



Fraunhofer Institut
Techno- und
Wirtschaftsmathematik

Jahresbericht 2003



Impressum

© Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM 2004

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 | Motivfotos: | Dietmar Portuné, Mannheim, Telefon: 06 21/3 21 47 96 Steffen Grützner |
| | Gruppenfotos: | Dietmar Portuné Seite 101: FCC Göteborg |
| | Seite 7: | Ilka Blauth |
| | Seite 17: | MEV |
| | Seiten 14, 15: | Alexandra Bachran |
| | Seite 18: | Claudia Meissner |

| | |
|---------|--|
| 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 | Alexandra Bachran Ilka Blauth Steffen Grützner Marion Schulz-Reese Bianca Steinmetz |
|--------------------------|---|

| | |
|-------|-----------------------------------|
| Druck | Rohr Druck GmbH Kaiserslautern |
|-------|-----------------------------------|

Dieser Jahresbericht erscheint auch in englischer Sprache.

Jahresbericht 2003

Fraunhofer-Institut für Techno-
und Wirtschaftsmathematik ITWM

Inhaltsverzeichnis

| | | | |
|---|-----------|--|------------|
| Vorwort | 5 | Optimierung | 68 |
| Das Institut im Profil | 8 | Innerbetriebliche Logistik | 70 |
| Arbeitsschwerpunkte | 8 | Überbetriebliche Logistik und Verkehrsplanung | 73 |
| Kunden und Kooperationspartner | 9 | Knowledge-Management und E-Commerce | 76 |
| Das Institut in Zahlen | 10 | Kontinuierliche Optimierung | 78 |
| Kuratorium | 12 | Finanzmathematik | 80 |
| Organigramm | 12 | Optionsbewertung | 82 |
| Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick | 13 | Kreditderivate | 84 |
| Fraunhofer-Gruppe | 13 | Zinsmodelle | 86 |
| Informations- und Kommunikationstechnik | 13 | Kreditrisiko | 87 |
| Internationalität nach innen und außen | 14 | Portfolio-Optimierung | 88 |
| 2003 im Rückblick | 16 | Competence Center | |
| Praktikanten am ITWM | 18 | High Performance Computing | 90 |
| Transportvorgänge | 20 | Grid Computing | 92 |
| Fluid-Struktur-Interaktion | 22 | Parallelisierung und Performanceanalyse | 93 |
| Gitterfreie Methoden | 24 | Visualisierung | 95 |
| Strahlungstransport und Parameteridentifikation | 26 | Molekulares Materialdesign | 97 |
| Kontinuumsmechanische Produkt- und Prozessauslegung | 29 | Distributed Computing Research Lab | 99 |
| Strömungen und komplexe Strukturen | 32 | Fraunhofer Chalmers Research | |
| Hydrodynamik und komplexe Fluide | 34 | Centre for Industrial Mathematics FCC | 100 |
| Mikrostruktursimulation und virtuelles Materialdesign | 38 | Materialermüdung aus statistischer Sicht | 102 |
| Struktur- und Prozessoptimierung | 41 | Bioinformatik und Systembiologie | 103 |
| Modelle und Algorithmen | | Finanz- und Versicherungsmathematik | 104 |
| in der Bildverarbeitung | 44 | Qualitätstechnik | 105 |
| Oberflächeninspektion | 46 | Anhang | 106 |
| Überwachungssysteme im Eisenbahnbereich | 49 | Vorträge | 106 |
| Räumliche Bildanalyse und Modellierung von Mikrostrukturen | 50 | Lehrtätigkeit | 109 |
| Szenen- und Videoanalyse | 54 | Publikationen | 110 |
| Kryptologie | 55 | Graduierungsarbeiten | 113 |
| Adaptive Systeme | 56 | Messebeteiligungen und Konferenzteilnahmen | 114 |
| CAD für Analogschaltungen | 58 | Gäste | 115 |
| Monitoring und Regelung | 60 | Mitarbeit in Gremien, Herausgebertätigkeit | 116 |
| Diagnoseunterstützung in den Life Sciences | 62 | | |
| Prognose von Material- und Produkteigenschaften | 64 | | |
| Multiskalen-Strukturmechanik | 66 | | |



Fraunhofer

Gesellschaft

Hier entsteht das Fraunhofer-Zentrum Kaiserslautern

Bauherr : Fraunhofer Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.
 Hansastrasse 27c, 80686 München

Oberleitung : Fraunhofer-Gesellschaft : Bauabteilung - Tel.: 089/1205-0

Finanzierung : Bundesministerium f. Bildung u. Forschung BMBF
 Bundesministerium f. Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft u. Weinbau Rheinland-Pfalz
 Bundesministerium f. Wissenschaft, Weiterbildung, Forschung-u. Kultur Rheinland-Pfalz

1.BA

Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering

2.BA

Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik



Dieses Vorhaben wird von der
Europäischen Gemeinschaft cofinanziert



PLANUNG + BAULEITUNG AS PLAN, ERMEL-HORINEK-WEBER Fischerstr.11, 67655 Kaiserslautern Tel.: 0631-362320

HAUSTECHNIK H-L-S OBERMEYER Planen u. Beraten Hansastr. 40, 80686 München Tel.: 089-5799-0

ELEKTROTECHNIK INGENIEURBÜRO JERGLER Buchenweg 27, 76287 Rheinstetten Tel.: 0721-95163-0

TRAGWERKSPLANUNG ISK INGENIEURGESELLSCHAFT Gaustr. 14, 67655 Kaiserslautern Tel.: 0631-363012-0

BRANDSCHUTZ ING.-BÜRO STÜMPERT-STRUNK Friedrich-Profit-Str. 32, 67063 Ludwigshafen Tel.: 0621-63520-0

FREIANLAGEN L.A.U.B Europaallee 6, 67657 Kaiserslautern Tel.: 0631-3033000

PRÜFSTATIK INGENIEURBÜRO THEIS Logenstr. 6, 67655 Kaiserslautern Tel.: 0631-36129-20

Das Jahr 2003 war für die deutsche Wirtschaft ein schwieriges Jahr. Die angespannte finanzielle Situation der Länderhaushalte und des Bundes hat darüber hinaus zu einer rückläufigen Forschungsförderung geführt. Trotz dieser schwierigen Bedingungen im Umfeld konnte das ITWM auch im dritten Jahr als Fraunhofer-Institut seinen Haushalt weiter steigern und das Jahr mit einem ansehnlichen Übertrag abschließen. Einbußen bei den öffentlichen Erträgen wurden durch steigende Wirtschaftserträge und höhere Einnahmen aus den internen Programmen der Fraunhofer-Gesellschaft kompensiert.

Für das Jahr 2004 sehen wir trotz der angekündigten Innovationsinitiativen des Bundes noch keine grundlegende Trendwende bei der stagnierenden Projektförderung – wir richten uns hier auf eine weitere Durststrecke ein und werden uns noch stärker in Industrieprojekten engagieren. Auf längere Sicht ist dies allerdings nicht durchzuhalten. Eine dauerhafte Austrocknung der öffentlichen Projektförderung hätte fatale Folgen für den Hochtechnologiestandort Deutschland.

Fraunhofer-Institute benötigen für einen erfolgreichen nachhaltigen Technologietransfer in die Wirtschaft sowohl institutionelle Grundfinanzierung als auch substanzielle Partizipation an öffentlicher Projektförderung. Angemessenes kontinuierliches Wachstum in beiden Bereichen ist eine notwendige Bedingung für das Funktionieren des Fraunhofer-Modells. Die Grundfinanzierung allein kann die Kosten der Institute, die auf zukunftsorientierte Grundlagen- und Vorlauforschung entfallen, nicht decken. Wir benötigen hier dringend wieder verstärkte adjungierte Projektförderung.

Höhere Wirtschaftserträge implizieren eine stärkere Arbeitsbelastung der Mitarbeiter, es sei denn sie beruhen auf Lizenz- oder Patenteinnahmen. Diese Quelle sprudelt für das ITWM als noch junges Institut allerdings nur sehr spärlich, so dass erhöhte Arbeitsbelastungen unvermeidlich sind. Nur durch die ungebrochene Motivation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, ihre Kreativität und ihre nach wie vor große Identifikation mit den Zielen

des Instituts konnte der hohe Qualitätsstandard im ITWM im Jahr 2003 aufrechterhalten werden.

Darüber hinaus ist es uns verstärkt gelungen, die Zusammenarbeit mit langjährigen Industriekunden auf eine breitere Basis zu stellen, d. h. einzelne Abteilungen initiieren zunehmend neue Projekte ihrer »Stammkunden« mit anderen ITWM-Abteilungen. Einher mit dieser erfreulichen Entwicklung geht eine verstärkte interne Vernetzung der Institutsabteilungen. Das drückt sich unter anderem darin aus, dass die Zahl der abteilungsübergreifenden Projekte in den letzten zwei Jahren stark angewachsen ist, was sich positiv auf das Institutsklima insgesamt ausgewirkt hat. Die Befürchtung, die Abteilungen könnten sich nach Einführung einer Budgetierung stärker abschotten und Egoismen in der Projektakquisition entwickeln, hat sich erfreulicherweise als unbegründet erwiesen.

Auch in der Fraunhofer-Gesellschaft hat sich das ITWM durch eine Vielzahl von Kooperationsprojekten weiter vernetzt. Wir arbeiten mit Partnern aus der IuK-Gruppe, aber auch mit Instituten der Verbünde »Produktion«, »Oberflächentechnik und Photonik«, »Werkstoffe und Bauteile« sowie »Mikroelektronik« zusammen. Hier spiegelt sich der Querschnittscharakter und die technologische Relevanz unserer Kernkompetenz Mathematik. Ihr Potenzial für ein weiteres Institutswachstum ist noch längst nicht ausgeschöpft. Ein nächster Schritt auf dem Weg zur Nutzung dieses Potenzials ist der Aufbau einer neuen Abteilung »Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit«. Für diese neue Aufgabe konnte Dr. Klaus Dreßler als Abteilungsleiter gewonnen werden. Er hat in Kaiserslautern in der Technomathematik promoviert und verfügt über große Industrieerfahrung.

Im breit gefächerten Forschungsspektrum des Instituts gibt es ein neues, wie wir meinen visionäres Thema, für das am ITWM der Begriff der »Simulierten Realität« geprägt wurde. Eine der zentralen IT-Aufgaben ist plakativ formuliert die adäquate Abbildung von verschiedenartigen Systemen, wie Produkten oder Prozessen, im Computer. Das

Fraunhofer ITWM sieht sich hier prioritär in der mathematischen Modellierung, der Optimierung und der numerischen Simulation positioniert. Andererseits hat die Informatik mit der von ihr entwickelten Methodik der Virtuellen Realität (VR) Instrumente geschaffen, die – orientiert an den visuellen menschlichen Wahrnehmungsmöglichkeiten – möglichst getreue Abbildungen von Real-systemen und die Interaktion des Benutzers mit dieser virtuellen Welt erlauben. Bisher besteht eine weitgehende Trennung zwischen technischer Simulation/Optimierung und Virtueller Realität. Ursächlich hierfür ist die große Komplexität der meisten technisch relevanten Problemstellungen. Insbesondere ist es bisher nicht gelungen, dynamische Prozesse, die durch Systeme von partiellen Differentialgleichungen beschrieben werden, in eine VR-basierte Simulationsumgebung zu integrieren. Die Überwindung dieser Trennung stellt eine große Herausforderung dar, der sich das ITWM zusammen mit anderen Instituten der IuK-Gruppe in den kommenden Jahren unter der Programmatik der Simulierten Realität stellen wird. Aus Sicht klassischer Modellierung und Simulation eröffnet Simulierte Realität bisher nicht gekannte Interaktions-, Auslegungs-, Visualisierungs- und Optimierungsmöglichkeiten. Aus Sicht der virtuellen Realität bedeutet der Übergang zur Simulierten Realität die Einbeziehung hochkomplexer mathematisch-naturwissenschaftlicher Modelle. Auf der Basis moderner Hardware- und Software-Konzepte werden in den kommenden Jahren problemangepasste integrierte Arbeitsumgebungen für Planer, Entwickler und Wissenschaftler entstehen, die durch eingebettete Entscheidungswerkzeuge sowohl die interaktive Auslegung von Varianten (Virtual Engineering) als auch eine systematische simulationsbasierte Optimierung (Reverse Engineering) ermöglichen.

Insbesondere durch das Reverse Engineering wird die frühzeitige rechnergestützte Absicherung von Produktentwicklungen und zugehörigen Produktionsprozessen entscheidende neue Impulse bekommen, die zur Verkürzung von Entwicklungsprozessen und zur Steigerung der Produktqualität führen werden. Wir sehen in der Simulierten Rea-

lität einen zukunftsweisenden Beitrag für eine wettbewerbsfähige industrielle Wertschöpfung.

Die regionale Verankerung des ITWM konnte 2003 weiter verstärkt werden. Ein neues strukturelles Element in der Zusammenarbeit mit kleinen und mittelständischen Unternehmen der Region bildet der Aufbau einer »Mathematischen Forschungsplattform für regionale Unternehmen«. Das Land Rheinland-Pfalz und der europäische Fond für regionale Entwicklung stellen dem ITWM über eine Million Euro für den Aufbau einer solchen Plattform zur Verfügung. Die Plattform besteht aus mehreren Forschungslaboratorien, in denen Produktionsprozesse, Produkte und Planungsverfahren regionaler Unternehmen in Kooperationen optimiert werden. Hierbei liegt der Fokus auf vorwettbewerblicher Forschung. Auf diese Weise bekommen die Unternehmen Hilfestellung bei der Umsetzung neuer technologischer Herausforderungen und ihre Position am Markt wird gestärkt. Im Vordergrund steht dabei der IT-Bereich, in dem sich der »Forschung – Entwicklung – Produkt«-Zyklus immer mehr verkürzt und kleine und mittelständische Unternehmen zunehmend vom direkten Technologietransfer aus Forschungsinstituten profitieren. Die Basis für eine erfolgreiche Entwicklung dieser Forschungslaboratorien bilden die ITWM-Kernkompetenzen: Mathematische Modellierung, Numerische Simulation, Optimierung und High Performance Computing.

Eng verknüpft mit der Forschungsplattform ist das »Linux Networx Research Lab«, das als Gemeinschaftseinrichtung des ITWM und der Firma Linux Networx gegründet wurde.

Besonders erfreulich war im Jahr 2003 die hervorragende Entwicklung unseres 2001 gemeinsam mit der Chalmers Technical University gegründeten »Fraunhofer Chalmers Centre for Industrial Mathematics« in Göteborg. Das Zentrum hat seine im Businessplan vorgesehenen wirtschaftlichen Zielsetzungen übertroffen, ist personell wie geplant gewachsen und hat seine Forschungs-kompetenzen dynamisch ausgebaut. Die Erschließung des schwedischen Marktes ist auf einem guten

Weg und das ITWM ist an einer Reihe von Industrieprojekten beteiligt. Der Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft hat angesichts dieser positiven Entwicklung das Engagement der Gesellschaft bis zum Jahr 2005 in Form von substanzieller Projektförderung verstetigt.

Der Erfolg des FCC hat das ITWM ermutigt, seine Aktivitäten in Europa weiter zu verstärken. Erste Schritte zur Erschließung des italienischen Marktes mit Fokus auf Sizilien sind gemacht. Sizilien und insbesondere die Region Catania haben sich seit 1990 wirtschaftlich gewaltig verändert. Hauptursache dafür sind nationale und insbesondere europäische Fördermittel, die in die Region fließen und zur Ansiedlung vieler internationaler High-tech-Firmen geführt haben. Parallel dazu hat sich in Catania die angewandte Mathematik glänzend entwickelt und es gibt seit über 20 Jahren eine intensive Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Mathematik der Technischen Universität Kaiserslautern. Auf dieser Basis sehen wir gute Chancen für den Aufbau eines ITWM-Kompetenzzentrums in Catania, das perspektivisch auch für andere Fraunhofer-Institute den Zugang zum süditalienischen Wirtschaftsmarkt erleichtern könnte. Allerdings sind auf dem Weg dahin noch einige Hürden zu nehmen.

Von Europa zurück nach Kaiserslautern, wo unser Institutsneubau jetzt in greifbare Nähe rückt. Dank schnellen Handelns unserer Landesregierung konnte die zu Anfang des Jahres drohende mehrjährige Verschiebung des Baubeginns erfolgreich abgewendet werden. Die Pläne für das Fraunhofer-Zentrum sind fertig. Der Grundstein wird im April 2004 gelegt. Es wird sowohl architektonisch als auch funktionell ein zukunftsweisendes Gebäude werden, das den Standort Kaiserslautern und die Region weiter aufwerten wird.

In gewisser Weise hat der Neubau auch schon den vorliegenden Jahresbericht »infiltriert«: Es hat schon fast Tradition, dass die ITWM-Jahresberichte ein »fachfremdes« illustratives Grundthema aufgreifen, bei dem die Leser eher durch assoziative Verknüpfungen an die Arbeit des ITWM

herangeführt werden. In diesem Jahr haben wir hierfür Bilder von unserem Baustellengelände ausgewählt. Die dort entstandenen Erdformationen, Stahlgebirge, Steinhäufen und Materialpaletten sollen durch ihre, wie wir meinen, eindrucksvolle Ästhetik einen kleinen Beitrag dazu leisten, dass Sie bei dem einen oder anderen unserer Projekte etwas länger verweilen.

Lassen Sie sich davon überzeugen, dass die Mathematik am ITWM den Elfenbeinturm endgültig verlassen hat und für vielfältige Probleme der Praxis ein großes Spektrum innovativer Lösungen bietet. Wir hoffen, dass Ihr Interesse geweckt wird und Sie Anknüpfungspunkte zu Ihren eigenen Forschungs- und Entwicklungsproblemen entdecken und eine Zusammenarbeit mit dem ITWM in Erwägung ziehen.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre unseres Jahresberichts!



Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters, Institutsleiter



Computersimulationen sind heute 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 Industriepartnern 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 ITWM ist heute die Speerspitze der Mathematik in der Industrie und will diese Position stärken und ausbauen.

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 Sequenzanalyse

ADAPTIVE SYSTEME

- CAD für Analogschaltungen
- 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

- Lastendatenanalyse und Beanspruchungsstatistik
- Dynamik und Festigkeitssimulation
- Funktionsoptimierung

COMPETENCE CENTER

»HIGH PERFORMANCE COMPUTING«

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

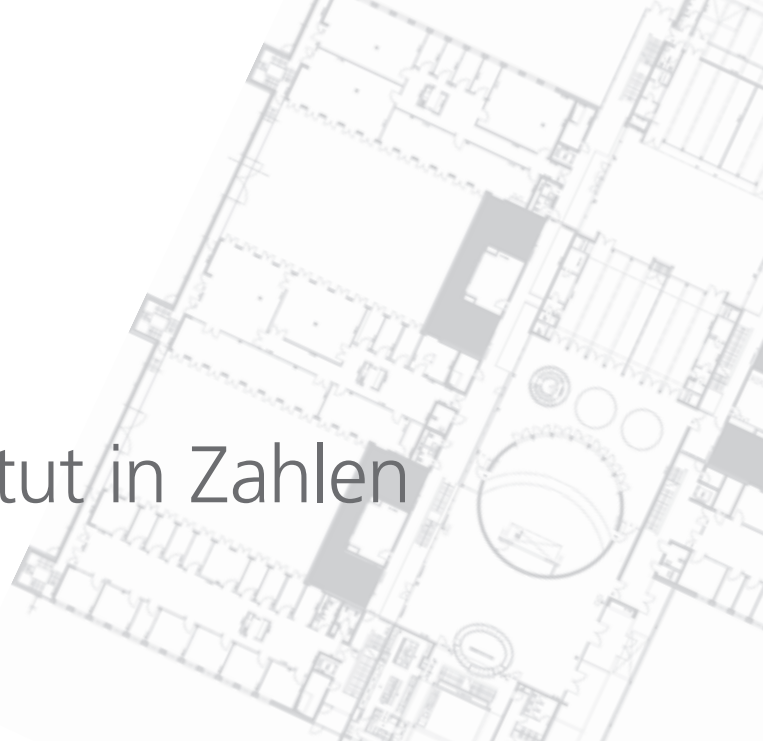
FRAUNHOFER CHALMERS RESEARCH CENTRE FOR INDUSTRIAL MATHEMATICS

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

Kunden und Kooperationspartner

Das ITWM arbeitet seit Jahren mit Auftraggebern vieler Branchen und Unternehmensgrößen erfolgreich zusammen; im Jahr 2003 u. a. mit:

- ABB, Västerås (Schweden)
- ADT AG, Weissbad (Schweiz)
- Alstom AG, Baden (Schweiz)
- Amaranth Advisors, New York (USA)
- aquinto AG, Berlin
- ARNOLD & RICHTER Cine Technik, Stephanskirchen
- Audi AG, Ingolstadt
- BASF AG, Ludwigshafen
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, München
- BMW AG, München
- BorgTec Systemhaus GmbH, Dresden
- Caparol, Ober-Ramstadt
- Carl Zeiss, Oberkochen
- Continental AG, Hannover
- Deutsche Apotheker- und Ärztekammer, Düsseldorf
- Deutsche Bahn AG, Berlin
- Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg
- Die Sprinter – Kurierdienst und Speditionsgesellschaft mbH, Mannheim
- Dresdner Bank AG, Frankfurt am Main
- Elmo Leather AB, Svenljunga (Schweden)
- ESI-Group, Paris
- Eurofilters AG, Overpelt (Belgien)
- Fachhochschule Aschaffenburg
- Fachhochschule Landshut
- Faurecia, Sassenburg
- FCC Göteborg (Schweden)
- FE Design, Karlsruhe
- Freudenberg Vliesstoffe KG, Weinheim und Kaiserslautern
- FSM! GmbH, Landstuhl
- gbo AG, Rimbach
- GE Transportation Systems, Bad Dürkheim
- Gebrüder Gienanth-Eisenberg GmbH, Eisenberg
- Geratherm Medical AG, Geschwenda
- Gießereieinstitut Technische Universität Bergakademie Freiberg
- Hager Electro GmbH, Ensheim
- Harvard Medical School, Boston (USA)
- HegerGuss GmbH, Enkenbach-Alsenborn
- hg.zwo GmbH, Kaiserslautern
- Hilti AG, Schaan (Liechtenstein)
- Hoffmann und Engelmann AG, Neustadt an der Weinstraße
- Human Solutions GmbH, Kaiserslautern
- HypoVereinsbank, München
- i2t3 - Industrial Innovation Through Technological Transfer, Florenz (Italien)
- IBS Filtran GmbH, Morsbach
- Infineon Technologies AG, München
- Institut für Gießereitechnik GmbH, Düsseldorf
- Institut für spanende Fertigung, Universität Dortmund
- Institut für Verbundwerkstoffe IVW, Kaiserslautern
- J. Wagner GmbH, Markdorf
- Johns Manville Europe GmbH, Bobingen
- Klinikum der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
- Landesbank Baden-Württemberg, Stuttgart
- Landesbank Rheinland-Pfalz, Mainz
- Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung Neumühle, Münchweiler/Alsenz
- Linux Networx, Salt Lake City (USA) und Kaiserslautern
- m2k Informationsmanagement GmbH, Kaiserslautern
- MAGMA Gießereitechnologie GmbH, Aachen
- Mannesmann-Rexrodt AG, Lohr am Main
- Massachusetts General Hospital, Boston (USA)
- MiniTec GmbH & Co KG, Waldmohr
- Mobotix AG, Kaiserslautern
- MSC/GAC, Buchenau
- müllers büro, Erzenhausen
- Odenwald-Faserplattenwerke GmbH, Amorbach
- OperaThing GmbH, Hürth
- Paul Wild GmbH, partu lapidaries GmbH, Kirschweiler
- proALPHA Software AG, Weilerbach
- Procter & Gamble, Schwalbach im Taunus und Cincinnati (USA)
- psb GmbH, Pirmasens
- Rhodia Acetow, Freiburg
- Roche Diagnostics, Mannheim
- Römheld & Moelle, Mainz
- Sandler AG, Schwarzenbach (Saale)
- SAP AG, Walldorf
- Schott Glas, Mainz
- Seidel GmbH, Marburg
- Siemens AG (Medical Solutions OCS), Heidelberg
- Stadt Kaiserslautern
- Steinbichler Optotechnik GmbH, Neubeuern
- Technische Universität Dresden
- Technische Universität Kaiserslautern
- Technische Werke Kaiserslautern
- tecmath AG, Kaiserslautern
- Tecnotessile Societa Nazionale di Ricerca tecnologica r.l., Prato (Italien)
- Tehalit GmbH & Co KG, Heltersberg
- Thomas Josef Heimbach GmbH & Co., Düren
- Ultrafilter international AG, Haan
- Universität Freiburg
- Universität Karlsruhe
- Universitätsklinik Tübingen
- Universitätskliniken des Saarlandes, Homburg/Saar
- URSA International GmbH, Neu-Isenburg
- Verein Deutscher Gießereifachleute (VDG), Düsseldorf
- Verkehrsverbund Rhein-Neckar GmbH (VRN), Mannheim
- Verkehrsverbundgesellschaft Saar mbH (VGS), Saarbrücken
- Verotec GmbH, Lauingen/Donau
- Volkswagen AG, Wolfsburg
- WestLB, Düsseldorf
- Westpfalz-Verkehrsverbund, Kaiserslautern



Das Institut in Zahlen

Haushalt

Nicht nur mit den Planungen und dem Bau des neuen Institutszentrums ging es 2003 voran. Weiterhin aufwärts geht es immer noch mit dem ITWM. Schwierige konjunkturelle Voraussetzungen und knapper werdende öffentliche Mittel konnten den Aufwärtstrend des ITWM auch 2003 nicht stoppen. Immer noch schreibt das ITWM zweistellige Wachstumsraten. So stieg der Betriebshaushalt wiederum um rund 10 Prozent auf knapp 8 Millionen €.

Jedoch sanken die Erträge von öffentlichen Zuwendungsgebern. Insbesondere die Projektförderung durch das BMBF fiel gegenüber dem Vorjahr um fast 30 Prozent. Es ist zu befürchten, dass sich dieser Trend 2004 noch verstärken wird. Der Einbruch in der Förderung durch das BMBF konnte teilweise ausgeglichen werden durch Landesmittel. Erfolgreiche Projektanträge speziell beim rheinland-pfälzischen Wirtschaftsministerium sorgten dafür, dass ins-

gesamt noch 32 Prozent des Betriebshaushaltes durch öffentliche Erträge gedeckt werden konnten. Auch bei den internen Programmen war das ITWM 2003 außerordentlich erfolgreich. Wie es scheint, ist gerade hier das ITWM ein gern gesuchter Partner für viele Institute der Fraunhofer-Gesellschaft.

Noch erfolgreicher war jedoch wieder die Projektakquisition in Industrie und Wirtschaft. Hier konnte das ITWM weiter zulegen. Die Wirtschaftserträge stiegen gegenüber dem Vorjahr um über 14 Prozent, so dass insgesamt 43 Prozent des Betriebshaushaltes dadurch finanziert werden konnten. Gerade in Zeiten von starken konjunkturellen Schwankungen ist das breite Kundenspektrum des ITWM von unschätzbarem Wert. Nur vor diesem Hintergrund konnte es gelingen, 2003 die Wirtschaftserträge weiter zu steigern. Auffallend ist hier, dass langjährige Kunden verstärkt die Kompetenzen und

| Haushaltsentwicklung [Tausend €] | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Betriebshaushalt | 4 550 | 5 147 | 5 866 | 7 267 | 7 912 |
| Investitionshaushalt | 382 | 244 | 756 | 878 | 563 |
| Gesamt | 4 932 | 5 391 | 6 622 | 8 145 | 8 475 |



Personalentwicklung

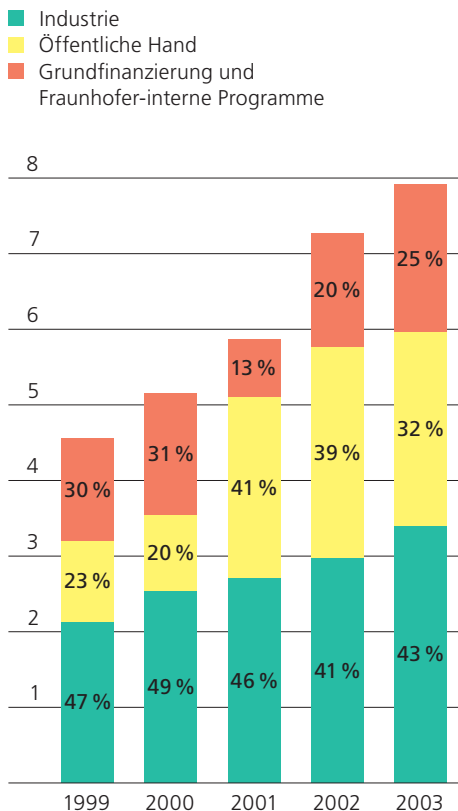
Das Stellenkontingent des ITWM stieg 2003 um 11 Prozent. 2003 waren am Fraunhofer ITWM rund 130 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (76 Wissenschaftler, 39 Doktoranden und 14 Mitarbeiter in Verwaltung, EDV und Öffentlichkeitsarbeit) sowie 86 wissenschaftliche Hilfskräfte und Praktikanten beschäftigt.

Eine Konsequenz dieses Wachstums ist, dass die 2002 neu angemieteten Büroräume nicht mehr ausreichen und 2004 weitere Flächen angemietet werden müssen. Glücklicherweise ist dies am Standort im PRE-Park problemlos möglich, so dass hier bis zur Fertigstellung des neuen Institutszentrums größere Umzüge vermieden werden können.

das Know-how mehrerer Abteilungen nachfragen. Hier deutet eine Vielzahl abteilungsübergreifender Projekte einen positiven Trend für die Zukunft an.

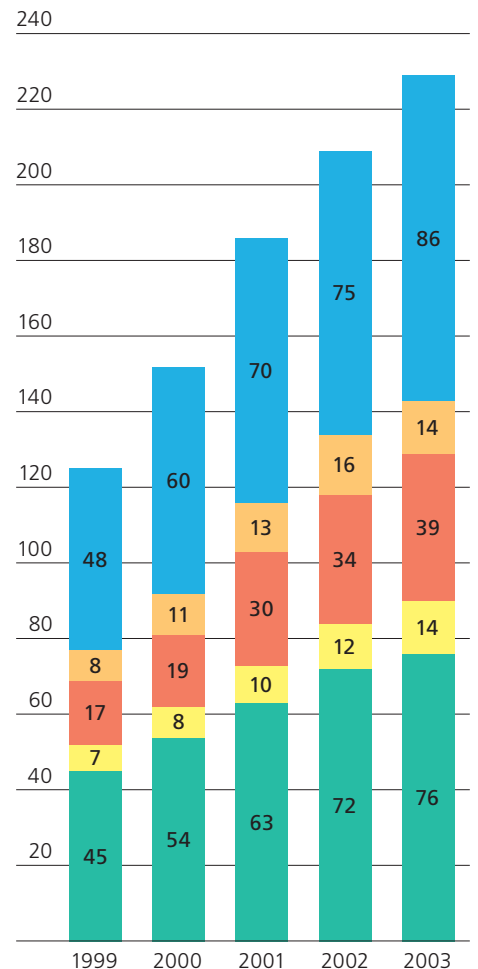
Insofern blickt das ITWM weiterhin optimistisch in die Zukunft und erwartet auch 2004 zweistellige Wachstumsraten.

Entwicklung Betriebshaushalt in Mio €



Personalentwicklung

- Wissenschaftliche und technische Mitarbeiter
- Zentrale Bereiche
- Doktoranden
- Sonstige Dienstverträge
- Wissenschaftliche Hilfskräfte



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

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

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

Prof. Dr. Helmut Schmidt
Präsident der Technischen Universität Kaiserslautern

Organigramm

| | | | |
|--|--|------------------------------|------------------|
| Institutsleitung | Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters | 06 31/2 05-44 42 | |
| Scientific Advisory Board | Prof. Dr. Ralf Korn | 06 31/2 05-44 71 | |
| | Prof. Dr. Helmut Neunzert | 06 31/2 05-27 46 | |
| 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 | Prof. Dr. Stefan Nickel | 06 31/3 03-18 85 |
| | 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 |

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 58 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:

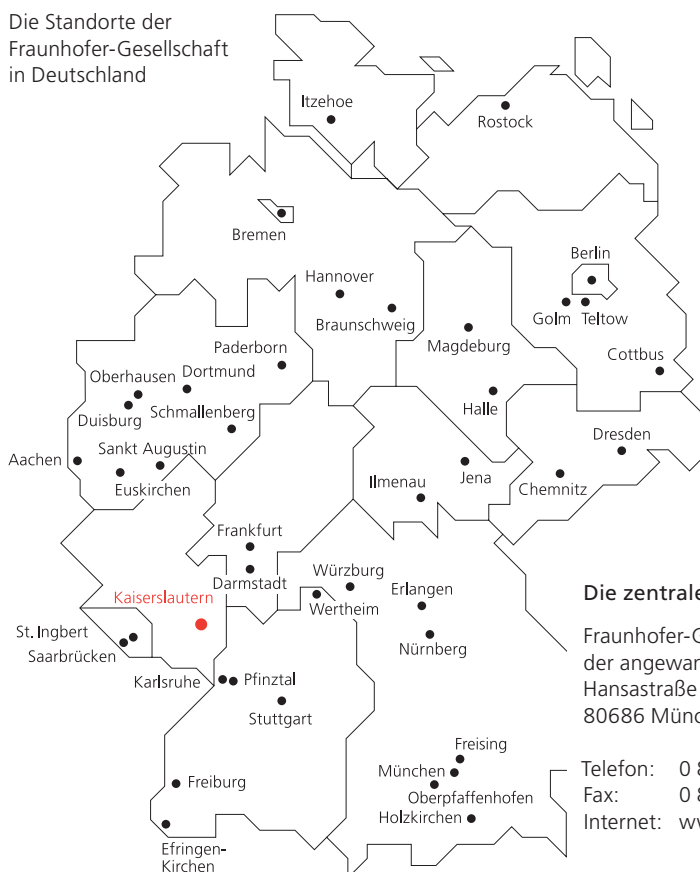
- Werkstofftechnik, Bauteilverhalten
- Produktionstechnik, Fertigungstechnologie
- Informations- und Kommunikationstechnik
- Mikroelektronik, Mikrosystemtechnik
- Prüftechnik, Sensorsysteme
- Verfahrenstechnik
- Energie- und Bautechnik, Umwelt- und Gesundheitsforschung
- Technisch-ökonomische Studien,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

Als größter europäischer Forschungsverbund für Informations- und Kommunikationstechnik (IK) ist die Fraunhofer-IK-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 Vorlaufforschung 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 IK-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



Wir haben die Fernsehbilder, die im Zusammenhang mit der Greencard-Initiative der Politik über unsere Bildschirme flimmerten, noch gut in Erinnerung; besonders oft sahen wir Inderinnen in ihren bunt leuchtenden Saris vor Computern. Aber auch ihre männlichen Kollegen, in Indien und Osteuropa, waren Zielgruppen, so dass es bald zur unsinnigen Diskussion über »Kinder oder Inder« kam. Wer aber nicht in großer Zahl kam, waren eben diese Computerexperten – wirkliche Experten hatten oft bessere Angebote aus den USA. So ist es still geworden um die Greencard-Inder und Osteuropäer. Dabei brauchen wir sie wirklich – gerade auch ein Fraunhofer-Institut der IuK-Gruppe wie das ITWM. Aber man kann diese Experten nicht bestellen wie Rechner; sie sind ja alle Menschen mit einer Geschichte, mit Vorlieben und Vorurteilen, mit Stärken und Schwächen. Sie müssen hineinwachsen in eine für sie fremde Atmosphäre, müssen das Lächeln oder Poltern der anderen deu-

ten lernen, müssen wissen, was zählt in unserer Gesellschaft und was unwichtig ist. Um hier im Beruf erfolgreich zu sein, benötigen diese Menschen mehr als ihre Fachkenntnisse, mehr auch als einen Arbeitsplatz und ein ordentliches Einkommen. Wir wollen hier einige unserer ausländischen Mitarbeiter vorstellen – als Menschen und ein wenig auch als Wissenschaftler.

Beginnen wir mit unserem vermutlich »exotischsten« Mitarbeiter, mit Sudarshan Tiwari. Er ist in einem kleinen Dorf im Himalaya, am Fuße des Lamjung-Gebirges in Nepal geboren und aufgewachsen. Ich habe das Dorf besucht – es ist im wahrsten Sinne des Wortes paradiesisch: im Tal eine traumhafte Landschaft, im Dorf auf den Hügeln Orangen und Reis und Wasserbüffel, aber keine Straßen und keine Elektrizität und ganz hoch oben auf dem Kamm leuchtende Eisfelder. Die Schule dort ist auch »paradiesisch«; der einzige Satz, den der Englischlehrer bei unserer Ankunft in seiner Unterrichtssprache sagen konnte, war »Welcome, we are a very poor school«. In dieser Schule lernte unser Sudarshan auch die erste »Mathematik«, mit Schwierigkeiten, weil sein Vater sich nur die Lehrbücher der älteren Söhne leisten konnte und der Jüngere deshalb zwei Klassen überspringen musste. Aber es klappte, er kam in die nahe gelegene Höhere Schule und dann zur Universität in Kathmandu. Dort studierte er Mathematik und schloss mit dem Master ab – es wird die beste Abschlussprüfung des ganzen Landes, für alle Fächer. Da kann er sich schon um ein DAAD-Stipendium in Deutschland bewerben – die Frau kommt mit, das neugeborene Baby bleibt besser bei der Großmutter, da es ja in Deutschland erfrieren könnte. Nochmals, nach zwei Jahren, ein Master in Industrial Mathematics in Kaiserslautern – hier wird die »pfälzische Tochter« geboren. Die Familie geht zurück, hat sich aber schon um ein Dok-

torandenstipendium beworben. So macht Sudarshan Tiwari nach weiteren vier Jahren seinen Doktor in Kaiserslautern, über numerische Methoden in der Strömungsdynamik, und er arbeitet während dieser Zeit mit internationalen Größen des Gebiets aus USA, Kanada und Europa zusammen. Als guter Patriot geht er danach zurück, aber die Professoren in Kathmandu wollen keinen stärkeren Konkurrenten und schicken ihn in ein College in einem weit entfernten Tal. War also alles umsonst? Auch am Indian Institute of Science in Bangalore findet er in der Mathematik keinen in der Numerik kundigen Partner. Wir am ITWM haben die Situation aus der Ferne beobachtet und als er offenbar nichts für sein Land, auch nichts für Indien, tun konnte, haben wir ihn mit Freude ans ITWM geholt. Seit 1999 arbeitet er nun am ITWM, simuliert das Aufblasen von Airbags und die Schlierenbildung in geschmolzenem Glas, ist wichtiger Mitarbeiter in einer der erfolgreichsten Gruppen.

Weit weniger exotisch da europäisch, aber recht typisch für die ausländischen Mitarbeiter am ITWM, ist die Geschichte von Teresa Melo. Sie ist echte Großstädterin, aufgewachsen in Lissabon.

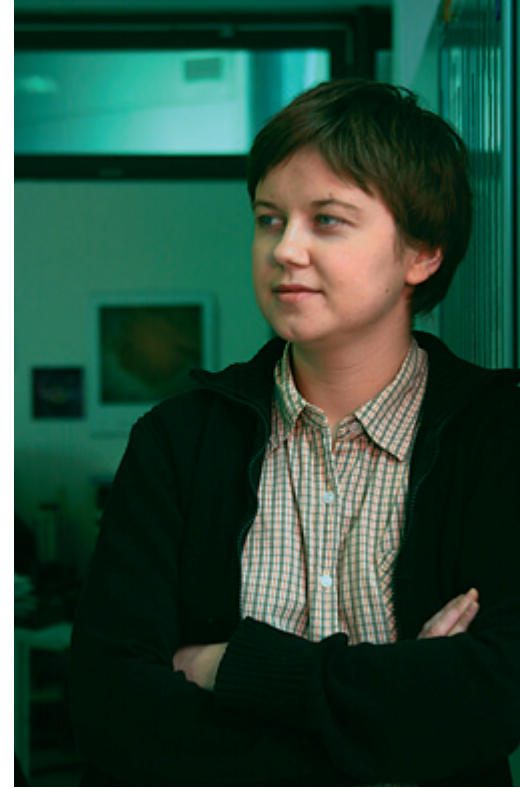


Sie genoss in ihrer Familie, die man sicher dem Bildungsbürgertum zurechnen kann, eine strenge Erziehung; so ist es nicht verwunderlich, dass der Vater sich ihrem Studienwunsch Archäologie nicht beugte und nach heftigen Diskussionen seine Idee eines Mathematikstudiums der Tochter durchsetzte. So studierte sie an der Universität in Lissabon Mathematik mit Schwerpunkt Operations Research und Statistik. Ihre Masterarbeit verfertigte sie über Standortoptimierung an der ERASMUS-Universität in Rotterdam, schloss aber in Lissabon ab. Ein EU-Stipendium erlaubte ihr danach die Rückkehr nach Rotterdam und die Promotion über stochastische Produktionsplanung. Private Gründe bringen sie nach Aachen, genauer gesagt, an das Forschungszentrum Jülich, an dem auch ich, 30 Jahre früher, meine ersten Berufserfahrungen machte. Nach zwei Jahren in der Gruppe für »Systemforschung und technologische Entwicklung« in Jülich wechselt sie an das ITWM in die Abteilung »OPTIMIERUNG«. Hier ist sie heute für den Bereich »Überbetriebliche Logistik und Verkehrsplanung« zuständig, entwickelt Tools für Standort-Entscheidungen wie auch für die Planung von logistischen Abläufen im klinischen Bereich. Natürlich hat sie dazu beigetragen, dass sich die wissenschaftlichen Verbindungen des ITWM nach Portugal verstärkten. Die iberische Halbinsel ist eine Quelle für ausgezeichnete »human resources« im Bereich der Mathematik; Spanien und Portugal sind nach der Demokratisierung mit großer Energie und Leistung in die wissenschaftliche Welt zurückgekehrt.

Das letzte Beispiel entnehme ich einer Gruppe, die wohl den größten Ausländeranteil des ITWM stellt, den Osteuropäern. Hier finden sich viele verschiedene Menschen, vom Mitglied der bulgarischen Akademie der Wissenschaften über den Ingenieur aus Novosibirsk bis zur frisch gebackenen Doktorandin aus

Polen. Monika Muszkietka ist 25 Jahre alt und seit Oktober 2003 Doktorandin in der Abteilung »MODELLE UND ALGORITHMEN IN DER BILDVERARBEITUNG«. Dass sie in Kaiserslautern ist, verdanken wir der Internationalität des Fachbereichs Mathematik der Technischen Universität. Er ist sehr aktiv in einem europäischen Konsortium »Mathematik für die Industrie« tätig, dem sich auch Prof. Wojtek Okrasinski aus Zielona Gora (früher Grünberg) zwischen Berlin und Breslau angeschlossen hat; er kam öfter nach Kaiserslautern, um sich Anregungen für diesen in Polen wenig entwickelten Bereich zu holen. Deshalb hat er zwei seiner besten Studenten empfohlen, in Kaiserslautern zu promovieren – Monika Muszkietka ist eine dieser beiden. Sie ging in Glogow (Glogau) an der Oder ins Gymnasium – ihre Eltern züchten Blumen und liefern sie an viele Orte in Polen. Das wollte sie aber doch nicht: »Ich konnte mir einfach nicht vorstellen, etwas anderes als Mathematik zu studieren.« Deshalb ging sie an die Universität in das 50 km entfernte Zielona Gora, wo auch Technomathematik als Vertiefungsrichtung angeboten wird. Sie studierte ein einfaches Modell für einen Gießprozess, schaute sich im letzten Semester mit Hilfe eines ERASMUS-Stipendiums Kaiserslautern an und will nun mit einem Thema aus dem Bereich »Bildsegmentation« (Wie identifiziert man »Flecken« auf einer fast sauberen Fläche?) promovieren. Dabei hilft entscheidend ein Stipendium, das die Fraunhofer-Gesellschaft für weibliche Doktoranden zur Verfügung stellt. Kann man sich einen besseren Beitrag zur Integration Europas vorstellen als die Zusammenarbeit junger Wissenschaftler in einem Fraunhofer-Institut?

Drei Beispiele von insgesamt 39 ausländischen Mitarbeitern, Menschen und Wissenschaftlern, die das ITWM mit prägen. Und überdies ist ja nicht nur ihre Kompetenz und ihr Einsatz ein Gewinn für das Institut, auch die Tatsa-



che, dass sie die Kulturen ihrer Heimatländer mitbringen, bereichert die Gemeinschaft. Natürlich ist es für manche nicht leicht, sich der Arbeitsweise eines Fraunhofer-Instituts, dieser Gratwanderung zwischen Forschung und Kommerz, diesem Wechsel zwischen kreativem Nachdenken und Projektdruck anzupassen. Das geht Deutschen, die aus der Hochschule kommen, nicht viel anders; auch ihnen ist der direkte Zusammenhang zwischen Tun und Verdienen fremd. Aber wenn das Umfeld diesen Fraunhofer-Spirit hat – und das ist im ITWM weitestgehend der Fall –, dann entstehen ausgezeichnete internationale Teams. »Internationalisierung nach innen« ergänzt durch eine »Internationalisierung nach außen«, durch den Aufbau von Kooperationsgruppen im Ausland: Vielleicht ist das ITWM auch dafür einer der Vorreiter in der Fraunhofer-Gesellschaft? Was für ein Glück, dass uns dabei die für die Internationalisierung verantwortlichen Menschen in der Zentrale so tatkräftig und kompetent unterstützen!

Prof. Dr. Helmut Neunzert



2003 im Rückblick

| | |
|-------------|--|
| 20. Februar | Kuratoriumssitzung: ITWM Spitzenreiter der IuK-Gruppe |
| 17. März | Prof. Helmut Neunzert zum Fellow der Royal Society of Edinburgh ernannt |
| 2. Mai | Linux-Cluster mit einer Leistung von 400 GFlops am Linux Network Research Lab des ITWM installiert |
| 5. Juni | Aufbau einer mathematischen Forschungsplattform für regionale Unternehmen |
| 27. Oktober | Baubeginn am Fraunhofer-Zentrum in der Trippstadter Straße |

Das Jahr 2003 war für das Fraunhofer ITWM geprägt von starker Präsenz in der Öffentlichkeit; das Institut war allein bei sechzehn Messen und Kongressen als Aussteller vertreten, darunter so renommierte Veranstaltungen wie »MEDICA« und »FILTECH«, beide in Düsseldorf, »SuperComputing« in Phoenix, »Control« in Sinsheim, »Sensor« in Nürnberg oder »HUSUMwind«.

Dazu kommen etliche Workshops, die das ITWM organisiert hat, u. a. zur Standort-Optimierung oder über Software-Tools für die Medizintechnik sowie ein Fraunhofer-Expertengespräch zur Krankenhauslogistik mit dem Schwerpunkt »Patiententransporte«.

Besonders auffällig aber ist – neben der generellen Erhöhung der Medienpräsenz – die Akzentverschiebung in der Berichterstattung über das Institut: weg von Ereignissen hin zu Projekten und Inhalten. Allein fünf ITWM-Produkte wurden im monatlich erscheinenden Fraunhofer-Mediendienst vorgestellt. Einen kleinen Einblick in die eigenen Meldungen des Instituts gibt die nächste Seite.

Presse- information

Kaiserslautern,
18. Februar 2003

ITWM bestes Institut in der Fraunhofer-Gruppe »Information und Kommunikation«

Großes Lob aus der Münchner Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft gab es für das Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik bei der diesjährigen Kuratoriumssitzung: Das ITWM hatte 2002 die höchsten Wirtschaftserträge innerhalb der Fraunhofer-Gruppe »Information und Kommunikation«, in der ein Viertel aller Fraunhofer-Institute

Kaiserslautern,
8. Mai 2003

Mathematik überwacht Schwingungen

Kraftwerke sichern unseren Energiebedarf. Egal ob diese Energie nun aus Wind, Wasser, Kohle oder einem anderen Rohstoff gewonnen wird, das Prinzip ist immer das gleiche: Aus Primärenergie wird elektrischer Strom gewonnen und dafür braucht man einen Generator, also eine rotierende Maschine, die mechanische in elektrische Energie umwandelt.

