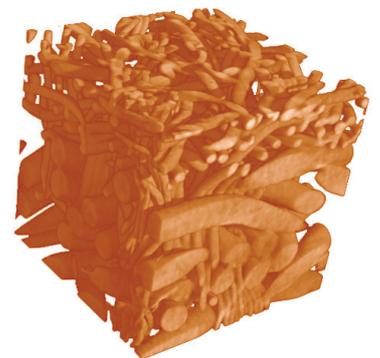
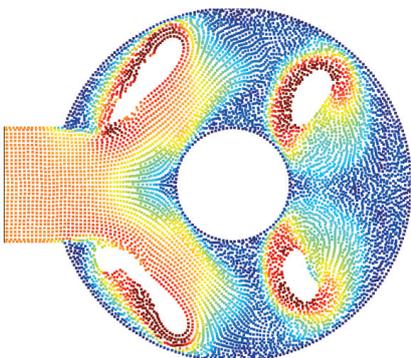
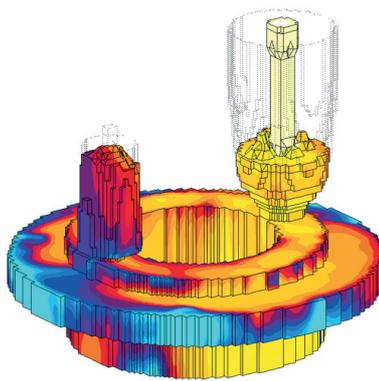




Fraunhofer Institut
Techno- und
Wirtschaftsmathematik

Jahresbericht 2001



Impressum

© Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM 2002

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 Zurverfügungstellung der entsprechenden Bilder. Dank auch der Freisberg GmbH in Ludwigshafen, der Schmidt+Reuter GmbH in Mannheim und der WMF-Filiale in Mannheim für die Bereitstellung von Dekorationsmaterial für die Motivfotos.

Motivfotografie: Dietmar Portuné, Mannheim, Telefon: 06 21 / 3 21 47 96

Adresse	Gottlieb-Daimler-Straße, Geb. 49 D-67663 Kaiserslautern
Telefon	+49 (0) 6 31/2 05-44 41
Fax	+49 (0) 6 31/2 05-41 39
Besuchsadresse 2. Standort	Europaallee 10 (PRE-Park) D-67657 Kaiserslautern
Telefon	+49 (0) 6 31/3 03-18 00
Fax	+49 (0) 6 31/3 03-18 11
E-Mail	info@itwm.fhg.de Unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erreichen Sie unter: <familienname>@itwm.fhg.de
Internet	www.itwm.fhg.de
Redaktion und Gestaltung	Alexandra Bachran Ilka Blauth Steffen Grützner Cäcilie Kowald Marion Schulz-Reese
Druck	Rohr Druck GmbH Kaiserslautern

Dieser Jahresbericht erscheint auch in englischer Sprache.

Jahresbericht 2001

Fraunhofer-Institut für Techno-
und Wirtschaftsmathematik ITWM

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
Das Institut im Profil	7
Ziele	8
Organigramm	8
Kompetenzen und Arbeitsschwerpunkte	9
Auf dem Weg zu einem »europäischen Fraunhofer-Institut«?	10
Fraunhofer-Kolleg für Techno- und Wirtschaftsmathematik	13
Highlight: Fraunhofer-Preis 2001	14
Das Institut in Zahlen	16
Kunden und Kooperationspartner	18
Kuratorium	19
Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick	20
Transportvorgänge	23
Strömungsdynamik	24
Finite Pointset-Methode	26
Regelung, Optimierung, Inverse Probleme	30
Strahlungstransport	34
Strömung in komplexen Strukturen	37
Simulation poröser Materialien	38
Virtuelles Materialdesign	41
Simulation von Füll- und Gießprozessen	46
Hochwasser- und Risikomanagement	49
Modelle und Algorithmen in der Bildverarbeitung	53
Oberflächeninspektion	54
Räumliche Bildanalyse und Modellierung von Mikrostrukturen	58

Überwachungssysteme im Eisenbahnbereich	61
Kryptographie	64
Adaptive Systeme	67
Analog Insydes: Rechnergestützte Verfahren für den Entwurf analoger Schaltungen	68
Diagnose- und Prognosesysteme	70
Modellbasierte Überwachung und Regelung mechatronischer Systeme	73
Materialmodelle	75
Optimierung	79
Innerbetriebliche Logistik	80
Überbetriebliche Logistik	83
Verkehrsplanung	85
Entscheidungsunterstützung in den Life Sciences	87
Knowledge-Management und E-Commerce	89
Finanzmathematik	93
High Performance-Computing und Visualisierung	99
2001 im Rückblick	102
Anhang	106
Vorträge	106
Publikationen	108
Graduierungsarbeiten	110
Messebeteiligungen und Konferenzen	110
Gastvorträge	111
Mitarbeit in Gremien, Herausgebertätigkeit	112
Patente	112

Nach einem Jahr im »Schlaraffenland« der Fraunhofer-Gesellschaft läge es nahe, dass das ITWM satt und träge geworden ist und die Mitarbeiter sich mit wohlgefüllten Bäuchen im Garten Eden ausruhen. Die Wirklichkeit sieht erfreulicherweise ganz anders aus. Der Grund dafür ist einfach: Die Fraunhofer-Gesellschaft bietet vielfältige Kooperationsmöglichkeiten, und in der Tat sind überall Probleme zu ernten, aber die dazugehörigen Lösungen müssen erst einmal erarbeitet werden. Hier bedarf es kontinuierlicher Anstrengungen, um neuen Herausforderungen zu begegnen und das hält jung. Das ITWM hat nach wie vor eine sehr schlanke Verwaltung, die trotz großer Belastung höchst effektiv arbeitet. Die Overheadkosten wurden insgesamt niedrig gehalten, was uns in die Lage versetzte, auf dem Markt mit günstigen Personensätzen zu operieren. Die Mitarbeiter sind hoch motiviert. Alle haben durch ihren engagierten Einsatz für das Institut entscheidend dazu beigetragen, dass das Haushaltsjahr 2001 mit einem ansehnlichen Übertrag abgeschlossen werden konnte. Leicht gedämpfte Erträge im IT-Bereich konnten durch Steigerungen in anderen Geschäftsfeldern kompensiert werden. Hier wirkt sich die relativ große Diversifizierung und die dadurch bedingte breit gestreute Kundenstruktur des ITWM positiv aus. Der Betriebshaushalt weist ein zweistelliges Wachstum aus, und die Wirtschaftserträge sind trotz zusätzlicher öffentlicher Mittel aus dem BMBF-Programm »Arbeiten und Leben in einer vernetzten Welt« so stark gewachsen, dass das Wirtschafts-Rho auf einem Niveau von ca. 45 Prozent stabilisiert werden konnte.

Was waren die Highlights 2001?

In unserem Bemühen, das ITWM zu einem europäischen Forschungsinstitut für Techno- und Wirtschaftsmathematik auszubauen, sind wir einen großen Schritt vorangekommen. Der Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft und die Chalmers Technical University haben der Gründung eines Jointventure in Göteborg unter dem Namen »**Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics**« zugestimmt. Dieses vom ITWM initiierte Zentrum eröffnet große Chancen zur dauerhaften Etablierung eines nach Fraunhofer-Richtlinien operierenden Forschungszentrums in Schweden. Die von der Fraunhofer-Gesellschaft bereitgestellten Profilmittel schufen zusammen mit den finanziellen Verpflichtungen des schwedischen Partners eine tragfähige Basis für den Geschäftsplan des neuen Zentrums. Das Institut soll in den nächsten drei Jahren zu einer Personalstärke von etwa 20 Mitarbeitern und zwölf Doktoranden mit einem jährlichen Budget von ca. zwei Millionen Euro ausgebaut werden. Wir erwarten darüber hinaus durch gemeinsame Akquisition auf dem schwedischen und deutschen Markt zusätzliche Wirtschaftserträge für das ITWM.

Aus mehr lokaler Sicht haben wir 2001 eine Reihe von Anlässen gehabt, uns über die Verleihung von Preisen zu freuen. Ein besonderes Highlight war die Verleihung des **Fraunhofer-Preises »Simulation von Mikrostrukturen«** an die ITWM-Arbeitsgruppe »Mikrostruktursimulation« auf der Jahrestagung der Fraunhofer-Gesellschaft in Mainz. Diese neue Technologie erlaubt es, Materialstrukturen im Computer

abzubilden, zu verändern und mit Strömungsvorgängen zu koppeln. Dadurch können insbesondere für poröse Materialien aufwändige Tests und Messreihen zur Bestimmung makroskopischer Materialparameter durch zeit- und kostensparende Simulationen ersetzt werden.

Die Arbeitsgruppe »Rechnergestützte Verfahren für den Entwurf analoger Schaltungen« wurde für die Entwicklung des Programmpakets »**Analog Insydes**« mit dem **Innovationspreis des Landes Rheinland-Pfalz** ausgezeichnet. Analog Insydes steht für »Intelligent Symbolic Design System« und dient zur Analyse, Modellierung und Dimensionierung analoger Schaltungen, wie sie in fast jedem Chip vorkommen. Die Software gehört zu den ersten Eigenentwicklungen des Fraunhofer ITWM, die Marktreife erreicht haben. Sie verbindet symbolische Verfahren der Computeralgebra mit numerischen Verfahren und ermöglicht so eine neue Qualität der analogen Schaltungsentwicklung.

Ganz besonders gefreut haben wir uns über die persönliche Ehrung von Professor Neunzert durch die Auszeichnung mit dem erstmals vergebenen **Akademiepreis des Landes Rheinland-Pfalz**. Dieser Preis würdigt seine herausragenden Leistungen in Forschung und Lehre, aber auch seine Pionierarbeit beim Aufbau des ITWM.

Dieser Aufbau geht in vielen Bereichen kontinuierlich weiter. Eine besonders erfreuliche Entwicklung hat die **neue Abteilung FINANZMATHEMATIK** unter ihrem Leiter Professor Korn genommen. Das ITWM, aber auch der Fach-

bereich Mathematik kann sich glücklich schätzen, dass Herr Korn trotz zweier C4-Rufe an renommierte Universitäten Kaiserslautern weiterhin die Treue hält. Finanzmathematik boomt nach wie vor in den Universitäten und die Konkurrenz um die Praktiker ist groß. Um so mehr freuen wir uns darüber, dass durch eine Reihe von Kooperationsprojekten mit renommierten Kreditinstituten 2001 der Durchbruch auf diesem schwierigen Markt gelungen ist. Unsere Kompetenzen in der Entwicklung und Implementierung neuer mathematischer Techniken zur Modellierung und Bewertung von Unternehmensportfolios sowie von exotischen und neuen Derivaten haben ihre Relevanz in der Praxis unter Beweis gestellt. Wir sind auf dem Weg, das ITWM zu einem führenden mathematischen Kompetenzzentrum für Finanzdienstleistungen in Deutschland zu machen, ein gutes Stück vorangekommen.

Ein wichtiger Baustein in der Entwicklung des Instituts bleibt die Vernetzung mit der Universität und hier insbesondere mit dem Fachbereich Mathematik. Kaiserslautern gehört zu den führenden Mathematikstandorten in Europa. Viele Faktoren haben dazu beigetragen: Die Qualität von Forschung und Lehre, internationale Ausrichtung mit großer Aufgeschlossenheit gegenüber ausländischen Studienplatzbewerbern, flexible Gestaltung von Studienabschlüssen und in besonderem Maße die Praxisorientierung des Fraunhofer ITWM und einer Reihe von erfolgreichen Mathematik-basierten Firmen. Kaiserslautern ist zu einem weltweit anerkannten internationalen Zentrum der Techno- und Wirtschaftsmathe-

matik geworden. Im Konzert der IT-Standorte bildet diese führende Rolle ein Alleinstellungsmerkmal unserer Stadt, das in Zukunft noch stärker im Prozess der Profilbildung als Wissenschaftsstandort und in der Konkurrenz zu anderen IT-Zentren akzentuiert werden soll. Für das ITWM besitzt die Verzahnung mit der Universität höchste Relevanz bei der Einwerbung von »human resources«. Wir haben im vergangenen Jahr durch die Einrichtung eines **Fraunhofer-Kollegs für Techno- und Wirtschaftsmathematik** diese Zusammenarbeit auf eine neue organisatorische Basis gestellt. Dieses Kolleg wird die Profilierung des ITWM als »Center of Excellence in Industrial Mathematics« nach außen weiter verstärken, nach innen die Institutsaktivitäten in der Aus- und Weiterbildung sowie die Kooperation in Forschung und Lehre mit dem Fachbereich Mathematik organisieren. Zum Aufgabenbereich des Kollegs gehört auch die Vergabe eigener Master- und Doktorandenstipendien für die 2002 startende **Graduate School »Mathematics as a Key Technology«** und das gerade neu eingerichtete Graduiertenkolleg »Mathematik und Praxis«, mit dem das ITWM thematisch und personell eng verzahnt ist.

Insgesamt ist das Institut 2001 auch personell weiter gewachsen. Dies erforderte die Anmietung zusätzlicher Büroflächen an unserem zweiten Standort im PRE-Park in Kaiserslautern. Die Aufteilung des Instituts auf zwei Standorte kann nur eine Übergangssituation sein. Die Weichen für einen Institutsneubau sind weitgehend gestellt und wir gehen davon aus, dass das Institut im Jahre 2005 in dem in Planung befindlichen Fraunhofer-Zentrum in Kaisers-

lautern räumlich wieder zusammengeführt wird.

Bevor Sie sich jetzt in die Lektüre unseres Jahresberichts stürzen, möchte ich Sie auf seine ungewöhnliche Art der Bebilderung mit Fotos zum Thema »Essen und Trinken« einstimmen. Lassen Sie Ihren Assoziationen freien Lauf und finden Sie heraus, wie sich eine Tasse Kaffee, ein Glas Sekt oder eine Scheibe Vollkornbrot mit den Kompetenzen unseres Institutes in Verbindung bringen lassen!

Eines steht allerdings schon fest: Das Fraunhofer ITWM bietet eine reichhaltige Tafel, an der Sie sich bedienen und verwöhnen lassen können – fast wie im Schlaraffenland. Bestimmt kommen Sie beim Lesen auch auf den Geschmack.



A handwritten signature in black ink, reading "D. Prätzel-Wolters". The signature is written in a cursive, flowing style.

Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters, Institutleiter



Das Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik wurde 1995 von Mitgliedern der Arbeitsgruppe Technomathematik der Universität Kaiserslautern gegründet. Als Forschungseinrichtung des Landes Rheinland-Pfalz stand es von Beginn an unter Fraunhofer-Verwaltung und strebte eine Aufnahme in die Fraunhofer-Gesellschaft an. Nach einer erfolgreichen Evaluation 1999 wurde es zu Beginn des Jahres 2001 als erstes mathematisches Forschungsinstitut Mitglied der Fraunhofer-Gesellschaft.

Am Fraunhofer ITWM haben sich heute drei Geschäftsbereiche etabliert:

- Virtuelles Material- und Produktdesign,
- Simulation und Optimierung von Prozessen der Technik und Logistik,
- Diagnosesysteme in der Qualitäts- und Prozesskontrolle und in der Medizin.

Über 100 Wissenschaftler – vorwiegend Mathematiker und Physiker – in sechs Abteilungen befassen sich mit Forschungs- und Anwenderproblemen mit besonderem Fokus auf mittelständische Unternehmen. Das ITWM verzichtet dabei auf den breiten Einsatz eigener Experimentier- und Messeinrichtungen.

Die Produkte reichen von in Software gegossenem Know-how über Beratungs- und Supportangebote bis hin zu Systemlösungen. Das ITWM nutzt nicht nur Simulationssoftware, sondern es entwickelt sie selbst, oft in Zusammenarbeit mit führenden Softwarefirmen.

Kooperationspartner sind Firmen aus den verschiedensten Branchen, von der Automobil- und Luftfahrtindustrie über den klassischen Maschinenbau bis hin zu Elektronikunternehmen und Firmen der gesamten textilen Kette. Dienstleister wie die Bundesbahn oder die Luftansa gehören ebenso zum Spektrum wie Forschungsinstitute und Einrichtungen des sozialen Systems.

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

Ziele

Abbilder der realen Welt in der virtuellen Welt der Modelle und der Software zu schaffen und diese zur Problemlösung zu nutzen, hat heute eine zentrale Bedeutung erlangt und erfasst alle Industriebereiche von der Raumfahrt bis zur Textilindustrie.

Mathematik ist die Technologie, die notwendig ist, um diese Abbilder zu schaffen und effizient in Software umzusetzen, der Rohstoff der Modelle und der Kern jeder Computersimulation. Mission und Aufgabe des ITWM ist es, diese Technologie weiterzuentwickeln, innovative Anstöße zu geben und gemeinsam mit Industriepartnern praktisch umzusetzen.

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 spielt für das ITWM die enge Anbindung an den Fachbereich Mathematik der Universität Kaiserslautern eine besondere Rolle.

Organigramm

Institutsleitung	Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters		+49 (0) 6 31/2 05-44 42
Führungskreis	Internationale Angelegenheiten, wissenschaftlicher Austausch	Prof. Dr. Helmut Neunzert	+49 (0) 6 31/2 05-27 46
	Bereichsleiter	Dr. Franz-Josef Pfreundt	+49 (0) 6 31/2 05-27 44
	Verwaltungsleiterin	Dr. Marion Schulz-Reese	+49 (0) 6 31/2 05-41 40
	Abteilungsleiter	PD Dr. Stefan Nickel	+49 (0) 6 31/2 05-45 58
	Abteilungsleiter	Dr. Raimund Wegener	+49 (0) 6 31/2 05-39 26
Abteilungen	Transportvorgänge	Dr. Raimund Wegener	+49 (0) 6 31/2 05-39 26
	Strömung in komplexen Strukturen	Dr. Konrad Steiner	+49 (0) 6 31/3 03-18 20
	Modelle und Algorithmen in der Bildverarbeitung	Dr. Ronald Rösch	+49 (0) 6 31/3 03-18 67
	Adaptive Systeme und Finanzmathematik	Dr. Patrick Lang	+49 (0) 6 31/2 05-28 33
	Optimierung	PD Dr. Stefan Nickel	+49 (0) 6 31/2 05-45 58
	Finanzmathematik	Prof. Dr. Ralf Korn	+49 (0) 6 31/2 05-44 71
Zentrale Bereiche	Leitung	Dr. Marion Schulz-Reese	+49 (0) 6 31/2 05-41 40
	EDV	Dieter Eubell	+49 (0) 6 31/2 05-44 43
	Presse- und Öffentlichkeitsarbeit	Dipl.-Math. Steffen Grützner Ilka Blauth	+49 (0) 6 31/2 05-32 42 +49 (0) 6 31/2 05-47 49

Kompetenzen und Arbeitsschwerpunkte

- Strömungsdynamik:
 - Interaktion von Strömung mit flexiblen Strukturen
 - Software-Erweiterungen für FLUENT®, CFX®
- Partikelverfahren für kompressible und inkompressible Strömungen:
 - Airbagentfaltung
 - Betankungsvorgänge
- Strahlungstransport:
 - Abkühlen von Glas
 - Strahlungstransport in biologischem Gewebe
- Kinetik:
 - verdünnte Gasströmungen
 - Verkehrsablaufmodelle
- Simulationsbasierte Regelung und Optimierung:
 - Probleme aus Glas- und Zementindustrie
 - Lautsprecherbau
- Simulation poröser Medien:
 - Feuchte- und Wärmetransport
 - Filtration und Filterauslegung
- Virtuelles Materialdesign:
 - Mikrostruktursimulation
 - Berechnung von Materialeigenschaften (Strömungswiderstand, akustische Absorption, Wärmeleitfähigkeit, Steifigkeiten)
- Füllprozesse:
 - Gießereisimulation
 - Füll- und Tauchsimulation
 - Spritzgießen faserverstärkter Kunststoffe
- Parallel Computing und Visualisierung
- Hochwasser- und Risikomanagement städtischer Entwässerungssysteme
- Oberflächeninspektion:
 - Texturierte und farbige Oberflächen (u.a. Holz, Papier, Textilien)
- 3-D-Bildanalyse:
 - Geometrische Charakterisierung von 3-D-Strukturen
 - Modellierung von Mikrostrukturen
 - 3-D-Bildverarbeitung
- Bild- und Videokompression mit Wavelet-basierten Methoden
- Autonom arbeitende Überwachungssysteme
- Anlogschaltungen:
 - Symbolische Analyse
 - Numerische Simulation
- Diagnose- und Prognosesysteme:
 - Data Mining
 - Medizindiagnostik
- Mechatronische Systeme:
 - Steuerung und Regelung
 - Systemidentifikation
- Materialmodelle
 - viskoelastische Materialien mit Gedächtnis
 - Homogenisierungsverfahren für Verbundwerkstoffe
- Innerbetriebliche Logistik:
 - Materialflussplanung
 - Simulation
 - Online-Optimierung
 - Krankenhauslogistik
- Überbetriebliche Logistik:
 - Standortplanung
 - Supply-Chain-Management
 - Gebietsplanung
- Verkehrsplanung:
 - Tarifplanung
 - Anschluss-Sicherung
- Entscheidungsunterstützung in den Life Sciences:
 - Krebsbestrahlungsplanung
 - Evakuierungsplanung
- Knowledge-Management und E-Commerce:
 - Elektronische Kataloge
 - Content-Management
- Finanzmathematik:
 - Portfoliooptimierung
 - Optionsbewertung
 - Finanzzeitreihen
 - Finanzstatistik
 - Exotische Derivate
 - Basel II
 - Risikomanagement



Auf dem Weg zu einem »europäischen Fraunhofer-Institut«?

Das erste Jahr als »richtiges« Fraunhofer-Institut: Vieles hat sich geändert, wohl mehr als wir erwarteten – auch was die Internationalisierung angeht.

