe. In den vergangenen Jahren wurden am Fraunhofer ITWM Techniken für die Analyse von 3D-Bildern komplexer Mikrostrukturen entwickelt und erprobt. Mit **MAVI (Modular Algorithms for Volume Images)** steht nun ein plattformunabhängiges Komplettsystem zur Analyse von Volumenbildern zur Verfügung, dessen Kern die am ITWM entwickelten Analyseverfahren bilden.

Die Kombination von stochastischer Geometrie, räumlicher Statistik und Bildanalyse erlaubt neben der anwendungsspezifischen Analyse verschiedenster räumlicher Strukturen auch die Entwicklung und Anpassung geometrischer Modelle als Ausgangspunkt für die numerische Simulation makroskopischer Materialeigenschaften. Interessant ist dieser Zugang nicht nur für das virtuelle Materialdesign (siehe Seite 37), sondern auch für Werkstoffe, von deren Mikrostruktur auf Grund ihrer Feinheit (Nanometerbereich) keine Volumenbilder zur Verfügung stehen.



Ansprechpartner:

Dr. Katja Schladitz

☎ 06 31/3 03-18 68

schladitz@itwm.fraunhofer.de

MAVI – Modulare Algorithmen für Volumenbilder

MAVI ist ein Softwaresystem für die Verarbeitung und Analyse von Volumenbildern, wie sie z. B. durch Mikrocomputertomographie (μ CT) entstehen. Das System ist besonders geeignet für die Analyse der Mikrostrukturen von Werkstoffen, z. B. von Schäumen, Faserverbundwerkstoffen, Vlies oder Beton. Auf Grund seines modularen Aufbaus ist **MAVI** jedoch auch für dreidimensionale Bilder anderer Strukturen wie Knochen oder Schnee sofort anwendbar.

Der Kern besteht aus Funktionen zur Charakterisierung der komplexen Geometrie von Mikrostrukturen. Volumen, Oberfläche, Krümmungsintegrale und die Eulerzahl werden für die vollständige Struktur oder für einzelne Objekte bestimmt. Anisotropien und bevorzugte Richtungen werden nicht nur gefunden, sondern auch quantifiziert. Für offenporige Schäume gibt es eine eigene Analysefunktion.

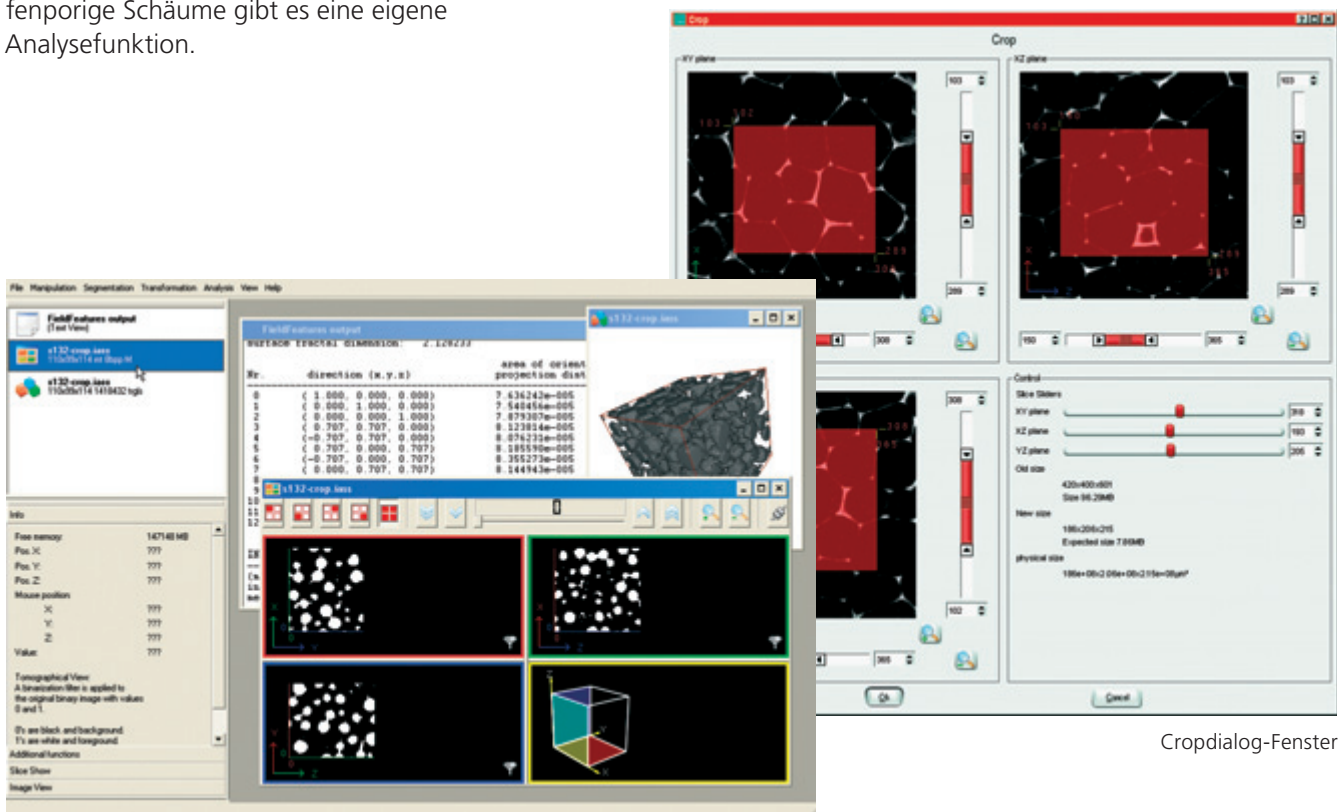
Für einige komplexe, aber häufig benötigte Anwendungen, wie die Entfernung von Rauschpartikeln oder die Trennung zusammenhängender Objekte, wurden die Algorithmen zu benutzerfreundlichen Modulen zusammengefasst.

Darüber hinaus umfasst **MAVI** die aus der 2D-Bildverarbeitung bekannten Funktionen wie Filter, morphologische Transformationen, arithmetische und logische Operationen oder Fouriertransformation.

Die Kombination der Funktionen erlaubt z. B. die Bestimmung von Anzahl und Dicke perkolierender Poren oder der mittleren Koordinationszahl von Teilchen sowie die bildanalytische Messung der Tortuosität.

MAVI ist plattformunabhängig, verfügt über eine nutzerfreundliche graphische Oberfläche und bietet drei Visualisierungsmöglichkeiten für Volumenbilder.

Das Fraunhofer ITWM bietet die Analyse von Mikrostrukturen auch als Serviceleistung an. Je nach Material arbeitet das ITWM dabei mit verschiedenen Partnern für die Bildaufnahme zusammen (Fraunhofer IZFP, RJI Micro & Analytic GmbH, Leica Mikrosysteme GmbH, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Hahn-Meitner-Institut, European Synchrotron Radiation Facility). Die Bandbreite der untersuchten Materialien reicht dabei von Metall- und Polymerschäumen, Keramikmaterialien, Beton, Faservliesen für Staubsaugertüten bis zu Schnee.



Cropdialog-Fenster

MAVI -Benutzeroberfläche mit verschiedenen Dokumentansichten

IMVAL: Innovative Mineralschaumverbund-Applikationen für den Leichtbau

Ziel des Verbundprojekts ist die Entwicklung, Herstellung, Analyse und Charakterisierung sowie die Anwendung eines neuen Leichtbau-Verbundwerkstoffs. Dieser Werkstoff entsteht aus Schüttungen kleiner, sehr leichter Mineralschaumkugeln, die mit einem flüssigen Kunststoff oder Metall umgossen werden. Durch die Kugeln entsteht eine große Grenzfläche und viele Hohlräume. Das führt zu deutlich reduziertem Gewicht, während die Verformungseigenschaften einstellbar bleiben.

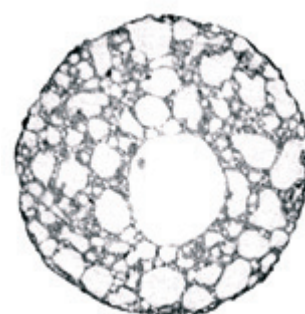
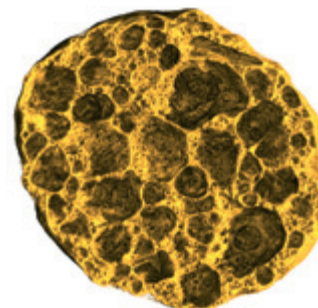
Durch das niedrige spezifische Gewicht, den gleichmäßigen und gut reproduzierbaren Schaumaufbau, die guten Formgebungsmöglichkeiten und das günstige Energieabsorptionsvermögen bietet dieser zellulare Verbundwerkstoff besondere Vorteile für den Leichtbau wie z. B. in der Fahrzeugtechnik. Insbesondere für Sandwich-Konstruktionen kann der Verbundwerkstoff als Kernmaterial eingesetzt werden und liefert gute Steifigkeits- und Festigkeitseigenschaften. Das günstige Energieabsorptionsvermögen von geschlossenporigen Schäumen verspricht darüber hinaus gute Einsatzmöglichkeiten als Crashabsorber.

Ein weiterer Vorteil besteht in den relativ niedrigen Werkstoffkosten, die

aus der Verwendung von Recyclingprodukten (z. B. Flaschenglas oder Filterstaub von Kraftwerken) für die Mineralschaumkugeln resultieren.

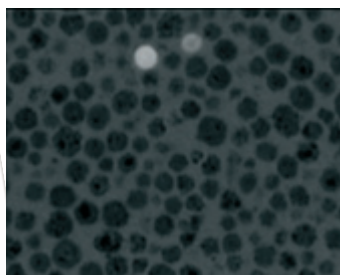
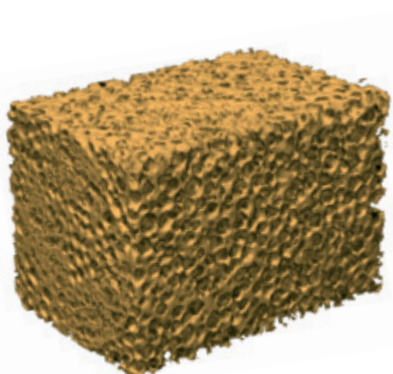
Innerhalb dieses Verbundprojekts analysiert das ITWM Volumenbilder der Mikrostruktur sowohl der Mineralschaumkugeln als auch des resultierenden Verbundwerkstoffs. Ziel ist dabei, genauere Informationen über den Herstellungsprozess zu gewinnen, Zusammenhänge zwischen Mikrostruktur und Materialeigenschaften zu untersuchen und damit Möglichkeiten für die Verbesserung des Werkstoffs aufzuzeigen.

Bei der Analyse der Mineralschaumkugeln sind vor allem die innere Porenstruktur (Größen und Formen) und der Zustand der Kornwand interessant. Da die Zellwände nicht vollständig erhalten sind, müssen zunächst die Porenbildanalytisch getrennt werden. Danach können Volumen und diverse Formfaktoren für jede einzelne Pore bestimmt werden. Es zeigt sich, dass die Porengröße stärker als erwartet schwankt. Auch die häufig beobachteten Durchbrüche in der Zellwand waren überraschend. Bei der Untersuchung des Verbundwerkstoffs sind Lage und Größe der Einschlüsse interessant.



Mineralschaumkugel vom Typ KeraPlus
oben: 3D-Visualisierung, ange-schnitten
Mitte: Schnitt durch rekonstruierte tomographische Aufnahme
unten: gleicher Schnitt mit segmentierten und getrennten Poren

Verbundwerkstoff KeraPlus-Mineralschaumkugeln in Polyamidmatrix
links: 3D-Visualisierung
Mitte: Schnittbild durch rekonstruierte tomographische Aufnahme
rechts: gleicher Schnitt mit segmentierten und getrennten Mineralschaumkugeln

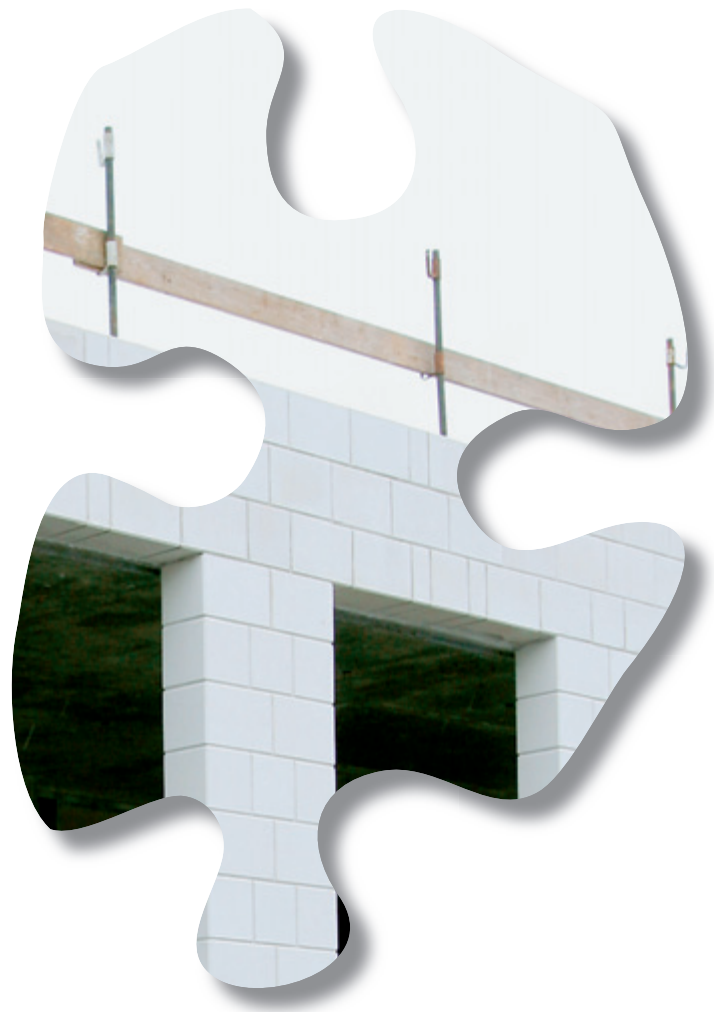


Signalanalyse im Eisenbahnbereich

Die Überwachung heißgelaufener Achslager und feststehender Bremsen an Personen- und Güterzügen erfordert ein berührungsfreies Messverfahren. In der gewählten Lösung werden die Temperaturen durch Aufnahme des Infrarotprofils der vorbeifahrenden Fahrgestelle ermittelt und an einen PC übertragen. Es kann auch vorkommen, dass man nicht nur die Werte eines Rades, sondern auch Fremdeinstrahlung wie die der Sonne oder der Bremsklötze mit aufnimmt; diese Fälle werden mit speziellen Methoden behandelt, um die korrekten Rad- bzw. Lagertemperaturen zu ermitteln. Da die Anlagen unbeaufsichtigt betrieben werden, ist auch ein geeignetes Selbstdiagnoseverfahren für die Hard- und Software sowie eine Ausnahme- und Fehlerbehandlung integriert. Die Ergebnisse der Auswertung und der Selbstdiagnose werden an eine Zentrale gemeldet, die z. B. einen Stopp des Zuges am nächsten Bahnhof veranlasst.

Aus den Messdaten wird auch die Fahrgestell- und Bremsenbauart ermittelt, um die verschiedenen bauartbedingten Temperaturprofile korrekt erkennen zu können und dadurch Fehlalarme zu vermeiden.

Erfassungshardware und Datenübertragung von der Schwelle zum Auswertungsrechner der neuen Generation der Heißläuferortungsanlage wurden grundlegend modernisiert. Der Auswertungsrechner besteht neben einem Industrie-PC aus speziellen Zusatzkomponenten und läuft unter Linux. Neben der Auswertungssoftware wurden weitere Softwarepakete wie Selbstdiagnoseprogramme, Treiber, Benutzerschnittstellen und Serverprogramme entwickelt. Auf einem Archivserver werden Messdaten und Protokolle zentral gespeichert; sie bilden die Grundlage für die Verfeinerung der Auswertalgorithmen.



Ansprechpartner:

Dipl.-Math. Kai Krüger

☎ 06 31/3 03-18 63

krueger@itwm.fraunhofer.de

Fahrwerk-Überwachungsschwelle

In langjähriger Zusammenarbeit mit der Firma GE Transportation Systems in Bad Dürkheim pflegt das Fraunhofer ITWM die Software der Fahrwerk-Überwachungsschwelle (FÜS), die in mehr als 600 Anlagen in Europa eingesetzt wird.

Der verstärkte Einsatz der FÜS bei verschiedenen Bahngesellschaften in Europa bedingt daher die Erweiterungs- und Sonderwünsche dieser einzelnen Endkunden, die auf der einen Seite differenziert und auf der anderen Seite geschickt kombiniert werden müssen, damit es einen Softwarestamm gibt, dessen Eigenschaften ausschließlich über die Parametrisierung freigeschaltet werden.

Ein Beispiel wäre die Schneepflugschaltung, die in den schneereichen Gebieten Europas, wie z. B. Schweden, zur Anwendung kommt. Da in diesen Regionen die Schienen oft verschneit sind, werden dort Schneepflug-Loko-

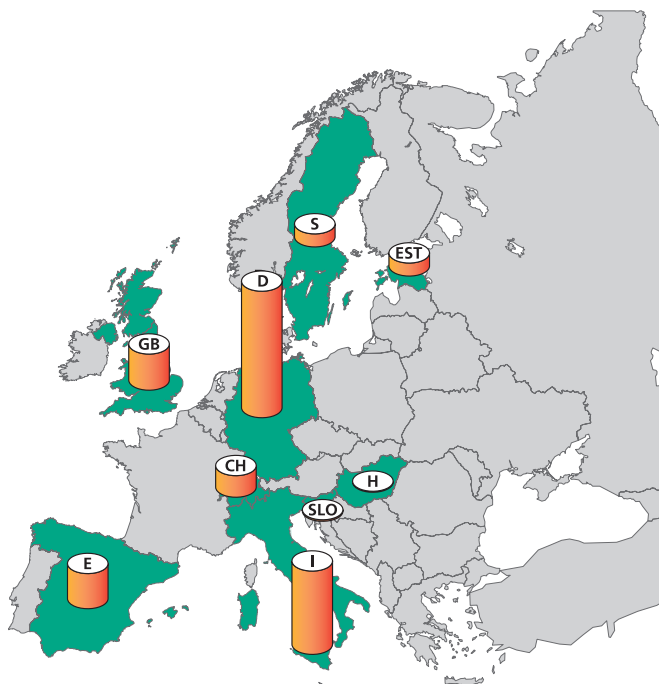
motiven zur Räumung eingesetzt. Vor dem Überfahren einer FÜS-Schwelle hat der Lokführer die Möglichkeit, per Knopfdruck vom Führerhaus aus die Anlage zu deaktivieren, so dass alle Messöffnungen geschlossen werden und kein Schnee in die Mess-Schwelle gelangt. Nach der Überfahrt wird die Anlage dann wieder per Knopfdruck in den regulären Betrieb versetzt.

Ein anderes Beispiel ist die Erweiterung der Fahrzeugidentifikation (FID), die in der Flexibilität ihrer Parametrisierung ergänzt wurde. Dazu zählt z. B. die Einbeziehung aller Alarmtypen, die während des laufenden Betriebes auftreten können, sowie die Abstandsbegrenzung zum nächsten Fahrzeug und die Parametrisierung der Temperaturgrenzen mit eigenständigen Werten statt einer Erhöhung der Grenzen.

Weiter wurde für schneereiche Gebiete, wie z. B. auf der St.-Gotthard-Strecke in der Schweiz, eine neue Zweipunktregelung für die existierende Winterheizung entwickelt, die schnell und stabil auf stark variierende Temperatureinflüsse reagieren soll. Dabei wird das Ein- und Ausschalten der Heizung zwischen zwei Temperaturpunkten geregelt. Zusätzlich wird über den Regler auch eine Überhitzung der Heizung vermieden.



FÜS-Mess-Schwelle mit Steuerschrank



FÜS-Anlagen in Europa

Existierende Bildanalysesysteme sind meist sehr langsam und von ihrem Einsatzbereich her eingeschränkt. Durch die Förderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) sowie durch die Zusammenarbeit mit Partnern aus dem Bereich der inhaltsbasierten Bildanalyse, der parallelen Online-Bildverarbeitung und mit engagierten mittelständischen Unternehmen ist ein neues leistungsfähiges System entstanden.

Im Mittelpunkt des Projekts stehen Themen wie die kameragestützte Überwachung von öffentlichen Plätzen, Verfahren zur Bildähnlichkeitssuche im Internet sowie die Szenenanalyse von Videos.

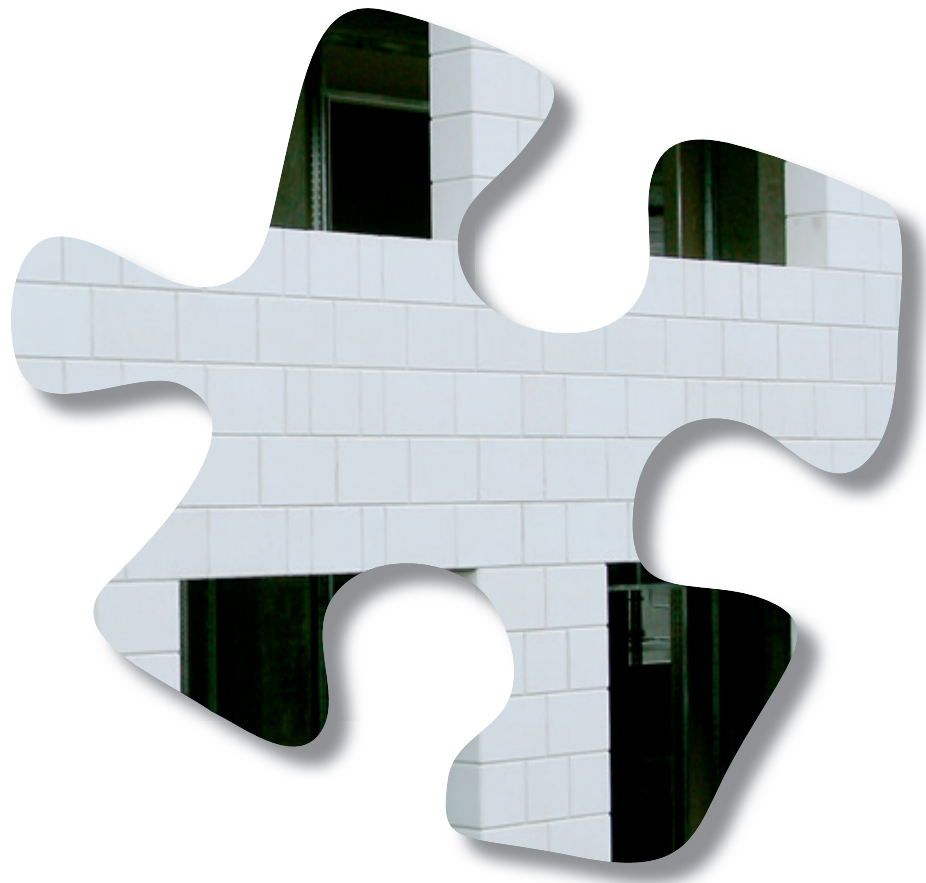
In Bezug zur aktuellen Sicherheitsthematik steht die Aufgabe, auf einem mit intelligenten Webkameras bestückten öffentlichen Platz eine sich auffällig verhaltende Person zu detektieren und zu identifizieren. Zur Lösung dieser Fragestellung werden robuste und ereignisgesteuerte Szenenanalyseverfahren auf verteilten Systemen gefordert, die in der Lage sind, dem Sicherheitspersonal Online-Ergebnisse zur Verfügung zu stellen.

Heutige Bildsuchmaschinen erlauben meist nur eine Suche nach Bildern mit ähnlicher Bezeichnung. Diese Art der Bildsuche ermöglicht es kaum, optisch oder inhaltlich ähnliche Bilder zu fin-

den. Im Projekt »I-Search« wurde eine inhaltsbasierte Bildsuche weiterentwickelt und mit der Leistungsfähigkeit eines Rechner-Clusters kombiniert. Erst dieses Vorgehen erlaubt eine schnelle semantische Bildanalyse in großen Bildarchiven.

Durch die Verknüpfung von bekannten Verfahren aus der Videoanalyse, wie z. B. der Detektion von Schlüsselbildern in Bildsequenzen, mit der inhaltsbasierten Bildsuche konnte die Szenenanalyse in Medienarchiven qualitativ verbessert werden.

Gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Forschung wurden Verfahren der parallelen Datenverarbeitung mit leistungsfähigen Algorithmen kombiniert und mit aktueller Datenbank- und Internet-Technologie verknüpft.



Ansprechpartner:

Dipl.-Inform. Markus Rauhut
☎ 06 31/3 03-18 73
rauhut@itwm.fraunhofer.de

I-Search: Entwicklung einer inhaltsbasierten Bildsuchmaschine auf verteilten Systemen

Aufgabe des Fraunhofer ITWM im Projekt »I-Search« ist die Entwicklung einer komponentenbasierten, parallelen Softwarearchitektur, die den Einsatz eines ausfallsicheren Systems bestehend aus PC-Clustern über Computing Grids bis hin zu hochgradig verteilten Systemen kleiner leistungsfähiger Rechner auf Webkameras ermöglicht.

Schwerpunkt des Jahres war, die von den Partnern implementierten Algorithmen in die vom ITWM entwickelte Softwarearchitektur zu integrieren sowie die Interaktion aller Algorithmen innerhalb des I-Search-Clusters zu optimieren; im Einzelnen:

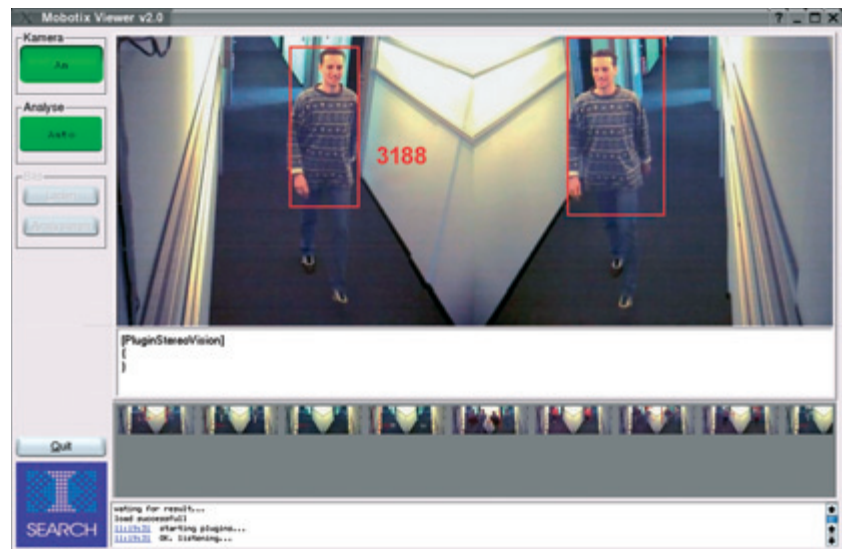
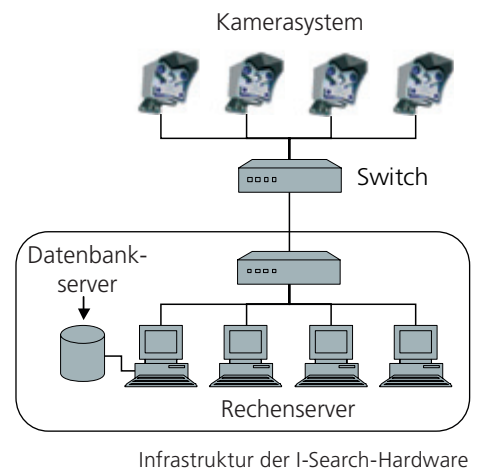
- Gesichtsfindung in Kamerabildern
- Stereobildanalyse mit Hilfe modifizierter Web-Kameras
- inhaltsbasierte Bildähnlichkeitssuche
- Suche auf Bildmetadaten wie z. B. dem Aufnahmedatum

Kern der I-Search-Architektur ist eine verteilte Laufzeitplattform für komponentenbasierte Anwendungen. Die Plattform realisiert eine aktiv replizierte Servergruppe, die durch Fehlertoleranz- und Lastverteilungsmechanismen sowohl einen Überlebensverbund als auch einen Rechenlastverbund darstellt. Die Architektur ist betriebssystemunabhängig und verwendet sowohl CORBA-Technologien als auch TCP/IP zur clusterinternen Kommunikation. Um die Kommunikationskosten sowie die Verwaltungskosten zu reduzieren, wurde die logische Netztopologie in einer hierarchischen Baumstruktur angeordnet.

Innerhalb dieser Infrastruktur können einzelne Knoten verschiedene Rollen annehmen:

- Der »GlobalNode« verwaltet das gesamte Netz. Er überwacht die »SubNetNodes« und leitet Aufträge an diese weiter.
- »SubNetNodes« sind für das Management eines Subnetzes zuständig.
- »BridgeNodes« dienen als Kommunikationsadapter zu externen Systemen (Datenbanken, Kameras, ...)
- »WorkerNodes« verarbeiten die eintreffenden Daten, d. h. sie führen Komponenten aus.

Die von den Partnern entwickelten Algorithmen sind aus Sicht der Laufzeitplattform datenverarbeitende Komponenten. Die Architektur steuert und kontrolliert dabei alle Datenströme, um so ein schnelles und ausfallsicheres System zu realisieren. Die Interaktion der Benutzer mit dem System geschieht über entsprechende, für die verschiedenen Szenarien entwickelte graphische Benutzerschnittstellen.



Benutzerschnittstelle für die Stereobildanalyse



Bernd Pobel, Franz Schreiber, Andreas Jablonski, Siana Halim, Monika Muszkieta, Oliver Wirjadi, Mark Maasland, Kristina Kohrt, Kai Taeubner, Markus Rauhut, Falco Hirschenberger, Thomas Redenbach, Andreas Dinges, Stefanie Peters, Steffen Polanski, Michael Godehardt, Dr. Katja Schladitz, Dr. Ronald Rösch, Björn Wagner, Claudia Lautensack, Martin Braun

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 dann die Simulation und Klassifikation des Prozessverhaltens, die Ableitung neuen Prozesswissens oder die Prognose der zukünftigen Prozessentwicklung. Andererseits sind die identifizierten Modelle aber auch Ausgangspunkt und Kernbestandteil der Entwicklung effizienter Steuerungs- und Regelungsansätze.

Die thematischen Schwerpunkte der Abteilung im Einzelnen:

- CAD für Anlagenschaltungen
- Monitoring und Regelung
- Biosignalverarbeitung und Diagnoseunterstützung
- Prognose von Material- und Produkteigenschaften
- Multiskalen-Strukturmechanik

Zur Bearbeitung der in diesen Schwerpunkten anfallenden Problemstellungen finden die mathematischen Kernkompetenzen der Abteilung aus den Bereichen System- und Kontrolltheorie, Stochastik und Statistik, Data Mining, Symbolic Computation und asymptotische Homogenisierung ihre Anwendung.

Wichtige Entwicklungen im Jahre 2004 waren im Schwerpunkt »CAD für Anlagenschaltungen« der erfolgreiche Transfer des symbolischen Systemanalyse-Know-hows und der Analog-Insydes-Technologie auf Problemstellungen außerhalb des Anlagenschaltungsentwurfs, wie die Analyse von Gaspipeline-Netzwerken oder die entwicklungsbegleitende Gerätesimulation. Im Bereich »Biosignalverarbeitung und Diagnoseunterstützung« wurde mit der Vermarktung der Ernährungssoftware CENA begonnen und die EEG-Analyse als neues Betätigungsfeld etabliert. Im Rahmen unterschiedlicher Projektaktivitäten beschäftigte man sich in den übrigen Schwerpunkten verstärkt mit verschiedenen Aspekten der Simulation, Identifikation und Regelung nichtlinear dynamischen Bauteilverhaltens.

Auch im Jahr 2005 sollen die abteilungeigenen Softwareprodukte weiterentwickelt und die Kompetenzen der Abteilung weiter vertieft werden. Hierbei werden insbesondere auch die zahlreichen Graduierungs- und Promotionsarbeiten einen entscheidenden Beitrag leisten.

CAD für Analogschaltungen

Dieser Schwerpunkt beschäftigt sich mit Methoden und Werkzeugen zur Modellierung, Analyse und Dimensionierung linearer und nichtlinearer Analogschaltungen mit Hilfe symbolischer Methoden. In diesem Zusammenhang wird in der Abteilung das EDA-Werkzeug Analog Insydes® (www.analog-insydes.de) entwickelt. Ziel ist es, die symbolischen Verfahren in den industriellen Design-flow zu integrieren und so den Schaltungsentwickler bei seiner täglichen Arbeit zu unterstützen. Das industrielle Anwendungsspektrum symbolischer Verfahren ist vielschichtig und reicht vom klassischen Schaltungsverständnis bis hin zur Fehleranalyse, von der Schaltungsdimensionierung und -optimierung bis hin zur automatisierten Verhaltensmodellierung auf der Mixed-Signal- oder System-Ebene.

Die mathematischen Grundlagen sind dabei gemischt symbolisch/numerische Algorithmen für lineare sowie nicht-lineare differential-algebraische Gleichungssysteme (DAE-Systeme), die auch außerhalb des Mikroelektronik-Umfelds zur Modellierung und Analyse angewendet werden können. Beispiele hierzu sind die automatisierte Modellierung von regionalen und nationalen Gaspipeline-Netzen zur Optimierung des Gasflusses sowie die Analyse von komplexen biochemischen Reaktionsnetzen.

Die Möglichkeit zur automatisierten Modellierung von Systemen aus unterschiedlichen physikalischen Bereichen öffnet neue Perspektiven für die Simu-

lation heterogener Systeme (Systemsimulation). Insbesondere bei der industriellen Geräteentwicklung gewinnt die Systemsimulation zunehmend an Bedeutung. Zwar kann das Verhalten der einzelnen Komponenten durch eine Simulation häufig gut abgebildet werden, jedoch stellt die mathematische Nachbildung ihres Zusammenspiels auch heute noch eine besondere Herausforderung dar. Ein vielversprechender Lösungsansatz ist hier die Anwendung von symbolischen Modellreduktionsverfahren, die ein zentraler Bestandteil der Arbeiten im Schwerpunkt »CAD für Analogschaltungen« sind.

Anwenderseminare

Das ITWM bietet für professionelle Produktanwender ein mehrtägiges Seminar an, in dem theoretische und praktische Kenntnisse zum Einsatz von Analog Insydes® in der Schaltungsentwicklung vermittelt werden.



Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Thomas Halfmann
☎ 06 31/2 05-44 75
halfmann@itwm.fraunhofer.de



Systemsimulation eines elektrochemischen Messgerätes

Messgeräte zur Analyse elektrolytischer Vorgänge kombinieren Komponenten aus unterschiedlichen physikalischen Bereichen. Einerseits hat man es mit einem elektrochemischen System zu tun; hierbei handelt es sich üblicherweise um eine Elektrolysezelle, die aus zwei oder mehreren Elektroden und einem Elektrolyten besteht. Andererseits ist die Elektronik zur Regelung der Elektrodenspannungen sowie zur Auswertung des Elektrolysestroms zu berücksichtigen.

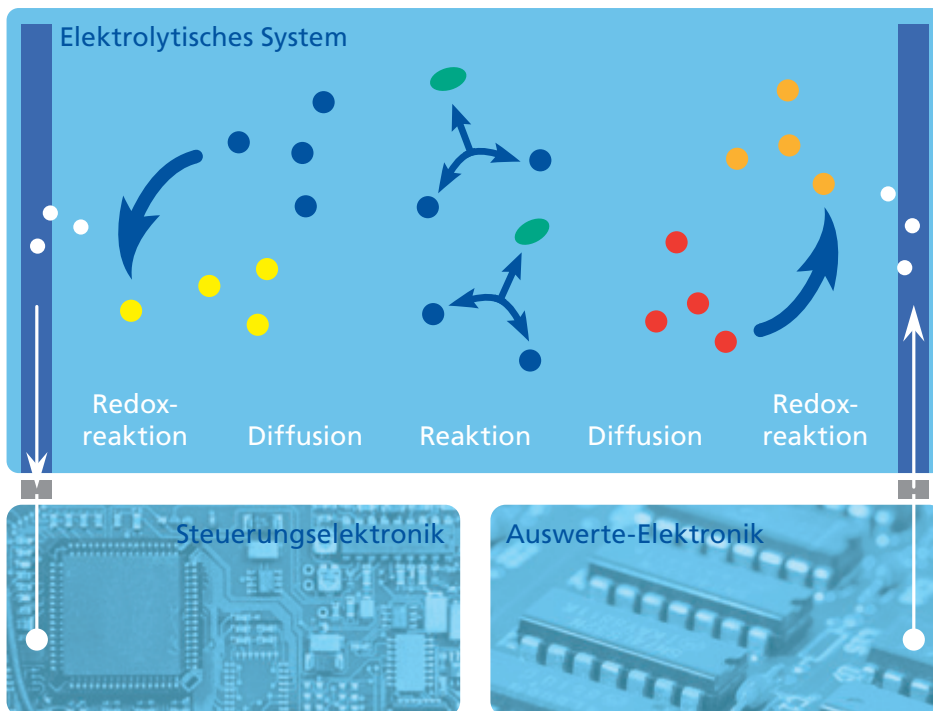
Am ITWM wurde für ein derartiges Analysegerät eine integrierte Simulationsplattform entwickelt. Mithilfe von Analog Insydes® wurden ausgehend von Netzlistenbeschreibungen entsprechende Verhaltensmodelle für die Elektronikkomponenten in Form geeigneter

Matlab-Module generiert. Diese wurden über Matlab/Simulink mit einem eigens entwickelten Modell der Elektrolysezelle gekoppelt. Letztere wird durch ein System partieller Differentialgleichungen beschrieben, bei denen diffusive, elektrodenkinetische (Butler-Volmer-Kinetik) und enzymkinetische Prozesse in Abhängigkeit geometrischer Einflüsse wie Form und Größe des Reaktionsraums und der Elektroden berücksichtigt werden können. Neben der Heterogenität des physikalischen Systems ist es auch wichtig, die Heterogenität der unterschiedlichen Anwendergruppen zu berücksichtigen. Aus diesem Grund ist eine einfache Bedienung der Simulationsplattform sehr wichtig, weshalb zur Steuerung eine graphische Benutzerschnittstelle entwickelt wurde.

Intervall-Arithmetik

Bei der Analyse des Einflusses produktionsbedingter Bauelemente-Toleranzen auf das Schaltungsverhalten analoger Schaltungen stößt die symbolische Analyse aufgrund komplexer Formulierungen häufig an ihre Grenzen. Die Resultate numerischer Methoden hingegen erfassen nicht immer den ganzen Wertebereich möglicher Parameter-Abweichungen.

Mittels Intervall-Arithmetik lassen sich verlässliche Grenzen für das Schaltungsverhalten bestimmen und so die Lücke zwischen symbolischer Behandlung und numerischer Simulation schließen. Um schnell genaue Lösungen zu erhalten, wurden spezielle Verfahren entwickelt, die die typischen Strukturen in Gleichungssystemen analoger Schaltungen berücksichtigen und diese geschickt ausnutzen.



Systemkomponenten eines elektrochemischen Messgerätes

Im Zentrum dieses Arbeitsbereiches stehen die Entwicklung und Implementierung mathematischer Verfahren zur Systemmodellierung sowie zum Beobachter- und Reglerdesign. Hauptanwendungsgebiet sind technische Systeme wie z. B. Turbosätze.

Modellbildung und Simulation

Bei der Simulation, der Steuerung oder beim Monitoring des Verhaltens eines technischen Systems stellt ein mathematisches Ersatzmodell einen fundamentalen Baustein dar. Abhängig von den vorhandenen Systeminformationen und den jeweils interessierenden Systemaspekten kommen unterschiedliche Modellierungs- und Identifikationsverfahren zum Einsatz. Sofern ein exaktes physikalisches Modell nicht verfügbar ist, werden lineare und nichtlineare Identifikationsverfahren sowohl im Zeit- als auch im Frequenzbereich verwendet. Ein Schwerpunkt liegt in der Approximation komplexer nichtlinearer Systeme durch sogenannte Local Model Networks (LMN), die sich aus einer Überlagerung von meist linearen Teilsystemen zusammensetzen.

Beobachter- und Reglerdesign

Der Fokus im Bereich des Beobachter- und Reglerdesigns liegt in der Entwicklung und Anwendung modellbasierter Verfahren. Dabei werden überwiegend robuste Kontrollstrategien, wie beispielsweise Methoden der H_∞ -Kontrolltheorie, eingesetzt. Mit diesem Ansatz können geforderte Stabilitäts- und Performanceanforderungen auch bei

Modellunsicherheiten und Systemstörungen bestmöglich erreicht werden. Soll ein vorgegebenes Verhalten des Systems zyklisch wiederholt werden, wie etwa bei Roboterbewegungen, so kann man aus den im vorgehenden Zyklus gewonnenen Informationen lernen und die Performance verbessern; man spricht dabei von »Iterative Learning Control«. Eine Erweiterung dieser Methodik auf Basis von LMN-Modellen wurde in der Gruppe entwickelt.

Die Anwendung weiterer Kontrollstrategien wie beispielsweise Adaptive Control, Precompensation and Control, Gain Scheduling und Model Predictive Control runden die Kompetenzen der Gruppe ab.

Ansprechpartner:

Dr. Andreas Wirsén
☎ 06 31/2 05-31 26
wirsén@itwm.fraunhofer.de



Torsionserfassungs- und -analysesysteme

In den vergangenen Jahren wurden innerhalb dieses Arbeitsgebiets die Softwarepakete TorStor, TorFat und TorAn entwickelt, die zusammen mit einem exklusiv vom Fraunhofer ITWM vertriebenen berührungslosen Drehmomentensensor jeweils ein eigenständiges Torsionserfassungs- und -analysesystem mit unterschiedlichen Analysefokussen darstellen. Einsatzgebiete der Online-Monitoring-Systeme sind rotierende Wellen; insbesondere haben sie beim Langzeitmonitoring von Kraftwerksturbo-sätzen ihre Praxistauglichkeit bewiesen. Weitere mögliche Einsatzgebiete sind z. B. Windkraftanlagen, Schiffsdiesel oder Industrieanlagen.

Intelligent Materials for Active Noise Reduction – InMAR

Gemeinsam mit 41 namhaften Einrichtungen aus 13 europäischen Ländern arbeitet das Fraunhofer ITWM im Rahmen des EU-Projekts InMAR an der Entwicklung neuer, intelligenter Materialsysteme sowie deren Anwendung in aktiven Systemen zur Reduktion der Schallabstrahlung technischer Produkte und Einrichtungen, speziell in den Anwendungsfeldern Gebäudetechnik, Automobil- und Schienenverkehr.

Intelligente Materialsysteme, wie z. B. piezokeramische Aktuatoren, können unter Zufuhr von Energie definiert und steuerbar verformt werden. So werden die Steifigkeits- oder Dämpfungseigenschaften des Systems gezielt geändert. In Umkehrung hierzu können sie auch Änderungen im System erkennen und so als Sensoren eingesetzt werden.

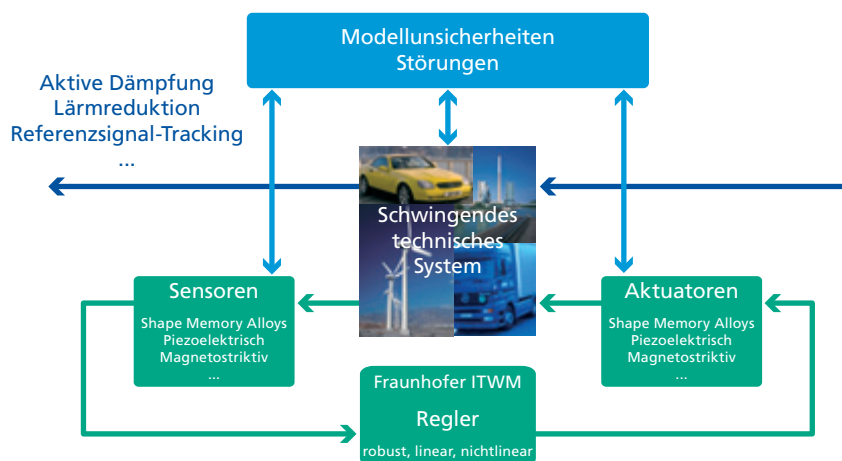
In Abhängigkeit von der Größe der angelegten elektrischen Spannung zeigen z. B. piezokeramische Aktuatoren ein lineares bzw. nichtlineares Übertragungs-

verhalten. Wir analysieren und entwickeln robuste Reglerkonzepte, mit denen die bei diesen Aktuatoren beim Anlegen von großen Spannungen auftretenden nichtlinearen Effekte wie Hysterese und Sättigung bei der Steuerung berücksichtigt werden.

Dazu wird zum einen der Kontrollansatz Precompensation und Control verwendet. Die Idee des Verfahrens ist es, die Nichtlinearitäten in Form der Hysterese durch Vorschalten eines invertierten Hysteresemodells zu kompensieren und die eigentliche Steuerung mit einem linearen robusten Regler durchzuführen. Alternativ wird der Einsatz eines Local Controller Networks untersucht. Bei diesem Ansatz wird basierend auf identifizierten lokalen Modellen für jedes der Modelle ein robuster linearer Regler entworfen. In Abhängigkeit vom Systemzustand setzt sich der Regler für das nichtlineare reale System aus einer zeitlich variierenden Linearkombination der einzelnen Regler zusammen.



Mobiler Sensorprüfstand



Typische Konfiguration der im InMAR-Arbeitsgebiet betrachteten Regelkreise

Biosignalverarbeitung und Diagnoseunterstützung

Jeder lebende Organismus erzeugt durch physikalische oder chemische Vorgänge Signale, die mit geeigneten Messgeräten registriert werden können. Diese Signale sind fast immer zeit- und manchmal ortsabhängig. Beispiele für den menschlichen Organismus sind die von Herz und Gehirn elektrochemisch erzeugten Felder, die als Elektrokardiogramm (EKG) und Elektroenzephalogramm (EEG) gemessen werden. Beide sind zeitlich veränderlich; im Fall des EEG liegt außerdem eine Abhängigkeit von der Position der Messelektrode am Schädel vor. Andere Beispiele für Biosignale sind Art und Geschwindigkeit der Augenbewegung während des Schlafs oder der zeitliche Verlauf des Blutdrucks im Kreislaufsystem.

Biosignale tragen Informationen über den Zustand des Systems, das sie erzeugt. Auf diese Tatsache stützt sich die medizinische Diagnostik. Allerdings ist Signalauswertung häufig schwierig, da die erzeugenden Systeme wie z. B. das Gehirn sehr komplex sind und daher in der Regel kein auch nur annähernd vollständiges Funktionsmodell zur Verfügung steht. In dieser Situation liegt es nahe, die medizinische Interpretation des Signals mathematisch zu unterstützen. Hierbei werden datenbasierte Verfahren wie z. B. die Zeitreihenanalyse, neuronale Netze und Klassifikationsbäume verwendet, um Beziehungen zwischen vorliegenden Erkrankungen und Mustern in den gemessenen Daten zu erkennen. Nach der statistischen Validierung können solche Beziehungen zur automatischen Klassifikation eines Biosignals in Bezug auf das Vorliegen einer bestimmten Erkrankung genutzt werden.

Ansprechpartner:

Dr. Hagen Knaf
☎ 06 31/2 05-44 74
knaf@itwm.fraunhofer.de

Die automatische Klassifikation kann auch mittels wissensbasierter Verfahren erfolgen. Hier wird vorhandenes medizinisches Expertenwissen mathematisch formalisiert und in ein sogenanntes Expertensystem implementiert. In diesem Bereich wurde Anfang des Jahres 2004 das vom BMBF geförderte Projekt »Datenbasierte Diagnoseunterstützung in der Regulationsthermografie« abgeschlossen: Umfangreiches Wissen zur medizinischen Interpretation sogenannter Regulationsthermogramme in Bezug auf das Vorliegen einer Brustkrebskrankung wurde im Projekt unter Verwendung von Fuzzylogik formalisiert. Das Projektergebnis besteht u. a. in einem Software-Prototyp zur automatischen Bewertung von Thermogrammen, der in einem Folgeprojekt zur wissenschaftlichen Evaluierung der zur Komplementärmedizin zählenden Regulationsthermografie eingesetzt werden soll.



Anharmonische Fourieranalyse des Elektroenzephalogramms

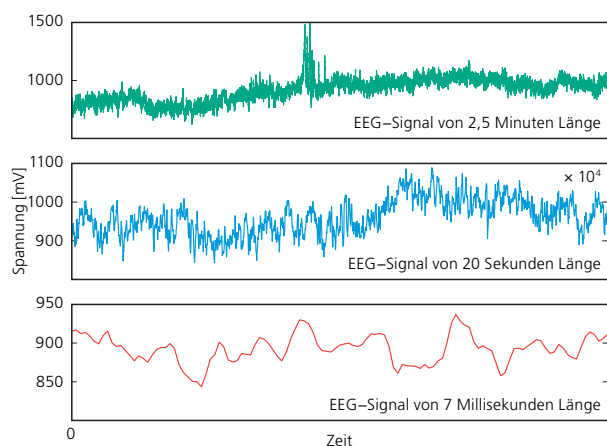
Das menschliche Gehirn besteht aus ca. 100 Milliarden miteinander vernetzter Neuronen, die der Speicherung und Verarbeitung von Informationen dienen. Die in die Informationsübertragung zwischen den Neuronen involvierten elektrochemischen Prozesse führen – als Nebenprodukt – zur Erzeugung elektrischer Felder, die sich zu einem an der Schädeloberfläche messbaren, zeitlich veränderlichen Feld überlagern. Dieses kann ähnlich wie das Elektrokardiogramm mittels Elektroden gemessen und aufgezeichnet werden. In der Regel werden hierzu mehrere über den Schädel verteilte Elektroden benutzt, die eine örtlich differenzierte Messung der Hirnaktivität erlauben. Die Gesamtheit einer solchen Aufzeichnung wird als Elektroenzephalogramm (EEG) bezeichnet und gehört zu den komplexesten in der Medizin verwendeten Biosignalen.

Die im EEG gemessenen sogenannten Hirnwellen werden nach ihrer Frequenz klassifiziert. Art und Stärke der Hirnwellen liefern Aufschluss über die im Gehirn ablaufenden Prozesse und dienen daher als Werkzeug zu seinem Studium. Des Weiteren kann das EEG auch zu di-

agnostischen Zwecken oder als Indikator für externe Einflüsse auf den Körper genutzt werden.

Die Firma Rayonex Schwingungstechnik GmbH will über eine verbesserte Analyse von EEGs die Wirksamkeit der schulmedizinisch nicht anerkannten Bioresonanzmethode wissenschaftlich validieren und finanzierte 2004 die Implementierung eines Algorithmus zur EEG-Analyse mittels anharmonischer Fourieranalyse.

In Erweiterung der bekannten harmonischen Fourieranalyse wird im anharmonischen Fall ein Signal als Überlagerung eventuell gedämpfter Schwingungen dargestellt, wobei außerdem beliebige reelle anstelle von ganzzahligen Schwingungsfrequenzen zugelassen sind. Da im Gehirn Aktivierungs- und Deaktivierungsprozesse stattfinden, scheint diese Methode zur EEG-Analyse besonders geeignet. Der an die Firma Rayonex GmbH gelieferte, in MATLAB® programmierte Prototyp zur anharmonischen Fourieranalyse von EEGs wird derzeit in der Klinik für Neurologie II der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg getestet.



Elektroenzephalogramm auf verschiedenen Zeitskalen

CENA – schrittweise zur gesunden Ernährung

Gesunde und ausgewogene Ernährung spielt eine wichtige Rolle für die Gesundheit und Leistungsfähigkeit jedes Einzelnen. Die Software CENA bietet dem Anwender eine Entscheidungshilfe bei der Bewertung und eventuell Umstellung seiner Ernährungsgewohnheiten. Auf der Basis persönlicher Daten wie Alter, Größe, Gewicht, Geschlecht etc. und eines über mindestens drei Tage geführten Esstagebuchs erhält der Anwender eine Analyse seiner persönlichen Nährstoffversorgungssituation. Unter Berücksichtigung persönlicher Gewohnheiten und Vorlieben liefert die Optimierungsfunktion von CENA Vorschläge zur Verbesserung des Essverhaltens mit dem Ziel, einen schrittweisen Lernprozess hin zu gesunder Ernährung zu unterstützen. Als zusätzliche Information erhält der Anwender eine Gegenüberstellung von aktueller und verbesserter Nährstoffversorgung in Form anschaulicher Graphiken und Tabellen sowie individuell zugeschnittene Informationstexte.

Die Nährstoffoptimierung wird durch für jeden Nährstoff gesondert definierte Bewertungsfunktionen sowie durch einen für den Gesamternährungsplan berechneten Versorgungsindex gesteuert. Diese Funktionen wurden in Zusammenarbeit mit einer Ernährungswissenschaftlerin festgelegt.

Die Version »CENA sana« für den Privatanwender kann direkt beim ITWM bestellt werden. CENA ist modular konzipiert und kann an spezielle Bedürfnisse, z. B. von Großkunden, angepasst werden. Die Version »CENA aktiv« legt einen Schwerpunkt auf die Berücksichtigung von Freizeitsportaktivitäten.

Prognose von Material- und Produkteigenschaften

In vielen komplexen Systemen und Prozessen ist es oft mangels adäquater physikalischer Modelle zunächst einmal völlig unklar, von welchen der potenziellen Einflussfaktoren eine ausgewählte Performancegröße abhängt. Insbesondere sind die vorhandenen Abhängigkeiten dann oft nichtlinear und variieren mit dem Zustand des betrachteten dynamischen Systems.

Liegen jedoch ausreichend repräsentative Daten vor, beispielsweise aus systematischen Versuchsreihen des Input-Output-Verhaltens, so lässt sich mit geeigneten Techniken der Systemidentifikation, des Data Mining und der mathematischen Statistik eine Systembeschreibung in Form eines Black- bzw. Grey-Box-Modells erstellen. Diese Modelle können dann zu Prognosezwecken eingesetzt werden und erlauben insbesondere die Ableitung der Systemsensitivitäten im Hinblick auf ausgewählte Einflussgrößen.

Die Aktivitäten im Schwerpunkt »Prognose von Material- und Produkteigenschaften« lassen sich grundsätzlich aufteilen in statische und dynamische Systemidentifikation. Im ersten Bereich werden voneinander unabhängige Versuchsausgänge eines Systems modelliert. Beispiele dafür sind Vorhersage und Sensitivitätsanalyse der Crashperformance eines Verbundwerkstoffs und die Oberflächenfehlerklassifikation eines Gießbauteils auf Basis simulierter lokaler Gießparameter.

Bei der dynamischen Identifikation werden zeitabhängige Systemausgänge analysiert und modelliert. Hier wurden multivariate dynamische Systeme sowohl mithilfe von delayed feed-forward als auch mit rekurrenten neuronalen Netzen identifiziert und langfristige Vorhersagen erfolgreich für verschiedene zeitabhängige industrielle Fertigungsprozesse und dynamische mechanische Systeme durchgeführt.

In beiden Schwerpunkten wurden im Rahmen einer Reihe von Industrieprojekten leistungsfähige MATLAB-Tools entwickelt und erfolgreich für die Lösung der Teilprobleme der Systemidentifikation wie Variablenwahl, Modellwahl und Parameterschätzung eingesetzt.



Ansprechpartner:

Dr. Alex Sarishvili
☎ 06 31/2 05-31 26
sarishvili@itwm.fraunhofer.de

Nichtlinear dynamische Bauteilmodelle für die Fahrzeugsimulation

In dem durch die Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation finanzierten Projekt »Nichtlinear dynamische Bauteilmodelle für die Fahrzeugsimulation« werden in Zusammenarbeit mit dem Industriepartner LMS Deutschland neue nichtphysikalische (datenbasierte) und semiphysikalische Modelle zwecks Simulation von hysteresebehafteten Prozessen entwickelt. Im Laufe des Projekts werden klassische und verallgemeinerte Preisach-Modelle auf deren Einsetzbarkeit in der Praxis untersucht und gegebenenfalls neue Verfahren für die Approximation der Parameter eingesetzt. Des Weiteren werden rekurrente und dynamische Feed-forward-Netze detaillierter im Hinblick auf ihre Fähigkeit, bestimmte Hysteresearten nachzubilden, untersucht. Insbesondere wird nach Integrationswegen des physikalischen Prozesswissens im Netzaufbau geforscht, neue Möglichkeiten der hysteretischen Gedächtnisrepräsentation in den inneren Neuronenschichten betrachtet und so entwickelte Modelle an die realen (z. B. aus dem Feder-Dämpfer-System eines Pkw) und an die simulierten Daten angepasst. Ein übergeordnetes, mittelfristiges Ziel des Pro-

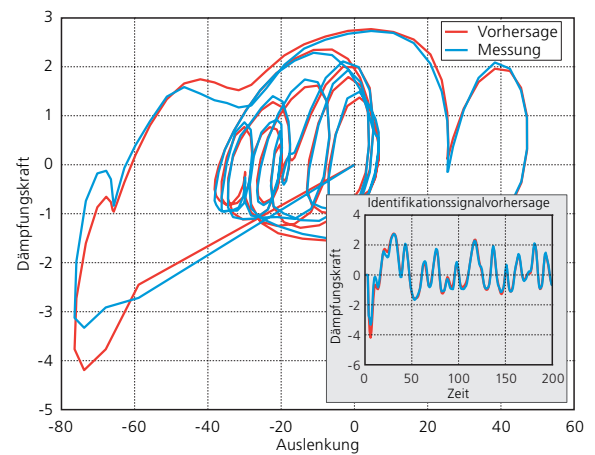
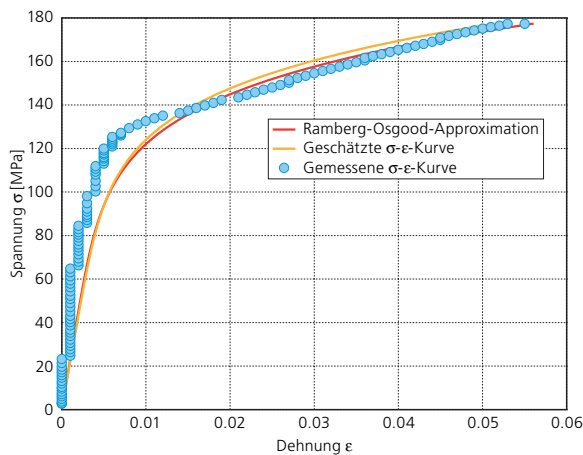
jekts ist es, die Qualität und Verlässlichkeit der Mehrkörpersimulation komplexer mechanischer Systeme im Falle starker äußerer Anregungen deutlich zu erhöhen.

Ein parallel entwickeltes physikalisches Modell eines mechanischen Systems mit integriertem Mooney-Rivlin-Materialmodell hilft, einerseits Einblicke in die Natur der nichtlinearen Prozesse zu gewinnen und diese in die datenbasierten Modelle zu integrieren und andererseits beliebige Hysteresearten für die Validierung der entwickelten Modelle zu generieren.

In der Fraunhofer-internen »WISA-Studie Magnesium« waren die Zugeigenschaften von Kfz-Instrumententafelträgern, die mit spezieller Gusstechnik aus Magnesium hergestellt wurden, zu bestimmen. Nach der Approximation der Funktion zwischen Input- (Bruchflächenanalyse) und Outputraum (Ramberg-Osgood-Kurvenparameter) mit einem speziell an das Problem angepassten neuronalen Netz wurden die sogenannten Sensitivitätskurven geschätzt und visualisiert. Diese Kurven beschreiben

die nichtlineare Abhängigkeitsänderung zwischen einer bestimmten Inputvariable und der Zielvariable in Bezug auf die Änderungen im Wert der Inputvariable. Diese Plots liefern Informationen darüber, welche Variablen aus dem Inputraum um welchen Betrag geändert werden müssen, so dass sich mit großer Wahrscheinlichkeit die Zielvariable unter den betrachteten Belastungsszenarien wie gewünscht verhält.

Gerade in Anbetracht der dünnen Datenlage hat die erzielte Performance des neuronalen Netzes, gemessen an dem »Mean Squared Error« der Kreuzvalidierung und in der Interpretierbarkeit der Sensitivitätskurven, die Stärke des Ansatzes bestätigt.



Links: Vorhersage des Magnesium-Druckguss-Bauteilverhaltens mittels gießbedingter Materialinhomogenitäten
Rechts: Vorhersage des hysteresebehafteten Verhaltens eines Feder-Dämpfer-Systems eines Kfz

Dieses Arbeitsgebiet befasst sich hauptsächlich mit der Entwicklung und Umsetzung numerischer Algorithmen zur Berechnung festkörpermechanischer Probleme für Materialien, die sowohl eine komplizierte Materialstruktur mit unterschiedlichen Größenskalen wie auch komplizierte zeitabhängige Stoffgesetze aufweisen. Die Arbeitsgruppe besitzt spezielle Kenntnisse und Kompetenzen in asymptotischen Homogenisierungstechniken, Behandlung von Kontaktproblemen mit mikrorauen Oberflächen sowie bei der Betrachtung zeitabhängiger Prozesse homogener oder verbundener Bauteile, deren (Makro-)Festigkeit und Lebensdauer unter Ermüdung, Kriechen, schlagartiger Belastung und Verschleiß untersucht werden.

Die Notwendigkeit zur Homogenisierung entsteht in Verbundwerkstoffen und porösen Medien sobald zwei oder mehrere unterschiedliche Größenskalen in ihrer Mikro- und Makrostruktur vorhanden sind, die eine direkte numerische Berechnung verhindern oder stark verkomplizieren. Mithilfe der asymptotischen Homogenisierungsalgorithmen können Makrospannungen und eine ganze Reihe von gemittelten (effektiven) Eigenschaften von Verbundwerkstoffen bzw. porösen Materialien auf-

grund von bekannten Eigenschaften ihrer Komponenten und ihrer Mikrogeometrie berechnet werden. Die mittleren Eigenschaften sind Steifigkeit, Relaxationsparameter, freier Schwund, freie Schwellung, freie Temperatur-Verzerrung, Festigkeit, Lebensdauer und Verschleiß.

Beispiele für technisch interessante Prozesse, die sich durch Anwendung der Homogenisierungsmethode berechnen lassen, sind Korrosion, Degradation, Austrocknung, Ermüdung und Verschleiß von gefüllten Harzen, Beton und Holz. Konkrete Anwendungen im Rahmen von Abteilungsprojekten waren beispielsweise die Berechnung der effektiven viskoelastischen und Schrumpfeigenschaften von partikelverstärkten Zahnfüllstoffen und Harzen sowie die Berechnung von Kontaktproblemen für Hüftprothesen.



Ansprechpartnerin:

Dr. Julia Orlik

☎ 06 31/2 05-27 42

orlik@itwm.fraunhofer.de

Modellierung gefüllter duroplastischer Formmassen

In der ersten Phase des DFG-Projektes »Erarbeitung einer Berechnungsgrundlage und Werkstoffmodellierung gefüllter duroplastischer Formmassen« wurden Homogenisierungsalgorithmen für die integrale Viskoelastizität mit schwachsingulären Kernen entwickelt, die im Laufe der aktuellen Fortsetzungsphase numerisch umgesetzt werden. Hierzu wird folgender Ansatz verfolgt: Zuerst wird die Ortsabhängigkeit im gesamten Integro-Differential-Gleichungssystem mittels der Finite-Elemente-Methode (FEM) eliminiert. Damit wird das unendlichdimensionale zeitliche Integralgleichungssystem auf ein endlichdimensionales System reduziert, das dann mittels einer für singuläre Kerne modifizierten Kollokationsmethode gelöst wird.

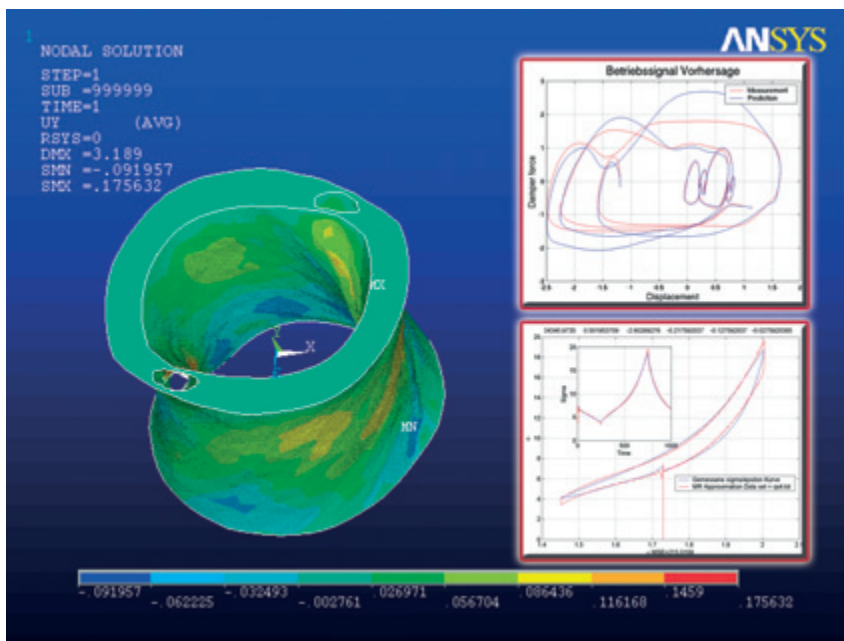
Für die Anwendung der FEM werden jene Kernteile, die nichtsingulär in der Zeitvariable sind, sowie die Nichtintegral-Koeffizienten in den Kollokationsstützstellen zeitlich diskretisiert und als elastische Koeffizienten für jeden Zeitschritt in einer rein elastischen örtlichen FE-Berechnung mittels ANSYS® verwendet. Nach jeder Berechnung werden die globalen Steifigkeitsmatrizen ausgegeben und an Stelle von partiellen örtlichen Ableitungen im Gleichgewichtsgleichungssystem verwendet. Da die FE-Berechnung in jedem Kollokationspunkt einen relativ großen numerischen Aufwand bedeutet, wurde zusätzlich eine Kernapproximation mittels stückweise polynomialer Ortsinterpolation durchgeführt, die zur vollständigen Entkopplung von Zeit- und Ortsabhängigkeit führt. Die entsprechenden Fehlerabschätzungen wurden im Rahmen einer begleitenden Diplomarbeit durchgeführt. Der ganze Algorithmus wurde in eine bereits entwickelte Homogenisierungsroutine für viskoelastische Verbundwerkstoffe integriert.

Nichtlinear dynamische Bauteilmodelle für die Fahrzeugsimulation

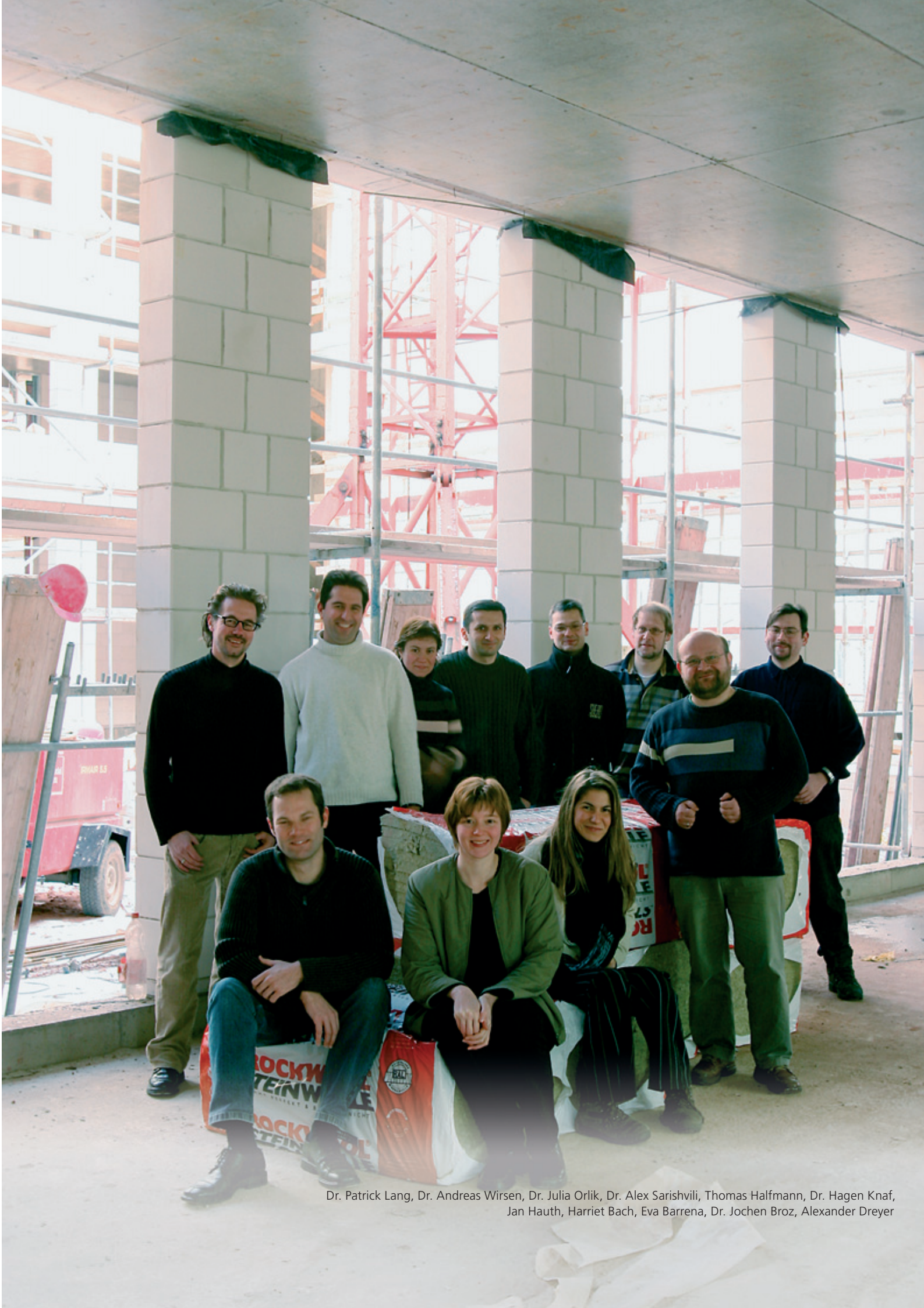
In einem weiteren Projekt wird das Hystereseverhalten von gummiartigen Lagern unter einer multidimensionalen Belastung anhand von – vom Industriepartner LMS Deutschland bereitgestellten – einaxialen Spannungs-Dehnungs-Zeitreihen untersucht. Die zu identifizierenden mechanischen Modelle sollen zum einen die nichtlineare Elastizität, die plastischen Belastungs-Entlastungseffekte und das von der Belastungsgeschichte abhängige Materialgedächtnis gut abbilden können, andererseits aber möglichst auch lineare Anteile besitzen, so dass das Superpositionsprinzip für Belastungsfälle zumindest partiell verwendet werden darf. So wurde das quasi-statische Materialverhalten mit dem nichtlinearen Mooney-Rivlin-Gesetz modelliert, die Belastungs-Entlastungseffekte wurden linearisiert und

das Gedächtnis durch eine lineare Integraldarstellung mittels Relaxationskern beschrieben. Das Gedächtnis wird zusätzlich in ein globales und ein lokales Gedächtnis unterteilt, wobei das globale nur die Spannungsamplituden der n letzten Zyklen und das lokale nur die letzten n Spannungswerte im aktuellen Zyklus berücksichtigt. Die Modelle wurden auf den Experimentaldaten erfolgreich validiert.