Kaiserslautern,
4. Juni 2003

Mathematik für regionale Unternehmen

Das Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM erhält vom Land Rheinland-Pfalz und dem europäischen Fond für regionale Entwicklung eine Förderung von über einer Mio. Euro für den Aufbau einer »mathematischen Forschungsplattform für regionale Unternehmen«. Davon werden in den nächsten zwei Jahren vor allem kleine

Kaiserslautern,
20. Oktober 2003

Fraunhofer ITWM liefert individuelle Lösungen für Filtrationsprobleme

Filter werden in vielen Bereichen der Industrie und des täglichen Lebens eingesetzt, um Menschen vor toxischen oder allergenen Stoffen zu schützen und die Funktionsfähigkeit von Maschinen zu erhalten. Sie müssen an ihren jeweiligen Einsatzort angepasst werden, d.h. Reinraumfilter müssen



Ein besonderes Anliegen des ITWM ist von Beginn an die Nachwuchsförderung in den Naturwissenschaften gewesen, vor allem natürlich in der Mathematik. Dieses Engagement zeigt sich einerseits in der Beteiligung des Instituts an universitären Veranstaltungen wie dem »Tag der Mathematik«, dem »Techno-Tag« und »Naturwissenschaft und Technik für Schülerinnen« mit Workshops und Vorträgen; andererseits in der langjährigen Zusammenarbeit mit weiterführenden Schulen in der Region, z. B. bei der Aufbereitung praktischer Probleme in der Mathematik in den sogenannten Schüler-Modellierungswochen, in der Betreuung von schulischen Mathematik-AGs, in der Organisation von Schulklassenbesuchen am ITWM und in der Betreuung von Schülerpraktikanten am Institut. Ein Angebot, von dem gerne Gebrauch gemacht wird: Im Jahr 2000 hatte das ITWM ganze fünf Praktikanten zu verzeichnen, im vergangenen Jahr waren es bereits 28.

Zwei davon, Stephan Martin, Student der Wirtschaftsmathematik an der TU Kaiserslautern (1. Semester), und Jenny Metzger, Abiturientin im St. Franziskus-Gymnasium in Kaiserslautern, schildern ihre Praktikumserfahrungen.



Wie seid ihr auf die Idee gekommen, ein Praktikum im ITWM zu machen?

Jenny: Ich wurde von meinen Lehrern angesprochen, die bereits Kontakt mit dem ITWM hatten.

Stephan: Ich fand über Links auf der Homepage der TU Kaiserslautern die Adresse vom ITWM, wusste auch schon einiges über das Institut aus Zeitungsartikeln.

Welche Motivation hattet ihr für solch ein Praktikum?

Jenny: Ich habe mir überlegt, vielleicht Mathematik zu studieren, hauptsächlich aber Interesse an dem Fach. Ich war bereits vorher auf den Modellierungswochen in Lambrecht und fand das ganz toll.

Stephan: Ich konnte mir nur schwer vorstellen, was Mathematiker im »echten« Beruf so alles machen, wir kennen ja nur die Seite von der Schule und den Lehrern, ich wollte wie Jenny auch wissen, wie das so in der Realität ist.

Wurden eure Erwartungen erfüllt?

Jenny: Ja, auf jeden Fall.

Stephan: Ich habe in meinem Praktikum eine Projektarbeit gemacht, in der ich die Themen des Instituts auf Schülerniveau beschrieben und bearbeitet habe. So konnte ich einen umfassenden Einblick über fast alle aktuellen Projekte aller Abteilungen erhalten, das war toll.

Wie fandet ihr eure Betreuung?

Jenny: Wirklich gut! Ich konnte immer fragen und hatte nie den Eindruck, dass ich die Leute nerve. Die Mitarbeiter waren wirklich sehr nett und haben mich voll integriert.

Stephan: Die Betreuung war sehr gut, sehr angenehm und vor allem sehr persönlich! Ich kam mir überhaupt nicht als Praktikant vor. Die Atmosphäre war sehr locker und ungezwungen und ich musste auch nie Kaffee kochen oder am Kopierer stehen.

Was war sonst noch gut?

Jenny: Ich habe viele neue Programme kennen gelernt. Meine Arbeit war auch nicht für den Papierkorb oder nur erfunden, um mich zu beschäftigen. Die

Ergebnisse, die ich produziert habe, wurden wirklich hinterher benutzt! Ich konnte sehr selbstständig arbeiten und musste nicht bei jemanden sitzen und nur zuschauen.



Stephan: Der breite Einblick in die anderen Arbeitsgruppen. Alle waren bereit, mir irgendwas zu erklären bzw. sind auf meine Fragen eingegangen.

Was war in euren Augen weniger gut?

Jenny: Da fällt mir jetzt gar nichts ein.

Stephan: Ich hatte einmal einen Wechsel in eine andere Abteilung, da waren die Leute etwas unvorbereitet, das lag vielleicht an der internen Kommunikation, vielleicht muss da ein besserer Übergang geschaffen werden.

Hat oder hatte das Praktikum bei euch Einfluss auf eure Berufswahl gehabt?

Jenny: Bis jetzt noch nicht. Ich fand es aber äußerst hilfreich zur Orientierung. Ich bin jedoch immer noch auf der Suche und habe mich noch nicht entschieden. Vielleicht gehe ich nach dem Abi in Richtung Informatik oder Medizin.

Stephan: Ich habe direkt im Anschluss an das Praktikum und meine HiWi-Tätigkeit am ITWM erst mal etwas anderes studiert, habe mich aber jetzt doch für die Mathematik entschieden und es bislang nicht bereut. Ich weiß ja, was mich erwartet und kann mir mehr vorstellen als ohne das Praktikum.

Kontakt

Dr. Marion Schulz-Reese
Verwaltungsleiterin
☎ 06 31/2 05-41 40
schulz_reese@itwm.fraunhofer.de

Dr. Franz-Josef Pfreundt, Volker Hochgürtel, Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters, Martin Braun, Christian Peter
Dieter Eubell, Claudia Meissner, Ilka Blauth, Steffen Grützner, Sandra Leugner, Prof. Dr. Helmut Neunzert, Gabriele Gramsch
Manuela Hoffmann, Katharina Parusel, Ingeborg Woltmann, Dr. Marion Schulz-Reese, Brigitte Williard
Nicht im Bild: Myrjam Schröer, Dr. Renate Tobies, Martin Vogt



Transportvorgänge

Die Bewegung von Fäden in einer Luftströmung, das Betanken eines Kraftfahrzeugs, der Strahlungstransport durch Glas, die Dosisinlagerung bei der Strahlentherapie, die konvektionsgetriebene Kühlung eines Scheinwerfers und die Gasströmung durch ein Pipelinenetz sind die nachfolgend dargestellten Projektbeispiele für Transportvorgänge. Die Modellierung solcher Vorgänge führt aus mathematischer Sicht auf Transportgleichungen, d. h. auf partielle (Integro-) Differentialgleichungen.

Die Abteilung Transportvorgänge erarbeitet in dem exemplarisch charakterisierten Umfeld technisch-naturwissenschaftliche Modelle und entwickelt effiziente Algorithmen zur numerischen Simulation dieser Modelle. Darauf basierend werden für die Kunden der Abteilung aus den verschiedenartigsten Industriezweigen Lösungen erarbeitet, die einerseits Studien mit Auslegungs-, Konstruktions- und Optimierungsvorschlägen und andererseits die Entwicklung von Software-Konzepten und Software-Tools umfassen.

Im erneut sehr erfolgreichen Geschäftsjahr 2003 konnte das Profil der Abteilung in den inhaltlichen bzw. methodischen Schwerpunkten

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

weiter geschärft werden. Im letzten Schwerpunkt zeigt sich zudem die große Bandbreite der behandelten Anwendungsprobleme. Hier werden vorhandene Kompetenzen zusammengebracht und neue Themenfelder generiert. An den Arbeiten dieses Schwerpunkts sind daher in wechselnden Teams fast alle Mitarbeiter der Abteilung beteiligt.

Die Arbeiten im Rahmen der industriellen Auftragsforschung werden durch Grundlagenforschung ergänzt und unterstützt. Diese Grundlagenforschung wird wesentlich durch eine Reihe von Promotionsvorhaben (derzeit elf) im Umfeld der Abteilung getragen.

Dr. Raimund Wegener

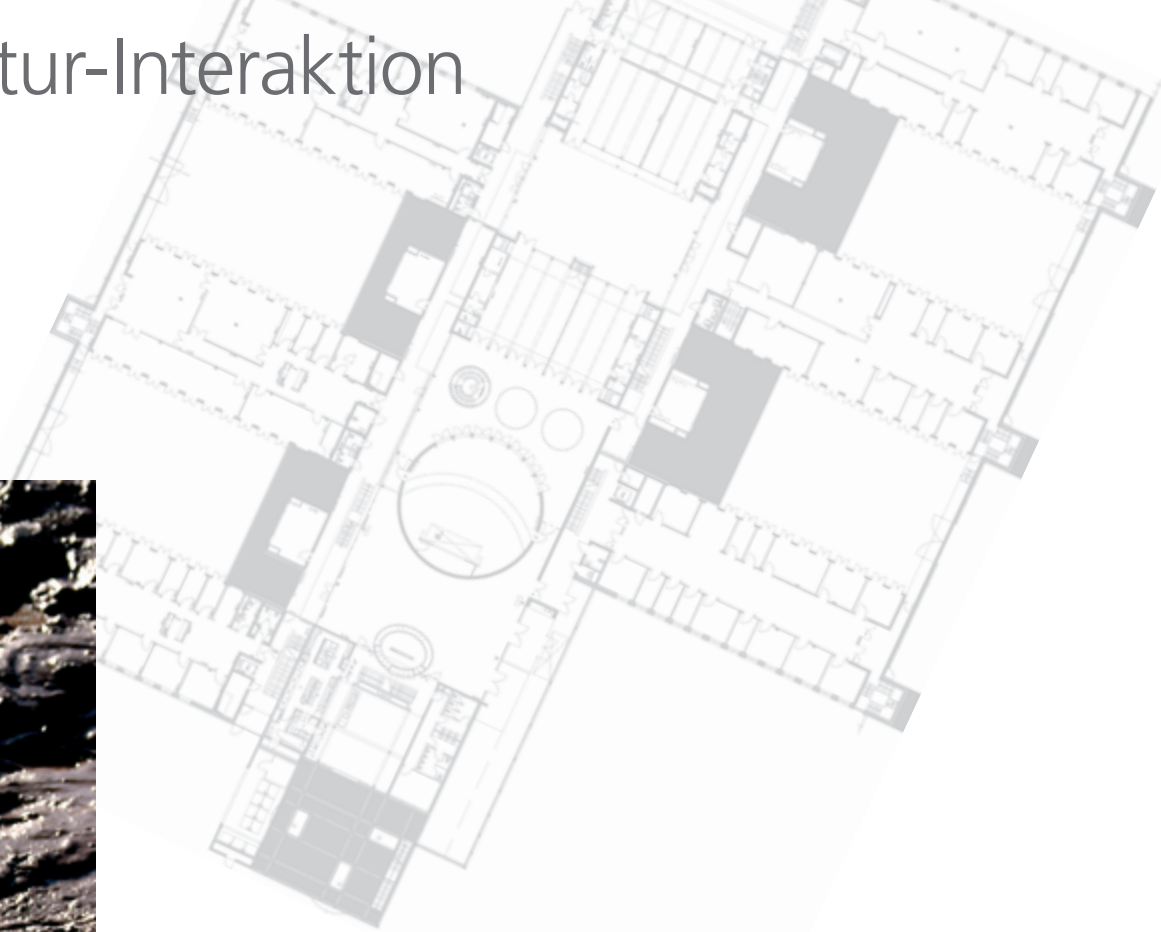
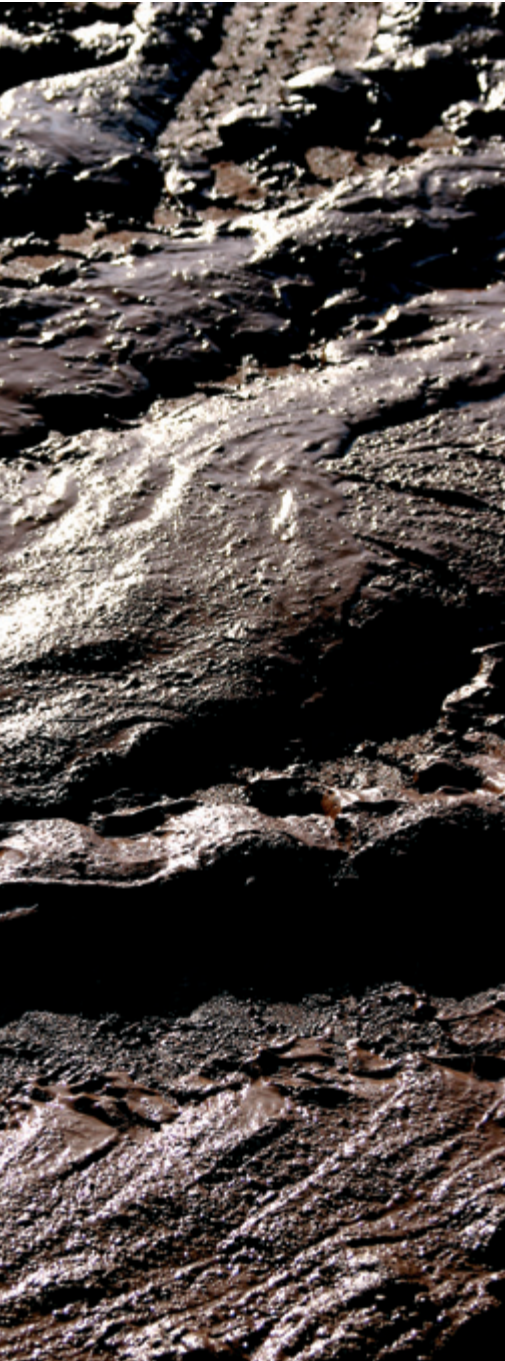
☎ 06 31/2 05-39 26

wegener@itwm.fraunhofer.de

Dr. Dietmar Hietel, Dr. Jörg Kuhnert, Dr. Raimund Wegener, Satyananda Panda
Serban Rares Pop, Aleksander Grm, Dr. Jan Mohring, Sergiy Pereverzyev
Mathieu Sellier, Dr. Marco Günther, Dr. Hartmut Hensel, Arkadiusz Wawrenczuk, Jevgenijs Jegorovs
Dr. Robert Feßler, Dr. Norbert Siedow, Markus von Nida, Christian Schick
Dr. Teodor Grosan, Bhaskare Subra Annadata, Dr. Sudarshan Tiwari, Serguei Antonov, Nicole Marheineke
Nicht im Bild: Eka Budiarto



Fluid-Struktur-Interaktion



Unter »Fluid-Struktur-Interaktion« verstehen wir allgemein gesprochen die Wechselwirkung von Strömungen mit räumlichen Objekten. Die Arbeiten am ITWM in diesem Bereich konzentrieren sich dabei auf solche Objekte, die in der Modellierung ihrer Ausdehnung um eine oder mehrere Dimensionen reduzierbar sind, also Massenpunkte (z. B. Tröpfchen und Partikel), linienförmige Objekte (z. B. Fäden) und flächige Objekte (z. B. Papierbögen). Die Dynamik der Strukturen wird dabei stets durch Newtonsche Bewegungsgleichungen mit inneren und äußeren Kräften beschrieben, wobei die äußeren Kräfte wesentlich durch die Strömungsverhältnisse um und am Objekt bestimmt sind. Das Fraunhofer ITWM entwickelt im beschriebenen Kontext an die jeweilige industrielle Fragestellung angepasste Lösungen, um insbesondere die Komplexität des Problems soweit zu reduzieren, dass auch realistische Anwendungsfälle in Simulationen abgebildet werden können. Zur Simulation der den

jeweiligen Projekten zugrunde liegenden strömungsdynamischen Problemstellungen werden in der Regel Software-Tools wie FLUENT® und ANSYS CFX® eingesetzt, die dann mit eigener Software zur Simulation der Bewegung der Strukturen gekoppelt werden.

Eine besondere Kompetenz besteht mittlerweile für den Bereich der Dynamik von Fäden in Spinn- und Ablageprozessen. Wie das nachfolgende Projektbeispiel zeigt, ist hier das mittelfristige Ziel, die bestehenden algorithmischen Ansätze und Simulationsbausteine in ein möglichst umfassendes Simulationstool zu integrieren. Die Ergebnisse der momentan laufenden Promotionen zur Wechselwirkung von Fäden mit turbulenten Strömungen, zur Dynamik noch nicht verfestigter Fäden und zum Spinnprozess selbst werden in einem zweiten Schritt in dieses Tool einfließen, um so das Spektrum industrieller Anwendungen nochmals deutlich zu erweitern.

Ansprechpartner:

Dr. Dietmar Hietel
☎ 06 31/2 05-40 82

Bewegung von Fäden in Luftströmungen

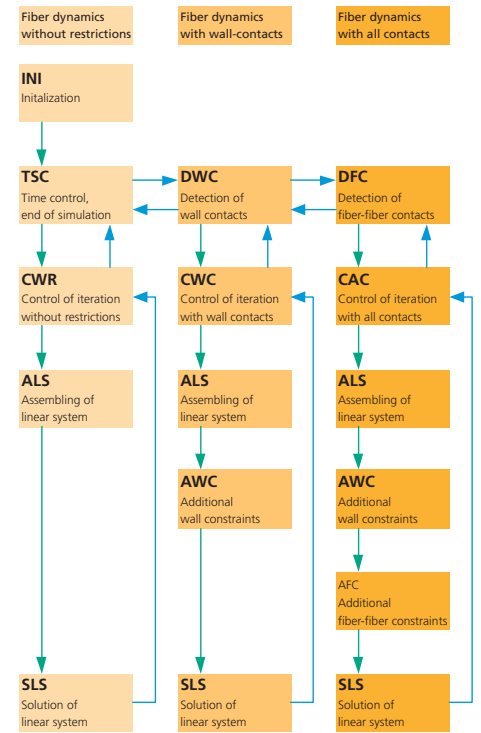
In Produktion und Verarbeitung von Chemiefasern werden die Filamente Kräften ausgesetzt, die zu signifikanten Schwingungen, Kräuselungen, Bündelungen und anderen Faserbewegungen führen. In vielen Prozessen ist die Faserdynamik und deren gezielte Beeinflussung von entscheidender Bedeutung. Am ITWM sind in den letzten Jahren zahlreiche Modelle und zugehörige Software-Bausteine zur Simulation von Faserdynamiken unter Einbeziehung spezieller Aspekte wie Kontakt mit Wänden oder Interaktion zwischen einzelnen Fasern entstanden.

Insbesondere die Anwendungen im Zusammenhang mit der Vliesstoffproduktion sind von schnellen Luftströmungen geprägt. Diese Luftströmungen bewirken einerseits durch Zugkräfte das Ausziehen der Fasern und bestimmen andererseits durch ihre Lenkwirkung die Ablage. In diesem Kontext ist die Rückwirkung der Fasern auf die Strömung ein sekundärer Effekt. Daher kann die Fluid-Struktur-Interaktion durch einen aerodynamischen Kraftterm in der Newtonschen Bewegungsgleichung der Faserdynamik modelliert werden:

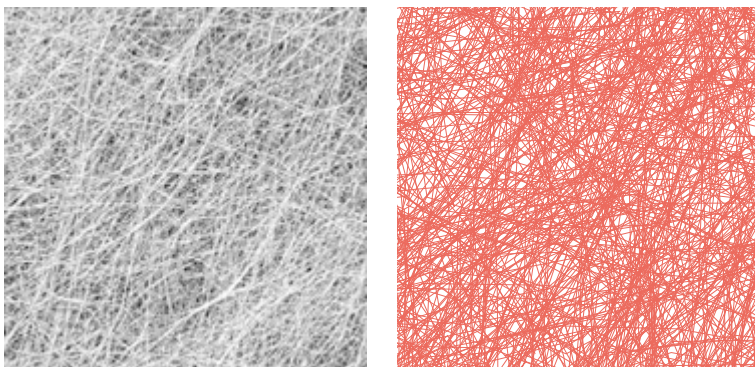
$$\sigma \ddot{x} = \partial_s (T \partial_s x) - S_k \partial_{ssss} x - \sigma g e_{\perp} + f_L$$

Das algorithmische Vorgehen basierend auf diesen Annahmen lässt sich wie folgt beschreiben: Zunächst werden die globalen Strömungsverhältnisse mit einem Standardwerkzeug wie FLUENT® oder ANSYS CFX® simuliert. Daran schließt sich eine Simulation der Faserdynamik an, die zunächst von einer uneingeschränkten Bewegung ausgeht und etwaige Einschränkungen wie Faden-Wand-Interaktion oder Faden-Faden-Interaktion iterativ berücksichtigt.

Im Rahmen einer industriellen Studie wurde ein umfassendes Konzept zur Realisierung eines Tools zur Simulation der Vlieslegung entwickelt, das auf diesen algorithmischen Ideen und den vorhandenen Implementierungsansätzen beruht. Durch Umsetzung dieses Konzepts wird die Grundlage zur Simulation vielfältiger Probleme der Bewegung von Fäden in Strömungen geschaffen. Damit wird es möglich, auch Anwendungen wie die Garnproduktion und alle zugehörigen Prozess- und Verarbeitungsschritte in Simulationen abzubilden. Eingebunden in eine systematische Optimierung erlaubt ein solches Tool den Einstieg in ein simulationsbasiertes Reverse Engineering für den gesamten Bereich der Produktion technischer Textilien und Garne.



Workflow des Simulationskerns zur Vlieslegung



Reales und simuliertes Vlies

Gitterfreie Methoden



Im Bereich der »Gitterfreien Methoden« entwickelt die Abteilung mit der Finite Pointset Method (FPM) eine eigenständige Software für kontinuumsmechanische und insbesondere für strömungsdynamische Problemstellungen (CFD). Zielsetzung bei der Entwicklung von FPM ist es, die Leistungsgrenzen der existierenden klassischen CFD-Methoden (z. B. Finite-Elemente-Methode FEM, Finite-Differenzen-Methode FDM, Finite-Volumen-Methode FVM) im Hinblick auf Gittergenerierung und -adaption zu überwinden und so neue Anwendungsfelder zu erschließen.

Berechnung ein Rechengitter (Mesh) benötigen, das mit nicht unerheblichem Aufwand für das gesamte Strömungsgebiet generiert werden muss. Dies ist insbesondere immer dann problematisch, wenn sich das Strömungsgebiet im Laufe der Berechnung ändert und daher das starre Gitter an die veränderte Geometrie angepasst werden muss (Remeshing). Für komplexe Änderungen – wie z. B. die Entfaltung eines Airbags – wird der benötigte Aufwand für dieses Remeshing so hoch, dass die erwähnten klassischen Methoden das Problem nicht mehr in akzeptablen Rechenzeiten bewältigen können oder sogar vollständig versagen. FPM kommt gänzlich ohne eine solche Vernetzung der Geometrie aus, da alle Informationen über den lokalen strömungsdynamischen Zustand nicht mehr auf einem Gitter, sondern auf einer Punktwolke (Finite Pointset) gespeichert werden. Die Punkte dieser Wolke bewegen sich mit der Strömungsgeschwindigkeit und folgen so flexibel allen geometrischen Veränderungen.

FPM wurde in der Vergangenheit zunächst für kompressible Gasströmungen entwickelt. Im vergangenen Jahr gelang aber auch im Bereich der inkompressiblen Strömungen ein Durchbruch, so dass jetzt eine effiziente Software-Basis zur Behandlung komplexer strömungsdynamischer Probleme – wie das nachfolgend beschriebene Betankungsproblem – zur Verfügung steht.

Ansprechpartner:

Dr. Jörg Kuhnert
☎ 06 31/2 05-40 87

Der Hauptschwachpunkt der erwähnten klassischen Methoden besteht darin, dass sie zur strömungsdynamischen



Betanken von Kraftfahrzeugen

Über einen Zeitraum von drei Jahren wurde im Rahmen eines BMBF-Projekts in Kooperation mit der Volkswagen AG an der Entwicklung eines auf der Finite Pointset Method (FPM) aufsetzenden Simulationstools für Betankungsvorgänge von Kraftfahrzeugen gearbeitet. Mit diesem Tool soll die technische Auslegung von Kraftstoffanlagen unter Einhaltung aller Normvorgaben (Befüllungszeit etc.) auf Basis von Simulationen ermöglicht werden. Dabei ist ein wesentliches Ziel, Fahrzeugtanks möglichst umweltgerecht zu befüllen.

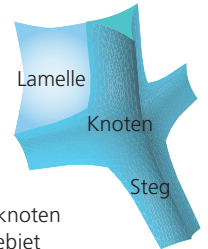
Der Betankungsvorgang ist ein sehr komplexer und vielgestaltiger physikalischer Prozess. Eine erste Problemstellung ergibt sich aus der enormen geometrischen Komplexität des Kraftfahrzeugtanks, die aus der immer kompakteren Automobilbauweise herrührt. In den letzten Jahrzehnten wurde so aus einem simplen Kanister eine High-tech-Einheit. Eine weitere Problemstellung ist das physikalische bzw. dynamische Verhalten von Kraftstoff. Diesel im besonderen, aber auch Benzin tendieren zur Schaumbildung. Der Schaum wiederum hat wesentlichen Einfluss auf die Befüllbarkeit der Kraftstoffanlage.

Für die numerischen Simulationen soll der Schaum als homogene Phase betrachtet werden. Da Schaum jedoch ein kompliziertes Gebilde aus Blasen, La-

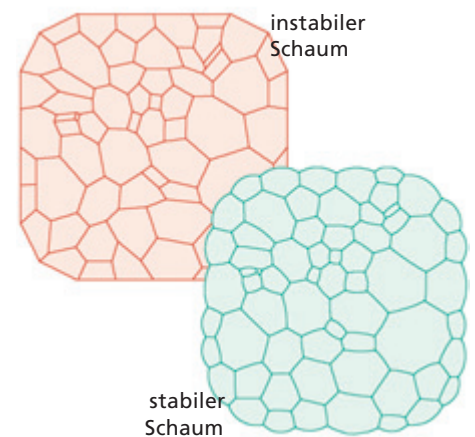
mellen, Stegen und Knotenpunkten ist, muss er, um ihn als Phase betrachten zu können, mathematisch modelliert werden. Dabei stehen folgende Aspekte im Mittelpunkt:

- das Spannungs-Dehnungs-Verhalten von Schaum (Materialgesetz) in Abhängigkeit von Blasengröße und Flüssigkeitsgehalt
- die Schaumentstehung an turbulenten Oberflächen einer Flüssigkeit und durch schwerkraftgetriebenes Aufsteigen von Gasen, die in der Flüssigkeit enthalten oder gelöst sind
- die Drainage, d. h. der Flüssigkeitstransport durch das System von Schaumlamellen
- der Schaumzerfall (also die Frage, wie lange eine Schaumlamelle besteht, bevor sie birst)

Für den ersten Punkt ist eine eher makroskopische Betrachtungsweise vonnöten, die versucht, das System von Schaumblasen und Lamellen zu homogenisieren, um zu einer Darstellung viskoser, elastischer bzw. plastischer Anteile im Spannungsverhalten des Schaums zu gelangen. Die weiteren Punkte erfordern eine mikroskopische Betrachtung, bei der die Strömungsvor-



Mikroanalyse: Der Schaumknoten als komplexes Strömungsgebiet

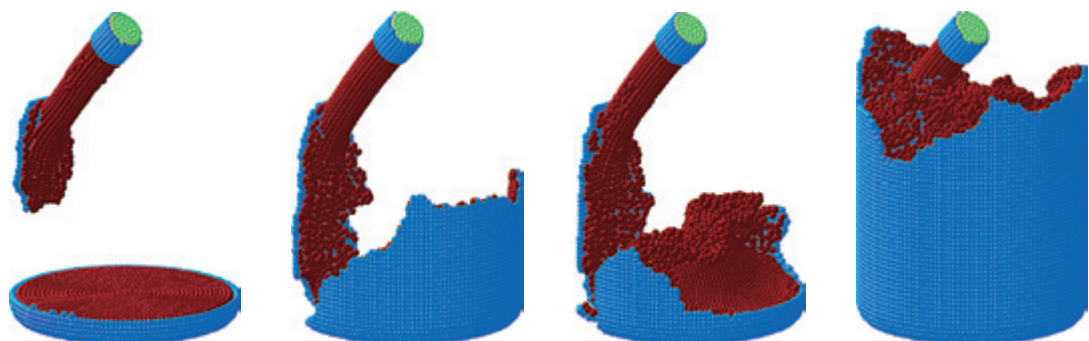


Erzeugung eines realen, stabilen Schaumes aus einer Voronoi-Tesselation (instabiler Schaum)

gänge innerhalb einer Schaumlamelle, eines Stegs oder eines Knotens untersucht werden.

Insgesamt stellt das Betanken ein Mehrphasenproblem aus Luft, Schaum und Kraftstoff dar. Besondere Aufmerksamkeit galt daher im Projekt der Formulierung und Implementierung von konsistenten Bedingungen an den Phasengrenzen.

Befüllungsversuch am Glaszylinder mit Benzin



Strahlungstransport und Parameteridentifikation



In vielen Produktionsprozessen, in denen sich Materialien oder Bauteile aufheizen oder abkühlen, spielt neben Wärmeleitung Strahlung eine wichtige Rolle. Besonders interessant sind aus mathematischer Sicht semitransparente Materialien wie Glas, da diese nicht nur von der Oberfläche abstrahlen, sondern im gesamten Volumen Strahlung emittieren und absorbieren. In Kooperation mit der Firma Schott Glas, Mainz, wurde in den vergangenen Jahren am ITWM ein ganzes Spektrum von Simulationsmethoden für dieses komplexe Problem erarbeitet, das durch die nachfolgend beschriebene Entwicklung einer Diskrete-Ordinaten-Methode erweitert wurde. Neben der Berücksichtigung von Absorption und Emission gestattet die jetzt vorhandene Software auch die Einbeziehung von Streuung. Daneben konzentrierten sich im vergangenen Jahr die Arbeiten auf die Modellierung von Glas als grauem Strahler, d. h. die

Ersetzung der Wellenlängenabhängigkeit des Absorptionskoeffizienten durch einen effektiven Wert.

Neben der Simulation von Strahlungstransportprozessen führten in jüngster Zeit verschiedene industrielle Fragestellungen auf sogenannte Inverse Probleme bzw. Probleme der Parameteridentifikation im Umfeld von Wärmeleitung und Wärmestrahlung. Ein Beispiel ist die Rekonstruktion des Temperaturverlaufs im Inneren eines Körpers ohne Kenntnis von Anfangsbedingungen aus Randmessdaten. Die erarbeiteten Methoden zur Parameteridentifikation sollen in Zukunft verstärkt auch auf verwandte Fragestellungen erweitert werden. Ein aktuelles Beispiel hierzu ist die Modellierung und Simulation der Wirkstoffdiffusion im Innenohr, bei der die Identifikation der verschiedenen physiologischen Modellparameter aus Messdaten eine herausragende Rolle spielen.

Ansprechpartner:

Dr. Norbert Siedow
☎ 06 31/2 05-41 26

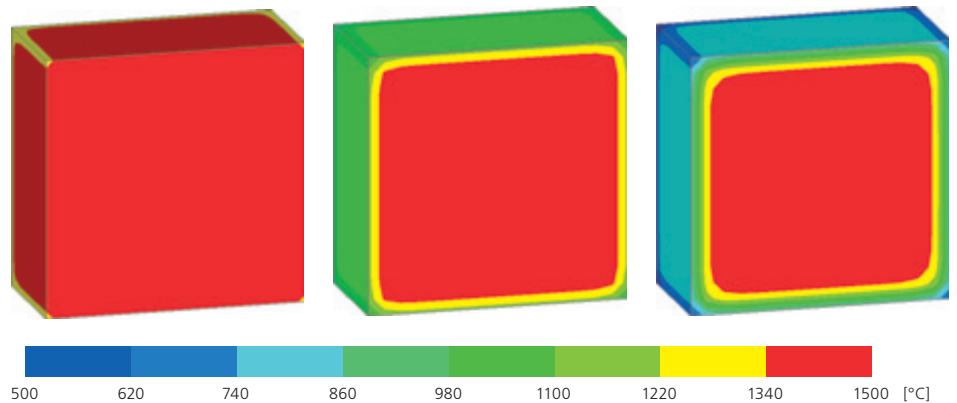
DOM-Algorithmus für Strahlungstransport

Wärmetransport kann bei niedrigen Temperaturen sehr einfach als reines Wärmeleitungsproblem mit kommerziellen Software-Paketen behandelt werden. Bei höheren Temperaturen, wie sie etwa in der Glasproduktion auftreten, dominiert dagegen der Wärmetransport durch Strahlung, so dass anspruchsvollere Modelle benötigt werden, die beide Wärmetransportmechanismen – Wärmeleitung und Wärmestrahlung – miteinander koppeln. Während opake Materialien lediglich über ihre Oberfläche Wärmestrahlung austauschen, müssen semitransparente Materialien dagegen als echte Volumenstrahler behandelt werden.

Die Modellierung der Kopplung von Wärmeleitung und -strahlung führt auf ein für die Numerik sehr anspruchsvolles siebendimensionales Integro-Differentialgleichungssystem, für dessen Lösung verschiedene Ansätze existieren. In der Vergangenheit wurde neben anderen Verfahren (z. B. Rosseland- und

P_1 -Approximation) eine verbesserte Diffusionsapproximation hergeleitet, die durch asymptotische Überlegungen begründet ist und den Strahlungstransport durch eine geometrieabhängige Korrektur des Wärmeleitkoeffizienten und einer entsprechenden Quellfunktion in der Wärmeleitungsgleichung berücksichtigt. Ergänzt wurde das Methodenspektrum nun durch ein aus der Literatur bekanntes Diskrete-Ordinaten-Verfahren. Durch die Wahl von m diskreten Richtungen wird die richtungsabhängige Strahlungstransportgleichung in m richtungsunabhängige Gleichungen überführt. Diese Gleichungen werden dann mit Hilfe eines Finite-Volumen-Verfahrens diskretisiert und das so erzeugte algebraische Gleichungssystem numerisch gelöst. Neben Absorption und Emission im Gebietsinneren und Reflexion an den Gebietsrändern können mit diesem Verfahren auch Streueffekte sehr einfach berücksichtigt werden.

Streuung ist in verschiedenen semitransparenten Medien eine nicht zu vernachlässigende physikalische Eigenschaft, beispielsweise in Milchgläsern, Keramiken, Gasen oder auch in biologischem Gewebe. Streuung und Absorption können durchaus auch gewünschte Effekte sein, die beispielsweise die optischen Eigenschaften von Gläsern verändern. Durch Simulation des Strahlungstransports im Medium können Parameterstudien durchgeführt und deren Effekt auf die Streu- und Absorptionseigenschaften des Materials untersucht werden. Für sehr stark streuende Medien kann die Verwendung asymptotischer Lösungsansätze die für die Simulation notwendigen Rechenzeiten erheblich verkürzen.



Simulation der Abkühlung eines Glaswürfels; zu sehen ist ein Querschnitt durch die Würfelmittle. Links: nur Wärmeleitung, Mitte: Wärmeleitung und Oberflächenstrahlung, rechts: Wärmeleitung und Volumenstrahlung

Dosiseinlagerung bei der Strahlentherapie

In der modernen Krebstherapie ist die Behandlung mit ionisierender Photonenstrahlung neben Chirurgie und Chemotherapie eine der wichtigsten Methoden. Das Ziel jeder Strahlentherapie ist die Deposition möglichst hoher Energiedosen im Tumorgewebe, wobei gleichzeitig das umgebende gesunde Gewebe einer so geringen Strahlenbelastung wie nur möglich ausgesetzt werden soll, um die Nebenwirkungen der Therapie zu minimieren. Diese konkurrierenden Zielsetzungen führen auf Optimierungsprobleme, deren Lösung u. a. eine hocheffiziente Dosisberechnung verlangt.

Derzeit kommen in der Dosisberechnung zwei Modellzugänge zur Anwendung. Dies sind einerseits sogenannte Pencil-Beam-Modelle, die basierend auf einem heuristischen Ansatz eine sehr schnelle Berechnung ermöglichen, und andererseits Monte-Carlo-Modelle, die zwar auf einer physikalisch fundierten mikroskopischen Beschreibung der Energieausbreitung und -einlagerung beruhen, aber erhebliche Rechenzeiten benötigen. Aufgrund der Anforderungen an die Rechenzeiten konnten sich im klinischen Alltag bislang die

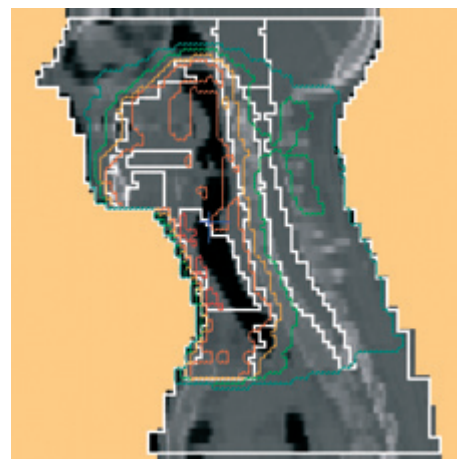
Pencil-Beam-Modelle durchsetzen. Ihre Effizienz erkaufen diese Modelle jedoch durch eine teilweise recht ungenaue Berechnung der Dosis, insbesondere in inhomogenen Bereichen des Körpers.

Im Rahmen des durch das BMBF geförderten Verbundprojekts RADIOPLAN wurden im Bereich der zu Beginn erwähnten Optimierungsprobleme große Fortschritte erzielt (siehe Abteilung OPTIMIERUNG, Seite 79). In der Abteilung TRANSPORTVORGÄNGE wurde zudem in enger Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer SCAI ein bislang wenig verfolgter Ansatz zur Dosisberechnung für die Photonenbestrahlung aufgegriffen und weiterentwickelt. Grundlage bilden die Strahlungstransportgleichung für Photonen und kinetische Transportgleichungen für Elektronen, die durch die primäre Photonenbestrahlung freigesetzt werden. Diese Gleichungen enthalten alle relevanten Wechselwirkungen der Strahlung mit dem Gewebe

be in lokaler Auflösung. Die Wirkung der Strahlung in inhomogenen Körperpartien ist damit modellinhärent und muss nicht wie bei Pencil-Beam-Modellen nachträglich durch Korrekturfaktoren berücksichtigt werden. Der numerische Aufwand für die Lösung dieser Gleichungen ist aber vergleichbar mit demjenigen der Monte-Carlo-Modelle. Durch asymptotische Entwicklung der Transportgleichungen konnten im Projekt vereinfachte Gleichungen abgeleitet werden, die eine schnellere Berechnung der Dosis ermöglichen, nach wie vor aber die lokalen Informationen der Ausgangsgleichungen enthalten.

Für die bislang untersuchten einfachen eindimensionalen Bestrahlungssimulationen ergibt sich ein vielversprechendes Bild. Bei einem gegenüber Monte-Carlo verringerten Rechenaufwand wurden Ergebnisse erzielt, die lokale Inhomogenitäten wesentlich genauer berücksichtigen als Pencil-Beam-Modelle.

Dosisberechnung für einen Kopf-Hals-Tumor (Testdaten: Deutsches Krebsforschungszentrum)



Kontinuumsmechanische Produkt- und Prozessauslegung

In diesem Schwerpunkt werden die verschiedenartigen Kompetenzen der Abteilung im Umfeld der Modellierung und Simulation von Transportvorgängen gebündelt. Dabei werden hauptsächlich Industrieprojekte zur technischen Auslegung und Optimierung von Produkten und Produktionsprozessen bearbeitet. Die Basis dazu bilden kontinuumsmechanische Modelle im weitesten Sinne, d. h. Strömungsdynamik, Wärmeleitung, Diffusion, Strahlungstransport, Strukturmechanik, Akustik etc. Auf Seiten der Simulation kommen kommerzielle Software-Produkte (wie FLUENT® oder ANSYS®), eigene Software und hybride Software-Lösungen zum Einsatz. Ein illustratives Beispiel für ein Projekt, in dem mehrere der genannten Modellgleichungen gekoppelt auftreten, ist die nachfolgend beschriebene Simulation des Temperaturfelds in einem Scheinwerfer. Hier benötigt man zur Modellierung und Simulation des Problems Strahlungstransport, Wärmeleitung und konvektive Strömung.

Eine weitere Stärke der Abteilung liegt in der Behandlung solcher Modelle, die aus Komplexitätsgründen insbesondere vor dem Hintergrund von Optimierungsfragestellungen nach geeigneter Modellreduktion verlangen. Hier kommen asymptotische und systemtheoretische Methoden zur Anwendung. Das nachfolgend ebenfalls dargestellte Projektbeispiel zum Thema Gaspipelinetzwerke zeigt, wie die strömungs-

dynamische Beschreibung des Gas- transports in jedem Teilstück mit Hilfe asymptotischer Analysis soweit vereinfacht werden kann, dass ganze Netzwerke effizient behandelbar werden.

Durch die Vielfalt der in diesem Schwerpunkt hinsichtlich Modellierung, Asymptotik, Numerik und Simulation auftretenden Fragestellungen werden ständig auch neue Forschungsthemen generiert. Aus den industriellen Arbeiten heraus wurden so im vergangenen Jahr Promotionen zu den Themen Nichtlineare Akustik und Granulare Strömungen gestartet.

Ansprechpartner:

Dr. Jan Mohring
☎ 06 31/2 05-38 86



Temperaturfeld in einem Scheinwerfer

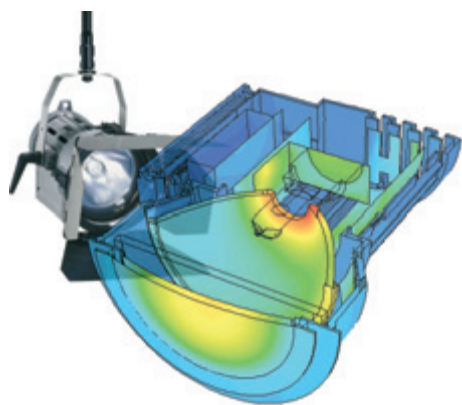
Die Firma ARRI Lichttechnik ist ein weltweit führender Hersteller von Beleuchtungssystemen, die u. a. in der Studio- und Filmtechnik eingesetzt werden. Die von ARRI produzierten Scheinwerfer liefern aufgrund ihrer großen Leuchtkraft auch signifikante Wärmeleistungen. Messungen der Firma ARRI haben gezeigt, dass innerhalb der Scheinwerfer Temperaturen von mehreren hundert Grad Celsius auftreten, die ohne weitere Maßnahmen die sehr empfindliche Elektronik beschädigen könnten. Der Einsatz von Lüftern ist aufgrund des inakzeptablen Geräuschpegels im Studio- bzw. Filmbetrieb nicht möglich. Deshalb werden die Scheinwerfer durch Konvektion gekühlt. Die Gehäuse der Scheinwerfer sind mit Öffnungen versehen, so dass kalte Luft in das Innere gelangt, sich an Kühlblechen aufheizt, somit das Innere kühlt und als heiße Luft den Scheinwerfer wieder verlässt. Diese Prozesse wurden im Projekt mit Hilfe von Computersimulationen nachvollzogen.

Das Aufheizen des Scheinwerfers erfolgt primär durch Oberflächenstrahlung, die von der Glühwendel entsprechend ihrer Temperatur und Wärmeleistung abgegeben und anschließend im

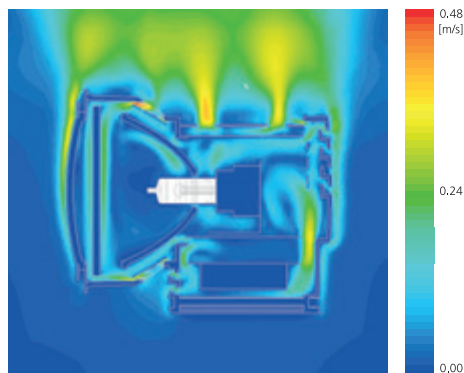
Scheinwerfer mehrfach reflektiert wird. Auch andere Gehäuseteile strahlen entsprechend ihrer Temperatur ab. Die Annahme reiner Oberflächenstrahlung ist wegen der Transparenz der Luft gerechtfertigt. Im Inneren der meist metallischen Bauteile des Scheinwerfers wird die Wärme durch übliche Wärmeleitung transportiert. Die Luft heizt sich nun an den Oberflächen der Scheinwerferbauteile auf, so dass eine Konvektionsströmung in Gang kommt. Diese wurde durch die Navier-Stokes-Gleichungen in der sogenannten Boussinesq-Näherung modelliert. Hierbei werden die temperaturbedingten Dichteunterschiede in der Luft nur in einem sogenannten Auftriebsterm der Impulsgleichung berücksichtigt, nicht jedoch in der Kontinuitätsgleichung. Dadurch werden eventuelle, störende Schallwellen von vornherein vermieden, was der numerischen Stabilität zugute kommt und zudem die Rechenzeiten senkt. An den Kontaktflächen wurde die Stetigkeit der Temperatur und das Verschwinden der Gesamtwärmebilanz gefordert, an den äußeren Rändern des Rechengebietes die Stetigkeit des Drucks und das Verschwinden des Gesamtmassenflusses. Zur numerischen Berechnung wurde das kommerzielle

Programmpaket FLUENT® verwendet, in welchem diskretisierte Versionen der relevanten Gleichungen implementiert sind. Da FLUENT® als numerisches Verfahren die Finite-Volumen-Methode verwendet, müssen die Rechengebiete mittels eines Gitters in kleine Zellen zerlegt werden. Da der Scheinwerfer aber eine sehr komplexe Geometrie aufweist, mussten für diese sogenannte Vernetzung einige Vereinfachungen der Geometrie vorgenommen werden, jedoch möglichst ohne die Ergebnisse wesentlich zu beeinflussen.

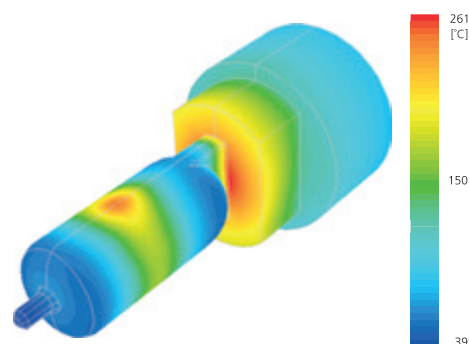
Die Simulationsergebnisse zeigen, wie erwartet, die Ausbildung einer im wesentlichen von unten nach oben gerichteten Konvektionsströmung durch den Scheinwerfer. Die Temperaturen der einzelnen Bauteile stimmen gut mit den von ARRI gemessenen überein. Die bei diesem Projekt entwickelten Methoden können also die Auslegung und das Design zukünftiger Scheinwerfer vorteilhaft unterstützen.



Temperaturfeldsimulation



Konvektionsgeschwindigkeiten



Temperatur auf Leuchtmittel und Sockel

Gaspipeline-Netzwerke

Die nachfolgend geschilderten Arbeiten stellen Beiträge zum EU-Projekt e_GAS-GRID dar. Gemeinsam mit der Abteilung ADAPTIVE SYSTEME sowie Software-Herstellern, Unternehmensberatern, Ausrüstern und Netzbetreibern der europäischen Gasindustrie werden hier der zukünftige Bedarf nach Werkzeugen für Datenaustausch und Simulation im zusammenwachsenden und liberalisierten europäischen Gasmarkt untersucht und entsprechende Konzepte erstellt.

Während auf Ebene der Gasnetzbetreiber bereits heute vielfältige Simulations- und Optimierungssoftware eingesetzt wird, fehlen weitgehend Werkzeuge für eine internationale Koordinierung, z. B. als Planungsgrundlage für betreiberunabhängige, international agierende Gashändler oder zur großflächigen Umleitung nach schweren Unfällen.