Da redet jetzt jemand in München kräftig mit, aber was dieser Jemand sagt, ist oft sinnvoll und vor allem hilfreich. Jedenfalls hat uns der Rückenwind aus dem Süden die Reise in den Norden, nach Göteborg in Schweden, deutlich erleichtert und wir sind deshalb auch Mitte des Jahres dort angekommen. Etwas sachlicher: Seit Ende August existiert das »Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics«, das FCC, und es ist, wie der Name andeutet, ein richtiges Joint-venture der Fraunhofer-Gesellschaft und der Chalmers Technischen Hochschule, einer der prestigeträchtigsten Hochschulen Skandinaviens. »Joint« meint hier, dass die Grundfinanzierung von Chalmers und der Fraunhofer-Gesellschaft gemeinsam getragen wird. Und ein »venture« oder besser ein »adventure«, ein Abenteuer ist es, weil wir einen festen Betrag, der zu Beginn etwa 60 Prozent des Budgets ausmachen kann, in drei Jahren auf unter 40 Prozent reduzieren müssen, indem wir die Einnahmen aus industriellen und öffentlichen Projekten erhöhen. Aber so etwas kennt das ITWM, das für die

Fraunhofer-Gesellschaft dieses Joint-venture betreibt, aus seinen Gründerjahren. Ein fester Grundbetrag des Ministers musste in fünf Jahren durch Projektwachstum in einen Fraunhofer-Financial-Mix verwandelt werden; dem ITWM ist das ja sehr gut gelungen – warum sollte es dem FCC nicht auch gelingen? Die Startbedingungen in Schweden sind sogar etwas besser: Das »Institut för Tillämpad Matematik« (ITM; tillämpad = angewandt), ein eher virtuelles Institut wie etwa das englische Smith-Institute, hat schon viele Jahre lang Projektaufträge und Projektgelder eines Industriekonsortiums an universitäre Forschergruppen verteilt. Das ITM geht nun weitgehend in das FCC ein; insbesondere ist sein Leiter Uno Nävert jetzt auch Leiter des FCC. Er hat Verbindungen zu und Ansehen bei den Firmen des Konsortiums. Er hat deshalb schon heute ein Team von acht Wissenschaftlern und Projekte mit ABB, Volvo, Eriksson und Astra Zenica. Hinsichtlich der wissenschaftlichen Kompetenz helfen ihm die vier ordentlichen »board members« – zwei sind angesehene Professoren von Chalmers, die deutschen Vertreter sind Prof. Prätzel-Wolters und ich. Hinzu kommen sechs schwedische »wissenschaftliche Berater« von Chalmers und die sechs Abteilungsleiter des ITWM. Diese enge Verzahnung mit dem ITWM dient nicht

nur dem Gedeihen des FCC, sie soll vor allem dem eigentlichen Zweck einer solchen europäischen Fraunhofer-Gründung dienen: Verbreiterung der Kompetenz und Erweiterung des Marktes, auch für die Fraunhofer-Gesellschaft. Solange wir noch eher national denken (und bezahlen: schließlich stammt die Hälfte der Grundfinanzierung vom deutschen Steuerzahler), solange ist die Frage nach dem Nutzen für das »Geberland« legitim, ja sogar notwendig. Was also kann das ITWM jetzt besser, was es vorher nicht konnte? Welche Projekte kann es bearbeiten, die ohne das FCC unmöglich gewesen wären?

Bevor ich darauf eingehe, will ich doch nochmals einen Gedanken aus dem Jahresbericht 2000 erwähnen: Ein richtiges »europäisches Fraunhofer-Institut«, mit Sitz in mehreren Ländern der Gemeinschaft und enger Verzahnung der Teile, sollte die Grundfinanzierung zur Hälfte von der EU und zur anderen Hälfte von dem Land des jeweiligen Sitzes bekommen. So eine Konstruktion würde die europäische Zusammenarbeit wirklich fördern, den Beitrittsländern konkret helfen, der europäischen Wirtschaft und Wissenschaft außerordentlich dienen. Noch ist die Fraunhofer-Gesellschaft eine überwiegend

deutsche Gesellschaft. Aber jetzt wächst auch die Wirtschaft in Europa zusammen und die Fraunhofer-Gesellschaft wendet sich den europäischen Partnern verstärkt zu.

In Florenz betreibt das ITWM ohne Hilfe der Zentrale ein viel kleineres Jointventure. Dort hat der frühere Oberbürgermeister der Stadt, Mario Primicerio, der auch ein exzellenter Mathematiker ist, ein gemeinnütziges Technologietransfer-Unternehmen gegründet, und mit ihm hat das ITWM ein gemeinsames Projekt in der Größenordnung von zwei Personenjahren gestartet. Primicerio kennt Kommunen und mittelständische Firmen der Toskana sehr gut; insbesondere sind es sogenannte »Kooperativen«, zu denen er guten Zugang hat. Wissenschaftler des ITWM haben mit ihren italienischen Kollegen sicher über zehn solcher Kooperativen besucht; diese Erfahrungen gehen in die Analyse mit ein.

Zunächst: Natürlich gewinnt man Kompetenz durch diese europäische Erweiterung. Man sollte aber sagen, dass die internationale Zusammenarbeit unter Mathematikern ohnehin schon sehr gut funktioniert. Seit 15 Jahren existiert das »European Consortium for Mathematics in Industry« (ECMI), zu

dessen Gründungsvätern und -müttern Kaiserslautern gehört; vor zwei Jahren hat ECMI das Forschungsnetz MACSI aufgebaut, in dem das ITWM auch eine tragende Rolle spielt. MACSI organisiert z. B. Workshops zu speziellen Themen wie etwa »Mathematics for Glass Industry« oder »Optimal Shape Design«, in dem sich alle interessierten Mathematiker Europas mit Firmen treffen.

Da lernt man voneinander, man weiß, wo der geeignete Experte sitzt, kann ihn um Informationen bitten. Der beste Wissensaustausch funktioniert auch in Zeiten des Netzes über Köpfe – sie assoziieren immer noch am besten. Knowledge-Management-Systeme scheitern oft daran, dass in Mathematik, Technik und Wirtschaft unterschiedliche Sprachen benutzt werden; so klar ist es nicht, dass man zur optimalen Gestaltung eines Lampenschirmes einen Experten für »Inverse Probleme« fragen sollte. Köpfe sind also noch sehr notwendig und müssen sich treffen. Dieses Treffen wird besser durch Jointventures, ist aber ohnehin recht ordentlich.

Für den zweiten Grund »Zugang zum Markt« aber sind die Fraunhofer-Erweiterungen absolut notwendig. Außer zu

einigen sehr großen globalen Unternehmen wie ABB oder AGIP wird man als rein deutsches Forschungsinstitut kaum Zugang zu schwedischen oder italienischen Firmen finden. Der Zugang zu der toskanischen Kooperative, die mehrfarbige Weingläser sozusagen im »Mundbetrieb« herstellt, aber neue, optimale Glasöfen bauen will, wäre ohne unsere italienischen Partner unmöglich gewesen. Das ist nicht nur ein Sprachproblem (in Schweden weniger als in Italien), das ist vor allem auch eine Frage der Kommunikationskultur. Die ist, natürlich, in Schweden sehr sachlich und knapp, in Italien wortreicher und sinnesfreudiger. An mittelständische Unternehmen heranzukommen, mit ihnen ein Vertrauens- und Arbeitsverhältnis aufzubauen, ist ohne nationalen Partner fast unmöglich. Das stimmt übrigens auch in Deutschland: Auch schwedische Experten werden deutsche Türöffner brauchen. Zugang zum europäischen Markt ist, so glaube ich, ohne Europäisierung der Institute

kaum möglich. Darin liegt der Haupt-, der entscheidende Nutzen der Joint-ventures.

Wir hoffen aber auch auf leichteren Zugang zu EU-Fördermitteln, mit Hilfe der Fraunhofer-Zentrale und des Brüsseler Büros. Eine Erweiterung etwa nach Österreich, in die Niederlande und die neuen EU-Beitrittsländer scheint auch aus dieser Sicht sinnvoll zu sein.

Last not least hilft uns die Internationalisierung dabei, unseren Bedarf an wissenschaftlichen Mitarbeitern besser zu decken. Noch schicken wir Leute vor allem nach Schweden, aber über kurz oder lang wird der Brain-drain auch zurückfließen.

Aber natürlich heißt Internationalisierung nicht nur Schweden und Italien, nicht nur Europa. Der größte Vorrat an »Brain« für uns ist sicher in Osteuropa, China, Indien und Indonesien. Mit der Universität zusammen hat das Institut

exzellente Verbindungen zu den indonesischen und indischen Instituten für Technology, zu einigen osteuropäischen und chinesischen Universitäten. Die dortigen Absolventen direkt als Institutsmitarbeiter einzustellen, hat sich nicht unbedingt bewährt; es gibt unterschiedliche Arbeits- und Wissenschaftskulturen, insbesondere in Südost- und Ostasien. Deshalb bevorzugen wir eine vorgeschaltete ein- bis zweijährige Ausbildung an der Universität, während der man die Kandidaten auch schon kennen lernen kann. Insbesondere sehr viele unserer Doktoranden haben wir auf diesem Weg gewonnen: intelligente, engagierte, fleißige, junge Forscher aus der ganzen Welt. Das ist ja auch eine Form von »unbedingter Solidarität«, sogar mit der ganzen Welt: mit gescheiterten, motivierten Wissenschaftlern eng zusammenarbeiten, zum Nutzen ihres Landes und unseres Landes Europa.

Helmut Neunzert



FCC-Vorstand und Management auf dem ersten Vorstandstreffen im August 2001 in Göteborg (v.l.n.r.): Uno Nävert (FCC), Lars-Göran Löwenadler (Volvo), Dieter Prätzel-Wolters (ITWM), Gunnar Andersson (Livia), Thomas Morsing (AstraZeneca), Jöran Bergh (Chalmers), Helmut Neunzert (ITWM), Peter Jagers (Chalmers), Johan Carlson (FCC)

Fraunhofer-Kolleg für Techno- und Wirtschaftsmathematik

Die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses und die enge Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Mathematik der Universität Kaiserslautern haben am ITWM schon immer eine große Rolle gespielt. Die Einrichtung eines Fraunhofer-Kollegs für Techno- und Wirtschaftsmathematik im Jahre 2001 soll diesen Aktivitäten nun eine institutionalisierte Plattform geben. Insbesondere soll das Fraunhofer-Kolleg den wissenschaftlichen Austausch, die Weiterbildung, Schulungsaktivitäten sowie die Beteiligung an europäischen Netzwerken für das ITWM organisieren.



Durch die Bewilligung des neuen Graduierten-Kollegs »Mathematik und Praxis« im Fachbereich Mathematik durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) und durch verschiedene Fördermaßnahmen des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD) hat sich die Zahl der Doktoranden, die von am ITWM tätigen Professoren und Mitarbeiter betreut werden, im Jahr 2001 auf mittlerweile 34 erhöht. Zusammen mit dem Graduierten-Kolleg organisiert das Fraunhofer-Kolleg wissenschaftliche Seminare für die Doktoranden und für die Mitarbeiter des ITWM, in deren Mittelpunkt auch die Weiterqualifikation der ITWM-Wissenschaftler steht.

Auch die Zahl der vom ITWM vergebenen Diplom-, Master- und Studienarbeiten hat sich in den letzten Jahren weiter erhöht. Hier will das Fraunhofer-Kolleg Unterstützung zur effizienten Organisation und Koordination dieser Aktivitäten leisten. Für das ITWM bedeutet die frühzeitige Einbindung von Studierenden in die Projektarbeit des ITWM eine außerordentlich erfolgreiche Möglichkeit der Personalgewinnung, sowohl in Hinblick auf studentische Hilfskräfte als auch auf wissenschaftliche Mitarbeiter. Aber auch der Fachbereich profitiert durch eine praxisnahe Ausbildung seiner Studierenden durch die Integration in ITWM-Projekte. Insgesamt fördert das ITWM zehn ausländische Studierende in den Master-Studiengängen durch die Vergabe von Stipendien.



Die Fraunhofer-Gesellschaft verleiht seit 1978 alljährlich Preise für herausragende wissenschaftliche Leistungen ihrer Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen, die anwendungsbezogene Probleme lösen. 2001 wurden drei reguläre und ein Sonderpreis vergeben, die jeweils mit 10 000 Euro dotiert sind.

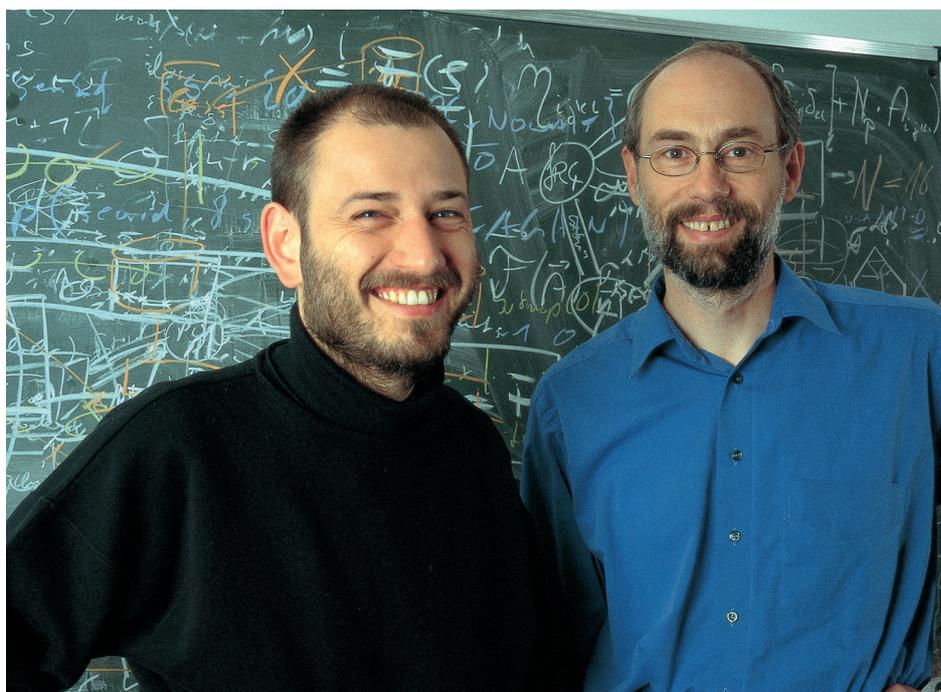
Putztücher aus dem Computer

Putztücher sollen immer verlässlicher saugen, Windeln kleiner, Dämmstoffe leichter werden. Wissenschaftler vom Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM berechnen die optimale Form und Mischung der Fasern im Computer.

Warum saugt ein Putztuch besser als ein anderes? Das liegt an der Form und Mischung der Fasern und deren Strukturbildung, wissen Forscher in der Textilbranche. Doch bisher musste die richtige textile Struktur mühsam durch langwierige reale Versuche und Messreihen gefunden werden. Wissenschaftler vom Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM in Kaiserslautern gehen nun neue Wege. Die Mikrostruktursimulation erlaubt es, Materialstrukturen im Computer zu verändern und gleichzeitig die Materialeigenschaften sicher zu berechnen. Auf Grundlage dieser Daten wird das Produkt schließlich im

Computer simuliert. Damit schließt sich der Kreis, das Produkt wird komplett im Rechner entwickelt. Durch die Ideen der Arbeitsgruppe um Dr. Franz-Josef Pfreundt und Dr. Konrad Steiner kann eine ganze Branche vom Einsatz komplexer mathematischer Methoden profitieren.

Das Verfahren ergab sich aus vielen einzelnen Fragestellungen. So stolpern die Wissenschaftler beispielsweise immer wieder über das Problem, dass Materialparameter für Filter oder Hygieneprodukte nicht vorhanden oder schwer zu beschaffen waren. Dazu kam die Simulation von Strömungen in sehr komplexen Geometrien, wie Schäumen oder Fasermaterialien, auf mikroskopischer und makroskopischer Ebene. Unter der Leitung von Dr. Konrad Steiner wurde dazu von Mitarbeitern des ITWM ein Berechnungsverfahren entwickelt, in das Erfahrungen aus Projekten der europäischen Raumfahrtindustrie mit einfließen.



Dr. Konrad Steiner (links) und Dr. Franz-Josef Pfreundt wurden stellvertretend für ihr elfköpfiges Team ausgezeichnet.

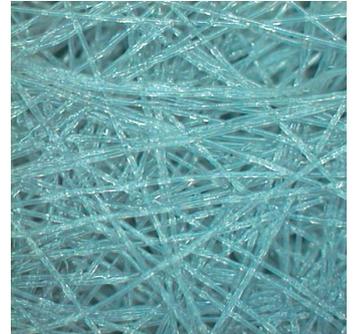
Die Strömungssimulation wurde zu einer Basistechnologie für die Mikrostruktursimulation. Denn das neue Verfahren ist eine Kombination aus mehreren Techniken: »Zunächst wurden von existierenden Werkstoffen tomographische Aufnahmen gemacht. Auf dieser Basis haben wir typische 3-D-Strukturmodelle entwickelt«, erläutert der ITWM-Wissenschaftler die neue Art des Produktdesigns. Hierbei fanden die Kaiserslauterer messtechnische Unterstützung bei den Kollegen aus dem Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren in Saarbrücken. »Aus den Bilddaten ermitteln wir die geometrische Struktur der Materialien, die wir in Computermodelle umsetzen. Über eine ziemlich aufwändige strömungsdynamische Berechnung – dabei ist ein Parallelrechner beteiligt – erhalten wir dann die Materialkennwerte. Diese gehen wiederum in Spezialsoftware zur Produktsimulation ein. Saugt die Faserbindung nun nicht gut genug, können wir die Struktur der Materialien so lange verändern und das jeweilige Ergebnis berechnen, bis wir die optimalen Eigenschaften haben.«

Die Mathematiker des noch jungen Fraunhofer-Instituts freuen sich über das große Interesse, das die Industrie an ihrer Arbeit zeigt. Denn viele Betriebe, die poröse Materialien – Stoffe, Vliese, Papier und Keramiken – herstellen, haben erkannt, dass sich mit dem neuen Verfahren viel Zeit und Geld sparen lässt. Pfreundt und seine Kollegen wissen inzwischen, dass die Technik immer neue Anwendungen findet. Die Wissenschaftler denken zur Zeit darüber nach, bald auch weitere Materialeigenschaften, wie etwa die Festigkeit, am Rechner zu simulieren. Pfreundt und Steiner arbeiten seit 1995 im ITWM und nahmen stellvertretend für das elfköpfige Team bei der Jahrestagung in Mainz den Joseph-von-Fraunhofer-Preis entgegen.

Isolde Rötzer
(aus dem Fraunhofer-Magazin 4.2001)

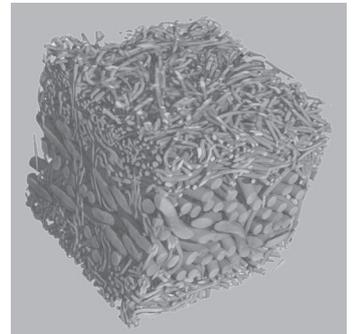
Bildaufnahme

Lichtmikroskopische Aufnahme eines Vliesstoffes



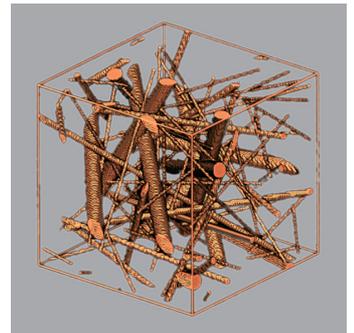
Bildanalyse

Röntgen-Computertomographie-Aufnahme eines Vliesstoffes (© IZFP)



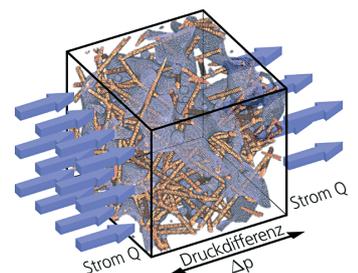
Mikrostrukturmodell

Mikrostrukturmodell eines Fasermaterials



Mikrostruktursimulation

Strömungsdynamische Simulation in einer Faserstruktur





Das Institut in Zahlen

Personalentwicklung

Auch im Jahr 2001 konnte das ITWM sein Stellenkontingent weiter ausbauen, und zwar um über 20 Prozent. Das ITWM profitierte dabei von der sich leicht verbessernden Situation auf dem Arbeitsmarkt und von seinen bisherigen Anstrengungen bei der Förderung des eigenen wissenschaftlichen Nachwuchses.

2001 waren am ITWM über 100 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (darunter 63 Wissenschaftler, 30 Doktoranden und 10 Mitarbeiter in zentralen Bereichen) sowie 70 wissenschaftliche Hilfskräfte und Praktikanten beschäftigt.

Die hohe Qualifizierung der Wissenschaftler im ITWM zeigt sich auch daran, dass von den 63 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern 40, also 63 Prozent, promoviert sind. Mathematiker bilden mit 73 Prozent den größten Teil der Wissenschaftler, gefolgt von Physikern und Ingenieuren (jeweils 11 Prozent) sowie Informatikern.

Insbesondere bei der Anwerbung von Doktoranden und wissenschaftlichen Hilfskräften profitiert das ITWM in besonderem Maße von den internationalen Studiengängen am Fachbereich Mathematik und der damit verbundenen Anwesenheit von sehr guten ausländischen Studierenden. So liegt der Ausländeranteil der Wissenschaftler bei 16 Prozent, bei den Doktoranden gar bei 57 Prozent und bei Hilfskräften bei knapp 50 Prozent.

Auch der Frauenanteil ist in den letzten Jahren im ITWM deutlich gestiegen, und zwar im wissenschaftlichen Bereich auf mittlerweile 14 Prozent und bei den Doktoranden auf 23 Prozent.

Damit haben die Anstrengungen des ITWM, zusammen mit dem Fachbereich Mathematik einerseits die Internationalisierung der Studiengänge voranzutreiben und andererseits bereits im Schulbereich intensivste Nachwuchsförderung zu leisten, erste Früchte getragen.

Personalentwicklung	1998	1999	2000	2001
Wissenschaftliche Mitarbeiter	43	45	54	63
Doktoranden	13	17	19	30
Zentrale Bereiche	6	7	8	10
Wissenschaftliche Hilfskräfte	29	48	60	70
Sonstige Dienstverträge	8	8	11	13
Gesamt	99	125	152	186

Haushalt

Das erste Jahr in der Fraunhofer-Gesellschaft war für das ITWM ein überaus erfolgreiches Jahr.

Obwohl der endgültige Abschluss für das Jahr 2001 nach dem Redaktionsschluss des Jahresberichts liegt, kann man zu diesem Zeitpunkt schon sagen, dass das Ergebnis die Erwartungen weit übertroffen hat.

Als Mitglied der IuK-Gruppe profitierte das ITWM dabei sicher von den vom BMBF finanzierten Fusionsprojekten. Sie trugen zweifellos dazu bei, dass 2001 fast 83 Prozent des Betriebshaushaltes durch eigene Erträge erwirtschaftet werden konnten. Doch trotz der erheblichen Steigerung bei den öffentlichen Erträgen konnte das ITWM wie in der Vergangenheit auch weiterhin hohe Wirtschaftserträge realisieren.

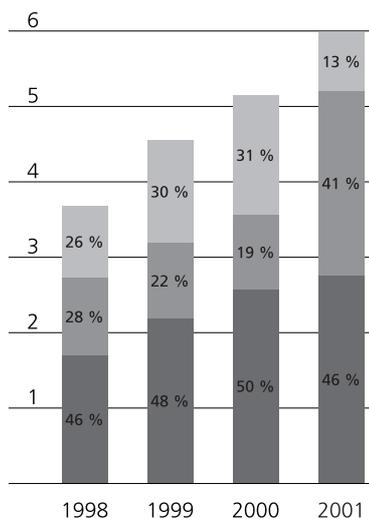
Für das Jahr 2001 wird der Betriebshaushalt rund 6 Millionen € erreichen. Davon wurden knapp 4,9 Millionen € in Form eigener Erlöse erwirtschaftet. Hiervon sind 2,7 Millionen € Wirtschaftserträge.