Die mechanischen Modelle sollen im weiteren Projektverlauf zuerst für die Datengenerierung mittels kommerzieller FE-Pakete für 3D-Belastungsfälle und schließlich in einem Gray-Box-Modell zusammen mit den parallel entwickelten datenbasierten Ansätzen verwendet werden.



Links: Gummizylinder für die 3D-Datengenerierung
Rechts: Approximation von 1D-Messdaten mit den oben genannten Modellen



Dr. Patrick Lang, Dr. Andreas Wirsén, Dr. Julia Orlik, Dr. Alex Sarishvili, Thomas Halfmann, Dr. Hagen Knaf, Jan Hauth, Harriet Bach, Eva Barrena, Dr. Jochen Broz, Alexander Dreyer

Optimierung

Aufgabe der Abteilung ist die Erforschung und Bereitstellung von Modellen und Verfahren der Mathematischen Optimierung für Industrie und Dienstleistung. Hierbei spielt die Entwicklung von innovativen Softwarelösungen, im Dialog mit dem Kunden, eine wichtige Rolle. Das Spektrum der eingesetzten Methoden reicht von der Graphentheorie über spezielle kombinatorische Optimierungsansätze bis hin zur Large-Scale-Optimierung, die auch mit Hilfe kommerzieller Solver (Cplex, Xpress) angegangen werden. Ebenso werden Verfahren der Online-Optimierung, der multikriteriellen Optimierung, der nichtlinearen und globalen Optimierung sowie Logistiksimulationen und Verfahren des Reverse Engineering entwickelt und angewendet.

Das Jahr 2004 verlief für die Abteilung OPTIMIERUNG sehr erfreulich. Gegen den wirtschaftlichen Abwärtstrend und trotz der rückläufigen öffentlichen Fördermittel ist es gelungen, neue Kundenpotenziale zu erschließen sowie existierende Kundenkontakte zu pflegen.

Die Abteilung gliedert sich in folgende Schwerpunkte:

- Innerbetriebliche Logistik
- Überbetriebliche Logistik und Verkehrsplanung
- Kontinuierliche Optimierung
- Knowledge-Management und E-Commerce

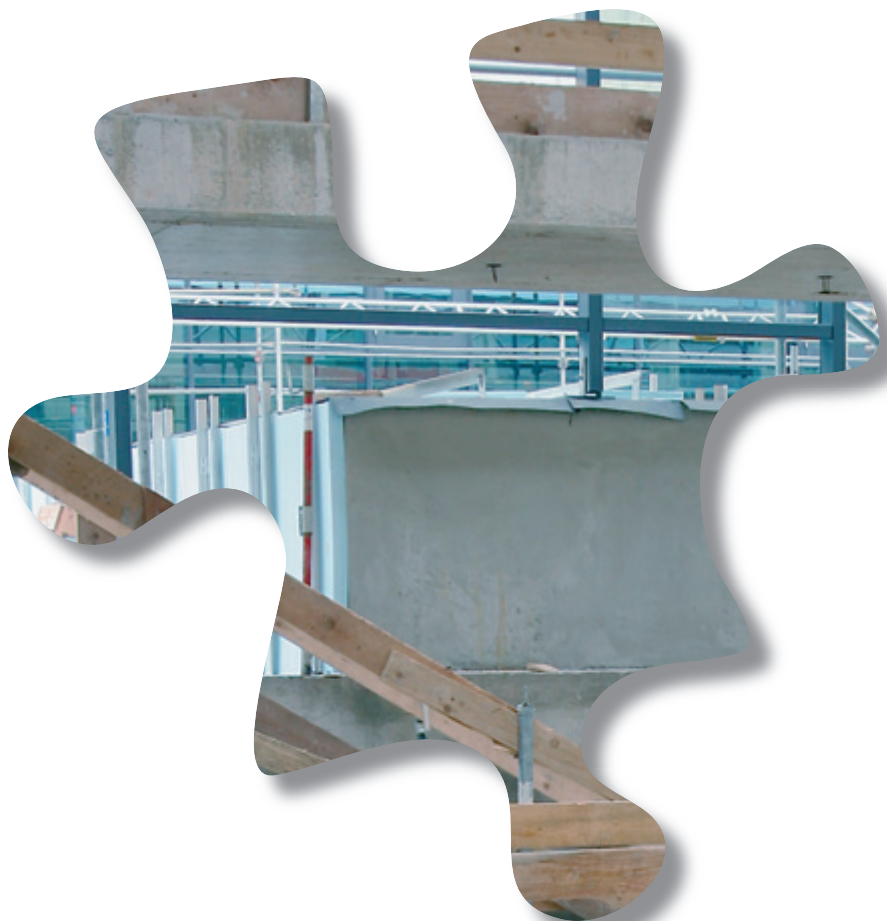
Im Schwerpunkt »Innerbetriebliche Logistik« wurden, zusätzlich zu einer Reihe Industrieprojekte, insbesondere mit SAP und psb, durch ein vom Land Rheinland-Pfalz finanziertes Forschungslab für Produktion die Kontakte zu KMU im lokalen Raum intensiviert. Im Schwerpunkt »Überbetriebliche Logistik und Verkehrsplanung« wurde die Zusammenarbeit mit der Firma pro-ALPHA Software AG, Weilerbach, erfolgreich fortgesetzt sowie Teilsysteme des Produkts Opti-Trans® zur Optimierung von klinischen Krankentransporten mit den Partnern Sieda GmbH und Comexar Engineering AG fertiggestellt. Im Schwerpunkt »Kontinuierliche Optimierung« ist es gelungen, amerikanische Fördermittel für ein vierjähriges Forschungsvorhaben auf dem Gebiet der Radiotherapie mit dem Massachusetts General Hospital, einem Lehrkrankenhaus der renommierten Harvard Medical School, durch das amerikanische National Institute of Health zu erhalten. Im Auftrag der Siemens AG, Medical Solutions, Geschäftsgebiet Oncology Care Systems, wird eine neuartige Planungskomponente zur klinischen Strahlentherapie entwickelt. Gemeinsam mit der Abteilung TRANSPORTVORGÄNGE im Verbund mit den Fraunhofer-Instituten SCAI und IGD werden in der MAVO SR-PRO Bausteine eines Reverse-Engineering-Prozesses entwickelt und implementiert. Im Schwerpunkt »Knowledge-Management und E-Commerce« wurde ein größeres Projekt mit der Tehalit GmbH, Heltersberg, zum Prozessmanagement fortgeführt.

Oft kommt es vor, dass eine scheinbar gut geplante, aus modernsten Komponenten bestehende Anlage von ihrer gewünschten Leistung noch weit entfernt ist. Die an sich sehr teuren und technisch leistungsfähigen Teilsysteme sind nicht hinreichend aufeinander abgestimmt. Die Ursache dafür ist oft nicht die Tatsache, dass an falschen Stellen beim »Zusammensetzen« gespart wurde, sondern vor allem eine unzureichende »Systemsicht«. In frühen Planungs- und Entwicklungsphasen mangelt es oft an der Gesamtbeachtung des Systems und des Zusammenspiels seiner Komponenten infolge der lokalen und globalen Steuerung. Es stellt sich heraus, dass in diesen Fällen mathematische und informationstechnische Untersuchungen und Lösungsansätze bei der Systementwicklung vernachlässigt werden.

Die Aktivitäten des Schwerpunkts »Innerbetriebliche Logistik« richten sich auf eine solche systematische und umfassende Unterstützung sowohl in der Systementwicklung als auch im laufenden Betrieb durch einen integrativen Einsatz von mathematischer Optimierung, diskreter und kontinuierlicher Simulation, künstlicher Intelligenz usw. Typische Systemarten in den Projekten sind Produktionssysteme, Versandhäuser, automatisierte Lager, aber auch Personal-Einsatzplanung und -Management, Sicherheitssysteme, organisatorische Abläufe. Der Inhalt unserer Leistungen geht über die eigentliche Simulation und Optimierung von betrieblichen Vorgängen hinaus: Wir entwickeln unter anderem die entsprechenden

Steuerungsstrategien und testen bzw. verfeinern diese auf Basis der Simulation, führen eine Sensitivitätsanalyse durch, untersuchen das Verhalten des Systems an der Grenzleistung, entwickeln Deadlock-Präventionsmaßnahmen.

Unter den wichtigsten industriellen Partnern des Schwerpunkts 2004 sind psb GmbH Materialfluss+Logistik (Pirmasens), FSM! GmbH (Kaiserslautern), die Horst Zimmermann GmbH (Kaiserslautern) und die SAP AG (Walldorf). Wissenschaftliche Zusammenarbeit wird auch mit mehreren anderen Fraunhofer-Instituten durchgeführt, u. a. mit UMSICHT, IML, SCAI.



Ansprechpartner:

Dr.-Ing. habil. Alexander Lavrov
☎ 06 31/3 03-18 84
lavrov@itwm.fraunhofer.de

Integrative Lösungsansätze im Bereich Materialfluss und Logistik

Die Abläufe in einem modernen hochautomatisierten Betrieb zeichnen sich durch komplizierte Zusammenhänge zwischen verschiedenen Aktionen und Verfahren, durch eine hochdynamische Natur der zu treffenden Steuerungsentscheidungen usw. aus. Die Mitarbeiter des Schwerpunkts »Innerbetriebliche Logistik« setzen sich oft mit den Anzeichen bzw. Folgen einer methodisch eingeschränkten und einseitigen Systemplanung bzw. -organisation auseinander. Unten sind einige typische Beispiele aus den entsprechenden Projektsituationen des vergangenen Jahres aufgeführt.

Artikelverteilung in einem automatisierten Hochregallager

Das Lager war mit einer erheblichen Kapazitätsreserve dimensioniert, der theoretische Gesamtdurchsatz der Regalbediengeräte lag wesentlich über dem Höchstdurchsatz anderer Komponenten. Trotzdem konnte die ge-

wünschte Leistung nicht erreicht werden. Es stellte sich heraus, dass die kurzfristig entstehenden Warteschlangen vor einzelnen Regalbediengeräten die Gesamtleistung verringerten. Die Ursache war eine ineffiziente Artikelzuordnung zu den Gassen. Die vorgeschlagene analytisch begründete Strategie zur Artikelzuordnung wurde danach in einer simulativen Untersuchung validiert und verfeinert. Die Leistungsenkung wurde dadurch vollständig behoben.

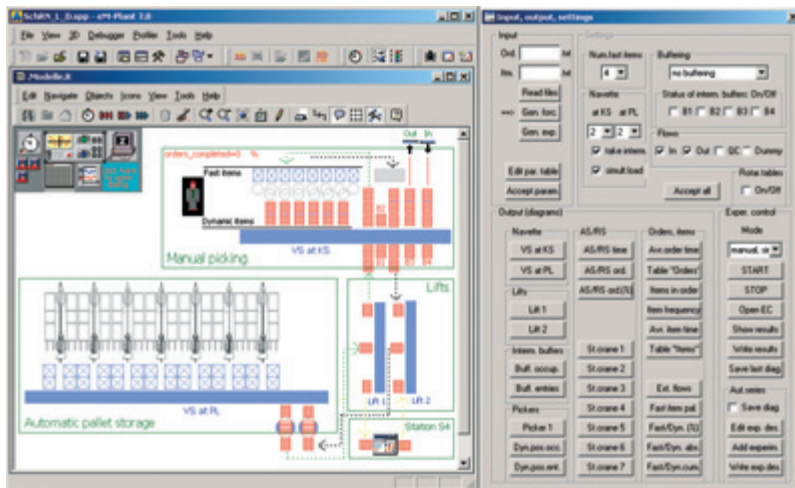
Steuerungsstrategien für Regalbediengeräte

In einem automatisierten Kommissioniersystem mit relativ einfacher Struktur der Palettenströme wurden immer wieder Deadlock-Situationen (gegenseitiges Blockieren) registriert. Die Analyse zeigte, dass die verwendete Steuerungsstrategie die Abgabemöglichkeiten auf dem externen Puffer nicht berücksichtigte, was unter hoher Aus-

lastung zu langen Wartezeiten oder sogar Deadlock-Situationen führte. Eine entsprechende Anpassung der Strategie hat die lokale Deadlock-Freiheit gewährleistet.

Steuerungsstrategien für Verschiebewagen

In einem Projekt war der Verschiebewagen ein Engpass. Eine einfache sequenzielle Bearbeitung der Transportaufträge wurde als Ursache identifiziert. Die vorgeschlagene online-optimierungsbasierte Steuerungsstrategie, die eine simultane Lastaufnahme bzw. -abgabe ermöglichte und die Zielrichtung bei der Bestimmung der zu benutzenden Lastaufnahmemittel berücksichtigte, hat eine Durchsatzsteigerung um zwölf Prozent ermöglicht, was in Kombination mit einem durch die Simulation gerechtfertigten Verzicht auf die zunächst vorgesehene zeitaufwändige Zwischenpufferung eine Steigerung der Gesamtleistung um 24 Prozent lieferte.



Simulationsmodell eines Kommissioniersystems

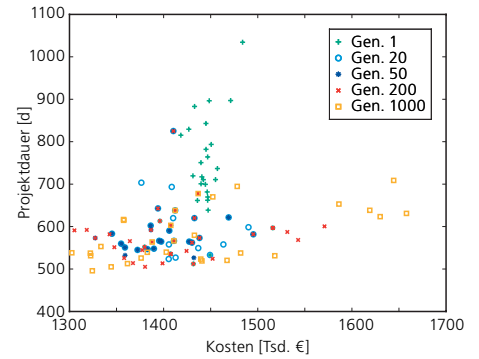
Forschungslab »Produktionsplanung für regionale KMU«

Im Rahmen des Forschungslabs wurden Fragestellungen bezüglich der Planung von Projektsteuerungen wie z. B. komplexe Produktionsabläufe oder Bauvorhaben untersucht. In Zusammenarbeit mit verschiedenen KMU-Partnern, insbesondere der FSM! GmbH und der Horst Zimmermann GmbH, wurden Anforderungen an eine zu erstellende Planungssoftware evaluiert. Eine Marktrecherche ergab, dass der Markt speziell für Bau-Planungssoftware von zahlreichen Branchenlösungen beherrscht wird, die in Bezug auf das Scheduling von Arbeitsabläufen Wünsche offen lassen. Insbesondere fehlt in der Regel eine echte Optimierungskomponente, die Planung erfolgt stattdessen anhand einfacher Dispositionsregeln.

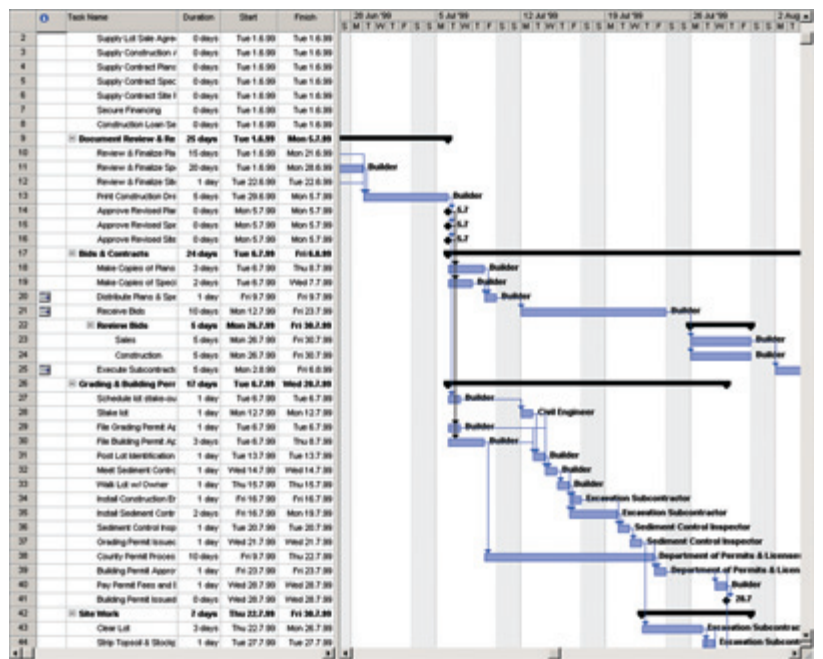
Aus Praxissicht sollte ein Planungstool u. a. die Nutzung von Standard-Arbeitspaketen unterstützen und Reihenfolge-Restriktionen, Ressourcen-Erfordernisse, Rüstzeiten und die (Nicht-) Unterbrechbarkeit von Aktivitäten berücksichtigen. Vor allem ist auch eine Integration in eine bestehende Softwareumgebung (insbesondere die jeweilige betriebswirtschaftliche Branchensoftware) von Bedeutung. Für einen praxisgerechten Einsatz ist es ferner erforderlich, ein Projekt-Monitoring zu unterstützen und ein einfaches und praktisch echtzeitfähiges Rescheduling von Aktivitäten zu

gewährleisten. Vor allem wird hier auch an eine mobile Nutzung des Systems gedacht, etwa auf den Zugriff von Projektplänen auf Baustellen und die Rückmeldung des Abarbeitungsfortschritts und gegebenenfalls vor Ort auftretender Probleme an die Planungssoftware.

Die Optimierungskomponente in der Planung (Scheduling) sollte verschiedene Zielsetzungen unterstützen, z. B. die Kostenminimierung, die Minimierung der Projektlaufzeit und die Minimierung von Verspätungen. Im Rahmen des Projekts wird hierfür ein Prototyp erstellt, welcher auf eine multikriterielle Optimierung zurückgreift, für die evolutionäre Algorithmen verwendet werden. Erste Ergebnisse mit diesen Planungstechniken zeigen ein erhebliches Einsparpotenzial in Bezug auf Kosten, Zeit etc. gegenüber den bisher verwendeten Dispositionsregeln.



Hinsichtlich Projektdauer und Kosten optimierte Lösungen eines evolutionären Algorithmus



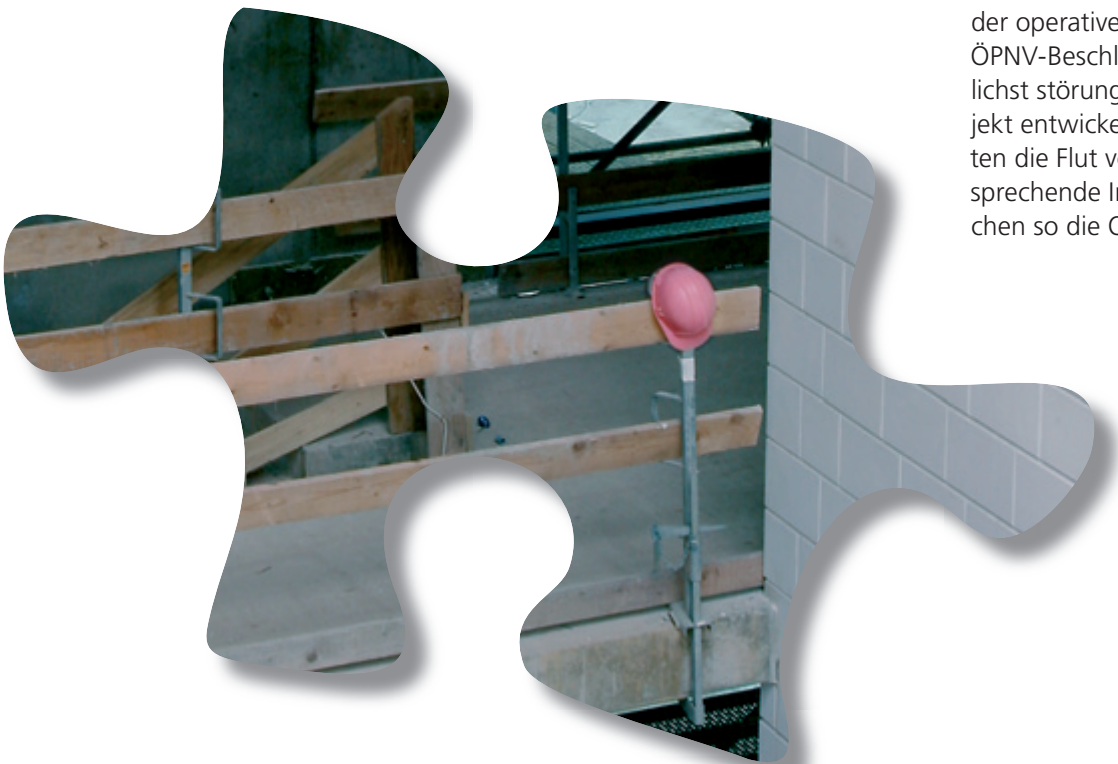
Projektplan in der Darstellung von Microsoft Project

Überbetriebliche Logistik und Verkehr

Dieser Schwerpunkt befasst sich mit der Entwicklung von Modellen und Algorithmen der diskreten Optimierung zur Planungsunterstützung sowohl bei strategischen und taktischen als auch bei operativen Fragestellungen der Logistik. Die strategische Netzwerkgestaltung legt den Schwerpunkt auf die Optimierung langfristiger Investitionsentscheidungen wie den Aufbau neuer Werke oder Distributionszentren. Ausgehend von der Netzwerkauslegung werden auf der taktischen Planungsebene den Standorten des Netzwerks grobe Beschaffungs-, Produktions- und Distributionspläne zugewiesen. Diese Pläne bilden den Rahmen für die kurzfristige Feinplanung, welche den täglichen Betriebsablauf festlegt. Hierzu gehört z. B. die Ermittlung einer zeitgenauen Reihenfolge für die Bearbeitung von Produktionsaufträgen oder die Bildung von Touren zur termingerechten Belieferung der produzierten Güter. Kundenspezifische Planungsfragen werden mithilfe maßgeschneiderter Optimierungsverfahren quer durch verschiedene Bran-

chen – von produzierenden Unternehmen bis hin zum Gesundheitswesen – unterstützt.

Unsere Projekte im Anwendungsfeld »Verkehr« betreffen die Planung im öffentlichen Personenverkehr. Bei der Haltestellenplanung im Schienenverkehr geht es um die kostengünstige Erweiterung des Haltestellennetzes an bestehenden Strecken, d. h. um strategische Planung in Schienenverkehrsunternehmen. Rechnergestützt wird eine Vielzahl von Szenarien durchgespielt, um ein Optimum hinsichtlich Nachfrageeffekten und Wirtschaftlichkeit zu finden. Auf der taktischen Ebene leistet das Anschluss-Sicherungs-Management Unterstützung bei der unternehmensübergreifenden Fahrplanabstimmung in Verkehrsverbänden. Die netzweiten Interdependenzen von Anschlüssen sind für den Planer schwer zu überblicken und öffnen das Feld für den Einsatz von mathematischen Optimierungsmethoden. Die ÖPNV-Beschleunigung in Städten umfasst Maßnahmen zur bevorrechtigten Behandlung von Fahrzeugen des ÖPNV an Lichtsignalanlagen. Auf der operativen Ebene ist das komplexe ÖPNV-Beschleunigungssystem möglichst störungsfrei zu betreiben. Im Projekt entwickelte Analysetools verdichteten die Flut von Protokolldaten auf sprechende Information und ermöglichen so die Optimierung des Systems.



Ansprechpartnerin:

Dr. Teresa Melo

☎ 06 31/3 03-18 81

melo@itwm.fraunhofer.de

Optimierte Transportdisposition im Krankenhaus

Bei bedarfsgesteuerten Transporten werden Personen oder Güter zwischen bestimmten Start- und Zielorten auf Anforderung transportiert. Das ist zum Beispiel im Gesundheitswesen der Fall, wenn eine Beförderung zwischen Bettenstationen und Funktionsabteilungen innerhalb eines Krankenhaus-Campus mit Krankenwagen oder über Schiebedienste angeboten wird.

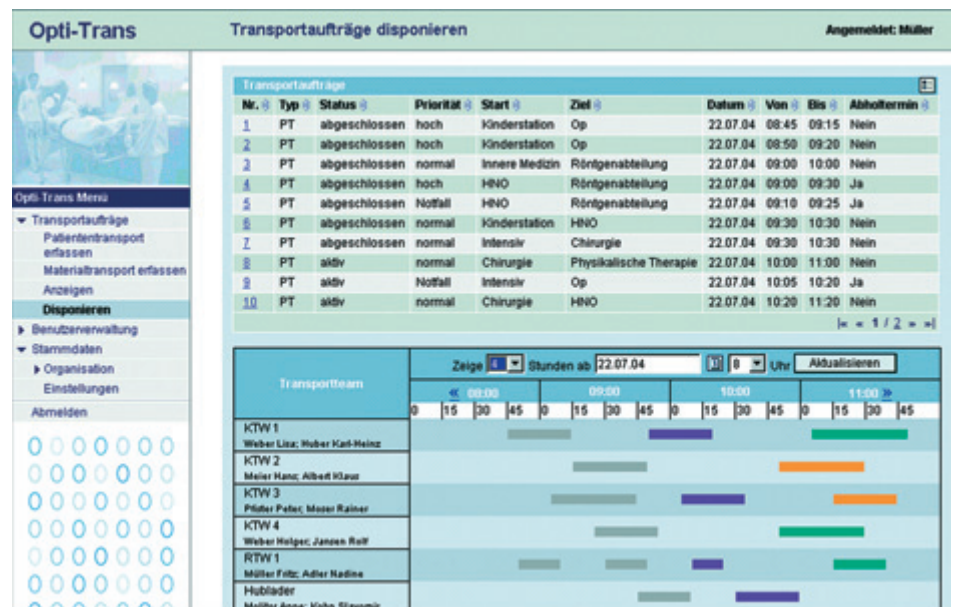
Üblicherweise meldet eine Station oder ein Leistungsbereich einen Transport an die Leitstelle mit Vorgabe aller Auftragsdaten (Priorität, Start- und Zielort, gewünschte Abhol- oder Ablieferungszeit, Patientenmobilität usw.). Für die Abwicklung der Transporte stehen Mitarbeiter des Fahrdienstes zur Verfügung, die sie zu Fuß oder mit Fahrzeugen durchführen. Anhand der angeforderten Transporte muss der Disponent über die Auftragsbündelung, Routenplanung und Einsatzplanung entscheiden. Bei der Auftragsbündelung werden mehrere Aufträge aufgrund ihrer räumlichen und zeitlichen Nähe einem Transporteur zugewiesen. Anschließend

erfolgt eine Ablaufplanung für jeden Transporteur, in der die Reihenfolge der anzufahrenden Abhol- und Zielorte bestimmt wird. Somit entstehen Touren für die einzelnen Transporteure. Zum Schluss wird die Uhrzeit für die Ankunft an jedem zu besuchenden Anfahrpunkt festgelegt. Alle diese Entscheidungen sind offensichtlich stark miteinander verflochten und können nicht völlig getrennt voneinander getroffen werden. Da allerdings üblicherweise nur ein geringer Teil der Aufträge bereits am Vorabend bekannt ist (ca. 20-30 Prozent), besitzen diese Entscheidungen zum Dienstbeginn einen vorläufigen Charakter. Neue, kurzfristig angeforderte Aufträge können z. B. durch Notfälle und Neueinweisungen im Laufe des Tages ausgelöst werden. Das Problem erhält somit eine starke Online-Komponente, so dass bestehende Tourenpläne ständig in Echtzeit überarbeitet werden müssen.

Das Ziel dieses Dial-a-Ride-Problems besteht darin, eine Menge von Touren so zu konstruieren, dass die Transport-

kosten minimiert werden und gleichzeitig die Servicequalität maximiert wird (z. B. durch geringe Patientenwartezeiten). Zur Lösung dieses Problems werden zunächst zulässige Touren mittels einer Konstruktionsheuristik gebildet. Anschließend wird eine auf Tabu-Suche basierende Heuristik mit dem Ziel eingesetzt, eine bessere Lösung durch den Austausch von Anfahrpunkten sowohl innerhalb einer Tour als auch zwischen zwei Touren zu finden. Studien in mehreren Krankenhäusern haben gezeigt, dass durch den Einsatz dieses Verfahrens die Patientenwartezeiten um 15 bis 20 Prozent abnehmen. Das Verfahren bildet die Optimierungskomponente in Opti-Trans®, einem Softwaretool zur Echtzeit-Disposition von Transporten, das gemeinsam mit der SIEDA GmbH (Kaiserslautern) und der COMEXAR Engineering AG (Schweiz) entwickelt wird. Weitere Infos unter: www.opti-trans.com

Verteilung der Transportaufträge an Transportteams mit Opti-Trans®; die Farbe jedes Balkens im Zeitdiagramm beschreibt den Status des jeweiligen Auftrags: grau – abgeschlossen, orange – disponiert, grün – übermittelt, lila – in Durchführung.



Kontinuierliche Optimierung

Bei der Gestaltung einer komplexen Struktur – sei es ein Produktdesign, ein Produktionsprozess oder die Planung eines Therapieverfahrens – muss ein Entscheider aus einer Vielzahl von Konfigurationsmöglichkeiten ein für ihn akzeptables, idealerweise ein objektiv optimales Setting auswählen. Mathematisch abstrahiert: Eine komplexe Struktur ist determiniert durch feste, unverrückbare Vorgaben und durch wählbare, vom Entscheider beeinflussbare Parameter.

Durch systematische iterative und interaktive Manipulation der Parameter lassen sich dann Wirkungen auf die zu gestaltende Struktur in einem empirischen Meliorierungsprozess studieren (Forward Engineering). Diese Herangehensweise findet ihre natürlichen Grenzen, wenn die Zahl der wählbaren Parameter sehr groß, die optische Bewertung der Qualität sehr aufwändig oder unübersichtlich ist. In diesem Fall ist es hilfreich, einfache Beurteilungskriterien (Qualitäts- bzw. Kostenmaße) zur unterstützenden vereinfachten Beurteilung der Struktur festzulegen und die Parameter

durch einen Optimierungsprozess automatisch festlegen zu lassen. Ausgehend von solchen, für den Entscheider »sprechenden« Qualitätsmaßen werden in einem Reverse-Engineering-Prozess optimale Parameterkonfigurationen gefunden: Im Allgemeinen mehrere, zumindest partiell konfligierende Bewertungskriterien – klassisch ist etwa der Konflikt zwischen Kosten und Qualität. Die resultierende Optimierungsaufgabe beim Reverse Engineering ist somit typischerweise eine multikriterielle, hochdimensional restringierte Optimierungsaufgabe, deren Lösung eine Menge von sogenannten Pareto-Lösungen darstellt. Pareto-Lösungen sind dadurch charakterisiert, dass nicht gleichzeitig alle relevanten Bewertungskriterien verbessert werden können, ohne nicht zumindest ein anderes zu verschlechtern.

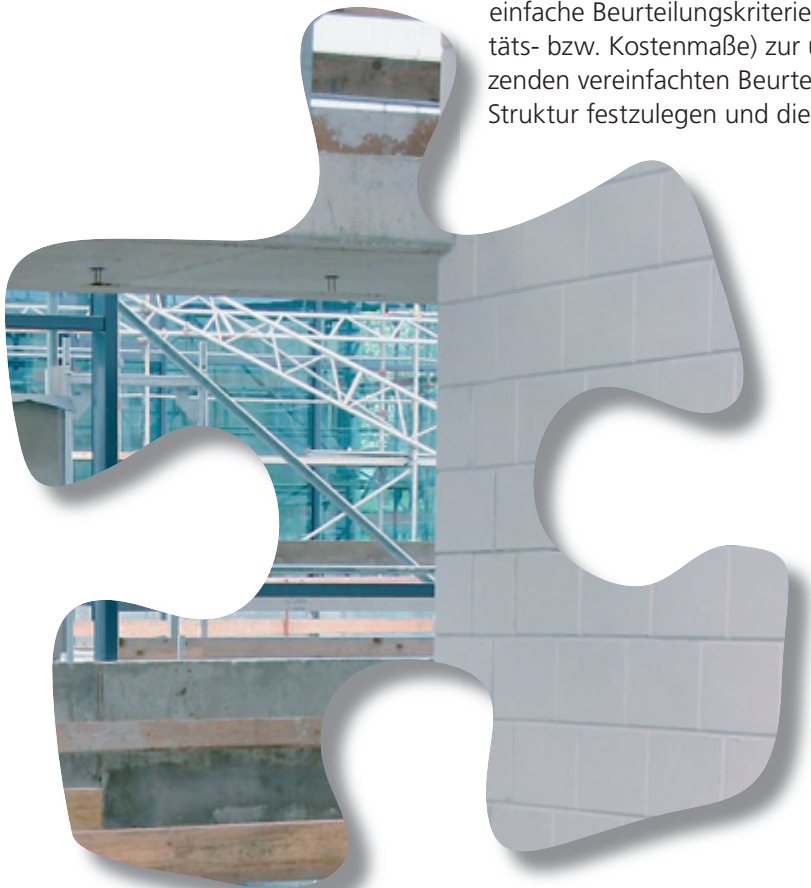
Um dem Entscheider die durch das Pareto-Konzept gewonnene Vielfalt an Lösungen zugänglich zu machen, wird eine der jeweiligen Problemstellung angepasste Echtzeit-Navigationshilfe gebraucht, die dem Entscheider eine suggestive Hilfe bei der Suche nach interessanten Lösungsalternativen zu begleiten. Hauptproblem beim Design solcher Reverse-Engineering-Lösungen ist die Beherrschung der hohen Problemdimensionen der Praxis. Die mathematischen Herausforderungen sind die enge Kopplung von Simulationsabbildung und Optimierungsalgorithmus auf hierarchisch adaptiven Datenstrukturen, die Approximation der Pareto-Menge vermöge eines möglichst kleinen Systems von Repräsentanten sowie die echtzeitfähige Online-Approximation des Pareto-Kontinuums auf Basis optimaler Selektionsroutinen.