Ein zentrales Problem liegt darin, dass die übliche Beschreibung des Gasflusses durch partielle Differentialgleichungen (1D-Navier-Stokes) bei weitem zu viele Unbekannte enthält, als dass sie zur Grundlage gesamteuropäischer Optimierungsprobleme genommen werden könnte. Ziel ist es daher, Drücke und Flüsse entlang einer einzelnen Pipeline zu eliminieren und nur noch solche mit planerischer Bedeutung zu betrachten, d. h. in Knoten, an denen Gas eingespeist oder entnommen wird, sich Pipelines verzweigen oder sich aktive Elemente wie z. B. Kompressoren befinden. Unter akzeptablen Vereinfachungen – Trägheit gegenüber Reibung vernachlässigbar, isotherm, konstante Kompressibilität – ist für den stationären Fall seit langem ein analytischer Zusammenhang zwischen dem Massefluss durch eine einzelne Pipeline und den Drücken an Ein- und Ausgang bekannt.

Gerade bei Balancierungsproblemen oder der Berechnung von Vorlaufzeiten im Krisenfall ist jedoch eine transiente Beschreibung unumgänglich. Eine analytische Lösung existiert hier nicht und knotenbasierte systemtheoretische Modelle fußten bislang auf eher naiven Ansätzen für mittlere Drücke und Flüsse. Ausgehend von einer asymptotischen Entwicklung des Druckverlaufs für langsam veränderliche Randdrücke konnte dem nun ein Modell entgegen gestellt werden, das bei gleicher Knotenverteilung nicht nur genauer ist, sondern für das auch geklärt ist, unter welchen Umständen die Genauigkeit leidet und wie sie dann durch Einfügen von Zwischenknoten wieder hergestellt werden kann.

Das Pipelinemodell bildet die Grundlage eines transienten Matlab®-basierten Gasnetzwerk-Simulators. In der Abteilung ADAPTIVE SYSTEME (siehe Seite 59) wurde es zusätzlich als Option für die symbolische Beschreibung von Gasnetzwerken in das Computeralgebra-Programm Analog Insydes® integriert.



Pipelinemodelle

$$0 = \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{4zRT}{\pi D^2 M} \frac{\partial Q}{\partial x}$$

$$0 = 2p \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{16zRT\lambda}{\pi^2 D^5 M} |Q| Q$$

↓

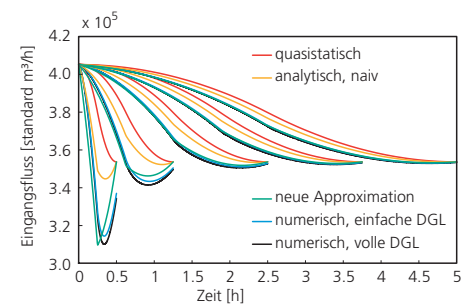
$$Q_A = \text{sign}(p_A - p_B) \sqrt{\alpha |p_A^2 - p_B^2|}$$

$$+ \beta \frac{(6p_A^2 + 18p_A p_B + 16p_B^2) p_A}{15(p_A^4 + p_B^4)} \frac{\partial p_A}{\partial t}$$

$$+ \beta \frac{(4p_A^2 + 12p_A p_B + 4p_B^2) p_B}{15(p_A^4 + p_B^4)} \frac{\partial p_B}{\partial t}$$

Übergang von einer vereinfachten partiellen hin zu einer endknotenbasierten gewöhnlichen Differentialgleichung; Q bezeichnet den Massefluss, p den Druck. D und λ sind Durchmesser bzw. Reibungskoeffizient der Pipeline. Die Indizes A und B markieren die Enden der Röhre. α und β enthalten Pipeline- und Gasparameter. Der Fehler ist proportional zu $\varepsilon^2 \sim L^3/t_{tr}^2$ (L : Pipelinelänge, t_{tr} : Übergangszeit für Druckwechsel, ε : kleiner Parameter der asymptotischen Entwicklung)

Auf Basis verschiedener Modelle simulierter Gasfluss in einer Pipeline von 50 km Länge und 0,5 m Durchmesser; die »Bündel« korrespondieren mit einem unterschiedlich schnellen, s-förmigen Abfall des Eingangsdrucks von 65 auf 60 bar.



Strömungen und komplexe Strukturen

Die Abteilung STRÖMUNGEN UND KOMPLEXE STRUKTUREN beschäftigt sich mit Modellierung und Simulation strömungsdynamischer und strukturelastischer Prozesse zur Optimierung von Materialien und Bauteilen. Zu unseren Kernkompetenzen zählt die effiziente numerische Behandlung der in komplexen Strukturen auftretenden Multiskalen- und Multiphysikprobleme.

Aktuelle Forschungsthemen sind die Beherrschung dynamischer Ränder und Grenzflächen, komplexe Fluide (Polymere, Suspensionen, Granulate) und deren Erstarrung sowie Fluid-Strukturkopplungen in deformierbaren porösen Medien.

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

Unsere Schwerpunkte im Einzelnen:

- Hydrodynamik und komplexe Fluide
- Mikrostruktursimulation und virtuelles Materialdesign
- Struktur- und Prozessoptimierung

»Hydrodynamik« und »Komplexe Fluide« bilden den Kernbereich der Modellierung und Entwicklung spezifischer Algorithmen und Software für komplexe strömungsdynamische Prozesse. Aktuelle Anwendungsbereiche sind die gekoppelte Simulation von Hochwasser auf der Oberfläche, im Kanal und im Boden, die Kompletmodellierung von Filtersystemen und die Simulation der Infiltration poröser Schichten.

Insbesondere aufgrund der im Herbst erstmals vorgestellten Software GEODICT besitzt der Schwerpunkt »Mikrostruktursimulation und virtuelles Materialdesign« ein großes Entwicklungspotenzial. Mit GEODICT lassen sich intuitiv und schnell virtuelle Faser- und Verbundmaterialien erzeugen und deren strömungs- und strukturdynamische Eigenschaften berechnen. Ein Programm zur Auslegung von Filtermedien wird demnächst bereitstehen.

Einen gemeinsamen Entwicklungsbereich mit dem vorrangigen Ziel eines ganzheitlichen Ansatzes beim Bauteildesign unter simultaner Berücksichtigung von Materialauswahl, Herstellungsverfahren und Dimensionierung der Bauteile bilden die Schwerpunkte »Füll- und Gießprozesse« und »Strukturoptimierung«. Aktuelle Anwendungen sind die durchgängige Simulationskette bei der Strukturoptimierung von Gussteilen und das Design von textilen Schallabsorbern im Automobil.

Dr. Dirk Kehrwald, Darek Niedziela, Stefan Rief
Alfonso Caiazzo, Iuliana Matei, PD Dr. Heiko Andrä, PD Dr. Arnulf Latz
Dr. Volker Schulz, PD Dr. Oleg Iliev, Ashok Kumar Vaikuntam, Dr. Konrad Steiner
Mohan-Kumar Somisetty, Inga Shklyar, Dr. Norman Ettrich, Vsevelod Laptev

Nicht im Bild: Dr.-Ing. Joachim Linn, Hanna Naumovich, Vita Rutka, Andreas Wiegmann, PhD



Hydrodynamik und komplexe Fluide

Im Bereich »Hydrodynamik und komplexe Fluide« befassen wir uns mit Strömungen, die sowohl für industrielle als auch für ökologische Anwendungen relevant sind. In der Regel müssen dabei multiphysikalische Probleme, zum Teil mit freien Oberflächen, unter Einbeziehung komplexer rheologischer Eigenschaften der Flüssigkeiten gelöst werden. Zur Zeit beschäftigen wir uns vor allem mit

- Übergängen von freier Strömung zur Strömung in porösen Medien wie z. B. Filtrationsproblemen
- Zweiphasenströmung in Mikrogeometrien unter Einbeziehung von Kapillarkräften
- Strömung durch heterogene Materialien (Komposita)

- Suspensionen und granulare Strömung
- Strömung von industriell relevanten Flüssigkeiten, deren Fließverhalten stark nicht-Newtonsches Verhalten aufweist.

Letzteres umfasst z. B. Flüssigkeiten, deren Zähigkeit sich lokal ändert, je nachdem welche Strömungsmuster auftreten, sowie Strömungen, die sich sowohl viskos als auch elastisch verhalten können. Für die Anwendung besonders interessant sind flüssige Polymere, Suspensionsfarben, Tinte, Pasten, Glasschmelzen, aber auch Gele und Blut. Bei Strömungen durch poröse Medien sind auch durch die Strömungen verursachte Deformationen des Mediums von großem Interesse für die industrielle Praxis.

Im Bereich der Hochwassersimulation werden Vereinfachungen der Navier-Stokes-Gleichungen benutzt, um die Entstehung von Hochwasser in Abhängigkeit von der Topographie, der Regenmenge, der Kapazität des vorhandenen Kanalnetzes und dem Bedeckungsgrad des Bodens zu simulieren.

Methodisch wenden wir ein breites Spektrum mathematischer Techniken an, um die Vielfalt an Phänomenen, die in komplexen Flüssigkeiten auftreten, adäquat zu erfassen. Wir erweitern beispielsweise nicht nur die klassischen numerischen Verfahren der Strömungsmechanik (Finite Volumen, Finite Elemente und Finite Differenzen), sondern auch das Lattice-Boltzmann-Verfahren auf die Behandlung komplexer Flüssigkeiten.

Ansprechpartner:

PD Dr. Oleg Iliev
(Hydrodynamik)
☎ 06 31/3 03-18 12
PD Dr. Arnulf Latz
(Komplexe Fluide)
☎ 06 31/3 03-18 25



RisUrSim – Hochwassersimulation im (rand-)städtischen Raum

Jedes Jahr sind als Folge starker Niederschläge in Siedlungsgebieten hohe Schäden durch Überlastungen der Entwässerungssysteme zu verzeichnen. Jedoch können nicht alle Überschwemmungen vermieden werden, da zu den zu minimierenden langjährigen Kosten auch die Anlagekosten beitragen und auf Extremwerte ausgelegte Anlagen aus diesem Grunde unökonomisch wären. Standards für ausreichende Überschwemmungssicherheit der Infrastruktur definiert der Gesetzgeber anhand zahlreicher Regelwerke, deren Einhaltung es verlangt, bei der Planung von Entwässerungssystemen die Abflussvorgänge des Wassers auf der Oberfläche und im Kanalsystem für verschiedene Systembelastungen zu simulieren.

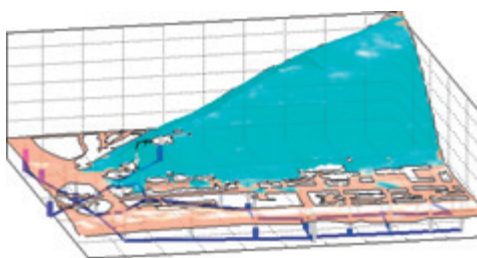
Im Rahmen des BMBF/Eureka-Projektes RisUrSim (Risk management in urban areas – simulation and optimization) gelang es dem Fraunhofer ITWM, u. a. in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Kaiserslautern, ein rechnergestütztes Verfahren zu entwickeln, das die Führung von Überflutungsnachweisen nach EN 752 erlaubt – im Gegen-

satz zu herkömmlichen Verfahren, die auf die Führung von Überstaunachweisen beschränkt sind. Die entscheidende Innovation besteht dabei in der hydrodynamischen Berechnung des Oberflächenwasserabflusses auf Grundlage der Flachwassergleichungen und in der dadurch ermöglichten bidirektionalen Oberflächen-Kanalnetz-Kopplung. Die Datenaufbereitung umfasst die Zerlegung des Berechnungsgebiets in Bereiche, deren Abflussgeschehen hydrodynamisch zu simulieren ist, und in Bereiche, deren Abflüsse konventionell hydrologisch berechnet werden sollen. Zur zweiten Gruppe gehören Flächen, die sich durch homogene Oberflächeneigenschaften auszeichnen oder für die keine ausreichenden Topographiedaten vorliegen und die rückkopplungsfrei Wasser in angrenzende Teilgebiete einspeisen; im Allgemeinen handelt es sich dabei um bebauten Grundstücke und die eigentlichen Bebauungen (Hausdächer). Zur sinnvollen Beschreibung der Oberfläche für die hydrodynamische Modellierung müssen im städtischen Raum ausreichend dicht liegende Höhenpunkte vorhanden sein, deren Vernetzung

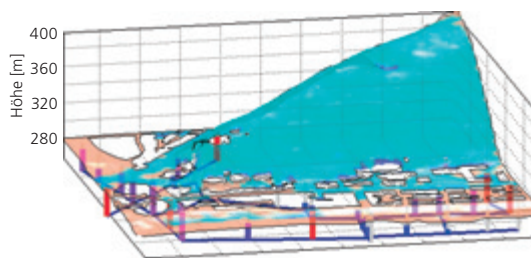
durch Polygone, die Häuserberandungen, Mauern, etc. repräsentieren, beschränkt wird. Die Datenbearbeitung erfolgt mit Hilfe geographischer Informationssysteme (GIS).

Die Abbildung zeigt für einen Ausschnitt von 500 x 500 m in einer deutschen Großstadt eine Sequenz von Wasserständen auf der Straße und im (hier fiktiven) Kanalnetz. Angrenzende Flächen speisen Wasser in den Straßenraum sowie in das Kanalnetz ein. Überstauende Schächte sind rot markiert. Wasserstände, flächenhaft auf der Straße bzw. in der Nähe von kritischen Objekten, können im GIS interpretiert und in Korrelation mit weiteren im System vorliegenden Daten hinsichtlich ihrer Schadensrelevanz untersucht werden. Laserscan- und photogrammetrische Daten können verwendet werden, um städtische Oberflächenmodelle für große Bereiche effizient zu erstellen. Software in Form der Pakete RisoSim (Gesamtprozess) und RisoSurf (hydrodynamischer Oberflächenabfluss) steht zur Verfügung.

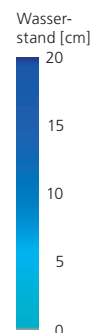
Simulation von Wasserständen im Straßenraum und im Kanalnetz einer deutschen Großstadt



t = 5 min



t = 30 min



SuFiS – Software für die Strömungssimulation in Ölfiltern

Die Entwicklung einer speziellen Software für die numerische Simulation von Strömungen durch Ölfilter war das Ziel eines gemeinsamen Projekts mit der Firma IBS Filtran. Das Filtern von Flüssigkeiten und Gasen ist in vielen Prozessen der Automobilindustrie von großer Bedeutung. Inhalt des vorliegenden Projekts ist das Herausfiltern von festen Schmutzteilchen aus einem Öl. Schematisch besteht ein Ölfilter aus einem Gehäuse mit Zu- und Abfluss, wobei beide durch das Filtermedium vollständig voneinander getrennt sind. Der Einsatz von Computersimulationen hat verschiedene Gründe:

- mögliche Bewertung des Verhältnisses zwischen Druckabfall und Durchflussmenge vor der Fertigung eines Prototyps
- optimales Design der (das Filtermedium tragenden) Rippen auf der Basis von Strömungsrechnungen
- Effizienzbewertung des Designs für die Gehäuseform
- mögliche Bewertung einer gleichmäßigen Befüllung des Filtermediums.

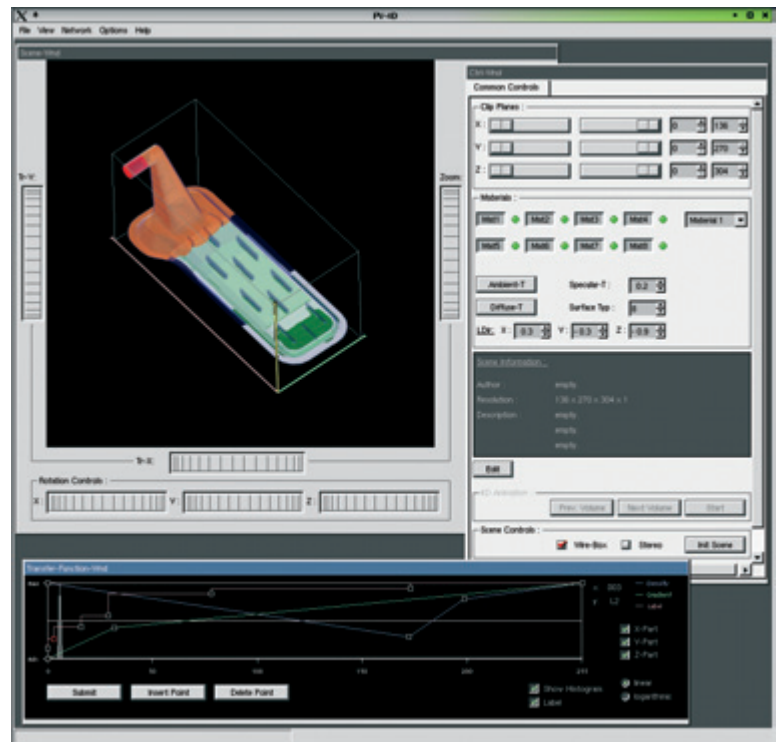
Verfügbare kommerzielle CFD-Software-Pakete bieten nicht die Möglichkeit der adäquaten Modellierung und einer effizienten Simulation der betreffenden Probleme, daher ist hier die Entwicklung spezieller Algorithmen und Software notwendig.

Die im Rahmen dieses Projekts speziell entwickelte Software SuFiS ermöglicht die numerische Simulation gekoppelter inkompressibler Strömungen in beliebigen Kavitäten mit porösen Medien. Sie umfasst GUI, eine Schnittstelle für CAD-Daten und ein leistungsstarkes Visuali-

sierungs-Tool (Abbildung unten; nähere Informationen: siehe Seite 95 f.). Die Entwicklung der CAD-Schnittstelle basiert auf der Level-Set-Methode. Das mathematische Modell und der Algorithmus wurden speziell für die Erfordernisse der Filtersimulation entwickelt und erreichen so höchste Effizienz bei der Analyse des betreffenden Filterprozesses. Die Software ist von besonders hohem Nutzen für kleine und mittelständische Unternehmen, da ihre Anwendung keine tiefgehenden Kenntnisse im Bereich der computergestützten Strömungsdynamik erfordert. Die

langjährige Erfahrung der Software-Entwickler ermöglicht eine automatische Kontrolle vieler Parameter (z. B. adaptive Gitter) des numerischen Algorithmus durch die Software selbst. Der entwickelte Solver liefert Detailinformationen zur Geschwindigkeit und zur Druckverteilung im Filter (im Besonderen im Filtermedium) und unterstützt so Ingenieure bei der Entwicklung effizienter Filter.

Die Software kann ebenfalls für die Filtersimulation bei anderen Flüssigkeiten (z. B. Wasser) genutzt werden.



Visualisierung von Filtersimulationen mit PV-4D

Liquid Polymer Moulding – Prozess-Simulation der Ausformung flüssiger Kompositmaterialien

Das Ziel dieses von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projekts ist die Entwicklung einer Prozess-Simulation der Ausformung flüssiger Kompositmaterialien. Bei diesem Verfahren werden in situ polymerisierende Monomere in Kohlenstoff-Fasergelege injiziert.

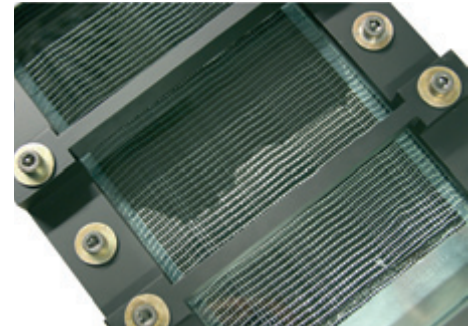
Das Projekt wird in Kooperation mit dem Institut für Verbundwerkstoffe (IVW) in Kaiserslautern bearbeitet; das IVW entwickelt die Messtechnik und eine Pilotanlage für Infiltrationsexperimente. Die damit gewonnenen Material- und Prozessparameter dienen als Grundlage der Modellierungsarbeiten am Fraunhofer ITWM und werden nach der Umsetzung der Modelle in Simulationssoftware zu deren Validierung genutzt.

Wichtig bei der Modellierung ist die Zähigkeit des Ausgangsmaterials: Sie liegt zu Beginn der Injektion auf dem niedrigen Niveau von Wasser und steigt gegen Ende bis auf das Zweihundertfache der Ausgangsviskosität. Zudem wandelt sich mit fortschreitender Polymerisierung der anfänglich Newtonsche Charakter des Monomers hin zu einem

strukturviskosen Verhalten. Die geringe Viskosität am Anfang bedingt hohe Fluidgeschwindigkeiten, die nicht mehr mittels des Darcy-Gesetzes beschreibbar sind. Der strukturviskose Fall wird ebenfalls nicht durch dieses Gesetz abgedeckt, so dass in beiden Fällen Modifikationen der Darcy-Gleichungen erarbeitet werden.

Die modifizierten Darcy-Gleichungen, deren Beschreibungsebene auf der Längenskala von Zentimetern (Makroebene) liegt, beinhalten Parameter wie z. B. die Permeabilität, die durch die Mikrostruktur des Kohlenstoff-Fasergeleges auf einer Längenskala von Mikrometern bestimmt ist. Mittels der am Fraunhofer ITWM entwickelten Mikrostruktursimulation lassen sich z. B. Permeabilitäten berechnen. Dazu wurden die bestehenden Rheologiemodelle des am Institut entwickelten Lattice-Boltzmann-Codes ParPac um nicht-Newtonsche Modelle wie z. B. das Cross-Modell erweitert.

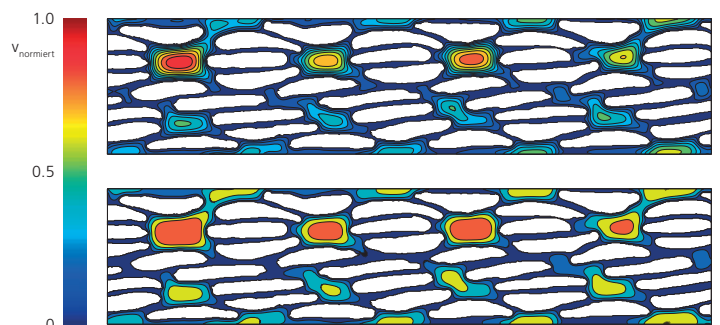
Die Entwicklungen am ITWM sind im strukturviskosen Fall so weit fortgeschritten, dass aktuell die erste Validierung von Modell und Software mittels Messung erfolgen kann.



Tränkungsexperiment mit deutlich sichtbarer Tränkungsfront an der Pilotanlage für Infiltrationsexperimente am Institut für Verbundwerkstoffe



Schliffbild und Strömungssimulationen eines Kohlenstoff-Fasergeleges: Deutlich zu erkennen sind die scherverdünnenden Effekte bei der Verwendung eines nicht-Newtonschen Fluids (unterer Teil) an der sich ausbildenden höheren Geschwindigkeit. Aus dem Geschwindigkeitsfeld lässt sich nun die Permeabilität durch Mittelung berechnen und im Makromodell einsetzen.



Mikrostruktursimulation und virtuelles Materialdesign



Durch gezielte Variation des Herstellungsprozesses lassen sich Eigenschaften von Werkstoffen bzw. von Werkstoffkombinationen im Bezug auf Festigkeit, Akustik und Filtrationsverhalten erreichen. Der Ansatz des ITWM ist es, durch den Herstellungsprozess u. a. geometrische Eigenschaften der mikroskopischen Werkstoffstruktur abzustimmen. Diese Mikrostruktur von Verbundwerkstoffen wie auch von porösen Materialien ist neben den Eigenschaften des Ausgangsmaterials in hohem Maße für die funktionalen Eigenschaften des Verbundwerkstoffs oder porösen Materials verantwortlich. Will man also einen Werkstoff per Simulation verbessern, ist es notwendig, verschiedene geometrische Strukturen im Rechner nachzubilden. Idealerweise geschieht dies in Abhängigkeit von wenigen Parametern, deren optimale Einstellung mit dem Rechner aufgrund der Simulation der Materialeigenschaften gefunden wird.

Besonders für faserbasierte poröse Werkstoffe (Vliese) beteiligt sich das ITWM bereits seit mehr als fünf Jahren an Projekten, in denen zufällig generierte Faserstrukturen mit gegebener Porosität, Fasermischung und Faser-

vorzugsrichtung mit Algorithmen zur Netzgenerierung und -bewegung sowie Verfahren zur Eigenschaftsberechnung gekoppelt werden. Die Anwendungen reichen von 2D-Schliffbildern, die für 3D-Strukturen mit bekannten Eigenschaften generiert werden, über die Simulation der Strömungswiderstände zur Vorhersage akustischer Absorptionseigenschaften und die Berechnung der Strömung hochviskoser Fluide in Kohlenstoff-Fasergelegen bis hin zur Bestimmung effektiver elastischer Eigenschaften von Faserstrukturen unter Berücksichtigung von Fasereigenschaften und Bindermaterial.

Seit September 2003 wird der Faserstrukturgenerator einschließlich Festkörper- und Strömungsmechanikmodulen unter dem Produktnamen GEODICT vertrieben. Ein Workshop zum Thema »Mikrostruktursimulation und virtuelles Materialdesign« im September stieß auf große Resonanz in Wissenschaft und Industrie und wird im Juni 2004 zum Thema »Simulation und Design von Filtermaterialien« wiederholt werden. Das virtuelle Design von Filtermaterialien und die Entwicklung von Modellen für Sinterwerkstoffe sind der derzeitige Fokus des Schwerpunkts.

Ansprechpartner:

Andreas Wiegmann, PhD

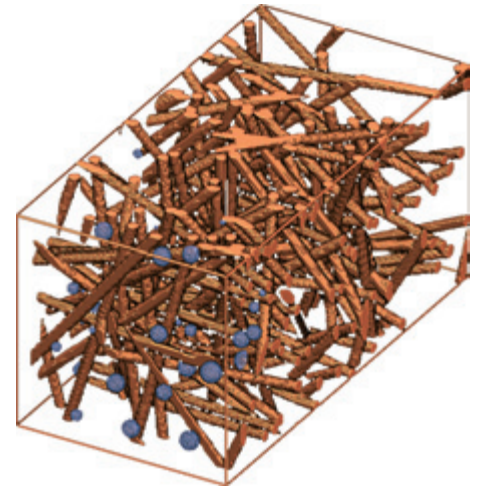
☎ 06 31/3 03-18 24

GEO DICT/FILTER DICT – Virtuelles Materialdesign von Filtermaterialien

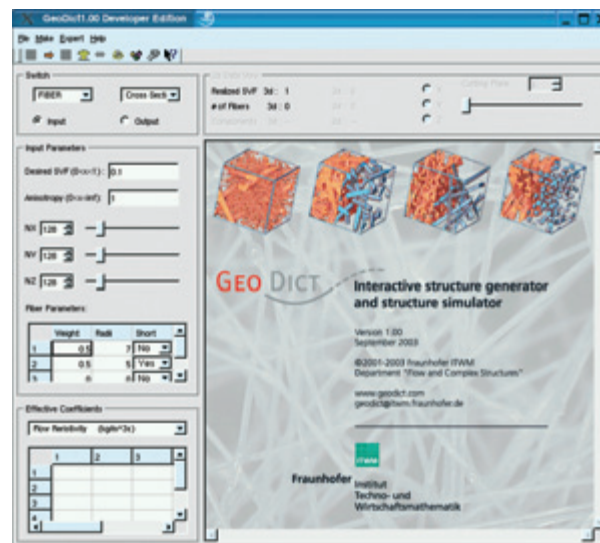
In einem von der Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation finanziell unterstützten Projekt wurde eine Software zur Simulation von Partikelfiltration in Mikrostrukturen entwickelt. Die Anforderungen an die Effizienz, die Selektivität sowie die Aufnahmekapazität von Filtern zur Verlängerung ihrer Lebensdauer (Standzeiten) wachsen ständig. Je nach Anwendungsfeld sind dieselben Ziele nur durch den Einsatz von zum Teil sehr verschiedenen Filtermedien zu erreichen, da das physikalisch-chemische Verhalten unterschiedlicher Flüssigkeiten oder Gase und der darin suspendierten Teilchen sehr verschieden sein kann.

Für jedes Filtrationsproblem existiert also eine ganz spezifische Lösung, die jedoch auf dem konventionellen Weg,

d. h. über das Konstruieren und Testen von Prototypen, nur sehr zeit- und kostenaufwändig zu finden ist. Durch den Einsatz der innerhalb des Projekts entwickelten Software ist es nun möglich, viele verschiedene, die Filtration beeinflussende Faktoren zu berücksichtigen und die Partikelfiltrationseigenschaften einer Mikrostruktur virtuell zu ermitteln. Durch Integration dieser Software in den Mikrostrukturgenerator GEO DICT entsteht ein zur Zeit einzigartiges Software-Tool, welches das virtuelle Design von Filtermedien erlaubt, in dem die Fähigkeit von GEO DICT, Mikrostrukturen parameterabhängig zu generieren und Strömungsverhältnisse darin zu simulieren, um die Simulation der eigentlichen Partikelfiltration (FILTER DICT) erweitert wird.

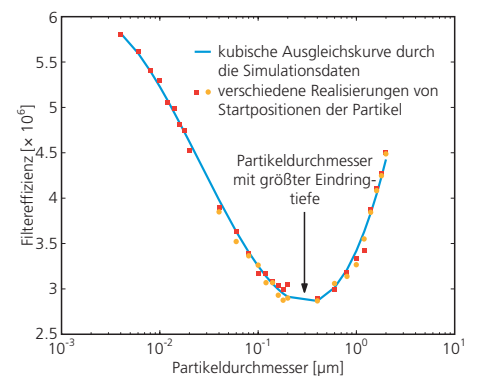


Die Abbildung demonstriert, wie Partikel sich in einer Mikrostruktur bewegen und zum Teil bereits angelagert haben.



Benutzeroberfläche des interaktiven Mikrostrukturgenerators und -simulators GEO DICT

Simulierter, qualitativ mit der Realität übereinstimmender Verlauf der Filtrationseffizienz in Abhängigkeit von der Teilchengröße. Kleine Teilchen werden aufgrund ihrer Brownschen Bewegung mit hoher Wahrscheinlichkeit herausgefiltert, große bleiben zwischen den Fasern stecken. Prozentual gesehen wird von den mittelgroßen Teilchen der geringste Anteil herausgefiltert.



SINTERDICT – Virtuelles Materialdesign von Kornstrukturen

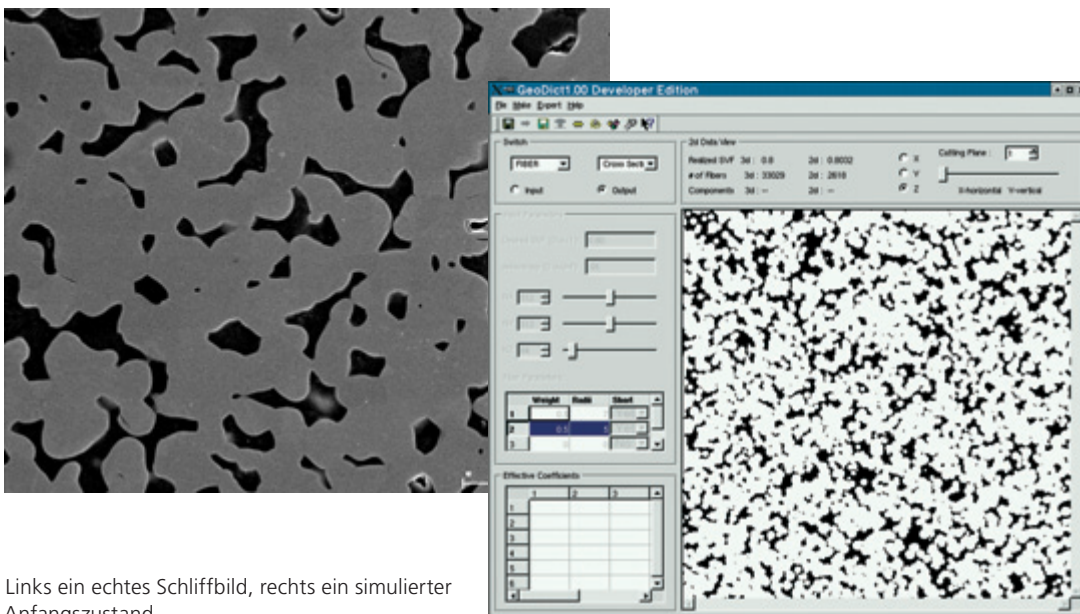
Im Teilprojekt »Strukturgenerator« des Fraunhofer-internen MAVO-Projektes »Entwicklung von durchgängigen Multi-skalen-Material-Modellierungen (MMM-Tools)« gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten ISC, EMI und IWM hat das ITWM die Generierung von Kornstrukturen, wie sie beim Sintern von keramischen oder metallischen Werkstoffen auftreten, übernommen. SINTERDICT dient der Erzeugung und Modifikation von dreidimensionalen, in verschiedenen Stadien des Sinterns auftretenden Korngefügen mit gewünschten, aber auch mit garantierten Eigenschaften. Aus diesen simulierten Strukturen zusammen mit den darauf definierten Korneigenschaften simulieren die Partnerinstitute des ITWM von MMM-Tools Werkstoffeigenschaften wie zum Beispiel die Festigkeit. Existierende kommerzielle Tools erfüllen nicht alle Anforderungen an die Generierung dieser Strukturen. Daher wird am ITWM gezielt eine Lösung entwickelt, die den Anforderungen der Werkstoffinstitute der Fraunhofer-Gesellschaft entspricht.

Ein Teil dieser Anforderungen ist geometrisch-mathematischer Natur: Durch die Auswertung mikroskopischer oder tomographischer Aufnahmen können geometrische Eigenschaften der Werkstoffe – oder wenigstens zweidimensionaler Schnitte von Werkstoffen – »im Mittel« bestimmt werden. Diese stochastischen Größen der generierten Strukturen müssen mit denen der realen Strukturen übereinstimmen (siehe Abteilung MODELLE UND ALGORITHMEN IN DER BILDVERARBEITUNG, Seite 53).

Die zweite wichtige Anforderung ist die Bereitstellung der Strukturen in geeigneter Form, um darauf die Eigenschaften berechnen zu können. Jahrelange Erfahrungen der Abteilung mit der Strukturgenerierung wie auch der Eigenschaftsberechnungen sind die Basis dieser Arbeiten. Es geht besonders um die geometrische Qualität der generierten Oberflächennetze und Volumennetze. Die Netze müssen für die damit arbeitenden Institute geeignete Restriktionen erfüllen. Die Weiterverarbeitung

mit kommerziellen Tools (z. B. ANSYS®) oder Tools der Fraunhofer-Institute (z. B. ParPac, DDFEM, SOPHIA) wird durch den Netzgenerierungsprozess unterstützt.

Die von den Anwendern als Anfangs-, Zwischen- oder Endzustände des Sinterprozesses spezifizierten geometrischen Strukturen lassen sich zum einen über das Material (ein- oder mehrphasig) und zum anderen über die Geometrie des Porenraums charakterisieren (Kornpackung mit offener Porosität, geschlossene Porosität, dichte Packung). Durch Vorgabe solcher Größen lassen sich realistische Sinterstrukturen simulieren, wie die Abbildungen zeigen.



Links ein echtes Schliffbild, rechts ein simulierter Anfangszustand

Struktur- und Prozessoptimierung

Zur Verkürzung von Produktentwicklungszeiten werden in diesem Bereich Simulationstechniken und automatische Optimierungsverfahren eingesetzt, um die Form von Bauteilen, deren Herstellung oder die dafür verwendete Auswahl von Materialien zu optimieren. Im Zentrum der Prozessoptimierung stehen Füll- und Erstarrungssimulationen für klassische Metallgussverfahren mit anschließender Eigenspannungsberechnung, wobei das kommerzielle Software-Paket MAGMASOFT® eingesetzt wird. Speziell im Bereich Magnesium-Druckguss wurden gemeinsam mit dem Fraunhofer IWM im Rahmen der Fraunhofer-WISA »Magnesium-Leichtbau« (siehe Seite 65) die ersten Schritte der Entwicklung einer erweiterten Gießprozess-Simulation getan, die auf der etablierten Simulationstechnik aufsetzt und letztendlich eine Vorhersage der lokalen mechanischen Eigenschaften eines Gussteils liefern soll. Neu ist hierbei der Einsatz mathematischer Methoden aus dem Bereich Data Mining (siehe Abteilung ADAPTIVE SYSTEME, Seite 62), um geeignete Ergebnisgrößen der Gießprozess-Simulation zu charakteristischen Materialparametern zu korrelieren. Weiterhin werden neuartige Verfahren im Bereich des Kunststoffspritzgusses modelliert und simuliert.

Im Projekt *OptCast* wird die Simulation des Herstellungsprozesses mit automatischen Topologie- und Gestaltoptimierungsverfahren verknüpft, um optimale strukturmechanische Eigenschaften in der Nutzungsphase zu erzielen und gleichzeitig die Herstellbarkeit abzusichern. Damit werden simultan mehrere, teilweise konkurrierende Ziele verfolgt,

d. h. es werden Mehrzieloptimierungsprobleme gelöst.

Neben mechanischen Eigenschaften spielen zunehmend akustische Eigenschaften von Materialien und Bauteilen eine große Rolle. Das Design von akustisch wirksamen Formpressteilen im Rahmen des IPP-Projekts (siehe Seite 43) stellt ebenfalls ein Mehrzieloptimierungsproblem dar, da gleichzeitig akustische, herstellungstechnische, haptische und optische Eigenschaften betrachtet werden müssen. In den genannten Projekten werden Software-Tools entwickelt und miteinander verknüpft, wobei der Test dieser Tools direkt an praxisrelevanten Beispielen in enger Zusammenarbeit mit Kooperationspartnern erfolgt. So entstehen angepasste praxistaugliche Lösungen von hoher Effizienz.

Ansprechpartner:

PD Dr. Heiko Andrä
(Strukturoptimierung)

☎ 06 31/3 03-18 22

Dr.-Ing. Joachim Linn

(Füll- und Gießprozesse)

☎ 06 31/3 03-18 79



OptCast – Adäquate Strukturoptimierungsverfahren für Gießereien

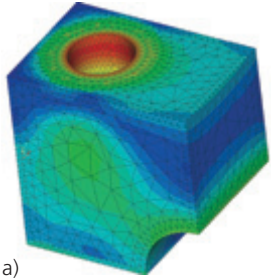
In einem vom rheinland-pfälzischen Wirtschaftsministerium und der EU geförderten Projekt entwickelt das ITWM gemeinsam mit regionalen Gießereien (HegerGuss, Gienanth, Römheld & Moelle) und Ingenieurbüros (Müllers Büro, hg.zwo) automatische Verfahren zur Topologie- und Formoptimierung weiter; dabei werden zusätzlich gießtechnische Restriktionen berücksichtigt und die Gießtechniksimulation einbezogen. Optimierungsziele sind Massenreduzierung, größtmögliche Festigkeit und minimale Eigenspannungen der Gussteile bei gleichzeitiger gießtechnischer Herstellbarkeit.

der kommenden Version von TOSCA integriert ist. PERMAS verkürzt die Rechenzeiten für die Strukturanalyse innerhalb des Optimierungsverfahrens beträchtlich. Am Ende der CAE-Kette wird das verbesserte FE-Modell wieder in ein CAD-Modell überführt.

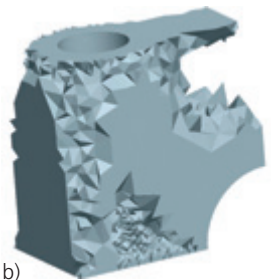
Während der Bearbeitung der Benchmark-Probleme und der Entwicklung der CAE-Kette zeigte sich, dass neben mathematisch-physikalischen auch technische Probleme gelöst werden müssen. Durch ein Experiment wurde eindeutig gezeigt, dass die optimale Gestalt eines Gussteiles stark vom eingesetzten Material und von dessen Erstarrungseigenschaften abhängt. Folglich müssen Daten aus der Erstarrungssimulation in die Optimierung einbezogen werden, um die Materialeigenschaften adäquat berücksichtigen zu können.

Gemeinsam mit den Gießereien wurden sogenannte Benchmark-Probleme (hier: bestimmte Sorten von Gussteilen) ausgewählt, an denen die Anforderungen an Strukturoptimierungstools für Gussteile studiert werden können. Der Ist-Zustand der Bauteile wird mittels Finiter Elemente (FE) analysiert, um das Potenzial der Topologie- oder Gestaltoptimierung abschätzen zu können. Es wurde eine Kette von CAE-Tools zusammengestellt, um möglichst ohne großen manuellen Aufwand vom CAD-Modell ein FE-Modell zu erstellen, das für die automatische Topologie- und Formoptimierung geeignet ist. In diesem Zusammenhang wurde gemeinsam mit der Firma FE-Design eine Schnittstelle zwischen den kommerziellen Programmen TOSCA (Strukturoptimierung) und PERMAS (FEM) entwickelt, die in

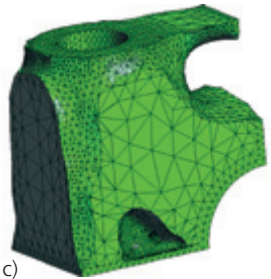
Technische Probleme, die bei der Überführung von CAD- in FE-Modelle und zurück auftreten, müssen im weiteren Projektverlauf gelöst werden. Dann steht eine Reihe von Software-Tools zur Entwicklung verbesserter Gussteile zur Verfügung. Da die sehr aufwändigen Berechnungen nur auf moderner Parallelrechentechnik in akzeptabler Zeit durchführbar sind, bietet das ITWM zukünftig die Nutzung seines Linux-Clusters zur Strukturoptimierung von Gussteilen an – wie schon seit längerer Zeit die Gießprozess-Simulation mit dem Software-Paket MAGMASOFT®.



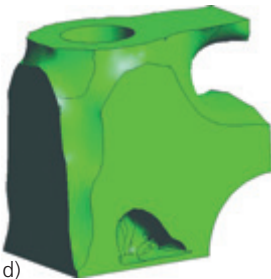
a)



b)

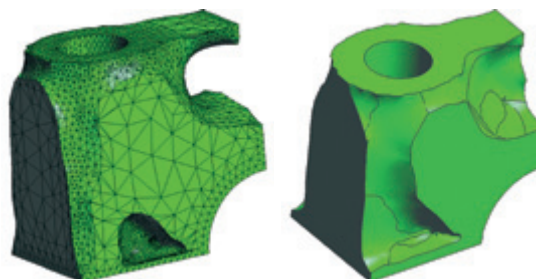


c)



d)

- Ablauf der Strukturoptimierung eines Kurbelwellenlagerdeckels (aus Symmetriegründen ist nur eine Lagerdeckelhälfte dargestellt):
- Bauraum mit Vergleichsspannungen bei völliger Ausnutzung des Bauraums
 - Ergebnis der Topologieoptimierung
 - Ergebnis nach Glättung der Oberfläche
 - CAD-Beschreibung der optimierten Struktur



Optimierter Kurbelwellenlagerdeckel: links: ohne Vorgabe gießtechnischer Herstellungsrestriktionen; rechts: mit Vorgabe einer Entformungsrichtung bzgl. einer Mittelebene, wobei Löcher in der Mittelebene explizit nicht erlaubt wurden

AdOpt – Integrierte Produktpolitik (IPP) für Formpressteile im Automobilbau

Ergebnis dieses vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz geförderten Projektes ist ein Simulationstool, mit dem Formteile computergesteuert modelliert und optimiert werden können.

Der größte Teil der heute im Fahrzeuginnenraum verwendeten Formpressteile besteht aus einem Gemisch verschiedener Kunststoffe mit Naturmaterialien. Das Recycling dieser Teile gemäß der neuen EU-Altfahrzeugrichtlinie (2000/53/EG) ist mit einem entsprechend hohen Aufwand verbunden. Daher wurde in Zusammenarbeit mit den Firmen Audi, Faurecia und Sandler das Know-how erarbeitet, um die Verbundwerkstoffe durch sortenreine Materialien zu ersetzen. Als Anwendungsbeispiel wurden PET-Pressvliese gewählt, da diese bei der Herstellung enorme Möglichkeiten zur Variation, etwa der Faserquerschnitte, der Schichtung von Vlieslagen und des Verpressgrads, bieten.

Die innerhalb des Projekts entwickelte Simulationssoftware AdOpt erlaubt die umfangreiche automatisierte Variantenuntersuchung bei gleichzeitiger Reduzierung des zeit- und kostenintensiven Prototypenbaus. Ausgangspunkt ist dabei, in einem geeigneten Modell die Mikrostruktur der PET-Vliese im Rech-

ner abzubilden und die Materialeigenschaften direkt zu berechnen. Die Kenntnis der akustischen Wirksamkeit der untersuchten Materialien erlaubt ihre korrekte Abbildung im akustischen Gesamtfahrzeugmodell. Zur Simulation der Innenraumakustik im mittleren und hohen Frequenzbereich wird am ITWM das Software-Paket AutoSEA® eingesetzt.

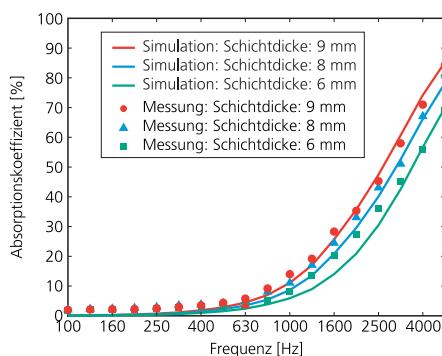
Entwicklung, Herstellung und Einbau von Systemkomponenten sind im Automobilbau in der Regel auf mehrere Akteure verteilt. Daher wurde das neu entwickelte Simulationstool als Weblösung implementiert, wodurch der gemeinsame Zugriff aller beteiligten Partner über Firmengrenzen hinweg gewährleistet ist.

Als ein Ergebnis wurde – im Zusammenspiel mit den Computersimulationen – von der Sandler AG ein optimierter PET-Dachhimmel gefertigt, dessen akustische Absorption der von Serienhimmeln überlegen ist.

In dem Projekt wurde darauf geachtet, die Übertragbarkeit der Methode auf andere Bauteile zu gewährleisten. Der neue Ansatz, ausgehend von der Mikrostruktur die akustischen Bauteileigenschaften und das Zusammenspiel im

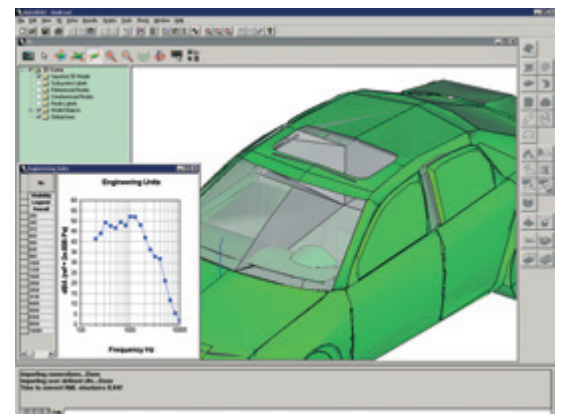


Bauteilverbund vorauszusagen, lässt sich auf eine Vielzahl anderer Materialien wie Naturfasern, Papiere, Schäume oder offenporige Keramiken übertragen. In der Praxis sind die akustischen Eigenschaften eines Bauteils nur ein Auslegungsaspekt unter vielen. Je nach Anwendungsgebiet sind andere Aspekte wie Wärmeschutz, Filtereffizienz, Stabilität oder das Bauteilgewicht von entscheidender Bedeutung. Diese Größen können aber ausgehend von der Mikrostruktur des Werkstoffs ebenfalls rechnergestützt simuliert werden und lassen sich daher bei der Optimierung des Bauteils simultan berücksichtigen. Diese Mehrzieloptimierung wird einen Schwerpunkt zukünftiger Arbeiten in der Abteilung darstellen.



Gemessene und simulierte akustische Absorptionskurven

Akustiksimulation im Gesamtfahrzeug mit AutoSEA®



Modelle und Algorithmen in der Bildverarbeitung

Die Abteilung MODELLE UND ALGORITHMEN IN DER BILDVERARBEITUNG arbeitet vor allem in folgenden Bereichen

- Oberflächeninspektion
- Signalanalyse im Eisenbahnbereich
- Analyse räumlicher Mikrostrukturen
- Szenen- und Videoanalyse
- Kryptologie

Unser Hauptaugenmerk liegt in der Entwicklung komplexer Algorithmen zur Bild- und Signalverarbeitung und deren Umsetzung in effiziente Software innerhalb kompletter Systeme.