2001 konnte das ITWM erstmals von den internen Programmen der Fraunhofer-Gesellschaft profitieren. Etwa 200 000 € genehmigte der Vorstand für den Aufbau des »Fraunhofer-Chalmers Research Centre« sowie für gemeinsame Studien mit anderen Fraunhofer-Instituten.

Auch im Investitionsbereich partizipierte das ITWM an den internen Programmen. Über 600 000 € wurden 2001 für die Anschaffung eines Parallelrechners und einer Visualisierungsanlage bewilligt.

Gegenüber dem Vorjahr stieg der Betriebshaushalt um beachtliche 17 Prozent. Es ist zu betonen, dass an diesem positiven Gesamtergebnis alle Abteilungen vergleichbar gut beteiligt waren.

Haushaltentwicklung
in Mio €



- Industrie
- Öffentliche Hand
- Institutionelle Förderung

Haushaltentwicklung [Tausend €]	1998	1999	2000	2001 (vorläufig)
Betriebshaushalt	3 681	4 550	5 147	5 976
Investitionshaushalt	460	382	244	756
Gesamt	4 141	4 932	5 391	6 732

Kunden und Kooperationspartner

Das ITWM arbeitet seit Jahren mit Auftraggebern vieler Branchen und Unternehmensgrößen erfolgreich zusammen. Im Folgenden sind die Projektpartner des Jahres 2001, die einer Nennung zugestimmt haben, aufgeführt.

- Amaranth Advisors, New York
- Analog Microelectronics GmbH, Mainz
- aquinto AG, Berlin
- Atmel Germany GmbH, Heilbronn
- Audi AG, Ingolstadt
- AVL List GmbH, Graz
- Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen
- BGS Systemplanung, Mainz
- Boehringer Ingelheim Pharma KG, Ingelheim am Rhein
- Caparol Farbe Lacke Bautenschutz GmbH & Co Vertriebs KG, Ober-Ramstadt
- CargoLifter AG, Berlin
- Carl Zeiss, Oberkochen
- Christian Heinrich Sandler GmbH & Co. KG, Schwarzenbach (Saale)
- DaimlerChrysler, Stuttgart
- DePfa Bank, Wiesbaden
- Deutsche Bahn AG, Regionalbereich Frankfurt/Main
- Deutsche Gesellschaft für Onkologie e. V., Köln
- Deutsche Rückversicherung AG, Düsseldorf
- Deutscher Wetterdienst, Offenbach/Main
- Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg
- Dresdner Bank, Frankfurt
- ESI-Group, Paris
- Faurecia, Sassenburg
- Filterwerk Mann + Hummel GmbH, Speyer
- Freudenberg Vliesstoffe KG, Weinheim und Kaiserslautern
- ganiMed GmbH, Freiburg
- gbo AG, Rimbach
- geomer, Heidelberg
- GE Transportation Systems, Bad Dürkheim
- Glatz Feinpapiere, Neustadt/Wstr.
- HegerGuss GmbH, Enkenbach-Alsenborn
- Hershey Foods, USA
- Hilti AG, Schaan (Liechtenstein)
- HypoVereinsbank, München
- ICON Industrie Consulting GmbH, Karlsruhe
- Imtronic, Berlin
- Infineon Technologies AG, München
- Institut für Gießereitechnik GmbH, Düsseldorf
- J. Wagner GmbH, Markdorf
- KS Beschallungstechnik GmbH, Hettenleidelheim
- Landesbank Baden-Württemberg
- Landesbank Rheinland-Pfalz, Mainz
- m2k Informationsmanagement GmbH, Kaiserslautern
- MAGMA Gießereitechnologie GmbH, Aachen
- Mannesmann-Rexrodt AG, Lohr a. Main
- Medical Data Research GmbH, Düsseldorf
- MiniTec GmbH & Co KG, Waldmohr
- MVT Maschinen- und Verfahrenstechnik Bernhard Blatton GmbH, Dillingen
- Nahverkehrsservice Sachsen-Anhalt GmbH (NASA), Magdeburg
- NEUMAG GmbH & Co., Neumünster
- Pfeleiderer AG, Neumarkt
- PHB Stahlguss International, St. Ingbert-Rohrbach
- Pierau Planung, Hamburg
- psb GmbH, Pirmasens
- Regionalbus Saar-Westpfalz GmbH (RSW), Saarbrücken
- SAP AG, Walldorf
- Schott Glas, Mainz
- SIEDA Software GmbH, Kaiserslautern
- Siemens AG (KWU), Mülheim/Ruhr
- Stadtentwässerung Kaiserslautern
- Steinbichler Optotechnik GmbH, Neubeuern
- Technische Universität Dresden
- tecmath AG, Kaiserslautern
- Tehalit GmbH, Heltersberg
- Thomas Josef Heimbach GmbH & Co., Düren
- Universität Kaiserslautern
- Verein Deutscher Gießereifachleute (VDG), Düsseldorf
- Verkehrsverbund Rhein-Neckar GmbH (VRN), Mannheim
- Verkehrsverbundgesellschaft Saar mbH (VGS), Saarbrücken
- WestLB, Düsseldorf
- Westpfalz Verkehrsverbund GmbH (WVV), Kaiserslautern

Kuratorium

Die konstituierende Sitzung des neuen Kuratoriums fand am 19. Februar 2002 statt. Für die Mitarbeit 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, Bonn

Dr.-Ing. Erwin Flender
MAGMA Gießereitechnologie, Aachen

Ministerialrat Wolfgang Habelitz
Ministerium für Wissenschaft, Weiterbildung 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

Notar Kurt Lechner
Mitglied des Europäischen Parlaments,
Kaiserslautern

Dr. Horst Loch
Schott Glas, Mainz

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

Dr. Jens Nonnenmacher
Dresdner Bank AG, Frankfurt

Ministerialrat Dr. Bernd Reuse
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
DFKI GmbH, Saarbrücken

Prof. Dr. Günter Warnecke
Präsident der Universität Kaiserslautern

Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist die führende Trägerorganisation für Einrichtungen der angewandten Forschung in Europa. Sie betreibt Vertragsforschung für die Industrie, für Dienstleistungsunternehmen und die öffentliche Hand. Für Kunden aus der Wirtschaft werden einsatzreife Lösungen technischer und organisatorischer Probleme rasch und kostengünstig erarbeitet. Im Rahmen der Technologieprogramme der Europäischen Union wirkt die Fraunhofer-Gesellschaft in Industriekonsortien an der Lösung technischer Fragen zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft mit.

Eine weitere wichtige Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft ist die strategische Forschung: Im Auftrag und mit Förderung durch Ministerien und Behörden des Bundes und der Länder werden zukunftsrelevante Forschungsprojekte durchgeführt, die zu Innovationen im öffentlichen Nachfragebereich und in Schlüsseltechnologien beitragen. Dazu gehören die Forschungsgebiete Kommunikation, Energie, Mikroelektronik, Produktion, Verkehr und Umwelt.

Die zentrale Anschrift

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung
der angewandten Forschung e. V.
Leonrodstraße 54
D-80636 München

Telefon: +49 (0) 89/12 05-01
Fax: +49 (0) 89/12 05-3 17
Internet: www.fraunhofer.de

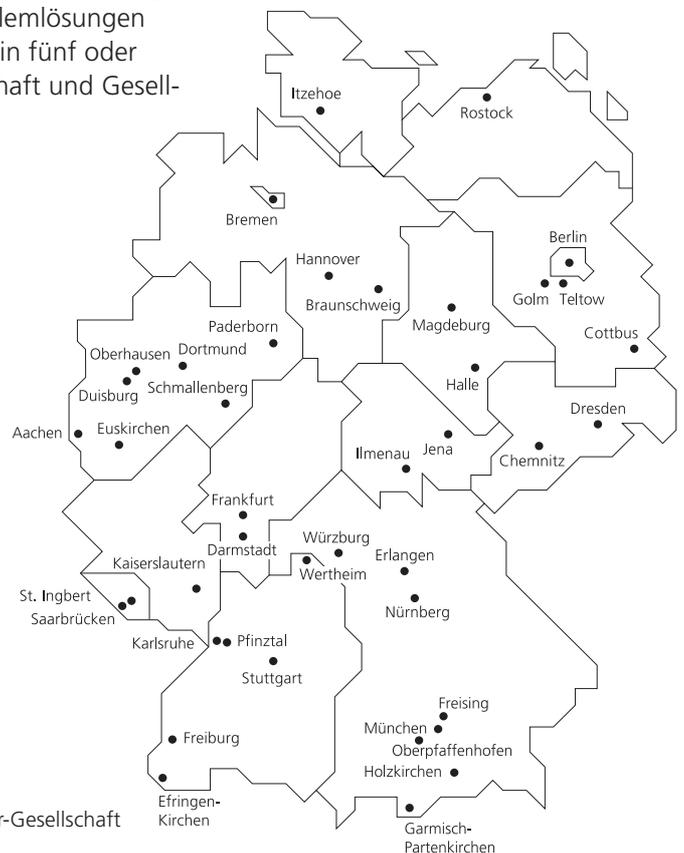
Die Globalisierung von Wirtschaft und Forschung macht eine internationale Zusammenarbeit unerlässlich. Niederlassungen der Fraunhofer-Gesellschaft in Europa, in den USA und in Asien sorgen daher für Kontakt zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wirtschaftsräumen.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt derzeit 56 Forschungseinrichtungen an Standorten in der gesamten Bundesrepublik. Rund 11 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von über 900 Millionen €. Davon fallen mehr als 800 Millionen € auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund zwei Drittel dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft aus Aufträgen der Industrie und öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Ein Drittel wird von Bund und Ländern beigesteuert, um damit den Instituten die Möglichkeit zu geben, Problemlösungen vorzubereiten, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Die Fraunhofer-Wissenschaftler sind auf differenzierte Forschungsaufgaben aus einem breiten Spektrum von Forschungsfeldern spezialisiert. Wenn Systemlösungen gefragt sind, arbeiten mehrere Institute interdisziplinär zusammen.

Mitglieder der 1949 gegründeten und als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft sind namhafte Unternehmen und private Förderer. Von ihnen wird die bedarfsorientierte Entwicklung der Fraunhofer-Gesellschaft mitgestaltet.

Ihren Namen verdankt die Gesellschaft dem als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreichen Münchner Gelehrten Joseph von Fraunhofer (1787-1826).



Die Standorte der Fraunhofer-Gesellschaft
in Deutschland

Kontakt

Dr. Marion Schulz-Reese
Verwaltungsleiterin

+49 (0) 6 31/2 05-41 40
schulz_reese@itwm.fhg.de



Stehend (v.l.n.r.): Dipl.-Biol. Claudia Meißner, Dipl.-Math. Steffen Grützner, Ilka Blauth, Dipl.-Betriebswirt (VWA) Brigitte Williard, Manuela Hoffmann, Katharina Parusel, Volker Hochgürtel, Dipl.-Phys. Christian Peter
Sitzend: Cäcilie Kowald, Dr. Marion Schulz-Reese, Dieter Eubell



Transportvorgänge

2001 war das wirtschaftlich bislang erfolgreichste Jahr der Abteilung TRANSPORTVORGÄNGE. Grundlage dieses Erfolges ist neben der Ausdehnung des Kundenspektrums eine bemerkenswerte Kundentreue. Die Abteilung hält dabei eine gute Balance zwischen Profilbildung, die sich in den nachfolgend beschriebenen Kompetenzfeldern zeigt, und notwendiger Flexibilität, die sich in der Bearbeitung auch von Industrieprojekten am Rande dieses Spektrums spiegelt. Nicht zuletzt aus Gründen der Geheimhaltung kommt dieser zweite Aspekt, der wesentlicher Bestandteil lebendiger Projektarbeit ist, in einem Jahresbericht naturgemäß zu kurz.

Die Kompetenzfelder der Abteilung werden systematisch durch Verfolgung spezifischer Forschungsthemen ausgebaut. So konzentrieren wir uns im Bereich der »Strömungsdynamik« verstärkt auf Probleme der Fluid-Struktur-Interaktion. Unsere selbstentwickelte, auf einer Partikelmethode (»Finite Poinset-Methode«) basierende strömungsdynamische Software, die zunächst für kompressible Strömungen entwickelt wurde, ist jetzt auch zur Berechnung inkompressibler Strömungs-

probleme einsetzbar. Im Bereich des »Strahlungstransports« haben wir unser Anwendungsspektrum ausgehend von der Behandlung semitransparenter Medien, wie z. B. Glas, auf stark streuende Medien, wie z. B. biologisches Gewebe, erweitert. Das sich in den genannten Themenfeldern widerspiegelnde Know-how zur mathematischen Modellierung und Simulation eines weiten Bereichs von Transportvorgängen wird ergänzt durch eine ausgeprägte Kompetenz, solche Simulationen mit Optimierungsfragen zu verknüpfen oder in Regelungsprobleme zu integrieren. In diesem Bereich wurde die Methode der adjungierten Operatoren für unsere Arbeit erschlossen (insbesondere zur Lösung kontinuierlicher Optimierungsprobleme) und bereits erfolgreich in Industrieprojekten angewandt.

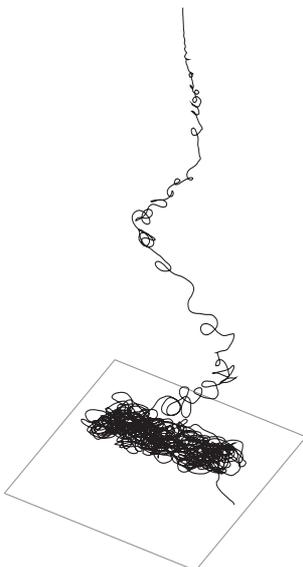
Der gegenseitig immer wieder befruchtende Austausch zwischen Grundlagen- und Auftragsforschung ist nach wie vor intakt. Davon zeugen nicht zuletzt vier neue Promotionsprojekte und zahlreiche Graduiierungsarbeiten im Umfeld der Abteilung, die für die Projektarbeit der nächsten Jahre wichtige Impulse liefern werden.



Strömungsdynamik

Die in der Abteilung TRANSPORT-VORGÄNGE behandelten strömungsdynamischen Fragestellungen sind zumeist im produktions- oder verfahrenstechnischen Kontext angesiedelt. Typische Beispiele sind die Analyse eines Verfahrens oder die simulationsbasierte Auslegung einer Maschine. Die besondere Kompetenz der Gruppe besteht dabei in der umfassenden mathematischen Modellierung und Behandlung komplexer Fragen, bei denen strömungsdynamische Probleme häufig nur einen Teilaspekt darstellen. Dabei werden je nach Anwendungsfall und Kundenbedürfnis analytische Methoden, Simulationen mit lizenzierten Softwaretools (FLUENT®, CFX®) und eigenentwickelte Software kombiniert.

In der Vergangenheit hat sich ein besonderer Arbeitsschwerpunkt im Bereich der Fluid-Struktur-Interaktion herausgebildet, dem auch in diesem Jahr wieder ein Gutteil der bearbeiteten Projekte zuzuordnen ist. So wird mit der Firma Freudenberg Vliesstoffe KG ein Verfahren zur Simulation der Vlieslegung entwickelt. Dieses basiert auf einem Modell der Bewegung von Fäden in einer Luftströmung. Die große Anzahl der Fäden im Produktionsprozess erfordert eine effiziente numerische Behandlung des Modells und den Einsatz von Parallelrechnern in der Simulation. Zum Bereich flexibler Strukturen unter Einwirkung von Strömungen zählt neben der Fadenthematik auch die Simulation für flächige Strukturen wie Bögen oder Folien. Die Untersuchung entsprechender Produktions- oder Verarbeitungsprozesse gibt Verbesserungshinweise und kann den Aufwand für Versuchsreihen deutlich reduzieren.



Simulation der Vlieslegung: Polymerfäden werden verwirbelt und auf einem Transportband abgelegt. Dabei spielt die Luftströmung eine entscheidende Rolle für die Qualität des Vlieses.

Die Dynamik fester Partikel oder Tröpfchen in Wechselwirkung mit einer Strömung ist eine andere Facette der Fluid-Struktur-Problematik. Im Projekt »NESPRI«, Teil des BMWi-Programms »InnoNet« zur Förderung von innovativen Netzwerken, setzt sich ein Verbund von Malerbetrieben, einem Farben- und einem Gerätehersteller sowie drei Forschungseinrichtungen das Ziel, ein neuartiges Verfahren zum nebelfreien Spritzen von Außenfassaden zu entwickeln und handwerklich zu etablieren. Das Fraunhofer ITWM ist neben der Koordination dieses Verbundprojekts mit der mathematischen Modellierung und Simulation der verschiedenen technischen Teilaspekte befasst. Der bei bisherigen Verfahren auftretende Overspray konnte durch Simulationen der bei der Zerstäubung entstehenden feinen Farbtröpfchen zurückgeführt und quantifiziert werden. Zur angestrebten ursächlichen Reduktion des Oversprays tragen neben umfangreichen Mess- und Versuchskampagnen der anderen Projektpartner auch analytische Untersuchungen am Fraunhofer ITWM bei. Diese liefern insbesondere eine Faustformel zur Abschätzung der kleinsten entstehenden Tröpfchengrößen, abhängig von den Turbulenzstrukturen der Luftströmung, der Rheologie der Farbe und den wesentlichen Prozessparametern.

Über den Bereich der Fluid-Struktur-Interaktion hinaus stehen solche strömungsdynamischen Probleme im

Vordergrund der Projektarbeit, bei denen Aspekte der Wärmebilanzierung eine dominierende Rolle spielen. Als Beispiel sei die Kooperation mit der Firma ARRI, einem führenden Hersteller von Scheinwerfern für Film und Fernsehen, genannt. Solche Scheinwerfer müssen, um eine Geräuschkentwicklung durch Ventilatoren zu vermeiden, komplett durch Konvektion gekühlt werden. In einer Machbarkeitsstudie wurde ein Konzept entwickelt, auf dessen Basis Scheinwerfer in ihrem Kühlverhalten geometrisch optimiert werden können. Langfristig ist angestrebt, die simulationstechnische Kontrolle des Wärmehaushalts in den Entwurf der Scheinwerfer standardmäßig einzubeziehen.

Die beschriebenen Aktivitäten legen es nahe, das in der Gruppe »Strömungsdynamik« vorhandene Know-how zu technischen Aspekten von Produktionsabläufen mit dem Kompetenzschwerpunkt »Innerbetriebliche Logistik« der Abteilung OPTIMIERUNG zu verknüpfen. Durch das Projekt »SILVER« im Rahmen des BMBF-Programms »Leben und Arbeiten in einer vernetzten Welt« konnte diese Idee jetzt realisiert werden (vergleiche dazu auch Seite 81).

Die Projekte der Gruppe »Strömungsdynamik« werden in enger Kooperation von Dr. Dietmar Hietel (Tel.: 06 31/ 2 05-40 82), Dr. Robert Feßler und Dipl.-Ing. Sergej Antonov bearbeitet.

Temperaturfeldsimulation: In einem Filmscheinwerfer staut sich die Wärme vor allem im oberen Bereich.



Spritzen einer Außenfassade: Angrenzende Teile müssen vor dem entstehenden Farnebel geschützt werden.





Finite Pointset-Methode

Die Entfaltung eines Airbags, das Verhalten einer Mehrphasenströmung in einem Rührwerk oder die spanabhebende Bearbeitung eines Werkstücks sind allesamt Vorgänge, deren Modellierung durch partielle Differentialgleichungen weitgehend geklärt ist. Die Simulation solcher Vorgänge wirft trotzdem erhebliche Probleme auf, da die standardmäßig eingesetzten gitterbasierten Verfahren wie Finite Elemente, Finite Differenzen oder Finite Volumen bei solchen Prozessen an ihre Grenzen stoßen. Der tiefere Grund dieser Schwierigkeiten liegt in der teilweise extremen Veränderung des Rechengebiets im zeitlichen Verlauf des zu untersuchenden Prozesses. Insbesondere bei dreidimensionalen Problemstellungen versagen die bekannten Methoden zur dynamischen Gitteranpassung wie Moving Grids und Remeshing oder führen zu inakzeptablen Rechenzeiten.

Partikelmethode zur numerischen Lösung partieller Differentialgleichungen vermeiden diese Schwierigkeiten: Das Rechengebiet wird mit Informationsträgern besetzt, die im Gegensatz zu den Zellen eines Gitters an die Dynamik des Problems angepasst mitgeführt werden. Am Fraunhofer ITWM wurde in den vergangenen Jahren mit der Finite Pointset-Methode (FPM) ein eigenständiges Softwaretool entwickelt, dessen Ursprung in der sogenannten SPH-Methode (Smoothed Particle-Hydrodynamics) zu finden ist.

FPM wurde zunächst für kompressible Gasströmungen entwickelt und funktioniert folgendermaßen: Die zu diskretisierenden strömungsdynamischen Gleichungen (Euler- bzw. Navier-Stokes-Gleichungen) beschreiben die zeitliche Entwicklung der Felder für Dichte, Strömungsgeschwindigkeit und Tem-

peratur als Resultat der physikalischen Erhaltungssätze für Masse, Impuls und Energie. Die Werte dieser Felder werden an den diskreten Positionen der Informationsträger (Partikel) gespeichert und können durch ein geeignetes Approximationsverfahren an jedem anderen Punkt des Strömungsgebiets zusammen mit allen benötigten räumlichen Ableitungen berechnet werden. In einem Zeitschritt werden die Partikel nun mit der approximierten Geschwindigkeit bewegt. Die Werte der strömungsdynamischen Felder an den neuen Partikelpositionen erhält man durch Lösung der Grundgleichungen in der zugehörigen Lagrange-Formulierung unter Verwendung der erwähnten Approximationsstrategie. Eben diese Approximationsstrategie, die eine effiziente und genaue Berechnung der Felder und ihrer Ableitungen gewährleisten muss, zeichnet das Verfahren aus. Am Fraunhofer ITWM wird neben einem »Moving-Least-Square«-Verfahren für Probleme der Gasdynamik ein spezielles Upwind-Verfahren eingesetzt. Die Entwicklung von FPM für kompressible

Strömungen ist so weit gediehen, dass auch komplexe industrielle Anwendungen behandelt werden können. Das weiter unten (vergleiche S. 28) beschriebene Projektbeispiel »Entfaltung von Airbags« belegt dies nachdrücklich.