Ansprechpartner:

PD Dr. Karl-Heinz Küfer

☎ 06 31/3 03-18 51

kuefer@itwm.fraunhofer.de



Strahlentherapieplanung

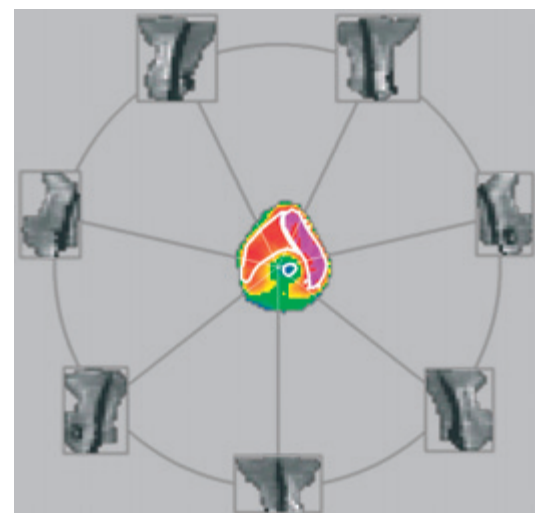
Im Schwerpunkt »Kontinuierliche Optimierung« wurde in öffentlich geförderten Projekten der letzten Jahre Expertenwissen zur Beherrschung der Komplexität von Reverse-Engineering-Aufgaben entwickelt und erfolgreich in Industrieprojekten umgesetzt.

Hauptreferenz zur Gestaltung von Reverse-Engineering-Problemen ist eine Projektserie auf dem Gebiet der Strahlentherapieplanung. Im Jahr 2004 wurde hier ein von der Mildred-Scheel-Stiftung – Deutsche Krebshilfe e.V. gefördertes öffentliches Projekt abgeschlossen, ein vom amerikanischen National Institute of Health gefördertes auf vier Jahre angelegtes Projekt mit dem Massachusetts General Hospital, Boston (USA), begonnen und ein großes Industrieprojekt mit der Siemens AG, Medical Solutions, im Geschäftsgebiet Oncology Care Systems zum Zwecke der Gestaltung eines neuartigen Strahlentherapieplanungswerkzeugs innerhalb der Siemens-Produktlinien begonnen.

Aufgabe der klinischen Strahlentherapieplanung ist die Realisierung einer hohen therapeutischen Dosis in einem Zielvolumen zur Gewährleistung einer hohen Tumorkontrollwahrscheinlichkeit bei gleichzeitiger Vermeidung von Hochdosen in gesundem Gewebe, um geringe Komplikationswahrscheinlichkeiten in Risikoorganen zu garantieren.

Die zu optimierende Struktur in dieser Anwendung ist die Dosisverteilung im Körper des Patienten. Vorgaben zur Größenordnung therapeutischer Dosen im kranken bzw. zu Toleranzdosen im gesunden Gewebe stammen aus statistischen Quellen und medizinischer Erfahrung. Die optimal zu wählenden Parameter sind Einstrahlgeometrie und Fluenzprofile.

Bei der Strahlentherapie stellen die riesigen Problemdimensionen höchste Anforderungen an die algorithmische Gestaltung einer Lösung. Eine Diskretisierung der 3D-Volumenstruktur mit 100 000 Volumenelementen, einigen tausend zu optimierenden Parametern und in der Regel fünf bis zehn Qualitätsindikatoren bilden eine Large-Scale-Aufgabe, die mit einem eigens vom Fraunhofer ITWM entwickelten proprietären Solver gelöst wird.



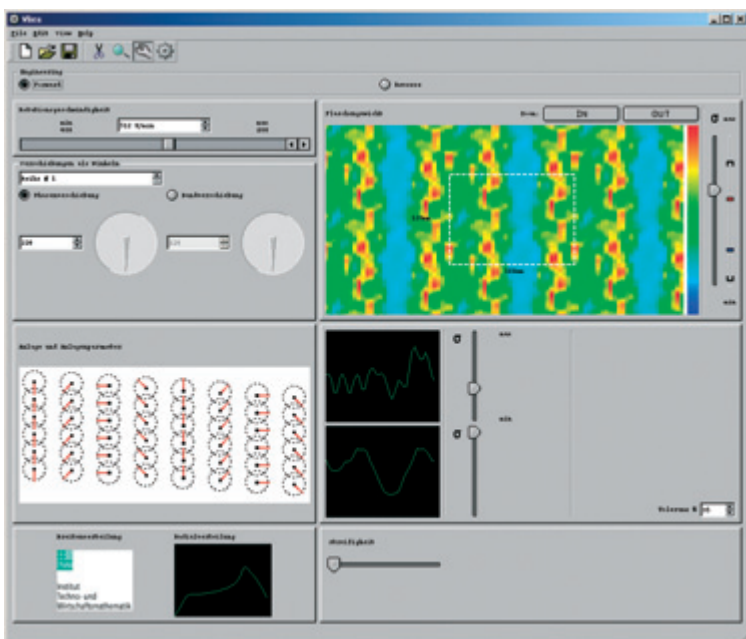
Einstrahlgeometrie und Fluenzprofile bei einem Tumor im Kopf-Hals-Bereich

Produktion von Edelsteinen

Die Suche nach möglichst großen Verwertungsvolumina von farbigen Rohedelsteinen ist ein klassisches Design-Centering-Problem und lässt sich als einkriterielles semi-infinites hochdimensionales Optimierungsproblem formulieren. In Machbarkeitsstudien, in Auftrag gegeben von partu lapidaries, Idar-Oberstein (Kirschweiler), wurden an Testdatensätzen Proberechnungen durchgeführt, die eine runde Brillantform bezüglich des Qualitätsindikators »Volumen« optimal in einen Rohstein einbetten und geprüft, ob der derzeitige Manufakturprozess bei der Produktion von Farbsteinen in einen automatischen industriellen Produktionsprozess überführt werden kann. Von besonderem Interesse war im Jahr 2004 die Beherrschung und Bewertung des Poliervorgangs, dessen Materialabtrag im Submikrometerbereich anzusiedeln ist.

MAVO SR-PRO

Im Rahmen einer durch die Fraunhofer-Gesellschaft geförderten marktorientierten Vorlauforschung (MAVO SR-PRO) zur Simulierten Realität im Fraunhofer-Institutsverbund ITWM, SCAI und IGD wurde die Gestaltung von Produktions- und Produktprozessen mittels Simulation, Reverse Engineering und Virtueller Realität als zentrale Aufgabe der Zukunft formuliert. In zwei Aufgabenstellungen – Produktionsprozess von Vlies unter Federführung der Abteilung TRANSPORTVORGÄNGE und Crash-Analyse unter Federführung von SCAI – werden prinzipielle Konzepte des Reverse Engineering weiterentwickelt und in Demonstratoren getestet. Die Aufgabe der Abteilung OPTIMIERUNG ist hierbei die Entwicklung von multikriteriellen Optimierungskonzepten für die Vlieslegung basierend auf den Simulationskomponenten der Abteilung TRANSPORTVORGÄNGE und die Definition anwendungsübergreifender Optimierungsmodule des generisch multikriteriellen Reverse Engineering.



Benutzeroberfläche des von den Abteilungen TRANSPORTVORGÄNGE und OPTIMIERUNG entwickelten Softwaretools zum Forward- and Reverse-Engineering der rotatorischen Ablage von Vliesen

Knowledge-Management und E-Commerce

Bei nahezu allen Problemstellungen der Praxis spielen zahlreiche Kriterien und meist konkurrierende Ziele eine Rolle. Trotzdem ist heute die Verbreitung von Methoden zum Multicriteria Decision Making (MCDM) im betrieblichen Umfeld noch sehr gering. Der Hauptgrund mag darin liegen, dass ein Praktiker die Arbeit mit solchen Methoden scheut, da er sie als zu schwierig oder aufwändig ansieht. Dafür wiederum dürfte insbesondere die als zu kompliziert empfundene »man machine interaction« verantwortlich sein. Somit besteht offensichtlich ein großer Bedarf an benutzerfreundlicher Software, welche die Nutzung von MCDM-Methoden für einen weiten Kreis von unterschiedlichen Anwendern attraktiv macht.

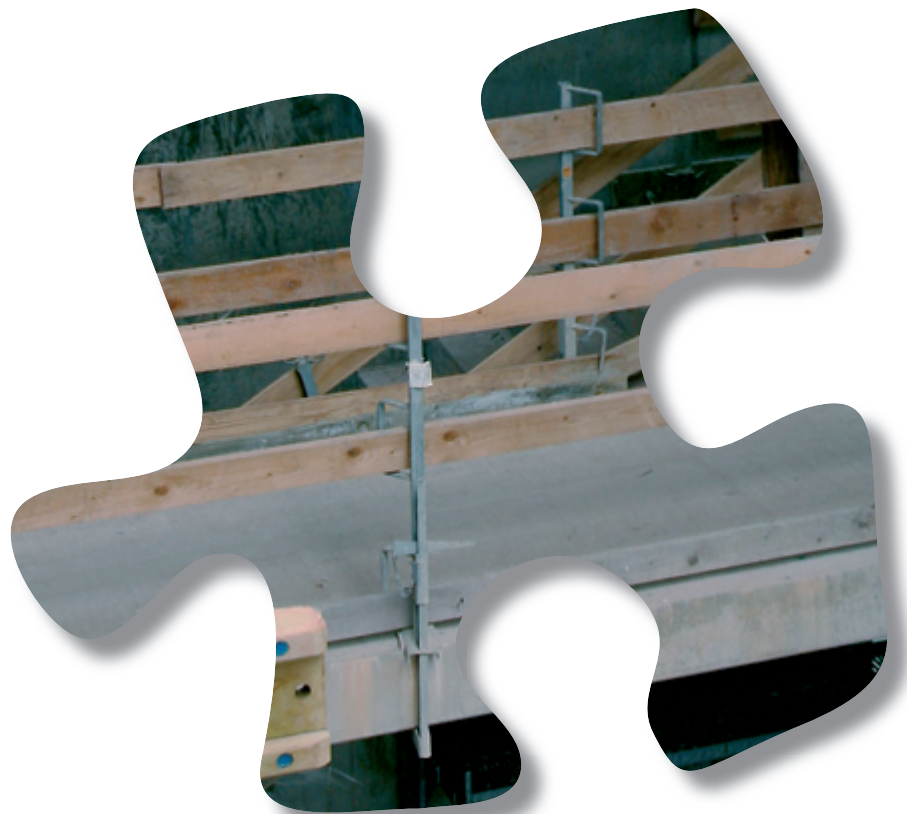
Diese praktischen Forderungen erfüllt knowCube®, eine innovative Methodik zur Entscheidungsunterstützung. Ihre Fokussierung liegt auf der transparenten Visualisierung von Wissenskontexten und der Generierung ergonomischer Interaktionsmöglichkeiten. Damit sind auch Nicht-Experten in der Lage, in komplexen Entscheidungssituationen effektiv und effizient Alternativen abzuwägen.

Verschiedene Typen von Kriterien – quantitative oder qualitative, objektive oder subjektive, aktive oder passive, abhängige oder unabhängige, deterministische oder statistische – können gleichzeitig betrachtet werden; jeder Anwender kann im Entscheidungsraum nach seiner speziellen Strategie und unter Berücksichtigung aktueller Restriktionen navigieren. Beide Bereiche dieses Schwerpunkts greifen Aspekte von knowCube® auf.

Anwendungsfelder liegen insbesondere im virtuellen Design von Produkten, in der Logistik, im Marketing und im Vertrieb. Immer stärker tritt dabei die Verknüpfung von mehrkriteriellen Methoden mit Konzepten der SixSigma-Qualitätsphilosophie in den Vordergrund.

Ansprechpartner:

Dipl.-Math. Hans Trinkaus
☎ 06 31/3 03-18 55
trinkaus@itwm.fraunhofer.de





Navigation in einem Produktsystem

Electronic Product Consultant

Virtuelles Consulting via Internet: Umfangreiches, kontextabhängiges Wissen zu erklärungsbedürftigen Produktsystemen ist online und somit stets aktuell für den Kunden verfügbar. Graphische, teilweise animierte Darstellungen technischer Komponenten unterstützen das Verständnis von Produktfunktionalitäten und Systemhierarchien.

Für den E-Commerce wurde ein interaktiver, aus graphischen Objekten aufgebauter Produktkatalog erweitert. Der Kunde kann im Internet durch komplexe, technisch anspruchsvolle Produktsysteme navigieren und seinen Bestellauftrag via Mausklick zusammenstellen und einsenden.

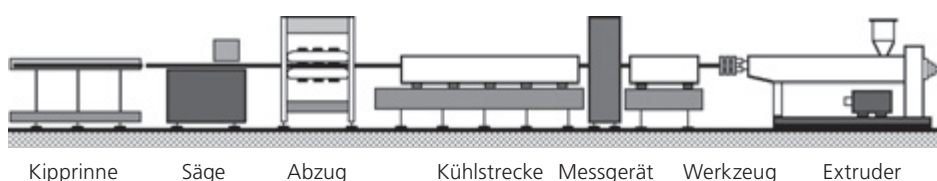
Im Jahr 2004 wurde für die MiniTec GmbH eine mehrsprachige Variante dieses »virtuellen Beraters« realisiert. Die Software zeichnet sich nicht nur durch ihre für den Kunden intuitive Benutzeroberfläche aus, sondern erlaubt auch dem Unternehmen schnelle und einfache Aktualisierungen von Produktdaten.

Knowledge-Management in Geschäftsprozessen

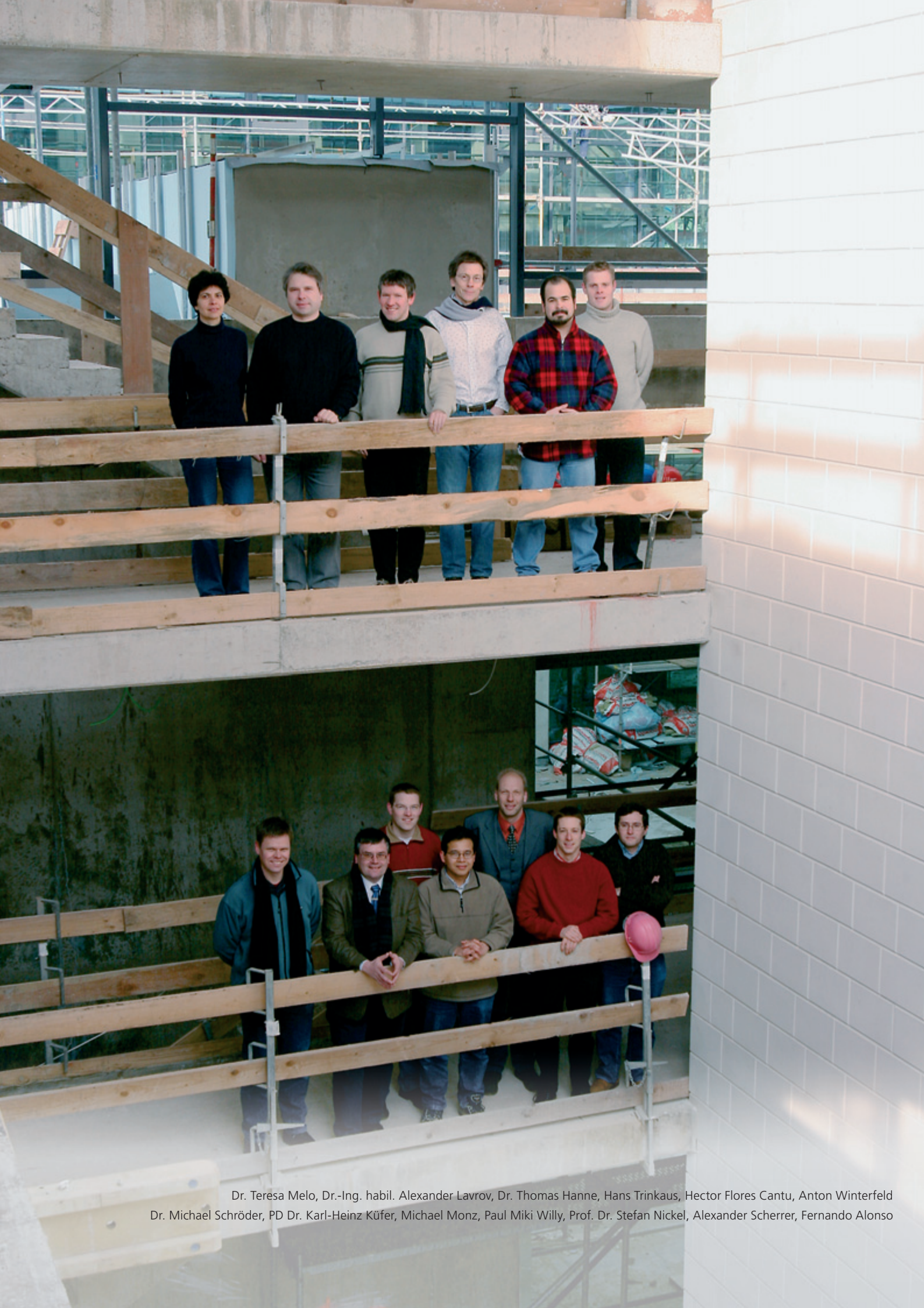
Das Management der Ressource »Wissen« gewinnt an Bedeutung für Unternehmen aller Größenordnungen. Dies beginnt mit dem neuen, aus Innovationsprozessen resultierenden Wissen und reicht hin bis zu den vielfältigen, einmal erworbenen Fähigkeiten und Erfahrungen, die im Verlauf einer Firmenhistorie angesammelt wurden. Als beispielhafte Anwendungsbereiche sind hier etwa die Geschäftsprozesse des Produktdesigns, der Produktentwicklung, der Produktionsoptimierung und der Produktionssteuerung zu nennen.

Zentrale Aufgaben des Knowledge-Managements liegen dabei einerseits in der Wissensbewahrung, mit dem Ziel, wertvolles Wissen zu explizieren und strukturiert abzulegen, andererseits natürlich in der Wissensfindung, zur Rückführung des Unternehmenswissens in die Wertschöpfung.

Bei einem im Jahr 2003 begonnenen größeren Industrieprojekt stand der Aufbau eines firmenspezifischen »Process Memory« im Vordergrund. Darauf aufbauend wurde 2004 die Komponente »Process Analysis« entwickelt. Im folgenden Jahr wird sich das Projekt mit dem Thema »Process Control« befassen.



Skizze einer komplexen Produktionsstrecke



Dr. Teresa Melo, Dr.-Ing. habil. Alexander Lavrov, Dr. Thomas Hanne, Hans Trinkaus, Hector Flores Cantu, Anton Winterfeld
Dr. Michael Schröder, PD Dr. Karl-Heinz Küfer, Michael Monz, Paul Miki Willy, Prof. Dr. Stefan Nickel, Alexander Scherrer, Fernando Alonso

Finanzmathematik

Im Jahr 2004 wurde die in den vorhergehenden Jahren erzielte Position weiter konsolidiert. Auf dem wirtschaftlichen Sektor ist dies mit einer eindrucksvollen Zahl von Industrieprojekten mit vertrauten Partnern gelungen. Dies stellt auch die große Zufriedenheit unserer Kunden unter Beweis. Außerdem konnten wir im Rahmen gemeinsamer Industrieprojekte die Kooperation mit unserem schwedischen Partnerinstitut FCC in Göteborg weiter ausbauen. Dabei ist besonders unser Projekt mit einem der vier schwedischen Pensionsfonds hervorzuheben. Weiterhin konnten wir wieder mehrere Projekte im Bereich Kreditrisiko/Basel II erfolgreich abschließen.

Sehr erfreulich ist auch die erfolgreiche Kooperation mit dem Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung in Mannheim. In einem gemeinsamen Projekt, das vom Bundesministerium für Finanzen in Auftrag gegeben wurde, haben wir die Modellierung von Venture Development Bonds untersucht. Der Hintergrund dieses Projekts war, dass das Bundesministerium für Finanzen im Jahr 2004 den G20-Vorsitz übernahm und beabsichtigte, mit innovativen Finanzprodukten die Förderung von Entwicklungsländern anzustoßen.

Die in den letzten Jahren herausgebildeten Schwerpunkte für Forschungs- und Projektarbeit

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

haben sich auch im Jahr 2004 wieder bestätigt. Die meisten Mittel konnten mit Optionsbewertung, Kreditrisiko und Kreditderivaten eingeworben werden, aber es gab auch Projekte in den Bereichen Zinsmodelle und Portfolio-Optimierung.

Wissenschaftliche Highlights im Jahr 2004 waren die Zusammenarbeit mit Nizar Touzi (Paris) auf dem Gebiet des Malliavin-Kalküls und dessen Anwendung auf amerikanische Optionen und mit Chris Rogers (Cambridge) im Bereich Dividendenmodellierung. Darüber hinaus wird eine unserer Veröffentlichungen auf dem Gebiet der Bewertung von asiatischen Optionen in der »Best of Wilmott 2004«-Compilation des Wilmott-Magazins erscheinen. Im Jahr 2005 wird die Zusammenarbeit mit der Technomathematik der Universität in Catania beginnen. Darüber hinaus sind weitere Kooperationen mit Partnern in der Türkei und Bulgarien geplant.

Der Schwerpunkt »Optionsbewertung« steht ganz im Zeichen der Herleitung von Bewertungsformeln und der Bereitstellung numerischer Algorithmen zur Berechnung der Preise und Sensitivitäten komplexer Derivate. Wie es der Name schon sagt, sind Derivate abgeleitete Wertpapiere, deren tatsächliche Auszahlung vom Preisverlauf eines zugrunde liegenden Guts wie z. B. einer Aktie oder einer Zinsrate abhängt. Der Bereich der Optionsbewertung gilt als der populärste in der Finanzmathematik; innerhalb des Handelsbereichs von Großbanken ist der Optionshandel gerade in Zeiten schlechterer Marktbedingungen ein großer Posten. Um den Anlegern auch in schwachen Marktperioden attraktive Produkte mit begrenztem Verlustrisiko und trotzdem noch vorhandener Gewinnchance offerieren zu können, bieten Banken oft Derivate mit sehr komplexer Auszahlungsstruktur an, die zum einen sicherstellen, dass der Anleger keinen Verlust erleidet (Capital Guaranteed Products), zum anderen die von der Bank zu leistende Gewinnauszahlung nach oben begrenzen.

Um solche Derivate bewerten zu können, werden realistische Marktmodelle benötigt, die zum einen die Marktpreise der Standardprodukte sehr gut abbilden können, aber auch den Kursverlauf der zugrunde liegenden Wertpapiere hinreichend realistisch modellieren. Darüber hinaus werden effiziente numerische Methoden benötigt, um auch Derivate mit komplexen Auszahlungsprofilen innerhalb dieser Modelle bewerten zu können.

Der Bedarf an solchen Modellen spiegelt sich in der Tatsache wider, dass wir auf der Aktienseite den Schwerpunkt stochastischer Volatilität weiter ausbauen (Dividendenmodellierung) und die Bewertung komplexer Derivate fortsetzen konnten. In diesem Jahr konnten wir aber auch die Bewertung neuer Optionstypen wie z. B. Variance Swaps, Volatility Swaps und Correlation Swaps erfolgreich umsetzen.

Ansprechpartner:

Dr. Martin Krekel
☎ 06 31/2 05-44 68
krekel@itwm.fraunhofer.de



Bewertung und Risikomanagement von Korrelationsprodukten

Die Bewertung und das Risikomanagement komplexer Derivate sind entscheidende Problemstellungen der modernen Finanzmathematik. Ein Beispiel hierfür sind die Variance Swaps. Die Auszahlung eines Variance Swaps ist die Differenz zwischen einem Schätzer der Varianz des Returns der Aktie und einer im voraus fixierten Rate. Wie bei einem Swap üblich, wird diese Rate zu Beginn so gewählt, dass der Wert des Kontrakts null ist. Eine Variation des Variance Swap ist der Volatility Swap, bei dem die Auszahlung von der Quadratwurzel der Varianz abhängt, was genau der Volatilität des Black-Scholes-Modells entspricht. Diese Kontrakte werden auch verwendet für die Absicherung eines Hedge-Portfolios gegen Schwankungen der Volatilität.

Wenn das Risiko eines aus mehreren Aktien und Aktienoptionen bestehenden Portfolios abgesichert werden soll, hängt die Hedge-Strategie auch von der Korrelation der Elemente des Portfolios ab. Um das Portfolio gegenüber Schwankungen der Korrelation abzusichern, gibt es die sogenannten

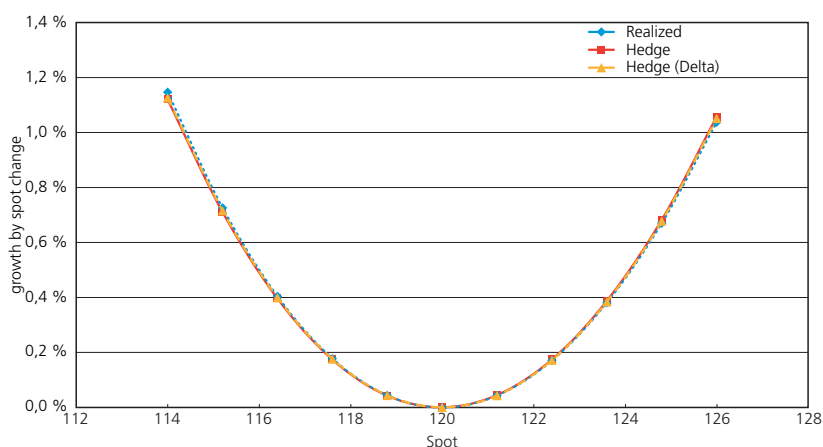
Covariance Swaps und Correlation Swaps. Die Auszahlung weist dieselbe Struktur auf wie bei den Variance Swaps: Man beobachtet die realisierte Korrelation und ausgezahlt wird am Ende die Differenz zwischen der realisierten Korrelation und einer vorher festgelegten Rate.

Die Bewertung der Variance Swaps und Covariance Swaps funktioniert sehr ähnlich. Man wählt eine selbstfinanzierende dynamische Handelsstrategie, die unter allen Szenarien am Fälligkeitstag die gleiche Auszahlung hat wie die Option. Der faire Preis der Option ist dann gerade der Wert dieser Handelsstrategie zum Optionsstart. Diese Handelsstrategie setzt sich im Fall eines Variance Swaps aus Forwardkontrakten, Call/Put-Optionen und der zugrunde liegenden Aktie zusammen. Dabei verändert sich die Aktienposition permanent, während die Positionen in den anderen Wertpapieren statisch sind. Bei dem Covariance Swap kommt außerdem noch eine Basket-Option hinzu. Die Schwierigkeit besteht nun darin, dieses Portfolio so zu wählen, dass

die Wertentwicklung der realisierten Varianz (Kovarianz) und die Wertentwicklung des Hedge-Portfolios möglichst deckungsgleich sind. Die Abbildung zeigt, wie sich die realisierte Varianz durch einen Aktiensprung von 120 auf verschiedene Werte am nächsten Tag ändert und stellt diese der Wertänderung unseres Hedge-Portfolios gegenüber. Man sieht exzellente Übereinstimmung. Es ist also gelungen, mit unserer Handelsstrategie das Risiko aus dem Variance Swap auszugleichen. Ebenso gute Resultate erzielen wir auch für die Covariance Swaps.

Alle neuen Berechnungsroutinen stehen als C++-Funktionen in MS-Excel zur Verfügung und können so ebenfalls bequem in vorhandene Office-Systeme integriert werden.

Vergleich Wertänderung des Hedge-Portfolios und Wertänderung der realisierten Varianz nach einem Tag

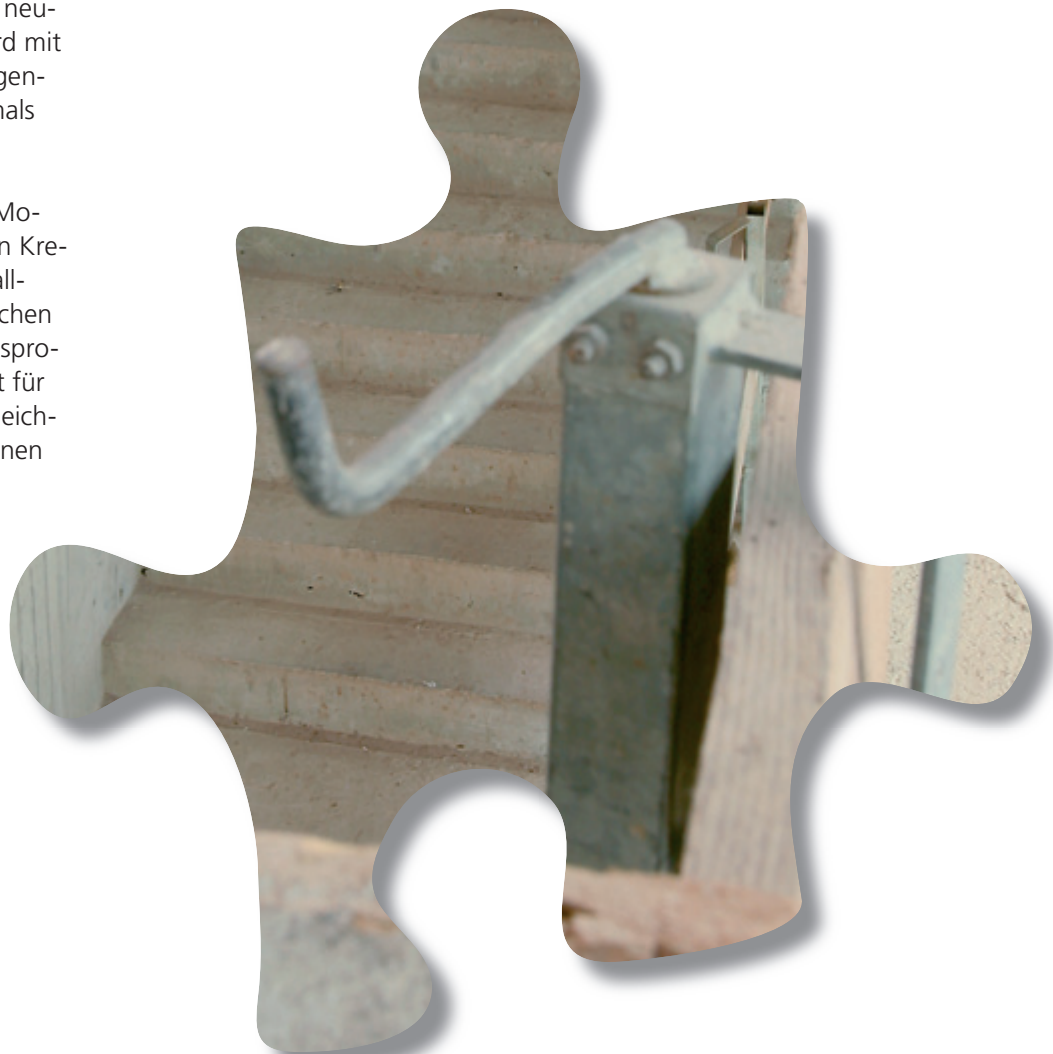


In den letzten Jahren hat sich die Bewertung von Kreditrisiken stark verändert. Standen in der Vergangenheit in der Praxis oft intuitive Verfahren im Vordergrund, so hat die jüngste Entwicklung deutlich zu mathematischen Ansätzen geführt. Dies liegt vor allem an der Entwicklung von Kreditderivaten, die es nun möglich machen, solche Risiken aktiv an den Finanzmärkten zu handeln, während klassisch das Kreditgeschäft von einer Buy-and-Hold-Strategie geprägt war. Gerade der effiziente und einfache Transfer von standardisierten Produkten eröffnet eine Vielzahl von neuen Möglichkeiten in Risiko-Management, Portfolio-Optimierung, Investition und Spekulation. Belegt wird dies durch die extremen Wachstumsraten des Marktes für Kreditderivate und die ständig wachsende Anzahl immer neuer Produkte. Dieses Wachstum wird mit Inkrafttreten der neuen Baseler Eigenkapitalregulierung (Basel II) nochmals verstärkt werden.

Im Zentrum der mathematischen Modellierung steht die Bewertung von Kreditprodukten aufgrund ihrer Ausfallwahrscheinlichkeit. Einen wesentlichen Unterschied zu klassischen Handelsprodukten (z. B. Aktienoptionen) stellt für einen Kreditrisikohändler das Ungleichgewicht zwischen einer relativ kleinen

Gewinnchance (Upside Chance) und einer deutlich höheren Verlusthöhe und Wahrscheinlichkeit (Downside Risk). Deshalb werden sehr hohe Ansprüche an die mathematische Modellierung von Kreditrisiken gestellt. Im Gegensatz zu Marktpreisrisiken, die schon sehr lange aktiv gehandelt werden, hat sich auf dem Markt der Kreditderivate noch kein Standardmodell herausgebildet. Die Modellierung von Kreditrisiko steht weiterhin im Mittelpunkt intensiver Forschung.

Der 2003 gegründete Schwerpunkt Kreditderivate wurde 2004 durch mehrere langfristige Projekte erweitert.