Das erfolgreiche Jahr 2003 war geprägt durch Ausgewogenheit in allen Bereichen. In der Oberflächeninspektion haben wir vielfältige Erfahrungen– insbesondere bei dem Entwurf von Algorithmen und Systemen zur Überwachung, Prüfung und Beurteilung texturierter Oberflächen (z. B. Papier, Textilien, Vlies, Holz, Faserplatten, Beschichtungen). Auch 2003 wurden bei mehreren Kunden maßgeschneiderte Inspektionssysteme für den industriellen Einsatz in die Produktion integriert.

Die langjährigen Entwicklungen von autonom arbeitenden Überwachungssystemen im Eisenbahnbereich wurden auch 2003 kontinuierlich fortgesetzt.

Das Gebiet der räumlichen Bildanalyse gewinnt zunehmend an Bedeutung, da sich die technischen Möglichkeiten zur dreidimensionalen hochauflösenden Abbildung von verschiedenartigen Materialien sehr schnell entwickeln. Unsere Arbeiten konzentrieren sich hierbei auf die Bestimmung geometrischer Charakteristika der Mikrostrukturen von Werkstoffen; darauf aufbauend werden räumliche Modelle dieser Werkstoffe erstellt, die die geometrischen Strukturverhältnisse gut widerspiegeln. Diese neuen Möglichkeiten der Materialanalyse werden auch von der Industrie stärker wahrgenommen, was sich in einer gestiegenen Zahl von Kundenanfragen dokumentiert. Weiterhin ist es gelungen, gemeinsam mit der Firma aquinto die kommerzielle Software a4i 3d zur Analyse dreidimensionaler Bilder zu entwickeln und auf den Markt zu bringen. Eine Bibliothek mit ähnlichem Funktionsumfang für Linux-Systeme ist ebenfalls verfügbar.

Im Schwerpunkt Szenen- und Videoanalyse wurde gemeinsam mit Partnern der Aufbau eines komplexen Systems zur Suche in Datenbanken oder Videosequenzen auf Basis von Bildähnlichkeiten bzw. Bildmerkmalen fortgesetzt.

Andreas Jablonski, Martin Braun, Dr. Martin Böhm
Thomas Redenbach, Markus Rauhut, Andreas Dinges, Mark Maasland, Kristina Kohrt
Michael Godehardt, Claudia Lautensack, Monika Muszkieta, Kai Krüger
Franz Schreiber, Dr. Ronald Rösch, Kai Taeubner, Siana Halim
Nicht im Bild: Dr. Katja Schladitz



Oberflächeninspektion



Zu den Kernkompetenzen der Abteilung MODELLE UND ALGORITHMEN IN DER BILDVERARBEITUNG gehört die Oberflächeninspektion für die industrielle Qualitätskontrolle.

Im Gegensatz zu der noch immer sehr oft eingesetzten manuellen Qualitätskontrolle, die entweder stichprobenartig ist oder nicht mehr produktionsnah durchgeführt werden kann, lässt sich durch die Verfahren des Fraunhofer ITWM eine Online-Fehlererkennung und -Klassifikation erreichen, die so z. B. bei Serienfehlern auch ein frühzeitiges Eingreifen in den Produktionsprozess ermöglichen. Die automatische

optische Oberflächenprüfung beeinträchtigt die Produktion nicht; zudem garantiert die erreichte Objektivität eine gleichbleibende Qualität der Prüfteile.

Die angesprochene manuelle Kontrolle wird von speziell geschultem Personal durchgeführt, das über enorme visuelle Fähigkeiten verfügt und auf die gerade vorliegende Aufgabe spezialisiert ist. Ähnliches gilt für die am Fraunhofer ITWM entwickelten automatischen Oberflächeninspektionssysteme, d. h. diese werden an die besonderen Bedürfnisse des Kunden und die örtlichen Gegebenheiten genau angepasst.

Die Anwendungsgebiete reichen von der Papier- und Textilindustrie über die metall- und lederverarbeitende Industrie bis zu Automobilzulieferern. Um dieser Vielzahl an Anwendungsbereichen gerecht zu werden, ist ein modulares System (MASC – Modular Algorithms for Surface Control) entwickelt worden. Dieses umfasst eine Vielzahl von einsatzbereiten Tools und Systemkomponenten. Letztere 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 Folgenden werden anhand von zwei aktuellen Projekten einige der eingesetzten Verfahren und die darauf basierenden Lösungen näher vorgestellt.

Ansprechpartner:

Dipl.-Inform. Markus Rauhut
☎ 06 31/3 03-18 73



OPAQ: Inspektion von unlackierten Freiformteilen

Im Verarbeitungsprozess von Freiformteilen sind Oberflächenfehler unvermeidlich; viele entstehen schon beim Umformprozess der Teile. Zur Reduktion der Nacharbeiten in den Lackierbeziehungsweise Eloxierprozessen und zur Sicherstellung eines konstanten Qualitätsniveaus ist es erforderlich, Oberflächenfehler möglichst früh zu erkennen und zu beseitigen. Das vom BMBF geförderte Verbundprojekt OPAQ hat als Zielsetzung die Erkennung derartiger Defekte im ersten Verarbeitungsschritt des Rohmaterials (z. B. im Presswerk oder beim Tiefziehprozess).

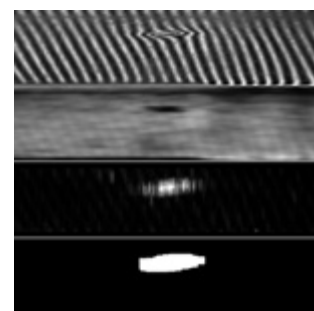
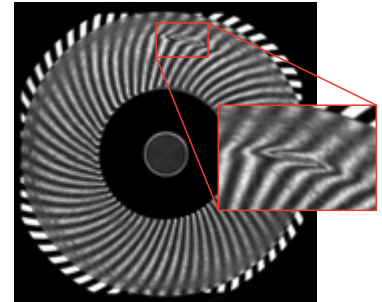
In einer der Praxisanwendungen werden beim Verbundpartner Seidel GmbH in Marburg stark glänzende Verschlüsse für Parfümflaschen und Lippenstifte auf Oberflächenfehler geprüft. Hierbei müssen innerhalb des Produktionsprozesses sehr kleine Defekte der Oberflächengeometrie (Beulen, Kratzer) und der Oberflächenbeschaffenheit (Polierfehler, raue Zonen) online erkannt werden. So erzeugen beispielsweise mikroskopisch kleine Kratzer mit einer Tiefe von 0,02 mm in den Rohteilen nach dem Eloxierprozess auf Grund des hohen Reflexionsgrades Oberflächenstörungen, die sehr gut zu sehen sind und zu Reklamationen führen.

Zur Detektion derartig kleiner Defekte auf glänzenden Oberflächen sind durch die Steinbichler Optotechnik GmbH, Neubuern, und das Fraunhofer ITWM neue Verfahren der Aufnahmetechnik und der Bildverarbeitung entwickelt worden. Um die komplette Mantelfläche in einem Bild darstellen zu können, wurde eine Abbildung über einen Kegelspiegel entwickelt. Die Vielfalt an Fehlertypen und ihr Erscheinungsbild hat zu zwei Messverfahren geführt: Für Oberflächenverformungen wurde eine Abbildung über ein Streifenmuster

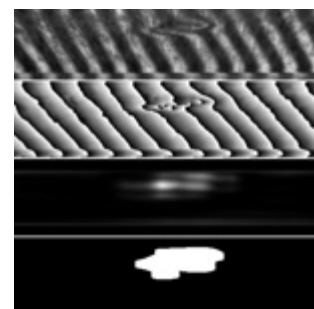
(Streifenbild) gewählt, während Änderungen der Oberflächenstruktur über eine Dunkelfeldbeleuchtung (Dunkelfeldbild) erfasst werden.

Für die Streifenbilder gibt es zwei Auswertevarianten: Die erste ist eine eher klassische Variante, wobei über eine Gradientenbildung die Änderungen des Streifenmusters bestimmt werden. Die zweite Variante bezieht sich auf ein aus dem Streifenbild berechnetes 2,5D-Bild; aus den Bildinformationen wird zuerst mit Hilfe eines linearen Filters die Abweichung zu einer fehlerfreien Oberfläche geschätzt. Fehlerbereiche wie z. B. Dellen oder Beulen entsprechen – im Gegensatz zum Rauschen – relativ großen Werten in diesem Abweichungsbild. In einem zweiten Schritt werden mittels Glättung und adaptiver Schwellwerte sogenannte Fehlerkandidaten bestimmt. Im Dunkelfeldbild liegt der Fokus auf der Bestimmung lokaler Varianzen über eine Kovarianzberechnung. Über einen adaptiven Schwellwert werden die relevanten Defekte ermittelt.

Momentan wird das Demonstrationsystem an Hand von Praxistests evaluiert. Ziel des Forschungsprojekts ist die Entwicklung eines (semi-)automatischen Systems mit manueller Zufuhr, das die Praxisanforderungen erfüllt.



Verfahren 1:
abgewickelte Mantelfläche
Kontrastbild
Varianzbild
Ergebnisbild



Verfahren 2:
abgewickelte Mantelfläche
Phasenbild
Varianzbild
Ergebnisbild

Auswertung von Streifenbildern mit verschiedenen Verfahren



Oberflächeninspektion von Dichtungen

Die Qualitätskontrolle der Oberflächen von Dichtungen für Verdichter verlief bei der Firma MSC/GAC in Eisenach bisher so, dass eine erste, sehr grobe Kontrolle direkt nach dem Stanzvorgang stattfand, die gestanzten Teile anschließend gestapelt und abtransportiert und dann mit zum Teil erheblichem zeitlichen Abstand erneut einzeln zu einhundert Prozent von Hand überprüft wurden.

Bei den betrachteten Dichtungen handelt es sich um mit Gummi laminierte Metallteile unterschiedlicher Geometrien, die verschiedene Oberflächenfehler aufweisen können, wie z. B. Bläschen oder Fremdkörper oder durch den Stanzvorgang entstandene Dellen oder Kratzer. Auch Farb- oder Kleberspuren kommen vor.

Die Aufgabe des Fraunhofer ITWM besteht in der Entwicklung eines Inspektionssystems, das in den Produktionsprozess eingebunden ist und damit den

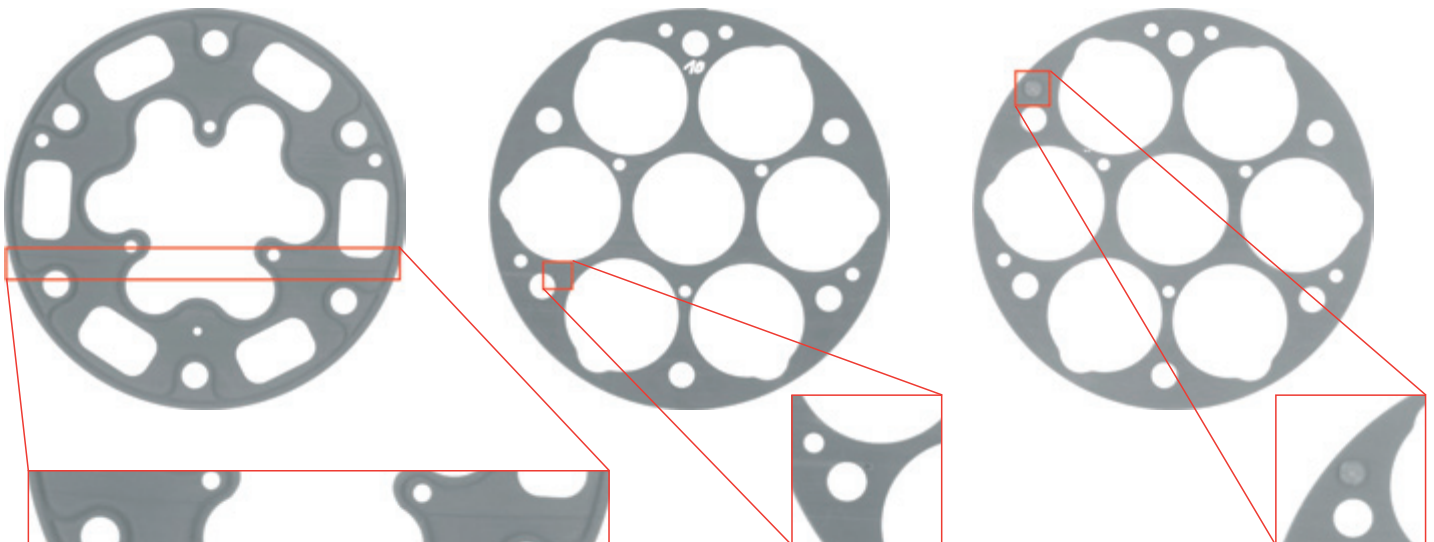
Zeitaufwand erheblich verkürzt. Durch die automatische Fehlererkennung wird eine Objektivität erreicht, die bei manuellen Kontrollen kaum möglich ist. Außerdem gelingt eine schnelle Detektion von Serienfehlern, die bei der Produktion ansonsten zu Ausschussteilen in großen Stückzahlen führen können.

Das Verfahren geht in mehreren Schritten vor, wobei jeweils Ober- und Unterseite der Dichtung betrachtet werden. Aufgrund der zum Teil relativ komplexen Dichtungsformen, die z. B. Löcher und Wulste aufweisen, arbeitet das Verfahren mit Musterteilen derselben Form, die als Referenz für ein Gutteil dienen. Nach der Aufnahme des Prüfteils muss der relevante Ausschnitt im Bild gefunden werden. Anschließend wird, um einen Vergleich mit den Referenzteilen möglich zu machen, die Aufnahme der zu prüfenden Dichtung sowohl bezüglich Verschiebung als auch bezüglich Drehung an die Referenzaufnahmen angeglichen. Auf diese Art

und Weise sollen Ränder und Strukturen weitestgehend als solche erkannt und bei der Fehlerbehandlung nicht weiter berücksichtigt werden. Für (vor allem bezüglich der Größe) unterschiedliche Fehlertypen sind nun verschiedene Verfahren nötig, um diese bestmöglich hervorzuheben und mit dem Referenzteil vergleichen zu können. Ist der Vergleich abgeschlossen, werden die relevanten Positionen markiert; auch eine graphische Darstellung ist hier möglich. Die geprüften Dichtungen werden nach Gut- bzw. Schlechtteilen sortiert und gefundene Fehler in Fehlerklassen eingeordnet; abschließend wird eine Statistik über Art und Häufigkeit der aufgetretenen Fehlertypen erstellt.

Werden entsprechende Referenzteile zur Verfügung gestellt, so ist auch das schnelle, automatische Erlernen von neuen, von der Oberflächenbeschaffenheit ähnlichen Dichtungstypen vorgesehen.

Kratzer, Blase und Delle als Defektbeispiele (Die Dichtungen sind ca. im Maßstab 1:2 abgebildet.)



Überwachungssysteme im Eisenbahnbereich

Für die Firma GE Transportation Systems in Bad Dürkheim erstellt und pflegt das ITWM die Software der Fahrwerk-Überwachungsschwelle (FÜS), die in mehr als 400 Anlagen in Europa eingesetzt wird.

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 Fahrstelle 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 Fahrstell- 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 Software-Pakete wie Selbstdiagnoseprogramme, Treiber, Benutzerschnittstellen und Serverprogramme entwickelt. Auf einem Archivserver werden Messdaten und Protokolle zentral gespeichert; sie bilden die Grundlage für die Verfeinerung der Auswerteralgorithmen.

Ansprechpartner:

Dipl.-Math. Kai Krüger
☎ 06 31/3 03-18 63



Räumliche Bildanalyse und Modellierung von Mikrostrukturen



Bei der Untersuchung von Materialien werden immer öfter räumliche Bilder der Mikrostruktur aufgenommen. Übliche Abbildungsverfahren sind Mikro-Computertomographie auf der Basis von Röntgen- oder Synchrotronstrahlung, konfokale Laserscanning-Mikroskopie oder AFM (atomic force microscopy). Im Gegensatz zu klassischen mikroskopischen Methoden erhält man hier die volle Information über die räumliche Mikrostruktur, während aus 2D-Aufnahmen die 3D-Mikrostruktur nicht oder nur mit erheblichem Aufwand rekonstruiert werden kann. Darüber hinaus kann mit Hilfe dieser Verfahren die Mikrostruktur auch für sehr weiche, brüchige oder hoch poröse Materialien abgebildet werden, die konventionellen mikroskopischen Methoden nicht zugänglich sind, weil die Präparation ebener Anschliffe bzw. von Dünnschliffen nicht möglich ist.

Es gibt ausgereifte Werkzeuge zur Visualisierung der 3D-Bilddatensätze, die in der Regel auch Komponenten der Bildverarbeitung beinhalten. Die Techniken für die Analyse von 3D-Bildern komplexer Mikrostrukturen waren im Vergleich dazu bisher nicht weit entwickelt. Am Fraunhofer ITWM wurden die mathematischen Grundlagen für die 3D-Bildanalyse gelegt und entsprechende Algorithmen implementiert. Seit diesem Jahr stehen ein Komplettsystem (a4i3d für Windows) und eine Software-Bibliothek (a4iL für Linux) zur 3D-Bildanalyse zur Verfügung, deren 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.

Ansprechpartnerin:

Dr. Katja Schladitz
☎ 06 31/3 03-18 68

System a4i3d und Bibliothek a4iL zur Analyse und Verarbeitung dreidimensionaler Bilddaten

a4i3d ist ein gemeinsam mit der aquinto AG, Berlin entwickeltes System zur 3D-Bildverarbeitung und -analyse mit nutzerfreundlicher Menüführung und die Analyse unterstützender Visualisierung. Seine Module erlauben die Analyse z. B. offenporiger Schäume auf Knopfdruck. Eine hohe Modularität gestattet die Lösung verschiedenster Probleme aus Industrie und Forschung. a4i3d wird als Komplettsystem für Windows von aquinto vertrieben.

a4iL ist eine reine C-Bibliothek mit der gleichen Funktionalität für die Bildverarbeitung und -analyse zur Nutzung unter Linux. a4iL bietet darüber hinaus die Bearbeitung und Analyse zweidimensionaler Bilder sowie die Modellierung ausgewählter Strukturen. a4iL ist aus der am ITWM genutzten Entwicklungsumgebung hervorgegangen und als Toolbox aufgebaut. Anpassung an Kundenwünsche (z. B. Laden eines gewünschten Bildformats), Kombination mit eigener Software und Lösung kundenspezifischer Fragestellungen sind daher schnell möglich. Den Kern von a4i3d und a4iL bilden Analysealgorithmen.

Diese werden komplettiert durch Algorithmen zur Bild(vor)verarbeitung und Segmentierung: Filter und morphologische Transformationen, Distanz- und Wasserscheidentransformation, Skelettierung, Fouriertransformation.

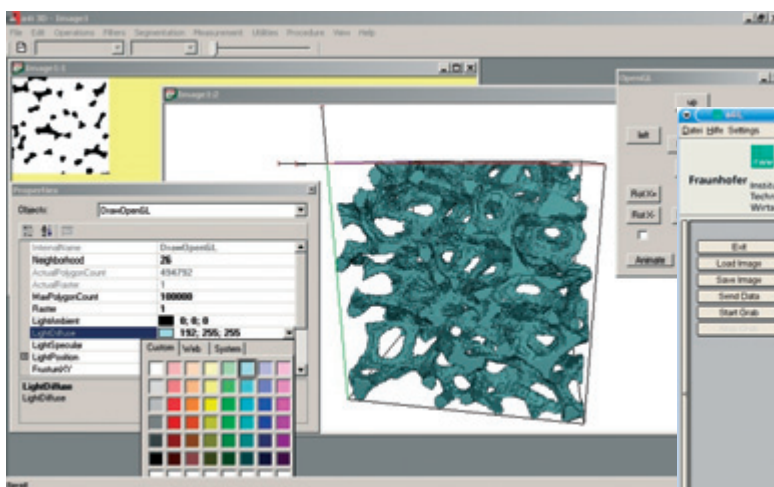
Geometrische Kenngrößen von Komponenten und Teilchen

a4i3d und a4iL sind spezialisiert auf die Charakterisierung der komplexen Geometrie von Mikrostrukturen. Kernstück der Analyse ist die Bestimmung geometrischer Basiskenngrößen – gesamtter Komponenten der Struktur, wenn es sich um einen Ausschnitt aus einem makroskopisch homogenen Material handelt, oder einzelner Teilchen oder Zellen, wenn diese identifiziert werden können. Charakteristika wie Porosität, spezifische Oberfläche, Dichte der Eulerzahl, mittlere Sehnenlänge, fraktale Dimension, mittlere Faserlänge pro Volumeneinheit (für Fasermaterialien), Anzahl der Teilchen (bei isolierten Partikeln) oder Informationen über Vorzugsrichtungen und Stärke auftretender

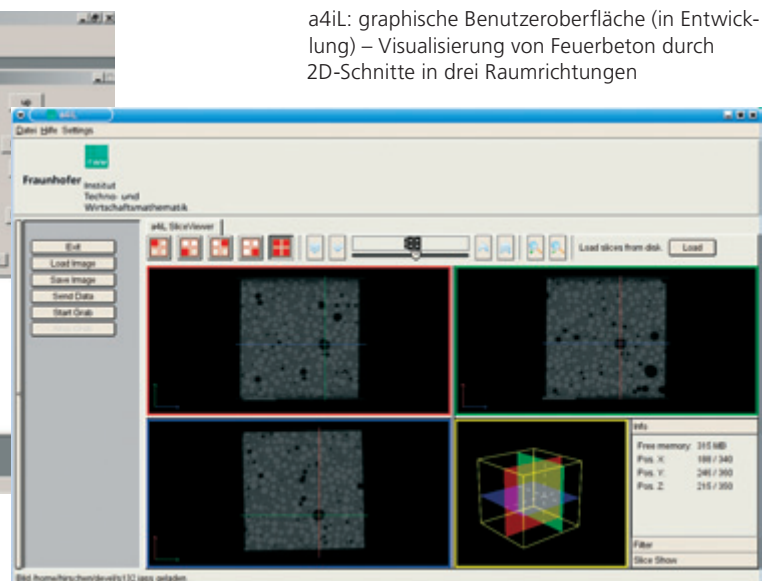
Anisotropien können schnell und robust bestimmt werden. Die Algorithmen verknüpfen Methoden der Integral- bzw. stochastischen Geometrie mit Verfahren der digitalen Bildverarbeitung. Hauptbestandteil sind diskrete Versionen klassischer integralgeometrischer Ergebnisse wie der Croftonschen Schnittformeln. Nimmt man einfache Modellannahmen hinzu, ergibt sich auch die mittlere Zellgröße (für offener oder geschlossener Schäume).

Räumliche Objekte (Teilchen) können mit einem am ITWM entwickelten Algorithmus exakt und schnell isoliert werden. Objektmerkmale (Volumen, Oberfläche, Krümmung, Durchmesser, Form, Orientierung ...) werden ebenfalls mit Hilfe der integralgeometrischen Methoden bestimmt.

a4iL und a4i3d bieten als weiteres Analysewerkzeug die Spektralanalyse. Forschungsarbeiten zur Spektralanalyse zufälliger Mengen am Fraunhofer ITWM lieferten das mathematische Fundament für die verwendeten Methoden.



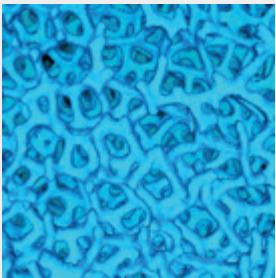
a4i3d: Beispiel für die Nutzung – Analyse und 3D-Visualisierung eines offenporigen Schaums



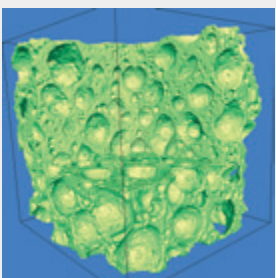
a4iL: graphische Benutzeroberfläche (in Entwicklung) – Visualisierung von Feuerbeton durch 2D-Schnitte in drei Raumrichtungen

Serviceleistung: Analyse dreidimensionaler Bilddaten

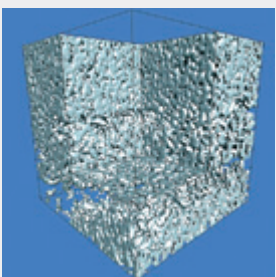
Neben der Entwicklung von Algorithmen und deren mathematischen Grundlagen bietet das ITWM auch die Analyse von Mikrostrukturen als Serviceleistung an. Je nach Material arbeitet das ITWM dabei mit verschiedenen Partnern für die Bildaufnahme zusammen (Fraunhofer IZFP, RJI Micro & Analytic GmbH, Leica Mikrosysteme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



Nickelschaum



Porenbeton



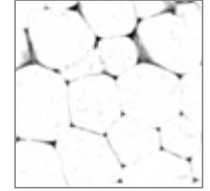
Schnee

Analyse offener Schäume

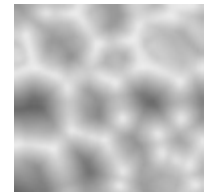
Bei ausreichender Qualität der 3D-Bilder erlauben elementare bildanalytische Methoden eine zufriedenstellende Segmentierung. Am resultierenden Binärbild können direkt die geometrischen Kenngrößen der Vordergrundkomponente (im Falle offener Schäume des Stegsystems) gemessen werden.

Wenn einzelne Objekte vermessen werden sollen, müssen diese zunächst durch Objektisolierung oder Wasserscheidentransformation getrennt werden. Zur Bestimmung von Porengrößenverteilungen muss jedoch ein komplexeres Verfahren eingesetzt werden, da die Poren oder Zellen bildanalytisch rekonstruiert werden müssen. Glättung, anschließend Distanztransformation, Reduktion der Distanzinformation, ein weiterer Glättungsschritt und schließlich die Wasserscheidentransformation erzeugen ein System von Poren, deren Kanten die Stege des Originalbilds bilden. An diesen Poren können dann z. B. Größe und Form gemessen werden.

Rekonstruierte μ CT-Aufnahme eines geschlossenenporigen Polyurethanschaums



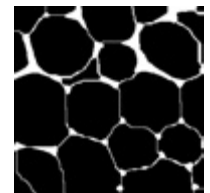
Distanz-



Ergebnis des Wasserscheidenalgorithmus, angewandt auf das geglättete Distanzbild



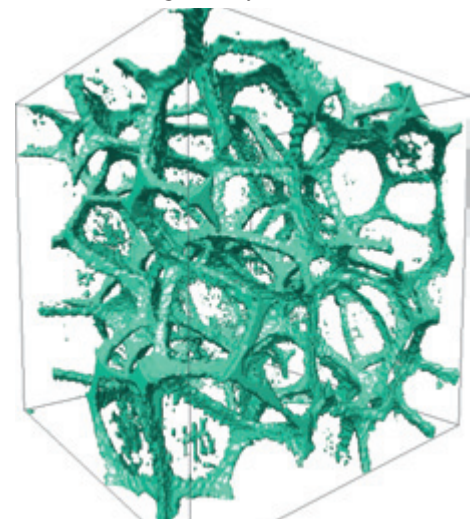
Rekonstruierte Zellen (schwarz) und Zellwände (weiß)



Rekonstruierte Zellen (jeder Farbe entspricht eine Zelle) und Zellwände (weiß). In diesem Bild können die geometrischen Charakteristiken der Poren gemessen werden.



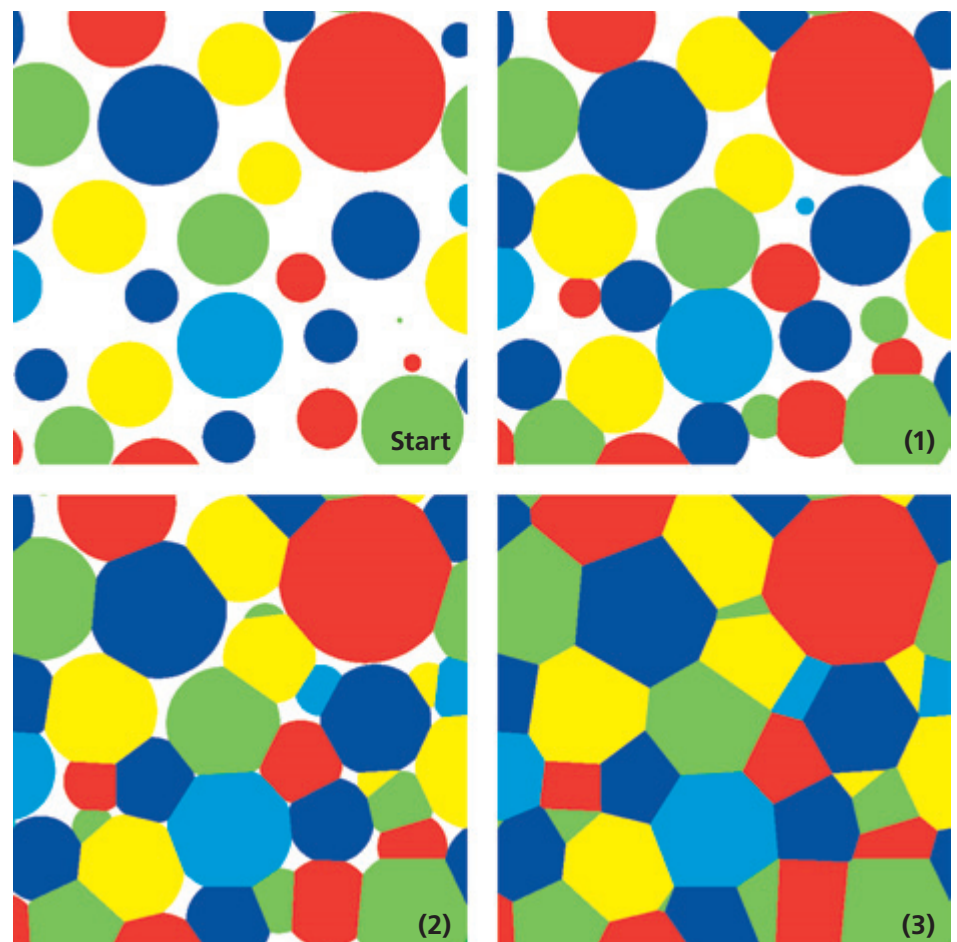
3D-Visualisierung des Polyurethanschaums



Modellierung von Sinterstrukturen

Im Rahmen des SINTERDICT-Teils des Fraunhofer-internen MAVO-Projektes »Entwicklung von durchgängigen Multi-skalen-Material-Modellierungen (MMM-Tools)« (siehe auch Seite 40) entwickelt die Abteilung MODELLE UND ALGORITHMEN IN DER BILDVERARBEITUNG Modelle für die Geometrie der Mikrostruktur diverser Sintermaterialien in verschiedenen Stadien des Sinterprozesses. Es müssen flexible Modelle gewählt werden, da selbst dasselbe Material bei unterschiedlichen Bedingungen geometrisch völlig verschiedene Strukturen bildet. Für den Anfangszustand des Sinterprozesses sind dichte Packungen gute Modelle. Im Endzustand füllen die Sinterpartikel den Raum vollständig aus,

d. h. sie bilden ein Mosaik. Voronoi-Mosaik und verallgemeinerte Voronoi-Mosaik (Laguerre und Johnson-Mehl) eignen sich zur Beschreibung des Endzustands. Um dem Nutzer auch Zugriff auf beliebige Zwischenstadien zu geben, ist es wünschenswert, Zwischenzustände in einer Art Wachstumsprozess kontinuierlich aus dem Anfangszustand entwickeln zu können. Modelle werden mit Hilfe der Information über die verwendeten Sinterteilchen und einfacher geometrischer Kenngrößen wie der Porosität angepasst. Andere Charakteristiken wie die Paarkorrelationsfunktion der Mittelpunkte oder die Sehnenlängenverteilung dienen der Modellvalidierung.



Als Startzustand dient eine Packung von 200 Kugeln mit diskreter Radienverteilung in einem Würfel von 600 Pixeln Seitenlänge. Im Laufe des Wachstumsprozesses dehnen sich die Kugeln aus (1), stoßen dabei aneinander (2) und bilden schließlich ein Laguerre-Mosaik, das den gesamten Würfel ausfüllt (3).

Szenen- und Videoanalyse



I-Search: Entwicklung einer inhaltsbasierten Bildsuchmaschine auf verteilten Systemen

Das Ziel dieses vom BMBF geförderten Projekts besteht in der Entwicklung von Algorithmen und einer parallelen Software-Architektur, die den Aufbau einer leistungsfähigen inhaltsbasierten Video- und Bildsuchmaschine ermöglichen.

In Bezug zur aktuellen Sicherheitsthematik steht die Aufgabe, auf einem mit intelligenten Webkameras bestückten Flughafen nach einem verlorenen Gepäckstück zu suchen oder eine sich auffällig verhaltende Person zu detektieren und zu identifizieren. Zur Lösung dieser Fragestellungen im Überwachungsbereich werden robuste und ereignisgesteuerte Videoanalyse- und Gesichtserkennungsverfahren auf verteilten Systemen gefordert, die in der Lage sind, Online-Ergebnisse dem Sicherheitspersonal zur Verfügung zu stellen. Im Broadcast-Bereich und Internet steht das schnelle Auffinden von Szenen in Medienarchiven oder die inhaltsbasierte Suche nach Bildern im Vordergrund.

Gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Forschung werden Verfahren der schnellen Online-Bildverarbeitung auf verteilten Systemen mit leistungsfähigen Algorithmen kombiniert und je nach Anforderung mit den entsprechenden Datenbank- und Internet-Technologien verknüpft. Dazu wird vom ITWM eine komponentenbasierte, parallele Software-Architektur entwickelt, die den Einsatz eines ausfallsicheren Systems von SMP(PC)-Clustern über Computing Grids bis hin zu hochgradig verteilten Systemen kleiner leistungsfähiger Rechner, wie sie teilweise in den Webkameras angeboten werden, ermöglicht.

Da der Einsatz des I-Search-Clusters hohe Anforderungen an die Performance und Zuverlässigkeit des Systems stellt, werden in der Architektur Lastverteilungs- und Fehlertoleranz-Mechanismen benötigt. Diese wurden u. a. im Rahmen einer Diplomarbeit entworfen und implementiert. Durch die Integration dieser Strategien sind Cluster-Knoten in der Lage, Ausfälle eigener Komponenten und auch anderer Knoten zu detektieren und entsprechende Fault-Recovery-Mechanismen anzustoßen.

Ansprechpartner:

Dipl.-Inform. Markus Rauhut

☎ 06 31/3 03-18 73



Um im Zeitalter elektronischer Datenübertragung den Schutz von Informationen vor Unbefugten gewährleisten zu können, bedarf es einer ständigen Neu- und Weiterentwicklung kryptologischer Verfahren. Der Einsatz asymmetrischer Verfahren leistet einen wesentlichen Beitrag beim Erreichen des Ziels der sicheren Kommunikation.

Das bekannteste asymmetrische Kryptosystem ist RSA. Seine Sicherheit beruht auf der Tatsache, dass das Faktorisieren einer großen ganzen Zahl allgemein als schwierig angesehen wird. Der aktuelle Faktorisierungsrekord liegt bei zusammengesetzten Zahlen mit 158 Dezimalstellen. Selbst RSA-Schlüssel mit einer Länge von 512 Bit garantieren heute keine Sicherheit mehr. Daher ist es wichtig, Alternativen zur Verfügung zu haben. Meist konnten diese jedoch bzgl. Laufzeit und Sicherheit einem Vergleich mit RSA nicht standhalten.

Elliptische Kurven erwiesen sich als gute Grundlage für Kryptosysteme, die ernsthaft mit RSA konkurrieren können. Ihre Sicherheit beruht auf dem Problem, diskrete Logarithmen in der Punktgruppe einer elliptischen Kurve zu berechnen. Da dies im Allgemeinen schon für relativ kleine Parameter schwierig ist, garantieren sie bereits für kurze Schlüssel hohe Sicherheit und werden deshalb insbesondere bei Smart-Cards und vergleichbaren Umgebungen eingesetzt. Hyperelliptische Kurven sind Verallgemeinerungen elliptischer Kurven.

Ihr Vorteil ist die größere Auswahl geeigneter Parameter und die hieraus resultierende höhere Sicherheit.

In einem Projekt mit der BGS Systemplanung AG wurden Algorithmen zur Bestimmung von Unterkörpern sowie zum expliziten Rechnen im Endomorphismenring hyperelliptischer Funktionkörper entwickelt. Diese ermöglichen einen Test auf eventuelle Schwachpunkte der gewählten Parameter und geben Hinweise auf die Struktur der Jacobigruppe. Wesentliche Teile der Forschungsergebnisse wurden auf der Konferenz »Efficient Methods in Algebraic Geometry« (MEGA) 2003 präsentiert.

Ansprechpartner:

Dr. Ronald Rösch
☎ 06 31/3 03-18 67



Adaptive Systeme

Die Abteilung ADAPTIVE SYSTEME beschäftigt sich zentral mit der daten- und wissensbasierten Modellierung technischer und biologischer Systeme und Prozesse. Die resultierenden Modelle erlauben dann einerseits unter Anwendung geeigneter Verfahren die Ableitung neuen Prozesswissens und die Prognose des Prozessverhaltens. Andererseits kommen die identifizierten Modelle als Kernbestandteil von Steuerungs- und Regelungsalgorithmen zum Einsatz.

Konkret haben sich in der Abteilung im Laufe der letzten Jahre die folgenden Schwerpunkte herauskristallisiert:

- CAD für Analogschaltungen
- 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 und asymptotische Homogenisierung ihre Anwendung.

Neben der Bearbeitung öffentlicher und industrieller Forschungs- und Entwicklungsprojekte spielt in der Abteilung die konsequente Neu- und Weiterentwicklung eigener Software-Produkte eine bedeutende Rolle. So wurde im Berichtsjahr Analog Insydes®, unser CAD-Tool zur Unterstützung des Analogschaltungsentwurfs, im Hinblick auf die Anbindung an das industriell etablierte Cadence Framework sowie auf eine erhöhte Bedienerfreundlichkeit weiterentwickelt. Die Palette der Überwachungstools für rotierende Maschinen wurde um ein Modul zur Detektion subsynchroner Resonanzen ergänzt.

Trotz verschlechterter Rahmenbedingungen gerade im Bereich der öffentlichen Förderung ging das Berichtsjahr recht versöhnlich für die Abteilung zu Ende. Die bisherigen industriellen Kunden blieben der Abteilung treu und neue vielversprechende Kontakte konnten geknüpft werden.

Dr. Patrick Lang

☎ 06 31/2 05-28 33

lang@itwm.fraunhofer.de

Dr. Andreas Wirsen
Jan Hauth, Dr. Alex Sarishvili
Stefan Soltuz, Thomas Halfmann, Alexander Dreyer, Dr. Patrick Lang
Dr. Hagen Knaf, Dr. Julia Orlik, Eva Barrena, Dr. Jochen Hoffmann
Nicht im Bild: Harriet Bach, Frank Kneip, Tim Wichmann



CAD für Analogschaltungen



Dieser Schwerpunkt beschäftigt sich mit Methoden und Werkzeugen zur Modellierung, Analyse und Dimensionierung linearer und nichtlinearer Analogschaltungen mit Hilfe von symbolischen 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. Grundlage der Software sind dabei gemischt symbolisch/numerische Algorithmen für lineare sowie nicht-lineare differential-algebraische Gleichungssysteme (DAE-Systeme).

Das industrielle Anwendungsspektrum symbolischer Verfahren ist vielschichtig und reicht vom klassischen Schaltungsverständnis hin zur Fehleranalyse, von der Schaltungsdimensionierung und -optimierung bis hin zur Verhaltensmodellierung auf der Mixed-Signal- oder System-Ebene. Insbesondere die automatische Verhaltensmodellierung ist ein vielversprechender Ansatz im Be-

reich der Simulation heterogener Systeme (Systemsimulation). Gerade dieser Aspekt gewinnt bei der industriellen Geräteentwicklung zunehmend an Bedeutung, da so aufwändige Hardware-Prototypentwicklungen vermieden und Entwicklungskosten eingespart werden können.

Eine besondere Herausforderung besteht dabei in der Heterogenität, also der Kopplung von verschiedenen Gerätekomponten aus unterschiedlichen physikalischen Bereichen. In diesem Zusammenhang wurde in der Abteilung ein elektrochemisches Messgerät über eine Systemsimulation nachgebildet. Die Hauptkomponenten waren dabei die Steuer- und Auswerteelektronik des Geräts sowie ein dreidimensionales Modell einer Elektrolysezelle auf Basis von elektrodenkinetischer, enzymkinetischer und diffusiver Prozesse. Auf diese Weise hilft die Systemsimulation, das Verhalten der Komponenten sowie deren Wechselwirkung untereinander bereits vor der Realisierung eines Prototyps zu untersuchen.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Thomas Halfmann
☎ 06 31/2 05-44 75

ANASTASIA 2

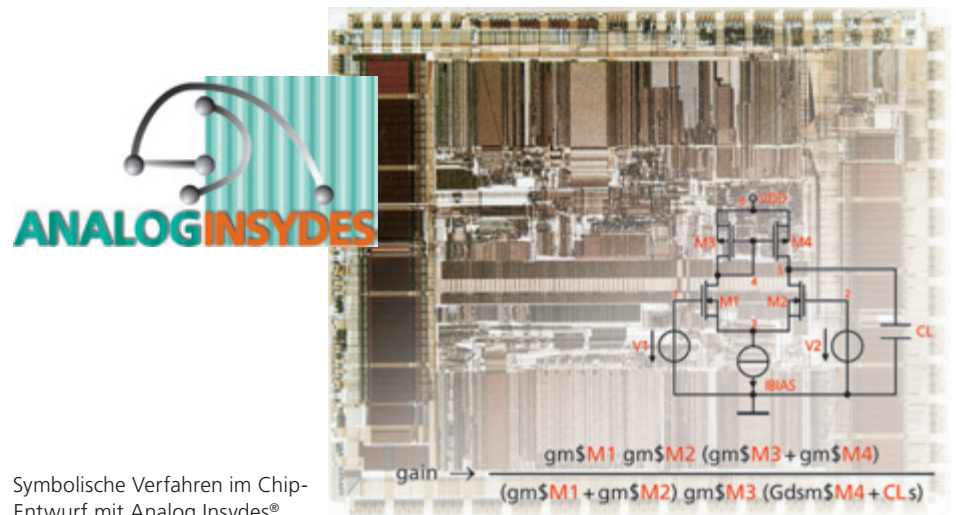
Nach erfolgreichem Abschluss der ersten Phase des europäischen Verbundprojekts ANASTASIA+ werden seitens des ITWM in der zweiten Phase die Schwerpunkte »Methodiken zur Anwendung von symbolischer Analyse« und »Verfahren zur Verhaltensmodellgenerierung nichtlinearer Schaltungen« bearbeitet. Ziel ist es u. a., durch die Entwicklung von schaltungsklassenspezifischen Lösungsprozeduren dem industriellen Schaltungsentwickler einen intuitiveren Zugang zu den symbolischen Verfahren zu ermöglichen und ihn so in die Lage zu versetzen, Analyse- und Modellierungsprobleme selbstständig und effizient bearbeiten zu können. Darüber hinaus wurden die nichtlinearen Vereinfachungsverfahren hinsichtlich der Berücksichtigung transienten Schaltungsverhaltens erweitert. Wesentliche Aspekte hierbei waren die Entwicklung einer zuverlässigen und effizienten Bewertungsfunktion sowie die Indexkontrolle des vereinfachten DAE-Systems.

e_GASGRID

Dieses europäische FP5-Projekt, das in Zusammenarbeit mit der Abteilung TRANSPORTVORGÄNGE (siehe Seite 31) bearbeitet wird, beschäftigt sich mit der Untersuchung von Gaspipeline-Netzwerken. Dabei ist es gelungen, die symbolischen Verfahren, die ursprünglich aus dem Bereich der Mikroelektronik stammen, auf dieses neue Anwendungsgebiet zu übertragen. Die Anpassungsarbeiten beschränkten sich dabei lediglich auf die Entwicklung und Bereitstellung geeigneter Modelle für typische Komponenten von Pipelinenetzen (Pipelines, Kompressoren, Speicher, Verbraucher usw.). Die eigentlichen Vereinfachungsverfahren konnten dank ihres allgemeinen mathematischen Ansatzes direkt übernommen werden. Auf diese Weise ist es gelungen, ein reales nationales Pipeline-Netz auf wenige dominante Komponenten zu reduzieren. Dieses Verhaltensmodell bietet gegenüber der vollständigen Beschreibung entscheidende Vorteile bei der Verwendung in einer Simulation oder zur Lösung von Optimierungsproblemen.

Anwenderseminare

Das Fraunhofer 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.



Monitoring und Regelung

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

Zur Beschreibung bestimmter Verhaltensweisen eines technischen Systems muss zumeist ein geeignetes Ersatzmodell entwickelt werden, welches den jeweils interessierenden Systemaspekt möglichst exakt abbildet. Abhängig von den vorhandenen Systeminformationen und den gewünschten Modelleigenschaften werden Black-Box-, White-Box- oder eine Mischung aus beiden, so-

genannte Grey-Box-Modelle, eingesetzt. Neben linearen Ansätzen kommen auch komplexere nichtlineare Techniken, wie ein aus mehreren linearen, lokal gültigen Modellen zusammengesetztes Netzwerk zum Einsatz – man spricht von einem Local Model Network (LMN). Bei den linearen Teilmodellen kann es sich sowohl um Black-Box- als auch um White-Box-Modelle handeln. Mit den verschiedenen Modellierungsansätzen wird dann beispielsweise das Verhalten von Turbosätzen oder Automobilprüfständen beschrieben.

Die identifizierten Modelle bilden die Grundlage für das Beobachter- und Reglerdesign. Dazu werden neben den klassischen Ansätzen schwerpunktmäßig Methoden der H_∞ -Kontrolltheorie eingesetzt, die bis zu einem gewissen Maß Robustheit des resultierenden Beobachters oder Reglers gegenüber Modellunsicherheiten und anderen Systemstörungen garantieren. Zusätzlich kommen auch Verfahren aus den Bereichen Adaptive Control, Iterative Learning Control und Model Predictive Control zum Einsatz.

Die auf linearen Modellen basierenden Kontrollansätze können, z. B. bei stark nichtlinearem Systemverhalten, häufig unzureichend sein. Ein Forschungsschwerpunkt der Gruppe liegt darin, basierend auf den LMN-Modellen, Erweiterungen der linearen Kontrollstrategien zu entwickeln. Der Fokus liegt insbesondere auf der Entwicklung effizienter und robuster Methoden.

Ansprechpartner:

Dr. Andreas Wirsen
☎ 06 31/2 05-31 26



Torsionserfassungs- und -analysesysteme

In den vergangenen Jahren wurden innerhalb dieses Arbeitsgebiets die Software-Pakete TorStor, TorFat und TorAn entwickelt, die zusammen mit einem exklusiv vom Fraunhofer ITWM vertriebenen berührungslosen Drehmomentensensor jeweils ein eigenständiges Torsionserfassungs- und -analysesystem mit unterschiedlichen Analyseschwerpunkten darstellen. Einsatzgebiete der Online-Monitoring-Systeme sind rotierende Wellen; insbesondere haben sie bei der Langzeitüberwachung von Kraftwerksturbosätzen ihre Praxistauglichkeit bewiesen. Weitere Einsatzgebiete sind z. B. Windkraftanlagen, wo sie als Ergänzung zu den von den Versicherern vorgeschriebenen Conditional-Monitoring-Systemen als Torsionsanalysesystem eingesetzt werden können und weiteren Aufschluss über den Zustand des Antriebsstrangs geben. Der Sensor und die Software wurden auf der Sensor2003 in Nürnberg Messtechnikern und auf der HUSUMwind2003 in Husum insbesondere den Herstellern und Betreibern von Windkraftanlagen vorgestellt.