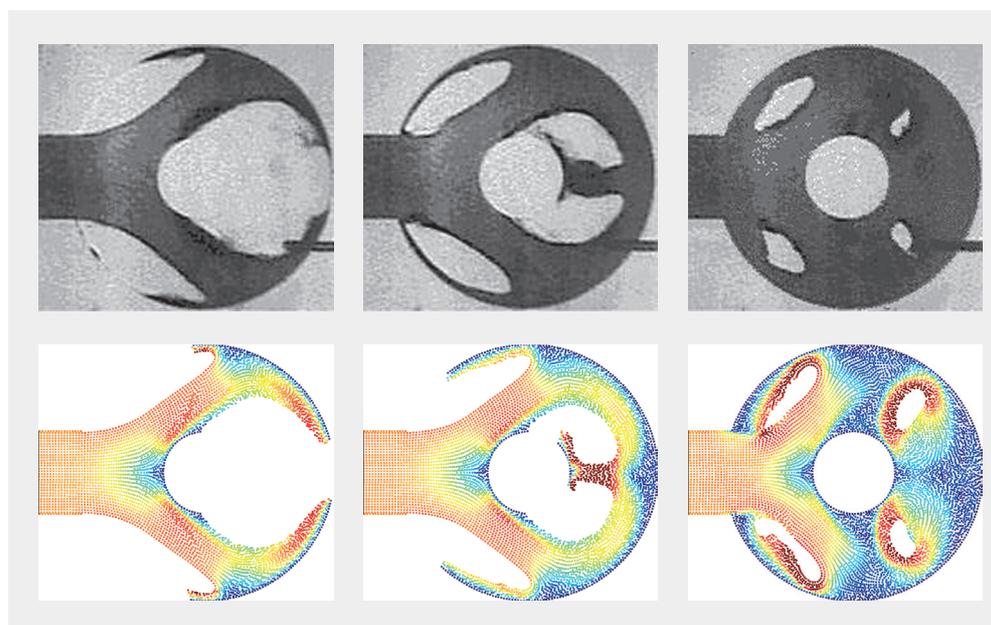
Im Mittelpunkt der Forschungsaktivitäten stand in diesem Jahr insbesondere die Erweiterung der Methode auf inkompressible Strömungsprobleme. Das Besondere der am Fraunhofer ITWM entwickelten Methode ist die vollständige Behandlung der für den Druck abzubildenden Poisson-Gleichung in einem Partikelverfahren. Dies geschieht in Anlehnung an die aus gitterbasierten Verfahren bekannte Projektionsmethode nach Chorin. Die Beschleunigung des Codes durch Mehrgitterverfahren ist Gegenstand aktueller Forschungen.

Die Entwicklungsarbeiten im Bereich inkompressibler Strömungen erfolgen wesentlich im Rahmen des durch die Firma VW und das BMBF finanzierten Projekts »Umweltgerechtes Betanken«.

Es ist Teil des Förderprogramms »Neue Mathematische Verfahren in Industrie und Dienstleistungen«. Insbesondere die Schaumbildung beim Betankungsvorgang wird hier untersucht. Eine erste Anwendung von FPM für inkompressible Mehrphasenströmungen ist nachfolgend im Projektbeispiel »Schließen in Glasströmungen« beschrieben.

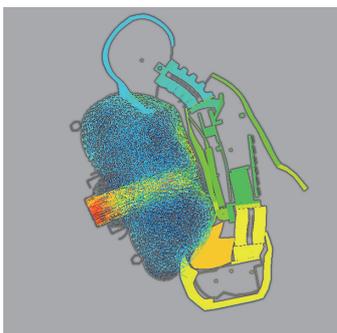
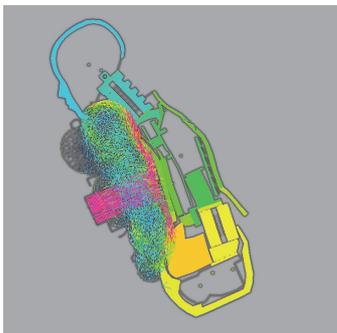
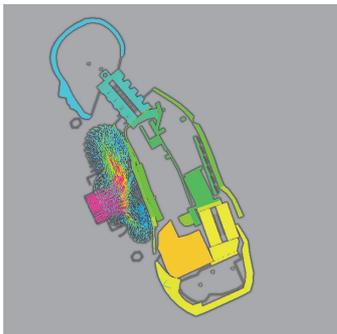
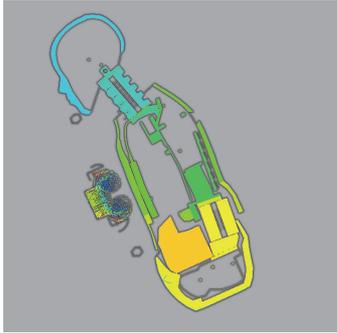
Für die Zukunft ist die Erweiterung von FPM auf strukturmechanische Fragestellungen geplant. Langfristig soll hier die Behandlung komplexer Probleme wie die Simulation der erwähnten spanabhebenden Fertigungsverfahren gelingen. Mittelfristig wird beabsichtigt, Themen zur Fluid-Struktur-Interaktion, wie sie sich aus den Arbeiten der Gruppe »Strömungsdynamik« ergeben, in Verbindung mit FPM anzugehen.

Die FPM wird am ITWM von Dr. Jörg Kuhnert (Tel.: 06 31/2 05-40 87) und Dr. Sudarshan Tiwari in Zusammenarbeit mit mehreren Doktoranden entwickelt.



Studie eines Füllvorgangs: Die obere Bildfolge zeigt Aufnahmen des Füllvorgangs im Experiment, die untere die Simulation mit FPM.

Entfaltung von Airbags



Interaktion von Airbag und Insasse:
Die Simulation zeigt die Druckverteilung während der Entfaltung des Airbags und verdeutlicht die auf den Fahrer wirkenden Kräfte.

Die Entfaltung eines Airbags ist ein sehr komplexer physikalischer Vorgang. In Zusammenarbeit mit der Firma ESI wird ein Softwaretool für Fahrzeug- und Airbaghersteller entwickelt, das den Aufblasvorgang selbst komplex gefalteter Airbags sehr gut simulieren kann. Die mit diesem Tool auszuführenden Simulationen sollen besseren Aufschluss über die Interaktion des sich entfaltenden Airbags mit den Insassen des Fahrzeugs geben. Im Hintergrund steht also die Frage nach Verletzungen und damit die Frage, ob der Airbag tatsächlich Unfallfolgen mindert oder in bestimmten Situationen sogar noch mehr Schaden anrichtet.

In der Simulation wird in jedem Zeitschritt die Dynamik des Gases innerhalb des Airbags durch die am Fraunhofer ITWM entwickelte Finite Pointset-Methode (FPM) behandelt. Im Wesentlichen liefert FPM als Resultat die Druckverteilung an der Airbagmembran. Eine zweite, von der Firma ESI entwickelte Finite Elemente-Software beschreibt dann die Dynamik der Airbagmembran in Abhängigkeit von der Druckverteilung und liefert als Resultat

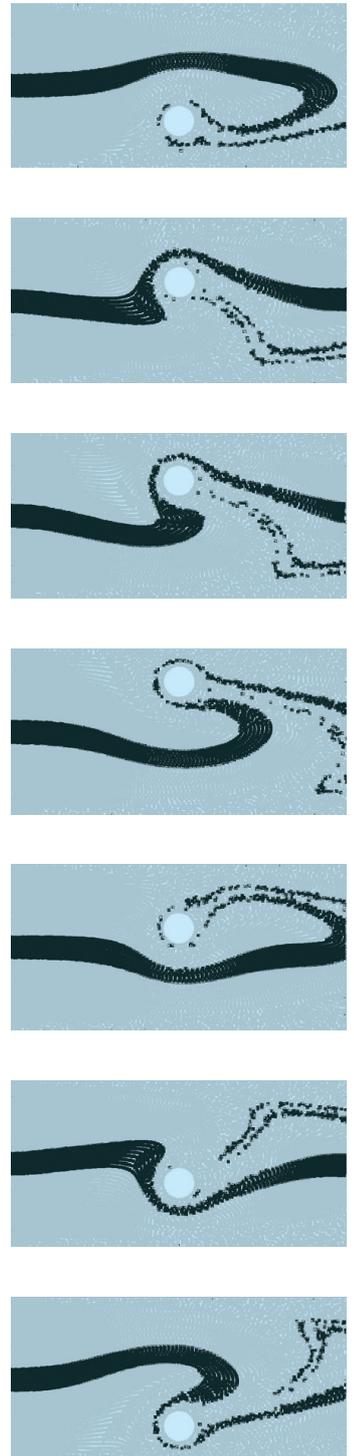
die veränderte Airbaggeometrie. Diese wird als Input für die Behandlung der Gasdynamik des nächsten Zeitschritts der FPM übergeben. So erhält man sukzessive die volle Dynamik der Membran während der Entfaltung. Die Beschleunigung der Membran ist letztlich verantwortlich für die auf den Insassen einwirkenden Kräfte.

Im abgelaufenen Jahr sind wesentliche Fortschritte bei der Stabilität und der Rechenleistung der Software gemacht worden. Diese Punkte sind für die Benutzer des Tools von entscheidender Bedeutung. Dass die FPM in Kopplung mit der Membran-FuE sehr genaue Ergebnisse liefert, wurde bereits im letzten Jahr durch Versuche mit nicht gefalteten Airbags unter Beweis gestellt. Die in den letzten Monaten angelaufenen Versuche zu komplett gefalteten Airbags sollen im nächsten Jahr in die Validierung des Tools einbezogen werden.

Schlieren in Glasströmungen

In der Glasproduktion treten häufig Schlieren in der Schmelze auf. Das sind unerwünschte Verunreinigungen des Glases, die an den Wänden der Schmelzwanne oder in Rinnen und Rohren entstehen, in denen das Glas fließt. Die Schlieren zeichnen sich durch unterschiedliche physikalische Eigenschaften gegenüber der Glas-schmelze aus. Dabei sind besonders Dichte- und Viskositätsunterschiede zwischen Schliere und Glas zu verzeichnen. Vom technischen Standpunkt her ist es nur schwer möglich, Schlierenbildung komplett zu verhindern. Dagegen erscheint es wesentlich einfacher, die bereits existierenden Schlieren im flüssigen Glas durch Rührgeräte zu homogenisieren. Da flüssiges Glas allerdings ein äußerst zähes Medium ist, kommt der Optimierung der Rühraggregate eine besondere Bedeutung zu, weil eine Vermischung des Glases ohne Turbulenz nur schwer realisierbar ist.

Grundidee dieses für die Firma Schott Glas in Mainz bearbeiteten Projekts ist es, die Effektivität des Rührers durch Simulationen zu verifizieren und gegebenenfalls Veränderungen der Rührergeometrie zu erproben. Man betrachtet dazu ein strömendes Zweiphasenmedium (Glas und Schliere) und bildet die Dynamik der Schliere innerhalb des Rühraggregats numerisch ab. Die FPM eignet sich hier prinzipiell sehr gut, da sie durch ihre Lagrange-Formulierung sich bewegende Phasen und Geometrien inhärent beherrscht. Weil aber die Schlieren sehr dünn sind, ergibt sich ein besonderes technisches Problem: Die erforderliche Auflösung führt zu erheblichen Rechenzeiten, die insbesondere vor dem Hintergrund der Optimierungsziele des Projekts noch unbefriedigend sind. Als Ausweg bietet sich eine numerische Auflösung auf adaptiver Basis mit sehr starker Verfeinerung in den Schlieren an. Diese keineswegs einfache Aufgabe wird im kommenden Jahr in der Fortsetzung des Projekts bearbeitet.

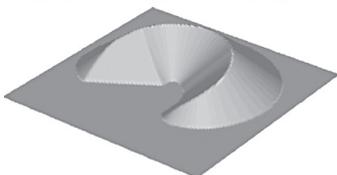
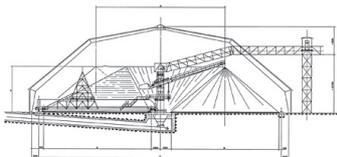
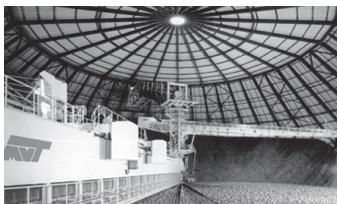


Schlierendynamik in einem Rührgerät: Diese zweidimensionale Studie zeigt, wie sich Schlieren ausbreiten und beim Rühren verändern.



Regelung, Optimierung, Inverse Probleme

Die Modellierung und Simulation von verschiedenartigen Transportvorgängen ist das durchgängige Thema der Abteilung. Solche Simulationen sind für ein angewandtes Forschungsinstitut niemals Selbstzweck. In einigen Fällen sind die Kunden zwar nur an grundlegendem Verständnis ihres Verfahrens oder ihrer Maschine interessiert, im Allgemeinen aber gibt es sehr viel weiterreichende, durch Optimierungs- und Regelungsfragen bestimmte mathematische Themenkomplexe. Diese mit der spezifischen Kompetenz der Abteilung zu koppeln, d. h. mit der Simulation von Transportvorgängen auf der Basis partieller Differenzialgleichungen, ist eine langfristige wissenschaftliche Herausforderung für die Abteilung.



Simulation eines Rundmischbetts mit der ITWM-eigenen Software PHARAO

Mit dem Projekt »Entzerrung von Basslautsprechern« wird nachfolgend ein Beispiel aus der Akustik gegeben, das dem Bereich der Regelungsprobleme zuzuordnen ist. Weit fortgeschritten sind auch Arbeiten, in denen die Simulation der Aufhaldevorgänge von Schüttgütern mit der Regelung der zugehörigen Materialzufuhr gekoppelt wird. Hier bietet das Fraunhofer ITWM interessierten Kunden insbesondere aus der Zementindustrie mit dem Programm PHARAO eine Softwarelösung auf der Basis von Matlab/C++ an. Informationen findet man im Jahresbericht 2000 und auf den Internetseiten des Instituts.

Im vergangenen Jahr standen in Industrieprojekten verstärkt Fragestellungen des folgenden Typs im Vordergrund: Wie sieht die optimale Geometrie eines Bauteils aus, um spezielle Eigenschaften zu erhalten? Wie muss man eine Anlage steuern, um eine bestimmte Qualität der Produkte zu garantieren? Wie kann man aus leicht durchführbaren Messungen auf unter Umständen schwer zugängliche Materialparameter schließen?

Eine ganze Reihe dieser Fragestellungen führt in der mathematischen Modellierung auf sogenannte Inverse Probleme: Aus der Beobachtung einer speziellen Wirkung möchte man auf die Ursache schließen. Ein Beispiel wurde bereits im Jahresbericht 2000 auf Seite 26 beschrieben: das Bestimmen der Temperaturverteilung in heißem Glas durch spektroskopische Messung der spektralen Strahlungsintensität. Die zu behandelnden inversen Probleme sind in der Regel – mathematisch gesprochen – »schlecht gestellt«, d. h. sie sind nicht eindeutig lösbar bzw. ein sehr kleiner Messfehler kann zu inakzeptablen Fehlern in der Rekonstruktion führen. Neben den klassischen Regularisierungsverfahren zur Lösung inverser Probleme bietet die Formulierung dieser Fragestellungen als Optimierungsproblem einen sehr effizienten mathematischen Lösungsansatz. In diesem Zusammenhang kam es im vergangenen Jahr zur verstärkten Einarbeitung in die Methode der adjungierten Operatoren, die an folgendem Beispiel kurz erläutert werden soll.

Zur Bestimmung der Wärmeübergangszahl zwischen einer heißen Glaschmelze und der umgebenden Form wurden zeitabhängige Temperaturmessungen an einzelnen leicht zugänglichen Stellen im Glas und in der Form

vorgenommen. Der Wärmeübergangskoeffizient ist nun so zu bestimmen, dass der Abstand zwischen gemessenen und simulierten Temperaturwerten möglichst gering ist. Als Nebenbedingung muss das Temperaturfeld der Wärmeleitungsgleichung genügen. Die Suche nach der Wärmeübergangszahl kann dann als Optimierungsaufgabe mit Nebenbedingung formuliert werden. Mit Hilfe eines Lagrange-Ansatzes kann man sehr einfach einen Algorithmus herleiten, der neben der Lösung der Wärmeleitungsgleichung auch die Lösung einer dazu adjungierten Gleichung enthält.

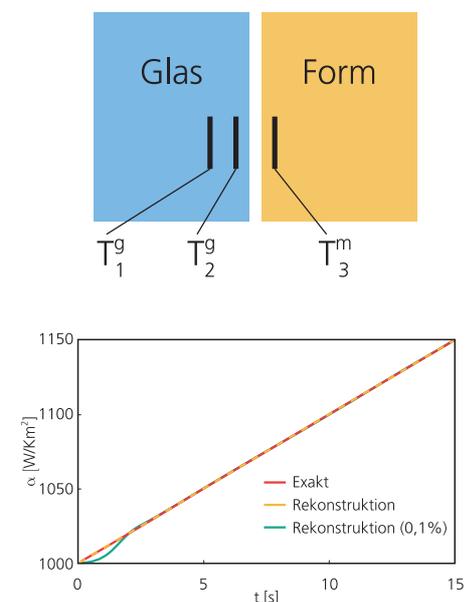
Neben der auf diesem Zugang beruhenden Bestimmung des Wärmeübergangskoeffizienten zwischen Glas und Form wurde der beschriebene methodische Ansatz auch auf Probleme in anderen Industrieprojekten erfolgreich

angewendet. Zu nennen sind hier die optimale Formung eines thermoelektrischen Flansches, die Regelung der Ofentemperatur zur Optimierung spezieller Glaseigenschaften sowie die Temperaturbestimmung im Inneren von heißen Materialien durch die Messung spezieller Oberflächeneigenschaften. Hauptpartner in diesen Projekten ist die Firma Schott Glas in Mainz.

Zukünftige Aktivitäten werden insbesondere auf solche Probleme zielen, bei denen Wärmeleitung mit Wärmestrahlung gekoppelt ist.

Die Thematik »Simulation und Regelung« wird durch Dr. Jan Mohring (Tel.: 06 31/2 05-38 86) abgedeckt. Dr. Norbert Siedow (Tel.: 06 31/2 05-41 26) arbeitet schwerpunktmäßig im Bereich »Optimierung und Inverse Probleme«.

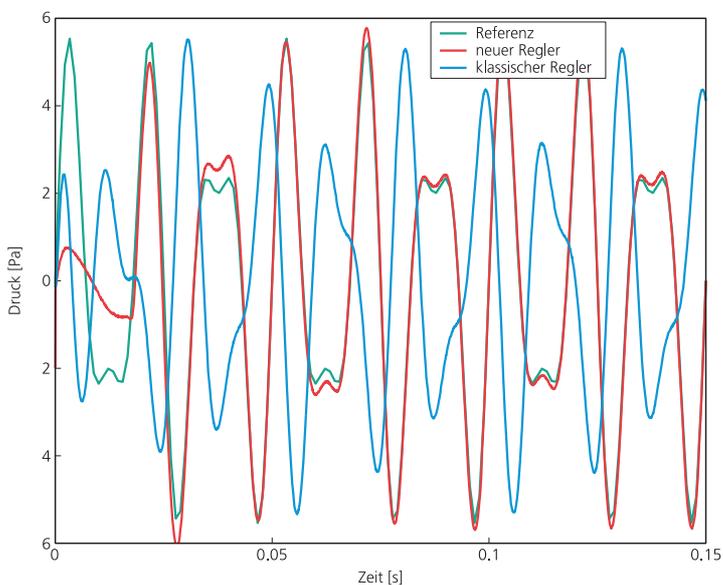
Rekonstruktion des zeitabhängigen Übergangskoeffizienten beim Gießen von Glas: Die obere Abbildung zeigt den schematischen Aufbau mit drei Messpunkten im Glas und der Form, die untere Abbildung den rekonstruierten Übergangskoeffizienten im Vergleich zum exakten Wert. Abweichungen sind nur am Anfang zu erkennen.



Das hier vorgestellte Projekt wurde in enger Zusammenarbeit mit der Firma KS-Beschallungstechnik durchgeführt, einer der ersten Adressen für Profilautsprecher. Mit großem Erfolg setzt das Unternehmen bereits heute digitale Signalprozessoren (DSP) ein, um Mittel- und Hochtöner mit einzigartiger Klangtreue auszustatten. Die dabei benutzten Filter greifen auf die im Speicher hinterlegte Impulsantwort des Lautsprechers zurück. Diese Technik ist nicht auf Basslautsprecher übertragbar: Hohe Leistung bei tiefen Frequenzen erfordert eine große Membranauslenkung oder kaum gedämpfte Gehäuseresonanzen. Beides bewirkt langes Nachschwingen und nichtlineare Effekte wie die überproportionale Abstrahlung von Obertönen bei Leistungserhöhung (Klirren). Ziel des gemeinsamen FuE-Projekts war die Kompensation derartiger Effekte, zum einen durch ein neuartiges, per DSP realisierbares Regelungskonzept und zum anderen durch simulationsbasierte Optimierung der Gehäuseform.

Aufgabe des Reglers ist es, die Spannung an der Schwingspule so zu setzen, dass einerseits der abgestrahlte Schalldruck dem Eingangssignal (z. B. CD) möglichst genau folgt und andererseits die elektrische und mechanische Belastung unkritisch bleibt. Kontrolltheoretisch handelt es sich also um das Problem einer optimalen Nachführung. Die gebotene Qualität dieser Nachführung, die ausgeprägte nichtlineare Eigendynamik eines Bassreflexlautsprechers und die Echtzeitberechnung stellen eine Herausforderung dar, der selbst Regler nicht gerecht werden, die speziell für nichtlineare Systeme entwickelt wurden. So sieht z. B. das Prinzip der Feedback-Linearisierung (Mirror Filter) keinen Mechanismus zur Energiebegrenzung vor.

Das am Fraunhofer ITWM entwickelte Konzept verallgemeinert das Prinzip der optimalen linearen Ausgangsrückführung. Basis ist ein nichtlineares Zustandsraummodell des Lautsprechers. Es beschreibt, wie sich dessen Zustandsgrößen, z. B. Strom oder Membranauslenkung, mit der Steuerspannung ändern. Insbesondere erlaubt es, den Schalldruck als Funktion von Steuerspannung und Anfangszustand vorherzusagen. Diese Vorhersage lässt sich mit einem einige Millisekunden vor-



Simuliertes Einschwingverhalten des Prototyps bei neuer Regelung und bei klassischer Linearisierung des Amplitudenfrequenzgangs

weggenommenen Abschnitt des Eingangssignals vergleichen. Die Steuerungspannung wird schließlich so gewählt, dass einerseits diese Abweichung und andererseits die im Lautsprecher gespeicherte Energie möglichst klein bleiben. Das zentrale Problem liegt darin, die auftretenden Differenzialgleichungen und Optimierungsprobleme symbolisch so zu approximieren, dass die gesuchte Spannung als Polynom in Anfangszustand und Eingangssignalen vorliegt. Dies gelingt durch unkonventionelle Kopplung von Computeralgebra und asymptotischer Analysis.

Um das Regelungskonzept einfach auf einem DSP umsetzen zu können, wurde am Fraunhofer ITWM ein Programmpaket erstellt, das alle nötigen Arbeitsschritte automatisiert, von der Identifikation des nichtlinearen Zustandsraummodells aus Messungen bis hin zur Ausgabe der Polynomkoeffizienten, die den Regler ausmachen. Gegenwärtig ist die Hardware-Einbindung des DSP noch nicht abgeschlossen. Verhält sich der geregelte Basslautsprecher wie in der Simulation, dann wird die Klangtreue der im Mittel- und Hochtonbereich erreichten nicht nachstehen und so die Produktlinie von KS-Beschallungstechnik abgerundet.