Ansprechpartner:

Dr. Ulrich Nögel
☎ 06 31/2 05-47 32
noegel@itwm.fraunhofer.de

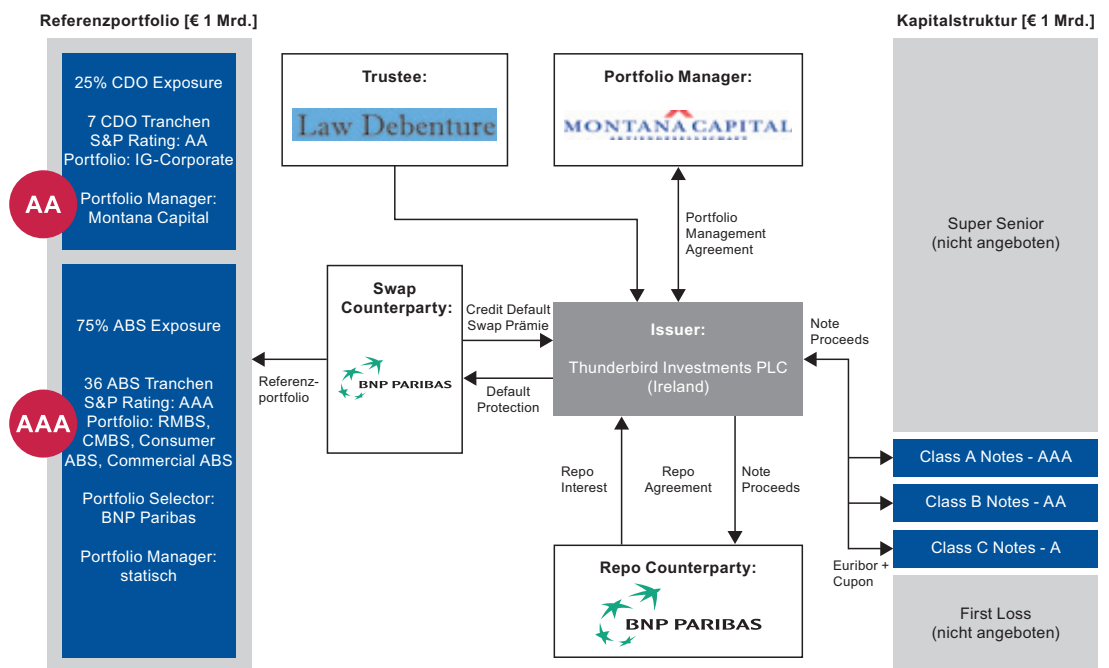
Bewertung von Basket Default Swaps

Seit der Einführung von Kreditderivaten in der Mitte der 90er Jahre bildet der Handel mit diesen vergleichsweise jungen Derivaten auch gleichzeitig einen der am stärksten expandierenden Märkte für Finanzprodukte. Dies äußert sich nicht nur in dem exponentiell wachsenden Handelsvolumen sowie dem zunehmenden Interesse zahlreicher Hedge-Fonds, sondern auch in der zunehmenden Standardisierung einfacher Derivate bei einem gleichzeitig extrem rasant zunehmenden Bedarf an exotischen und strukturierten Derivaten.

Das Problem beim Handel mit Kreditderivaten ist jedoch das Fehlen eines Standardmodells für die Kreditausfallwahrscheinlichkeit und damit für die Bewertung einfacher und strukturierter Produkte. Im Rahmen mehrerer 2004 durchgeführter Industrieprojekte beschäftigt sich das ITWM unter anderem mit der Auswahl, Implementierung und Weiterentwicklung geeigneter Modelle.

Ein Beispiel für ein weitgehend standardisiertes Produkt, dem lediglich ein einzelnes ausfallgefährdetes Finanzinstrument zugrunde liegt, bildet der sogenannte Credit Default Swap (CDS). Die gehandelten CDS bilden einen inzwischen hinreichend liquiden Markt, so dass deren Marktpreise zur Kalibrierung der Kreditausfallwahrscheinlichkeit benutzt werden können. Die aus dieser Kalibrierung entstehende Credit Spread Curve bildet die Grundlage für die Bewertung weiterer Produkte. Das ITWM testet und entwickelt verschiedene Verfahren zur Bestimmung dieser Spread Curve (z. B. Bootstrap, Parametrisierung etc.) als auch zur Auswertung von historischen CDS-Spread-Daten (z. B. deskriptive Verteilungsanalyse, Test auf Normalität, Anpassung von Mischungsverteilung) und der Bestimmung und Kalibrierung geeigneter stochastischer Modelle an diese historischen Daten.

Im Gegensatz zu diesen einfachen CDS basieren sogenannte Basket Default Swaps (BDS) auf einem Portfolio von unterliegenden Finanzinstrumenten. Typische Produkte sind First-to-Default Swaps (FtD), Second-to-Default Swaps (StD) oder Collateralized Debts Obligations (CDO). Die Schwierigkeit bei der Bewertung solcher BDS liegt in der Modellierung und Kalibrierung der korrelierten Ausfallwahrscheinlichkeiten des Basket-Portfolios. Dabei zeigt sich, dass die übliche lineare Korrelation in vielen Fällen nicht ausreicht, um beobachtete Effekte am Finanzmarkt (z. B. Wirtschaftskrisen) ausreichend zu beschreiben. Das Fraunhofer ITWM implementiert und entwickelt dazu allgemeinere Modelle z. B. mit Hilfe von Copula-Methoden und stellt Tools zur Bewertung von BDS zur Verfügung.



Strukturdiagramm CDO of ABS (mit freundlicher Genehmigung von Montana Capital AG)

Innerhalb der Abteilung FINANZMATHEMATIK ist die Zinsmodellierung einer der fünf Schwerpunkte. Im klassischen Black-Scholes-Modell zur Optionsbewertung werden die Zinsen als konstant angesehen, was aber in der Realität nicht gilt. Dies merkt jeder Einzelne, wenn er Geld festverzinst anlegen oder einen Kredit aufnehmen will. Diese Schwankungen beruhen auf volkswirtschaftlichen und ökonomischen Entwicklungen. Allerdings sind die Zinsänderungen wesentlich geringer als bei Aktienkursen.

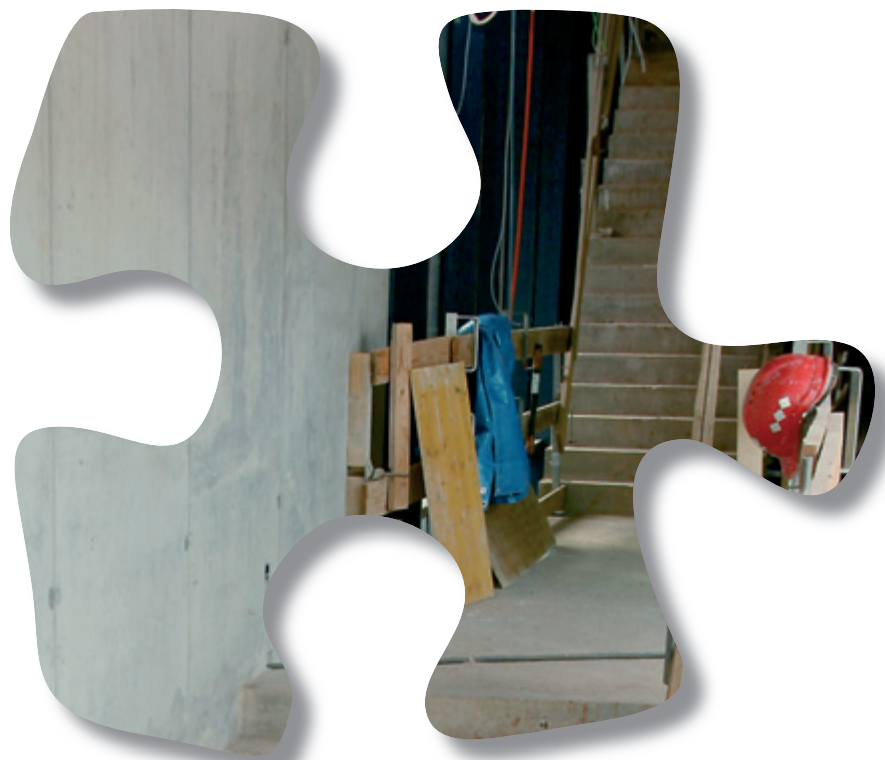
An sich spielt die Zinsentwicklung bei allen Finanzinstrumenten eine Rolle, da bei der Preisberechnung eines Derivats in aller Regel ein Bond in den betrachteten Markt mit einbezogen wird. Es gibt aber auch sehr viele Zinsderivate, deren Auszahlungsprofil direkt von der zukünftigen Zinsentwicklung abhängt. Ferner sind die Umsätze mit diesen Produkten sehr hoch, womit klar wird, dass es unumgänglich ist, ein Modell für die zukünftige Zinsentwicklung

zu haben. Leider kann man die Zukunft nicht vorhersehen, d. h. man muss die Entwicklung mit stochastischen Modellen abbilden. Dabei gibt es eine Vielzahl an Modellen, wie Kassazinsmodelle, Modelle basierend auf dem Heath-Jarrow-Morton-Framework oder LIBOR- und Swap-Modelle, die alle ihre Vor- und Nachteile haben. Es gibt bei der Zinsmodellierung nicht »das Modell« schlechthin, sondern man muss die Vor- und Nachteile jedes einzelnen Modells dem aktuellen Problem nach neu gewichten und dementsprechend auch immer ein anderes Modell wählen.

Im Fokus der Abteilung steht die Bewertung komplexer Zinsderivate unserer Projektpartner aus dem Banken- sowie öffentlichen Sektor, wie z. B. inflationsgebundene Bonds, Constant Maturity Swaps oder Venture Development Bonds.

Ansprechpartner:

Dr. Gerald Kroisandt
☎ 06 31/2 05-41 38
kroisandt@itwm.fraunhofer.de





Bundesministerium
der Finanzen

ZEW

Zentrum für Europäische
Wirtschaftsforschung GmbH

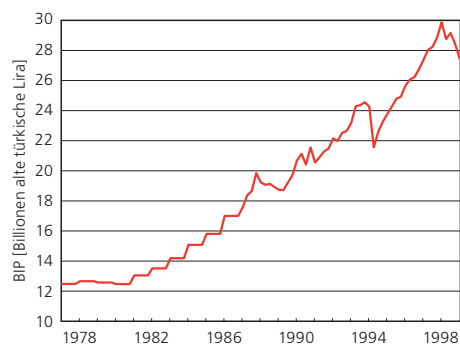
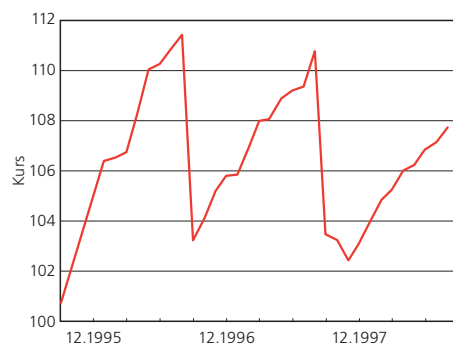
Venture Development Bonds – Innovative Finanzinstrumente zur Entwicklungsfinanzierung

Die Schaffung eines ausreichend hohen Wirtschaftswachstums im Einklang mit einer entsprechenden Entwicklungs- und Beschäftigungsperspektive für die Bevölkerung ist eine gewaltige Herausforderung nicht nur für die Entwicklungsländer. Angesichts dieser entwicklungspolitischen Aufgabe hat sich die internationale Gemeinschaft zur Erreichung der UN-Millenniums-Entwicklungsziele (UN Millennium Development Goals) verpflichtet. Die Finanzierung dieser Ziele bedarf des Überdenkens aller Finanzierungsmöglichkeiten auch jenseits der direkten Entwicklungshilfe. Bei der internationalen Konferenz für Entwicklungsfinanzierung in Monterrey wurde daher auch die Prüfung innovativer Finanzinstrumente beschlossen.

Eine Vielzahl von Entwicklungsländern hat zur externen Finanzierung von staatlichen Investitionen keinen oder nur eingeschränkten Zugang zu den Finanzmärkten. Die Idee der innovativen Finanzinstrumente zur Entwicklungsfinanzierung »Venture Development Bonds« (VDB) richtet sich vor allem an Entwicklungsländer mit eingeschränktem Zugang zu den Kapitalmärkten, während die ärmsten Länder der Welt (Least Development Countries) weiterhin direkte Entwicklungshilfe in

Form von finanziellen Zuschüssen erhalten sollen.

Das Projekt im Auftrag des Bundesministeriums der Finanzen hatte in Zusammenarbeit mit dem Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung zum Ziel, VDB als mögliche Instrumente der Entwicklungsfinanzierung zu prüfen und verschiedene Ausstattungen dieser Finanzinnovation ökonomisch und finanzmathematisch zu analysieren. Neben der theoretischen Entwicklung einer Anzahl ökonomisch sinnvoller Produktvarianten der VDB wurde deren Marktpotenzial untersucht. Aufbauend auf einem von uns entworfenen Bewertungsmodell für indexierte Anleihen simulierten wir VDB-Kurszeitreihen auf der Basis verschiedener historischer Zins- und Indexszenarien. Hierbei unterstellen wir eine Kopplung der Zahlungsströme an die langfristige Veränderung des Bruttoinlandprodukts (BIP) oder an die kurzfristige BIP-Rate. Auf der Basis dieser Simulationen wurde das Diversifikationsverhalten in internationalen Anleiheportfolios analysiert. Ferner schließt die Studie eine Beurteilung dieser innovativen Entwicklungsfinanzierung aus ordnungspolitischer und institutioneller Sicht mit ein.



Links: Simulierte Kursentwicklung eines VDB mit einer Tilgung zu Pari und Kopplung der Kuponzahlung an die kurzfristige Entwicklung des Bruttoinlandprodukts (BIP) der Türkei.

Rechts: Der Simulation zugrunde liegende Entwicklung des türkischen BIP (ohne Inflation)

Bei der Umsetzung der neuen Eigenkapitalrichtlinien für Kreditinstitute (Basel II) steht für viele Banken die Bewertung des aktuellen Ratingsystems und dessen eventuelle Neukonzeption im Mittelpunkt. Typische Aufgaben, bei denen die Abteilung FINANZMATHEMATIK beratend tätig wird, sind Konzeption und Bewertung von Rating-Scores, Neugewichtung der Komponenten des Rating-Scores, Schätzung von Ausfallwahrscheinlichkeiten (Probability of Default, PD), Modellierung von Verlustverteilungen (Loss-Given-Default, LGD) und Evaluierung von Ratingsystemen.

Zur Konzeption des Ratings wird zunächst nach statistisch aussagekräftigen Ratingfaktoren im Hinblick auf die Trennfähigkeit zwischen Ausfall und Nichtausfall gesucht. Für die Bewertung von Rating-Scores sind sowohl Trennschärfe als auch Kalibrierung der geschätzten Ausfallwahrscheinlichkeiten relevant. Zur Neugewichtung der Faktoren innerhalb des Scores und zur Schätzung von Ausfallwahrscheinlichkeiten eignen sich Regressionsansätze wie z. B. das Logit-Modell. Hier gibt es zahlreiche Erweiterungen, die das Modell in Einzelaspekten flexibilisieren. Panel- und Verweildauermodelle werden für mehrjährige Beobachtungen verwendet. Neuronale Netze, Klassifikationsbäume (CART), Monotonie-Restriktionen und semiparametrische Modelle dienen zur Modellprüfung und zum Auffinden geeigneter Variablentransformationen.

In diesem Jahr haben wir uns auch spezielleren Aufgabenstellungen der Ratingsystem-Entwicklung gewidmet: Im Fall der Nichtrepräsentativität der verwendeten Daten kann die Ratingbewertung verzerrt sein. Für diesen Fall haben wir Intervallabschätzungen für die Kriterien entwickelt. Zudem muss ein Ratingsystem regelmäßig einer Evaluation unterzogen werden. Back- und Stresstesting überprüft die Qualität des aktuellen Systems anhand von historischen Daten und schätzt die Grenzen des Systems ab. Für beide Bereiche haben wir verschiedene Resampling-Verfahren (Monte Carlo, Bootstrap, Kreuzvalidierung u. ä.) implementiert.

Ansprechpartnerin:

PD Dr. Marlene Müller
☎ 06 31/2 05-41 89
mueller@itwm.fraunhofer.de



Portfolio-Optimierung

Hauptgegenstand der Portfolio-Optimierung ist die Bestimmung einer optimalen Investmentstrategie an einem Finanzmarkt. Genauer: Der Investor muss entscheiden, wie viele Anteile von welchen Wertpapieren er wann halten soll, um seinen Nutzen aus dem Endvermögen im Investmenthorizont zu maximieren. Im Gegensatz zur Optionsbewertung, bei der seit Jahrzehnten zeitstetige Modelle der Finanzmathematik in der Praxis angewendet werden, bildet das über 40 Jahre alte Einperioden-Modell von Markowitz samt einiger Varianten nach wie vor die Grundlage der Investitionsentscheidungen von Fondsmanagern. Die Entwicklung der modernen zeitstetigen Portfolio-Optimierung – dem Hauptforschungsgebiet der Spiegelgruppe Finanzmathematik am Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern – ist mittlerweile so weit fort-

geschritten, dass sich viele Algorithmen zur praktischen Anwendung und Implementation anbieten, was mittlerweile auch am ITWM geschehen ist. Ein zugehöriges Projekt ist die Entwicklung eines Online-Beratungstools, die 2005 im POKER-Projekt im Rahmen der ITWM-Aktivitäten in Catania in Angriff genommen werden soll. Im abgelaufenen Jahr stellt die Entwicklung eines Simulationstools zum Asset-Liability-Management für den schwedischen AP2-Fonds (in Zusammenarbeit mit dem FCC in Göteborg) ein erfolgreiches Projekt mit Bezug zur Portfolio-Optimierung dar. Auf dem Forschungssektor wurden innerhalb des Schwerpunkts die optimale Bestimmung von Bond-Portfolios (auch von mit Ausfallrisiko behafteten Anleihen), Portfolio-Probleme für Versicherer bei Crashgefahr und die praktische Umsetzung von Portfolio-Optimierungsansätzen bei Transaktionskosten untersucht. Ebenfalls aktuell konnten optimale Portfolios mit Indexoptionen und Inflationsbonds bestimmt werden.



Ansprechpartner:

Prof. Dr. Ralf Korn
☎ 06 31/2 05-27 47
korn@itwm.fraunhofer.de



*Linke Reihe von oben: Dr. Martin Kregel, Kalina Natcheva, Melanie Hollstein, Dr. Gerald Kroisandt, Dr. Susanne Kruse, Prof. Dr. Ralf Korn
Rechte Reihe von oben: Beatriz Clavero Rasero, Evren Baydar, Tin-Kwai Man, Dr. habil. Jörg Wenzel, PD Dr. Marlene Müller, Joseph Tadjuidje*

Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit

Komplexe mechanische Systeme entwerfen und bauen, um sie anschließend zu testen und Schwachstellen zu identifizieren – ein traditioneller, mehrmals zu durchlaufender Zyklus. Zeit- und Kostendruck machen es heutzutage jedoch unabdingbar, durch Simulation die Anzahl benötigter Prototypen so weit wie möglich zu reduzieren. Egal ob Fahrzeugbau, Flugzeugbau oder beispielsweise die Auslegung von Windkraftträdern – das Einsparpotenzial durch frühzeitigen Einsatz geeigneter Simulationsmethoden ist signifikant.

Die Abteilung MATHEMATISCHE METHODEN IN DYNAMIK UND FESTIGKEIT beschäftigt sich mit der Modellbildung und Simulation im Umfeld der Festigkeit und Zuverlässigkeit mechanischer Systeme.

Das erste Jahr der Ende 2003 gegründeten Abteilung war geprägt durch Aufbauarbeit: Vorstellung der Abteilung bei potenziellen Kunden und Partnern, Akquisition und Durchführung erster Projekte, Ausarbeitung von Anträgen auf Fördermittel sowie die Veranstaltung von Workshops und Seminaren bildeten die Schwerpunkte. So wuchs die Abteilung von zwei Personen Anfang des Jahres 2004 in weniger als einem Jahr auf insgesamt fünf Mitarbeiter und einen Doktoranden an.

Arbeitsschwerpunkte sind beispielsweise Methoden der Beanspruchungsstatistik zur Erstellung von Bemessungsgrundlagen und zur Lastdatenanalyse wie auch Berechnungen mit Finiten Elementen und Mehrkörpersimulationen. 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 z. B. dass gewünschte Funktionen nicht erfüllt werden oder frühzeitiges Versagen im Betrieb auftritt.

Wichtiges Forschungsthema ist ferner die Verbindung von Betriebsfestigkeitssimulation mit der vorausgehenden Simulation von Herstellungsprozessen wie Gießen oder Schweißen.

Sehr guten Anklang fand ein dreitägiges Seminar, das die Darstellung der gesamten Prozesskette inklusive der Bearbeitung von Messdaten und die verschiedenen Simulationstechniken zum Inhalt hatte und im Juni 2005 wieder stattfinden wird.

Wie lange ein mechanisches System seine Aufgabe erfüllen kann, ohne bereits frühzeitig zu versagen, hängt im wesentlichen von zwei Faktoren ab: der Festigkeit des Systems selbst und der Belastung, der das System im Betrieb ausgesetzt ist. In vielen Fällen, z. B. bei Fahrzeugen, hängt die im Betrieb auftretende Belastung sehr stark vom Benutzer und den Einsatzverhältnissen ab. Aufgabe der Lastdatenanalyse ist es, Belastungen so zu beschreiben und aufzuarbeiten, dass sie zur Festigkeitsauslegung herangezogen werden können. Bauteile können so ausgelegt werden, dass sie nicht zu früh versagen und nicht zu stark überdimensioniert sind – letzteres ist mit höheren Kosten durch hohen Materialverbrauch oder unnötig hohes Betriebsgewicht verbunden. Da Versuche an Prototypen in der Regel kürzer sind als die eigentlich geplante Lebensdauer im realen Betrieb, erschließt sich hier ein weiteres wichtiges Gebiet der Lastdatenanalyse beziehungsweise -synthese: Die Definition von Versuchen und Teststrecken sowie die damit verbundene Verkürzung von Versuchszeiten, um Kosten an Prüfständen einzusparen.

Das ITWM beschäftigt sich sehr intensiv mit der Beschreibung von Kundenverhalten und der Erstellung entsprechender Beanspruchungsstatistiken. Es werden Methoden entwickelt und angewendet, um die benötigten Messdaten in geeigneter Form zu erfassen und zu reduzieren, um sie darauf basierend gezielt für verschiedene Einsatzszenarien auslegen zu können. Die Ergebnisse aus diesen Untersuchungen bilden die

Grundlage sowohl für Tests mit realen Prototypen als auch für Berechnungen bzw. Simulationen.

Ein grundlegendes Verfahren, das es ermöglicht, für die Lebensdauer maßgebliche Ereignisse in komprimierter Weise zu erfassen, ist das Rainflow-Zählverfahren. Mitarbeiter des ITWM waren über die letzten 15 Jahre maßgeblich an der Entwicklung Rainflow-basierter Verfahren beteiligt, die inzwischen weltweit – auch in kommerzieller Software – zum Einsatz kommen.

Inzwischen werden Lastdatenanalyseverfahren jedoch nicht nur mehr vorwiegend im Testbereich, sondern auch zur Beurteilung von Simulationsergebnissen eingesetzt. Mit geeigneten Verfahren lassen sich Ursachen für Unterschiede zwischen Messergebnissen aus Fahrversuchen, Prüfstandsversuchen und Simulationsergebnissen identifizieren.



Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Gerd Bitsch
☎ 06 31/3 03-18 79
bitsch@itwm.fraunhofer.de

Finite-Elemente-Berechnungen und Mehrkörpersimulation im Umfeld der Festigkeit

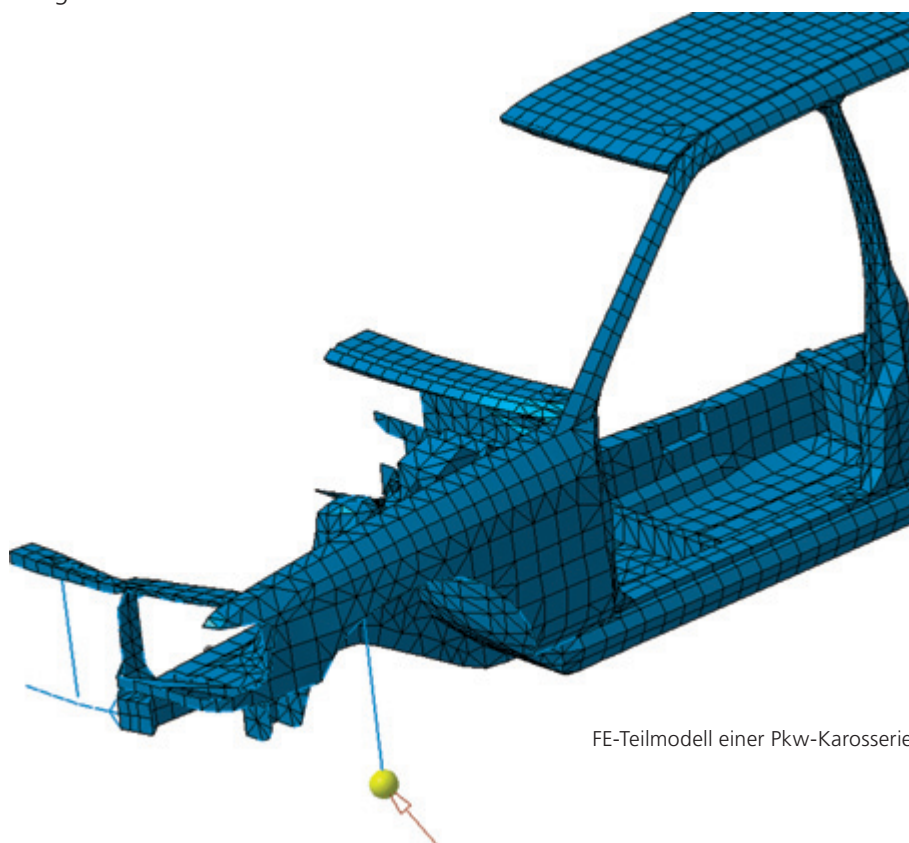
Wie lange ein Bauteil hält, hängt maßgeblich davon ab, welche Belastungen an ihm angreifen und welche Beanspruchungen im Inneren des Bauteils daraus resultieren. In vielen Fällen können die Belastungen an einem Bauteil jedoch nicht direkt gemessen werden. Entweder sind die Stellen unzugänglich, die Instrumentierung mit entsprechenden Sensoren wäre zu teuer oder es steht in frühen Entwicklungsphasen noch gar kein Prototyp zur Verfügung.

Mit Hilfe einer Mehrkörpersimulation können anhand eines Modells, das das mechanische System mit seinen Massen, Trägheiten und Steifigkeiten widerspiegelt, die Kräfte im Inneren des Systems berechnet werden. So werden beispielsweise gemessene Radkräfte oder ein gegebenes Fahrbahnprofil in ein Mehrkörpermodell eines Autos eingeleitet und daraus die Belastungen, die im Inneren auf die Achse wirken, berechnet. Die Verknüpfung mit Finite-Elemente-Methoden erlaubt es dann, potenziell versagenskritische Stellen zu identifizieren und die Konstruktion so zu optimieren, dass die Bauteile den Belastungen im Betrieb standhalten.

Größen zu identifizieren beziehungsweise Methoden zu deren Identifikation zu entwickeln, die man sinnvoll als Eingangsgrößen für Modelle verwenden

den kann, für die noch kein Prototyp existiert, stellt einen weiteren wichtigen Arbeitsschwerpunkt der Abteilung dar. Rückrechnungen in Verbindung mit Iterationsverfahren ermöglichen es zum Beispiel, aus Messdaten existierender Fahrzeuge Fahrbahnprofile zu berechnen, die als Input für Simulationen mit zukünftigen Fahrzeugen verwendet werden können.

Prüfstandsversuche sind sehr teuer. Um Prüfstandsversuche optimal vorzubereiten, werden umfangreiche Simulationen im Vorfeld durchgeführt. Sind die Versuche in der geplanten Form überhaupt durchführbar? Ist der Prüfstand in der Lage, die geforderten Lasten in Kombination mit dem Prüfling auch aufzubringen? Hat ein neues Prüfstandskonzept Vorteile gegenüber dem bisherigen? Das sind Problemstellungen, mit denen sich das ITWM intensiv beschäftigt.



FE-Teilmodell einer Pkw-Karosserie

Das »virtuelle Gießen« mit MAGMA-SOFT ist am ITWM seit 1996 kontinuierlich als Thema in verschiedenen Forschungs- und Dienstleistungsprojekten präsent. Schwerpunkte der Arbeit sind einerseits die Beratung von Gießereien beim Einsatz der Simulationssoftware in der betrieblichen Praxis sowie andererseits gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsarbeiten mit der Aachener MAGMA GmbH.

Das ITWM bietet verschiedenen regionalen Gießereien (z. B. HegerGuss, Römheld & Moelle und Gebr. Gienanth) Beratung und Unterstützung bei der Klärung spezifischer Fragestellungen – Beispiele hierfür sind die Ausbildung von Porositäten und Gefüge für spezielle Gusseisen-Legierungen oder die Funktionsweise spezieller Anschnittsysteme für die Formfüllung großer Kurbelgehäuse – mit Hilfe der Gießsimulation. Die Verfügbarkeit von MAGMASOFT auf dem HPC-Cluster des ITWM ermöglicht hierbei die Durchführung umfangreicher Parameterstudien oder die Simulation komplexer, fein vernetzter Gussteilgeometrien in kurzer Zeit und ist für die Gießereien ein wichtiger Vorteil. Mit der am ITWM entwickelten Visualisierungssoftware PV-4D MAGMAVR ist eine interaktive Auswertung von Gießsimulationsergebnissen mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung möglich. Von den Gießereien wurde dies insbesondere für die Visualisierung des Erstarrungsvorgangs für komplexe Gussteilgeometrien und komplexer Strömungsvorgänge bei der Formfüllung genutzt.

Der Fokus der Methodenentwicklung im Bereich Gießsimulation liegt aktu-

ell auf der Verbindung von Fertigungs- und Funktionssimulation. An dem 2004 beendeten WISA-Projekt »Magnesium Leichtbau« der FhG war das ITWM mit einem Beitrag zur Berechnung lokaler mechanischer Eigenschaften von Magnesium-Druckgussteilen beteiligt. Fertigungsbedingte Materialeigenschaften sind auch für die Festigkeitsberechnung von Eisengussteilen und nachgelagerte Schritte (wie z. B. Lebensdauerberechnung) wichtig. Erste Schritte zur Einbeziehung von Ergebnissen einer Gießsimulation in Spannungsberechnungen zur Strukturoptimierung von Eisengussteilen wurden im Rahmen des öffentlich geförderten Forschungsprojektes OptCast getan. Im Workshop »Integrierte Prozess-Simulation zur Optimierung von Gussbauteilen« im April 2004 wurde den Teilnehmern aus den Bereichen Gießerei, Formenbau, Automobilbau und Zulieferindustrie ein Überblick über die ITWM-Aktivitäten in diesem Bereich gegeben.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Joachim Linn
☎ 06 31/3 03-18 79
linn@itwm.fraunhofer.de



Simulation eines Prüfsystems für Achserprobungen durch MKS-Modellierung

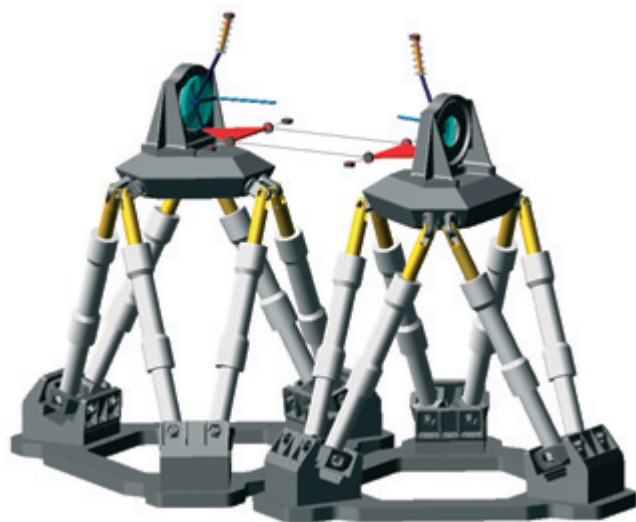
In der Automobilindustrie werden sicherheitsrelevante Bauteile zur Freigabe für die Serienproduktion zwar in zunehmendem Maße rechnerisch analysiert, aber immer auch experimentell erprobt. Dazu werden einzelne Bauteile oder ganze Systeme (z. B. Schwenklager oder Vorderachse) auf hydraulischen Prüfmaschinen möglichst realitätsnah belastet und so die Lebensdauer ermittelt. Das Ensemble Prüfstand/Prüfling stellt dabei ein komplexes mechanisches Gesamtsystem dar, dessen Verhalten im Dauerlaufstest sehr genau kontrolliert und beherrscht werden muss, um die gewünschte Prüfung durchführen zu können. Eine Simulation der Erprobung im Rechner soll helfen, das Verhalten des Prüfsystems besser zu verstehen und so die Vorbereitungszeit für die reale Prüfung zu verkürzen.

Bei der Erprobung von Fahrzeugachsen werden zur Beschreibung der Belastung die Kräfte und Momente an der rechten und linken Radnabe in der Längs-, Quer- und Hochachse des Fahrzeugs, also die Größen F^r , M^r , F^l , M^l , verwendet. Um die Achse während der Erprobung wie im Fahrversuch zu belasten, braucht man deshalb eine Prüfmaschine mit sechs Freiheitsgraden an jeder Seite. Ein für die Achserprobung neuartiges Prüfstandskonzept setzt dazu die Hexapodenkonfiguration ein, die durch die Anordnung von sechs gleichen hydraulischen Zylindern eine beliebige Kraft-/Moment-Konstellation im Radmittelpunkt erzeugen kann. Mit Hilfe zweier Hexapoden wird ein Achs-

prüfstand aufgebaut, der an jedem Rad eine beliebige Belastung aufbringen kann. Der Betrieb des Prüfsystems erfolgt über Steuergrößen für die hydraulischen Ventile zur Erzeugung der gewünschten Kräfte und Bewegungen in den einzelnen Zylindern. Die Achse selbst zeigt wegen ihres komplexen Aufbaus mit Federn, Dämpfern, Gummilagern etc. einen nichtlinearen Zusammenhang zwischen Kräften/Momenten und den Verschiebungen und Rotationen an der Radnabe. Darüber hinaus sind die Freiheitsgrade stark gekoppelt und nicht unabhängig voneinander einstellbar. Die Durchführung einer Erprobung mit vorgegebenen Lasten stellt deshalb hohe Anforderungen an die Ansteuerung und Regelung des Systems dar. Während des Prüfstandlaufes werden die tatsächlich auftretenden Kräfte und Momente F am Rad (Istgrößen) ständig gemessen, mit den Vorgaben T (Soll- oder Targetgrößen) verglichen und in einen Regler gefüt-

tert, der daraus ein Steuersignal v für die Ventile der Hydraulik erzeugt.

In der Simulation wird das mechanische System Achse-Hexapoden mittels eines Mehrkörpermodells abgebildet. Die Hydraulik wird durch einen Satz von (Differential-)Gleichungen und zugehörigen Parametern (Viskosität, E-Modul, ...) modelliert und das in der realen Hardware verwendete Regelsystem (Controller) wird mittels geeigneter Schnittstellen in die Simulationsumgebung eingebunden. Basierend auf Messdaten aus Fahrversuch und Prüfstandlauf wird die Modellierung aller Teilsysteme überprüft und an das reale Verhalten angepasst. Damit werden zum Beispiel Studien zur Anpassung der geometrischen Konfiguration des Hexapoden an die Achse oder zur Verbesserung des Kontrollmechanismus durchgeführt und ihre Auswirkungen auf die Erprobung konkreter Achsen vorhergesagt.