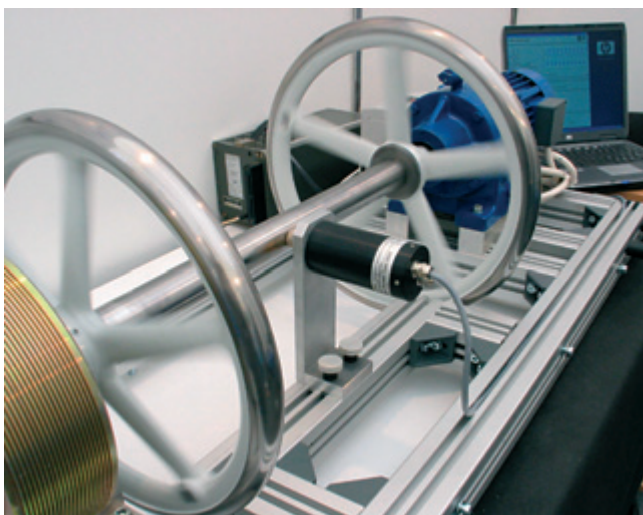
Monitoring subsynchroner Resonanzen

Für den Kraftwerkseinsatz wurde gemeinsam mit dem Projektpartner, dem Lehrstuhl für elektrische Maschinen, Antriebe und Leistungselektronik der Universität Dortmund (Prof. Stefan Kulig), das Software-Tool TorFat durch einen neuen Algorithmus erweitert, mit dem speziell für einen Turbosatz kritische subsynchrone Resonanzen (SSR) detektiert werden können.

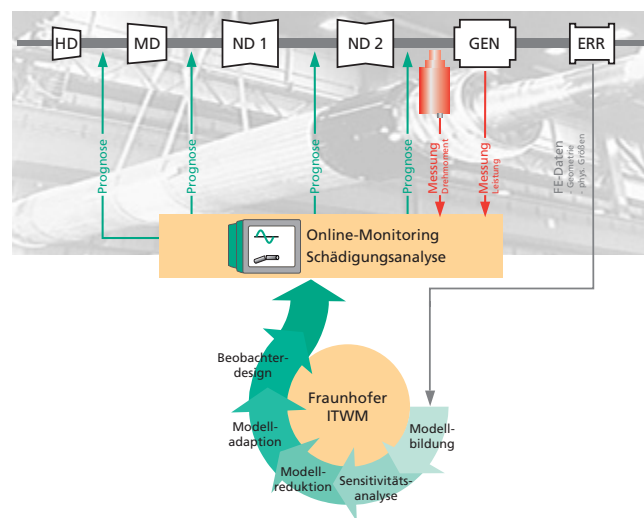
Dieses Phänomen tritt insbesondere bei Turbosätzen auf, die elektrische Netze versorgen, in denen Serienkondensatoren negative Effekte bei der Energieübertragung über sehr lange Leitungen kompensieren sollen. Der Einsatz der Kondensatoren kann aber durch Rückkopplungseffekte im Generator ein zusätzliches Drehfeld erzeugen, das vom Generator auf den Wellenstrang übertragen wird. Stimmt die Drehfeldfrequenz mit einer mechanischen Eigenfrequenz des Wellenstrangs überein, so entsteht eine elektromechanische Resonanz. Da die angeregte Eigenfrequenz kleiner als die Frequenz ist, in der der Generator mit dem elektrischen

Netz synchronisiert wird, spricht man von einer subsynchronen Resonanz. In Abhängigkeit von der mechanischen und elektrischen Dämpfung des Wellenstrangs bzw. des Stromnetzes fängt der Turbosatz bei einer SSR in dieser Frequenz mit mehr oder weniger stark steigenden Amplituden zu schwingen an. Große Torsionsschwingungen stellen für einen Wellenstrang kritische Belastungen dar, die es frühzeitig zu vermeiden gilt. Basierend auf einem speziell entwickelten Algorithmus überwacht TorFat online die Torsionsschwingungen, detektiert ansteigende Amplituden und erzeugt bei einem kritischen Anstieg der Amplituden nach Gefahr gestaffelte Warnsignale. Gleichzeitig werden die aufgetretenen Torsionsschwingungen gespeichert und für den aufgetretenen Störfall eine Ermüdungsanalyse durchgeführt.

Mobiler Sensorprüfstand auf der HUSUMwind 2003



Torsionsanalyse rotierender Maschinen



Diagnoseunterstützung in den Life Sciences

Die Untersuchung von Prozessen und Systemen aus dem Bereich der Life Sciences wird häufig durch deren hohe Komplexität und nur mangelhaft vorhandene Information über den Systemzustand bestimmt. Deswegen ist eine Beschreibung oftmals nur partiell durch explizite Modelle möglich. Mittels daten- und wissensbasierter Verfahren können trotzdem Aussagen zur Prognose des Verhaltens und Diagnose dieser Systeme getroffen werden. Die Untersuchung der Systeme muss sich also einerseits auf systematisches Data Mining und andererseits auf möglicherweise vorhandenes Expertenwissen stützen. Dabei kommen Techniken wie Clusteranalyse, Entscheidungsbäume, Neuronale Netze, Support Vector Machines und Zeitreihenanalyse zum Einsatz. Expertenwissen muss, um für die rechner-

gestützte Auswertung nutzbar zu sein, erst in geeigneter Weise formal dargestellt werden. Prinzipiell sind hierfür der aus der Theorie der Programmiersprachen bekannte objektorientierte Ansatz oder auch die sogenannte Regelbasierung denkbar.

Hauptarbeitsgebiet der Gruppe bildet die rechnergestützte Medizindiagnostik: Hier wurde beispielsweise die Ernährungsberatungssoftware CENA entwickelt, die einen über mehrere Tage geführten Ernährungsplan im Hinblick auf die Nährstoffversorgung bewertet und schrittweise verbessert. Die Basis des Programms bildet die mathematische Modellierung des Bewertungsschemas von Ernährungswissenschaftlern. In zwei weiteren Projekten – einerseits zur Analyse von Elektrokardiogrammen und andererseits im Bereich Regulationsthermographie – kommen daten- und wissensbasierte Verfahren zum Einsatz.

Die Moderation der MACSI-net Working Group »Cardiac and Cardiovascular Models« zählt zu den wissenschaftlichen Aktivitäten der Arbeitsgruppe; in deren Rahmen fand im Juni 2003 die »CardioPoint« in Graz statt: Wissenschaftler aus dem industriellen und akademischen Bereich stellten Anwendungen der Mathematik in der Medizin bzw. Medizintechnik für den Bereich des Herz-Kreislauf-Systems vor. In einer Diskussionsrunde wurden die Leistungsfähigkeit aktuell verfügbarer Software für die numerische Simulation von Blutströmungen sowie Probleme in der medizinischen Software-Entwicklung im universitären Bereich erörtert.

Ansprechpartner:

Dr. Hagen Knaf
☎ 06 31/2 05-44 74



Analyse von Elektrokardiogrammen

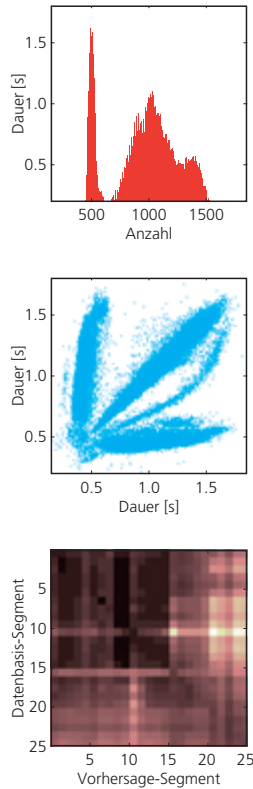
Die Aktivität des Herzens wird in der Medizin u. a. mit Hilfe des Elektrokardiogramms (EKG) aufgezeichnet. Ein Teil der Analyse des EKGs besteht aus der Untersuchung numerischer, aus dem Signal extrahierter Parameter wie zum Beispiel der Zeiten zwischen sukzessiven Herzschlägen (RR-Intervalle). In medizinischen Studien wurde gezeigt, dass die Verteilung der RR-Intervalle und ihre zeitliche Abfolge relevante medizinische Information enthält. In der Arbeitsgruppe werden Verfahren zur mathematischen Analyse der RR-Intervall-Zeitreihe entwickelt. Unter anderem werden sogenannte Lorenzplots untersucht, in denen die Kurzzeitdynamik der RR-Intervalle geometrisch dargestellt wird. Die langfristige Signalstruktur eines EKGs lässt sich zum Beispiel durch Vergleich der strukturellen Ähnlichkeit kleiner EKG-Stücke untereinander erfassen. Im nebenstehenden Bild ist das Ergebnis eines solchen Vergleichs mittels eines (nicht symmetrischen) mathematischen Maßes dargestellt; größere Ähnlichkeit wird durch dunklere Farbe repräsentiert.

Im Jahr 2003 wurde eine im Auftrag der Firma Geratherm Medical AG entwickelte Software zur automatischen Erkennung von Vorhofflimmern (AF) aus einer ca. einstündigen Aufzeichnung der RR-Intervalle fertiggestellt. Nach dem Nachweis einer hohen Erkennungsgüte in einer von Geratherm durchgeführten Studie wurde die Software in ein Handgerät zur AF-Detektion implementiert; eine Betaversion des Geräts wurde auf der MEDICA-2003 vorgestellt.



AFD-Monitor der Firma Geratherm

Schlagdauerverteilung, Lorenzplot und Cross-Prediction-Plot als Darstellungsweisen eines 24-Stunden-EKGs

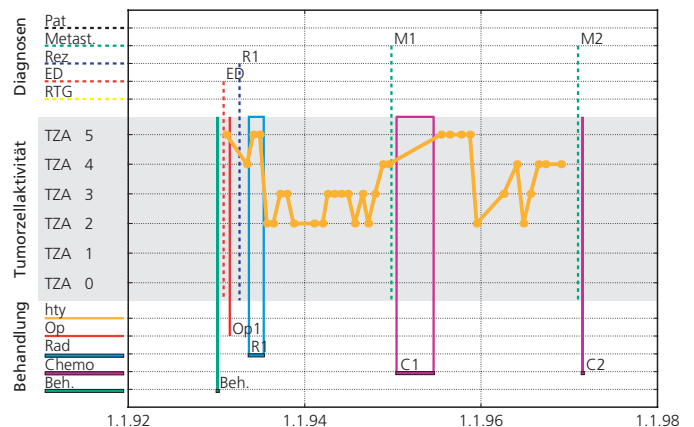


Regulationsthermographie

Die Regulationsthermographie ist ein komplexes Diagnoseverfahren der Komplementärmedizin, das auf einer zweimaligen Messung der Hauttemperatur an 110 spezifischen Punkten beruht. Zwischen den Messungen wird der Proband einem definierten Kältereiz ausgesetzt. Das so erhaltene Thermogramm wird von Experten auf der Basis eines zum Teil heuristischen Regelwerks interpretiert, um Krankheiten wie z. B. Brustkrebs zu erkennen.

In Zusammenarbeit mit der Firma gbo AG und dem Institut zur wissenschaftlichen Evaluierung naturheilkundlicher Verfahren läuft in der Arbeitsgruppe ein durch das BMBF gefördertes Projekt zur Diagnoseunterstützung in der Regulationsthermographie mit Ausrichtung auf den Brustkrebs. Im jetzt dritten Projektjahr wurde die Arbeit an einem auf Fuzzylogik und neuronalen Netzen basierenden Auswerteprogramm abgeschlossen. Das Programm liefert eine Risikoklassifikation von Thermogrammen in Bezug auf das Vorhandensein von Brustkrebs auf einer sechsstufigen Skala. Die Bewertung der zeitlichen Änderung dieser Risikoklasse während einer Therapie (Bild unten) ist Gegenstand noch laufender Arbeiten.

Grafische Aufbereitung eines Behandlungsverlaufs mittels MATLAB®



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 System sensitivitäten im Hinblick auf ausgewählte Einflussgrößen.

Die Aktivitäten im Schwerpunkt »Prognose von Material- und Produkteigenschaften« lassen sich grundsätzlich in die folgenden zwei Gebiete aufteilen:

Statische Systemidentifikation

Beispiele dafür sind die Sensitivitätsanalyse und die Vorhersage der Crashperformance eines Verbundwerkstoffs in Abhängigkeit von signifikanten Herstellungsparametern wie Geometrieigenschaften, Lagenaufbau, Versuchsaufbau, Werkstoffen usw.

Dynamische Systemidentifikation

Hier wurden multivariate dynamische Systeme sowohl mit Hilfe der »delayed feed forward« als auch mit rekurrenten neuronalen Netzen identifiziert und langfristige Vorhersagen erfolgreich für verschiedene zeitabhängige industrielle Fertigungsprozesse durchgeführt.

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

Ansprechpartner:

Dr. Alex Sarishvili
☎ 06 31/2 05-31 26

Leichtbau mit Magnesium

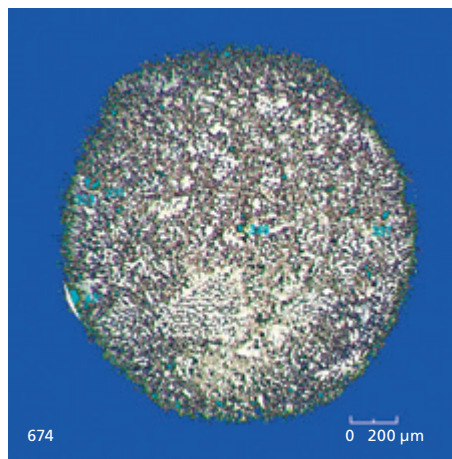
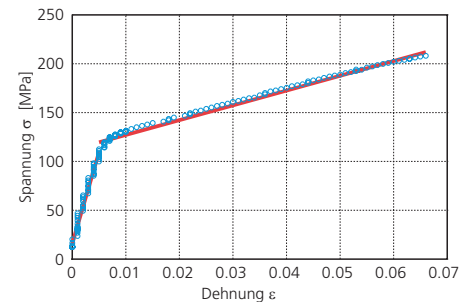
Im Rahmen der Fraunhofer-internen wirtschaftsorientierten strategischen Allianz (WISA) »Werkstoff- und funktionsgerechter Leichtbau mit Magnesium«, an der – neben den Fraunhofer-Instituten IWM, IFAM, IWS, IWU und LBF – am ITWM auch die Abteilung STRÖMUNGEN UND KOMPLEXE STRUKTUREN (siehe Seite 41) beteiligt ist, werden die Zugeigenschaften von Kfz-Instrumententafelträgern aus Magnesium bestimmt.

Gegeben sind sogenannte Sigma-Epsilon-Kurven, die im Rahmen systematischer Experimente ermittelt werden. Diese Spannungs-Dehnungs-Kurven repräsentieren jeweils das Materialverhalten in einem Bereich des Instrumententafelträgers während der Erhöhung der Zugkraft bis zum Materialbruch. Nach jedem Versuch wurde die Bruchstelle genauer untersucht und die signifikanten Variablen mit einer speziellen Bildverarbeitungssoftware bestimmt. Es wurden u. a. folgende Größen aufgezeichnet: Bruchfläche, Poren, Risse, Mikroporen, vorerstartetes Material, Feinkorn, Eutektikum und Gesamtim-

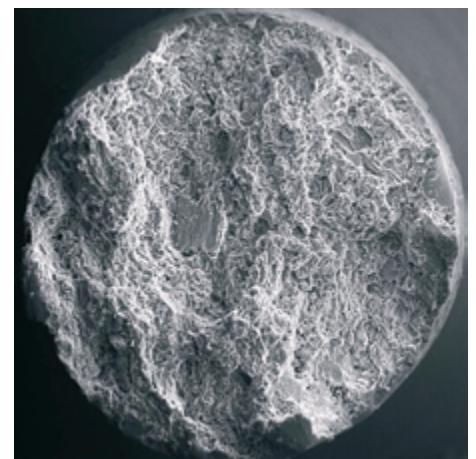
perfektionen. Diese Variablen dienen dann als Inputgrößen zur Modellierung der Eigenschaften des Gussteils. Als Zielvariablen des Outputraumes wurden vier, den Spannungs-Dehnungs-Kurvenverlauf eindeutig identifizierende Parameter ausgewählt: »Steigung der Hook'schen Geraden«, »Mittlere Steigung im elastischen Bereich«, »Bruchspannung«, und »Bruchdehnung«. Nach der Approximation der Funktion zwischen Input- und Outputraum 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 sind ein wirkungsvolles Instrument in den Händen der Ingenieure, um zu entscheiden, 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 in dem »Mean Squared Error« der Kreuzvalidierung und in der Interpretierbarkeit der Sensitivitätskurven – die Stärke des Ansatzes bestätigt und die Projektpartner überzeugt, im Jahr 2004 die Methodik weiterzuentwickeln und die Anzahl zur Verfügung stehender Experimentaldaten durch weitere Zugversuche zu erhöhen.

Spannungs-Dehnungs-Kurven

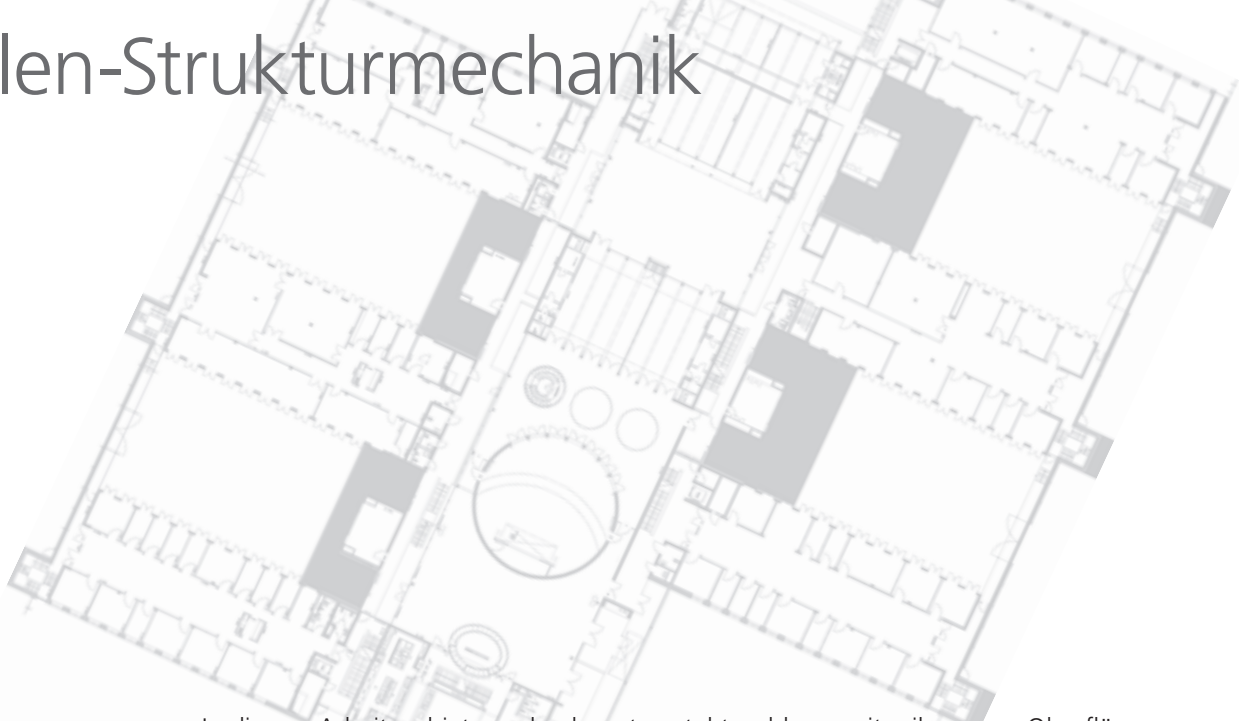


Schliffbild (parallel zur Bruchfläche geätzt)



Bruchbild

Multiskalen-Strukturmechanik



In diesem Arbeitsgebiet werden hauptsächlich drei Fragestellungen behandelt. Die erste beinhaltet die numerische Berechnung mikroskopischen Spannungs-Dehnungs-Verhaltens und effektiver Materialeigenschaften von Verbundwerkstoffen oder porösen Materialien. Dazu werden Homogenisierungsverfahren eingesetzt, die unter Berücksichtigung der Mikrostruktur sowie der unterschiedlichen Materialgesetze die Berechnung von mittleren elastischen, viskoelastischen und plastischen Materialeigenschaften sowie von freier Temperatur-Verzerrung, freier Schwellung oder freiem Schwund ermöglichen. Die zweite Fragestellung betrifft Kon-

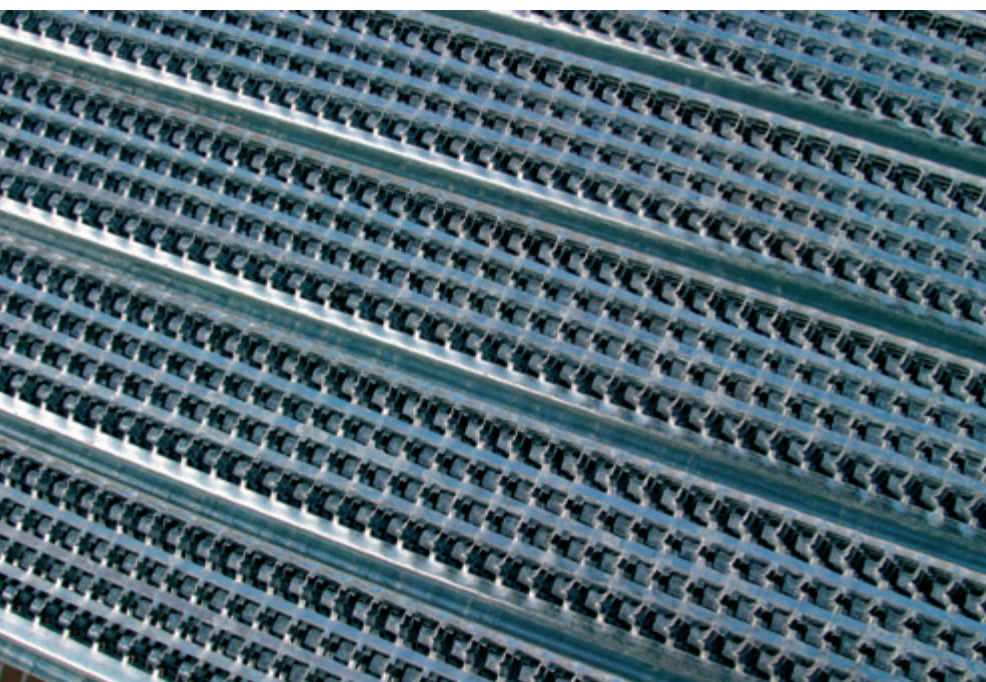
taktprobleme mit mikrorauen Oberflächen, die ebenfalls mit Homogenisierungsmethoden behandelt werden können. Schließlich werden im dritten Fragekomplex zeitliche Prozesse für Verbundbauteile betrachtet, deren Makrofestigkeit und Lebensdauer unter Ermüdung, Kriechen, schlagartiger Belastung und Verschleiß untersucht werden.

Homogenisierungstechniken werden angewandt, wenn der Verbundwerkstoff stark differierende Größenskalen aufweist. Eine direkte Berechnung von Eigenschaften und Effekten auf der Makroskala ist in diesem Fall wegen des enormen Aufwands zur Berücksichtigung der Mikrostruktur kaum möglich. Bei der hier verwendeten Homogenisierungstechnik wird das Gesamtproblem asymptotisch bezüglich des Längenverhältnisses der Mikro- zur Makroskala entwickelt. Dies führt im Limes auf ein äquivalentes homogenes Problem, das nur noch mittlere, effektive Eigenschaften enthält. Die Lösung dieses homogenisierten Problems stellt dann eine Approximation der exakten Lösung dar.

Gegenüber anderen einfacheren Mittelungsverfahren wie selbstkonsistente Methoden nach Hashin und Eshelby, die nur auf spezielle Geometrietypen angewandt werden können, haben asymptotische Homogenisierungstechniken den wesentlichen Vorteil, auf beliebige Mikrostrukturen und viele verschiedene Materialgesetze anwendbar zu sein.

Ansprechpartnerin:

Dr. Julia Orlik
☎ 06 31/2 05-27 42



Homogenisierung in der Elasto-Plastizität

Die asymptotische Homogenisierungsmethode ist gut untersucht und kann für lineare Probleme schnell umgesetzt werden. In diesem Projekt müssen jedoch sowohl große Verzerrungen als auch nichtlineares Materialverhalten berücksichtigt werden, was zusätzlichen Aufwand bereitet.

Die Idee ist, die gesamte Spannung in zwei Anteile zu zerlegen. Dabei hängt der erste Anteil nur von der elastischen Dehnung ab, während im Restanteil sowohl elastische, als auch plastische Verzerrungen berücksichtigt werden.

Für das auf der makroskopischen Ebene vorliegende Randwertproblem wird dabei ein homogenes nichtlineares Materialmodell verwendet, dessen effektive Eigenschaften aus der mikroskopischen Struktur abgeleitet werden. Auf der mikroskopischen Skala besteht das Problem in der Lösung von einem nichtlinearen und neun linearen Hilfsproblemen auf der Einheitszelle, die die Mikrostruktur des Materials widerspiegelt. Allerdings ist eine vollständige Trennung des Mikro- und Makroproblems

nicht möglich, da das nichtlineare Problem auf der Mikroskala über eine aus dem makroskopischen Spannungsanteil resultierende Volumenkraft an das Problem auf der Makroskala gekoppelt ist. Daher wird der Einsatz iterativer Lösungsverfahren erforderlich.

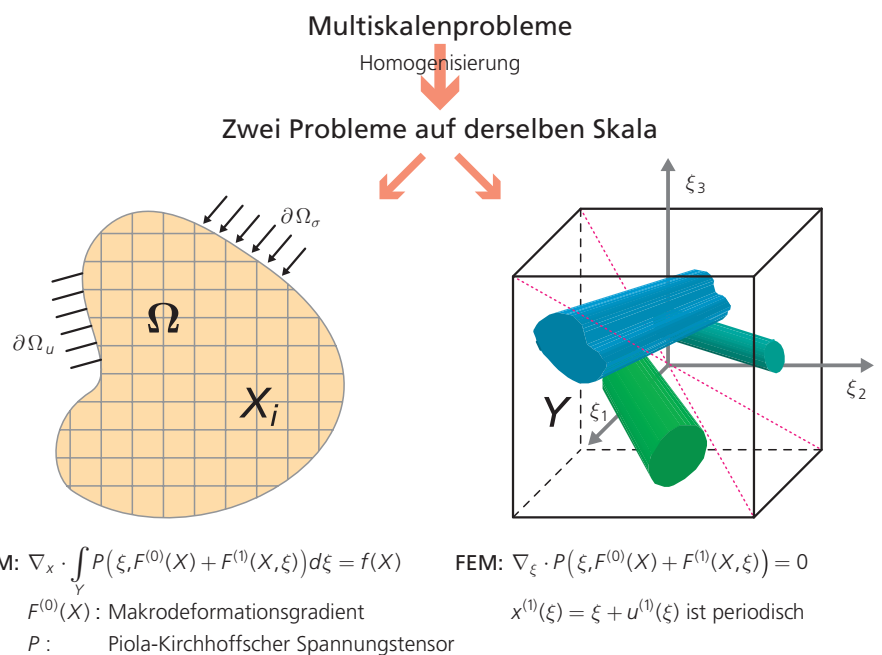
Der am ITWM entwickelte Algorithmus soll im Fraunhofer IWM numerisch umgesetzt werden. Dabei kann bei allen auftretenden Berechnungen auf gängige FE-Software-Pakete wie ANSYS® oder ABAQUS® zurückgegriffen werden. Für ein Folgeprojekt ist geplant, den Algorithmus so zu erweitern, dass zusätzlich auch die Berechnung von Rückspannungen sowie der kompletten nichtelastischen Spannungsanteile möglich ist. Ziel wird es letztlich sein, Kurven oder Tabellen für spätere industrielle Anwendungen bereitzustellen, die das Ablesen effektiver Makrowerte in Abhängigkeit der Mikrostruktur und des Belastungsszenarios erlauben.

Hüftprothesen (EU-CRAFT)

Nach einer zweijährigen Laufzeit wurde dieses Projekt im Jahr 2003 erfolgreich abgeschlossen. Ausgehend von einer mikroskopischen Beschreibung wurden die effektiven Kontakteigenschaften einer Hüftprothese mit dem Hüftknochen berechnet. Auf dieser Grundlage wurde dann eine zuverlässige Bestimmung des elastischen Spannungsfeldes im Knochen möglich.

Duroplaste

Das seit 2002 laufende und kürzlich verlängerte DFG-Projekt beschäftigt sich mit Methoden, die ausgehend von den mikrostrukturellen Eigenschaften integro-viskoelastischer Verbundwerkstoffe Aussagen über deren Festigkeit sowie Lebensdauer erlauben. Die numerische Behandlung führt auf eine Reihe räumlicher Finite-Element-Berechnungen, die mit einer Kollokationsmethode in der Zeit gekoppelt werden.



Optimierung

Ziel der Abteilung ist die Erforschung und Bereitstellung von Modellen und Verfahren der Mathematischen Optimierung für Industrie und Dienstleistung. Hierbei spielt die Entwicklung von Software-Lösungen, im Dialog mit dem Kunden, eine wichtige Rolle. Das Jahr 2003 eröffnete der Abteilung OPTIMIERUNG viele neue Potenziale. Existierende Kundenkontakte wurden intensiviert und neue Kunden kamen hinzu. Ergebnisse aus Forschungsprojekten wurden auf zwei großen Messen – der MEDICA in Düsseldorf und der transport logistik in München – und auf dem Siemens Focus-Meeting »Radiotherapy« in San Francisco vorgestellt. Zusätzlich wurden interessante Industrieworkshops für Krankenhauslogistik, Standortplanung und Schulplanungssoftware organisiert.

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 durch das vom Land Rheinland-Pfalz finanzierte Forschungs-Lab für Produktion die Kontakte zu KMU im lokalen Raum intensiviert. Weiterhin startete ein Projekt zur Simulation von Gebäudeevakuierungen mit der SAP AG. Im Schwerpunkt »Überbetriebliche Logistik und Verkehrsplanung« wurde eine Zusammenarbeit mit der Firma proALPHA Software AG, Weilerbach, einem Anbieter von ERP-Lösungen für den Mittelstand, begonnen. Das Software-Tool AnSiM zur Anschluss-Sicherung im öffentlichen Personenverkehr fand reges Interesse in der Öffentlichkeit. Im Schwerpunkt »Kontinuierliche Optimierung« wurden Verträge zur Vermarktung eines Produkts zur Planung intensitätsmodulierter Strahlentherapie geschlossen. Mit der Firma partu lapidaries, Idar-Oberstein, wurde ein Projekt zur optimalen Gestaltung eines automatischen Produktionsprozesses von Edelsteinen begonnen. Im Schwerpunkt »Knowledge-Management und E-Commerce« wurde ein Internet-Produktkatalog für die Firma MiniTec, Waldmohr, fertiggestellt und ein Projekt mit der Tehalit GmbH, Heltersberg, zum Prozessmanagement begonnen, das 2004 fortgesetzt wird.

Prof. Dr. Stefan Nickel

☎ 06 31/3 03-18 85

nickel@itwm.fraunhofer.de

Prof. Dr. Stefan Nickel, Torsten Schneider
Dr. Michael Schröder, Michael Monz, Hans Trinkaus, Ahmed Saher Sultan Azizi
PD Dr. Karl-Heinz Küfer, Dr.-Ing. habil. Alexander Lavrov, Carsten Goesmann, Julia Kallrath
Dr. Teresa Melo, Juliette Armbrrecht, Alexander Scherrer, Fernando Alonso
Nicht im Bild: Dr. Thomas Hanne



Innerbetriebliche Logistik

Die Aktivitäten des Schwerpunkts »Innerbetriebliche Logistik« richten sich vor allem auf die Entwicklung und Verbesserung von Planungs-, Steuerungs- und organisatorischen Abläufen sowohl in existierenden als auch in erst zu realisierenden Betrieben.

Neben der umfangreichen Nutzung von Standard-Optimierungsverfahren werden für besondere Probleme mit mehreren Kriterien Methoden wie evolutionäre Programmierung, Fuzzy-Techniken u. ä. eingesetzt. Der Kern-Lösungsansatz besteht in einem systematischen gemeinsamen Einsatz von Simulation und Optimierung.

Das Spektrum der Problemstellungen in unseren Projekten reichte von technischen Fragen:

- Wann und wie ordne ich die ankommenden Aufträge den Plätzen in

einem Ringsortier zu? Nach welchem Algorithmus steuere ich die Regalbediengeräte? Welche Routingstrategien verwende ich in der Materialfluss-Steuerung? Wie verteile ich die Artikel über die Kommissionierzonen? Welche Kartongröße passt am besten zu meinem Produktionsspektrum? Wie synchronisiere ich logistische und verfahrenstechnische Simulationswerkzeuge?

über organisatorische Fragen:

- Wie plane ich ein kompliziertes Software-Entwicklungsprojekt, wenn die Aufwände nicht genau abzuschätzen sind? Wie lange dauert die Evakuierung eines geplanten Gebäudes? In welcher Reihenfolge alarmiere ich das Personal in Gefahrensituationen?

bis zu Fragen wie

- Wie sieht eine optimale Futter-Rationierung von Kühen aus?

Außer der eigentlichen Projektarbeit widmen sich Mitarbeiter des Schwerpunkts dem Technologie- und Wissenstransfer durch die Organisation von Schulungen und Workshops. Dies hilft, die Potenziale der Optimierung und Simulation in Industrieunternehmen besser auszuschöpfen.

Zu den wichtigsten industriellen Partnern des Schwerpunkts zählten 2003 psb GmbH Materialfluss+Logistik, Pirmasens, SAP AG, Walldorf, Pierau Planung, Hamburg. Wissenschaftliche und Forschungsaktivitäten werden in intensiver Kooperation mit weiteren Fraunhofer-Instituten durchgeführt, u. a. IML, SCAI, UMSICHT, IESE und FIT.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. habil. Alexander Lavrov
☎ 06 31/3 03-18 84



Evakuierungssimulation

Das menschliche Leben, Gesundheit und Sicherheit haben höchste Priorität in der Gesellschaft. Trotzdem kommt es immer wieder zu Bränden, industriellen Unfällen, Terrorattacken, die schwere Schäden und Opfer verursachen. Manchmal stellt sich bei der Ursachenfindung heraus, dass die Schäden durch genügende Schulung, richtige Fluchtwegplanung und -gestaltung hätten vermieden werden können. Das Problem liegt hierbei in der Tatsache, dass die Felduntersuchungen, Evakuierungsübungen und Menschenfluchtanalysen sehr zeit- und kostenaufwändig sind und qualitative Studien oder analytische Beschreibungen allein auf Basis von Layoutdaten nicht ableitbar sind. Die Lösung liegt im aktiven Einsatz von Evakuierungssimulationen, die sowohl für ausführliche Untersuchungen verschiedener Szenarien als auch für Schulungen geeignet sind.

Hierfür wurde am ITWM ein Ansatz zur Simulation von Gebäudeevakuierungen auf Basis von eM-Plant entwickelt; zu den besonderen Leistungsmerkmalen des Systems zählen:

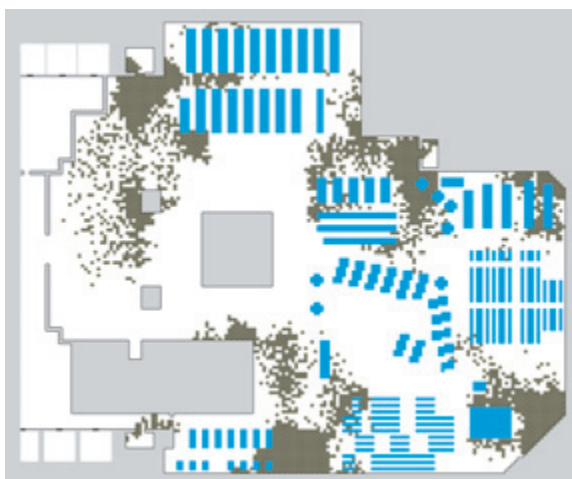
- individuelle Verfolgung/Registrierung aller Bewegungen einzelner Personen
- Abbildung von unterschiedlichen Personentypen (mit Auswirkungen auf Geschwindigkeit, Reaktionszeit usw.)
- eine flexible dialogbasierte Eingabe von Typenverteilungen pro Etage
- Berücksichtigung von Personen mit begrenzter Mobilität (Rollstuhlfahrer) und deren Auswirkungen in Fluchtwegen (insbesondere Treppen)
- Benutzung von realen expliziten Angaben zu Personenplatzierung über Räume und künstlich generierte Zuordnungen
- alternative Fluchtroutenzuordnungen zu Zimmern
- getrennte Alarmierung für verschiedene Gebäudeteile
- verschiedene Alarmierungsmethoden
- dialogbasierte Aktivierung von Brandschutzwänden

Es werden umfangreiche Statistiken protokolliert: zu jeder Person, aggregiert für die Etagen, für das ganze Gebäude, zur dynamischen Auslastung der Treppenhäuser usw.; alle Informationen werden entsprechend visualisiert.

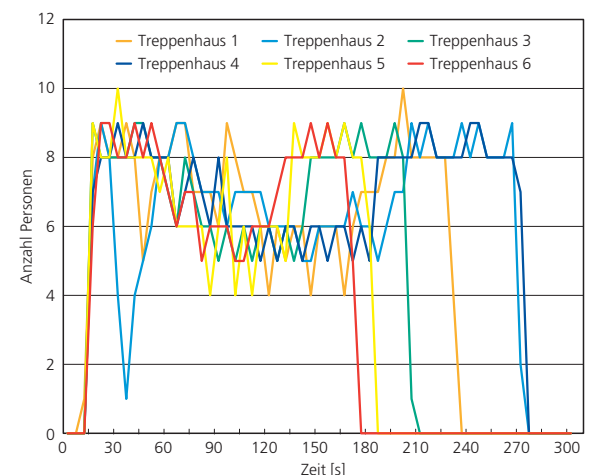
Das System kann zu mehreren Zwecken eingesetzt werden: bei der Gebäudeplanung (zur Bestimmung und Validierung von Fluchtwegen), beim Betrieb existierender Gebäude (zur Prüfung von Kapazitäten und Platzierung von Notausgängen, zur Bestimmung der effektivsten Fluchtwege), zur Vorbereitung von realen Evakuierungsübungen, zur Visualisierung in Schulungen.

Vorgesehen ist eine weitere Integration mit Verkehrssimulationen zur Untersuchung von Feuerwehrzufahrten und zur Geländeanalyse.

Simulation der Menschenströme bei einer Evakuierung



Anzahl der Bewegungen pro Zeitintervall von der 1. Etage ins Erdgeschoss



Forschungslab »Produktionsplanung für regionale KMU«

Während Materialfluss-Simulationen in großen Firmen ein Standardinstrument zur Planung und Optimierung von Produktionsprozessen sowie zur Absicherung von Investitionsentscheidungen darstellen, ist deren Einsatz in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) weniger verbreitet. Auf der Grundlage der Forschungsplattform (siehe Seite 6) wurde daher in Zusammenarbeit mit regionalen Unternehmen ein Forschungslab initiiert, dessen Ziel es ist, Simulationssysteme als attraktive Werkzeuge auch für KMU zu etablieren.

Dabei hat sich gezeigt, dass auch bei KMU viele logistische Problemstellungen existieren, die mit den Werkzeugen Simulation und Optimierung gelöst werden können. Die Komplexität der Aufgabenstellungen ist dabei nicht zwangsläufig geringer als bei größeren Unternehmen, die Anforderungen an die Effizienz der eingesetzten Werkzeuge sogar oftmals höher.

Gemeinsam mit der Firma psb GmbH in Pirmasens als industriellem Partner wird daher am ITWM eine prototypische Standardbibliothek mit KMU-relevanten Modulen für gängige Simulationssysteme aufgebaut. Der Schwerpunkt liegt auf der Modellierung gebräuchlicher Komponenten (Stetigförderer, Verteilelemente, Sortiersysteme), soweit sich die Funktionalität der vorgefertigten Bausteine als unzureichend erweist. Zusätzlich werden Strategien zur Materialfluss-Steuerung entwickelt. Großer Wert wird dabei auf die Modularität und Wiederverwertbarkeit der entstehenden Komponenten gelegt, die damit auch von anderen KMU verwendet werden können.

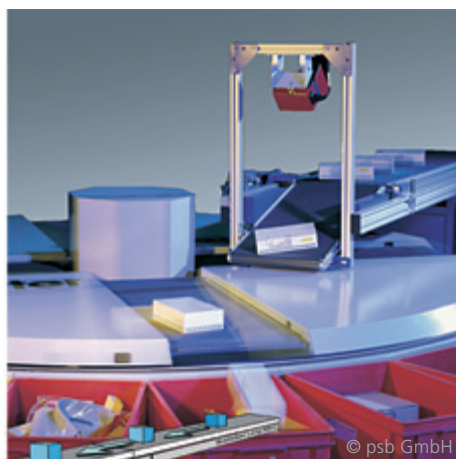
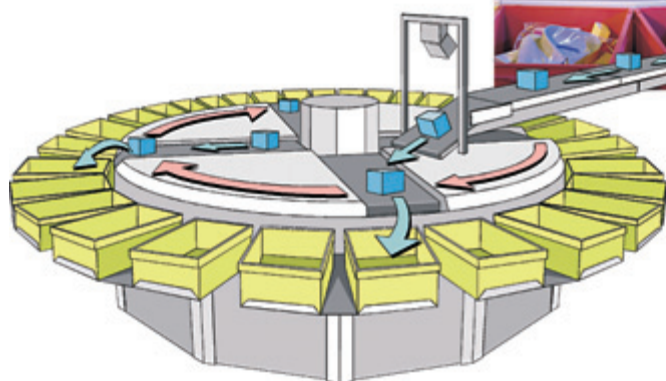
Simulation und Optimierung von Software-Entwicklungsprozessen

Zentrale Probleme des Projektmanagements in der Software-Entwicklung betreffen die Sicherung der Qualität, die Einhaltung von Abgabefristen und die Begrenzung der Kosten.

Im Rahmen zweier vom BMBF geförderter Projekte wurden Techniken der Modellierung, Simulation und Optimierung verwendet mit dem Ziel einer besseren Entscheidungsunterstützung bei der Projektplanung. Besonderes Augenmerk lag hierbei in der Modellierung von Software-Inspektionen, die als eine Schlüsseltechnik angesehen werden, um die Qualität von Software-Produkten zu gewährleisten. Typische Fragen bei der Planung von Inspektionen sind: Welche Module sollen inspiziert werden? Welche Techniken sind dabei zu verwenden? Wie viele Personen sollen mitwirken?

In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IESE und dem Fraunhofer FIT wurden ereignisdiskrete Simulationsmodelle entwickelt, welche die wesentlichen Phasen der Software-Entwicklung detailliert abbilden. Eine besondere Herausforderung liegt dabei in der angemessenen Berücksichtigung menschlicher Einflussfaktoren. Eine Prozess-Optimierung zielt in diesem Zusammenhang auf die Bestimmung von Entscheidungsvariablen, etwa der Zuordnung von Personen zu Aufgaben und deren zeitliche Planung (Scheduling), so dass möglichst gute Ergebnisse in Bezug auf die Ziele Qualität, Projektdauer und Kosten erzielt werden. Dieses multikriterielle Optimierungsproblem wird mit Hilfe evolutionärer Algorithmen gelöst, die gegenüber einer »First come, first serve«-Lösung zu deutlichen Verbesserungen führen.

Hochleistungssortieranlage »Ringsorter« der Firma psb GmbH, Pirmasens



Überbetriebliche Logistik und Verkehrsplanung

Unternehmen sind stets bemüht, ihre logistischen Abläufe zu verbessern, um schnell auf Kundenwünsche und Marktveränderungen reagieren zu können. Im Schwerpunkt »Überbetriebliche Logistik und Verkehrsplanung« werden diese Unternehmensziele durch die Entwicklung und den Einsatz effizienter rechnergestützter Optimierungsmethoden und -algorithmen unterstützt. Dabei betrachtet man neben strategischen Planungsfragen auch die Verbesserung der täglichen Betriebsabläufe.

Mathematische Optimierungsansätze in der Logistik sind quer durch verschiedene Branchen von hohem Nutzen. Sie unterstützen die Planung und Koordination aller Prozesse unternehmensübergreifender Supply-Chain-Netzwerke. Dies reicht über Materialbeschaffung und -verarbeitung zu Zwischen- und Endprodukten bis hin zur Distribution an die Kunden. Mit maßgeschneiderten quantitativen Verfahren lassen sich ebenfalls logistische Abläufe im klinischen Bereich verbessern. Dabei wird das Klinikpersonal bei der täglichen Arbeit unterstützt, beispielsweise bei der Planung von Terminen oder von Patiententransporten.

Auch in Unternehmen des öffentlichen Personenverkehrs sind Optimierungspotenziale vorhanden, die sich erst durch den gezielten Einsatz von mathematischen Planungsmodellen erschließen lassen. Auf jeder Stufe der Planungskette, von der Haltestellen- und Linienplanung, über Fahrplanerstellung und Anschlussplanung bis hin zur Dienst- und Personaleinsatzplanung sind komplexe

Entscheidungen unter Berücksichtigung umfangreicher Daten zu treffen. Rechnergestützte Modelle helfen hier zu besseren Entscheidungen zu kommen, Kosten zu sparen und den öffentlichen Personenverkehr insgesamt attraktiver zu machen.

Die eingesetzten mathematischen Instrumente schließen sowohl exakte als auch heuristische Methoden der diskreten und kombinatorischen Optimierung ein. Bei der Implementierung der entwickelten Lösungsverfahren wird ein Schwerpunkt auf einen modularen Aufbau gelegt, der es ermöglicht, mehrere Planungsbereiche zu unterstützen und Anpassungen an ähnliche Fragestellungen leicht durchzuführen.

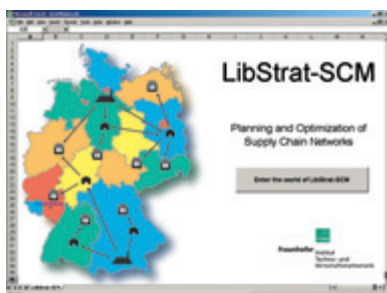
Ansprechpartnerin:

Dr. Teresa Melo
☎ 06 31/3 03-18 81



Strategische Gestaltung von Supply-Chain-Netzwerken

Supply-Chain-Management umfasst die Methoden und Hilfsmittel zur Organisation und Koordination logistischer Netzwerke. Am Fraunhofer ITWM werden mathematische Verfahren entwickelt, die den Entscheidungsträger bei der Gestaltung der Supply Chain unterstützen. So ist das Software-Tool LibStrat-SCM entstanden. In der Regel beginnt die Planung mit der Modellierung und Bewertung der Struktur der bestehenden Supply Chain. Mit Hilfe von LibStrat-SCM lassen sich in diesem Schritt Schwachstellen identifizieren und Optimierungspotenziale aufzeigen. Anschließend kann das logistische Netzwerk komplett restrukturiert werden. Mit LibStrat-SCM werden somit Fragestellungen aus den folgenden Bereichen gleichzeitig behandelt: Beschaffung (Auswahl der Lieferanten und Bestimmung des Bedarfs an Eingangsmaterialien), Produktion (Bestimmung der Sortimente und Produktionsmengen), Standortplanung (Anzahl, geographische Lage und Kapazität neuer Standorte), Distribution (Nutzung von Transportwegen zwischen Standorten) und Einzugsgebiete (Zuordnung von Kunden zu Standorten). LibStrat-SCM verfügt über Schnittstellen zu Programmen wie MS-Access® und MS-Excel®. Die Supply Chain wird durch die Ankopplung an das geographische Informationssystem ArcView® visualisiert.