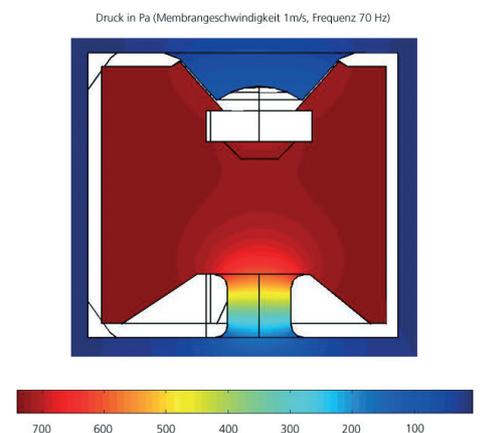
Im zweiten Forschungsschwerpunkt ging es darum, eine Gehäusegeometrie zu finden, die bereits von sich aus störendes Klirren unterdrückt. Dieses nichtlineare Phänomen lässt sich mit kommerzieller Akustiksoftware nicht simulieren, da diese auf der linearen Helmholtz-Gleichung gründet. Am Fraunhofer ITWM wurde daher eine Approximation der Euler-Gleichungen abgeleitet, die die Membranauslenkung in zweiter Ordnung berücksichtigt. Es zeigt sich, dass sowohl Orte hohen Drucks als auch Gebiete, über denen sich die Geschwindigkeit rasch ändert, Quellen störender Obertöne sind. Die neuen Gleichungen wurden unter Femlab implementiert, einem kommerziellen Finite Elemente-Paket. Die nichtlineare Schallfeldsimulation entlarvt insbesondere nicht hinreichend abgerundete Enden des Reflexrohrs als störend. Dies ist seit langem bekannt, kann nun aber auch quantitativ erfasst werden. Der numerische Zusatzaufwand gegenüber einer linearen Akustiksimulation ist gering; lediglich eine weitere inhomogene Helmholtz-Gleichung ist zu lösen.

Dieser Lautsprecher wurde speziell darauf ausgelegt, bei hoher Leistung nicht zu klirren. Die Simulation zeigt, dass dank der speziellen Einbettung des Bassreflexrohrs (Mitte unten) die ersten und zweiten Ableitungen des Drucks an keiner Stelle zu groß werden. Entsprechend der nebenstehenden Formel ist damit die wesentliche Quelle des Klirrens ausgeschaltet.

$$\begin{aligned}
 P &= \rho_0 c^2 \left\{ \varepsilon \frac{1}{2} (p_1 e^{i\tau} + \bar{p}_1 e^{-i\tau}) \right. \\
 &\quad \left. + \varepsilon^2 \left(\frac{1}{2} (p_2 e^{2i\tau} + \bar{p}_2 e^{-2i\tau}) + q_2 \right) \right\} \\
 &\quad + O(\varepsilon^3) \\
 (\Delta + l)p_1 &= 0 \\
 (\Delta + 4l)p_2 &= (\gamma - \frac{1}{2})p_1^2 + \frac{3}{2} \sum_{i,j=1}^3 \left(\frac{\partial^2 p_1}{\partial \xi_i \partial \xi_j} \right)^2 \\
 4q_2 &= |q_1|^2 + \sum_{i=1}^3 \left| \frac{\partial p_1}{\partial \xi_i} \right|^2
 \end{aligned}$$

P: Druck, $\tau = \omega T$, $\xi = \frac{x}{c}$, c : Schallgeschwindigkeit,
 γ : Adiabatenexponent, ε : Membranauslenkung

Verallgemeinerte Helmholtzgleichung

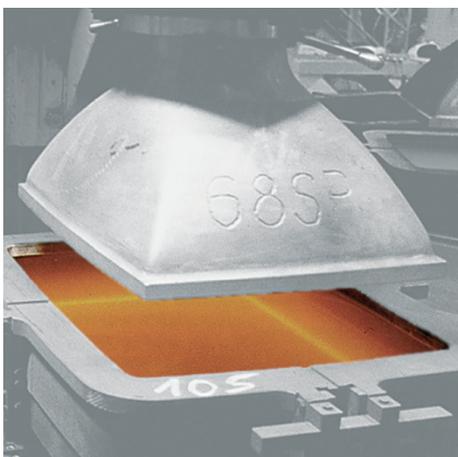




Strahlungstransport

Die Arbeiten zum Strahlungstransport am Fraunhofer ITWM haben ihren Ausgangspunkt in einem konkreten Anwendungsproblem der Firma Schott: die Abkühlung von Glas. Glaseigenschaften wie der Brechungsindex und Glasqualität hängen von diesem Abkühlvorgang entscheidend ab. Für semitransparente Materialien führt die Kopplung von Wärmeleitung und Wärmestrahlung auf ein komplexes Problem: Die Wärmeleitungsgleichung ist um einen Flussterm zu erweitern, der die Strahlung beschreibt. Weil darüber hinaus die Temperatur von Zeit und Raum und die Strahlung zudem von Richtung und Frequenz abhängt, hat man es mit einem siebendimensionalen, partiellen Integrodifferenzialgleichungssystem zu tun. In der Vergangenheit wurden numerische Methoden entwickelt, die eine effiziente Simulation realistischer Probleme gestatten.

Im letzten Jahr wurden die Arbeiten im Strahlungsbereich ausgeweitet. Zum einen wurde Strahlung mit Fragen der Parameteridentifikation und optimalen Steuerung verknüpft. Dabei ging es um die Bestimmung des temperaturabhängigen Wärmeübergangskoeffizienten während des Abkühlens von Glas und um die optimale Steuerung eines Ofens während des Annealingprozesses. Zum anderen wurden die Forschungsaktivitäten auf andere Materialien und Anwendungsbereiche ausgedehnt. Im abteilungsübergreifenden Projekt »RadioPlan« des BMBF-Programms »Leben und Arbeiten in einer vernetzten Welt« geht es um die intensitätsmodulierte Strahlentherapieplanung (siehe auch die Beiträge der Abteilungen OPTIMIERUNG und MODELLE UND ALGORITHMEN IN DER BILDVERARBEITUNG auf S. 88 und S. 63). Teilaufgabe ist hier die Entwicklung eines effizienten Moduls zur Dosisberechnung. Im Rahmen eines Projekts der »Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation« werden parallel dazu effektive numerische Verfahren für andere stark streuende Medien, wie beispielsweise undurchsichtige Gläser oder Keramiken, entwickelt.



Heißes Glas in der Form wurde zu einem TV-Schirm gepresst und befindet sich nun in der Abkühlphase.
© Schott Glas Mainz

Kontakt

Dr. Raimund Wegener
Abteilungsleiter

+49 (0) 6 31/2 05-39 26
wegener@itwm.fhg.de



Stehend (v.l.n.r.): Dr. Dietmar Hietel, Dr. Raimund Wegener, Dr. Robert Feßler, Dr. Jörg Kuhnert,
Dipl.-Math. Rainer Keck, Dipl.-Math. Christian Schick, Dr. Hartmut Hensel, Dr. Jan Mohring
Sitzend: Dipl.-Ing. Sergej Antonov, Dr. Sudarshan Tiwari, Dipl.-Math. Peter Schlosser
Nicht im Bild: Dr. Marco Günther, Dr. Norbert Siedow, Dipl.-Math. Markus von Nida



Strömung in komplexen Strukturen

Die Abteilung STRÖMUNG IN KOMPLEXEN STRUKTUREN entwickelt mathematische Modelle und adäquate numerische Methoden zur Simulation und Optimierung vorwiegend strömungsdynamischer Prozesse in komplexen Anwendungen. Die im letzten Jahr herausgebildeten Schwerpunkte

- Simulation poröser Materialien,
- Virtuelles Materialdesign,
- Füll- und Gießprozesse,
- Hochwasser- und Risikomanagement und
- High Performance-Computing und Visualisierung

konnten im Jahr 2001 gezielt um notwendige Kompetenzen erweitert und auf neue Anwendungen ausgedehnt werden, so dass sich für das kommende Jahr ein deutliches Wachstum der Abteilung abzeichnet.

Eine rege Nachfrage an Simulations- und Auslegungswerkzeugen ist in der Filterbranche zu verzeichnen. Die Verbindung der Kompetenzen aus den Bereichen »Simulation poröser Medien« und »Virtuelles Materialdesign« in den porösen Filtermedien zeigt hier entscheidende Marktvorteile. Darüber hinaus wurden die Forschungsaktivitäten im Bereich »Virtuelles Materialdesign« verstärkt, um die zugrundeliegende Technologie der Mikrostruktursimulation auf weitere Materialklassen und wichtige Materialeigenschaften zu erweitern.

Der auf der Lattice-Boltzmann-Methode basierende Strömungscode ParPac wird kontinuierlich weiterentwickelt und ist für die Berechnung der auftretenden Strömungen in dreidimensionalen komplexen Geometrien unverzichtbar.

Die Gießereisimulation entwickelt sich über die Auslegung des Gießprozesses hinweg zu einem Werkzeug zur Vorhersage lokaler Eigenschaften von Gussteilen und ermöglicht so eine virtuelle Prüfung der Gussteile im Bauteil. Aktuelle Fragestellungen sind die Faserorientierung beim Kunststoffspritzguss und Spannungs- und Verzugsanalyse.

Die Methoden des Hochwasser- und Risikomanagements finden ihre konkrete Anwendung in der Analyse der extremen Starkregenereignisse der letzten Jahre in Kaiserslautern. Die Ausdehnung des Anwendungsbereichs auf Katastrophenfälle ist durch die Ereignisse am 11. September 2001 verstärkt worden.

Der Schwerpunkt »Parallel Computing und Visualisierung« entwickelt sich rasant zu einem über die Abteilung hinausgehenden eigenständigen Arbeitsgebiet des Instituts. In diesem Jahr begannen die Arbeiten zum Aufbau eines Fraunhofer-Grids zur gemeinsamen Nutzung von Soft- und Hardware-Ressourcen in der Fraunhofer-Gesellschaft (s. S. 99).



Simulation poröser Materialien

Poröse Materialien und ihre Anwendungen

Werkstoffe, bei denen Porosität einen Schlüssel zur Vermittlung anwendungsrelevanter Eigenschaften darstellt, sind in vielen technischen Anwendungen verbreitet. Porengröße und Porengrößenverteilung, Porenform und Porenvolumen sind entscheidende Kenngrößen für Oberflächen- und Tiefenfilter. Offenporige Werkstoffe wie Vliese, Schäume und Gestricke bieten innere Oberflächen für Stoff- und Wärmeaustausch mit durchströmenden Medien, z. B. in Katalysatorträgern. Die Auswahl und Auslegung geeigneter poröser Werkstoffe im technischen Einsatz geschieht allerdings bisher meist aufgrund von Erfahrungen und experimentellen Untersuchungen. Mit unseren Kompetenzen im Bereich der Mikrostruktursimulationen (siehe Abschnitt »Virtuelles Materialdesign«) und der makroskopischen Modellierung poröser Medien entwickeln wir Softwaretools, die Firmen bei der Materialauswahl und Produktauslegung unterstützen.

Mathematische Modelle und Methoden

Aufgrund der Komplexität von Strömungen in porösen Medien finden bei der Simulation verschiedene physikalische Modelle und mathematische Methoden ihre Anwendung. Gewöhnlich basiert die Modellierung von Strömungen in porösen Medien auf dem Gesetz von Darcy. In bestimmten Fällen wird jedoch auch das Brinkman-Modell verwendet (z. B. im Falle hoher Porosität oder bei Berücksichtigung der Auswirkungen fester Ränder). Algorithmen für die Forchheimer-Erweiterung des Darcy-Gesetzes (für den Fall von Strömungen mit hoher Geschwindigkeit) sind derzeit in der Entwicklung. Strömungen von Newtonschen und Nicht-Newtonschen Fluiden (Polymere, Schweröle etc.) können simuliert werden, wobei auch die Verformung der porösen Medien und die Wechselwirkung mit der Strömung berücksichtigt werden können. Auf der Basis langjähriger Erfahrung im Bereich von gesättigten (Einphasenströmung) und ungesättigten Strömungen (Zweiphasen-

Detaillierte Simulation von Strömungen durch Filter

strömung, konstanter Druck in der zweiten Phase) dehnen sich die Forschungsarbeiten seit kurzem auch auf den Bereich der Mehrphasenströmungen aus. Es werden spezielle Methoden für die Simulation von gekoppelten Strömungen in rein flüssigen Phasen und in porösen Medien entwickelt. In einigen Fällen komplexer Geometrien finden moderne Methoden wie die Fictitious-Domain- oder die Level-Set-Methode Anwendung. Für eine Verkürzung der Rechenzeit sorgen Mehrgitter- und adaptive Verfeinerungsmethoden.

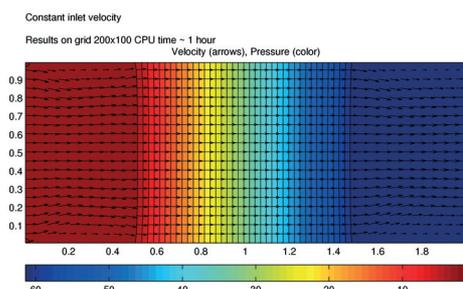
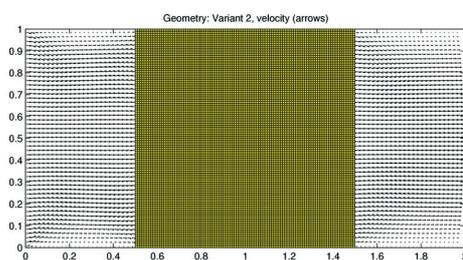
Die folgenden Beispiele sollen einen Eindruck davon vermitteln, wie die Kompetenzen der Forschungsgruppe bei besonderen Problemen in Industrie und Forschung angewandt werden.

Die Projekte der Gruppe »Simulation poröser Materialien« werden von Dipl.-Math. Stefan Rief (Tel.: 06 31/3 03-18 13), Dr. Oleg Iliev und Dr. Aivars Zemitis bearbeitet.

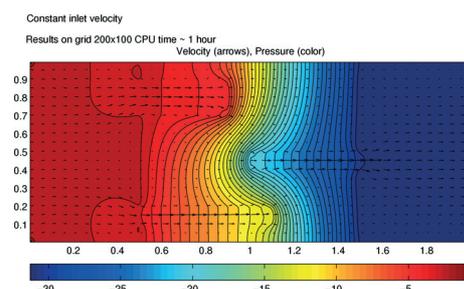
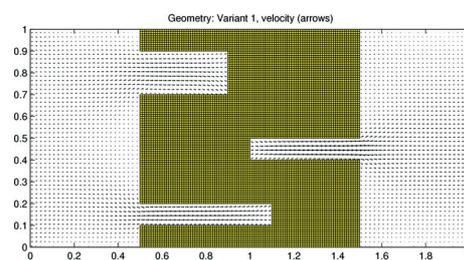
Filter finden in der heutigen Industrie breite Anwendung. Einige Filter arbeiten dabei rein mechanisch (z. B. Partikelfilter für Öl), bei anderen dagegen finden chemische oder biologische Reaktionen statt (z. B. Katalysatoren für Autos, Trinkwasserfilter etc.). In allen Fällen hängt die Leistung des Filters stark von der Art der Strömung durch den Filter ab. Am Fraunhofer ITWM werden Modelle und Algorithmen für die Simulation solcher Strömungen erarbeitet. Für Filterhersteller befinden sich derzeit spezielle Softwarelösungen in der Entwicklung.

Bei der Abgasreinigung moderner Autos werden die Abgase durch poröse Medien aus katalytisch aktiven Metallfasern geleitet. Am Fraunhofer ITWM wird, in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IFAM in Dresden, die Form dieser katalytischen Medien optimiert. Ziel ist das Design einer Form, bei der

die Reinigungsleistung bei möglichst geringem Druckabfall konstant gehalten wird. Während am IFAM die entsprechenden Laborexperimente stattfinden, führt das ITWM die numerische Simulation durch. Am ITWM wurden numerische Algorithmen und Software zur Berechnung der Geschwindigkeits- und Druckfelder im Rohr (d. h. vor, innerhalb und hinter dem porösen katalytischen Medium) entwickelt.



Dimensionless pressure drop for Geometry 2: ~ 60



Dimensionless pressure drop for Geometry 1: ~ 30

In einem scheibenförmigen Filter soll der Druckabfall minimiert werden, ohne die Filterqualität zu verringern. Dazu wird die Form verändert: In die poröse Scheibe werden am Ein- und Ausfluss kleine Löcher angebracht, deren Ort, Anzahl und Größe variiert werden kann. Die oberen Bilder zeigen die Form, die unteren die Geschwindigkeit (angedeutet durch die Länge der Pfeile) und die Druckverteilung (Farbskala) im Filter, links vor und rechts nach der Optimierung.

Modellierung von Mehr- phasenströmungen in porösen Medien

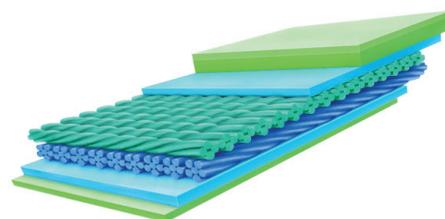
Effiziente Algorithmen zur Modellierung solcher Strömungen basieren üblicherweise auf einer Umwandlung nichtlinearer partieller Differenzialgleichungen in eine besser geeignete Form, beispielsweise durch das Mehrphasen-Misch-Modell (MMM) oder das Global-Pressure-Modell (GPM). Am Fraunhofer ITWM werden numerische Algorithmen und Software zur Lösung des transformierten Gleichungssystems entwickelt. Nach einer Test- und Bewertungsphase sollen diese Methoden bei der Simulation industrieller Probleme Anwendung finden.

Die Papiermaschine steht mit ihren gewaltigen Dimensionen von bis zu elf Metern Breite und 200 Metern Länge im Mittelpunkt der Papierherstellung. Bestehend aus Sieb-, Pressen- und Trockenpartie wird in ihr aus einer Papierfasersuspension das fertige Papier hergestellt. Die entscheidenden Prozesse sind dabei die Blattbildung, die hauptsächlich in der Siebpartie stattfindet, und die effiziente Trocknung der Fasersuspension.

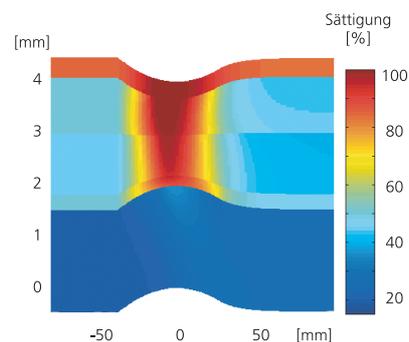
Das Fraunhofer ITWM hat bisher für die Thomas Josef Heimbach GmbH & Co. den Entwässerungsprozess in der Pressenpartie untersucht. Es wurden Modelle für die elastischen und strömungsdynamischen Prozesse entwickelt. Mittels eines hier entwickelten Computerprogramms ist es möglich, nach Eingabe der entscheidenden Prozessparameter die Entwässerungsleistung verschiedenster Pressen- und Filzkonfigurationen zu berechnen. Damit werden einerseits Kosten bei der Entwicklung gespart, andererseits ist aufgrund der kurzen Rechenzeit auch eine gezielte Filzoptimierung mittels intensiver Parameterstudien durchführbar. Auf der Suche nach dem »idealen Filz« bietet dieses Vorgehen einen klaren Wettbewerbsvorteil.

Weitere Entwicklungen

Um die weiteren Entwicklungen besser an die Bedürfnisse und Anforderungen der Firmen anzupassen, haben wir gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten IZFP, ISE und IKTS eine Fragebogenaktion durchgeführt. Befragt wurden Unternehmen der Automobil- und Textilindustrie, der Umwelt- und Energiebranche, der keramischen Industrie und der Baubranche. Es zeigte sich deutlich, dass das wichtigste Anwendungsgebiet Filter sind. Wir werden uns daher in Zukunft vermehrt mit Anwendungen der Methoden im Bereich der »Filtration« beschäftigen.



Schematischer Schichtaufbau eines modernen Entwässerungsfilzes (© Heimbach)



Simulation eines Walzenpressspalts:
Zu sehen ist die Fluidverteilung (Sättigung)
in Filzschichten und Papier (ganz oben).



Virtuelles Materialdesign

Moderne Werkstoffe und daraus hergestellte Bauteile sind multifunktional, erfüllen also gleichzeitig verschiedene Anforderungen. Strömungswiderstand, Kapillardruck, Filterwirkung (Tropfen und Partikel), akustische Schalldämpfung, Wärmeleitfähigkeit und Wärmedämmung, Steifigkeit, Festigkeit und Lebensdauer sollten alle gleichzeitig berücksichtigt werden. Für ein Material werden im »Virtuellen Materialdesign« (VMD) möglichst viele dieser Eigenschaften simuliert und unter Beachtung ihrer Abhängigkeiten optimiert.

Das ITWM ist in der Lage, die verschiedenen physikalischen Vorgänge zu modellieren und gekoppelt zu simulieren. Moderne mathematische Methoden wie Homogenisierung, Lattice-Boltzmann-Verfahren, Randlement- und Level-Set-Methoden werden weiterentwickelt und in Industrieprojekten eingesetzt. Darüber hinaus erfordern die Computermodelle den Umgang mit sehr großen Datenmengen. Diese fallen bei der Abbildung existierender Werkstoffe und bei Modellen von Werkstoffen an. Also müssen Ressourcen wie Parallelrechner oder Grid-Computing genutzt werden. Zum besseren Verständnis müssen Vorgänge visualisiert werden und Ergebnisse in kundenverständliche Größen oder für die weitere Nutzung in Prozesssimulationen umgewandelt werden.

Um die Forschungsrichtung mit Industriebedürfnissen abzugleichen, wurde vom ITWM eine Marktstudie mit Umfrage und Workshop durchgeführt. Von 121 Firmen aus verschiedenen Branchen (Automobil, Textil, Umwelt, Energie, etc.) setzen bisher nur wenige Simulationen zur Materialauslegung ein, aber zwei Drittel beabsichtigen, dies in Zukunft zu tun. Das größte Marktpotenzial liegt bei strömungs- und strukturmechanischen Eigenschaften. Daher setzt das ITWM hier die zukünftigen Schwerpunkte des VMD.

Durch VMD werden bereits die Schalldämpfung von Stapelfaservliesen verbessert, Benetzungseigenschaften von Ölfiltern variiert, Festigkeit und Partikelfiltereigenschaften von Keramikschaumen untersucht und Parameterstudien zu geschichteten Materialien, unterschiedlichen Materialdichten, unterschiedlichen Mikrogeometrien sowie auch zur effektiven Steifigkeit durchgeführt.

Der Kompetenzbereich »Virtuelles Materialdesign« wird von PhD Andreas Wiegmann (Tel.: 06 31/3 03-18 24), PD Dr. Heiko Andrä, PD Dr. Arnulf Latz und Dr. Doris Reinel-Bitzer abgedeckt.