Achsprüfstand basierend auf zwei Hexapoden



Dr.-Ing. Joachim Linn, Janis Bajars, Dr.-Ing. Gerd Bitsch, Dr. Klaus Dreßler, Holger Lang, Dr. Michael Speckert, Thomas Stephan

Competence Center High Performance Computing

Paralleles Rechnen war bis vor wenigen Jahren fast ausschließlich im Bereich der öffentlichen Forschung, der Meteorologie und weniger Großunternehmen angesiedelt. Aufgrund der wachsenden Bedeutung der Simulation und der Verfügbarkeit entsprechender Software in der Industrie ist heute der Einsatz von parallelen Systemen auch im kommerziellen Umfeld möglich. Einen wesentlichen Beitrag dazu hat die wachsende Leistungsfähigkeit von PCs und deren Verbindung in PC-Clustern geleistet.

Das Fraunhofer ITWM zählt zu den Pionieren beim Einsatz von PC-Clustern für industrielle Simulationsaufgaben. Erste Systeme mit am ITWM entwickelten Applikationen wurden bereits 1995 an Kunden ausgeliefert. Heute betreibt das ITWM zur Entwicklung paralleler Software und zur Durchführung industrie-relevanter Berechnungsaufgaben ein gekoppeltes System aus drei PC-Clustern mit zusammen 240 Prozessoren.

Der Abschluss einer strategischen Kooperation mit Linux Networx (Linux Networx Research Lab am Fraunhofer ITWM), einem führenden Anbieter von Clusterlösungen, bringt das Applikations- und Parallelcomputing-Know-how des ITWM mit dem Cluster-Know-how von Linux Networx zusammen. Für die Industrie ist damit ein kompetenter Ansprechpartner entstanden. Das Linux Networx Research Lab ist eingebettet in das Distributed Computing Research Lab, in dem zusätzlich die Firmen tecmath AG und Mobotix beteiligt sind.

Die Schwerpunkte der Forschungsarbeiten des COMPETENCE CENTER HIGH PERFORMANCE COMPUTING liegen in den Bereichen

- parallele Algorithmen
- Entwicklung von Parallelisierungsframeworks
- Performance-Analyse, Benchmarking, Code-Optimierung
- HPC-Architekturen, Grid Computing
- paralleles Volumenrendering
- Molekulardynamik

Mit großem Erfolg konnten die Visualisierungssoftware PV-4D, die als erste weltweit einen interaktiven Umgang mit sehr großen Datenmengen ohne Spezialhardware realisiert, sowie das Fraunhofer Resource Grid (www.fhrg.fraunhofer.de) auf internationalen Messen präsentiert werden.

Mit der Entwicklung von neuen hochparallelen Berechnungscodes in den Bereichen Molekulardynamik, Strukturmechanik sowie Finanzmathematik hat das COMPETENCE CENTER HIGH PERFORMANCE COMPUTING drei auch für die Zukunft wichtige Themen angepackt und kann diese auch auf der Basis einer soliden Finanzierung 2005 weiter ausbauen.

Vom Web zum Grid Computing – Fraunhofer Resource Grid

Noch liefert das Internet vor allem Informationen. In Zukunft soll es auch Computerpower bereitstellen. So wie man heute ein Notebook mit dem Stromnetz verbindet, wird man sich in zu Zukunft mit den Grids dieser Welt verbinden und die Power großer Rechner und leistungsfähiger Software nutzen können.

Die zunehmende Vernetzung von Geräten macht es möglich, z. B. freie Rechner in Indonesien zu nutzen, während es dort Nacht ist.

Die Fraunhofer Grid Allianz (FhGA), bestehend aus dem ITWM und sieben weiteren Fraunhofer-Instituten, baut eine fraunhofereigene Grid-Infrastruktur auf. Das Fraunhofer Resource Grid (FhRG) ist auf Anwender aus der Industrie ausgerichtet und legt Wert auf einfache Bedienbarkeit. Bestehende Applikationen lassen sich einfach integrieren und im Grid ausführen. Auch große Datenmengen können mit Hilfe des Storage Resource Brokers sicher verwaltet werden.

Über ein vom Fraunhofer IAO entwickeltes Webportal wird der Grid-Nutzer zu den Anwendungen geführt und bei ihrer Ausführung unterstützt. Das auf Petri-Netzen basierende Workflow-System, entwickelt am Fraunhofer FIRST, erlaubt die Modellierung sehr komplexer Simulationsabläufe. Das Fraunhofer

ITWM steuert einen auf Auktionen basierenden, verteilten Scheduler bei. Dieser ist in der Lage, den jeweils schnellsten bzw. billigsten Rechner für die Ausführung auszuwählen. Dabei werden sowohl die Präferenzen der Benutzer als auch die Interessen der Rechnerbetreiber mit einbezogen.

Das ITWM beteiligt sich an internationalen Grid-Projekten: Das EU-Projekt EGEE hat zum Ziel, Wissenschaftlern eine Infrastruktur für extrem rechenaufwändige Projekte zur Verfügung zu stellen. Die Erfahrungen aus dem EGEE-Projekt wie auch aus dem Betrieb der FhGA-Infrastruktur fließen auch in die Forschung und Standardisierung von Grid-Protokollen, z. B. im Rahmen des Global-Grid-Forums. Insbesondere in den Bereichen Scheduling und Operating engagiert sich das ITWM.



Ansprechpartner:

Dr. Franz-Josef Pfreundt
☎ 06 31/3 03-18 21
pfreundt@itwm.fraunhofer.de

Parallelisierung und Performance-Analyse

Durch Bündelung einer Vielzahl von Rechnern zu Clustern und Grids entstehen heute Hochleistungsparallelrechner, mit denen sich immer komplexere Probleme mit immer höheren Speicheranforderungen berechnen lassen. Aufgrund der wachsenden Komplexität der Prozessoren und Speicherhierarchien wird die optimale Nutzung der Leistung dieser Systeme jedoch immer aufwändiger. Dazu ist es erforderlich, für jedes Problem individuell neben der Verteilung der Rechenaufgaben auf die einzelnen Prozessoren auch der Kommunikation zwischen den Rechnerknoten sowie den Zugriffen auf die verschiedenen Speicher des Systems Beachtung zu schenken.

Der Schwerpunkt »Parallelisierung und Performance-Analyse« beschäftigt sich mit der effizienten Parallelisierung und Code-Optimierung eigener Software sowie der Software unserer Kunden. In mehreren Projekten wurden vorhandene MPI-Codes deutlich beschleunigt, Anwendungen parallelisiert und auch nichtparallele Codes wurden durch Optimierungen erheblich schneller. Zu unseren Kunden zählen neben verschiedenen Wetterdiensten auch Unternehmen aus dem Finanzsektor.

Die Entwicklung und Durchführung von Benchmarks zur Bestimmung der Performance von Hard- und Software ist eine weitere Kompetenz des Schwerpunkts. Erst die genaue Kenntnis der Eigenschaften aller Komponenten eines Rechners und der sich daraus ergebenden Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems machen es möglich, optimal auf diesen Rechner zugeschnittene Software zu entwickeln und so die zur Verfügung stehende Leistung voll auszunutzen. In einem vom BMBF geförderten Projekt wird zusammen mit Partnern eine umfassende Benchmark-Umgebung für Parallelrechner entwickelt.

Das ITWM kann in seinen Bemühungen zur Software-Parallelisierung und Performance-Analyse auch auf umfassende Kompetenz und Erfahrung im Betrieb institutseigener PC-Cluster zurückgreifen. Seine insgesamt vier PC-Cluster, darunter auch ein System mit 64-Bit-Opteron-Prozessoren, erreichen zusammen eine Peak-Performance von mehr als 900 GFlops. Ein System aus 128 Pentium 4-Prozessoren gehörte im Jahr 2003 zu den 500 schnellsten Computern der Welt.

Ansprechpartner:

Dr. Boris Briehl

☎ 06 31/3 03-18 08

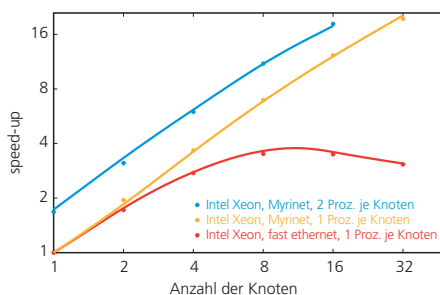
briehl@itwm.fraunhofer.de



Performance-Analyse und Vorhersage

Modelle zur Performance-Vorhersage sollen es ermöglichen, das Laufzeit- und Skalierungsverhalten von Applikationssoftware auf nicht zugänglichen oder noch nicht existierenden Systemen realistisch abzuschätzen und vorherzusagen. Diese Art von Information unterstützt die Anwender dieser Software insbesondere bei der Entscheidung zum Upgrade oder Neuanschaffung von Hardwarekomponenten. Im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundprojekts IPACS (Integrated Performance Analysis of Computer Systems) entwickeln wir solche Modelle zur Performance-Vorhersage. Diese basieren auf einer abstrakten Charakterisierung der Hardware mit Hilfe von Low-Level-Benchmarks sowie der Software durch eine genaue Laufzeitanalyse bezüglich Cache-, Speicher- und Netzwerkzugriffen. Für die kommerziellen CFD-Software-Pakete FLUENT® und StarCD wurde so eine Genauigkeit in der Performance-Vorhersage von 10 % erreicht.

Messung und Vorhersage des Speed-ups von FLUENT® auf einem Xeon-Cluster mit Fast Ethernet und Myrinet bei einem bzw. zwei Prozessoren pro Knoten.



Parallelisierungs-Framework ParMC

Zusammen mit einem Kunden aus dem Finanzsektor haben wir ein Parallelisierungs-Framework in Form eines Manager-Worker-Systems entwickelt, das auf einem PC-Cluster gleichzeitig viele Monte-Carlo-Berechnungen für Portfolio-Bewertungen durchführt. Die Verwendung von Performance-Vorhersagemethoden stellt dabei sicher, dass die Leistung des Systems optimal genutzt wird und gleichzeitig die Antwortzeiten der einzelnen Berechnungen kurz bleiben. Wichtig ist auch eine Hochverfügbarkeit, die Fehler oder ganze Ausfälle einzelner Cluster-Knoten toleriert und zusammen mit redundant ausgelegten Hardware-Komponenten zu einer möglichst hohen Fehlertoleranz des Systems führt. Aufbauend auf dem mittlerweile sehr stabil im Produktionsbetrieb laufenden System arbeiten wir zusammen mit unserem Kunden daran, ParMC auch für die Lösung anderer rechenintensiver Aufgaben zu erweitern und daraus ein universell einsetzbares Parallelisierungs-Framework zu entwickeln.

Formoptimierung mit DDFEM

DDFEM ist ein paralleler Finite-Elemente-(FE)-Code zur Berechnung dreidimensionaler linearer Elastizitätsprobleme, der es ermöglicht, Spannung und Deformationen eines elastischen Körpers unter dem Einfluss externer Kräfte zu bestimmen. Das der Parallelisierung zugrunde liegende Konzept ist die Gebietszerlegung: Der dreidimensionale Körper wird in Teilgebiete zerlegt, die unabhängig voneinander berechnet werden. Die entstandenen sehr großen linearen Gleichungssysteme werden unter Verwendung der PETSc-Bibliothek parallel gelöst. Zur Beschreibung der tetrahedralen Netze und der Randbedingungen für ein vorgegebenes Problem benutzt DDFEM eine eigens dafür entwickelte Eingabesprache. DDFEM erreicht aufgrund seines objektorientierten Designs sowie einer sehr effektiven Parallelisierung eine sehr hohe Performance. Im ITWM wird DDFEM sowohl als eigenständiger Löser für die Untersuchung der elastischen Eigenschaften von Faserstrukturen eingesetzt als auch in Kombination mit anderen Programmen innerhalb einer Formoptimierungsschleife bei der Strukturanalyse.

Formoptimierung mittels DDFEM: Verzerrungen innerhalb eines Motorblocks. Das verwendete tetrahedrale Netz sowie die Spannungen für dasselbe Bauteil sind auf Seite 42 zu finden.



Visualisierung



Viele Anwendungen aus den Bereichen der Simulationstechnik, der Medizin, der Strömungsdynamik (CFD), der Werkstoffwissenschaften oder der Seismologie produzieren Volumendaten, die heute aufgrund ihrer Größe von keinem Visualisierungssystem interaktiv dargestellt werden können. Diese Beschränkung wurde am ITWM zum Anlass genommen, ein eigenes Visualisierungssystem zu entwickeln. PV-4D ist heute die leistungsstärkste Software im Bereich der volumetrischen Darstellung komplexer, multidimensionaler Daten. Die hohe Performance von PV-4D ermöglicht es dem Betrachter, sich durch vier Dimensionen (x, y, z, t) in stereo zu bewegen. Die Auflösung dieser reinen Softwarelösung in Ort und Zeit liegt dabei weit über der von anderen Hardware- und Softwaresystemen erreichten Performance.

Beim direkten Volumenrendering wird das 2D-Ergebnisbild direkt aus den Volumendaten berechnet. Im Gegensatz zu einer reinen Oberflächendarstellung der 3D-Daten (Iso-valued-Darstellung) können mit diesem Verfahren erheblich mehr Informationen dargestellt werden. Die fehlende Approximation des »Iso-values« auf ein geometrisches Primitiv erhöht weiterhin die Genauigkeit dieser Methode.

Der PV-4D-Kern basiert auf dem am ITWM entwickelten Vector-Shift-Algorithmus. Dieser Ansatz ermöglicht es, entscheidende 3D-Datenstrukturen auf die Vektoreinheiten (SSE-I, SSE-II) der Prozessoren abzubilden. Einige Einheiten des Renderkerns erreichen dadurch die Peak-Performance der aktuellen Intel- bzw. AMD Prozessoren. PV-4D ist durchgängig als paralleles Softwaresystem konzipiert und nutzt alle verfügbaren Parallelisierungsebenen (on chip, SMP, distributed memory) optimal. Performanceverluste bedeuten in der Visualisierung immer auch mehr Zeitaufwand für den Nutzer und damit höhere Kosten. PV-4D setzt deshalb paralleles I/O ein, wo immer es möglich ist.

PV-4D ist ein komplexes paralleles Visualisierungstool, das Ethernet, Myrinet und Infiniband als Verbindungsnetz unterstützt. Dem Nutzer präsentiert es sich jedoch als Windows- bzw. Linux-Viewer, der einfach zu bedienen ist. PV-4D ist heute als generisches Visualisierungstool und in speziellen Anpassungen für MAGMASOFT-Nutzer, für die seismische Industrie und für die Visualisierung von CT-Daten der Medizin verfügbar.

Ansprechpartner:

Dr. Carsten Lojewski

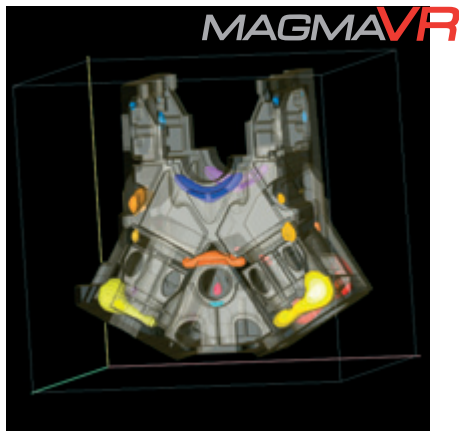
☎ 06 31/3 03-18 28

lojewski@itwm.fraunhofer.de



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 hochaufgelöst räumlich erfahrbar. Der Erstarrungsprozess kann erstmals im Detail als zeitabhängiger Prozess genau analysiert werden.



Detektion von »Hot spots« während der Erstarrung: 140 Mio. Zellen, 100 Zeitschritte

PV-4D MED4D

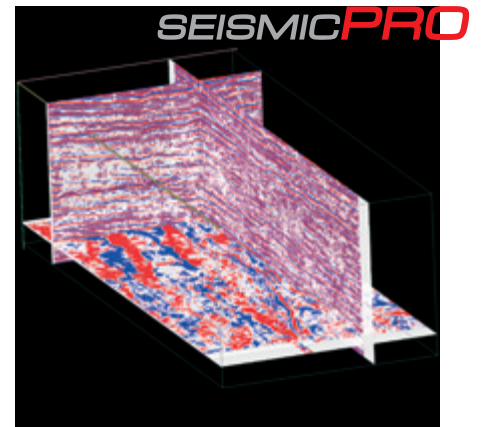
In Zusammenarbeit mit der medizinischen Universitätsklinik in Hannover wurde erstmals ein schlagendes Herz eines lebenden Menschen als sich bewegendes räumliches Objekt mit hoher Ortsauflösung so dargestellt, dass der Betrachter interaktiv ohne zeitliche Verzögerung (50 Bilder/sec) in das sich bewegende Objekt eintauchen kann. Der Nutzen für den Mediziner, der bisher vor allem mit statischen oder gering aufgelösten Bildern arbeiten muss, ist erheblich. Für den praktischen Einsatz genügt dabei ein Doppelprozessor-Rechner ohne besondere Anforderungen an die Grafikkarte (Dual P4, FireGL). Mit den neuen 64-Bit-Systemen von AMD wird der Vorstoß in eine neue Leistungsklasse gelingen.



Visualisierung einer CT-Aufnahme: 512 x 512 x 1024 Volumenelemente

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 und damit dem Auffinden bzw. der besseren Nutzung 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 auch 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.



Seismischer Datensatz (mit freundlicher Genehmigung von Rock Solid)

Verfügbarkeit

PV-4D (Release 1) ist für die Plattformen Windows/Linux sowie für Linux-PC-Cluster (4-256 SMP-Nodes) erhältlich. In Zusammenarbeit mit unserem Partner Linux Network können auch komplette Visualisierungslösungen angeboten werden. Auf Nachfrage bieten wir auch die Integration von PV-4D in bestehende Produktionsumgebungen an.

Molekulares Materialdesign

Das virtuelle Experiment am Computer ist aus vielen Bereichen industrieller Forschung und Entwicklung nicht mehr wegzudenken. So sind mathematische Methoden für die Stabilitätsanalyse (Finite-Elemente-Methoden) z. B. beim Karosseriebau schon lange im Einsatz. Etwas anders ist die Lage im Bereich des Materialdesigns. Was genau passiert bei Beschichtungsprozessen, wie sie insbesondere für die Halbleiterindustrie wichtig sind? Wann bilden sich Risse? Wann nicht? Durch welche Öl-Gemische erhält man optimales Schmierverhalten bei tiefen Temperaturen? Bei dieser Art von Fragen spielen physikalische und chemische Prozesse auf atomarer Ebene eine entscheidende Rolle, die durch Kontinuumsmodelle nicht mehr erfasst werden können. An den Hochschulen wurden in den vergangenen Jahrzehnten Simulationenmethoden zur Erforschung solcher Prozesse mit dem Computer entwickelt. Diese Me-

thoden, die das Material auf atomarer Ebene sehr detailliert beschreiben und daher auch chemische Fragestellungen adressieren können, führen allerdings zu extrem langen Simulationszeiten. Wegen der rasanten Entwicklung der Computer-Technologie hin zu parallelen Cluster-Architekturen auf der einen Seite und der Entwicklung von Multiskalen-Methoden auf der anderen erobert das Computer-Experiment die industrielle Forschung im Bereich des Materialdesigns.

Als Ausgangspunkt für die Entwicklungen zukunftssträchtiger Multiskalen-Modellierungen haben wir am ITWM die Molekulardynamik-Methode gewählt. Damit Materialdesign mit Hilfe von Molekulardynamik in großem Stil möglich wird, müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt werden. Für die physikalische Modellierung sind dies: eine möglichst genaue Beschreibung der atomaren Wechselwirkungen, die Definition von Messgrößen für das Computer-Experiment, die mit makroskopischen Materialeigenschaften korrelieren, und Multiskalen-Modelle, die eine Brücke zwischen atomistischen und ingenieurwissenschaftlichen Zeit- und Längenskalen bauen, um hohe Simulationszeiten zu verkürzen. Darüber hinaus sind effiziente und genaue mathematische Algorithmen zur numerischen Lösung der dynamischen Gleichungen und zur Kräfteberechnung sowie effiziente und schnelle, parallelisierte Softwaretools nötig.



Ansprechpartner:

Dr. Peter Klein

☎ 06 31/3 03-18 04

klein@itwm.fraunhofer.de

Massiv paralleler Molekulardynamik-Kern

Das ITWM stellt sich der neuen Herausforderung im Rahmen verschiedener Projekte und auch in Eigenforschungsaktivitäten. So haben wir im Rahmen des Fraunhofer MAVO-Projekts »MMM-Tools« (Marktorientierte Vorlauforschung: Multiskalen-Material-Modellierung) einen massiv parallelen Molekulardynamik-Kern entwickelt. Dieses Softwaremodul bildet das Herzstück eines Baukastens zur Material-Modellierung. Der Kern wird mit anderen Software-Modulen kombiniert, die von den Projektpartnern des ITWM zu implementieren sind. Es entstehen spezielle Applikationen, mit denen dann materialwissenschaftliche Fragestellungen erforscht werden können. Dieser Ansatz hat sich als sehr flexibel und immer weiter ausbaubar herausgestellt.

Erste Tests der parallelen Effizienz der Software ergaben, dass Applikationen bei hoher Effizienz ein lineares Skalierungsverhalten zeigen. Damit kann die Software zur Simulation von großen Atomzahlen verteilt auf viele Prozessoren genutzt werden, wie sie für das Materialdesign notwendig sind.

Für eine erste Analyse des Speed-ups wurde ein Tersoff-Potenzial für amorphes SiC benutzt; dieses Potenzial wurde den Projektpartnern im Rahmen von »MMM-Tools« vom Fraunhofer IWM zur Verfügung gestellt. Zur Messung des Scale-ups haben wir ein eigenes Stillinger-Weber-Potenzial herangezogen. Beide Potenziale sind analytisch gegeben und zählen zu den eher einfachen Potenzialen.

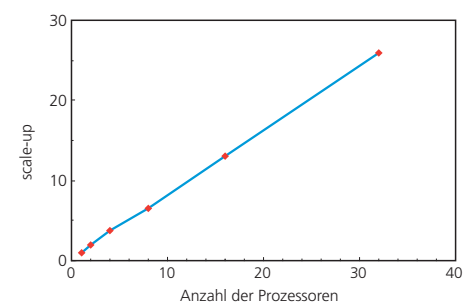
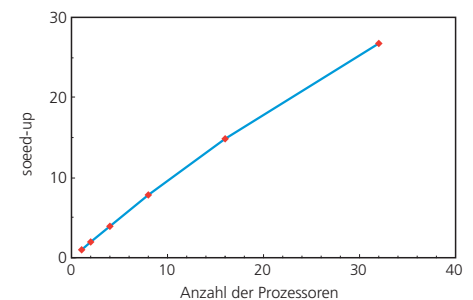
Neben der reinen Software-Entwicklung innerhalb von »MMM-Tools« arbeiten wir am ITWM allgemein an Fragen des Up-Scalings von molekulardynamischen Methoden, um im Rahmen von Eigenforschungsprojekten materialwissenschaftliche Fragestellungen zu bearbeiten. Mit Hilfe von Methoden aus der statistischen Mechanik und der Modellreduktionstheorie werden atomistische Simulationen auf höheren Raum- und Zeitskalen zunächst im Kontext experimenteller Messungen interpretiert, um diese dann einer »vergrößerten« Beschreibung zugänglich zu machen. Diese Arbeiten befinden sich zur Zeit im Fluss.

Speed-up

Es wurden 43 520 Teilchen bei zehn Kelvin über 1 000 Zeitschritte (0,1 Femtosekunden pro Zeitschritt) simuliert. Aufgetragen ist der Speed-up bezogen auf einen Prozessor über die Anzahl der Prozessoren. Bei bis zu 16 Prozessoren erhält man fast eine ideale Effizienz, d. h. bei Verdopplung der Prozessorenzahl halbiert sich die benötigte Rechenzeit. Danach wird die Effizienz etwas schlechter, da ein Problem von »nur« 43 520 Teilchen zur Verteilung auf mehrere Prozessoren zu klein ist (Intel-Xeon-Cluster mit Myrinet, Kommunikation über MPI)

Scale-up

Bei diesem Test wird das Problem mit der Anzahl der Prozessoren vergrößert, so dass auf jeden Prozessor immer die gleiche Teilchenzahl entfällt. Es wurden pro Prozessor 4 096 Teilchen bei 1 500 Kelvin über 1 000 Zeitschritte (0,1 Femtosekunden pro Zeitschritt) simuliert. Man erkennt, dass die Software linear skaliert. Eine ideale Effizienz ist bei Molekulardynamik-Codes nicht zu erreichen, da es aufgrund der atomaren Wechselwirkungen zu starken Abhängigkeiten zwischen den Prozessoren kommt, die die Kommunikation von Daten zwischen den Prozessoren erforderlich macht. Diese Kommunikation fällt bei Ein-Prozessor-Rechnungen weg. Im Ein-Prozessor-Betrieb sind aber Teilchenzahlen von Hunderttausenden bis zu Millionen nicht möglich, wie sie für das Materialdesign notwendig sind (Intel-Xeon-Cluster, Myrinet, Kommunikation über MPI).



Forschungslab

Distributed Computing: Lustre

Serviceangebote des Competence Centers

- Entwicklung und Portierung von parallelen Anwendungen
- Performance-Analyse und -Tuning
- Benchmarking von Clustersystemen und Anwendungen
- Beratung bei der Einführung von Clustersystemen und beim Einstieg ins Grid Computing
- Visualisierung sehr großer Datenmengen
- HPC-Systemberatung
- Software-Design für parallele Anwendungen

Technische Einrichtungen am Fraunhofer ITWM

- Produktionscluster:
PC-Cluster mit 128 CPUs, Dual XEON, 256 GByte Hauptspeicher
- Benchmark- und Visualisierungssystem:
32 CPUs Dual Opteron, Infiniband, 128 GByte Hauptspeicher
- Dediziertes Fraunhofer-Grid-System:
32 CPUs Dual Opteron, Infiniband, 128 GByte Hauptspeicher
- Parallel Filesystem Lab
- VR-Labor
- PC-Cluster zur Erprobung neuer technischer Konzepte

I/O-Performancesteigerung durch preiswerte Hardware und parallele Dateisysteme

Die Entwicklung der Festplattentechnologie zeigt keine deutliche Verbesserung der I/O-Performance, ganz im Gegensatz zur Chiptechnologie. Deshalb können aktuelle Festplattensysteme nicht den Datendurchsatz leisten, den die angebotenen Komponenten benötigen. Gleichzeitig verdoppelt sich der Bedarf an Festplattenspeicher alle 15 Monate; in der gleichen Geschwindigkeit steigt die Taktrate verfügbarer CPUs. Der geringe I/O-Durchsatz der Festplattenspeicher begrenzt damit die Leistung des Gesamtsystems, was die Produktivität von Clustersystemen mindert.

Innerhalb der Forschungsplattform »Distributed Computing« wird in Zusammenarbeit mit Linux Networx und der tecmath AG das verteilte Dateisystem »Lustre« (aus Linux und Cluster) am Beispiel eines Medienarchives evaluiert. Lustre ist ein performantes zukünftiges Speichersystem, wobei das besondere Interesse der verfügbaren I/O-Bandbreite gilt. Es wurde zunächst als Open Source entwickelt und wird heute von der Firma Cluster File Systems, Inc. kommerziell weiter betreut. Antrieb für die Entwicklung waren die Anforderungen an High-Performance-Computing-(HPC)-Speichersysteme der großen US-Forschungslabore:

- Kapazitäten von mehreren 100 TByte
- hohe Verfügbarkeit
- konstanter Durchsatz unter Last
- Skalierung bis zu mehreren tausend Clients

Benötigt werden diese Speichersysteme in Clustern, bei der Speicherung von Satellitenaufnahmen, CAD/CAM-Datensätzen und im Bereich von hochauflösenden Videodaten (HDTV).

Der Datendurchsatz des verteilten Dateisystems wird in zwei Stufen verbessert: Zuerst werden einzelne Festplatten in einem RAID-System zusammengeschlossen, danach mehrere dieser Object Storage Target-Rechner (OST) in einem Verbund gruppiert. Die Kombination mehrerer OSTs bildet dann das Lustre-Dateisystem. Lustre erreicht die Skalierung der Disk-I/O-Bandbreite somit durch einfache Hinzunahme weiterer OSTs. Innerhalb des Verbundes wird eine GBit-Ethernet-Technologie verwendet, wobei die OST-Server jeweils mit zwei GBit-Ethernet-Anschlüssen versehen sind.

Für eine Durchsatzmessung wurden zunächst fünf Linux-Clients eingesetzt. Messungen wurden mit einem parallelisierten IOzone-Benchmark sowie dem Benchmark PRIOMark durchgeführt, der in Rahmen des IPACS-Projektes entwickelt wird. Die eingesetzten preiswerten RAID-Server werden dabei voll ausgelastet.

Weitere Lastmessungen werden mit der Medienarchiv-Software der tecmath AG durchgeführt; hierbei handelt es sich um eine Software, die auch im produktiven Einsatz bei verschiedenen Fernsehsendern installiert ist. Ein Kosten-/Leistungsvergleich zwischen den installierten Speichersystemen und Lustre ist dabei für zukünftige Produkte von besonderem Interesse.

Ansprechpartner:

Martin Vogt
☎ 06 31/3 03-18 06
vogt@itwm.fraunhofer.de



Dr. Peter Klein, Dr. Dirk Merten, Matthias Klein, Mathias Dalheimer
Christian Peter, Martin Vogt, Dr. Franz-Josef Pfreundt, Nikolai Ivlev, Dr. Boris Briehl
Dr. Tiberiu Rotaru, Evgeny Ivanov, Dr. Dimitar Stoyanov, Dr. Susanne Hahn, Dr. Robert Zillich

Fraunhofer Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC

Das Fraunhofer Chalmers Research Centre hat seine Aufbauphase, die von September 2001 bis Dezember 2004 reichte, erfolgreich abgeschlossen. Das Institut arbeitet eng mit dem Fraunhofer ITWM und der Chalmers University of Technology zusammen und hat damit eine besondere Position unter den schwedischen und europäischen angewandten Forschungsinstituten.

Die Einnahmen für das Jahr 2004 betragen 2,1 Millionen Euro. Diese verteilen sich auf 43 Prozent Industrieprojekte, 18 Prozent öffentliche Projekte und 39 Prozent Grundfinanzierung durch Chalmers bzw. Projektmittel von der Fraunhofer-Gesellschaft.

Die Mitarbeiterzahl ist von sechs im September 2001 auf 19 Ende 2004 angestiegen. Damit hat das FCC in etwa die Größe einer ITWM-Abteilung.

Am FCC wurden bisher insgesamt 100 Projekte mit einer Vielzahl von Firmen unterschiedlicher Größe und aus unterschiedlichen Branchen initiiert, wovon bisher 70 erfolgreich abgeschlossen worden sind. Die Liste der Industriepartner ist mittlerweile auf über 50 angewachsen; das blieb nicht ohne Auswirkungen auf das ITWM, denn das Volumen an Gemeinschaftsprojekten von FCC und ITWM nimmt zu.

Im Folgenden werden nun vier am FCC vorhandene Kompetenzfelder beschrieben:

- Computational Physics
- Qualitätstechnik
- Bioinformatik und Systembiologie
- Finanz- und Versicherungsmathematik

Dr. Uno Nävert
☎ +46 (0) 31/7 72-42 85
uno.navert@fcc.chalmers.se

Hintere Reihe: Dr. Johan Carlson, Prof. Jaques de Maré, Anders Ålund, Daniel Segerdahl, Dr. Henning Schmidt, Sebastian Tafuri, Tomas Hermansson, Prof. Rikard Söderberg, Dr. Per Hörfelt, Dr. Thomas Svensson, Dr. Uno Nävert,

Mittlere Reihe: Dr. Marina Alexandersson, Jenny Ekenberg, Dr. Ann-Brith Strömberg, Alexandra Janhiainen, Martina Westman, Annika Eriksson,

Vordere Reihe: Erik Höök, Johan Havner, Fredrik Ekstedt, Dr. Robert Rundqvist, Dr. Mats Jirstrand, Andreas Mark, Domenico Spensieri, Ola Karlsson,



Die Forschung am FCC im Bereich »Computational Physics« ist ausgerichtet auf die Computersimulation partieller Differentialgleichungen, die physikalische Vorgänge beschreiben. Die Schwerpunkte liegen in der Strömungsmechanik und im Elektromagnetismus.

In der Strömungsmechanik sind vor allem die beiden Bereiche »Faserbewegungen in Strömungen« und »Topologieoptimierung von Strömungssystemen« von Bedeutung. Strömungen mit Fasern treten bei vielen Produktionsprozessen auf, wie zum Beispiel bei der Vlieslegung oder Papierherstellung.

In Strömungen von Zellstoff-Suspensionen bilden sich Flocken aus einzelnen Fasern. Die Modellierung der Faserorientierung und Flockenbildung sind zwei wichtige Schritte, um die Faserbewegung und Strömung besser zu verstehen. Um einen Zugang zu gewinnen, muss zuerst die Dynamik der Fasern näher untersucht werden. Dazu werden die Fasern als eine Kette von Kugeln modelliert, die durch elastische Gelenke miteinander verbunden sind. Am FCC ist ein Tool entwickelt worden, welches die flexible Faserbewegung in Verbindung mit einer gegebenen Strömung simulieren kann.

Die Topologieoptimierung am FCC wird in vielen Bereichen, wie der Strömungs-, Thermo-, Struktur- und Elektromechanik, angewendet. Sie ist multidisziplinär, d. h. sie beinhaltet die Kopplung verschiedener physikalischer Gebiete und untersucht 3D-Systeme. Ein Schwerpunkt am FCC liegt in der Topologieop-

timierung von Low-Reynolds-Strömungen. Hierfür existiert ein Software-Tool, welches sich zur Topologieoptimierung mit angepassten Zielfunktionen und Nebenbedingungen für generelle kontinuumsmechanische Probleme anwenden lässt.

Beim Computational Electro-Magnetics (CEM) werden numerische Methoden eingesetzt, um komplexe elektromagnetische Probleme zu lösen. Einige wichtige Anwendungen von CEM sind zum Beispiel Antennendesign und elektromagnetische Kompatibilität.

Grundlage zur Berechnung von elektromagnetischen Feldern bilden die Maxwell-Gleichungen. Um diese numerisch zu lösen, benötigt man Rechengitter, welche strukturiert oder unstrukturiert sein können. Unstrukturierte Gitter können einen beliebig geformten Körper gut repräsentieren, erfordern allerdings komplexere Datenstrukturen. Strukturierte Gitter beinhalten dagegen einfache Datenstrukturen, können aber die Geometrie nur approximativ wiedergeben.