Benutzeroberfläche von LibStrat-SCM

Analyse und Optimierung von Patiententransporten in Krankenhäusern

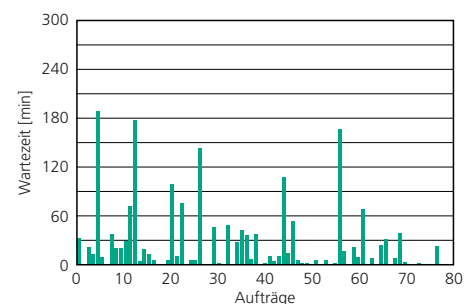
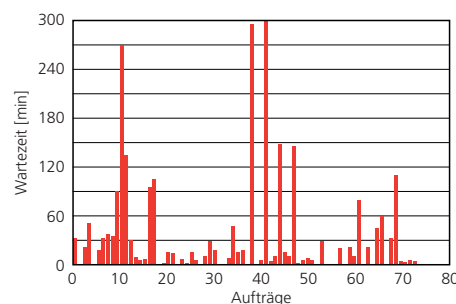
Der ständig steigende Kostendruck im Gesundheitswesen zwingt auch die Krankenhäuser auf allen Entscheidungsebenen Möglichkeiten zur Optimierung der verfügbaren Ressourcen zu überdenken. Den internen Patiententransporten kommt hier besondere Bedeutung zu, da eine ungünstige Planung der Transporte und die damit einhergehende Verspätung von Patienten großen Einfluss auf viele andere Bereiche der Krankenhauslogistik hat. Beispielsweise nützt die beste OP-Planung nichts, wenn der zu operierende Patient zum geplanten Termin nicht rechtzeitig eintrifft.

Dem gesamten Transportdienst (Disposition und Transportteams) kommt also die Aufgabe zu, Patienten zwischen Bettenstationen und Leistungsstellen (Röntgen, OP, Labor) möglichst pünktlich zu transportieren. In der Regel werden die einzelnen Aufträge jedoch manuell in einer Auftragsliste erfasst und dem nächsten freien Transportteam vergeben. Diese Art der Auftragsvergabe führt allerdings häufig zu verspäteten Transporten und unerwünschten Patientenwartezeiten.

Für das Klinikum der Johannes Gutenberg-Universität Mainz wurde zunächst anhand der vielfältigen vorhandenen Daten der Ist-Zustand der Auftragsver-

gabe in einem Simulationsmodell abgebildet. Der beobachtete Ablauf der Transporte wurde anhand verschiedener Kennziffern wie z. B. Arbeitsbelastung der einzelnen Transportteams, Wartezeiten und Verspätungen der Patienten bewertet. Mit Hilfe des Simulationsmodells wurden in der zweiten Phase unterschiedliche Strategien für die Auftragsvergabe getestet. Dies ermöglichte die Validierung der Optimierungsergebnisse vor der Einführung neuer Dispositionsstrategien im Klinikalltag. Dabei wurden heuristische Verfahren der Online-Optimierung entwickelt, die verschiedene Rahmenbedingungen wie Mitarbeiterqualifikation, Fahrzeugausstattung und Auftragsprioritäten berücksichtigen. Dadurch wurde eine deutliche Reduzierung der Verspätungen und Wartezeiten der Patienten erzielt. Zu den weiteren Vorteilen zählt eine gleichmäßige Auslastung der Kapazitäten der Transportteams. Somit wird sowohl ein Beitrag zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit des Krankenhauses geleistet als auch die Servicequalität gesteigert.

Die erarbeiteten Verfahren werden in das Software-Tool OptiTrans integriert, das zusammen mit der SIEDA GmbH und der COMEXAR AG zur Automatisierung der Auftragsvergabe entwickelt wird.



Vergleich der Wartezeiten der Patienten im Klinikum der Johannes Gutenberg-Universität Mainz vor (rot) und nach der Optimierung (grün): Durch die Optimierung verringert sich die Wartezeit um 26 %.

Anschluss-Sicherungs-Management

Anschluss-Sicherheit ist ein zentraler Qualitätsfaktor im öffentlichen Personenverkehr. Probleme in diesem Bereich werden von den Fahrgästen stark wahrgenommen und verringern die Attraktivität des ÖPV. Die Verkehrsunternehmen und -verbände ergreifen deshalb verschiedene Maßnahmen, um die Anschluss-Sicherung zu verbessern. Wichtig ist hier insbesondere der unternehmensübergreifende Informationsaustausch über aktuelle Fahrpläne.

Ein Mehr an Information bedeutet aber auch ein Mehr an Entscheidungen, die zu treffen sind.

- Soll der Bus auf den verspäteten Zug warten?
- Wenn ja – wie lange? Was sind optimale Warteregeln?

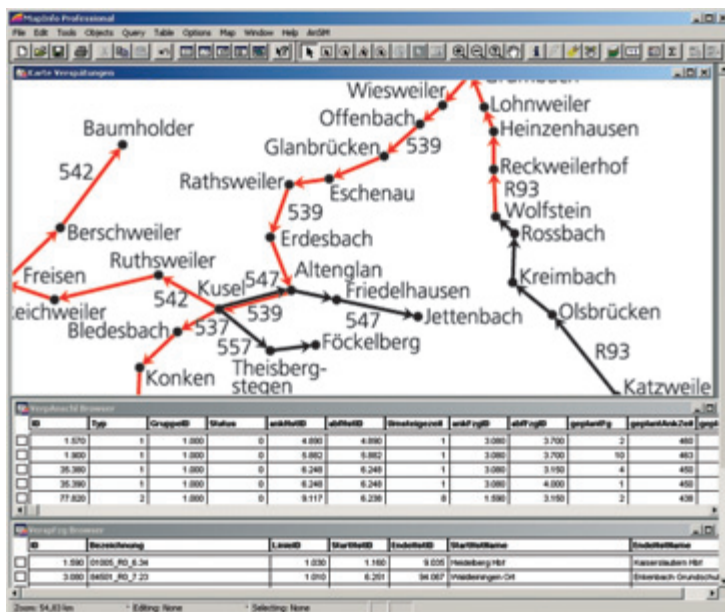
- Welche Bedeutung haben Anschlüsse für die Kunden?
- Wie soll die Disposition bei auftretenden Verspätungen entscheiden?

Im Projekt »AnSiM« (Anschluss-Sicherungs-Management) des Fraunhofer ITWM wurden die Entscheidungsfragenstellungen in der Anschluss-Sicherung mathematisch modelliert und als Software-Tool für die Entscheidungsunterstützung realisiert. Die Vorteile dieser Vorgehensweise sind vielfältig. Entscheidungsvorschläge lassen sich datenbasiert und nach objektiven Kriterien berechnen. Für die konträren Zielsetzungen bei der Anschluss-Sicherung (möglichst keine Folgeverspätungen vs. möglichst wenig verpasste Anschlüsse) lassen sich beste Kompromisse berechnen. Die Domino-Effekte der Folgever-

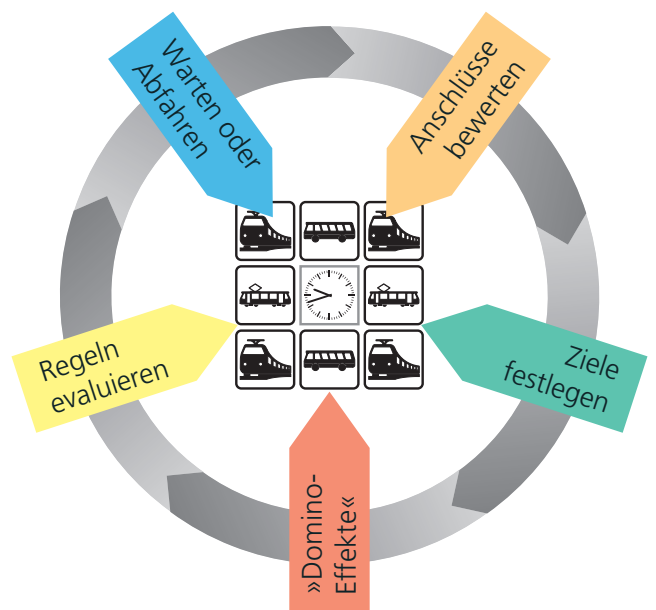
spätungen lassen sich mit unbegrenzter Vorausschau einbeziehen – für den Disponenten ist gerade dies eine unmittelbare Entlastung.

AnSiM steht derzeit als Software-Prototyp zur Verfügung und wurde dazu in das geographische Informationssystem MapInfo® integriert. Eine Weiterentwicklung zum Produkt wird vom ITWM angestrebt. Studien zur Anschluss-Sicherheit und -Qualität für unsere Partner aus dem öffentlichen Verkehr werden schon heute mit AnSiM durchgeführt.

AnSiM als Erweiterung zu MapInfo® bietet GIS-gestütztes Anschlussmanagement; optimale Entscheidungen bei der Anschluss-Sicherung werden möglich.



Elemente des Anschluss-Sicherungs-Managements



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 of-

fensichtlich großer Bedarf an »user friendly software«, welche die Nutzung von MCDM-Methoden für einen weiten Kreis von unterschiedlichsten 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.

Ansprechpartner:

Dipl.-Math. Hans Trinkaus
☎ 06 31/3 03-18 55



Verschiedene Typen von Kriterien – seien es 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 Schwerpunktes greifen Aspekte von knowCube® auf. Anwendungsfelder liegen insbesondere im virtuellen Design von Produkten, ebenso aber auch in der Logistik, im Marketing und im Vertrieb.

Kontinuierliche Optimierung



Die effiziente Gestaltung von Produkten und Produktionsprozessen oder auch der Entscheid über die optimale Wahl klinischer Therapien lässt sich mathematisch als restringierte, parametrische Optimierungsaufgabe formulieren; eine Struktur – Produkt, Prozess oder Therapie – wird bestimmt durch Vorgaben und wählbare Parameter. Die in der Regel recht komplexe Struktur wird von Entscheidern mit Hilfe eines oder mehrerer numerischer Qualitätsindikatoren bewertet. Diese Indikatoren können in der Regel nicht die volle, teilweise subjektiv empfundene Gesamtheit der zu optimierenden Struktur erfassen, ermöglichen aber die Suche nach guten, im Sinne der gesetzten Indikatoren optimalen Parameterwahlen. Es ist nun Aufgabe der mathematischen Modellierung und Optimierung, mit den Anwendern sinnvolle Qualitätsindikatoren mit Hilfe von Ersatzfunktionen zu gestalten und das Problem als Optimierungsaufgabe zu formulieren. In Abhängigkeit von der gewähl-

ten Modellierung entstehen einkriterielle oder mehrkriterielle Aufgaben. Für letztere ist ein sinnvoller Teil von Pareto-Lösungen zu wählen: Dies sind solche Parameterkonfigurationen, bei welchen sich mindestens ein Qualitätsindikator verschlechtern würde, wenn man einen anderen noch weiter zu verbessern versucht.

Optimierungsaufgaben zur optimalen Gestaltung von Prozessen und Produkten sind in der Regel Large-Scale-Aufgaben und bedürfen bei ihrer Behandlung spezieller numerischer Methoden.

Im Schwerpunkt »Kontinuierliche Optimierung« werden zur Zeit vom BMBF und der Deutschen Krebshilfe e. V. geförderte Projekte zur generisch mehrkriteriellen Planung intensitätsmodulierter Strahlentherapie und ein Industrieprojekt zur Berechnung optimaler Verwertungsvolumina im automatischen Produktionsprozess farbiger Rohedelsteine bearbeitet.

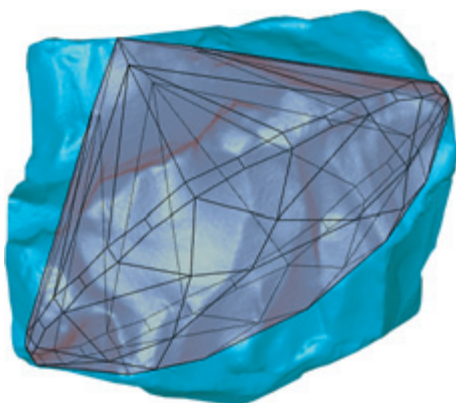
Ansprechpartner:

Dr. Karl-Heinz Küfer
☎ 06 31/3 03-18 51

Produktion von Edelsteinen

Die Suche nach möglichst großen Verwertungsvolumina von farbigen Rohedelsteinen ist ein klassisches Design-Centering-Problem und lässt sich als einkriterielles semiinfinites hochdimensionales Optimierungsproblem formulieren. In einer Machbarkeitsstudie, beauftragt von partu lapidaries in Idar-Oberstein, wurden an Testdatensätzen Proberechnungen durchgeführt, die eine runde Brillantform bezüglich des Qualitätsindikators »Volumen« optimal in einen Rohstein einbetten. Unter Proportionsvorgaben für den Stein ist hier die zu optimierende Struktur die Lage des geschliffenen Designs im Rohstein. Mit Hilfe von Kompetenzen der innerbetrieblichen Logistik bei der Simulation und Optimierung mit genetischen Algorithmen wurde eine Vorstudie angefertigt. Sie zeigt, dass mit Hilfe hierarchischer Approximationsmethoden – die zur Numerik der Strahlentherapieplanung verwandt werden – die wegen der Rohsteindiskretisierung hohe Dimension des Problems beherrschbar ist und optimale Parameterkonfigurationen in den im Produktionszyklus geforderten Zeiten berechnet werden können.

Optimale Einbettung eines Verwertungsvolumens in einen Rohedelstein

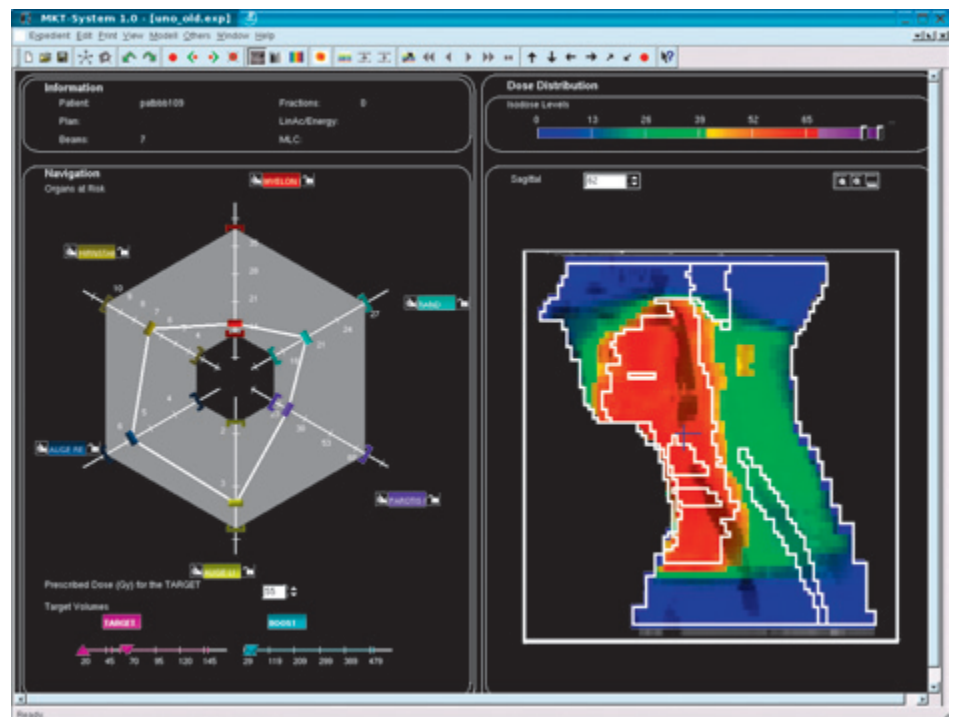


Strahlentherapieplanung

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.

Planungsbildschirm für Strahlentherapie: Navigationsfenster (links) und Dosisverteilung Head-Neck-Tumor (rechts)



Finanzmathematik

Das Jahr 2003 stand für die Abteilung FINANZMATHEMATIK ganz im Zeichen des Wahrens der durch starkes Wachstum in den beiden Vorjahren erzielten Position. Dies ist auf dem wirtschaftlichen Sektor mit einer eindrucksvollen Zahl von Industrieprojekten gelungen. Diese wurden hauptsächlich mit vertrauten Partnern aus den vergangenen Jahren abgewickelt. Allerdings konnten auch neue Partner im Bereich Basel II und im KMU-Sektor gewonnen werden, wobei sich aber das verstärkte Bemühen um KMU-Kunden noch nicht in Aufträgen größeren Volumens auszahlte.

Sehr erfreulich ist der Beginn der Zusammenarbeit mit dem Zentrum für europäische Wirtschaftsforschung in Mannheim, die mit dem Einwerben eines gemeinsamen Auftrags vom Bundesministerium der Finanzen seine ersten Früchte trägt. Weitere Zusammenarbeiten sind gerade im Bereich der öffentlichen Projekte geplant. Trotz des hohen Anteils an Industrieprojekten war 2003 unser bisher mit Abstand erfolgreichstes Jahr auf dem wissenschaftlichen Sektor. So konnten wir mehrere Arbeiten in erstklassischen Zeitschriften veröffentlichen.

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

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

konnten sich 2003 bestätigen. Bezüglich der eingeworbenen Mittel sind die Schwerpunkte Optionsbewertung und Kreditrisiko führend, während die meisten Forschungsergebnisse in der Portfolio-Optimierung und der Optionsbewertung erzielt wurden.

Im vergangenen Jahr wurde unser Spektrum sowohl in den Industrieprojekten als auch auf dem Forschungsbereich deutlich vergrößert. Als Beispiel hierfür soll stellvertretend der Bereich der Kreditderivate genannt werden. Besonders innovativ sind unsere Forschungen im Bereich der Inflationbonds.

Wissenschaftliche Highlights erwarten wir uns 2004 durch die geplante Zusammenarbeit mit Nizar Touzi (Paris) auf dem Gebiet des Malliavin-Kalküls und seiner Anwendungen im Bereich der Monte-Carlo-Methoden sowie durch den Gastaufenthalt von Chris Rogers (Cambridge). Beide Projekte werden unsere finanzmathematische Kompetenz auf höchstem Niveau erweitern.

Dr. Martin Krekel

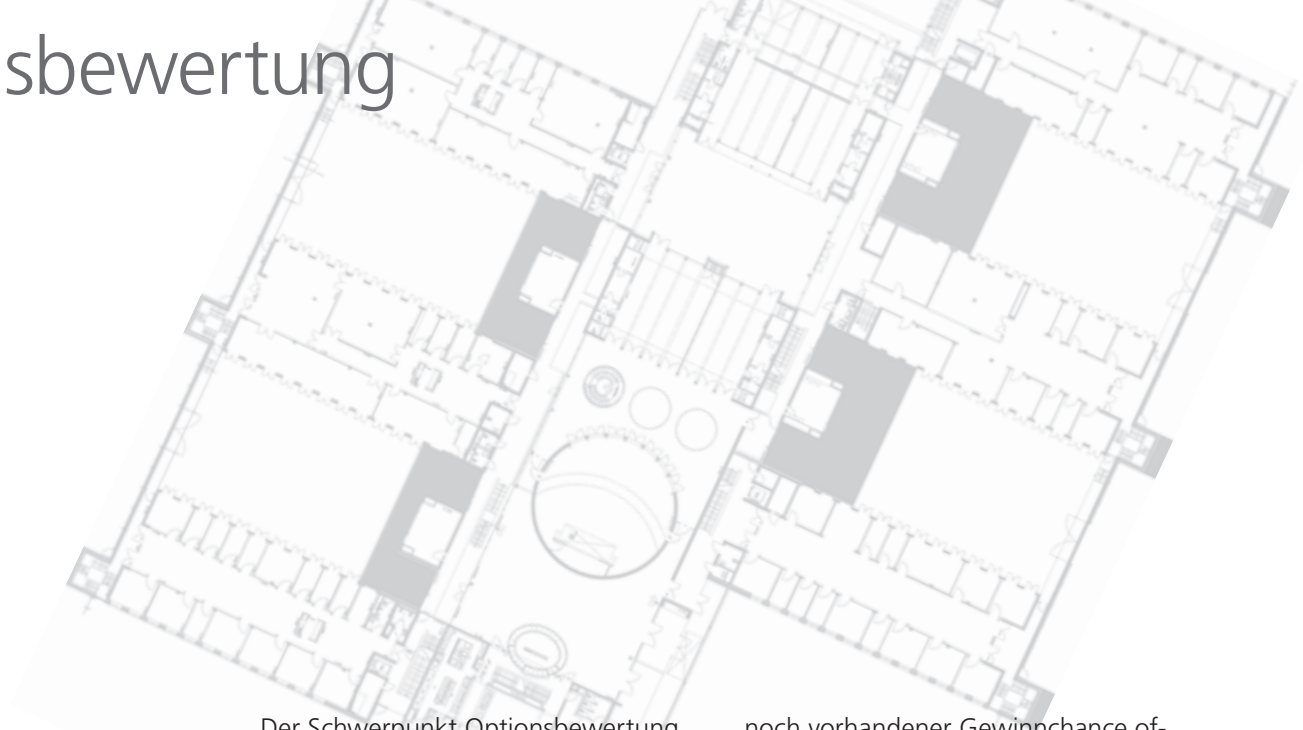
☎ 06 31/2 05-44 68

krekel@itwm.fraunhofer.de

Dr. Marlene Müller, Joseph Tadjuidje
Dr. Martin Krekel, Dr. Susanne Kruse, Dr. Holger Kraft, Prof. Dr. Ralf Korn
Dr. Ulrich Nögel, Beatriz Clavero Rasero, Kalina Natcheva, Tin-Kwai Man, Dr. Gerald Kroisandt



Optionsbewertung



Der Schwerpunkt Optionsbewertung steht ganz im Zeichen der Herleitung von Bewertungsformeln und der Bereitstellung numerischer Algorithmen zur Berechnung der Preise komplexer Derivate. Wie 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. 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 dem Anleger sicherstellen, dass er 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 einem 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 die 2002 begonnenen Industrieprojekte mit dem Schwerpunkt stochastischer Volatilität (z. B. Heston-Modell) und Bewertung komplexer Derivate fortsetzen und unser Know-how auf diesem Gebiet weiter ausbauen konnten. Als zweite Anwendung auf der Aktienseite haben wir ein auf Sprungdiffusionsprozessen basierendes Modell zur Bewertung von Wandelschuldverschreibungen («Convertible Bonds») erfolgreich implementieren können.

Ansprechpartner:

Dr. Martin Krekel
☎ 06 31/2 05-44 68



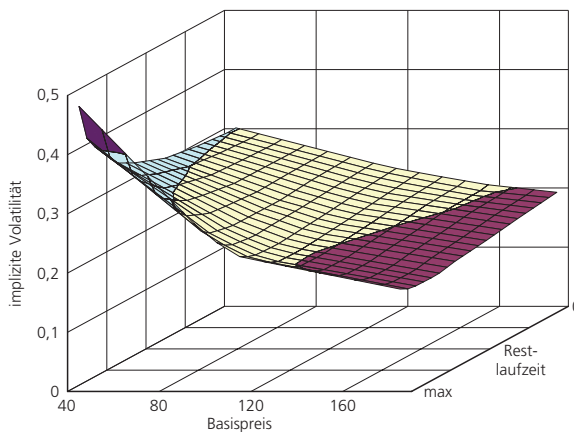
Optionsbewertung mit stochastischen Volatilitätsmodellen

Die Bewertung und das Risikomanagement komplexer Derivate sind entscheidende Problemstellungen der modernen Finanzmathematik. Speziell bei strukturierten Produkten wie Cliquet- bzw. Forward-Starting-Optionen, deren Anteil an den gehandelten Optionen stetig zunimmt, ist eine im Vergleich zum einfachen Black-Scholes-Modell realistischere Modellierung des zugrunde liegenden Aktienkurses notwendig.

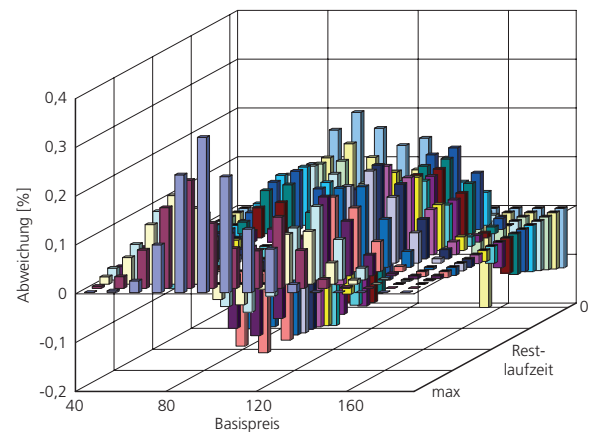
Ein in der Praxis erfolgreich verwendetes Modell ist das stochastische Volatilitätsmodell von Heston. Aufgrund der geschlossenen Lösungen für Standard-Calls liefert das Modell die Möglichkeit, in der Praxis die Modellparameter der aktuellen Marktsituation anzupassen (Kalibrierung). Im Gegensatz zum Black-Scholes-Modell ist das Modell von Heston in der Lage, den am Aktienmarkt

beobachteten Volatilitäts-Smile erfolgreich zu reproduzieren. Dabei konnten maximale Abweichungen von unter 0,15 % für ATM-Call-Optionen erreicht werden. Nach erfolgreichem Abschluss mehrerer fortlaufender Industrieprojekte im Jahr 2002 standen 2003 zahlreiche Erweiterungen des Heston-Modells im Vordergrund. Dabei lag der Schwerpunkt auf einer weiteren Verbesserung der Kalibrierungsergebnisse sowie der Bewertung neuer exotischer Optionen und strukturierter Produkte und auf der Erweiterung des Heston-Modells auf sogenannte Cross-Asset-Produkte.

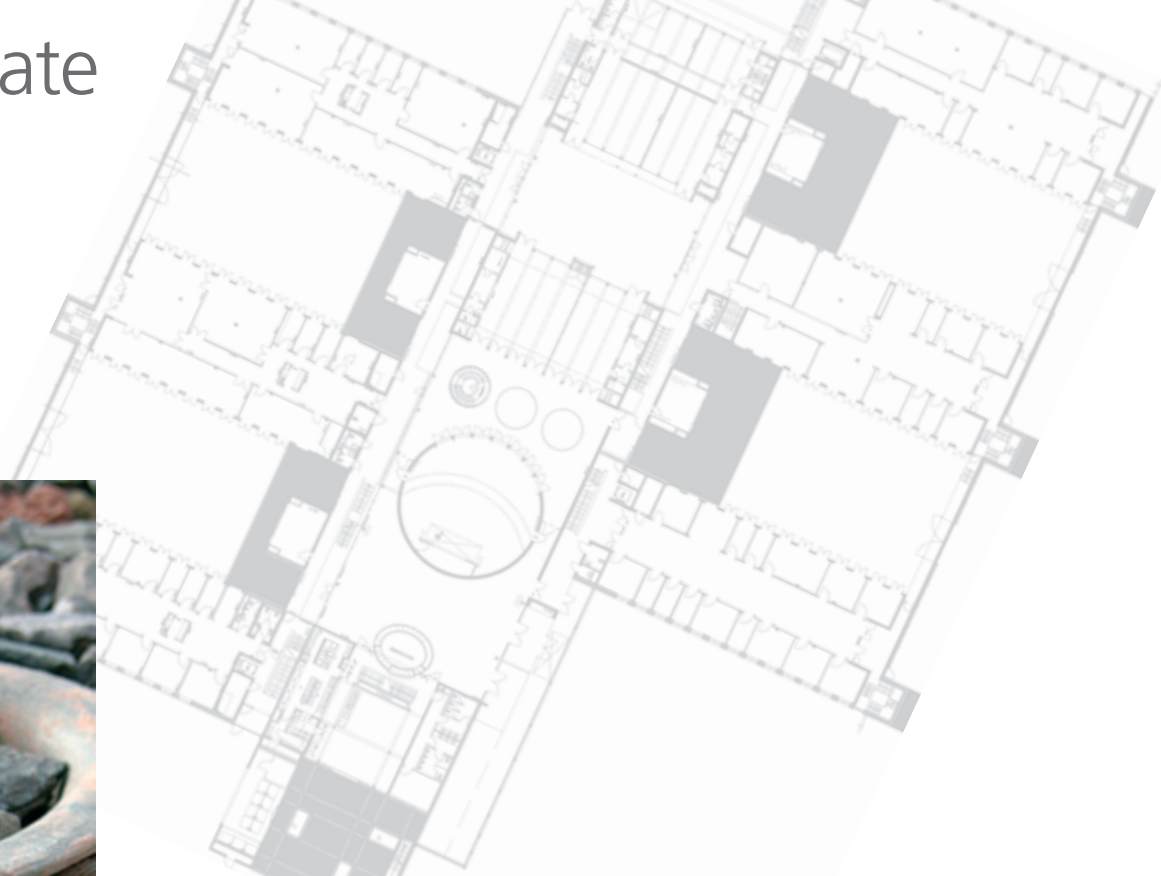
Alle neuen Berechnungsroutinen sowie die verbesserte Modell-Kalibrierung stehen als C++-Funktionen in MS-Excel® zur Verfügung und können so ebenfalls bequem in vorhandene Office-Systeme integriert werden.



Volatilitätsfläche für S&P-500-Index vom 12. Juli 2001



Abweichung der berechneten Volatilitätsfläche von den Marktdaten nach erfolgreicher Kalibrierung



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 zu deutlich mathematischeren 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 neuer Möglichkeiten in Risiko-Management, Portfolio-Optimierung, Investition und Spekulation. Belegt wird dies durch die extremen Wachstumsraten des Marktes für Kreditderivate und der ständig wachsenden Anzahl neuer Produkte. Dieses Wachstum wird mit dem Inkrafttreten der neuen Baseler Eigenkapitalregulierung (»Basel II«) nochmals verstärkt werden.

Im Zentrum der mathematischen Modellierung steht die Bewertung von Kre-

ditprodukten aufgrund ihrer Ausfallgefahr. Ein wesentlicher 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 Verlustwahrscheinlichkeit (»Downside Risk«) dar. Deshalb werden sehr hohe Ansprüche an die mathematische Modellierung von Kreditrisiken gestellt. Im Gegensatz zu Marktpreisrisiken, die schon lange aktiv gehandelt werden, hat sich auf dem Markt der Kreditderivate noch kein Standardmodell herausgebildet und die Modellierung von Kreditrisiken steht weiterhin im Mittelpunkt intensiver Forschung.

Zwar bildeten Kreditderivate stets einen Teilbereich des Schwerpunkts »Kreditrisiko«, doch wurde 2003 mit dem Start mehrerer langfristiger Projekte begonnen, zusätzlich umfangreiche Kompetenz in diesem Bereich aufzubauen und einen eigenen Schwerpunkt »Kreditderivate« zu bilden.

Ansprechpartner:

Dr. Ulrich Nögel
☎ 06 31/2 05-47 32

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 stark zunehmenden Bedarf nach exotischen und strukturierten Derivaten.

Das Problem beim Handel mit Kreditderivaten ist jedoch das Fehlen eines Standardmodells für die Kreditausfallswahrscheinlichkeit und damit für die Bewertung einfacher und strukturierter Produkte. Im Rahmen eines 2003 begonnenen Industrieprojekts beschäftigt sich das ITWM unter anderem mit der Auswahl, Implementierung und Weiterentwicklung geeigneter Modelle.

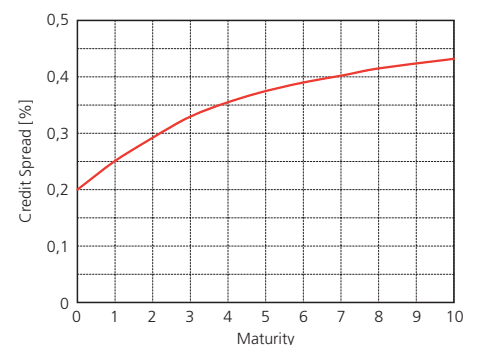
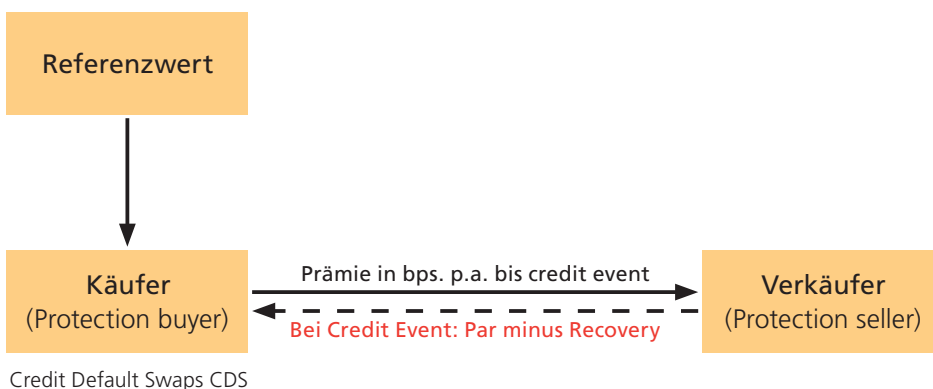
Ein Beispiel für ein weitgehend standardisiertes Produkt, dem lediglich ein einzelnes ausfallgefährdetes Finanzinstru-

ment zugrunde liegt, bildet der sogenannte Credit Default Swap (CDS). Ein CDS stellt einen bilateralen Finanzkontrakt dar, in dem der Verkäufer eine Ausgleichszahlung leistet, falls vor Ende einer festen Laufzeit des Vertrags ein Kreditausfall auftritt. Im Gegenzug leistet der Käufer eine periodische Zahlung an den Käufer, bis entweder der Kredit ausfällt oder das Ende der Vertragslaufzeit erreicht ist.

Die gehandelten CDS bilden einen inzwischen hinreichend liquiden Markt, so dass deren Marktpreise zur Kalibrierung der Kreditausfallswahrscheinlichkeit benutzt werden können. Die aus dieser Kalibrierung entstehende Credit Spread Curve bildet die Grundlage für die Bewertung weiterer Produkte. Das Institut testet und entwickelt verschiedene Verfahren zur Bestimmung dieser Spread Curve (z. B. Bootstrap, Parametrisierung etc.)

Im Gegensatz zu diesen einfachen CDS basieren sogenannte Basket Default Swaps (BDS) auf mehreren (üblicherweise mehr als fünf) unterliegen-

den 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 Ausfallswahrscheinlichkeiten 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 ITWM implementiert und entwickelt dazu allgemeinere Modelle z. B. mit Hilfe von Copula-Methoden und stellt Tools zur Bewertung von BDS zur Verfügung.



Parametrisierte Credit Spread Curve



Zinsen sind im Zeitverlauf nicht konstant. Diese Erfahrung macht jeder Verbraucher, sowohl auf der Haben- wie auch auf der Soll-Seite. Zwar schwanken Zinsraten in der Regel nicht so stark wie Aktienkurse, dennoch lässt sich die zukünftige Zinsentwicklung nur schwer vorhersagen, unterliegt sie doch unterschiedlichen volkswirtschaftlichen und ökonomischen Einflüssen. Insbesondere Marktzinsen wie etwa die EURIBOR-Zinssätze (jene Zinssätze, zu denen sich die Banken auf dem Euro-Markt untereinander Geld leihen) mit ihren verschiedenen Laufzeiten reagieren auf sich verändernde Marktgegebenheiten

und legen eine stochastische Modellierung nahe. Aufgrund hoher Volumina der am Zinsmarkt getätigten Geschäfte ist eine möglichst realistische Modellierung der Entwicklung der Zinsraten von großer Bedeutung.

Im Vergleich zur Modellierung von Aktienkursen hat sich allerdings auf der Zinsseite der Finanzmärkte bislang kein Benchmark-Modell wie das Black-Scholes-Modell für Aktienkurse herausgebildet. So existiert eine Vielfalt von Zinsmodellen, die je nach Produkt und zugrunde liegender Zinsrate auf ihre mögliche Anwendung überprüft und ausgewählt werden müssen. Eine weitere Besonderheit des Zinsmarktbereichs besteht in der Existenz einer sehr großen Vielfalt komplexer Zinsderivate, die meist hinsichtlich ihrer vertraglichen Gestaltung schwer zu durchschauen sind und bezüglich ihrer Bewertung eine große Herausforderung an die Finanzmathematik darstellen.

So befinden sich im aktuellen Fokus der Märkte etwa inflationsgebundene Bonds und Derivate, deren Zahlungsströme durch Koppelung an die Inflationsentwicklung den Investor gegen eine Veränderung der Kaufkraft absichern. Die Modellierung von Inflation und die Bewertung oben genannter Produkte stellen aktuelle Forschungs- und Projektgebiete des Fraunhofer ITWM dar, denen wir Entwicklungspotenzial bescheinigen.

Ansprechpartnerin:

Dr. Susanne Kruse
☎ 06 31/2 05-41 36





Die Abteilung FINANZMATHEMATIK begleitet Kreditinstitute bei der Umsetzung der neuen Eigenkapitalrichtlinien für Kreditinstitute (»Basel II«), die Ende 2006 die derzeitige pauschale Eigenkapitalunterlegung von acht Prozent (»Basel I«) ablösen und durch eine dem Kreditrisiko des Bankportfolios entsprechende ersetzen soll.

Zur Konzeption des zugehörigen Ratings werden zunächst Einzelanalysen der Variablen im Hinblick auf ihre Trennfähigkeit zwischen Ausfall und Nichtausfall vorgenommen. Die nächsten Schritte sind die Schätzung von Scores und Ausfallwahrscheinlichkeiten. Hier ist das Ziel, eine optimale Gewichtung der Einflussfaktoren im Kredit-Score zu ermitteln. Für die gleichzeitige Schätzung von Scores und Ausfallwahrscheinlichkeiten aus Querschnittsdaten eignen sich statistisch-ökonomische Ansätze (Logit-Modell, logistische Diskriminanzanalyse). Für diese Verfahren gibt es eine Vielzahl von Erweiterungen, die das Modell in verschiedenen Aspekten flexibler gestalten. Panel- und Verweildauermodelle werden verwendet,

wenn Beobachtungen über mehrere Jahre vorliegen. Neuronale Netze, Klassifikationsbäume, Schätzung unter Monotonierestriktionen und semiparametrische Modelle dienen zur Modellprüfung und zum Auffinden geeigneter Variablentransformationen.

Die wichtigsten Optimalitätskriterien für die Bewertung von Scores oder Ratings sind die Trennschärfe zwischen guten und schlechten Krediten und die Kalibrierung (Genauigkeit) der geschätzten Ausfallwahrscheinlichkeiten. Klassische Trennschärfemaße quantifizieren den Abstand zwischen den Score-Verteilungen von Ausfällen und Nichtausfällen. Beispielhaft seien hier Lorenz- und ROC-Kurven sowie daraus abgeleitete Kennzahlen (Gini-Koeffizient, Accuracy Ratio) genannt. Das Rating-System einer Bank sollte mit Hilfe von Back- und Stresstesting einer regelmäßigen Evaluation unterzogen werden. Aus statistischer Sicht kommen für beide Evaluationsziele Resampling-Ansätze (Monte-Carlo-Methoden, Bootstrap) zur Anwendung.



Ansprechpartnerin:

PD Dr. Marlene Müller

☎ 06 31/2 05-41 89

Portfolio-Optimierung



Hauptgegenstand der Portfolio-Optimierung ist die Bestimmung einer optimalen Investmentstrategie an einem Finanzmarkt. Genauer: Der Investor muss entscheiden, wie viele Anteile welcher Wertpapiere 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 Pra-

xis 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 ist mittlerweile so weit fortgeschritten, dass sich viele Algorithmen zur praktischen Anwendung und Implementierung anbieten, was mittlerweile auch am ITWM durchgeführt wurde. Ein mögliches Projekt in diesem Rahmen wäre die Entwicklung eines Online-Beratungstools.

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Ralf Korn
☎ 06 31/2 05-27 47



Erste Aufträge auf dem KMU-Sektor (Anwendung von alternativen Investments) konnten 2003 eingeworben werden. Auf dem Forschungssektor wurden innerhalb des Schwerpunkts die optimale Bestimmung von Bondportfolios (auch von mit Ausfallrisiko behafteten Anleihen), das Portfolio-Problem bei stochastischer Volatilität, optimales Investment bei Crash-Gefahr und die praktische Umsetzung von Portfolio-Optimierungsansätzen bei Transaktionskosten untersucht. Neue Resultate der Portfolio-Optimierung finden sich auch in der Dissertation von Martin Krekel »Some New Aspects of Optimal Portfolios and Option Pricing« wieder.

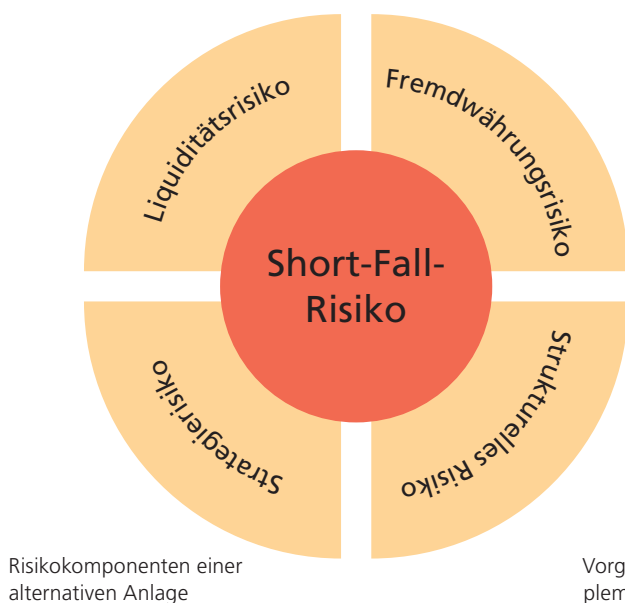
Risikomanagement alternativer Investments

Traditionelle Anlagen sind, wie ihre Bezeichnung besagt, die Standardanlagen eines jeden Investors, doch sehen sich Investoren, die sich auf diese beschränken, selbst mit einem gut diversifizierten Portfolio den Trends der entsprechenden Finanzmärkte und der Wirtschaftsdaten ausgeliefert. Das Spektrum der Investitionsmöglichkeiten hat sich in den letzten Jahrzehnten erweitert – so rückten neben internationalen Kapitalmärkten auch alternative Anlagen wie Hedge Fonds, Managed Futures und Private Equity Fonds immer mehr in den Mittelpunkt des Interesses. Dies begründet sich nicht nur auf die im Vergleich zu den traditionellen Investitionen überdurchschnittlichen Renditen, sondern auch in den niedrigen Korrelationen zu anderen Anlagen. Aufgrund dieser Eigenschaften können alternative Investitionen – sorgfältig ausgewählt – nicht nur zur Performance-Verbesserung, sondern auch zum Diversifikationseffekt eines Portfolios beitragen, indem sie eine Absi-

cherung des potenziellen Verlusts bei starken Marktbewegungen oder – wie Immobilienfonds – gegen drohende Inflation bzw. Deflation bieten. Die Auswahl geeigneter alternativer Finanzprodukte wird allerdings häufig durch das Fehlen öffentlich zugänglicher Informationen und entsprechender Quotierung erschwert. Analog zur Beurteilung des Kreditrisikos in Banken erfolgt eine Investitionsentscheidung unter Berücksichtigung quantitativer und qualitativer Merkmale der einzelnen Fonds. Daher bietet sich zur Messung eines »Short-Fall-Risikos« (d. h. der Wahrscheinlichkeit der Unterschreitung einer Mindestrendite) die Implementierung eines

Rating-Modells für alternative Investitionsmöglichkeiten an, wobei wir uns auf unsere Erfahrungen im Kreditrisikobereich stützen.

Die Grundidee eines solchen Bewertungsmodells ist es, die »guten« von den »schlechten« Anlagen anhand ausgewählter Kriterien zu separieren, mit anderen Worten die Anlagen, die mit einer geforderten Wahrscheinlichkeit über der gewünschten Mindestrendite liegen, von den verbleibenden zu unterscheiden. Somit ist das Rating-Modell nicht nur Hilfe bei der Ermittlung des Portfolio-Risikos, sondern auch bei der Investitionsentscheidung.



Vorgehensweise bei der Implementierung eines Rating-Systems als Grundlage der Risikoermittlung



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. Auf Grund 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 Fraunhofer ITWM entwickelten Applikationen wurden bereits 1995 an Kunden ausgeliefert. Heute betreibt das ITWM zur Entwicklung paralleler Software und zur Durchführung industrierelevanter Berechnungsaufgaben ein gekoppeltes System aus drei PC-Clustern mit zusammen 240 CPUs.

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

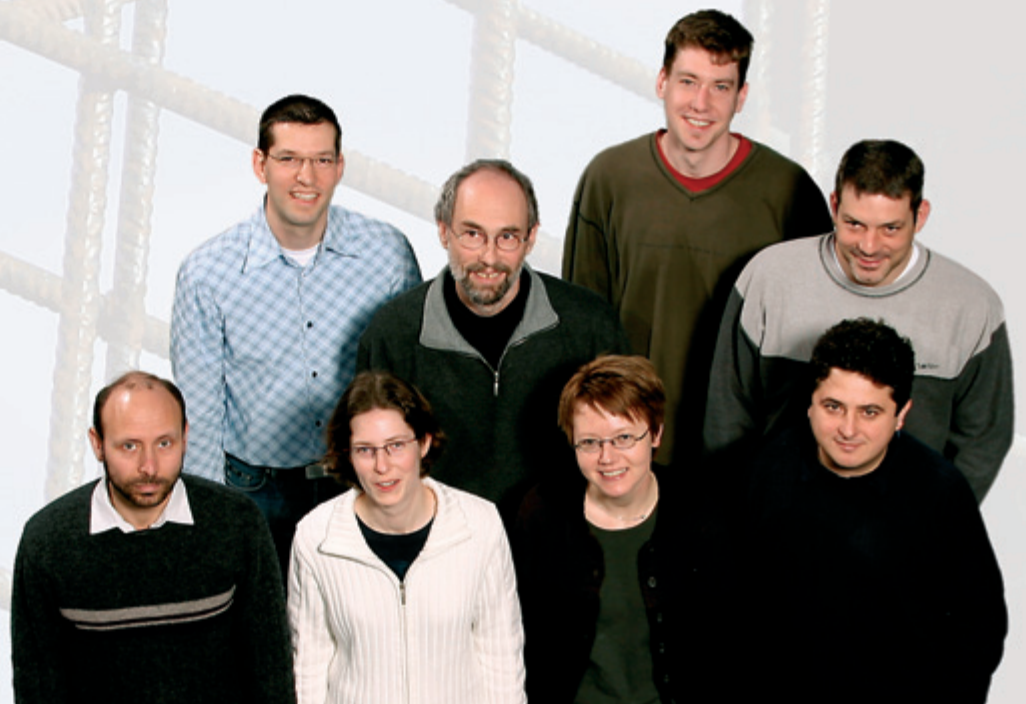
- parallele Algorithmen
- Entwicklung von Parallelisierungsframeworks
- Performance-Analyse, Benchmarking, Code-Optimierung
- HPC-Architekturen, Grid Computing
- paralleles Volumenrendering
- Molekulardynamik

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 2004 weiter ausbauen.

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

Dr. Dirk Merten
Dr. Boris Briehl, Dr. Franz-Josef Pfreundt, Dr. Peter Klein
Dr. Dimitar Stoyanov, Anja Streit, Dr. Susanne Hahn, Dr. Tiberiu Rotaru
Nicht im Bild: Dr. Carsten Lojewski



Grid Computing



Vom Web zum Grid Computing – Fraunhofer Resource Grid (FhRG)

Noch liefert das Internet vor allem Informationen. In Zukunft soll es auch Computerpower bereitstellen. Speziell für Anwender aus der Industrie wird dazu am Fraunhofer ITWM und vier weiteren Fraunhofer-Instituten das Fraunhofer Resource Grid aufgebaut. Als Beispielanwendung wurde auf der Cebit 2003 das System ERAMAS zur Simulation von Umweltrisiken (z. B. nach einem Tankerunfall) vorgestellt.

So wie man heute einen Laptop mit dem Stromnetz verbindet, wird man sich in Zukunft mit den Grids dieser Welt verbinden und die Power großer Rechner und leistungsfähiger Software nutzen können. Im Rahmen des vom

BMBF geförderten Projekts I-Lab wird an den beteiligten Fraunhofer-Instituten nicht nur eine Grid-Infrastruktur aufgebaut, sondern auch eine Technologie entwickelt, die eine einfache Nutzung des Grids ermöglicht.