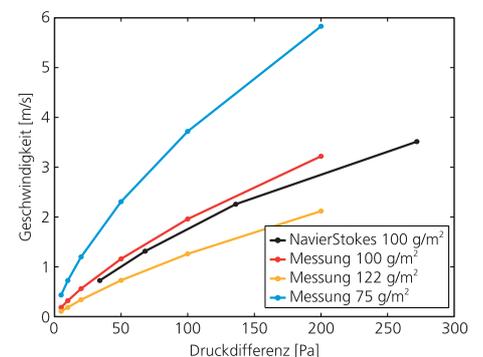
Wärmeleitfähigkeit von Glaswolle

Neue Wärmeschutzverordnungen erfordern die Herstellung immer besserer Dämmmaterialien. Für die Pfeleiderer AG wurde eine Studie der Wärmeleitfähigkeit verschiedener Glaswollen durchgeführt. Ziel war es, die Materialkosten zu minimieren. Die Glaswollen unterscheiden sich durch ihre Faserradienverteilungen, den Glasanteil und die Orientierung der Fasern. Durch Strömungssimulationen in mikroskopischen Modellen wurde die Durchlässigkeit der Glaswollen berechnet. Aus experimentellen Messungen wurde ein Zusammenhang zwischen der Wärmeleitfähigkeit und der Durchlässigkeit bestimmt. So konnten Eigenschaften der Glaswolle festgelegt werden, die für Dämmeigenschaften besonders günstig sind. Derzeit wird der Herstellungsprozess so verändert, dass Glaswollen mit verbesserten Eigenschaften produziert werden können. Hierbei leisten Prozesssimulationen wichtige Hilfestellungen.

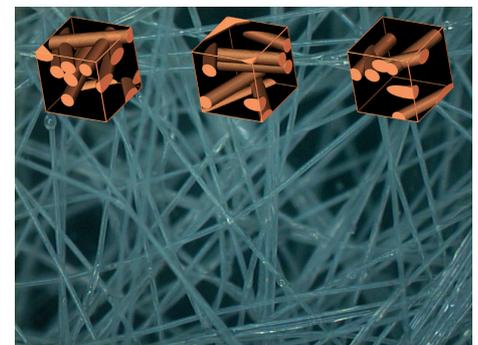
Im Rahmen eines durch die »Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation« geförderten Projektes werden Wärmeleitfähigkeiten in Mikrostrukturen auch direkt berechnet.

Strömungswiderstand von Vliesen

Der mittlere Luftstrom durch drei sehr dünne Vliese verschiedener Flächengewichte wurde für unterschiedliche Luftdruckdifferenzen gemessen und simuliert. In die Simulation der Vliese gehen gemittelte Kenngrößen wie Porosität, Faserradien und Faserrichtungsverteilung ein. Die exakte Lage der Fasern ist jedoch zufällig gewählt, so dass in der Simulation genau wie im echten Vlies Variationen der mikroskopischen Vliesgeometrie möglich sind (s. untere Abbildung). Die schwarze Kurve der Grafik zeigt die Ergebnisse der Berechnungen für das mittlere Flächengewicht. Die Ergebnisse für die simulierte Vliesgeometrie, gewonnen ohne Kenntnis der Messergebnisse, stimmen gut mit der Messung an der echten Mikrostruktur überein (Vergleich der roten mit der schwarzen Kurve).



Simulation des Strömungswiderstands von Vliesen: Die schwarze Kurve zeigt die Ergebnisse der Berechnungen für das mittlere Flächengewicht.



Mikroskopische Aufnahme eines dünnen Spinnfaservlieses der Firma Freudenberg und Variationen der Vliesgeometrie

Integrierte Produktpolitik (IPP) für Formpressteile im Automobilbau

Mit der Orientierung am gesamten Lebensweg eines Produkts von der Herstellung über die Nutzungsphase bis zur Entsorgung setzt IPP an den Schwachstellen bisheriger Produkte an, indem bei der Produktentwicklung neben der nachhaltigen Erfüllung der Funktionalität zusätzlich die Umweltauswirkungen über den gesamten Lebensweg berücksichtigt werden. IPP zielt auf eine stetige Verbesserung der Qualität von Produkten hinsichtlich ihrer Wirkungen auf Mensch und Umwelt entlang des gesamten Produktlebenswegs.

Das Projekt wird vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen gefördert.

Die IPP-Anwendung

Die EU-Altautodirektive verlangt, dass in der Prozesskette der Verwertung mindestens 85 Prozent des Fahrzeuggewichts stofflich wieder verwendet werden. Formpressteile für den Fahrzeuginnenraum werden gegenwärtig jedoch aus Verbundwerkstoffen hergestellt, die schwer stofflich zu trennen sind. Bei der Entwicklung von Formpressteilen aus sortenreinen, stofflich wieder verwertbaren Materialien ermöglicht das Fraunhofer ITWM IPP-gerechtes Handeln durch Computersimulationen, die das virtuelle Optimieren über viele Materialvariationen erlauben.

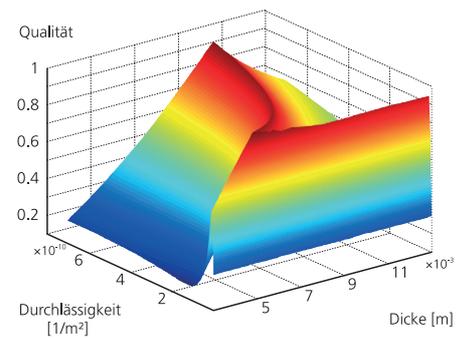
Auch die Auto-Zulieferfirmen Sandler und Faurecia sind Partner beim IPP-Projekt. Links ist eine Fertigungsstraße für Stapelfaservliese bei Sandler zu sehen, rechts ein Rollenprüfstand der Firma Faurecia, in dem der Geräuschpegel bei der Vorbeifahrt gemessen wird.

Das Akustikdesign

Die Struktur von Vliesmaterialien für Formpressteile wird über stochastische Faserparameter (Dichte, Radius, Orientierung) in einem Computermodell erfasst. Zuerst wird mit ParPac (s. S. 44) der Strömungswiderstand dieser Strukturen berechnet. Daraus werden mit AKUDICT die akustischen Eigenschaften der Vliese ermittelt. Daraus wiederum werden mit der statistischen Energieanalyse die akustischen Eigenschaften des Formpressteils simuliert. Diese drei Simulationsschritte werden umgekehrt zum Akustikdesign: Aus der gewünschten Fahrzeuginnenraumakustik werden die Struktureigenschaften der Vliese berechnet.

Der Nutzen

Rechnergestützte Simulationstechniken vermeiden lange Entwicklungszeiten und kostenintensiven Prototypenbau. Die akustische Wirksamkeit wird erhöht und führt zu einem angenehmeren Fahrgefühl. Der Stoffkreislauf Rohstoff – Faser – Formpressteil – Rohstoff wird durch den Einsatz sortenreiner Werkstoffe geschlossen. Die Gewichtsreduzierung verringert den Kraftstoffverbrauch.



Qualität der akustischen Absorption von Stapelfaservliesen unter Variation der Dicke und des Strömungswiderstandes: Der Wert 1 bedeutet, dass die berechnete Absorption mit der gewünschten Absorption exakt übereinstimmt; kleinere Werte bedeuten schlechtere Übereinstimmung.



ParPac: Parallele Partikelcodes für industrielle Anwendungen

Grundlage von ParPac ist ein Multirelaxations-Schema (GLB), das von der Lattice-Boltzmann-Gleichung (LB) abgeleitet ist. Die Idee dieses Verfahrens besteht darin, makroskopische Gleichungen wie die Navier-Stokes-Gleichungen durch Simulation einer vereinfachten Teilchenkinetik zu lösen. Das Verfahren wird durch Wahl eines Satzes diskreter Teilchengeschwindigkeiten, einer Gleichgewichtsverteilung und eines Stoßoperators spezifiziert. Die makroskopischen Transportkoeffizienten werden anhand der Eigenwerte des Stoßoperators eingestellt.

Das Grundmodul von ParPac enthält einen vollständig parallelisierten 3-D-Stokes- bzw. Navier-Stokes-Löser für inkompressible bzw. schwach kompressible Strömungen. Spezielle Stoßoperatoren ermöglichen eine nahezu exakte Lokalisierung der Wände, so dass sich selbst komplexe 3-D-Geometrien (s. »Virtuelles Materialdesign«) effizient behandeln lassen. Im Falle stationärer Strömungen relaxiert das Verfahren schnell. Für das Zweiphasenmodul wird ein verbesserter »Immiscible Lattice-Boltzmann-Algorithmus« verwendet, um die bisherige Fehlerhaftigkeit an Phasengrenzen zu senken. Bei großer Phasen-Disparität wird die Strömung als Einphasenströmung mit freier Oberfläche simuliert. Die neu entwickelte und zum Patent eingereichte Methode ist bezüglich komplizierter Oberflächentopologien sehr robust, da die Grenzfläche nicht geometrisch konstruiert wird, sondern sich aus den Po-

pulationsverteilungen ergibt. Es werden u. a. Füllsimulationen mit Nicht-Newton'schen Fluiden (z. B. Kunststoffen) durchgeführt. In Anlehnung an stabilisierende Verfahren werden alle Komponenten des Spannungstensors lokal aus den Nicht-Gleichgewichtsanteilen der Populationen berechnet. Auch die Temperaturbilanz lässt sich durch Einkoppeln eines Zusatzmoduls mit berücksichtigen.

Aktuelle Entwicklungen

Sowohl die algorithmische wie die softwaretechnische Weiterentwicklung von ParPac werden im Rahmen eines DFG-Projekts (»Die verallgemeinerte LB-Methode für freie Randwertprobleme und Mehrphasenströmungen«) und eines BMBF-Projekts (»Adaptive Gittersteuerung für LB-Verfahren zur Simulation von Füllprozessen im Gießereibereich«, in Zusammenarbeit mit Prof. Dörfler von der Universität Karlsruhe) fortgeführt. Während eines mehrmonatigen Forschungsaufenthalts unterstützte Prof. Dominique d'Humières (ENS, Paris) die Forschungsarbeiten im Bereich der Genauigkeits- und Stabilitätsanalyse. Da der reine GLB-Algorithmus von zweiter Ordnung ist, verliert das Verfahren wegen der Standardreflexions-Randbedingungen, die erster Ordnung sind, erheblich an Exaktheit. Die neuen Multireflexions-Randbedingungen bieten eine Alternative zur Behandlung nicht-gitterangepasster, geneigter oder krummliniger Randflächen, welche

nicht mehr stufenförmig diskretisiert, sondern glatt aufgelöst werden. Bewegte Geometrien sind mit dieser Methode ebenfalls in ParPac realisiert. Die Simulation bewegter Partikel (Suspensionen) stellt ein wichtiges Einsatzbeispiel dar. In vielen Anwendungen bedingen heterogene geometrische Strukturen eine lokale Anpassung des Gitters, um gegebene Fehlertoleranzen zu unterschreiten. Anhand einfacher Strömungsbenchmarks wird getestet, wie sich Gitter unterschiedlicher Maschenweite aneinander koppeln lassen.

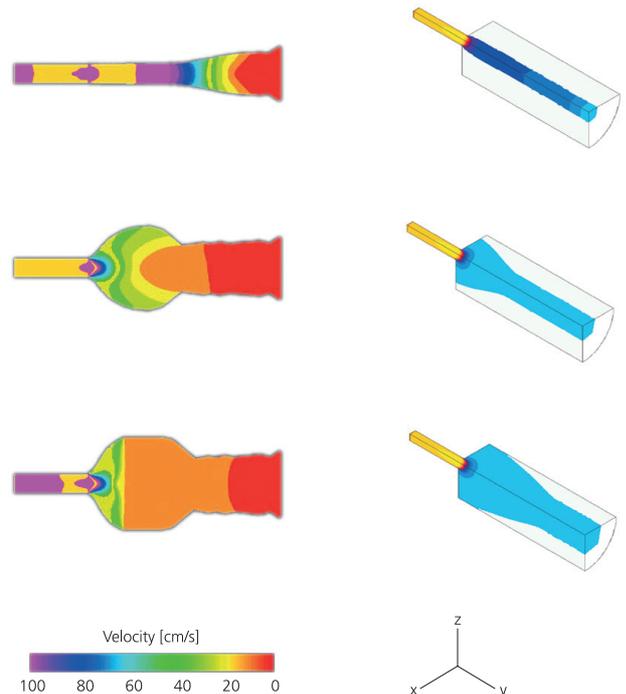
Aufgrund der vielfältigen Erweiterungen von ParPac ist eine Überarbeitung und Anpassung der verwendeten softwaretechnischen Datenstrukturen notwendig. Ein spezielles Interface soll dem Benutzer darüber hinaus die Möglichkeit geben, die Berechnungen während der Laufzeit zu steuern und eine direkte Visualisierung anzubinden.

Industrielle Anwendungsgebiete

Mit ParPac lassen sich besonders 3-D-Strömungsprobleme in komplexen Geometrien berechnen. Die Mikrostruktursimulation (siehe »Virtuelles Materialdesign«) ist hierfür beispielhaft. Ebenso lassen sich Zweiphasenströmungen mit ausgeprägten Kapillareffekten und stark variierender dynamischer Viskosität berechnen. Ein Modul zur Behandlung freier Oberflächen erlaubt es, Füllsimulationen für verschiedenste Fluide durchzuführen. So ist es möglich, Füllprozesse Nicht-Newtonscher Fluide wie viskoplastische Legierungen und Kunststoffe zu simulieren. Die Temperaturbilanz kann durch Ankoppeln eines Zusatzlösers mit berücksichtigt werden. Die Simulation des Abkühlens von Spinnfäden in Blasschächten ist ein Beispiel für die Möglichkeit der Fluid-Struktur-Interaktion mit ParPac.

Der ParPac-Code wird von Dr. Irina Ginzburg (Tel.: 06 31/ 3 03-18 16), Dr. Peter Klein und Dr. Doris Reinelt-Bitzer weiterentwickelt.

Eine Füllsimulation eines viskoplastischen Fluids in 2-D (links) – die Farben zeigen die Geschwindigkeit in [cm/s] an: rot 0-15, gelb 15-25, grün 25-55, blau 55-90. Deutlich ist zu erkennen, wie sich im oberen Teil zunächst eine »Geschwindigkeitsblase« herausbildet, bevor die Form vollständig gefüllt ist. Dieselbe Simulation in 3-D (rechts) – Geschwindigkeitsskala [cm/s]: blau 0-32, rot 54-75, gelb > 107.





Simulation von Füll- und Gießprozessen

Der Bereich »Füll- und Gießprozesse« umfasst ein ausgedehntes Feld von Aktivitäten im Umfeld der Simulation von Prozessen beim Eisenguss und Kunststoffspritzguss.

Im Gießereibereich stand dabei im Jahr 2001 wieder verstärkt die Zusammenarbeit mit der Firma HegerGuss im Vordergrund. Das »virtuelle Gießen« im Computer umfasst standardmäßig die Berechnung der Füllung der Gussform und der anschließenden Erstarrung des Gussteils. Solche Simulationen gehören bei HegerGuss inzwischen zur Routine. Als erfahrener MAGMASOFT-Anwender unterstützt das ITWM die Firma HegerGuss sowohl durch Schulung von Mitarbeitern als auch durch Beratung in speziellen Fragen des Einsatzes der Simulationssoftware zur Lösung komplexer gießtechnischer Problemstellungen. Die Projektplanung für 2002 sieht

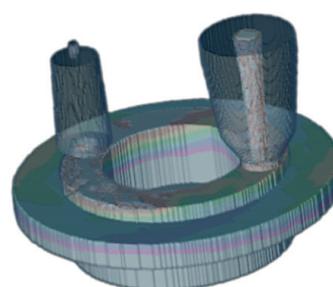
eine Erweiterung der Simulationsaktivitäten in Richtung der Einbindung der Spannungssimulation als Element der Prozesskette einer »erweiterten Gießsimulation« vor. Zum einen geht es dabei um eine an die Erstarrungssimulation anschließende Berechnung von Restspannungen und des Verzugs von Gussteilen. Derartige Berechnungen werden mit Hilfe der parallelisierten Version von MAGMASOFT auf dem PC-Cluster durchgeführt, da es sich bei den betrachteten Gussteilen vornehmlich um sogenannte »Strukturteile« handelt. Zum anderen beschäftigen sich HegerGuss und das ITWM im Rahmen eines öffentlich geförderten Forschungsprojekts mit dem Thema »Bio-Design« von Gussteilen. Durch Anwendung mathematischer Verfahren zur Strukturoptimierung wird es möglich, Maschinenbauteile so zu konstruieren, dass höher belastete Bereiche eines

Bauteils verstärkt und Material in weniger belasteten Bereichen abgebaut wird. Es bildet sich im Computer eine Form des Bauteils heraus, in der die Spannungen so gleichmäßig wie möglich verteilt sind. So lassen sich Bauteile entwerfen, die neben hoher Steifigkeit auch ein möglichst geringes Gewicht besitzen. Auch hier ist die Verbindung von Erstarrungssimulation und Spannungsberechnung mit anderen Softwaretools ein wichtiger Teil des gemeinsamen Forschungsvorhabens.

Die gemeinsamen Aktivitäten des ITWM mit der Firma MAGMA im Bereich Kunststoffspritzguss sind im Umfeld der Faserorientierungsberechnung für kurzfaserverstärkte Thermoplaste angesiedelt. Die Schwerpunkte der Projektplanung für das kommende Jahr liegen in der Erweiterung der Modellierung zur Verbesserung der Vorhersage der mechanischen Eigenschaften von Spritzgussteilen aus kurzfaserverstärkten Thermoplasten. Zunächst wird dabei die Berechnung der räumlichen Variation der Faserkonzentration im Verlauf der Formfüllung im Vordergrund stehen. Die durch die Faserorientierung verursachten anisotropen Materialeigenschaften werden ebenso wie die räumlich variierenden Werte der Faserkonzentration als Eingangsparameter für anschließende strukturmechanische Berechnungen verwendet.

Ein besonders interessantes Projekt ergab sich bei der Zusammenarbeit mit dem Aachener Künstler Prof. Benno Werth (s. S. 48), der sich u. a. mit dem Gießen von Bronzeskulpturen beschäftigt. Das von Benno Werth erfundene »Subtraktive Formverfahren« erlaubt ihm dabei die Gestaltung sehr komplexer Formen. Aus technischer Sicht bestand die Aufgabe des ITWM in diesem Projekt in der Simulation und Visualisierung des Gießprozesses einer von Werth geschaffenen Bronzeskulptur. Anders als bei der Simulation »konventioneller« Gießprozesse war jedoch hier die Formgeometrie nicht als CAD-Datensatz verfügbar. Daher musste zunächst die reale Geometrie der Form mit Hilfe von Bildverarbeitungsmethoden (hier Computertomographie, digitale Aufbereitung und Binarisierung der CT-Daten) in ein virtuelles Abbild im Computer übertragen werden. In dieser virtuellen Form wurden dann Formfüllung und Erstarrung der Skulptur – beides bleibt dem Betrachter im realen Prozess verborgen – simuliert und anschließend visualisiert.

Die Projektarbeiten im Bereich »Simulation von Füll- und Gießprozessen« werden von Dr. Joachim Linn (Tel.: 06 31/3 03-18 23), PD Dr. Heiko Andrä, Dr. Irina Ginzburg und Dr. Oleg Iliev durchgeführt.



Füllsimulation eines Flanschlagergehäuses (Füllstand)

Benno Werth: Mein Gussverfahren

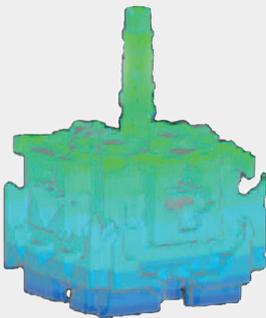
»Die gegossene Metallplastik ist nach den beiden bekannten Verfahren des Sandformgusses und des Wachs ausschmelzens streng genommen nicht nur eine Sache des gestalterischen Verstandes, sondern auch der technischen Durchführbarkeit. Metallgüsse waren bisher nur möglich, sofern ihnen ein Modell zugrundelag. Statik und Struktur des Modellmaterials (Gips, Wachs) sind eigener Art und beschränken die weitaus reichere natürliche Bildbarkeit des Metalls. So entwickelte ich das Negativformverfahren bzw. Subtraktivformverfahren. Ein solcher Direktguss macht es nötig, eine Plastik ausschließlich im Negativ zu konzipieren und zu schneiden.

Die negative Gussform wird man im Allgemeinen aus mehreren Teilen zusammensetzen. Schon hier gibt es die Möglichkeit, die einzelnen Formteile nach einem kompositionellen Plan an-

zuordnen. Stellt man die Einzelteile zum vollständigen Gussblock zusammen, muss sich eine Kontinuität der verzweigten Gusskanäle ergeben. Der Gusskanal bildet mit den Luftkanälen eine kommunizierende Röhre.

Das Negativformverfahren konkurriert nicht mit den bestehenden Techniken, sie haben ihre eigene Aufgabe. Aber es erweitert, indem es vom Modell befreit, den Formvorrat, der in der Natur des Metalls selbst liegt, und ermöglicht Formungen und Hinterschneidungen in beliebiger Komplexität, die mit anderen Gussverfahren nicht erreichbar sind. Dass Zweitgüsse so geformter Skulpturen ausgeschlossen sind, versteht sich von selbst.«

Leicht gekürzt aus: Benno Werth, »Ein neues Gussverfahren«, das kunstwerk, 6 - XVIII, Dezember 1964, S. 36



Für komplexe Bronzeskulpturen entwickelte der Künstler Benno Werth das »Subtraktive Formverfahren«. Im linken Bild ist die vom ITWM durchgeführte Simulation des Gussvorgangs zu sehen, im rechten die fertige Bronzeskulptur.



Hochwasser- und Risikomanagement

Aufgrund von Starkniederschlagsereignissen kommt es in Siedlungsgebieten oft zu Überlastungen der Entwässerungssysteme, die durch Hochwasser nahegelegener Flüsse noch verschärft werden. Die Folge sind hohe Schäden an Gebäuden und städtischer Infrastruktur. Aus dieser Situation ergeben sich eine Reihe von Problemkreisen, die Gegenstand von Untersuchungen im Bereich Hochwasser- und Risikomanagement sind:

- Aus- und Überlastung von Entwässerungssystemen einschließlich möglicher Fließwege an der Oberfläche,
- Schadensquantität und -qualität, z. B. in Abhängigkeit vom Wasserstand,
- rechnerischer Nachweis gesetzlicher Regeln (Europäische Wasserrahmenrichtlinie EN 752),

- Planungsszenarien für den Anschluss von Neubaugebieten an die Entwässerung und für die Erneuerung ganzer Teilsysteme,
- versicherungswirtschaftliche Fragen und
- Katastrophenmanagement.

Strömung über Bordsteine

Im Rahmen einer Dissertation werden Wasserströmungen über Kanten und aus Kanalschächten modelliert. Der Einsatz üblicher Flachwassergleichungen mit der Annahme vernachlässigbarer vertikaler Geschwindigkeitskomponenten ist sehr problematisch. In Extremfällen können fehlerhafte Ergebnisse zu falschen Aussagen führen: Ein Keller wird oder wird nicht geflutet. Derzeit werden erfolgversprechende Modifikationsansätze der Flachwassergleichungen entwickelt und getestet.