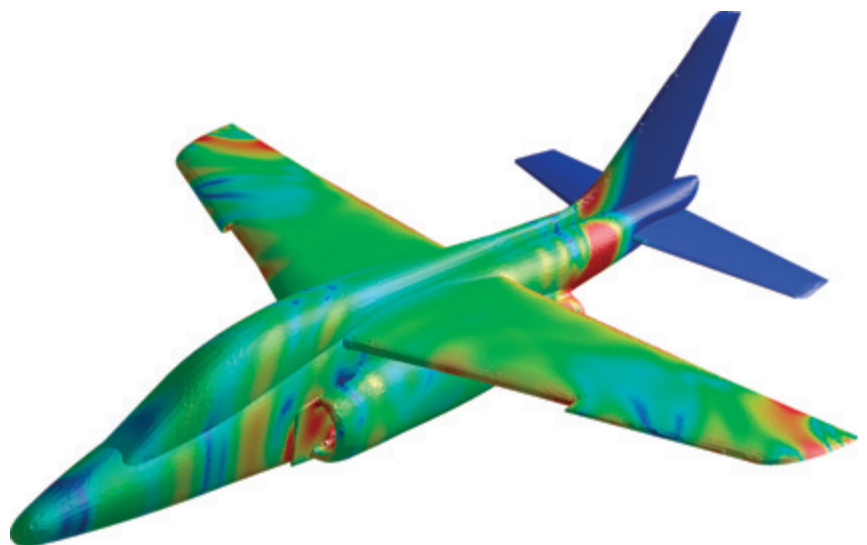
Am FCC wird seit langem für die Berechnung von elektromagnetischen Feldern in Flugzeugen eine hybride Methode angewendet. Für Geometriebereiche, die genau abgebildet sein müssen, werden unstrukturierte Gitter verwendet. Alle anderen Gebiete werden durch strukturierte Gitter abgebildet. Dies erfordert bei der numerischen Simulation der Maxwell-Gleichungen eine Kopplung von unterschiedlichen Methoden. Auf strukturierten Gittern werden Finite-Differenzen-Methoden verwendet, wohingegen bei unstrukturierten Gittern Finite-Volumen- oder Finite-Elemente-Methoden zum Einsatz kommen.

Ansprechpartner:

Dr. Robert Rundqvist

☎ +46 (0)31/7 72-42 96

robert.rundqvist@fcc.chalmers.se



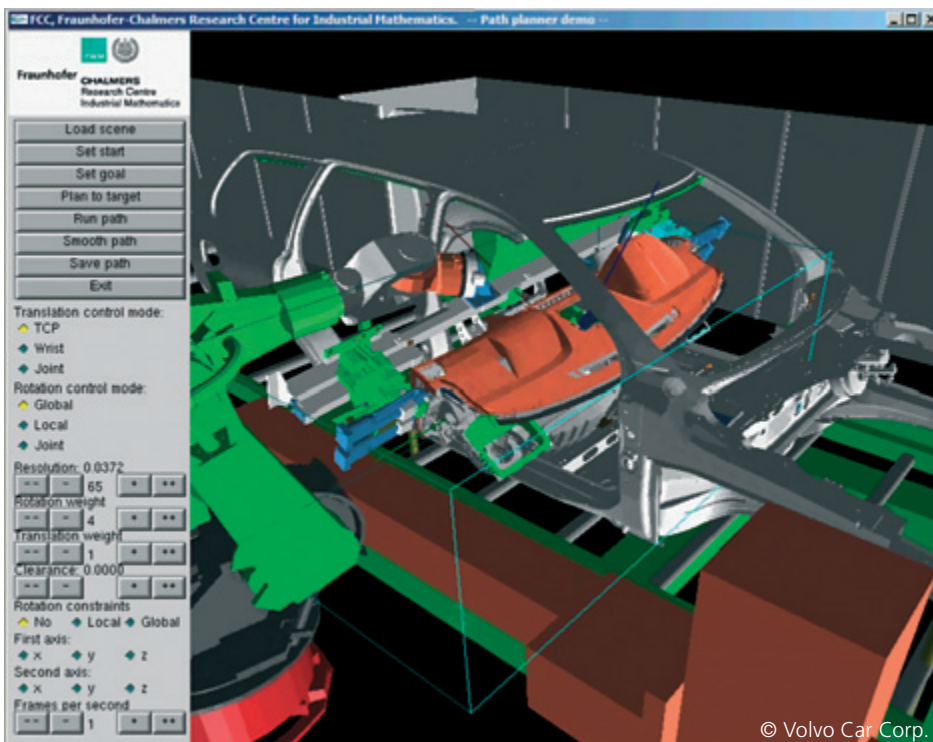
Oberflächenströme nach Auftreffen eines elektromagnetischen Pulses, der von der Flugzeugnase zum Heck verläuft; zur Berechnung wurde eine hybride Methode aus Finiten Elementen und Finiten Differenzen benutzt.

Empfindliche Produkte und Produktionskonzepte bekommen häufig Qualitätsprobleme, was zu einer verspäteten Markteinführung und Ertragsverlusten führt. Die Möglichkeit der Simulation, Optimierung und Verifikation von Produkten und Produktionskonzeption in einer frühen Designphase erlaubt das einfache Generieren qualitativ hochwertiger Produkte in kürzerer Zeit. Geringere Variationen bei Produktion und Prozessen bringen einen substanziellen Gewinn für ein Unternehmen, da geringere Kosten für Justierung, Ausschuss und Reklamationen entstehen. Da Qualität eines der wichtigsten Entscheidungskriterien für Kunden ist, ist infolgedessen die Qualitätssicherung ein wichtiger Teil der Geschäftsstrategie.

Robustes Design, Variationssimulation, Inspektionsplanung und Diagnose von Variationsquellen sind wichtige qualitätssichernde Aktivitäten im Produktionsprozess. Eine Geometrievariation, die durch die Einzelteilherstellung und Montage entsteht, setzt sich im Produktionsprozess fort oder verstärkt sich sogar. Dadurch kann ein Produkt entstehen, das die Nominalwerte nicht mehr erfüllt.

Trotz der Tatsache, dass moderne Unternehmen reale Prototypen durch virtuelle ersetzen, Montageprozesse visualisieren und Industrieroboter offline programmieren, ist das volle Potenzial einer virtuellen Fabrik noch nicht ausgeschöpft. Eine Einschränkung ist die Programmierzeit. Die meisten Programmierungen für Roboterbewegungen werden manuell durchgeführt, da die verfügbare automatische Unterstützung noch sehr beschränkt ist. Eine weitere Einschränkung ist die geometrische Genauigkeit zwischen virtuellem Modell und Realität.

Weitaus schneller als ein Simulationsingenieur: In nur drei Minuten berechnet der FCC-Bahnplaner den optimalen Weg für den Bauroboter, um das Amaturenbrett einbauen zu können.



Ansprechpartner:

Dr. Johan Carlson

+46 (0)31/7 72-42 89

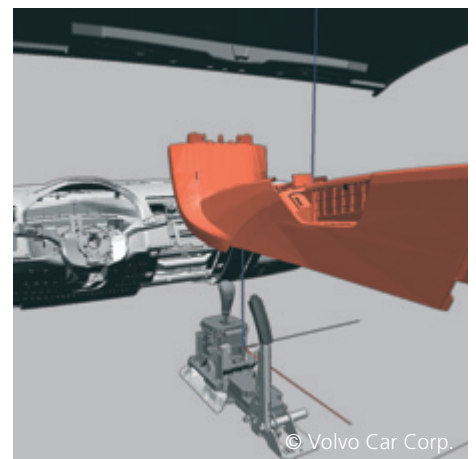
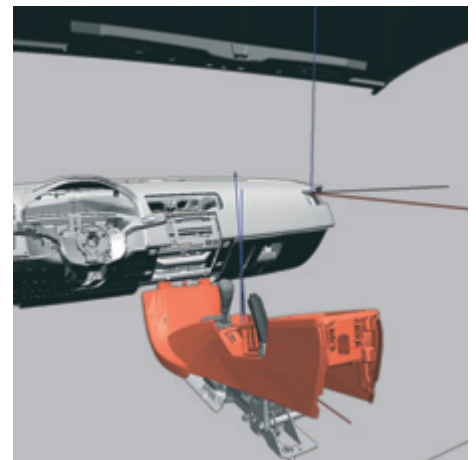
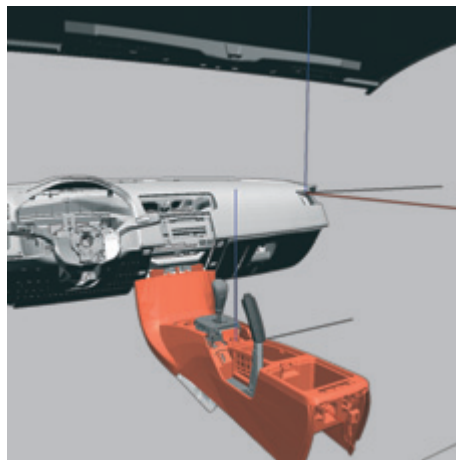
johan.carlson@fcc.chalmers.se

Alle virtuellen Modelle, die heutzutage genutzt werden, um Roboter und Montagen zu simulieren und zu verifizieren, besitzen nominelle Werte. In der realen Welt unterliegen alle Bauteile und Ausrüstungen geometrischen Variationen, welche oft zu Konflikten und Justierungen führen. Um zukünftige Genauigkeitsanforderungen und Produktionsdurchsätze zu erfüllen, müssen geometrische Toleranzen während der Bahnplanung berücksichtigt werden. Das ist der erste Schritt von einem nominellen zu einem produktionsangepassten virtuellen Modell.

Bei vielen Produkten ist für die Kundenzufriedenheit auch der visuelle Eindruck der Oberflächen wichtig. Ziel ist es, visuelle Defekte so früh wie möglich zu entdecken, was bisher durch Inspektion durch den Menschen geschieht. Mit den Vorteilen von Rechnern und Bildverarbeitungsmethoden kann ein Online-System zur automatischen Oberflächeninspektion aufgebaut werden. Das System besteht aus Kameras, die hochauflösende Bilder erzeugen, und Bildanalysealgorithmen, um visuelle Defekte an Oberflächen zu detektieren.

Beispiel: Bahnplanung von festen Körpern und Industrierobotern

Das Ziel in diesem Projekt mit der Volvo Car Corporation ist die automatische Planung von kollisionsfreien Bahnen für Industrieroboter. Dabei werden die Bahnen von einer Startstellung zu einer Endkonfiguration unter Beachtung minimaler Zykluszeiten, Bahnlängen und Verschleiß berechnet. Die automatischen Berechnungen, zusammen mit Visualisierung, Simulation und Verifizierung eines Montageprozesses, verkürzen die Einrichtungszeiten in der Produktion. Für Volvo ist eine Simulationssoftware zur Bahnplanung erstellt worden, die die Kinematik von virtuellen 3D-Modellen berücksichtigt und die Wechselwirkung mit einem Kollisionstester erlaubt.



Auch für die Montage der Mittelkonsole findet der FCC-Bahnplaner schnell die optimale Lösung.

© Volvo Car Corp.

Bioinformatik und Systembiologie

Die Biotech- und Pharmaindustrie steht heutzutage durch die gewaltige Menge an biologischen und medizinischen Daten vor neuen Herausforderungen. Neben der Handhabung der Datenmengen unterscheiden sich auch die Analysetypen deutlich von dem, was vor einigen Jahren erwartet wurde. Die angewandte Forschung in den Bereichen »Systembiologie« und »Bioinformatik« ist der Schlüssel, um die enormen und komplexen Datenmengen besser zu verstehen und nutzbar zu machen. Aber viele Werkzeuge sind nicht an die neue Situation angepasst.

Bioinformatik und Biostatistik

Die Aktivitäten am FCC im Bereich Bioinformatik umfassen Forschung, Entwicklung und Anwendung von rechnergestützten Methoden und Werkzeugen, um die Nutzbarkeit von biologischen und medizinischen Daten zu erweitern. Dies schließt auch das Abfragen, Speichern, Organisieren, Analysieren und Visualisieren der Daten mit ein. Bioinformatik verbindet Genetik, Mathematik und Informatik, um mit DNS-Sequenzen und Genexpressionsdaten umgehen zu können. Die Gruppe am FCC ist eine der Hauptentwickler für SLAM, eine Software zur speziesübergreifenden Gensuche. Sie ist auch Mitglied in den Konsortien zur Entschlüsselung des Genoms von Maus und Ratte gewesen.

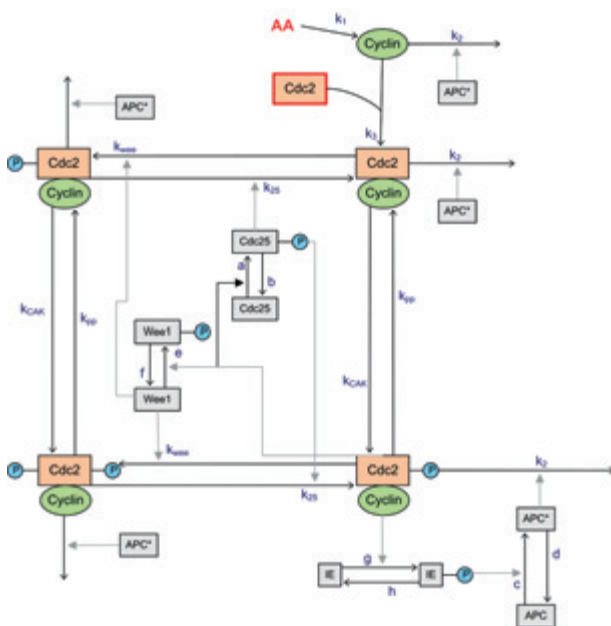
formatik verbindet Genetik, Mathematik und Informatik, um mit DNS-Sequenzen und Genexpressionsdaten umgehen zu können. Die Gruppe am FCC ist eine der Hauptentwickler für SLAM, eine Software zur speziesübergreifenden Gensuche. Sie ist auch Mitglied in den Konsortien zur Entschlüsselung des Genoms von Maus und Ratte gewesen.

Systembiologie

Der Schwerpunkt im Bereich »Systembiologie« liegt in der Entwicklung und Anwendung von Berechnungsmethoden und mathematischen Modellen für biologische Systeme. Dabei wird eng mit akademischen und industriellen Partnern zusammengearbeitet. Die Kompetenz am FCC liegt im Bereich Steuerungssysteme und dynamische Systeme mit langjähriger Erfahrung bei der Software-Entwicklung und Anwendung der Kontrolltheorie bei Projekten aus der Ingenieur- und Pharmaindustrie.

Beispiel: Projekt BIOSIM

BIOSIM ist ein EU-Projekt mit fast 40 Partnern und einem Budget von 10,7 Millionen Euro. Das FCC beteiligt sich zum einen an der Entwicklung mathematischer Modelle, um das Steuerungssystem von Glucose-Insulin im menschlichen Körper besser zu beschreiben. Zum anderen wird erforscht, wie sich quantitative Modelle für das Verstehen der Mechanismen zur Regulierung von elektrischen Aktivitäten und hormonellen Absonderungen in pankreatischen alpha- und beta-Zellen einsetzen lassen.



Screenshot der Software PathwayLab: Modell der Zellzyklus-Steuerung in Froscheiern; das Programm übersetzt das Netzwerk in Differentialgleichungen.

Ansprechpartner:

Dr. Mats Jirstrand
 ☎ +46 (0) 31/7 72-42 50
 mats.jirstrand@fcc.chalmers.se

Andrä, Heiko et al.

Spezifische Strukturoptimierungsmethoden für Gussteile

Workshop »Integrierte Prozess-Simulation zur Optimierung von Gussbauteilen«, Kaiserslautern, April 2004

Andrä, Heiko

Multikriterielle Optimierung von akustisch wirksamen Komponenten

Workshop »Innovative Methoden und Materialien in der Fahrzeugakustik«, Kaiserslautern, September 2004

Andrä, Heiko

Einführung in die Boundary-Element-Methode
TU Kaiserslautern, Sommersemester 2004

Andrä, Heiko

Festigkeitslehre

Berufsakademie Mannheim, Sommersemester 2004 und Wintersemester 2004/05

Bitsch, Gerd

Ermüdungssimulation für metallische Bauteile

Workshop »Integrierte Prozess-Simulation zur Optimierung von Gussbauteilen« Kaiserslautern, April 2004

Broz, Jochen

Simulation elektrochemischer Systeme unter Butler-Volmer-Kinetik

ITWM-Seminar, Kaiserslautern, Juni 2004

Caiazzo, Alfonso

Analysis of Lattice-Boltzmann Initialization Routines
ICMMES 2004, Braunschweig, Juli 2004

Dreßler, Klaus

Betriebsfestigkeit in der Automobilentwicklung
IWM Kolloquium, Freiburg, Februar 2004

Dreßler, Klaus

Advanced Fatigue Prediction-Trends und Herausforderungen

DaimlerChrysler Corporate Technology Colloquium, Stuttgart, September 2004

Dreßler, Klaus

The invariant approach for load prediction Customer loading and durability
FCC & Chalmers Göteborg, Dezember 2004

Günther, Marco

Parameter estimation in power networks
STM Jahrestreffen, Stenungssund, Oktober 2004

Hanne, Thomas

Simulationsgestützte Optimierungsverfahren in der Produktionslogistik

SimForum Steyr'04. Profactor Produktionsforschung GmbH, 2004

Hanne, Thomas

Application issues in multiobjective evolutionary algorithms

Dagstuhl-Seminar 04461, »Practical Approaches to Multi-Objective Optimization«, November 2004

Hensel, Hartmut

Dosisberechnung in der Photonen-Strahlentherapie mit deterministischen Transportgleichungen

DKFZ, Heidelberg, Juli 2004

Hietel, Dietmar

Simulation und Optimierung von Spinn- und Ablageprozessen

19. Hofer Vliesstofftage, Hof, November 2004

Hietel, Dietmar

NESPRI – Nebelfreies Spritzen von Außenfassaden

Workshop-Highlights aus InnoNet, Göttingen, Januar 2004

Hietel, Dietmar

NESPRI – Nebelfreies Spritzen von Außenfassaden

Gesprächskreis Forschung, Innovation und Technologie im Handwerk, Hannover Messe Industrie, April 2004

Hietel, Dietmar

Simulierte Realität zur Auslegung von Produkten und Produktionsprozessen

14. Sitzung des Themenverbundes NUSIM, Oberhausen, Januar 2004

Iliev, Oleg

On modeling and simulation of saturated porous media flows

INTAS workshop on Flows in Porous Media, Minsk, Mai 2004

Iliev, Oleg

Modern methods for solving linear and nonlinear systems

Universität Kaiserslautern, Sommersemester 2004

Iliev, Oleg; Ettrich, Norman; Naumovich, Hanna

On simulation of porous media flows at riverbasin scale

IP Workshop, Berlin, September 2004

Iliev, Oleg; Laptev, Vsevolod; Vasileva, Daniela

On algorithms and software for simulation of flow through oil filters

ECMI, Eindhoven, Niederlande, Juni 2004

Iliev, Oleg; Linn, Joachim; Moog, Mathias; Niedziela, Dariusz; Starikovicius, Vadimas

On the performance of certain iterative solvers for coupled systems arising in discretization of non-Newtonian flow equations

ECCOMAS, Finnland, Juli 2004

Iliev, Oleg; Linn, Joachim; Moog, Mathias; Niedziela, Dariusz; Starikovicius, Vadimas

On iterative solution of large scale matrix equations arising in discretization of non-Newtonian flow equations

Conference on numerical methods for PDEs, Bourgas, Bulgarien, September 2004

Jegorovs, Jevgenijs

Third order correction to the Helmholtz equation
MMA Conference, Jurmala, Juni 2004

Kehrwald, Dirk

A Lattice-Boltzmann method for modeling shear-thinning fluids

HYKE-Workshop »Numerical and asymptotic methods for kinetic equations«, Saarbrücken, Februar 2004

Kehrwald, Dirk

Parallele Gitter-Boltzmann-Simulation komplexer Strömungen

NAFEMS-Seminar »Die Simulation komplexer Strömungsvorgänge«, Wiesbaden, Mai 2004

Kehrwald, Dirk

Lattice Boltzmann simulation of shear-thinning fluids

ICMMES 2004, Braunschweig, Juli 2004

Klein, Peter

Die MMM-Toolbox

Workshop der MAVO MMM, Fraunhofer-Zentrale München, November 2004

Korn, Ralf

Lehrerfortbildung »Mathematik und Ökonomie«
Düsseldorf, Januar 2004

Korn, Ralf

Worst-case portfolio optimization

Bachelor-Seminar, Paris, Frankreich, Februar 2004

Korn, Ralf

Monte Carlo simulation and American option pricing with forward-backward sde

Imperial College London, England, April 2004

Korn, Ralf

Wider die Götter – Risikomanagement im Wandel der Zeit

Max-Slevogt-Gymnasium Landau, Mai 2004

- Korn, Ralf
Option pricing: an introduction to theoretical models and practical problems
Abdus Salam Institute, Trieste, Italien, März 2004.
- Korn, Ralf
Optimal portfolios: new variations of an old theme
RMR Rouen 2004, Université de Rouen, Frankreich, Juni 2004 und
Conference on financial mathematics and insurance, Samos, Griechenland, September 2004
- Korn, Ralf
Continuous-time portfolio optimization
Summer School in Jyväskylä, Finnland, August 2004
- Korn, Ralf
Moderne Methoden der Portfolio-Optimierung: Probleme der Praxis mit der Theorie
DAA-Nachwuchsworkshop, Reisensburg, August 2004
- Korn, Ralf
Credit rating and Basel II
Workshop, METU Ankara, Türkei, September 2004
- Korn, Ralf
Derivatives: Introduction and advanced aspects
Workshop, METU Ankara, Türkei, September 2004
- Korn, Ralf
Applicability of continuous-time finance: Optimal portfolios with transaction costs
DMV-Tagung, Heidelberg, September 2004
- Korn, Ralf
Mathematik und Praxis
Technologie- und Innovationsforum, TU Kaiserslautern, September 2004
- Korn, Ralf
Recent Results in continuous-time portfolio optimization
University of Essex, England, Dezember 2004
- Krekel, Martin
Optimal portfolios with fixed consumption and income streams
Bachelier Finance Society, Third World Congress, Chicago, USA, Juli 2004
- Kruse, Susanne
Cliquet options under the assumption of stochastic volatility
International Conference on Stochastic Finance 2004, Universidade Técnica de Lisboa, Lissabon, Portugal, September 2004
- Kruse, Susanne
Pricing forward starting options in the Heston model on stochastic volatility
Karlsruher Stochastik-Tage 2004, Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe, März 2004
- Küfer, Karl-Heinz
Klinische Strahlentherapieplanung – ein komplexes Optimierungsproblem
Intensivtage der IGS Otterberg, Januar 2004
- Küfer, Karl-Heinz
Multicriteria optimization of radiotherapy – mathematical models
Massachusetts General Hospital, Boston (MA), USA, Mai 2004
- Küfer, Karl-Heinz
Multikriterielle Optimierung der Strahlentherapie – Mathematische Konzepte
Seminar des DKFZ, Heidelberg, Juni 2004
- Küfer, Karl-Heinz
Unschärfe und multikriterielle Optimierung – Modellbeispiele aus der Praxis
BBAW, Berlin, November 2004
- Küfer, Karl-Heinz
Radiotherapieplanung – ein komplexes Optimierungsproblem
Seminar des IZWR, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Dezember 2004
- Küfer, Karl-Heinz; Siedow, Norbert
Bohrplan-Optimierung von Temperierbohrungen im Werkzeug- und Formenbau
Industrieworkshop, Dortmund, Juni 2004
- Kuhnert, Jörg
Finite Pointset Method (FPM): A meshfree approach for incompressible flow simulations
TU Eindhoven, Niederlande, Februar 2004
- Kuhnert, Jörg
Finite Pointset Method for compressible fluids: theory and industrial application for airbags
crashMAT 2004, April 2004
- Latz, Arnulf
Stochastic modelling and simulation of particle filtration in microstructures
ECMI-Conference, Eindhoven, Niederlande, Juli 2004
- Latz, Arnulf
Virtuelles Material- und Produktdesign von Filtern und Filtermedien
Kolloquium Filtertechnik, Karlsruhe, April 2004
- Latz, Arnulf
Simulation of air filtration in microstructures
Symposium Textile Filter, Chemnitz, März 2004
- Latz, Arnulf
Simulation of fluid particle separation in realistic three dimensional fiber structures
Workshop on X-Ray Tomography, 3D Reconstruction, Fluid Dynamic Simulation, Toulouse, Frankreich, Februar 2004
- Linn, Joachim
Über den Phasenraum der Folgar-Tucker-Gleichung
Oberseminar »Angewandte Mathematik«, FB Mathematik Universität Saarbrücken, Januar 2004
- Linn, Joachim
The Folgar-Tucker equation as a differential algebraic system: Recent results on the problem of trace conservation
International Symposium on Trends in Application of Mathematics to Mechanics, Darmstadt, August 2004
- Linn, Joachim
Fertigungs- und Funktionssimulation für metallische Bauteile
Seminar der IHK Bonn/Rhein-Sieg: »Innovation Aluminium – Technologien für den Mittelstand«, Hydro Aluminium GmbH, Dezember 2004
- Linn, Joachim
Gießsimulation mit MAGMASOFT® als »High Performance Computing«-Anwendung
ITWM-Workshop »Integrierte Prozess-Simulation zur Optimierung von Gussbauteilen«, Kaiserslautern, April 2004
- Marheineke, Nicole
Turbulence effects on fibre motion in melt-spinning process of nonwovens
Euromech Colloquium, CIRI, Luminy, Frankreich, April 2004 und
International Conference on Mathematical Modelling, Addis Ababa, Äthiopien, Oktober 2004
- Marheineke, Nicole
Fibre motion in turbulent flows
ECMI-Conference, Eindhoven, Niederlande, Juni 2004
- Marheineke, Nicole
Mathematische Modellierung und Simulation von Faden-Turbulenz-Wechselwirkung
DMV-Jahrestagung, Heidelberg, September 2004
- Merten, Dirk
The Ipacs Project: application benchmarks and performance modeling
Workshop on Performance Characterization, Modeling and Benchmarking for Existing and Emerging HPC Systems, Oakland, USA, Mai 2004

- Mohring, Jan; Halfmann Thomas; Broz, Jochen; Zemitis, Aivars; Basso, Giuliano; Lagoni, Per
Automated model reduction of complex gas pipeline networks
PSIG Conference, Palm Springs USA, Oktober 2004
- Mohring, Jan; Jegorovs, Jevgenijs
Optimal shape of the reflex tube of a bass loudspeaker
ISMA Conference, Leuven, Belgien, September 2004
- Monz, Michael
Multicriteria optimization of radiotherapy – a software prototype
Massachusetts General Hospital, Boston (MA), USA, Mai 2004
- Müller, Marlene
Nonparametric components in discrete choice and generalized regression
Computational Management Science Conference, Neuchatel, Schweiz, April 2004
- Müller, Marlene
Redesigning ratings: assessing the discriminatory power of credit scores under censoring
Workshop Credit Risk Models, Mainz, April 2004 und Workshop Risk Analysis in Finance and Insurance, München, Juni 2004
- Nickel, Stefan
Dynamic multi-commodity capacitated facility location
Mathematics of the Supply Chain, Oberwolfach, April 2004
- Nickel, Stefan
Planning patient transports in hospitals: Theory and Practice
OR 2004, Tilburg, Niederlande, September 2004
- Nickel, Stefan
Territory Design: Algorithms and GIS-Integration
SEIO 2004, Cadiz, Spanien, Oktober 2004
- Orlik, Julia
Homogenization algorithm for contact problems between bone and prosthesis
Catania, Italien, Dezember 2004
- Overbeck, Ludger; Müller, Marlene
Credit Risk Modeling
CASE Distinguished Lecture Series, Berlin, Januar 2004
- Pfreundt, Franz-Josef
IPACS Benchmarks
SC 2004, Pittsburgh, USA, November 2004
- Pfreundt, Franz-Josef
Benchmarking Tutorial
ISC 2004, Heidelberg, Juni 2004
- Pop, Serban Rares
Stability analysis of the float glass process
ECMI-Conference, Eindhoven, Niederlande, Juni 2004
- Prätzel-Wolters, Dieter
Control theory – An overview Systems biology
Workshop on Life and Material Sciences (2 Vorträge), Trieste, März 2004
- Rheinländer, Martin
Asymptotic investigation of the Lattice-Boltzmann method and grid coupling
HYKE-Workshop »Numerical and asymptotic methods for kinetic equations«, Saarbrücken, Februar 2004
- Rheinländer, Martin
A consistent grid coupling for Lattice-Boltzmann schemes
ICMMES 2004, Braunschweig, Juli 2004
- Rief, Stefan
Modeling and simulation of dewatering processes in the press section of a paper machine
Simulation and Process Control for the Paper Industry, München, März 2004
- Rösch, Ronald
Prüfung texturierter Materialien
IBV-Workshop, Glanerbrug, Niederlande, Februar 2004
- Schladitz, Katja
3d image analysis and modeling of microstructures
Statistical Seminar, Chalmers University of Technology, Göteborg, Schweden, Mai 2004
- Schladitz, Katja
3D-Bildanalyse und Modellierung von Mikrostrukturen
GSF Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Neuherberg, Juni 2004
- Schladitz, Katja
Charakterisierung der Mikrostruktur von Filtermaterialien
25. BV-Forum, Kaiserslautern, Juli 2004
- Schladitz, Katja
Characterization of the microstructure of filter materials
Workshop »Spatial statistics, image analysis and signal processing within biology and technology«, Smögen, Schweden, August 2004
- Schladitz, Katja
Geometric analysis of 3D images of microstructures
Workshop »X ray tomography, 3D reconstruction, fluid dynamic simulation, towards realistic quantitative tools for the engineering of fibrous filters«, Toulouse, Frankreich, Februar 2004
- Schröder, Michael
Market areas of competitive facilities under gravity-based attraction and continuous demand
EWGLA XV, Saarbrücken, September 2004
- Schulz, Volker
Optimierte Materialauswahl akustischer Komponenten im Fahrzeugbau durch den Einsatz von Computersimulationen
Werkstofftag, Köln, November 2004
- Schulz, Volker
Modeling of a resin-bond nonwoven
P&G Global Modeling Days, Schwalbach, Oktober 2004
- Siedow, Norbert
Simulationsprobleme der Glasindustrie
Treffen Verbund Werkstoffe/Bauteile, Kaiserslautern, März 2004
- Siedow, Norbert
Simulation des Strahlungstransports
Seminar Fraunhofer IISB, Erlangen, Dezember 2004
- Siedow, Norbert; Grosan, Teodor
A fast radiative heat transfer model for semi-transparent materials
Fluent CFD Konferenz, Bingen, September 2004
- Siedow, Norbert; Wegener, Raimund
Wavelength averaged (gray) absorption coefficient for radiative transfer in glass
ECMI-Conference, Eindhoven, Juni 2004
- Steiner, Konrad
Rechnergestützte Simulation - Das Werkzeug der Zukunft für eine prozessintegrierte Material- und Produktgestaltung
ISC Bronnbach, April 2004
- Steiner, Konrad
Lattice Boltzmann methods for complex fluids in complex structures
Conf. Num. Meth. PDEs, Slanchev Bryag, Bulgarien, September 2004
- Tiwari, Sudarshan
Domain decomposition method based on particle codes for continuum and rarefied gas flows
37th AIAA Thermophysics Conference, Portland (OR), USA, Juni 2004

Tiwari, Sudarshan; Kuhnert, Jörg

Finite Pointset Method (FPM) for two-phase and low mach number flows

First Indo-German Conference on PDE, Scientific Computing and Optimization in Applications, Trier, September 2004

Tramecon, Alain; de Luca, Patrick; Kuhnert, Jörg
Finite Pointset Method: A meshfree method for continuum mechanics, first applications in the LCM field

JST 2004, Le Havre, Frankreich, Dezember 2004

Trinkaus, Hans

A spreadsheet method for navigating in decision spaces

MCDM 2004, Whistler, B.C., Kanada, August 2004

Trinkaus, Hans

knowCube for navigating in decision spaces

OR 2004, Tilburg, Niederlande, September 2004

Trinkaus, Hans

Unschärfe und Subjektivität – Entscheidungsfindung in der Praxis

BBAW, Berlin, November 2004

Wawrenczuk, Arkadiusz

FPM + radiation = meshfree approach in radiation problems

ECMI Conference, Eindhoven, Niederlande, Juni 2004

Wegener, Raimund

Mathematik als Technologie

WRO-Tagung, Oberwolfach, März 2004

Wiegmann, Andreas

Virtual material design with GeoDict and free boundary motion using LevelDict

Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen, Januar 2004

Wiegmann, Andreas

Simulation und Optimierung von Filtern

Fraunhofer-NUSIM-Verband, Frankfurt, Juli 2004

Wiegmann, Andreas

Material generation, filtration simulation and virtual filter material design

NETIAM-Workshop, Kaiserslautern, September 2004

Wiegmann, Andreas

Simulation der Tiefenfiltration durch Vliesstoffe

19. Hofer Vliesstofftage, November 2004

Günther, Marco

Mathematik für Ingenieure

Fachhochschule Wiesbaden, Wintersemester 2003/04

Korn, Ralf

Continuous-time portfolio optimization in finance and insurance

L'Université Louis Pasteur, Straßburg, Frankreich, Wintersemester 2004/05

Kruse, Susanne

Statistik – Deskriptive Statistik

Fachhochschule Ludwigshafen, Ludwigshafen/Rhein, März bis Juni 2004

Kruse, Susanne

Statistik – Wahrscheinlichkeitstheorie und Induktive Statistik

Fachhochschule Ludwigshafen, Ludwigshafen/Rhein, Oktober bis Dezember 2004

Küfer, Karl-Heinz

Theory of polyhedra and graphs

TU Kaiserslautern, Sommersemester 2004

Küfer, Karl-Heinz

Probability and algorithms

TU Kaiserslautern, Wintersemester 2004/05

Latz, Arnulf

Aspekte der Unordnung in kondensierter Materie

Universität Mainz, Wintersemester 2004/05

Melo, Teresa

Optimization methods for logistics systems planning

TU Kaiserslautern, Wintersemester 2004/05

Müller, Marlene

Semiparametric methods

Humboldt-Universität zu Berlin, WS 2003/04

Müller, Marlene

Non- and semiparametric modeling I

Humboldt-Universität zu Berlin, WS 2004/05

Schladitz, Katja; Rauhut, Markus; Krüger, Kai; Jablonski, Andreas

Kompaktkurs »Topology and image analysis«,

TU Kaiserslautern, März 2004

Schröder, Michael

Competitive location theory: models and algorithms

TU Kaiserslautern, Sommersemester 2004

Schulz, Volker

Technische Mechanik I

Fachhochschule Mannheim – Hochschule für Technik und Gestaltung, Wintersemester 2004/05

Andrä, Heiko et al.