Über ein vom Fraunhofer IAO entwickeltes Webportal wird der Grid-Nutzer zu den Anwendungen geführt und bei ihrer Ausführung unterstützt. Ein umfangreiches Resource Repository liefert dabei Informationen über Software, Hardware und deren Abhängigkeiten. Das auf Petri-Netzen basierende Workflow-System, entwickelt am Fraunhofer FIRST, erlaubt dann die Modellierung sehr komplexer Simulationsabläufe. Bei der Ausführung eines Jobs wird der jeweils passende freie und gegebenenfalls preiswerteste Rechner mit dem am ITWM entwickelten Resource Broker ausgewählt.

Ansprechpartner:

Dr. Franz-Josef Pfreundt
☎ 06 31/3 03-18 21

Mit dem Fraunhofer Resource Grid können Ingenieuren und Wissenschaftlern inner- und außerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft umfassende Dienstleistungen angeboten werden. Das »Resource« im Namen macht bereits deutlich, dass es nicht allein um Computing geht – Maschinen, Sensoren und Messgeräte werden in Zukunft ebenso in die Infrastruktur mit einbezogen.

Das Grid zu einem produktiven Faktor zu machen und zu standardisieren, ist Ziel dieser Aktivitäten. Aus diesen Gründen ist das ITWM auch im Global-Grid-Forum vertreten und engagiert sich insbesondere in der »Production Grid Research Group«.

Parallelisierung und Performance-Analyse



Moderne Hochleistungsparallelrechner erlauben die Berechnung sehr komplexer Probleme unter Verarbeitung enorm großer Datenmengen. Die zunehmende Komplexität der Prozessoren und Speicherhierarchien sowie die Bündelung der Rechner zu Clustern und Grids macht die optimale Nutzung der zur Verfügung stehenden Leistung dieser Systeme immer aufwändiger. Dabei müssen u. a. der Verteilung der Rechenaufgaben auf die einzelnen Prozessoren, der Kommunikation zwischen den Rechnerknoten sowie den Zugriffen auf die verschiedenen Speicher des Systems besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Der Schwerpunkt »Parallelisierung und Performance-Analyse« beschäftigt sich mit der effizienten Parallelisierung und detaillierten Code-Optimierung von Kundensoftware. In mehreren Projekten wurden vorhandene MPI-Codes deutlich beschleunigt, Anwendungen parallelisiert und auch nichtparallele Codes wurden durch Optimierung bedeutend schneller. Zu unseren Kunden zählen neben dem Deutschen Wetterdienst 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 Rechnerkomponenten und der sich daraus ergebenden Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems macht es möglich, optimal auf diesen Rechner zugeschnittene Software zu entwickeln und so die zur Verfügung stehende Leistung voll auszunutzen. In diesem Zusammenhang entwickelt das ITWM zusammen mit seinen Partnern in einem vom BMBF unterstützten Projekt eine umfassende Benchmark-Umgebung für Parallelrechner.

Das ITWM kann in seinen Bemühungen zur Software-Parallelisierung und Performance-Analyse auch auf eine umfassende Kompetenz und Erfahrung im Betrieb institutseigener PC-Cluster zurückgreifen. Mit seinem 128 Pentium 4-Prozessoren umfassenden System konnte sich das ITWM im Jahr 2003 mit einer Linpack-Leistung von annähernd 400 Gigaflops in der Liste der 500 schnellsten Computer der Welt (TOP500) auf Rang 296 platzieren.



Ansprechpartner:

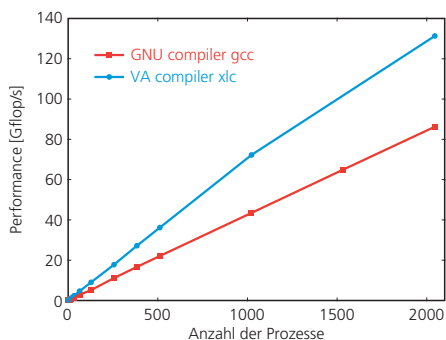
Dr. Boris Briehl

☎ 06 31/3 03-18 08

Benchmarking und Performance-Analyse

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundprojekts IPACS (Integrated Performance Analysis of Computer Systems) entwickeln wir eine umfassende Benchmark-Umgebung mit dem Ziel, die Performance moderner Parallelrechner applikationsorientiert zu analysieren und zu bewerten. Dazu wurde ein auf dem am ITWM entwickelten CFD-Code ParPac basierender Anwendungsbenchmark auf diversen Architekturen mit bis zu mehreren tausend Prozessoren durchgeführt. Die dabei erreichte Portierbarkeit der Software sowie die Skalierbarkeit der Benchmarks sichert eine breite Anwendbarkeit. Zusätzlich wird durch entsprechende Problemstellungen für kommerzielle Programme die Performance bei industrietypischen Anwendungen mess- und vergleichbar gemacht. Eine genaue Analyse des Laufzeitverhaltens bezüglich Speicher- und Netzwerkzugriffen führt darüber hinaus zu einer systemunabhängigen Charakterisierung dieser Applikationen. In Verbindung mit der (applikationsunabhängigen) Information aus geeigneten Low-Level-Benchmarks lässt sich so die Laufzeit für beliebige Hardware-Umgebungen vorhersagen, wie am Beispiel der CFD-Software FLUENT® gezeigt werden konnte.

Performance des ParPac-Benchmarks auf bis zu 2048 Prozessoren eines IBM SP Power3 Clusters

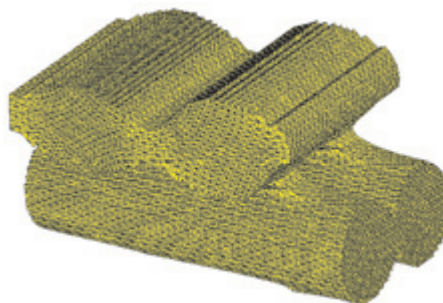


DDFEM – Paralleler Code für dreidimensionale Strukturmechanik

DDFEM ist ein neu entwickelter Code, der Spannungen und Deformationen innerhalb eines elastischen Körpers berechnet, der (externen) Kräften ausgesetzt ist. Entwicklungsziel ist ein hochperformanter, hoch skalierender Code (1 000 CPUs) zur Lösung wirklich großer Probleme. Grundlage für die Parallelisierung sowohl der Netzgenerierung als auch der Finite-Elemente-Discretisierung (FEM) ist das Konzept der Gebietszerlegung: Das Berechnungsvolumen wird in Teilgebiete zerlegt, die nahezu unabhängig voneinander bearbeitet werden. Das entstehende lineare Gleichungssystem wird unter Verwendung der PETSc-Bibliothek parallel gelöst. Für einfache Geometrien, die analytisch beschreibbar sind, kann der interne Netzgenerator verwendet werden; das Netz für komplexere Geometrien wird dagegen aus einer Datei eingelesen und zerlegt.

DDFEM wird im ITWM verwendet, um elastische Eigenschaften von Faserstrukturen zu modellieren. Unter Benutzung des internen Netzgenerators zeigt der Code ein sehr gutes Skalierungsverhalten und eignet sich daher gut als Benchmark für die Performance-Bestimmung von Rechnerarchitekturen.

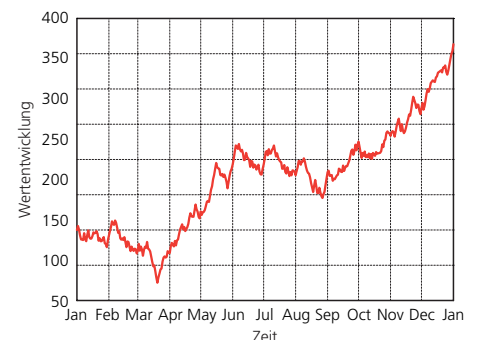
Deformation einer dreidimensionalen Faser



Parallelisierungs-Framework ParMC

In diesem Projekt entwickeln wir für einen Kunden aus dem Finanzsektor ein Parallelisierungs-Framework in Form eines Manager-Worker-Systems, das es ermöglicht, Monte-Carlo-Berechnungen zur Portfolio-Bewertung parallel auf einem PC-Cluster durchzuführen. Dadurch werden die einerseits zum Teil sehr lange dauernden Einzelberechnungen stark beschleunigt, andererseits lassen sich sehr viele Berechnungen gleichzeitig ausführen. In diesem Projekt liegt der Entwicklungsschwerpunkt auf der Bereitstellung einer hochverfügbaren Applikation, die Fehler oder ganze Ausfälle einzelner Cluster-Knoten toleriert und im Zusammenspiel mit redundant ausgelegten Hardware-Komponenten zu einer möglichst hohen Fehlertoleranz des Gesamtsystems führt. Durch Performance-Prediction unter Einbeziehung der Rechenzeit und des Aufwands für die Kommunikation zwischen Manager und Workern wird darüber hinaus erreicht, dass die zur Verfügung stehende Leistung des Gesamtsystems optimal genutzt wird und somit die Applikation auch auf sehr großen PC-Clustersystemen sehr gut skaliert.

Beispiel einer Monte-Carlo-Berechnung zur Portfolio-Bewertung



Viele Anwendungen aus den Bereichen der Simulationstechnik, der Medizin, der Strömungsdynamik (CFD), der Werkstoffwissenschaften oder der Geologie produzieren Volumendaten, die heute aufgrund ihrer Größe von keinem Visualisierungssystem interaktiv dargestellt werden können. Diese Beschränkung in der interaktiven Analyse von mehrdimensionalen Datensätzen 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 Software-Lösung in Ort und Zeit liegt dabei weit über der von anderen Hardware- und Software-Systemen erreichten Leistung.

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.

Performance

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 Einhei-

ten des Renderkerns erreichen dadurch die Peak-Performance der aktuellen Intel- bzw. AMD-Prozessoren. PV-4D ist durchgängig als parallele Software 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 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 MAGMA-SOFT®-Nutzer, für die seismische Industrie und für die Visualisierung von CT-Daten der Medizin verfügbar.

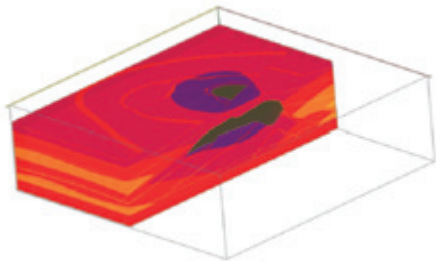
Ansprechpartner:

Dr. Carsten Lojewski
☎ 06 31/3 03-18 28



PV-4D SEISMICPRO

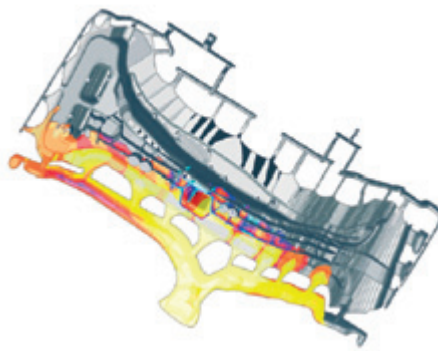
Die Visualisierung seismischer Daten, die generell sehr groß sind, ist in der Industrie noch ein sehr aufwändiger und auch teurer Prozess, der letztlich eine erhebliche Bedeutung für die Interpretation der Lagerstätten und damit dem Auffinden bzw. der besseren Nutzung von Öl und Gas hat. Die speziell 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 dem Unternehmen die Möglichkeit, das Werkzeug auch im weltweiten Verbund standortübergreifend ohne große Performance-Verluste einzusetzen. Als PC-basiertes Tool ist PV-4D ungeschlagen in Preis und Leistung.



Seismischer Datensatz

PV-4D MAGMAVR

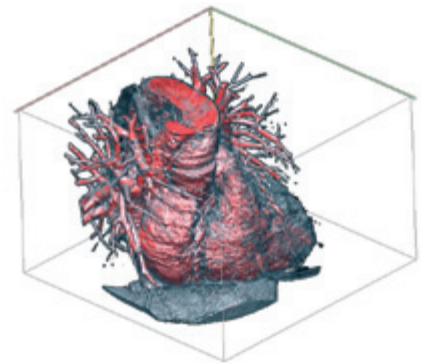
Als erste Anwendungen wurden das am ITWM entwickelte Software-Paket ParPac sowie die parallele Version von MAGMASOFT®, dem führenden Simulationspaket für Gießereien, durch PV-4D unterstützt. Dadurch können die durch die parallele Simulation entstandenen großen Datenmengen zum ersten Mal wirklich interaktiv als bewegte Filme visualisiert werden. Die jetzt erstmalig verfügbare Darstellung im Virtual Reality Lab des Fraunhofer ITWM ermöglicht gänzlich neue Einsichten und überwältigende Bilder. Die Entstehung und Wirkung von Wirbeln in der Strömung wird hochaufgelöst räumlich erfahrbare. Der Erstarrungsprozess wird erstmals im Detail als zeitabhängiger Prozess genau analysiert.



AUDI: B-Säule (200 Mio. Control-Volumen)

PV-4D MEDICAL

In Zusammenarbeit mit der medizinischen Universitätsklinik in Hannover wurde ein schlagendes Herz eines 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 2004 verfügbaren neuen 64 Bit-Systemen von AMD wird der Vorstoß in eine neue Leistungsklasse gelingen.



Das menschliche Herz



Verfügbarkeit und Performance

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 werden auch komplette Visualisierungslösungen angeboten. Auf Nachfrage bieten wir auch die Integration von PV-4D in bestehende Produktionsumgebungen an.

Die Vorhersage von Materialeigenschaften mit Hilfe von Simulationen stellt eine der größten interdisziplinären Aufgaben in Forschung und Entwicklung überhaupt dar. Die immer weiter zunehmende Miniaturisierung von ganzen Bauteilen oder auch von Bausteinen, die zu größeren Einheiten nach dem Baukastenprinzip zusammengesetzt werden, stößt mittlerweile in atomare Größenordnungen vor; sogar quantenmechanische Effekte werden in Zukunft, etwa in Multifunktionsbauteilen, eine gewichtige Rolle spielen.

Als Ausgangspunkt für unsere Entwicklungen zu ingenieurwissenschaftlichen Fragestellungen haben wir die Molekulardynamik-Methode gewählt, da diese Simulationstechnologie direkt Atome in ihrem Zusammenspiel simuliert. Als Voraussetzung zum molekularen Materialdesign sind vier Bausteine nötig:

- Atomare Wechselwirkungen, die im Sinne von Wechselwirkungspotenzialen zur Verfügung stehen müssen.
- Dynamische Gleichungen, im einfachsten Fall die bekannten Newtonschen Gleichungen, und numerische Verfahren, die ein System aus Atomen in der Zeit propagieren.
- Die Definition und »Messung« von (zeitabhängigen) Größen, so-

genannten Observablen, die mit Materialeigenschaften korrelieren.

- Software-Tools von hoher Qualität zur numerischen Lösung der dynamischen Gleichungen sowie zum Pre-/Postprocessing der Simulationen

Molekulardynamische Simulationen sind aber oft zu aufwändig, um damit direkt Materialwissenschaften zu betreiben. Ein »Hochskalieren« der atomistischen Beschreibung auf die Dynamik von ingenieurwissenschaftlichen Zielgrößen, wie etwa den Eigenspannungen, ist für ein molekulares Materialdesign unabdingbar.

Am Fraunhofer ITWM wird die atomistische Seite dieses Multiskalenaspekts der Materialwissenschaften modelliert und von Partnern des ITWM mit Experimenten validiert. Dieser Herausforderung stellt sich das ITWM in mehreren interdisziplinär angelegten Projekten. Ein Ziel ist die Entwicklung eines hochskalierbaren, parallelen Molekulardynamik-Kerns mit offenen Schnittstellen zur Einkopplung von weiteren Plug-and-Play-Software-Modulen. Der Molekulardynamik-Kern und seine Schnittstellen sind mittlerweile vollständig spezifiziert, erste Implementierungen befinden sich in der Testphase. Mitte 2004 werden erste Produktionsläufe dieser Software erwartet.



Ansprechpartner:

Dr. Peter Klein

☎ 06 31/3 03-18 04

Beschichtungssimulation

Neben der reinen Software-Entwicklung werden am Fraunhofer ITWM auch direkt materialwissenschaftliche Fragestellungen mit Hilfe von molekulardynamischen Simulationen angegangen. In einem DFG-Projekt, das zusammen mit dem Institut für industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb der Universität Stuttgart durchgeführt wurde, wird die Beschichtung von Silizium-Oberflächen mit Kupfer simuliert. Der grundsätzliche Ansatz dieses Projekts ist in der Abbildung dargestellt.

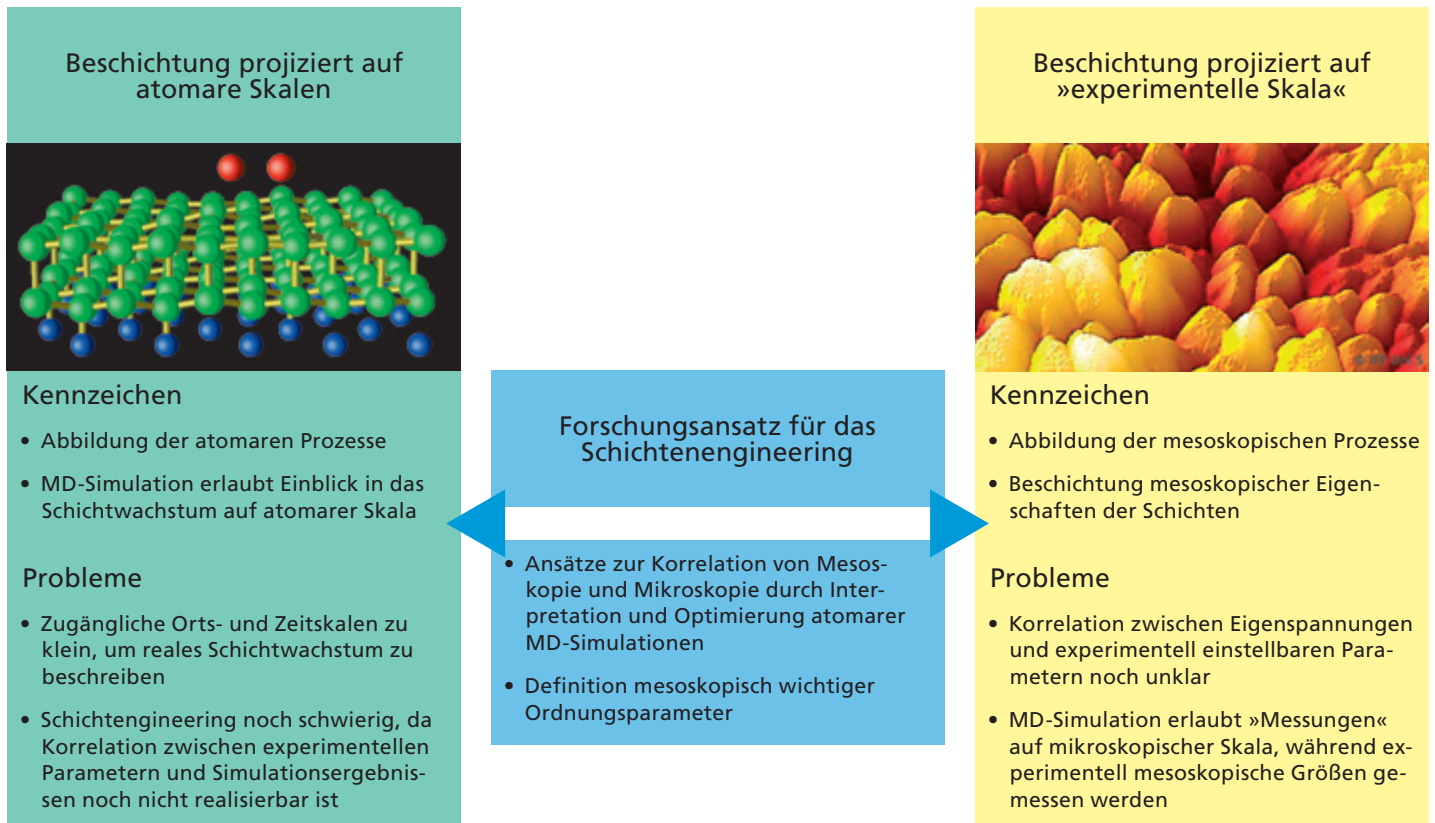
Der Fokus dieses Projekts liegt auf der Erforschung der enorm wichtigen Eigenspannungen in dünnen Schichten, die sich während des Beschichtungsvorgangs

ges dynamisch aufbauen. Experimentell ist bekannt, dass Eigenspannungen eine Hauptursache für das Schichtversagen darstellen, wobei deren Korrelationen mit experimentellen Prozessparametern weitestgehend unklar sind. Eigenspannungen und deren Dynamik sind somit eine ingenieurwissenschaftliche Zielgröße, die wir in diesem Projekt simulieren wollen.

Parallel dazu wird in einer Promotion die Kopplung von atomistischer und Kontinuumsbeschreibung zur Reduzierung der Systemgröße untersucht. Da beide Modelle jeweils auf unterschiedlichen Skalen gültig sind, ist dafür zunächst eine zum System gewöhnlicher

Differentialgleichungen der Molekulardynamik passende Beschreibung mit partiellen Differentialgleichungen erforderlich. Weiterhin benötigt man eine gute Modellierung und Numerik für den Übergang, um Reflexionen von Schallwellen, die zu unphysikalischem Verhalten des Systems führen, zu verhindern.

Ansatz zur Entwicklung einer Multiskalen-Beschichtungssimulation



Distributed Computing Research Lab (DCRL)

Das Forschungslab »Distributed Computing« ist Bestandteil der »Forschungsplattform für regionale kleine und mittelständische Unternehmen« (siehe Seite 6); seine Schwerpunkte liegen auf der Verbesserung der Managementmethoden für verteilte PC-Systeme und der Entwicklung neuer verteilter Applikationen, die durch die Anforderungen des Marktes definiert sind.

Unterschiedliche Märkte der Projektpartner, unterschiedliche Applikationen und gemeinsame softwaretechnische Fragestellungen charakterisieren diese Forschungsplattform. Gleichzeitig gelingt es dadurch, ein weit über die Region hinaus wirkendes Kompetenzzentrum zu etablieren, das für weitere Firmen in diesem Umfeld attraktiv ist.

Das bereits seit 2002 etablierte Linux Network Research Lab wurde eingebettet in das DCRL und weitere Firmen der Region (tecmath AG, Mobotix AG) haben sich mit Personal und finanziellen Beiträgen engagiert. Gearbeitet wird auf folgenden Forschungsgebieten:

- Software-Technologien zur Erhöhung der Zuverlässigkeit verteilter Rechnersysteme

- On-Demand Computing – Grid Computing
- Benchmarking und Performanceanalyse
- Entwicklung von neuen parallelen Anwendungen

Mit der Ansiedlung des European Headquarter der Firma Linux Network ist auch ein neuer Arbeitgeber nach Kaiserslautern gekommen, der die wachsende lokale IT-Branche stärkt und neue Arbeitsplätze schafft.

Beim Betrieb von produktiven PC-Clustern ist neben der sorgfältigen Konfiguration der Hardware das Management des Systems der Schlüssel zur Produktivität. Dies umfasst die Kontrolle über die Hardware und das Betriebssystem, deren Monitoring, die Lastverteilung, das Account-Management sowie die Software-Verwaltung. Im Rahmen der Kooperation mit Linux Network wurden Lösungen zum Aufbau hochverfügbarer Cluster-Systeme durch Integration von Applikation und Cluster-Management entwickelt, das Managementsystem Clusterworx auf die Linux-Distribution der Firma SuSE portiert und um neue Funktionen erweitert.



Serviceangebote des Competence Centers

- Entwicklung und Portierung von parallelen Anwendungen
- Performanceanalyse 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

- TOP500 PC-Cluster mit 128 P4-CPU's (Linpack-Leistung: 400 GFlops)
- Leistungsfähige Storage- und Backup-Systeme
- VR-Labor zur Visualisierung großer Datenmengen
- PC-Cluster zur Erprobung neuer technischer Konzepte

Ansprechpartner:

Martin Vogt
☎ 06 31/3 03-18 06

Fraunhofer Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC

Das Fraunhofer Chalmers Research Centre ist seit 2001 tätig. 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.

Gemäß dem Geschäftsplan vom März 2001 wird das FCC voraussichtlich den Umsatz von 1,7 Mio € für die erste Finanzperiode auf 2 Mio € für 2004 steigern. Die vorläufigen Einnahmen für das Jahr 2003 betragen 1,9 Mio €. Diese verteilen sich auf 42 Prozent Industrieprojekte, 20 Prozent öffentliche Projekte, 36 Prozent Grundfinanzierung durch Chalmers bzw. Projektmittel von der Fraunhofer-Gesellschaft sowie zwei Prozent andere Einnahmen.

In seiner Anfangsphase im September 2001 hatte das FCC sechs Mitarbeiter. Gemäß Geschäftsplan wird diese Zahl bis Ende 2004 auf 20 anwachsen. Ende 2003 waren 18 Mitarbeiter am FCC beschäftigt, inklusive eines Wissenschaftlers vom ITWM. Damit hat das FCC in etwa die Größe einer ITWM-Abteilung.

Am FCC wurden bisher insgesamt 80 Projekte mit einer Vielzahl von Kunden unterschiedlicher Größe und aus unterschiedlichen Branchen initiiert, wovon bisher 50 erfolgreich abgeschlossen worden sind. Die Liste der Industriepartner ist mittlerweile auf über 40 angewachsen; das blieb nicht ohne Auswirkungen auf das ITWM, denn das Volumen an Gemeinschaftsprojekten von FCC und ITWM nimmt zu.

Vier Kompetenzfelder werden auf den folgenden Seiten beschrieben:

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

Ansprechpartner:

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

Dr. Klas Samuelsson, Magnus Karlsson, Dr. Thomas Svensson, Anders Ålund
Tomas Torstensson, Prof. Mats Larson, Fredrik Ekstedt, Dr. Robert Bohlin, Dr. Per Hörfelt, Prof. Jaques de Maré
Dr. Johan Carlson, Prof. Sture Holm, Dr. Mats Jirstrand, Dr. Marina Alexandersson, Malin Moberg,
Dr. Sofia Andersson, Prof. Michael Patriksson, Dr. Pär Johannesson, Dr. Gerald Kroisandt, Dr. Uno Nävert
Kristina Wärmefjord, Elin Lindström, Jenny Ekenberg , Dr. Ann-Brith Strömberg, Annika Eriksson



Materialermüdung aus statistischer Sicht



Statistische Methoden vervollständigen das Bild der Zuverlässigkeit mechanischer Konstruktionen im Hinblick auf die Ermüdungsfestigkeit. Dadurch lassen sich die effizientesten Schritte zur Qualitätsverbesserung eines Produkts aufzeigen.

Die Zuverlässigkeit ist eine Kombination von Bauteilfestigkeit und Belastung. Die Festigkeit wird durch Ermüdungstests bestimmt, die Belastungen dagegen im Betrieb oder auf Teststrecken bzw. Prüfständen. Die Beziehung zwischen Festigkeit, Belastung und Materialermüdung wird durch einfache physikalische Modelle wiedergegeben. Die Bestimmung sowohl der Festigkeit als auch der Belastung ist eine schwierige Aufgabe, weshalb diese Größen mit einer gewissen Unsicherheit modelliert werden. Eine statistische Betrachtungsweise macht es möglich, alle Ungenauigkeiten und Variationen in einer umfassenden Zuverlässigkeitsanalyse zu kombinieren und die Modelle aufgrund der Erkenntnisse im Betrieb zu verbessern. Insbesondere lassen sich folgende Bereiche identifizieren:

- Planung und Auswertung von Ermüdungstests

Zum Einsatz kommen etablierte statistische Methoden wie statistische Versuchsplanung, Regressionsanalyse, Vorhersage- und Konfidenzintervalle; diese werden den verschiedenen spezifischen Ingenieur Anwendungen angepasst.

- Analyse realer Belastungen im Betrieb

Hier werden die Theorie stochastischer Prozesse und die Rainflow-Zählung genutzt. Daneben werden Fragen im Zusammenhang zwischen Labortests und Belastungen im Betrieb behandelt.

- Streuung im Vergleich zur Unsicherheit

Eine statistische Vorgehensweise macht es möglich, Modellungenauigkeiten mit zufälligen Variationen der Belastungen oder Materialien zu vergleichen, um die optimale Komplexität der Modellierung zu bestimmen.

In einem Projekt mit insgesamt fünf Industriepartnern ist eine Methode entwickelt worden, um die Lebensdauerkurve aus Tests mit unterschiedlichen Amplituden zu schätzen. Die Lebensdauer kann damit für beliebige Betriebsbelastungen oder Lastannahmespektren vorhergesagt werden. Die traditionelle Methodik dagegen basiert auf Labortests mit Belastungssequenzen konstanter Amplituden. Beim Betrieb der Produkte dagegen treten Belastungen mehr stochastischer Natur und mit variablen Amplituden auf. Daher können Labortests mit variablen Amplituden die Lebensdauer vorhersage verbessern.

Ansprechpartner:

Dr. Thomas Svensson

☎ +46 (0) 31/7 72-42 84

Bioinformatik und Systembiologie

Bioinformatik kombiniert Genetik, Mathematik und Informatik, um die Sequenz- und Genexpressionsdaten handhaben zu können, die durch die Biotech- und Pharmaindustrie generiert worden sind. Bioinformatikforschung beinhaltet die Entwicklung von Werkzeugen, um die komplexen biologischen und medizinischen Daten zu modellieren, zu analysieren und zu visualisieren. Die rechnerbasierte Biologie ist heutzutage ein Schlüssel, um die gewaltigen und komplexen Datenmengen der Biotech- und Pharmaindustrie besser zu verstehen und nutzbar zu machen. Aber viele Werkzeuge sind nicht an die neue Situation angepasst.

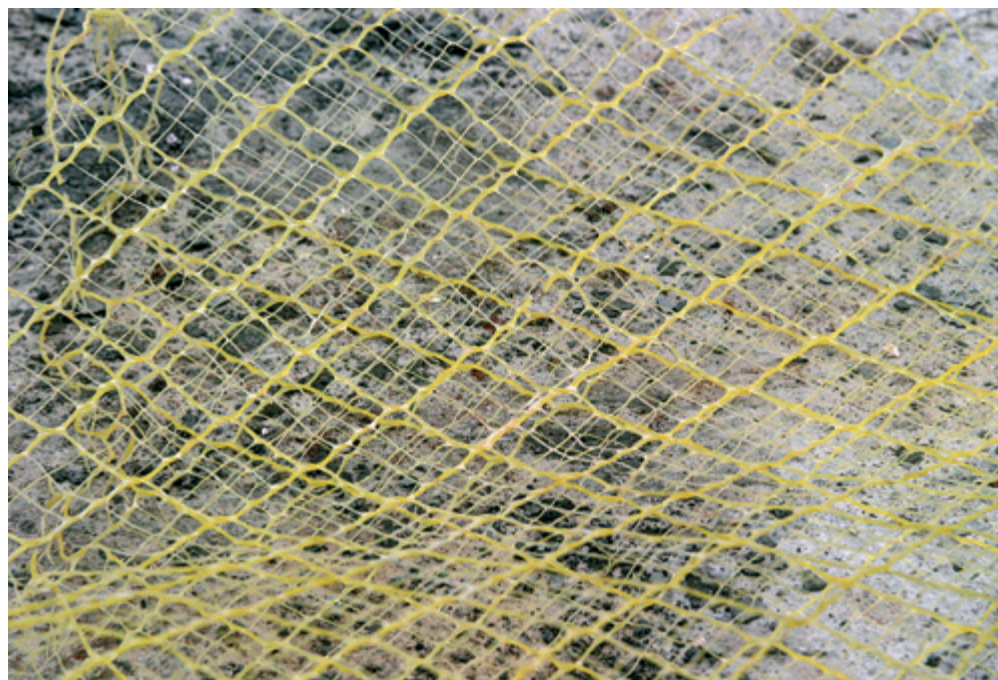
Systembiologie nutzt Methoden aus der System- und Kontrolltheorie, Signalverarbeitung und Informationstheorie, um ein Verständnis für biologische Prozesse aus einer Systemperspektive zu erhalten. Die Forschung beinhaltet die Modellierung von Gen- und Proteinwechselwirkungen, die Analyse von metabolischen und biochemischen Netzwerken, die Analyse von Genexpressionsdaten aus einer Systemperspektive usw.

Ziel der statistischen Genetik ist es, genau die Stelle im Erbgut zu finden, die für eine bestimmte Krankheit verantwortlich ist. Biostatistik, insbesondere die Überlebensanalyse, trägt dazu bei, die Einflüsse von Genetik und Umwelt auf individuelle Lebenszeit oder Krankheitsverlauf herauszufinden. Medizinische Daten bestehen entweder aus individuellen Genmessungen oder aus Messungen von genetischen Ähnlichkeiten zwischen Verwandten an vorbestimmten Positionen im menschlichen Genom. Analyseziel ist das Auffinden der Positionen, die die Krankheit in der untersuchten Population auslösen.

Das FCC hat für dieses Problem mit zwei Partnern an der Lund University – dem Wallenberg Laboratory am Malmö University Hospital und dem Centre for Mathematical Sciences – verschiedene Herangehensweisen entwickelt. In der ersten werden genetische Messungen von Individuen zusammen mit deren Krankheitsstadien verwendet. Dies hat zu einer Beschreibung von genetischen Varianten geführt, die die Entwicklungsdauer von Diabetes beeinflussen. Von besonderem Interesse sind die Gen-Umwelt-Effekte. Ein anderer Zugang ist die Nutzung von Familiendaten, wobei die sogenannten IBD-Counts bei betroffenen Verwandten genutzt werden. Ziel ist es, Werkzeuge zu entwickeln, um die Effekte von Genvariationen an zwei Stellen zugleich im Erbgut zu studieren. Die Methoden sind robust in Bezug auf den Typ der menschlichen Population und die Art der Krankheit.

Ansprechpartnerin:

Dr. Marina Alexandersson
☎ +46 (0) 31/7 72-42 64



Finanz- und Versicherungsmathematik



Zu Beginn des Jahres 2003 kam Dr. Gerald Kroisandt aus der Abteilung Finanzmathematik des Fraunhofer ITWM ans Partnerinstitut FCC, um dort den Aufbau einer Gruppe für Finanz- und Versicherungsmathematik zu unterstützen. Bisher werden die Bereiche »Basel II« und Versicherungsmathematik sowie die »klassische« Finanzmathematik mit der Bewertung von Optionen abgedeckt. Hierbei wird im Moment eine enge Zusammenarbeit mit einem Handelssystemhersteller aufgebaut. Dadurch ist die Weiterführung des vielversprechend begonnenen Kompetenzbereiches garantiert.

Das erste größere Projekt wurde in Zusammenarbeit mit der schwedischen Versicherungsgemeinschaft realisiert. Innerhalb der Versicherungsbranche werden zur Zeit, analog zu »Basel II« für die Banken, die Regeln für die Sicherheitsreserven einer Versicherungsgesellschaft überarbeitet (»Solvenz II«). Dies geschieht auf europäischer ebenso wie auf nationaler Ebene. Die Aufgabe des FCC war die Unterstützung bei der Ausarbeitung der schwedischen Regeln in den beiden großen Bereichen »Risikomaße« und »Zinsstrukturmodelle«.

Da es bei Zinsmodellen keinen Standard wie das Black-Scholes-Modell für Optionen gibt, wurden für die verschiedenen Klassen von Modellen deren Vor- sowie

Nachteile herausgearbeitet. Unterschieden wurde dabei hauptsächlich nach der Verteilung der Kassazinsrate, d. h. ob es zu einer Normal-, Log-Normal- oder χ^2 -Verteilung führt. Daneben wurden die Möglichkeiten und Grenzen von Ein- bzw. Mehrfaktormodellen diskutiert.


Bei Risikomaßen gibt es vier Annahmen, die erfüllt sein sollen. Ziel war es, Standard-Prämienberechnungsmodelle auf ihre Tauglichkeit als Risikomaß zu untersuchen. Die Verwendung des Prämienberechnungsmodells auch als Risikomaß soll garantieren, dass die Berechnungen für die Aufsichtsbehörde transparent sind. Interessanterweise kann man Forderungen an ein Prämienberechnungsmodell mit denen an ein Risikomaß relativ gut identifizieren.

Das Hauptproblem des Standardabweichungs- und Varianzprinzips ist das Fehlen der Monotonie. Andere Prinzipien (Semivarianzprinzip, konstante Risikoaversion) führen zu »sinnvollen« Risikomaßen, d. h. zu einem kohärenten bzw. konvexen Risikomaß. Konvexe Risikomaße sind auch im Hinblick auf die Prämienberechnung interessant, da sie die Diversifikation des Portfolios fördern.

Ansprechpartner:

Dr. Per Hörfelt

☎ +46 (0) 31/7 72-42 94



Sensitive Produkte und Produktionskonzepte bekommen häufig Qualitätsprobleme, was zu einer verspäteten Markteinführung und Ertragsverlusten führt. Die Simulation von Variationen und Toleranzergebnissen, kombiniert mit Diagnosetools, ist ein wichtiger Faktor der Qualitätsverbesserung. Geringere Variationen bei Produkten und Prozessen bringen einen substanziellen Gewinn für ein Unternehmen wegen geringerer Kosten für Justierung, Ausschuss und Reklamationen. Da Qualität eines der wichtigsten Entscheidungskriterien für Kunden ist, ist die Qualitätssicherung folgedessen ein wichtiger Teil der Geschäftsstrategie.

In Kooperation mit dem Wingqvist Laboratory an der Chalmers University of Technology unterstützt das FCC Firmen bei der systematischen Reduzierung von Variabilität in Prozessen und Produkten in den folgenden Schlüsselgebieten: robustes Design, Optimierung von Inspektionsplanung, Mess-Systemanalyse (QS 9000) sowie Prozesskontrolle und Root-Cause-Analyse. Eine langfristige Vision innerhalb der Produktionstechnologie ist die virtuelle Fabrik mit hohem Niveau in Realitätsnähe und Funktionalität. Programmierung, Simulation und Visualisierung virtueller Produktionsanlagen machen es möglich, die Aufbauzeit einer realen Fabrik zu reduzieren. Trotz der Tatsache, dass moderne Industrien bereits virtuelle Prototypen einsetzen, um physikalische zu ersetzen, Montageprozesse zu visualisieren und Industrieroboter offline zu programmieren, wird das volle Potenzial einer virtuellen Fabrik noch lange

nicht erreicht. Eine Schranke ist die Programmierzeit der Roboter. Die meisten Bewegungs- und Bahnprogrammierungen für Roboter und Anlagen erfolgen manuell, da die existierende Unterstützung für eine automatische Bahnplanung sehr begrenzt ist.

Ein Projekt mit Volvo Car Corporation verfolgt das Ziel, automatisch kollisionsfreie Bahnen für Roboter zu finden, von der Anfangskonfiguration bis zur Endstellung mit minimalen Zykluszeiten, Bahnlängen und Verschleiß. Die Simulationssoftware für automatische Bahnplanung basiert auf einem virtuellen 3D-Modell, das die Kinematik und die Geometrie in einer Montageeinheit beschreibt und die Wechselwirkung mit einem Kollisionstester erlaubt.

Ansprechpartner:

Dr. Johan Carlson
☎ +46 (0) 31/7 72-42 89



- Andrä, Heiko et.al.:
Computer Modeling and Design of Non-Woven Acoustical Trim
 Vibro-Acoustics Users Conference Europe, Leuven, Belgien, Januar 2003
- Andrä, Heiko et.al.:
Rechnergestützte Optimierung der akustischen Wirksamkeit von Nonwovens
 12. Int. Techtexil-Symposium, Frankfurt am Main, April 2003
- Andrä, Heiko et.al.:
Spezifische Strukturoptimierungsverfahren für Gießereien - OptCast
 Symposium »Simulation in der Produkt- und Prozessentwicklung«, Bremen, November 2003
- Andrä, Heiko; Matei, Iuliana:
Optimal Design of Casted Structures
 Topology Optimization Days, Schloss Thurnau, September 2003
- Boehm, Martin; Maasland, Mark:
Online Inspektion von laminierten Metall-dichtungen und glänzenden Verschlüssen
 VDI/VDE GMA Fachtagung »Oberflächenmesstechnik«, Langen, Dezember 2003
- Boehm, Martin; Maasland, Mark:
Online Inspektion von metallischen Oberflächen
 VDI/VDE GMA Fachtagung »Applied Machine Vision«, Stuttgart, Oktober 2003
- Göb, Norbert:
Computing the Automorphism Group of a Hyperelliptic Function Field
 MEGA, Kaiserslautern, Juni 2003
- Grosan, Teodor:
Radiative Heat Transfer in Glass Cooling Processes (I)
 MAGICAL Kick-off Meeting, London, Juni 2003
- Grosan, Teodor:
Radiative Heat Transfer in Glass Cooling Processes (II)
 MAGICAL Kick-off Meeting, Oxford, Dezember 2003
- Hanne, Thomas:
A Multi-Objective Evolutionary Algorithm for Scheduling and Inspection Planning in Software Development Projects
 13. Workshop der GOR-Arbeitsgruppe »Entscheidungstheorie und -praxis«, Universität zu Köln, Februar 2003
- Hanne, Thomas:
Scheduling in Software Development Using Multiobjective Evolutionary Algorithms
 1st Multidisciplinary International Conference on Scheduling (MISTA 2003), Nottingham, August 2003
- Hanne, Thomas:
Zeit- und Ressourcenplanung leicht gemacht – Unterstützung durch Simulation
 VISEK-Anwender-Workshop, Kaiserslautern, Dezember 2003
- Hietel, Dietmar:
NESPRI – Nebelfreies Spritzen von Außenfassaden: Ein Forschungsprojekt unter Leitung des Fraunhofer ITWM
 Werkstofftag 2003, Ober-Ramstadt, November 2003
- Hietel, Dietmar:
NESPRI – Nebelfreies Spritzen von Außenfassaden: Von der Vision zur Realisierung
 Abschlusspräsentation des InnoNet-Projekts NESPRI, Ober-Ramstadt, Juni 2003
- Hietel, Dietmar; Michael, Junk; Rainer, Keck:
Finite-Volume-Particle Method
 Abschlusskolloquium DFG-Schwerpunktprogramm Analysis und Numerik von Erhaltungsgleichungen, Magdeburg, September 2003
- Iliev, Oleg; Chernogorova, Tatiana; Ewing, Richard; Lazarov, Raytcho:
On finite volume discretization of elliptic interface problems
 Conference on Numerical Analysis, College Station, Texas, Januar 2003
- Iliev, Oleg; Ciegis, Raimondas; Kehrwald, Dirk; Laptev, Vsevolod; Latz, Arnulf; Rief, Stefan; Steiner, Konrad; Vaikuntam, Ashok; Vasileva, Daniela; Wiegmann, Andreas:
Porous flow simulations for industrial applications
 MACSI-net WG-14, Workshop »Flows in Porous Media«, Eindhoven, Mai 2003
- Iliev, Oleg; Dörfler, Willy; Stoyanov, Dimitar; Vasileva, Daniela:
On a multigrid adaptive refinement solver for non-Newtonian flow in porous media
 Fachbereich Mathematik, Universität Saarbrücken, Januar 2003
- Iliev, Oleg; Dörfler, Willy; Stoyanov, Dimitar; Vasileva, Daniela:
On a multigrid adaptive refinement solver for non-Newtonian flow in porous media
 Department of Mathematics, Texas A&M University, College Station, Texas, Februar 2003
- Iliev, Oleg; Dörfler, Willy; Stoyanov, Dimitar; Vasileva, Daniela:
On a multigrid adaptive refinement solver for non-Newtonian flow in porous media
 Department of Mathematics, Southern Methodist University, Dallas, Texas, Februar 2003
- Iliev, Oleg; Dörfler, Willy; Stoyanov, Dimitar; Vasileva, Daniela:
On a multigrid adaptive refinement solver for non-Newtonian flow in porous media
 Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, Dezember 2003
- Iliev, Oleg; Laptev, Vsevolod; Latz, Arnulf; Steiner, Konrad; Vaikuntam, Ashok; Vasileva, Daniela; Wiegmann, Andreas:
Simulation of industrial filtration processes at macro- and micro- levels
 MACSI-net WG-14 Workshop »Filtration problems in porous media and paper manufacturing«, Stuttgart, November 2003
- Iliev, Oleg; Laptev, Vsevolod; Latz, Arnulf; Vaikuntam, Ashok; Wiegmann, Andreas:
Modelling and numerical simulation of certain filtration processes
 MACSI-net Workshop »Information Technologies and Numerical Techniques for the Agro-food Sector«, Barcelona, November 2003
- Iliev, Oleg; Laptev, Vsevolod; Vasileva, Daniela:
Algorithms and software for computer simulation of flow through oil filters
 Filtech Europe, Düsseldorf, Oktober 2003
- Iliev, Oleg; Laptev, Vsevolod; Vasileva, Daniela; Latz, Arnulf; Steiner, Konrad; Vaikuntam, Ashok; Wiegmann, Andreas:
On numerical simulation of flow through oil filters
 Workshop »IWRMM«, Universität Karlsruhe, Juli 2003
- Iliev, Oleg; Steiner, Konrad; Wiegmann, Andreas; Latz, Arnulf; Andrä, Heiko; Rutka, Vita; Rief, Stefan; Stoyanov, Dimitar:
Microlevel simulation of porous materials and virtual material design
 Department of Aerospace Engineering, Texas A&M University, College Station, Texas, Februar 2003
- Kallrath, Julia; Kolokolov Alexander; Darya, Yagofarova:
Analysis and Solving the Satisfiability Problem using L-partition
 Symposium on Operations Research, Heidelberg, September 2003
- Kehrwald, Dirk:
Strömungseigenschaften von Vliesstoffen
 Workshop »Virtuelles Materialdesign textiler Werkstoffe«, ITWM, Kaiserslautern, September 2003
- Kehrwald, Dirk:
Towards a consistency proof for immiscible lattice BGK
 GAMM-Konferenz 2003, Abano Terme, Italien, März 2003

- Klein, Peter; Baumann, Petra;
Gottwald, Bernhard; Sommadossi, Silvana;
Gemmler, Armin:
Simulation Tool support for the Development and Manufacturing of Sputtered Coatings
4th Asian-European International Conference on Plasma Surface Engineering AEPSE 2003, Jeju, Korea, September 2003
- Knaf, Hagen:
Daten- und wissensbasierte Diagnoseunterstützung in der Medizin
Arbeitsgruppentagung 2003 »OR im Gesundheitswesen«, Kaiserslautern, März 2003
- Korn, Ralf:
Mathematische Modelle für optimales Investment
TU Braunschweig, Juni 2003
- Korn, Ralf:
Non Probabilistic Crash Modelling with Applications in Finance and Insurance
DFG-Schwerpunkt, Berlin, April 2003
- Korn, Ralf:
Portfolio-Optimierung im Wandel der Zeit
Jahresempfang WIV, Frankfurt, Februar 2003
- Korn, Ralf:
Practicality of Transaction Cost Approaches in Continuous-Time Portfolio Optimisation
Arbeitsgruppe Stochastische Steuerung und Finanzmathematik, Kaiserslautern, Juni 2003
- Korn, Ralf:
Some Recent Aspects of Continuous-time Portfolio Optimization
OR 2003, International Conference on OR, Heidelberg, September 2003
- Korn, Ralf:
Worst-Case Investment with Applications for Insurance Companies
Conference on Financial Methods in Insurance, Kopenhagen, Februar 2003
- Krüger, Kai:
A glimpse into the future of Singular: Dynamic Loading
MEGA, Kaiserslautern, Juni 2003
- Kuhnert, Jörg:
Finite-Pointset method for low Mach number flows
2nd International Workshop on Meshfree Methods, Bonn, September 2003
- Kuhnert, Jörg:
Finite-Pointset method, a meshfree flow solver
7th National Congress on Computational Mechanics, Albuquerque, Juli 2003
- Kuhnert, Jörg:
Finite-Pointset method, a meshfree flow solver with applications to glass industry
Glass Days, Eindhoven, Holland, November 2003
- Latz, Arnulf:
Modelling and simulation of particle filtration in realistic 3-D fiber structures
Case studies in Industrial Mathematics, Centro di Ricerca Matematica, Pisa, Dezember 2003
- Latz, Arnulf:
Simulation of Depth filtration in realistic three dimensional fiber Structures
Institut für Mechanische Verfahrenstechnik, Karlsruhe, Dezember 2003
- Latz, Arnulf:
Universal aspects of aging in fragile glasses
Fachbereich Physik, Universität Kaiserslautern, Februar 2003
- Latz, Arnulf; Wiegmann, Andreas:
Simulation of fluid particle separation in realistic three dimensional fiber structures
Filtech Europe 2003, Düsseldorf, Oktober 2003
- Latz, Arnulf; Wiegmann, Andreas:
Virtual Textile Design for an Integrated Product Policy
Techtextil, Frankfurt, März 2003
- Lavrov, Alexander:
Fuzzy Extension of Discrete Event Supervisory Control
IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation (CIRA 2003), Kobe, Japan, Juli 2003
- Lavrov, Alexander:
Interaction Control in a Combined Logistics and Chemical Process Simulation
15th European Simulation Symposium, Delft, Holland, 27.10.2003
- Lavrov, Alexander:
Petri Net Semantics for eM-Plant
15th International Conference on Systems Research, Informatics and Cybernetics (InterSymp 2003), Baden-Baden, August 2003
- Lavrov, Alexander:
Production System Design: Formal Semantics, Intuition, and Missing Links
Hosei University, Tokyo, Japan, Juli 2003
- Linn, Joachim:
Mikrostrukturberechnung für Sphärogusslegierungen mit MAGMASOFT – auch für dickwandige Gussteile ?
MAGMASOFT User-Meeting, Vaalsbroek, Niederlande, Oktober 2003
- Linn, Joachim; Lojewski, Carsten:
PV-4D High-End Visualisierung für MAGMASOFT
MAGMASOFT User-Meeting, Vaalsbroek, Niederlande, Oktober 2003
- Marheineke, Nicole:
Die Rolle der Mathematik bei der Gestaltung des 21. Jahrhunderts
CJD, Malente, Mai 2003
- Marheineke, Nicole:
Fibre-Fluid Interactions - Slenderbody asymptotics for a fibre in an incompressible air flow
OCIAM, Oxford, März 2003
- Marheineke, Nicole:
Mesh-less method for the homogeneous handling of fiber-fluid interactions
2nd MIT Conference for Fluid and Solid Mechanics, Cambridge, USA, Juni 2003
- Melo, Teresa:
Dynamic multi-commodity facility location: A mathematical modelling framework for strategic supply chain planning
Symposium on Operations Research, Heidelberg, September 2003 und Meeting of the Euro Working Group on Locational Analysis – EWGLA XIV, Korfu, Griechenland, September 2003
- Merten, Dirk:
Integrated Performance Analysis of Distributed Computer Systems IPACS
Workshop on Performance Characterization, Modeling, and Benchmarking for HPC Systems, Emeryville, Mai 2003
- Neunzert, Helmut
Lernen für die Schule oder für das Leben?
Pädagogischer Tag der Kreissparkasse, Kaiserslautern, Oktober 2003
- Neunzert, Helmut
Mathematik als Schlüsseltechnologie
Kolloquiumsvortrag, TU Graz, Oktober 2003
- Neunzert, Helmut
Mathematische Herausforderung der Praxis
Kolloquiumsvortrag, Universität Oldenburg, Oktober 2003
- Neunzert, Helmut
Was man mit Mathematik so alles machen kann und warum
»Tag der Mathematik« der Universität Oldenburg, Oktober 2003
- Neunzert, Helmut:
Mathematical Research in the Fraunhofer-Institute for Industrial Mathematics
Kolloquiumsvortrag, Strathclyde University Glasgow, Juni 2003

Neunzert, Helmut:

Mathematics as a Technologie
Kolloquiumsvortrag, Lund Technical University,
Februar 2003

Neunzert, Helmut:

Mathematische Herausforderung der Praxis
Kolloquiumsvortrag, Universität Trier, Januar 2003

Neunzert, Helmut:

*Technomathematik- Schwächen und Stärken
eines neuen Studiengangs*
Tagung »Technomathematik«, TU Dresden,
September 2003

Nickel, Stefan:

*Dynamic multi-commodity capacitated location:
A mathematical modeling framework for
strategic supply chain planning*
EURO / INFORMS, Istanbul, Türkei, Juli 2003

Nickel, Stefan:

*Simulation und Optimierung zur Planung und
Steuerung von Kommissioniersystemen*
VDI-Seminar über Optimierte Kommissioniersysteme,
Karlsruhe, Februar 2003

Nickel, Stefan:

*Solution techniques for discrete ordered
median problems*
Meeting of the Euro Working Group on Locational
Analysis – EWGLA XIV, Korfu, Griechenland,
September 2003

Nickel, Stefan:

Territory planning in geo marketing
EURO / INFORMS, Istanbul, Türkei, Juli 2003

Ohser, Joachim:

*3D-Bildanalyse der Mikrostruktur offenporiger
Schäume*
22. BV-Forum, Sinsheim, Mai 2003

Ohser, Joachim:

*Anwendung der 3D Bildanalyse zur Charakteri-
sierung der Mikrostruktur offenporiger Schäume*
12. Arbeitstagung Quantitative Bildanalyse, Darmstadt,
Juni 2003

Ohser, Joachim:

*Bildanalytische Charakterisierung der Graphit-
anordnung in stabil erstarrten Gusseisen-
legierungen - Ergebnisse eines Ringversuchs*
Metallographietagung, Berlin, September 2003

Ohser, Joachim:

*Estimation of the Euler number of sets dis-
cretized with respect to homogeneous lattices*
Workshop Stochastic Geometry and Stochastic Models,
Kaiserslautern, Juni 2003

Ohser, Joachim:

*Processing and Analysis of 3d images from
microstructures of macroscopically homo-
geneous materials*
International Symposium on Computed Tomography
and Image Processing for Industrial Radiology, Berlin,
Juni 2003

Pfreundt, Franz-Josef:

*An XML-based Framework for Loosely Coupled
Applications on Grid Environments*
GGF 7, JSDL BOF, Tokio, März 2003

Pfreundt, Franz-Josef:

Das Fraunhofer Resource Grid
E-Science Management Seminar, Bonn, Januar 2003?