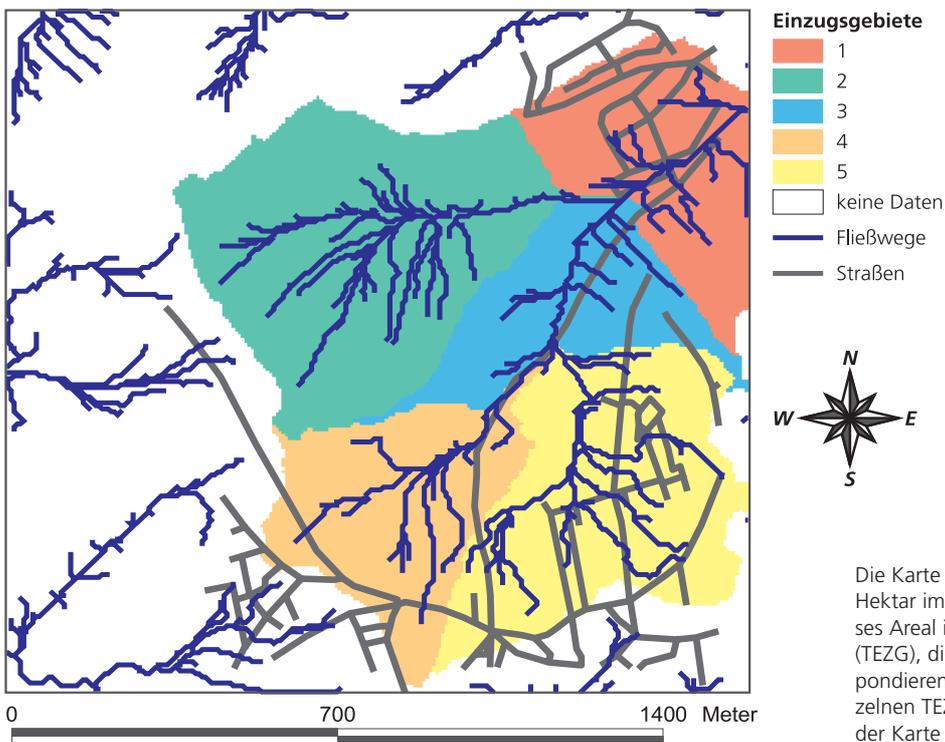
Überflutungssituationen in Städten

Von einem interdisziplinären und internationalen Konsortium aus Informatikern, Siedlungswasserwirtschaftlern, kommunalen Entscheidungsträgern, (Rück-)Versicherern und Mathematikern in Norwegen und Deutschland unter Leitung des ITWM wird ein GIS-gestütztes Simulations- und Planungswerkzeug in dem EUREKA-Projekt S12255 RisUrSim entwickelt. Das Fließen an der Oberfläche wird mit dem Geschehen im Kanalnetz gekoppelt. Testgebiete sind unterschiedliche urbane Areale. Ein nachgeschaltetes Postprocessing, das sich mit der Schadenssituation im Überflutungsfall beschäftigt, ist Teil der Entwicklung.

Oberflächenhydrologisches Geschehen

Ergänzt werden diese Fragestellungen in Zusammenarbeit mit der Stadt Kaiserslautern durch die Analyse der katastrophalen Hochwassersituation im Jahr 2000 in einem Stadtteil. Hierbei werden oberflächenhydrologische Modelle zur Bilanzierung des Wasserhaushalts in den Randgebieten der Städte mit berücksichtigt.

Die Projektarbeiten im Hochwasser- und Risikomanagement koordiniert Dr. Klaus-Peter Nieschulz (Tel.: 06 31/ 3 03-18 18).



Digitale Kartengrundlage:
Amt für Bodenmanagement und Stadtvermessung der Stadt Kaiserslautern

Die Karte zeigt ein Einzugsgebiet von ca. 120 Hektar im Bereich der Stadt Kaiserslautern. Dieses Areal ist unterteilt in fünf Teileinzugsgebiete (TEZG), die mit unterschiedlichen Farben korrespondieren. Dargestellt sind Fließwege in den einzelnen TEZG. Berechnet wurden die Bestandteile der Karte unter Einsatz des Geographischen Informationssystems (GIS) ArcView® und weiterer Zusatzwerkzeuge.

Kontakt

Dr. Konrad Steiner
Abteilungsleiter

+49 (0) 6 31/3 03-18 20
steiner@itwm.fhg.de



Stehend (v.l.n.r.): Dipl.-Ing. Iuliana Matei, M.Sc. Ivatz Dakov, Dr.-Ing. Carsten Lojewski, Dr. Dimitar Stoyanov, PD Dr. Heiko Andrä, M.Sc. Vita Rutka, Dr. Klaus-Peter Nieschulz, Dr. Peter Klein, Dr. Andreas Wiegmann, M.Sc. Vsevelod Laptev, PD Dr. Arnulf Latz, Dr.-Ing. Joachim Linn, Dipl.-Math. Stefan Rief, Dipl.-Math. Michael Hilden, Dipl.-Phys. Martin Rheinländer, Dr. Konrad Steiner, Dr. Oleg Iliev **Sitzend:** Dipl.-Math. Ashok Kumar Vaikuntam, Dr. Doris Reinell-Bitzer, Dr. Irina Ginzburg
Nicht im Bild: Dipl.-Math. Dirk Kehrwald, Dr. Aivars Zemitis



Modelle und Algorithmen in der Bildverarbeitung

Die Kompetenzen der Abteilung MODELLE UND ALGORITHMEN IN DER BILDVERARBEITUNG liegen in folgenden Bereichen:

- Oberflächeninspektion,
- räumliche Bildanalyse und Modellierung von Mikrostrukturen,
- Signalanalyse im Eisenbahnbereich,
- Datenkompression mit Wavelet-Methoden,
- Kryptographie.

Den Schwerpunkt in allen Arbeitsgebieten bildet die Entwicklung komplexer Algorithmen und ihre Umsetzung in einen effizienten Code für Standard-Hardware (PC-Cluster), zum Teil mit Echtzeitanforderungen.

Umfangreiche Erfahrungen liegen im Bereich der Oberflächeninspektion vor, insbesondere bei der Entwicklung von Algorithmen und Systemen zur Überwachung und Beurteilung texturierter Oberflächen wie z. B. Papier, Textilien, Vlies, Holz. Das Fraunhofer ITWM ist hier auf Problemlösungen spezialisiert, die in der Regel kompliziert sind und speziellen Anforderungen genügen müssen und deshalb nicht als Seriensysteme kommerzieller Anbieter erhältlich sind.

Das Gebiet der räumlichen Bildanalyse gewinnt zunehmend an Bedeutung, da sich die technischen Möglichkeiten, hoch auflösende dreidimensionale Abbildungen von verschiedenartigsten Materialien anzufertigen, sehr schnell weiterentwickeln. Die Arbeiten am Fraunhofer ITWM konzentrieren sich darauf, geometrische Charakteristika der Mikrostrukturen von Werkstoffen mit Methoden der stochastischen Geometrie zu bestimmen. Darauf aufbauend werden räumliche Modelle dieser Werkstoffe entwickelt, die die geometrischen Strukturverhältnisse gut widerspiegeln und so Berechnungen und Simulationen vereinfachen bzw. erst ermöglichen.

Weitere neue Entwicklungen erfolgen auf dem Gebiet des elastischen Matchings medizinischer Daten innerhalb des Projekts »RADIOPLAN«.

Mit dem relativ jungen Arbeitsgebiet »Kryptographie« wird dem zunehmenden Bedarf an sicherem Datentransport Rechnung getragen.



Oberflächeninspektion

In vielen Bereichen ist die Qualität eines Produkts durch die Qualität seiner Oberfläche bedingt. Die Vielfalt der möglichen Oberflächen macht eine einheitliche Betrachtung schwierig. Quasi jede Art von Oberfläche hat ihr eigenes Qualitätsmaß, das unterschiedlichste Eigenschaften einbeziehen kann. Bei Produkten wie z. B. Papier, Textilien oder auch Metallerzeugnissen treten die möglichen Defekte lokal auf, so dass es sich als sinnvoll erweist, nach örtlichen Abweichungen von einer globalen Homogenität zu suchen. Bei anderen wiederum (Vliese, Holzprodukte, Teppichböden) werden Merkmale betrachtet, die die Probe über einem größeren Ausschnitt oder als Ganzes charakterisieren.

Die Aufgaben der Oberflächeninspektion werden noch sehr oft von speziell geschultem Prüfungspersonal wahrgenommen. Diese Vorgehensweise erlaubt häufig nur die Untersuchung von Stich-

proben und geschieht meist nach nicht objektivierbaren Kriterien. Eine vollständige Online-Produktkontrolle und die Garantie einer gleichbleibenden Qualität sind damit nicht möglich.

Das Fraunhofer ITWM verfügt über umfangreiche Erfahrungen auf dem Gebiet der Algorithmenentwicklung zur automatischen Kontrolle von Oberflächen. Es hat eine Reihe von einsatzbereiten Tools und Systemkomponenten entwickelt, die an fast jede Aufgabenstellung leicht angepasst werden können. Im Folgenden werden einige der eingesetzten mathematischen Verfahren und die darauf basierenden Lösungen näher vorgestellt.

Im Bereich Oberflächeninspektion sind Dipl.-Inform. Markus Rauhut (Tel.: 06 31/3 03-18 72), Dipl.-Math. Mark Maasland MTD und Dipl.-Phys. Andreas Jablonski tätig.

Beispiele von typischen Oberflächen mit Fehlern: Inhomogenitäten in Vlies, Webfehler in Stoff und Kratzer auf beschichtetem Papier



Sollen feinste Farbnuancen strukturierter Oberflächen bewertet werden, sind sowohl menschliche Prüfer als auch klassische Farbmessverfahren überfordert. Die visuell festgestellten Farbunterschiede sind kaum reproduzierbar, da sie sehr stark vom Betrachter und der Umgebung abhängen. Farbmessgeräte sind nicht einsetzbar; sie gehen von einer strukturlosen homogenen Oberfläche aus.

Speziell für solche Aufgaben wurde am Fraunhofer ITWM die Software FOQUS entwickelt. Das System basiert auf einer Standard-CCD-Farbkamera und ermöglicht, kleinste Farbunterschiede gemusterter Oberflächen objektiv zu erfassen. Die von der Kamera gelieferten RGB-Pixelwerte werden in den HSI-Raum transformiert. Diese nichtlineare Transformation trennt Farb- und Helligkeitsinformation voneinander. Damit wird eine einfache Kompensation von Helligkeitsschwankungen erreicht.

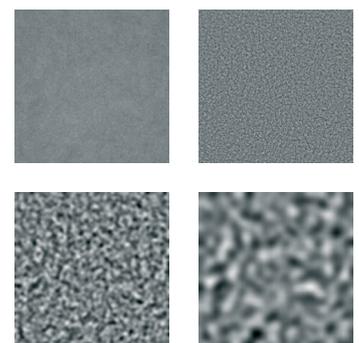
Anhand der HSI-Bilder werden Merkmale berechnet, die die Struktur- und Farbeigenschaften der vorliegenden Probe beschreiben. Damit das System nach ähnlichen Kriterien wie der menschliche Prüfer entscheiden kann, werden in der Anlernphase vorsortierte Beispiele präsentiert. Basierend auf den Featurewerten dieser Referenzproben werden im Feature Raum optimale Trennebenen berechnet, die eine korrekte Zuordnung von neuen unbekannt Proben ermöglichen.



Die Abbildung stellt eine typische Anwendung des FOQUS-Systems dar: Oben ist die unsortierte Stichprobe zu sehen, unten dieselbe Stichprobe nach der Sortierung durch FOQUS.

Bei der Vliesherstellung wird die sogenannte Wolkigkeit als indirektes Maß zur Bewertung der Vliesfestigkeit verwendet. Sie ist ein quantitativ schwer fassbarer Begriff und somit nur Experten zugänglich. Mit Hilfe eines Multiskalenansatzes ist es am ITWM gelungen einen Algorithmus zu entwickeln, der die Vlieshomogenität quantitativ bewertet. Er ist der Kernteil von VQC, einem am Fraunhofer ITWM erhältlichen Tool zur Qualitätsbewertung von Vliesen.

Das Ausgangsbild wird mit Hilfe der Laplace-Pyramide einer Multiskalenanalyse unterzogen. Dieses bietet sich an, da die Vlieshomogenität von Natur aus ein Multiskalen-Phänomen ist. Als Inhomogenitätsmaß wird auf jeder Skala die Varianz der Bilder berechnet. Die Varianzen der einzelnen Skalen werden über eine gewichtete Summe zu einem Homogenitätsindex zusammengefasst. Die Skaleneinteilung kann frei eingestellt werden, so dass eine Anpassung an unterschiedlichste Stoffarten möglich ist.



Vlies (von links oben nach rechts unten): Original und Strukturen auf drei unterschiedlichen Skalen

Inspektion von Papieroberflächen

Auch in Papierverarbeitungsfirmen geschieht die Qualitätskontrolle oftmals noch durch speziell geschultes Personal. Diese Art der Papierprüfung ist mühsam und zeitaufwändig.

Am Fraunhofer ITWM wurde ein System zur automatischen Papierinspektion entwickelt. Die Inspektionsanlage SPOT soll dabei nicht nur die Qualität der ehemals manuellen Inspektion durch objektive Maße verbessern, sondern auch die Kontrolle mit hoher Geschwindigkeit durchführen können. Die hohe Geschwindigkeit ist wichtig, da eine automatische Inspektionsanlage direkt in den Produktionsprozess eingebettet sein sollte aber dabei die Produktion nicht verlangsamen darf.

Kern des Systems ist ein schneller Bildverarbeitungsalgorithmus (ca. 70 ms), der Fehler, wie z. B. Flecken und Kratzer, auf der homogenen Papieroberfläche erkennt und auch klassifiziert. Als Eingabe erhält der Algorithmus digitalisierte Bilder der Papieroberfläche. Diese werden von Kameras geliefert, die oberhalb des Laufbandes für die Papierbögen montiert sind.

Bildverarbeitung

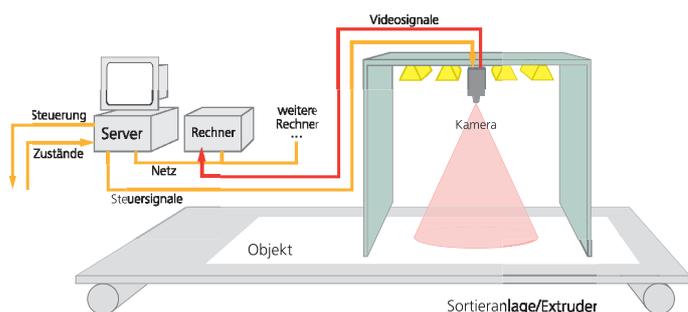
Im ersten Schritt des Bildverarbeitungsalgorithmus wird die relevante Bildregion aus dem Kamerabild ausgeschnitten, d. h. der Bildausschnitt, der nur den Papierbogen zeigt. Nach dieser »Randerkennung« werden Fehler im Bild detektiert und durch sogenannte ROIs (Regions of Interest) markiert. Anhand von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

Aufbau des Gesamtsystems

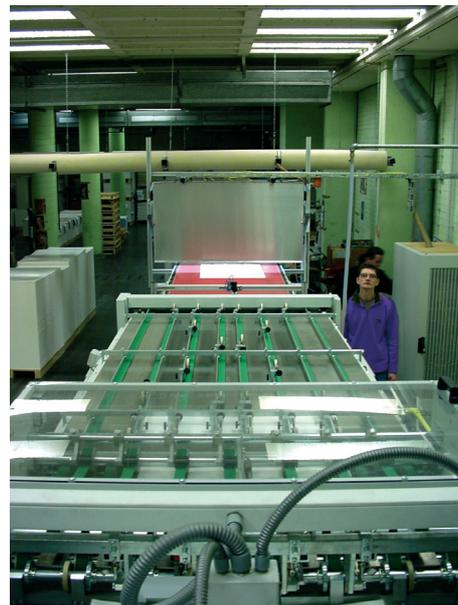
Das SPOT-System wird direkt in eine Papier-Sortiermaschine integriert. Dazu werden oberhalb des Laufbandes mehrere Kameras installiert, die die Papierbögen über die gesamte Breite erfassen. Jede dieser Kameras ist an jeweils einen Rechnerknoten des SPOT-Systems angeschlossen. Auf diesen Knoten werden dann die Bildverarbei-

tungsalgorithmen ausgeführt. Jeder Knoten besteht aus einem Doppelprozessor-System, auf dem mehrere Bildalgorithmen parallel laufen. Erst diese Parallelisierung ermöglicht die hohe Geschwindigkeit des SPOT-Systems.

Ein zentraler Server sammelt alle Ergebnisse der Knoten und teilt der Sortiermaschine mit, ob ein Bogen »gut« oder »schlecht« ist. Weiterhin protokolliert der Server alle aufgetretenen Fehler und kann am Ende eines Inspektionsvorgangs daraus eine Gesamtstatistik erstellen.



Das linke Bild zeigt den Aufbau des Inspektionssystems. Der zentrale Rechner (SPOT-Server) steuert das gesamte System und die Bildverarbeitungsclients, welche die aufgenommenen Bilder bearbeiten. Rechts ist das SPOT-System im Einsatz bei der Papierfirma Hoffmann und Engemann zu sehen.



Inspektion von unlackierten Freiformteilen

Im Verarbeitungsprozess von Freiformteilen sind Oberflächenfehler unvermeidlich. Zur Reduktion der Nacharbeiten in den Lackierprozessen und zur Sicherstellung eines konstanten Qualitätsniveaus ist es erforderlich, Oberflächenfehler möglichst früh zu erkennen und zu beseitigen.

Im Projekt »ABIS« ist ein System entwickelt worden, das visuell kaum wahrnehmbare Oberflächenfehler an Rohkarosserien automatisch erkennt, klassifiziert und markiert. Eine Fortpflanzung derartiger Fehler in die Lackierprozesse kann so verhindert werden.

Durch Demodulation werden die Bilddaten in Tiefenbilder umgerechnet, bei denen jedes Pixel den Abstand des entsprechenden Oberflächenpunktes zum Sensor beschreibt. Anschließend werden die Bilder auf mögliche Fehler untersucht. Die letztendlich relevanten Fehlerstellen werden auf der Karosserie markiert, um sie entsprechend nacharbeiten zu können.

Die Aufgabe des Fraunhofer ITWM innerhalb des Projekts ist die detaillierte Untersuchung der Bilder auf mögliche Fehler unter schwierigen Bedingungen: Fehler ab 40 mm Tiefe sollen, auf stark verschmutzten Teilen und bei einer Bandgeschwindigkeit von bis zu fünf Metern pro Sekunde, gefunden werden.

Bildverarbeitung

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. Zum Schluss entscheidet ein Klassifikator, basierend auf Support Vector Machines (SVM), an Hand von charakteristischen Features, ob diese Fehlerkandidaten tatsächlich Fehlern entsprechen.

Viele Oberflächenfehler entstehen beim Umformprozess der Freiformteile. Derzeit startet ein vom BMBF gefördertes Projekt (OPAQ) zur Erkennung derartiger Defekte im Presswerk.



Auf der lackierten Oberfläche eine Delle erkennbar (Spiegelung). Solche Dellen sind auf dem unlackierten Bauteil meist nicht sichtbar und können nur von Experten ertastet werden. Auf lackierten Teilen sind solche Fehler leicht zu sehen, aber sehr viel kostenaufwändiger zu entfernen.

Das Online-ABIS-Messsystem vor Ort bei Audi (unten): Quer über das Fahrzeug machen elf Kameras jeweils 21 bis 25 Aufnahmen. Jede Aufnahme wird dann automatisch auf Oberflächenfehler untersucht.





Räumliche Bildanalyse und Modellierung von Mikrostrukturen

Durch moderne Abbildungsverfahren entstehen immer mehr und bessere dreidimensionale Bilder von Mikrostrukturen. Moderne Aufnahmetechniken wie die Tomographie mit Synchrotronstrahlung oder die Nanotomographie ermöglichen auch die Abbildung von Materialien mit geringem Kontrast bzw. mit extrem feiner Struktur. Die dreidimensionalen Bilddatensätze stellen neue Anforderungen an Bildverarbeitung, Bildanalyse und Visualisierung.

Makroskopisch homogene, aber mikroskopisch heterogene Mikrostrukturen, z. B. von Schäumen, Keramiken, Vliesen oder Papier, können adäquat nur als Realisierungen zufälliger Mengen beschrieben werden. Am Fraunhofer ITWM fußt daher die Analyse räumlicher Bilder auf der Bestimmung geometrischer Basiskongrößen für homogene zufällige Mengen: der Dichten der Minkowskifunktionale (Volumen,

Oberfläche, Integral der mittleren Krümmung und Integral der totalen Krümmung). Effiziente Algorithmen dazu entstanden durch Verknüpfung von Methoden aus Integralgeometrie bzw. stochastischer Geometrie einerseits (diskrete Versionen der Croftonschen Schnittformeln und von Hadwigers Definition der Eulerzahl) und digitaler Bildverarbeitung andererseits. Aus den Minkowskifunktionalen können weitere, anwendungsspezifische Kenngrößen abgeleitet werden, wie z. B. mittlere Steglänge pro Volumeneinheit oder mittlere Zellgröße für offenporige Schäume, mittlere Faserlängendichte für Fasermaterialien oder die mittlere Anzahl von Sinterhälsen pro Kugel für Sinterkupfer.

Die Fläche der Projektionen bzw. die mittleren Schnittzahlen in ebenen Schnitten in verschiedenen Raumrichtungen liefern Informationen über die

Vorzugsrichtungen und die Stärke auftretender Anisotropien. Spektral- bzw. Kovarianzanalysen geben Aufschluss über Periodizitäten und häufig auftretende Abstände in der Struktur. Einzelne Teilchen, Poren oder Einschlüsse (räumliche Objekte) können isoliert und ihre Merkmale (Volumen, Oberfläche, Streckungsfaktor, ...) bestimmt werden. Wasserscheidenalgorithmus, Skelettierung, Distanztransformationen, verschiedene Filter für Bildvorverarbeitung und -reinigung, morphologische Transformationen sowie eine Visualisierung komplettieren ein System zur Analyse räumlicher Bilder, das gemeinsam mit der Firma Imtronic GmbH entwickelt wird.

Makroskopische Materialparameter wie die relative Permeabilität oder die Schallabsorption hängen von der Mikrostruktur des Werkstoffs ab. Um solche Materialparameter mittels strömungsdynamischer Simulation bestimmen und das Material virtuell optimieren zu können (vergleiche »Virtuelles Materialdesign«, S. 41), muss ein geometrisches Modell der Mikrostruktur erstellt werden.