Spezifische Strukturoptimierungsverfahren für Gießereien

Burbliès, A.; Sauter, J. (Hrsg.): Simulation in der Produkt- und Prozessentwicklung, S. 165-170, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2004

Armbrust, Ove; Berlage Thomas; Hanne, Thomas; Lang, Patrick; Münch, Jürgen; Neu, Holger; Nickel, Stefan; Rus, Ioana; Sarishvili, Alex; Van Stockum, Sascha; Wirsén, Andreas
Simulation-based software process modeling and evaluation

Advances in SE&KE – World Scientific Publishing, Singapur, 2004

Bitelli, Marco; Flury, Markus; Campbell, Gaylon S.; Schulz, Volker

Characterization of a spiral-shaped time domain reflectometry probe

Water Resources Research, Vol. 40, W09205, doi: 10.1029/2004WR003027, 2004

Caiazzo, Alfonso

Analysis of Lattice-Boltzmann initialization routines

Eingereicht bei: Journal of Statistical Physics

Ciegis, Raimondas; Iliev, Oleg; Rief, Stefan; Steiner, Konrad

On modelling and simulation of different regimes for liquid polymer moulding

J. Comp. Meth. Appl. Math., 4, S. 131-162, 2004
Auch: Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 63, 2004

Dreyer, Alexander

Combination of symbolic and interval-numeric methods for analysis of analog circuits

Proc. 8th International Workshop on Symbolic Methods and Applications in Circuit Design, Wrocław, Polen, September 2004

Westkämper, Engelberg; Klein, Peter; Gottwald, Bernhard; Sommadossi, Silvana; Gemmler, Armin

Die Molekulardynamik-Methode (MD) als Beitrag zum gezielten Engineering von Beschichtungsprozessen am Beispiel des Sputterns

Tagungsband der Oberflächentage, Dresden 2004

Ettrich, Norman; Steiner, Konrad; Thomas, Martin; Rothe, René

Surface models for coupled modeling of runoff and sewer flow in urban areas

Proceedings, 6th International Conference on Urban Drainage Modeling, September 2004

Feldmann, Sven; Lang, Patrick

A least squares approach to reduce stable discrete linear systems preserving their stability

Linear Algebra and its Applications, Nr. 381, S. 141-163, 2004

Gal, Tomas; Hanne, Thomas

Nonessential objectives and the LOOPS method in MCDM

European Journal of Operational Research 2004

Gaspar, Francisco; Iliev, Oleg; Lisbona, Francisco; Naumovich, Hanna; Vabishchevich, Petr

On numerical solution of 1D poroelasticity equations in a multilayered domain

Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 66, 2004

Godehardt, Michael; Sych, Tetyana; Schladitz, Katja

Analysis of volume images - a tool for understanding the microstructure of foams

Symposium »Cellular Metals and Polymers«, Fürth 2004

Grosan, Teodor; Pop, Ioan

Radiation effect on free convection over a vertical flat plate embedded in a non-Newtonian fluid saturated porous medium

Eingereicht bei: Int. J. Appl. Mech. Engng., 2004

Grosan, Teodor; Pop, Ioan

Radiation effects on free convection from a vertical cone embedded in a fluid saturated porous medium

Eingereicht bei: Studia Univ. Babeş-Bolyai, Mathematica, 2004

Grosan, Teodor; Postelnicu, Adrian; Pop, Ioan

Free convection boundary layer over a vertical cone in a non-Newtonian fluid saturated porous medium with internal heat generation

Technische Mechanik, 24, S. 91-104, 2004

Günther, Marco; Klar, Axel; Materne, Thorsten; Wegener, Raimund

Multivalued fundamental diagrams and stop and go waves for continuum traffic flow equations

SIAM Journal on Applied Mathematics, 64 (2), S. 468-483, 2003

Hamacher, Horst; Korn, Elke; Korn, Ralf; Schwarze, Silvia

Mathematik und Ökonomie

Universum Verlag, Wiesbaden, 2004

Hanne, Thomas

Nonessential objectives and network-based multicriteria decision making

Ferreira, M. A. M., Menezes R.; Catanas, F. (Hrsg.): Temas em Métodos Quantitativos, Vol. 4, S. 153-168, Silabo, Lissabon, 2004,

Hanne, Thomas; Neu, Holger

Simulating Human Resources in Software Development Processes

Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 64, 2004

Hanne, Thomas, Nickel, Stefan

A multiobjective evolutionary algorithm for scheduling and inspection planning in software development projects

Feature Issue of European Journal of Operational Research on Scheduling with Multiple Objectives, 2004

Härdle, Wolfgang; Müller, Marlene; Sperlich, Stefan; Werwatz, Axel

Nonparametric and semiparametric models
Springer-Verlag, Heidelberg, 2004

Helpen, Lukas; Baumbach, Tilo; Cloetens, Peter; Stanzick, Heiko; Schladitz, Katja; Banhart, John

Investigation of the pore initiation process in metal foams by synchrotron-radiation computed tomography

Eingereicht bei: Applied Physical Letters, 2004

Hensel, Hartmut; Iza-Teran, Rodrigo; Siedow, Norbert

Deterministic model for dose calculation in photon radiotherapy

Eingereicht bei Physics in Medicine and Biology 2004

Hietel, Dietmar; Junk, Michael; Kuhnert, Jörg; Tiwari, Sudarshan

Meshless methods for conservation laws

Analysis and Numerical Methods for Conservation Laws, Springer-Verlag, Heidelberg, New York, 2004

Iliev, Oleg; Laptev, Vsevolod

On numerical simulation of flow trough oil filters
J. Computers and Visualization in Science, 6, S. 139-146, 2004

Iliev, Oleg; Linn, Joachim; Moog, Mathias; Niedziela, Dariusz; Starikovicius, Vadimas

On the performance of certain iterative solvers for coupled systems arising in discretization of non-Newtonian flow equations

Neittaanmäki et al. (Hrsg.): Proc. ECCOMAS 2004
Auch: Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 62, 2004

Iliev, Oleg; Mikelic, Andro; Popov, Petr

Fluid structure interaction problems in deformable porous media: Toward permeability of deformable porous media

Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 65, 2004

Mohring, Jan; Broz, Jochen; Halfmann, Thomas; Zemitis, Aivars; Basso, Giuliano; Lagoni, Per

Automated Model Reduction of Complex Gas Pipeline Networks

Pipeline Simulation Interest Group (PSIG 2004), Palm Springs, USA, Oktober 2004

Jegorovs, Jevgenijs

Third order correction to the Helmholtz equation
Proceedings of MMA Conference, Jurmala, Lettland, 2004

- Kalcsics, Jörg; Nickel, Stefan; Schröder, Michael
Towards a Unified Territory Design Approach – Applications, Algorithms and GIS Integration
TOP, Spanish Statistical and Operations Research Society (SEIO), invited review, submitted for publication
- Kaßbohm, Sven; Müller, Wolfgang H.; Feßler, Robert
Attenuation factors for the use with Fourier series for computing periodic structures with arbitrary stiffness distribution
Eingereicht bei: Computational Material Science, 2004
- Kaßbohm, Sven; Müller, Wolfgang H.; Feßler, Robert
Fourier series for computing the response of periodic structures with arbitrary stiffness distribution
Computational Materials Science, 2004
- Keck, Rainer; Hietel, Dietmar
A projection technique for incompressible flow in the meshless Finite Volume Particle Method
Advances in Computational Mathematics, Special Issue on Meshless Methods, 2004
- Kehrwald, Dirk
Parallel Lattice-Boltzmann simulation of complex flow
Tagungsband des NAFEMS-Seminars »Die Simulation komplexer Strömungsvorgänge«, Wiesbaden, Mai 2004
- Kehrwald, Dirk
Lattice-Boltzmann simulation of shear-thinning fluids
Eingereicht bei: Computers & Fluids
- Klar, Axel; Wegener, Raimund
Traffic flow: models and numerics
Degond, P. et al. (Hrsg.): Modeling and Computational Methods for Kinetic, S. 219-258, 2004, Birkhäuser
- Korn, Ralf
Realism and practicality of transaction cost approaches in continuous-time portfolio optimization: The scope of the Morton-Pliska approach
Mathematical Methods of Operations Research 60 (2), S. 165-174
- Korn, Ralf; Kraft, Holger
On the stability of continuous-time portfolio problems with stochastic opportunity set
Mathematical Finance, 14(3), S. 403-414, 2004
- Korn, Ralf; Kruse, Susanne
Einfache Verfahren zur Bewertung von inflationsgekoppelten Finanzprodukten
Blätter der DGVM, Band XXVI, Heft 3, S. 351-367, Mai 2004
- Korn, Ralf; Menkens, Olaf
Worst-case investment with applications for banks and insurance companies
Abschlussband des DFG-Schwerpunkts »Interagierende stochastische Systeme hoher Komplexität«
- Korn, Ralf
Worst-case scenario investment for insurers
Insurance Mathematics and Economics, 2004
- Krekel, Martin; de Kock, Johan; Korn, Ralf; Man, Tin-Kwai
An analysis of pricing methods for basket options
WILMOTT, May 2004
- Kuhnert, Jörg; Tiwari, Sudarshan; Subramanyam, Annadata Bhaskar; Sundar, Subhia
On parallelization and load balancing aspects of Finite Pointset Method
Eingereicht bei: SIAM Journal on Scientific Computing, 2004
- Latz, Arnulf
Filtermaterialdesign per Software
Litus 1/04, S. 68-69, 2004
- Latz, Arnulf; Wiegmann, Andreas
Virtuelles Filtermaterialdesign mit GeoDict / FilterDict
Laboratory IT User Services, 1, 2004
- Latz, Arnulf; Wiegmann, Andreas
Simulation der Luftfiltration in Mikrostrukturen
Proceedings des Symposium Textile Filter, Chemnitz, März 2004
- Linn, Joachim
On the frame-invariant description of the phase space of the Folgar-Tucker equation
A. Buikis, R. Ciegis, A.D. Fitt (Hrsg.): Progress in Industrial Mathematics at ECMI 2002, S. 327-332, Springer (2004); auch: Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 41
- Linn, Joachim
The Folgar-Tucker model as a differential-algebraic system for fiber orientation calculation
Proceedings of the STAMM conference 2004
- Marheineke, Nicole
Modelling of turbulence effects on fibre motion
Progress in Industrial Mathematics at ECMI, Springer, 2004
- Mohring, Jan; Halfmann Thomas; Broz, Jochen; Zemitis, Aivars; Basso, Giuliano; Lagoni Per
Automated model reduction of complex gas pipeline networks
Proceedings of PSIG Conference, Palm Springs, USA, Oktober 2004
- Mohring, Jan; Jegorovs, Jevgenijs
Optimal shape of the reflex tube of a bass loudspeaker
Proceedings of ISMA Conference, Leuven, Belgien 2004
- Moog, Mathias; Linn, Joachim; Iliev, Oleg
Flow simulation of the plastic injection moulding process
Tagungsband des NAFEMS-Seminars »Die Simulation komplexer Strömungsvorgänge«, Wiesbaden, Mai 2004
- Müller, Marlene
Generalized Linear Models
J. Gentle, W. Härdle, Y. Mori (Hrsg.): Handbook of Computational Statistics, Volume I: Concepts and Fundamentals. Springer-Verlag, Heidelberg, 2004
- Nickel, Stefan; Melo, Teresa; Saldanha da Gama, Francisco
Dynamic multi-commodity facility location: a mathematical modeling framework for strategic supply chain planning
D. Ahr, R. Fahrion, M. Oswald, G. Reinelt (Hrsg.): Operations Research Proceedings 2003, S. 95-102, Springer-Verlag, Berlin, 2004
- Niedziela, Dariusz; Latz, Arnulf; Iliev, Oleg
Simulations of viscoelastic polymer melts flows
Tagungsband des NAFEMS-Seminars »Die Simulation komplexer Strömungsvorgänge«, Mai 2004
- Ohser, Joachim; Schladitz, Katja; Koch, Karsten; Nöthe, Michael
Diffraction by image processing and its application in materials science
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 67, 2004
- Orlik, Julia
Homogenization for contact problems with periodically rough surfaces
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 59, 2004
- Orlik, Julia
Homogenization of strength, fatigue and creep durability of composites with near periodic structure
Mathematical Models and Methods in Applied Sciences (revised in December 2004)
- Panda, Satyananda; Feßler, Robert
A computer algebra tool for the stability analysis of interfacial flows
FM 182 International Mech. Engineering Conference & Expo. IMEC 2004

- Plontke, Stefan; Siedow, Norbert; Hahn, Hartmut; Wegener, Raimund; Zenner, Hans-Peter; Salt, Alec
1D- und 3D-Computer-Simulationen zur Versuchsplanung und -interpretation bei pharmakokinetischen Studien am Innenohr nach lokaler Medikamentenapplikation
Altex, 21(3), S. 77-85, 2004
- Pop, Serban Rares
Two dimensional short wave stability analysis of the floating process
Erscheint in: Progress in Industrial Mathematics at ECMI, Springer-Verlag, Berlin, 2004
- Pop, Serban Rares
Stability analysis of two superposed fluids in the presence of a large horizontal gradient
Eingereicht bei: Heat and Mass Transfer, Springer-Verlag, 2004
- Pop, Serban Rares; Grosan Teodor; Pop Ioan
Radiation effects on the flow near the stagnation point of a stretching sheet
Eingereicht bei: Technische Mechanik, 2004
- Repsch, Matthias; Huber, Ulrich; Maier, Martin; Rief, Stefan; Kehrwald, Dirk; Steiner, Konrad
Process simulation of LPM (Liquid Polymer Moulding) in special consideration of fluid velocity and viscosity characteristics
Eingereicht bei: Proceedings of FPCM-7, 2004
- Repsch, Matthias; Huber, Ulrich; Rief, Stefan; Kehrwald, Dirk; Steiner, Konrad
New perceptions regarding the influence of RTM – process parameters on the microstructure of a non-crimp fibre fabric bed
Eingereicht bei: Composites Part A
- Rheinländer, Martin
A consistent grid-coupling for Lattice-Boltzmann schemes
Eingereicht bei: Journal of Statistical Physics
- Rotaru, Tiberiu; Nägeli, Hans-Heinrich
Dynamic load balancing by diffusion in heterogeneous systems
J. Parallel Distrib. Comput. 64, 4, 2004
- Rotaru, Tiberiu; Nägeli, Hans-Heinrich
Fast algorithms for fair dynamic redistribution in heterogeneous environments
Appl. Numer. Math., 49 (1), 2004
- Scherrer, Alexander; Küfer, Karl-Heinz; Monz, Michael; Alonso, Fernando; Bortfeld, Thomas,
IMRT planning on adaptive volume structures – a breakthrough in computational complexity
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 60
- Schmitt, Theo G.; Thomas, Martin; Ettrich, Norman
Analysis and Modeling of Flooding in Urban Drainage Systems
Journal of Hydrology, 299, S. 300-311, 2004
- Schmitt, Theo G.; Thomas, Martin; Ettrich, Norman
Assessment of urban flooding by dual drainage simulation model RisUrSim
Proceedings, 6th International Conference on Urban drainage modeling, September 2004
- Schröder, Michael; Heinemann, Friedrich; Kruse, Susanne; Meitner, Matthias
GPD-linked Bonds as a Financing Tool for Developing Countries and Emerging Markets
ZEW (Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung) Discussion Paper Nr. 04-64, 2004
- Siedow, Norbert; Lochegnies Dominique; Grosan, Teodor; Romero, Eric
Application of a new method for radiative heat transfer in flat glass tempering
Eingereicht bei: ACERS, 2004
- Slavov, Vladimir; Dimova, Stefka; Iliev, Oleg
Phase-field method for 2D dendritic growth
Lecture Notes in Computer Science, 2907, S. 404-411, Springer-Verlag, 2004
- Stets, Wolfram; Hartmann, Dierk; Ohser, Joachim; Taeubner, Kai
Klassifizierung der Morphologie von Lamellen-graphit im Gefüge von Gusseisen mit Lamellen-graphit
Gießerei, S. 20-30, 9/2004
- Thomas Halfmann; Tim Wichmann
Symbolic methods in industrial analog circuit design
Scientific Computing in Electrical Engineering (SCEE 2004), Capo D'Orlando, Italien, September 2004
- Tiwari, Sudarshan; Kuhnert, Jörg
Grid free method for Poisson equation
Buchbeitrag zu Wavelet Analysis and Applications, New Age International (P), Ltd. Publishers (2004)
- Tiwari, Sudarshan; Kuhnert, Jörg
A numerical scheme for solving incompressible and low mach number flows by Finite Pointset method
Springer Lecture Notes in Computational Science and Engineering, 2004
- Tiwari, Sudarshan; Kuhnert, Jörg
Modeling of two phase flows with surface tension by Finite Pointset Method (FPM)
Eingereicht bei: J. Comp. App. Math., 2004
- Trinkaus, Hans L., Hanne, Thomas
knowCube: a visual and interactive support for multicriteria decision making
Computers & Operations Research, 32, S. 1289-1309, 2005
- Velásquez, Rafael; Melo, Teresa
Solving a large-scale dynamic facility location problem with variable neighbourhood and token ring search
Proceedings of the 39th Annual Conference of the Operational Research Society of New Zealand, November 2004
- Wiegmann, Andreas; Latz, Arnulf; Rief, Stefan
Simulation der Tiefenfiltration durch Vliesstoffe
Proceedings der 19. Hofer Vliesstofftage, November 2004
- Wirsen, Andreas; Lang, Patrick; Humer, Matthias
Systems for monitoring and analyzing torsional vibrations in turbine generator shaft lines
Proceedings of 16th International Conference on Electrical Machines, September 2004, Krakau, Polen

In diesen Abschnitt wurden auch durch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des ITWM betreute Graduierungsarbeiten aufgenommen.

Admassi Aberra, Tesfaya

Topology preserving skeletonization of 2d and 3d binary images

Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Amirbekyan, Artak

Modelling of deflectometric imaging for surface quality evaluation

Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Bornhofen, Sandra

The waveform-relaxation method for the numerical solution of differential-algebraic equations

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Dalheimer, Matthias

Competitive Scheduler

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Wirtschaftsingenieurwesen

Fehsenfeld, Beate

Strangeness-free DAE systems and their numerical treatment

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Feitig, Stefan

Model predictive control

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Flores Cantu, Hector

Modeling and optimizing solidification processes

Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Maus, Benjamin

Approximation of non-classically damped systems

Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Montalvo Urquizo, Jonathan

Analysis and optimization of an engine mounting system with respect to comfort

Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Muntz, Sabine

Simulation of fluid structure interaction in porous deformable media

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Novikovs, Andrejs

Effects of grid distortion on numerical solution of certain hyperbolic equations

Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Ostrowska, Arina

Space-time Finite Element approximation and numerical solution of hereditary linear viscoelasticity problems

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Panagiotis, Koutsovasilis

Adapting Macro-Model Techniques to DAE Systems

Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Sasi, Sarath

High quality surface meshes for sintering simulations

Masterarbeit, IIT Madras

Schick, Christian

A mathematical analysis of foam films

Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Steinebach, Jessica

Heuristic algorithms for a capacitated hub location problem in postal delivery networks

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Strautins, Uldis

Investigation of fiber orientation dynamics within the Folgar-Tucker model with hybrid closure

Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Sych, Tetyana

Estimation of geometric characteristics of foam structures

Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Teichmann, Emanuel

Numerical solution of three-dimensional topology optimization problems in elasticity

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Velásquez, Rafael

Solving a large-scale dynamic facility location problem with variable neighborhood search and token ring search

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Voegeli, Annette

Optimierungsverfahren für ein Hochleistungs-Sortiersystem

Diplomarbeit, Philipps-Universität Marburg, FB Mathematik und Informatik

Wagner, Björn

Entwicklung eines Ansatzes zum hochperformanten Zugriff auf große, verteilte n-dimensionale Bilddaten am Beispiel zweier Kernalgorithmen aus der 3D-Bildanalyse

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Informatik

Wichmann, Tim

Symbolische Reduktionsverfahren für nichtlineare DAE-Systeme

Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Winterfeld, Anton

Maximizing volumes of lapidaries by use of hierarchical GISIP-models

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Zimmer, Peter

Comparative evaluation of distributed filesystems

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, Fachbereich Informatik

Messe- und Konferenzteilnahmen

*Abschlusskolloquium der Fraunhofer-WISA
»Magnesium Leichtbau«*
Rüsselsheim, Juni 2004 (Poster)

*Aktionstag »Teamarbeit für Deutschland« – Eine
Initiative des Bundesministeriums für Wirtschaft
und Arbeit*
Kaiserslautern, Mai 2004, Aussteller

Automobilzulieferer Baden-Württemberg
Stuttgart, November 2004, Aussteller

Bachelier Society, Third World Congress
Chicago (IL), USA, Juli 2004, Vortrag

CIME Summer School »Stochastic Geometry«
Martina Franca, Italien, September 2004, Teilnehmer

CompStat 2004
Prag, Tschechien, August 2004, Invited Session
Organizer

Computational Management Science Conference
Neuchatel, Schweiz, April 2004, Vortrag

Control 2004
Sinsheim, Mai 2004, Aussteller

DMV-Tagung »Leichtbau und Betriebsfestigkeit«
München, Oktober 2004, Teilnehmer

e_GASGRID Workshop
Brüssel, Belgien, Juni 2004, Vortrag

EAGE
Paris, Frankreich, Juni 2004, Aussteller und Teilnehmer

ECMI-Conference
Eindhoven, Niederlande, Juni 2004, Vorträge

*Entwurfplattformen komplexer angewandter
Systeme und Schaltungen (EkompasS),
3. Workshop*
Hannover, Mai 2004, Softwarerepräsentation »Analog
Insydes« und Poster

Euromold
Frankfurt, Dezember 2004, Aussteller

FEST Workshop
Kaiserslautern, Oktober 2004, Vortrag und Teilnehmer

*Future Forum – Der Zukunftskongress für
Jugendliche*
Schorndorf, November 2004, Vortrag

Glasstec
Düsseldorf, November 2004, Aussteller

*HYKE-Workshop »Numerical and asymptotic
methods for kinetic equations«*
Saarbrücken, Februar 2004, Vorträge

ICMMES 2004
Braunschweig, Juli 2004, Vorträge

Industrie-Seminar der Universität Dortmund
Dortmund, Mai 2004, Vorträge

*International Conference on »Spatial Point
Process Modeling and its Applications«*
Benicassim, Castellon, Spanien, April 2004, Teilnehmer

International Conference on Electrical Machines
Krakau, Polen, September 2004, Poster

*International Conference on Stochastic Finance
2004*
Lissabon, Portugal, September 2004, Vortrag

International MAGMASOFT User Meeting
Königswinter, Oktober 2004, Teilnehmer und Aussteller

*Karlsruher Stochastik-Tage, 6th German Open
Conference on Probability and Statistics*
Karlsruhe, März 2004, Vortrag und Teilnehmer

*Lastdaten – Analyse, Bemessung und Simulation
Workshop, Kaiserslautern, November 2004, Organisa-
tor, Vorträge*

*MAGMA-Forum »Eigenschaften gegossener
Leichtmetallbauteile«*
Aschaffenburg, Mai 2004, Teilnehmer

*MAGMA-Seminar »Gusseisen – ein Werkstoff
mit Zukunft«*
Leipzig, Mai 2004, Teilnehmer

Materialica
München, September 2004, Aussteller

Mathematik-Workshop
Paderborn, Oktober 2004, Teilnehmer

Medica
Düsseldorf, November 2004, Aussteller

Motorschiff »Technik« im »Jahr der Technik«
Rheinfahrt, Juni-September 2004, Aussteller

*NAFEMS-Seminar »Die Simulation komplexer
Strömungsvorgänge«*
Wiesbaden, Mai 2004, Aussteller und Vorträge

*NAFEMS-Tagung »Analyse von Mehrkörper-
systemen«*
Wiesbaden, Oktober 2004, Teilnehmer

*Nano 2004, 7th International Conference on
Nanostructured Materials*
Wiesbaden, Juni 2004, Teilnehmer

*NETIAM Workshop »Complexity at the
molecular level«*
Eindhoven, Niederlande, Dezember 2004, Teilnehmer
und Co-Veranstalter

*NETIAM Workshop »Modelling criminality in the
urban environment«*
Florenz, Juni 2004, Teilnehmer und Co-Veranstalter

*NETIAM Workshop »Modelling the business
environment«*
Ventspils, Lettland, August 2004, Teilnehmer und
Co-Veranstalter

*NETIAM-Workshop »Challenges in visualisation,
simulation and design for virtual porous mate-
rials«*
Kaiserslautern, September 2004, Vortrag und
Veranstalter

Schulung »Intelligente Kameras«
Puchheim, Juli 2004, Teilnehmer

*Spatial Statistics, Image Analysis and Signal
Processing within Biology and Technology*
Smögen, Schweden, August 2004, Vortrag

Supercomputing SC 2004
Pittsburgh (PA), USA, November 2004, Aussteller

*Symposium Neue Materialien: »Cellular Metals
and Polymers«*
Fürth, Oktober 2004, Poster

Tag der Mathematik für Schüler
TU Kaiserslautern, FB Mathematik, Juli 2004, Aussteller
und Vorträge

Technologie- und Innovationsforum PFALZ
Kaiserslautern, September 2004, Aussteller und
Vortrag

Schüler-Technik-Tag
TU Kaiserslautern, Mai 2004, Aussteller

UseR! 2004 Konferenz
Wien, Österreich, Mai 2004, Teilnehmer

VDI Konferenz »Berechnung im Fahrzeugbau«
Würzburg, September 2004, Teilnehmer

*Workshop »X-ray tomography, 3D
reconstruction, fluid dynamic simulation,
towards realistic quantitative tools for the
engineering of fibrous filters«*
Toulouse, Frankreich, Februar 2004, Vortrag

Gäste

Workshop »Simulation und Design von Filtern und Filtermaterialien«

Kaiserslautern, September 2004, Veranstalter und Vorträge

Workshop »Credit Risk Models«

Mainz, April 2004, Vortrag

Workshop »Industrielle Bildverarbeitungssysteme (IBV)«

Glanerbrug, Niederlande, Februar 2004, Vortrag

Workshop »Innovative Methoden und Materialien in der Fahrzeugakustik«

Kaiserslautern, September 2004, Veranstalter und Vorträge

Workshop »Integrierte Prozess-Simulation zur Optimierung von Gussbauteilen«

Kaiserslautern, April 2004, Veranstalter und Vorträge

Workshop on Risk Analysis in Finance and Insurance

München, Juni 2004, Teilnehmer

Zulieferer Innovativ

Ingolstadt, Juli 2004, Aussteller

12th Summer School in Image Processing

Graz, Österreich, Juli 2004, Teilnehmer

19. Hofer Vliesstofftage

November 2004, Aussteller und Vorträge

24. Heidelberger Bildverarbeitungsforum »Automatisierte optische Messtechnik und Bildverarbeitung«

Stuttgart, März 2004, Teilnehmer

25. Heidelberger Bildverarbeitungsforum »Mathematische Methoden für die Bildverarbeitung«

Kaiserslautern, Juli 2004, Veranstalter

26. Heidelberger Bildverarbeitungsforum »Sichtbarmachen von Materialeigenschaften für die quantitative Bildanalyse«

Hanau, November 2004, Teilnehmer

38. DGM Metallographietagung

Bochum, September 2004, Poster

43. Internationale Chemiefasertagung

Dornbirn, Österreich, September 2004, Aussteller

7th Int. Conference on Biaxial/Multiaxial Fatigue and Fracture

Berlin, Juni 2004, Teilnehmer

Amstutz, Samuel (CNRS – Laboratoire MIP, Université Paul Sabatier, Toulouse, Frankreich)

Strömungsdynamik, Strukturmechanik, Elektromagnetismus, Bildverarbeitung

Oktober 2004 bis Juni 2005

Bazhlekov, Ivan (TU Eindhoven, Niederlande)

Mehrphasenströmung, Methode der Randelemente

Februar 2004

Ewing, Richard (Texas A&M University, College Station, USA):

Strömung in porösen Medien

Februar 2004

Geerdes, Hans-Florian (ZIB Berlin)

Optimierung

Mai 2004

di Giovanni, Luigi (Universität Brüssel, Belgien)

Delay management in public transport

Juli 2004

Hylla, Timo (Universität Trier)

Optimierung

Oktober bis November 2004

Kumar, Ratish (Indien)

Viskoelastizität

Mai bis Juli 2004

Laporte, Gilbert (Universität Montreal, Kanada)

Vehicle routing

Juni 2004

Lazarov, Raytco (Texas A&M University, College Station, USA)

Methode der Finiten Elemente, Methode der Finite Volumen, Strömung in porösen Medien

Juni 2004

Li, Zhilin (North Carolina State University, Raleigh, USA)

Immersed-Interface-Methoden

Juli 2004

Masmoudi, Mohamed (CNRS – Laboratoire MIP, Université Paul Sabatier, Toulouse, Frankreich)

Topologieoptimierung

Juni 2004

Mikelic, Andro (Université Claude Bernard Lyon 1, Lyon, Frankreich)

Homogenisierung

Februar 2004

Patel, Danesh Kumar

Partikelmethode

April bis Juli 2004

Saldanha da Gama, Francisco (Universität Lissabon, Portugal)

Discrete facility location

September 2004

Sheppard, Adrian (Australian National University, Canberra, Australien)

Poren-Netzwerkmodelle für Mehrphasenströmungen

September bis Oktober 2004

Slavov, Vladimir (Universität Sofia, Bulgarien)

Probleme mit freien Rändern, Phase-Field-Methode

April 2004 bis Juni 2004 sowie September 2004 bis November 2004

Starikovicius, Vadimas (Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas, Wilna, Litauen)

Rechnergestützte Strömungssimulation

April 2004 bis Juni 2004

Tsukrov, Igor (University of New Hampshire, Mechanical Engineering Dept., USA)

Vortrag: Micromechanical modeling of solids with cracks and cavities of various shapes

März 2004

Verboven, Pieter (Universität Leuven, Belgien)

Modellierung im Agro-Food-Bereich

Mai 2004

Weinert, Klaus (Universität Dortmund)

Evolutionäre Optimierung von Druckgusswerkzeugen

Mai 2004

Zemitis, Aivars (Ventspils University College, Ventspils, Lettland)

Schnelle Löser für Elektrostatik und Wärmeleitung in Mikrostrukturen

Oktober bis Dezember 2004

Mitarbeit in Gremien, Herausgebertätigkeit

PD Dr. Heiko Andrä

- International Journal of Solids and Structures (Gutachter)
- Journal of Computational Methods in Applied Mathematics (Gutachter)
- Springer CVS (Gutachter)

Dr. Norman Ettrich

- Geophysics (Gutachter)

Dr. Marco Günther

- Mitglied im Wissenschaftlich-Technischen Rat der Fraunhofer-Gesellschaft (WTR)

PD Dr. Oleg Iliev

- Journal of Computational Methods in Applied Mathematics (Editorial Board)
- Journal of Mathematical Modelling and Analysis (Editorial Board)
- Springer Lecture Notes in Computer Science (Expert)

Dr. Dirk Kehrwald

- Journal of Statistical Physics (Gutachter)
- Stellvertretendes Mitglied im Wissenschaftlich-Technischen Rat der Fraunhofer-Gesellschaft (WTR)

PD Dr. Karl-Heinz Küfer

- Arbeitsgruppe »OR im Gesundheitswesen« der GOR« (Vorsitz)
- Mathematics of Operations Research (Gutachter)
- Medical Physics (Gutachter)
- Arbeitsgruppe »Struktur und Innovation« der BBAW Berlin
- Zentralblatt für Mathematik (Reviewer)
- Mathematical Programming (Gutachter)

PD Dr. Arnulf Latz

- Journal of Physics (Reviewer)

Dr.-Ing. habil. Alexander Lavrov

- Arbeitsgruppe »Praxis der mathematischen Optimierung« der GOR (stellvertretender Vorsitzender)

- VDI-FML Fachausschuss »Modellbildungsprozesse« (Mitglied)
- RiMEA-Projekt (Richtlinie für Mikroskopische Entfluchtungs-Analysen) (Mitglied)
- Ständige Promotions- und Habilitationskommission bei der Nationalen Technischen Universität der Ukraine (Mitglied)

Dr. Marlene Müller

- Computational Statistics (Associate Editor)
- International Association for Statistical Computing (Mitglied des BoD der European Regional Section)
- Computational Statistics and Data Analysis (Gutachterin)

Prof. Dr. Helmut Neunzert

- European Journal of Applied Mathematics (Editorial Board)
- Monte Carlo Methods and Application (Editorial Board)
- Springer Series on Industrial Mathematics (Editorial Board)
- Internationale Jury für Wittgenstein- und Startpreise in Wien (Mitglied)
- Internationale Jury des Programms »Mathematik und ...« des Wiener Wissenschafts-, Forschungs- und Technologiefonds WWTF (Vorsitzender)
- Evaluierungskommission Mathematik im Projekt »Evaluierung der Lehre« der TU Kaiserslautern und der ETH Zürich
- Fellow der Royal Society of Edinburgh, seit Juni 2003

Dr. Julia Orlik

- MMAS (Gutachterin)

Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters

- ECMI – Council
- GAMM-Fachausschuss »Dynamik und Regelungstheorie«
- MACSI-net – Executive Committee
- Mitglied des Graduiertenkollegs »Mathematik und Praxis« der Technischen Universität Kaiserslautern
- Mitglied des rheinland-pfälzischen Landesschwerpunkts »Mathematik und Praxis«

- Mitglieder der Hauptkommission der Fraunhofer-Gesellschaft

Dr. Ronald Rösch

- Fraunhofer-Allianz Vision (Mitglied)

Dr. Katja Schladitz

- Leichtbau-Cluster (Mitglied)

Dr. Volker Schulz

- Advances in Water Resources (Gutachter)

Dr. Norbert Siedow

- International Journal of Thermal Sciences (Reviewer)
- Simulation Practice and Theory (Reviewer)

Dr. Konrad Steiner

- Computers & Fluids (Gutachter)
- Journal of Statistical Physics (Gutachter)

Dr. Jörg Wenzel

- Zentralblatt für Mathematik (Reviewer)
- Studia Mathematica (Gutachter)

Andreas Wiegmann, PhD

- Numerical Algorithms (Gutachter)

Dr. Andreas Wirsén

- KMU IT-Netzwerk Kaiserslautern (ITWM-Vertreter)



Kontakt

Fraunhofer-Institut für Techno-
und Wirtschaftsmathematik ITWM

Gottlieb-Daimler-Straße, Geb. 49
67663 Kaiserslautern

Telefon: +49 (0) 6 31/2 05-44 41

Telefax: +49 (0) 6 31/2 05-41 39

E-Mail: info@itwm.fraunhofer.de

Internet: www.itwm.fraunhofer.de