Pfreundt, Franz-Josef:

*HPC at Fraunhofer ITWM – Research and
industry related projects*
NERSC Berkeley, April 2003

Pop, Serban Rares:

Stability Analysis of the Float Glass Process
Glass Days, Eindhoven, Holland, November 2003

Prätzel-Wolters, Dieter

Identification of Nonlinear Systems
Wochenendseminar des Graduiertenkollegs
»Mathematik und Praxis«, Koblenz, November 2003

Prätzel-Wolters, Dieter

Vom Bremer Modell zum Fraunhofer-Institut
Institut für Dynamische Systeme, Bremen,
November 2003

Rauhut, Markus:

*Oberflächeninspektion von Dichtungen und
Deckenplatten*
22. BV-Forum, Sinsheim, Mai 2003

Rief, Stefan:

*Modeling and Simulation of Dewatering Proce-
ses in the Pressing Section of Paper Machines*
LSSC 2003, Sozopol, Bulgarien, Juni 2003

Rief, Stefan:

*Modellierung und Simulation von Entwässe-
rungsprozessen im Pressspalt von Papier-
maschinen*
Workshop »Virtuelles Materialdesign textiler Werk-
stoffe«, ITWM, Kaiserslautern, September 2003

Rief, Stefan:

*Parameterstudien zu Strömungswiderstand und
Festigkeits*
Workshop »Virtuelles Materialdesign textiler Werk-
stoffe«, ITWM, Kaiserslautern, September 2003

Rief, Stefan; Wiegmann, Andreas:

*Mathematical Modelling and Computer Simu-
lation- Two tools for a Better Understanding of
Production Processes and Product Design. Part I:
Introduction and micro structure simulation*
Procter & Gamble, Schwalbach, Mai 2003

Rutka, Vita:

*EJIM for Boundary Value Problems in 3D Elastic
Microstructures*
Workshop »Fast Boundary Element Methods in
Industrial Applications«, Söllerhausen, Oktober 2003

Schneider, Torsten:

*A New TSP-Based Heuristic Approach to Load
Balancing in a Conveyor Flow Shop*
Symposium on Operations Research, Heidelberg,
September 2003

Schröder, Michael:

*AnSiM – ein GIS-basiertes Decision Support Tool
für die Anschlusssicherung*
34. Workshop der GOR-Arbeitsgruppe »Logistik und
Verkehr«, Konrad-Zuse-Institut Berlin, November 2003

Schröder, Michael:

*AnSiM – GIS-gestützte Optimierung von
Anschlusssicherungsmaßnahmen*
AGIT-Symposium für Angewandte Geoinformatik,
Salzburg, Juli 2003

Schröder, Michael:

Fast heuristics for territory design
Symposium on Operations Research, Heidelberg,
September 2003

Schulz, Volker:

*Akustikoptimierung am Beispiel eines PET-
Dachhimmels*
VehTec, Pirmasens, Oktober 2003

Siedow, Norbert:

*Mathematical Modeling and Simulation in Glass
Production and Processing*
MAGICAL Kick-off Meeting, London, Juni 2003

Siedow, Norbert:

Strahlungstransport am ITWM
IWM, Freiburg, Mai 2003

Siedow, Norbert; Brinkmann, Matthias;
Fotheringham, Ulrich:

*Neuere Ergebnisse über den Strahlungstransport
bei der Abkühlung von Glas*
Hüttentechnische Vereinigung der Deutschen Glas-
industrie, FA IV, Würzburg, März 2003

- Steiner, Konrad:
Optimierung von Materialeigenschaften – Mikrostruktursimulation von porösen Schichten
Workshop »Brennstoffzelle und Wasserstoff«, Hamburg, November 2003
- Steiner, Konrad:
Virtuelles Design offener Werkstoffe
Fraunhofer-Gesellschaft, München, Januar 2003
- Tiwari, Sudarshan:
FPM for incompressible and free surface flows
Symposium on Development and Applications of Algorithms in CFD, Bangalore, Indien, Januar 2003
- Tiwari, Sudarshan:
FPM for two phase flows
2nd International Workshop on Meshfree Methods, Bonn, September 2003
- Trinkaus, Hans L.:
Creating a Knowledge Box for Multi Criteria Decision Making
13. Workshop der GOR-Arbeitsgruppe »Entscheidungstheorie und -praxis«, Universität zu Köln, Februar 2003
- Trinkaus, Hans L.:
knowBox – ein neuartiges Werkzeug zur multi-kriteriellen Entscheidungsunterstützung
GOR-Arbeitsgruppe »OR im Gesundheitswesen«, TU Kaiserslautern, März 2003
- Trinkaus, Hans L.:
knowCube® – a Spreadsheet Method for Interactive Multicriteria Decision Making
OR2003 – Symposium on Operations Research, Universität Heidelberg, September 2003
- Vaikuntam, Ashok:
Levelset pre- and post-processing for industrial data sets
MACSI-net-Workshop »Industrial Challenges in Geometric Modelling and CAD«, Darmstadt, März 2003
- Wichmann, Tim:
Symbolische Approximation nichtlinearer DAE-Systeme
TU Berlin, Dezember 2003
- Andrä, Heiko:
Einführung in die Boundary-Element-Methode
TU Kaiserslautern, Sommersemester 2003
- Andrä, Heiko:
Einführung in die FEM
TU Kaiserslautern, Sommersemester 2003
- Goesmann, Carsten; Hanne, Thomas; Lavrov, Alexander:
Aus dem Regal in den Karton - Die Mathematik hinter meiner Bestellung
TU Kaiserslautern, Sommersemester 2003
- Günther, Marco:
Mathematik
Fachhochschule Wiesbaden, Wintersemester 2003/04
- Iliev, Oleg:
Modern Methods for Solving Linear and Non-linear Systems
TU Kaiserslautern, Sommersemester 2003
- Kneip, Frank:
Numerische Methoden: Implementierungen mit Matlab
Wintersemester 2002/03 und 2003/04
TU Kaiserslautern, Fachbereich Mathematik
- Korn, Ralf:
Probability Theory
TU Kaiserslautern, Wintersemester 2002/03
- Korn, Ralf:
Financial Mathematics II
TU Kaiserslautern, Wintersemester 2003/04
- Korn, Ralf:
PraMa: Stochastische Methoden
TU Kaiserslautern, Wintersemester 2003/04
- Korn, Ralf:
Finanzmathematik für Lehrer und Lehramtsstudenten
TU Kaiserslautern, Wintersemester 2003/04
- Kraft, Holger:
Finanzmathematische Grundlagen der modernen Portfolio- und Kapitalmarkttheorie (im postgraduierten Studiengang »Immobilien-Portfolio-management«)
European Business School, Oestrich-Winkel, Sommersemester 2003
- Latz, Arnulf:
Hydrodynamik
Universität Mainz, Wintersemester 2002/03
- Latz, Arnulf:
Aspekte von Unordnung in kondensierter Materie
Universität Mainz, Wintersemester 2003/04
- Lavrov, Alexander:
Block-Seminar zu »Aspekten der Nebenläufigkeit in Produktionssteuerung«
Nationale Technische Universität der Ukraine, September - Oktober 2003
- Melo, Teresa; Lavrov, Alexander:
Seminar on Logistics Management: Models and Methods
TU Kaiserslautern, Wintersemester 2003/04
- Müller, Marlene:
Semiparametrische Modelle
Humboldt-Universität zu Berlin, Wintersemester 2003/04
- Nickel, Stefan:
Standortplanung und strategisches Supply Chain Management
Universität des Saarlandes, Wintersemester 2003/04
- Nickel, Stefan:
Operations Research I, II
Universität des Saarlandes, Sommersemester 2002, Wintersemester 2003/04
- Schladitz, Katja; Ohser, Joachim:
Image Analysis and Mathematical Morphology II
TU Kaiserslautern, Sommersemester 2003
- Schneider, Torsten:
Strukturen des Notfall- und Rettungswesens in Deutschland
TU Kaiserslautern, Sommersemester 2003

Andrä, Heiko:

Computer Modeling and Design of Non-Woven Acoustical Trim

Proceedings of the Vibro-Acoustics Users Conference Europe, Januar 2003, Leuven, Belgien

Andrä, Heiko:

Rechnergestützte Optimierung der akustischen Wirksamkeit von Nonwovens

Proceedings des 12. Internationalen Techtexil-Symposiums, April 2003, Frankfurt am Main

Armbrust, Ove; Berlage, Thomas; Hanne, Thomas; Lang, Patrick; Münch, Jürgen; Neu, Holger; Nickel, Stefan; Rus, Ioana; Sarishvili, Alex; van Stockum, Sascha; Wirsén, Andreas:

The SEV Method for the Simulation-Based Evaluation and Improvement of Software Development Processes

IESE-Report No. 075.03/E, September 2003

Baumann, Petra; Klein, Peter; Gottwald, B.; Heinrich, T.; Sommadossi, S:

Messung von Plasmamparametern und Substrattemperatur in einer Sputteranlage

Jamal, R.; Jaschinski, H. (Hrsg.): Virtuelle Instrumente in der Praxis VIP 2003, S. 356-361, 2003, Hüthig, München

Boehm, Martin; Maasland, Mark:

Online Inspektion von metallischen Oberflächen

VDI Bericht 1806, S. 37-46, Dezember 2003, Langen

Boland, Natashia; Domínguez-Marín, Patricia; Nickel, Stefan; Puerto, Justo:

Exact Procedures for Solving the Discrete Ordered Median Problem

Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 47, 2003

Bracke, Martin; Feldmann, Sven; Prätzel-Wolters, Dieter:

Parameter depending state space descriptions of index-2-matrix polynomials

Linear Algebra Appl. 347, No.1-3, S. 59-80, 2003

Briehl, Boris; Urbassek, H. M.:

Simulation of sheath dynamics and current non-uniformity in plasma-immersion ion implantation of a patterned surface

J. Appl. Phys. 93, 4420, 2003

Carizosa, Emilio; Nickel, Stefan:

Robust Facility Location

Mathematical Methods of Operations Research 58, S. 331-349, 2003

Ciegis, Raimondas; Iliev, Oleg:

Numerical algorithms for modelling of liquid polymer moulding

Mathematical Modelling and Analysis, vol.8, no.3, S. 181-202, 2003

Doerfler, Willy; Iliev, Oleg; Stoyanov, Dimitar; Vassileva, Daniela:

On a Multigrid Adaptive Refinement Solver for Saturated Non-Newtonian Flow in Porous Media

I. Dimov et al. (Hrsg.): Numerical Methods and Applications, Lecture Notes in Computer Science 2542, S. 174-181, 2003, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

Doerfler, Willy; Iliev, Oleg; Stoyanov, Dimitar; Vassileva, Daniela:

On a Multigrid Adaptive Refinement Solver for Saturated Non-Newtonian Flow in Porous Media

Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 52, 2003

Domínguez-Marín, Patricia; Hansen, Pierre; Mladenovic, Nenad; Nickel, Stefan:

Heuristic Procedures for Solving the Discrete Ordered Median Problem

Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 46, 2003

Dörfler, Willy; Iliev, Oleg; Stoyanov, Dimitar; Vasileva, Daniela:

On a multigrid - adaptive local refinement solver for simulation of saturated non-Newtonian flow in porous media

Springer Lecture Notes in Computer Science, vol.2542, S. 174-181, 2003

Dreher, Markus; Fischer, Dominik; Franzrahe, Kerstin; Henseler, Peter; Hoffmann, Jochen; Strepp, Wolfram; Nielaba, Peter:

Numerical Studies of Collective Effects in Nano-Systems

Krause, E.; Jäger, W. (Hrsg.): High Performance Computing in Science and Engineering '02, 2003, Springer Verlag, Berlin

Feldmann, Sven; Lang, Patrick:

A Least Squares Approach to reduce stable discrete linear systems preserving their stability

Akzeptiert in: Linear Algebra and its Applications

Feldmann, Sven; Lang, Patrick:

Pade-like reduction of stable discrete linear systems preserving their stability

Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 48, 2003

Feldmann, Sven; Lang, Patrick; Prätzel-Wolters, Dieter:

Parameter Influence on the zeros of network determinants

Linear Algebra and its Applications 371, S. 125-146, 2003

Feßler, Robert:

Fourier series for computing the response of periodic structures with arbitrary stiffness distribution

Eingereicht: J. Computational Material Sc., 2003

Franosch, Thomas; Latz, Arnulf; Pick, Robert M.:

Light scattering by longitudinal acoustic modes in molecular supercooled liquids II: Microscopic derivation of the phenomenological equations

Eur. Phys. J. B31, S. 229-246, 2003

Frühbis-Krüger, Anna; Krüger, Kai; Schönemann, Hans:

Dynamic Modules in singular

Reports on computer algebra, Zentrum für Computer Algebra, vol. 32, Dezember 2003, Universität Kaiserslautern

Göb, Norbert:

Computing the Automorphism Group of a Hyperelliptic Function Field

Preprint, Juni 2003, Kaiserslautern

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

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

Erscheint in: SIAM Journal on Applied Mathematics, 2003

Halfmann, Thomas:

Analogue integrated circuit design with symbolic methods

European Electronics Engineer, Juli 2003

Halfmann, Thomas; Wichmann, Tim:

Overview of Symbolic Methods in Industrial Analog Circuit Design

Berichte des Fraunhofer ITWM, S. 44, 2003

Hanne, Thomas; Neu, Holger:

Simulating Human Resources in Software Development Processes

Di Martino, B.; Tianruo Yang, L.; Bobeau, C. (Hrsg.): The 2003 European Simulation and Modelling Conference (ESMC03), S. 83-87, 2003, EUROESIS-ETI, Ghent

Hanne, Thomas; Nickel, Stefan:

A Multi-Objective Evolutionary Algorithm for Scheduling and Inspection Planning in Software Development Projects

Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 42, 2003

Hanne, Thomas; Nickel, Stefan:

Scheduling in Software Development Using Multiobjective Evolutionary Algorithms

Kendall, G.; Burke, E.; Petrovic, S. (Hrsg.): MISTA 2003 - Proceedings of the 1st Multidisciplinary International Conference on Scheduling: Theory and Applications, Vol. 2, S. 438-463, 2003, University of Nottingham

Hanne, Thomas; Trinkaus, Hans L.:

knowCube® for MCDM – Visual and Interactive Support for Multicriteria Decision Making

Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 50, 2003

- Helfen, Lukas; Baumbach, Tilo; Ohser, Joachim; Schladitz, Katja:
Determination of Structural Properties of Light Materials – by Three-Dimensional Synchrotron-Radiation Imaging and Image Analysis
Imaging and Microscopy, S. 55-57, April 2003
- Helfen, Lukas; Stanzick, H.; Ohser, Joachim; Schladitz, Katja; Rejmankova-Pernot, P.; Banhart, J.; Baumbach, Tilo:
Investigation of the Foaming Process of Metals by Synchrotron-Radiation Imaging
Proceedings SPIE 5045: Testing, Reliability, and Application of Micro- and Nano-Material Systems, S. 254-265, 2003
- Hietel, Dietmar; Keck, Rainer:
Consistency by coefficient-correction in the finite volume particle method
Griebel, M.; Schweitzer, M. A. (Hrsg.): Lecture Notes in Computational Science and Engineering, S. 211-222, 2002, Springer
- Hoffmann, Jochen; Nielaba, Peter:
Phase transitions and quantum effects in pore condensates: A path integral Monte Carlo Study
Physical Review E 67, 036115, 2003
- Iliev, Oleg; Laptev, Vsevolod:
On numerical simulation of flow through oil filters
angenommen zur Veröffentlichung: Journal of Computers and Visualization in Science
- Iliev, Oleg; Laptev, Vsevolod; Vasileva, Daniela:
Algorithms and software for computer simulation of flow through oil filters
Proceedings der Filtech Europe 2003, Band I, S. 327-334
- Iliev, Oleg; Stoyanov, Dimitar:
Multigrid adaptive local refinement solver for incompressible flows
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 54, 2003
- Iliev, Oleg; Stoyanov, Daniela:
Multigrid adaptive local refinement solver for incompressible flows
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 52, 2003
- Iliev, Oleg; Tiwari, Sudarshan:
A generalized (meshfree) finite difference discretization for elliptic interface problems
Springer Lecture Notes in Computer Science, vol.2542, S. 488-489, 2003
- Juhasz, Levente; Andrä, Heiko; Hesebeck, Olaf:
Modeling of Shape Memory Alloys under Non-proportional Loading
EMMC 7, Frejus, 2003
- Kalcsics, Jörg; Melo, Teresa; Nickel, Stefan:
Mathematical Programming Models for Strategic Supply Chain Planning and Design
Leopold-Wildburger, U.; Rendl, F.; Wäscher, G. (Hrsg.): Operations Research Proceedings 2002, S. 108-113, 2003, Springer Verlag
- Kalcsics, Jörg; Nickel, Stefan; Puerto, Justo:
Multi-facility ordered median problems on networks -A further analysis
Networks 41, S. 1-12, 2003
- Keck, Rainer; Hietel, Dietmar:
A Projection Technique for Incompressible Flow in the Meshless Finite Volume Particle Method
Erscheint bei: Journal of Advances in Computational Mathematics, Special Issue on Meshless Methods
- Kehrwald, Dirk:
Towards a consistency proof for immiscible lattice BGK
angenommen zur Veröffentlichung: Proceedings der GAMM-Konferenz, 2003
- Knaf, Hagen; Lang, Patrick; Zeiser, Stefan:
Diagnosis aiding in Regulation Thermography using Fuzzy Logic
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 57, 2003
- Koch, Karsten; Ohser, Joachim; Schladitz, Katja:
Spectral theory for random closed sets and estimating the covariance via frequency space.
Adv. Appl. Prob. 35, S. 603-613, 2003
- Korn, Ralf:
... and justice for all
WILMOTT magazine, Januar 2003
- Korn, Ralf:
On the Numeraire Portfolio for Jump Diffusion Processes
(zusammen mit F. Oertel, Universität Winterthur, M. Schäl, Universität Bonn)
Decisions in Economics and Finance, 2003
- Korn, Ralf:
The Martingale Optimality Principle in Finance: The Best you can is good enough
WILMOTT magazine, Juli 2003
- Korn, Ralf:
Worst-case Investment with Applications for Banks and insurance Companies
Conference Proceedings, ERC-Conference 2003, METU Ankara
- Korn, Ralf:
Worst-case Scenario Optimization: A new Stochastic Control Approach
(zusammen mit Olaf Menkens, Universität Kaiserslautern)
Abschlussbericht des DFG-Schwerpunkts: Interagierende stochastische Systeme
- Korn, Ralf; Kraft, Holger:
On the Stability of Continuous-time Portfolio Problems with Stochastic Opportunity Set
Mathematical Finance
- Korn, Ralf; Kraft, Holger:
Optimal Portfolios with Defaultable Securities – A Firm Value Approach
International Journal of Theoretical and Applied Finance, S. 793-819, 2003
- Kraft, Holger:
Curved Barriers and Default
WILMOTT magazine, Juli 2003
- Kraft, Holger:
Elasticity Approach to Portfolio Optimization
Mathematical Methods of Operations Research, S. 159-182, 2003
- Kraft, Holger:
Optimal Portfolios with Stochastic Interest Rates and Defaultable Assets
erscheint im Springer Verlag
- Krekel, Martin:
The Pricing of Asian Options on Average Spot with Average Strike
WILMOTT magazine, Juli 2003
- Kruse, Susanne:
Forward Starting Options in Theory and Practice
WILMOTT magazine, September 2003
- Kruse, Susanne:
On the Pricing of Forward Starting Options under Stochastic Volatility
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 53, 2003
- Lang, Patrick; Sarishvili, Alex; Wirsén, Andreas:
Blocked neural networks for knowledge extraction in the software development process
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 56, 2003
- Latz, Arnulf; Wiegmann, Andreas:
Simulation of fluid particle separation in realistic three dimensional fiber structures
Proceedings der Filtech Europe 2003, S. 353-360
- Lavrov, Alexander:
Fuzzy Extension of Discrete Event Supervisory Control.
Electronic Proceedings of the IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation (CIRA2003), Juli 2003, Kobe, Japan
- Lavrov, Alexander; Hietel, Dietmar; Nickel, Stefan:
Interaction Control in a Combined Logistics and Chemical Process Simulation
Proceedings of the 15th European Simulation Symposium, S. 562-568, Oktober 2003, Delft, Niederlande

- Linn, Joachim:
On the frame-invariant description of the phase space of the Folgar-Tucker equation
angenommen zur Veröffentlichung: Proceedings der ECMI-Konferenz 2002
- Marheineke, Nicole:
Mesh-less method for the homogeneous handling of fiber-fluid interactions
Bathe, K.J. (Hrsg.): Computational Fluid and Solid Mechanics, Proceedings of 2nd MIT Conference, S. 2067-2070, 2003, Elsevier
- Melo, Teresa; Dellaert, Nico:
Approximate Solutions for a Stochastic Lot-Sizing Problem with Partial Customer-Order Information
European Journal of Operational Research 150, S. 163-180, 2003
- Melo, Teresa; Nickel, Stefan:
Supply-Chain-Tools fehlt oft Optimierungskomponente
Computer Zeitung, Ausgabe 31, 28. Juli 2003
- Melo, Teresa; Nickel, Stefan;
Saldanha da Gama, Francisco:
Large-Scale Models for Dynamic Multi-Commodity capacitated facility location
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 58, 2003
- Mikhailov, Sergej; Orlik, Julia:
Asymptotic homogenization in strength and fatigue durability analysis of composites
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 45, 2003
- Müller, Marlene:
Statistical Aspects of Modelling Credit Default Risk
Proceedings of the 54th Session of the International Statistical Institute
- Müller, Marlene; Härdle, Wolfgang:
Exploring Credit Data
Bol, G.; Nakhaeizadeh, G.; Rachev, S.T.; Ridder, T.; Vollmer, K.-H. (Hrsg.): Credit Risk - Measurement, Evaluation and Management, Physica-Verlag
- Neu, Holger; Hanne, Thomas:
Ein modularisiertes Simulationsmodell zur Entscheidungsunterstützung in Software-Entwicklungsprozessen
IESE-Report 098.03/D, Oktober 2003
- Neunzert, Helmut (mit Abele, Andrea; Tobies, Renate):
Traumjob Mathematik! Berufswege von Frauen und Männern in der Mathematik
2003, Birkhäuser Verlag, Basel
- Nickel, Stefan; Puerto, Justo;
Rodriguez-Chia, Antonio:
An Approach to Location Models Involving Sets as Existing Facilities
Mathematics of Operations Research 28, S. 693-715, 2003
- Nögel, Ulrich; Mikhailov, Sergej:
Heston's Stochastic Volatility Model. Implementation, Calibration and some extensions
WILMOTT magazine, S. 74-79, Juli 2003
- Ohser, Joachim; Nagel, Werner; Schladitz, Katja:
The Euler number of discretised sets – surprising results in three dimensions
Image Anal. Stereol., Vol. 22, S. 11-19, 2003
- Ohser, Joachim; Sandau, Konrad; Stets, Wolfram; Gerber, Wolfgang:
Image Analytical Characterization of Graphite in Grey Cast Iron and Classification of Lamellar Arrangement
Praktische Metallographie, Jahrgang 40, S. 454-473 2003
- Orlik, Julia, Zhurov, Alexei, Middleton, John:
On the secondary stability of coated cementless hip replacement: parameters that affect interface strength
Medical Engineering & Physics, Vol. 25, Issue 10, S. 825-831, Dezember 2003
- Pick, Robert M. ; Franosch, Thomas; Latz, Arnulf et.al.:
Light scattering by longitudinal acoustic modes in molecular supercooled liquids I: Phenomenological approach
Eur. Phys. J. B31, S. 217-228, 2003
- Pop, Joan; Grosan, Teodor; Maesh, Kumaii:
Mixed convection along a vertical cone for fluids at any Prandtl number: case of constant wall temperature
International Journal of Numerical Methods and Fluid Flow, 13(7), S. 815-829, 2003
- Prätzel-Wolters, Dieter; Halfmann, Thomas; Hoffmann, Jochen; Wichmann, Tim:
Neue Methoden für den analogen Schaltungs-entwurf
Trendbarometer Technik, Carl Hanser Verlag, München
- Schladitz, Katja; Sarkka, Aila; Pavenstadt, Iris; Haferkamp, Otto; Mattfeldt, Torsten:
Statistical analysis of intramembranous particles using breeze fracture specimens
Journal of Microscopy, Vol. 211, S. 137-153, August 2003
- Schöbel, Anita; Schröder Michael:
Covering Population Areas by Railway Stops
Leopold-Wildburger, U.; Rendl, F.; Wäscher, G. (Hrsg.): Operations Research Proceedings 2002, S. 187-192, 2003, Springer
- Schöbel, Anita; Schröder, Michael:
AnSiM – GIS-gestützte Optimierung von Anschlussicherungsmaßnahmen
Strobl, Blaschke, Griesebner (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XV, S. 465-473, 2003, Wichmann Verlag, Heidelberg
- Slavov, Vladimir; Dimova, Stefka; Iliev, Oleg:
Phase-field method for 2D dendritic growth
angenommen zur Veröffentlichung: Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag
- Thieme, Lars; Godehardt, Michael:
3D-Bilder und ihre Analyse – neues Verfahren zur Charakterisierung offenerporiger Schäume
Inspect 01/2003, S. 62-63
- Thieme, Lars; Godehardt, Michael:
Three-Dimensional Images and their Analysis – a new method for the characterization of open foam
Imaging and Microscopy 01/2003, S. 32-33
- Tiwari, Sudarshan; Kuhnert, Jörg:
Particle Method for Simulation of Free Surface Flows
Proceedings of 9th International Conference on Hyperbolic Problems, S. 889-898, 2003, Springer-Verlag, Pasadena
- Trinkaus, Hans L.:
knowCube®? – a Spreadsheet Method for Interactive Multicriteria Decision Making
Operations Research Proceedings 2003, Springer Verlag, Heidelberg
- Velten, Kai; Günther, Marco; Lindemann, Bernd.; Loser, Werner:
Optimization of candle filters using three-dimensional flow simulations
Proceedings of the Filtech Europa 2003 Scientific Conference, Vol.1, S. 319-326, 21.-23. Oktober 2003, Düsseldorf
- Quelle Abbildung Seite 31 (unten, Mitte):
de Wolf, Daniel; Smeers, Yves:
The Gas Transmission Problem Solved by an Extension of the Simplex Algorithm
Management Science, Vol. 46, No. 11, November 2000, S. 1454-1465

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

Álvarez, Armesto; Antonio, José:

Lattice Boltzmann equation in curvilinear domain

Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Bhattacharya, Avik:

Measurement of contact distribution functions on 2d binary images using image processing techniques

Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Domínguez-Marín, Patricia:

The discrete ordered median problem: Models and solution methods

Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Espinoza, Dirk:

Comparison of Algorithms for Territory Alignment with Special Consideration of Connectedness

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Friedrich, Catharina:

Statisches Hedgen von Exotischen Optionen

Diplomarbeit, Universität Siegen

Garth, Lutz:

Boundary Control in Glass Cooling Including Radiation

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Göb, Norbert:

Automorphism Groups of Hyperelliptic Function Fields

Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Jegorovs, Jevgenijs:

Optimal Shape of the Reflex Tube of a Bass Loudspeaker

Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Jost, Katrin:

Sortierkonzepte für private Postdienstleister - Logistische Abläufe und Optimierungspotentiale

Staatsexamensarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Klier, Christian:

Evaluation, Entwicklung und Integration von Bildverarbeitungsbibliotheken in eine Java-basierte Hochgeschwindigkeits-Videoapplikation unter besonderer Berücksichtigung von Performanceaspekten

Diplomarbeit, FH Brandenburg, FB Informatik und Medien

Krekel, Martin:

Some New Aspects of Optimal Portfolios and Option Pricing

Dissertation, TU Kaiserslautern

Kumar, Jitendra:

Simulation Studies of the Electret Effect in Filters

Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Kux, Georg:

Algebraic Correspondences between Hyperelliptic Function Fields

Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Laptev, Vsevolod:

Numerical solution of coupled flow in plain and porous media

Doktorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Litzenburger, Ute:

Standortentscheidungen für Sortierzentren privater Postzusteller

Staatsexamensarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Lozano, Lucia:

Benders' Decomposition for Generalized Capacitated Location Problems

Masterarbeit, Universität Sevilla, Spanien

Parnitzke, Thomas:

Kreditscoring unter Stichprobenselektion

Diplomarbeit, Humboldt-Universität zu Berlin, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät

Pereverzyev, Sergiy:

Inverse Problems for Radiative Heat Transfer in Glass

Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Polanski, Steffen:

Die LFMM Systemkomponente: Eine Monitoring- und Managementkomponente zur Lastverteilung und Fehlerbehandlung in der verteilten I-Search Architektur THING

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Informatik

Ruiz Calvo, Manuel:

Total Absorptivity of Glass as a Weighted Sum of Gray Gases

Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Schlösser, Peter:

Matrix Compression Methods for the Numerical Solution of Radiative Transfer in Scattering Media

Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Seibold, Benjamin:

Optimal Prediction in Molecular Dynamics

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Sting, Sandra:

Dynamische Standortplanung: Heuristische Lösungsansätze mit Nachbarschaftssuche

Universität-Gesamthochschule Siegen, FB Mathematik

Will, Wolfgang:

Modelle zur Bewertung von Einzugsgebieten am Beispiel von Supermärkten

Diplomarbeit, Universität Saarbrücken, Fakultät Rechts- und Wirtschaftswissenschaft

Zimmer, Peter:

Storage Resource Broker und andere verteilte Grid Filesysteme

Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Informatik

Messebeteiligungen und Konferenzteilnahmen

ACHEMA 2003

Frankfurt/Main, Mai 2003, Aussteller

BMBF Workshop zum 6. Rahmenprogramm der EU

Hannover, März 2003, Teilnehmer

Case studies in Industrial Mathematics

Pisa, Dezember 2003, Vortrag

Cebit

Hannover, März 2003, Aussteller

Chemiefasertagung

Dornbirn, Österreich, September 2003, Aussteller

Conf. on Numerical Analysis

College Station, Texas, Januar 2003, Vortrag

Conference on Financial Methods in Insurance

Kopenhagen, Februar 2003, Vortrag

Control 2003

Sinsheim, April 2003, Aussteller

EAGE

Stavanger, Norwegen, Juni 2003, Aussteller

edaForum03

Stuttgart, November 2003, Teilnehmer

Entwurfplattformen komplexer angewandter Systeme und Schaltungen (EkompasS), 2. Workshop

Hannover, April 2003, Softwarepräsentation und Poster

ERC-Conference

Ankara, September 2003, Vortrag

Euromech conference, ESMC 03

Thessaloniki, Griechenland, August 2003, 2 Vorträge

Filtech Europe

Düsseldorf, Oktober 2003, Aussteller und Vorträge

Fraunhofer Expertengespräch KRANKENHAUS-LOGISTIK

Kaiserslautern, März 2003, Veranstalter und Vorträge

Fraunhofer Workshop zum 6. Rahmenprogramm der EU

Brüssel, Juli 2003, Teilnehmer

GAMM-Konferenz 2003

Abano Terme, Italien, März 2003, Vortrag

GGF 7 und 9

Tokyo, März 2003; Chicago, Oktober 2003

Glass-Days 2003

Eindhoven, November 2003, Mitveranstalter

18. Hofer Vliesstofftage

Hof, November 2003, Aussteller

HUSUM Wind 2003

Husum, September 2003, Aussteller

International Conference – Information Society and Modern Business

Ventspils, Lettland, Januar 2003, Vorträge

International Symposium on Computed Tomography and Image Processing for Industrial Radiology

Berlin, Juni 2003, Vortrag

Jahreskongress »Zulieferer Innovativ«

Audi Forum Ingolstadt, Juli 2003, Aussteller

LSSC 2003

Sozopol, Bulgarien, Juni 2003

MACSI-net-Workshop »Industrial Challenges in Geometric Modelling and CAD«

Darmstadt, März 2003, Vortrag

MACSI-net WG-14, Workshop »Flows in Porous Media«

Eindhoven, Mai 2003, Vortrag

MACSI-net Event »CardioPoint«

Graz, Österreich, Juni 2003, Veranstalter

MACSI-net-Workshop »Industrial challenges in the numerical simulation of evolving interfaces«

Brüssel, September 2003, Teilnehmer

MACSI-net WG-14, Workshop »Filtration problems in porous media and paper manufacturing«

Stuttgart, November 2003, Vortrag

MACSI-net Workshop »Information Technologies and Computing Techniques for Agro Food Sector«

Barcelona, November 2003, Vortrag

MAGMASOFT User-Meeting

Vaalsbroek, Niederlande, Oktober 2003, Aussteller und Vorträge

Medica

Düsseldorf, November 2003, Aussteller

Metallographietagung

Berlin, September 2003, Vortrag

Multigrid course

Bonn, November 2003, Teilnehmer

Numerical Methods for Multidimensional Radiative Transfer Problems

Heidelberg, September 2003, Teilnehmer

OR-Tagung 2003

Heidelberg, September 2003, Vortrag

rail # tec 2003

Dortmund, November 2003, Aussteller auf Fraunhofer Gemeinschaftsstand

SC2003

Phoenix, Arizona, November 2003, Aussteller

Sensor 2003

Nürnberg, Mai 2003, Aussteller

SIMPAT

Nürnberg, Mai 2003, Aussteller

14. Technologie- und InnovationsFORUM Pfalz

Kaiserslautern, März 2003, Aussteller

Techtextil 2003

Frankfurt/Main, April 2003, Aussteller und Vorträge

The Art of Semiparametrics

Berlin, Oktober 2003, Vortrag

Topology Optimization Days

Schloss Thurnau, September 2003, Vortrag

transport logistic

München, Mai 2003, Aussteller

VehTec

Pirmasens, Oktober 2003, Aussteller und Vortrag

Vibro-Acoustics Users Conference Europe

Leuven, Belgien, Januar 2003, Vortrag

Virtual Material Design and Process Optimization, EU FP6 Integrated Project Proposal Kickoff Meeting

Kaiserslautern, Februar 2003, Veranstalter

VR Creation

Stuttgart, Juli 2003, Gemeinsam mit MAGMA Aussteller

Workshop »Stochastic Geometry and Stochastic Models«

Kaiserslautern, Juni 2003, Veranstalter

Workshop »Brennstoffzelle und Wasserstoff«

Hamburg, November 2003, Vortrag

Workshop »Fast Boundary Element Methods in Industrial Applications«

Söllerhausen, Oktober 2003, Vortrag

Workshop »Modelling and Simulation of Microfluidics Component«

Mainz, Juni 2003, Teilnehmer

Workshop »Recent advances in multiphase flow and transport in porous media«

Delft, Juni 2003, Teilnehmer

Gäste

Workshop »Virtuelles Materialdesign textiler Werkstoffe«

Kaiserslautern, September 2003, Veranstalter und Vorträge

Workshop »Cardiovascular Respiratory and Metabolic Control Modeling«

Graz, Österreich, Juni 2003, Veranstalter

Workshop IWRMM

Universität Karlsruhe, Juli 2003, Vortrag

Zulieferer Innovativ 2003

Ingolstadt, Juni 2003, Aussteller

4. Hannoversche Software-Tage für die Wasserwirtschaft

Hannover, März 2003, Aussteller

6th Conference of the Swiss Society for Financial Market Research (SGF)

Zürich, April 2003, Vortrag/Teilnehmer

7. GMM/IITG-Diskussionssitzung Analog 2003: Entwicklung von Anlogschaltungen mit CAE-Methoden

Heilbronn, September 2003, Aussteller

10. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Finanzwirtschaft (DGF)

Mainz, Oktober 2003, Vorträge

12. Arbeitstagung Quantitative Bildanalyse

Darmstadt, Juni 2003, Vortrag

14. Technologie- und InnovationsFORUM Pfalz

Kaiserslautern, März 2003, Aussteller

18. Hofer Vliesstofftage

Hof, November 2003, Aussteller

21. Heidelberger Bildverarbeitungsforum »Bildfolgenanalyse«

Mannheim, März 2003, Teilnehmer

22. Heidelberger Bildverarbeitungsforum »Qualitätskontrolle mittels Bildverarbeitung«

Sinsheim, Mai 2003, Vorträge

23. Heidelberger Bildverarbeitungsforum »Beleuchtung und Bildaufnahme«

Stuttgart, Oktober 2003, Teilnehmer

54th Session of the International Statistical Institute (ISI)

Berlin, August 2003, Vortrag

Prof. Ciegis, Raimundas (TU Wilna, Litauen)

Numerische Algorithmen zur Modellierung der Ausformung flüssiger Polymere

November 2003

Dahlgren, Martin (Universität Lund):

Impulse Control Problems in Finance

Juni - Dezember 2003

Francis, Richard (University of Florida, USA)

Demand point aggregation for location models

Juni 2003

Kumar, Mayank: Master-Student (Indian Institute of Technology)

Testen und Analysieren von Software zur Simulation von Strömung in porösen Medien

Mai bis Juli 2003

Kumar, Ratish (Indien):

Parallelrechnen

April - Juni 2003

Popov, Petr: Doktorand (Texas A&M University, College Station)

Fluid-Struktur-Interaktion und die Homogenisierung der Permeabilität deformierbarer poröser Medien

Oktober bis Dezember 2003

Seiler, Werner M. (IWR Universität Heidelberg):

Numerische Integration impliziter Differentialgleichungen

Juli 2003

Semet, Frederic (University Valenciennes, Frankreich)

Management in real-time of fleets of emergency vehicles

September 2003

Dr. Starikovicius, Vadimas (TU Wilna, Litauen)

Numerische Simulation von Zweiphasenströmung in porösen Medien und iterative Methoden für nicht-newtonsche Strömung

Mai bis Juni 2003 (HYKE fellowship)

Steffensen, Mogens (Universität Kopenhagen):

Finance and Life Insurance

April 2003

Touzi, Nizar; Bouchard, Bruno (CREST, Paris):

Malliavin-Kalkül und Simulation zur Lösung partieller Differentialgleichungen

September 2003

Dr. Vasileva, Daniela (Institut für Mathematik, Bulgarische Akademie der Wissenschaften, Sofia)

Algorithmen und Software für Computersimulation von Strömung in Ölfaltern und nicht-newtonscher Strömung in porösen Medien

September 2002 bis Mai 2003 (ERCIM fellowship)

Wilmott, Paul (Wilmott Associates, London):

Workshop on Applied Finance

Januar 2003

Mitarbeit in Gremien, Herausgebertätigkeit

Dr. Dietmar Hietel

- Stellvertretendes Mitglied im Wissenschaftlich-technischen Rat der Fraunhofer-Gesellschaft (WTR)

PD Dr. Oleg Iliev

- Journal of Computational Methods in Applied Mathematics (Member of Editorial Board)
- Journal of Mathematical Modelling and Analysis (Member of the Editorial Board)
- Journal of Food Engineering (expert)
- Journal of Theoretical and Applied Mechanics (expert)
- ACTA Chinica (expert)
- Springer Lecture Notes in Computer Science (expert)

Dr. Hagen Knaf

- Moderator der MACSI-net Working Group »Cardiac and Cardiovascular Models«

Prof. Dr. Ralf Korn

- Mathematical Finance (Associate Editor)
- Mathematical Methods of Operations Research (Associate Editor)
- DGVM (Vorstandsmitglied)
- Landesforschungsschwerpunkt von Rheinland-Pfalz »Mathematik und Praxis« (Sprecher)

Prof. Dr. Alexander Lavrov

- Arbeitsgruppe »Praxis der Mathematischen Optimierung« der GOR (Stellvertretender Vorsitzender)
- Fachausschuss »Modellbildung« des VDI (Mitglied)

Dr. Marlene Müller

- Computational Statistics (Associate Editor)
- International Association for Statistical Computing (Mitglied des BoD der European Regional Section)
- Metrika (Gutachter)
- Journal of Time Series Analysis (Gutachter)

Prof. Dr. Helmut Neunzert

- Mathematical Methods in the Applied Sciences (Editorial Board)
- European Journal of Applied Mathematics (Editorial Board)
- Monte Carlo Methods and Application (Editorial Board)
- Springer Series on Industrial Mathematics (Editorial Board)
- Strategy board von MACSI-net (chairman)
- Industrial Jury für Wittgenstein- und Startpreise in Wien
- Evaluierungskommission für Mathematikprogramme der finnischen Akademie der Wissenschaften
- Evaluierungskommission Mathematik im Projekt »Evaluierung der Lehre« der Universitäten Darmstadt, Kaiserslautern, Karlsruhe und der ETH Zürich
- Evaluierungskommission für das Zentrum für Technomathematik der Universität Bremen (Chairman)
- Correspondy Fellow der Royal Society of Edinburgh, seit Juni 2003

Prof. Dr. Stefan Nickel

- European Journal of Operational Research (Gutachter)
- Mathematical Methods of Operations Research (Gutachter)
- Mathematical Programming (Gutachter)
- Operations Research Letters (Gutachter)
- Zentralblatt für Mathematik (Gutachter)
- Mathematical Reviews (Gutachter)
- Associate Editor »Operations Research Letters«
- Mitglied des Editorial Board von »Computers & Operations Research«
- Mitglied der VDI-Fachausschüsse »Simulation und Optimierung« und »Modellbildung«
- Mitglied des Programm-Komitees der EWGLA XIV (Euro Working Group on Locational Analysis)

Prof. Dr. Joachim Ohser

- Arbeitskreis »Digitale Bildanalyse« im Fachausschuss Metallographie der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde e. V. (Leiter)

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 Landes-schwerpunkts »Mathematik und Praxis«

Dr. Franz-Josef Pfreundt

- Global Grid Forum: Chair Production Grid Research Group
- Fraunhofer-Themenverbundes NUSIM (Sprecher)
- PARCO2003 (Mitglied des Programmkomitees)
- Minisymposium »Grid Computing« (Veranstalter)
- D-Grid Konsortium

Ronald Rösch

- Fraunhofer-Allianz Vision (Mitglied)

Dr. Norbert Siedow

- MACSI-net Newsletter (Editor)
- MACSI-net Working Group MACSIGLASS (Moderator)

Dr. Raimund Wegener

- MACSI-net Newsletter (Editor)



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