Dazu werden aus räumlichen Bildern der Mikrostruktur die Minkowskifunktionale und Richtungsinformationen gewonnen. Mit Hilfe dieser Charakteristika wird ein geeignetes Modell angepasst. Stehen keine räumlichen Aufnahmen zur Verfügung, müssen Mo-

dellparameter mit Hilfe von Projektionen oder ebenen Anschliffen bestimmt werden.

Zur Beschreibung der Mikrostruktur makroskopisch homogener Werkstoffe bieten sich Modelle aus der stochastischen Geometrie wie Boolesche Modelle, Geradenprozesse und Mosaik an. Der makroskopischen Homogenität wird dabei dadurch entsprochen, dass nur stationäre Modelle verwendet werden, d. h. die Mikrostruktur ist »im Mittel« an jedem Raumpunkt gleich.

In diesem Bereich arbeiten PD Dr. Joachim Ohser (Tel.: 06 31/3 03-18 69) und Dr. Katja Schladitz.

Es folgen nun drei Beispiele für die Analyse einer Mikrostruktur, ein Beispiel für Analyse und Modellierung sowie ein auf Analyse der geometrischen Struktur beruhender Klassifizierungsalgorithmus.

Beispiel: Feuerbeton, Analyse der Korundeinschlüsse

Feuerbeton – bestehend aus der Betonmatrix und Einschlüssen aus Aluminiumoxid (Korund) – wurde röntgentomographisch aufgenommen. Zur Bestimmung von Volumen- und Formverteilung der Korundeinschlüsse wurden diese zunächst durch Binarisierung mit einer geeigneten Schwelle segmentiert.

Durch Erosion und Wasserscheidenalgorithmus wurden die Einschlüsse anschließend getrennt. Die Einschlüsse können dann durch Schnitt des Wasserscheidenbilds mit dem Original weitgehend rekonstruiert werden. Die Objektmerkmale der Einschlüsse können nun bestimmt werden.

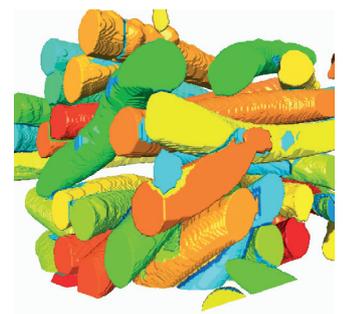
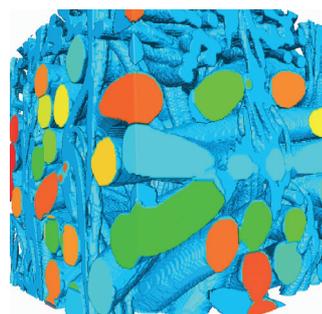
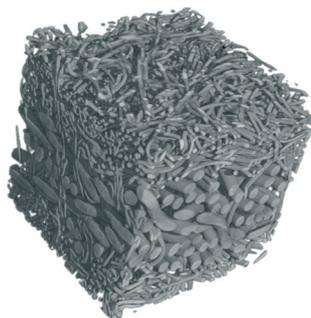
Beispiel: Polyamidfilz, Richtungsanalyse

Die Synchrotronstrahlung ermöglicht neue Methoden der Tomographie: Mit Hilfe der Phasenkontrastmethode können Materialien abgebildet werden, deren Kontrast für die klassische Röntgentomographie zu schwach ist.

Für die Analyse dieses Datensatzes wurden zunächst mit Hilfe morphologischer Transformationen die dicken und die dünnen Fasern getrennt. Für die dicken Fasern wurden eine Porosität von 77%, eine Faserlängendichte von $5,2 \text{ mm}^{-2}$ und eine Faserquerschnittsfläche von $0,046 \text{ mm}^2$ gemessen; für die dünnen Fasern eine Porosität von 76 Prozent, eine Faserlängendichte von $12,8 \text{ mm}^{-2}$ und eine Faserquerschnittsfläche von $0,002 \text{ mm}^2$. Für beide Fasersysteme wurden die Faserrichtungsverteilungen berechnet. Erosion, Wasserscheidenalgorithmus und Schnitt des Wasserscheidenbilds mit dem Original ermöglichen es, die dicken Fasern zu isolieren und einzeln zu vermessen.

Mikrostrukturanalyse von Polyamidfilz: Das linke Bild zeigt einen Ausschnitt der tomographischen Aufnahme. Bei der Visualisierung dieses Polyamidfilzes im mittleren Bild wurden bereits die dicken Fasern markiert, die dünnen sind jedoch ebenfalls noch zu sehen. Das rechte Bild schließlich zeigt nur noch die gelbten dicken Fasern.

© Fraunhofer IZFP



Beispiel: Geschlossenporiger Aluminiumschaum, Rekonstruktion der Zellwände

Ein geschlossenporiger Aluminiumschaum wurde mit klassischer Röntgentomographie abgebildet. Wegen der geringen Dicke der Zellwände und dem daraus folgenden geringen Kontrast ist es nicht möglich, den Schaum korrekt zu segmentieren. Die Kombination von Distanztransformation, morphologischen Transformationen und Wasserscheidenalgorithmus ermöglicht jedoch die Rekonstruktion der Zellen, die dann einzeln vermessen werden können.

Beispiel: Modellierung von Vlies

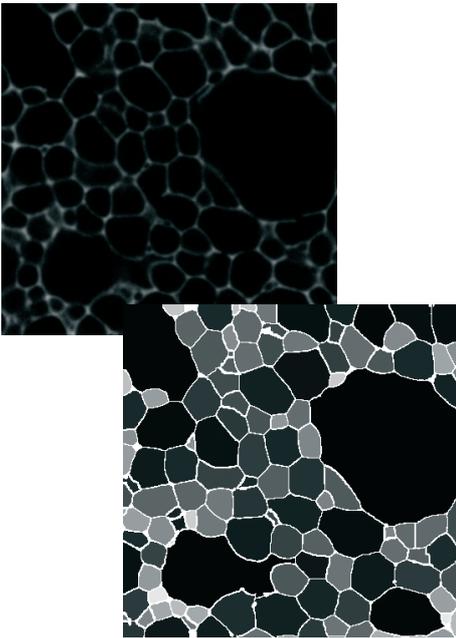
Akustische bzw. Durchströmungseigenschaften von Vliesen zu optimieren (s. auch S. 38), erforderte bisher aufwändige Experimente. Werden diese Materialparameter jedoch durch Simulationsrechnungen in einem Geometriemodell bestimmt, kann durch Veränderung der Modellparameter leicht ermittelt werden, wie sich Änderungen der Mikrostruktur auf die gewünschten Eigenschaften auswirken. Dazu wurde ein Geometriemodell für Faservliese verschiedener Verpressungsgrade benötigt. Es standen einerseits eine Reihe von Zusatzinformationen (Porosität, Faserquerschnitte), andererseits aber nur mikroskopische Bilder zweidimensionaler Schnitte zur Verfügung.

Auf der Grundlage eines homogenen Poissonschen Geradenprozesses wurde ein Zylindermodell entwickelt, für das nur noch ein Parameter aus den Bilddaten bestimmt werden muss. Dieser Anisotropieparameter beschreibt, wie stark die Fasern orthogonal zur Verpressrichtung ausgerichtet sind, und kann aus dem Verhältnis der Faseran-

zahlen in Schnitten quer und längs zur Verpressrichtung geschätzt werden. Die Fasern können allerdings bildanalytisch nicht direkt gezählt werden. Es zeigt sich jedoch, dass eine flächengewichtete Version der Eulerzahl eine gute Schätzung liefert.

Beispiel: Automatische Klassifizierung von Lamellengraphit in Grauguss

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Gießereitechnik, mehreren Gießereien und Gussabnehmern wird ein Verfahren entwickelt, nach dem Lamellengraphit nach Anordnung und Größe klassifiziert werden kann, d. h. nach den Anteilen an A-E-Graphit und Größenklassen I-VIII entsprechend EN ISO945: 1994. Die bisher übliche visuelle Bewertung der Graphitbildung ist nicht nur zeitaufwändig, sondern lässt auch Raum für subjektive Interpretationen und ist daher nicht reproduzierbar. Das am Fraunhofer ITWM entwickelte automatische Verfahren erleichtert nicht nur die Klassifizierung, sondern dient vor allem ihrer Objektivierung. Dazu wird zunächst ein Vergleichskatalog von Schlibfbildern geschaffen, die von einem Expertengremium visuell klassifiziert werden. Nach einer Reduktion der in den Schlibfbildern enthaltenen geometrischen Information wird dem Algorithmus mit Hilfe dieses Vergleichskatalogs »beigebracht«, zu welcher Klassifizierung des Bildes diese reduzierte geometrische Information führt. Dieses Verfahren ist für die Klassifikation von A-, D- und E-Graphit bei der Rexroth Guss GmbH erfolgreich im Einsatz.



Schnitt durch die rekonstruierte röntgentomographische Aufnahme eines geschlossenporigen Aluminiumschaums: links das Originalbild, rechts das bearbeitete Bild mit rekonstruierten Zellwänden. © Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung



Überwachungssysteme im Eisenbahnbereich

Seit mehreren Jahren arbeitet das Fraunhofer ITWM mit GE Transportation Europe in Bad Dürkheim zusammen. Eine besondere Rolle spielt die Fahrwerksüberwachungsschwelle (FÜS), zu der das ITWM fast die gesamte Software (mit Ausnahme einiger Treiber) erstellt und pflegt. Hierbei sind insbesondere Probleme der Signalanalyse und des Systemmanagements zu lösen.

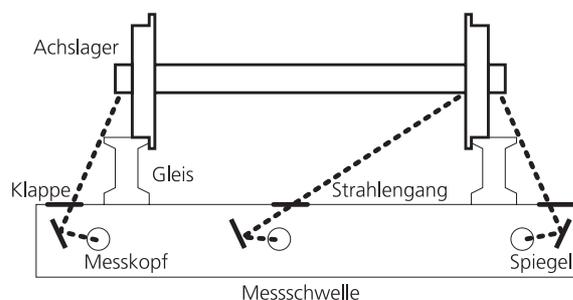
Technischer Hintergrund

Die Überwachung heißgelaufener Achslager und feststehender Bremsen an Personen- und Güterzügen erfordert ein berührungsfreies Messverfahren. In der gewählten Lösung werden die Temperaturen durch Aufnahme des Infrarotprofils der vorbeifahrenden Fahrgestelle ermittelt. Dabei werden die von einem IR-Messkopf bereitgestellten A/D-Werte an den PC übertragen. Da die Anlagen unbeaufsichtigt betrieben werden, ist neben dem reinen Messvorgang auch ein geeignetes Selbstdiagnoseverfahren für die Hard- und Software sowie eine Ausnahme- und Fehlerbehandlung zu integrieren.

Problematik

Während des Messbetriebs muss eine große Datenmenge aufgenommen und möglichst schnell ausgewertet werden. Die Ergebnisse der Auswertung und der Selbstdiagnose werden an eine Zentrale gemeldet, die z. B. einen Stopp des Zuges am nächsten Bahnhof veranlasst.

Es kann aber auch vorkommen, dass man nicht nur die Werte eines Rades, sondern auch Fremdwerte (Fremdeinstrahlung) wie Reflexionen der Sonne oder der Bremsklötze aufnimmt. Diese Fälle werden mit speziellen Methoden behandelt, um die korrekten Rad- bzw. Lagertemperaturen zu ermitteln.



Im Rahmen der Selbstdiagnose finden in regelmäßigen Abständen Nachkalibrierungen der Messköpfe sowie Kontrollen der übrigen Hardware (Klappen, Spiegel u. a. m.) in der Schwelle statt.

Bei der Entwicklung und Implementierung der Algorithmen wurden die sehr hohen Zuverlässigkeitsanforderungen berücksichtigt. Die Algorithmen werden immer wieder verfeinert und um weitere Module ergänzt. Auch die Flexibilität des Gesamtsystems wird erweitert.

Systemumgebung

Der Auswertungsrechner besteht neben einem Industrie-PC aus speziellen Zusatzkomponenten und läuft unter dem Betriebssystem LINUX. Neben der Auswertungssoftware wurden weitere Softwarepakete wie Systemdiagnoseprogramme, Treiber, Benutzerschnittstellen und Serverprogramme entwickelt.

Die neue Generation der Heißläuferortungsanlage wurde grundlegend im Bereich der Erfassungshardware und der Datenübertragung von der Schwelle zum Auswerterechner modernisiert. Dies hat zu einer größeren Erweiterung der vom Fraunhofer ITWM erstellten Software geführt, wobei die Kompatibilität zur alten Hardware erhalten blieb.

Neue Projekte wie z. B. das Konzept des Archivservers erhöhen die Wirtschaftlichkeit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Anlagen. Hier werden Messdaten und Protokolle von mehreren Anlagen zentral gespeichert. Die aus diesen Daten gewonnenen Erkenntnisse sowie der jahrelange praktische Einsatz bilden die Grundlage für die Verfeinerung der Auswertealgorithmen.

Die Projekte der Gruppe »Überwachungssysteme im Eisenbahnbereich« werden von Dipl.-Math. Kai Krüger (Tel.: 06 31/3 03-18 63) und Dipl.-Phys. Martin Braun bearbeitet.



Auswerteelektronik: Die an der Messschwelle gewonnenen Daten werden durch an den Gleisanlagen platzierte Auswerterechner mit Infrarot-Einschub verarbeitet und an übergeordnete Systeme weitergereicht. Anlagen dieses Typs sind in mehreren europäischen Ländern in größeren Stückzahlen installiert.

3-D-Matching von medizinischen Aufnahmen

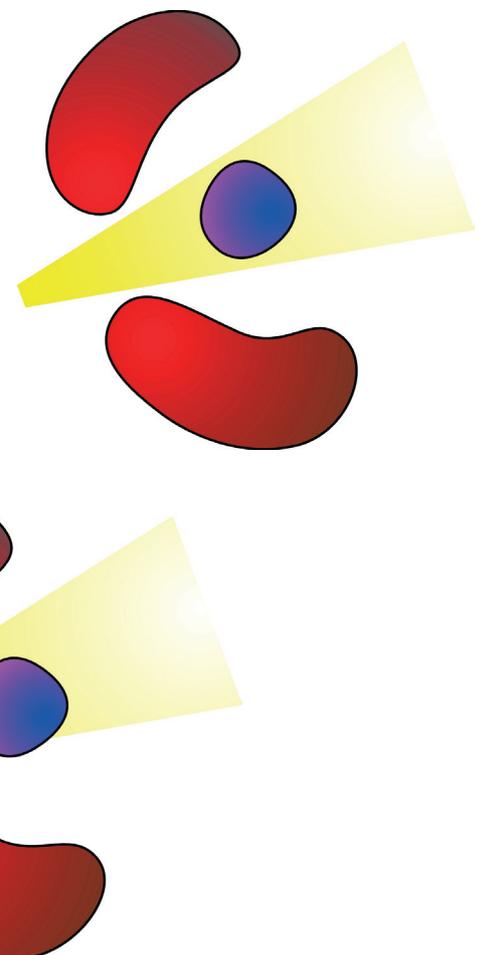
Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projekts »RADIOPLAN« wurden in Zusammenarbeit mehrerer Abteilungen (OPTIMIERUNG, MODELLE UND ALGORITHMEN IN DER BILDVERARBEITUNG, TRANSPORTVORGÄNGE) Möglichkeiten der Optimierung von Behandlungsplänen für die intensitätsmodulierte Strahlentherapie untersucht. Die Abteilung MODELLE UND ALGORITHMEN IN DER BILDVERARBEITUNG befasste sich dabei mit Fragen der automatischen Erfassung und Quantifizierung von Geometrieänderungen innerhalb der Zielbereiche.

Damit die IMRT (Intensity Modulated Radiation Therapy, vergleiche S. 88) erfolgreich eingesetzt werden kann, müssen die Strahlendosen sehr präzise in den Zielvolumina deponiert werden. Dies setzt die genaue Kenntnis der Geometrie des Zielgebiets voraus, die momentan nur für relativ wenige Körperregionen (Kopfbereich) sicher bestimmt werden kann. Ist die Geometrie des Zielgebiets nur unzureichend bekannt, kann der Strahlenkopf nicht exakt ausgerichtet werden und man läuft Gefahr, benachbarte gesunde Organe zu schädigen.

Die größte Schwierigkeit besteht darin, dass die Geometrie zwischen den einzelnen Fraktionierungen starken Veränderungen unterliegen kann und somit jedes Mal die Therapiepläne neu angepasst werden müssten. Als Basis für eine solche Anpassung müssen zunächst die Bewegungen, die im Körperinneren stattgefunden haben, ermittelt werden. Im Rahmen der Studie wurde untersucht, inwiefern sich solche Bewegungen anhand von Volumenaufnahmen bestimmen lassen. Als besonders erfolgversprechend haben sich Ansätze herausgestellt, die auf der Gleichung des optischen Flusses basieren, da in diesem Fall unter bestimmten Voraussetzungen die Existenz einer eindeutigen Lösung bewiesen werden kann. Der Standardansatz des optischen Flusses berücksichtigt nur Bildstrukturen erster Ordnung und kann somit nur bei relativ kleinen Verschiebungen funktionieren. Um auch größere Bewegungen zuverlässig erfassen zu können, wurden alternative Ansätze höherer Ordnung formuliert.

Ansprechpartner im Bereich »3-D-Matching« ist Dipl.-Phys. Andreas Jablonski (Tel.: 06 31/3 03-18 65).

Die Abbildung verdeutlicht die Problematik. Es werden schematisch Zielvolumina (blau) und Risikobereiche (rot) dargestellt, die zwischen den Fraktionierungen ihre Lage, Form und Orientierung ändern. Würde die ursprüngliche Strahlenkopfeinstellung beibehalten werden, wäre die Therapie nahezu unwirksam.





Kryptographie

Um in einem Zeitalter elektronischer Datenübertragung den Schutz von Informationen vor Unbefugten gewährleisten zu können, bedarf es einer ständigen Neu- und Weiterentwicklung kryptographischer Verfahren. Der Einsatz von Kryptosystemen mit öffentlichem Schlüssel, auch asymmetrische Verfahren genannt, leistet einen wesentlichen Anteil beim Erreichen des Ziels der sicheren Kommunikation.

Das heutzutage bekannteste asymmetrische Kryptosystem ist RSA (nach Ronald Rivest, Adi Shamir und Leonard Adleman). Seine Sicherheit beruht darauf, dass das Faktorisieren einer »großen« ganzen Zahl, die ein Produkt zweier Primzahlen ist, allgemein als schwierig angesehen wird. In den letzten Jahren konnten jedoch bei der Faktorisierung großer Zahlen deutliche Fortschritte erzielt werden.

Im Hinblick auf diese Entwicklung ist es wichtig, Alternativen verfügbar zu haben. 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 kleine Schlüssel hohe Sicherheit und werden deshalb insbesondere in Smart-Cards und anderen Umgebungen eingesetzt, in denen nur wenig Speicherplatz zur Verfügung steht.

Hyperelliptische Kurven sind Verallgemeinerungen von elliptischen Kurven. Sie sind zwar noch nicht so gründlich erforscht wie letztere, können aber ebenfalls zur Konstruktion sicherer und effizienter Kryptosysteme benutzt werden, die vergleichbar mit RSA sind.

In dem Projekt untersuchen wir, wie man die Parameter wählen muss, um dieses Ziel zu erreichen. Unsere aktuellen Forschungsschwerpunkte liegen in der Entwicklung von Methoden zur Bestimmung kryptographisch geeigneter hyperelliptischer Kurven und der Beschleunigung der Arithmetik, was gleichbedeutend mit einer Laufzeitverbesserung des zugehörigen Kryptosystems ist. Die BGS Systemplanung AG in Mainz steht uns als Partner zur Seite.

Mitarbeiter des Kompetenzbereichs sind Dipl.-Math. Norbert Göb (Tel.: 06 31/3 03-18 61) und Dipl.-Math. Georg Kux.

Kontakt

Dr. Ronald Rösch
Abteilungsleiter

+49 (0) 6 31/3 03-18 67
roesch@itwm.fhg.de



Stehend (v.l.n.r.): Dipl.-Inform. Markus Rauhut, Dipl.-Math. Georg Kux, Kai Taeubner, Dipl.-Math. Mark Maasland MTD, Dipl.-Math. Kai Krüger, Dipl.-Ing. Anarta Gosh, Dr. Ronald Rösch, Dipl.-Phys. Andreas Jablonski, PD Dr.-Ing. Joachim Ohser
Sitzend: M.Sc. Siana Halim, Dr. Katja Schladitz
Nicht im Bild: Dipl.-Phys. Martin Braun, Dipl.-Math. Norbert Göb



Adaptive Systeme

Die Kernkompetenzen der Abteilung ADAPTIVE SYSTEME sind »Rechnergestützte Verfahren für den Entwurf analoger Schaltungen«, »Diagnose- und Prognosesysteme«, »Modellbasierte Überwachung und Regelung mechatronischer Systeme« sowie »Materialmodelle«. Die Leitung der Abteilung ADAPTIVE SYSTEME wurde zur Mitte des Berichtsjahres von Prof. Dieter Prätzel-Wolters an Dr. Patrick Lang übergeben. Gleichzeitig wurde die frühere Arbeitsgruppe Finanzmathematik wie geplant in eine eigenständige Abteilung unter Leitung von Prof. Ralf Korn ausgegliedert.

Die Abteilung ADAPTIVE SYSTEME blickt insgesamt auf ein sehr erfolgreiches Jahr zurück, in dem vor allem die Vermarktung der eigenentwickelten Softwareprodukte signifikante Fortschritte gemacht hat und einer weiterhin positiven Entwicklung entgegenseht.

Besonders erfreulich war in diesem Kontext die Aufnahme von »Analog

Insydes« in den Designflow des Halbleiterherstellers Infineon Technologies AG. Außerdem zeichnete sich ein deutliches Interesse an dem von der Abteilung entwickelten Monitoringtool für Torsionsschwingungen ab.

Eine besondere Anerkennung für die Abteilung bedeutete die Auszeichnung ihres Softwareprodukts »Analog Insydes« mit dem Innovationspreis 2001 des Landes Rheinland-Pfalz. Die offizielle Release der neuen Version 2 von Analog Insydes wird im Frühjahr 2002 erfolgen. Diese Version weist gegenüber der Vorgängerversion einen deutlich erweiterten Funktionsumfang auf. Insbesondere wird nun auch die Bearbeitung nichtlinearer Schaltungen unterstützt.

Neben der konsequenten Weiterentwicklung der Abteilungsprodukte und der Vertiefung der Kompetenzen soll 2002 insbesondere der Anwendungsschwerpunkt Life Sciences weiter ausgebaut werden.



Analog Insydes: Rechnergestützte Verfahren für den Entwurf analoger Schaltungen

In der industriellen Entwicklung analoger integrierter Schaltungen besteht ein hoher Bedarf an rechnergestützten Verfahren, die die Entwurfssicherheit erhöhen und die Entwicklungszeit verkürzen helfen. Dem Entwickler standen bislang neben den Werkzeugen zur numerischen Simulation nur wenige Hilfsmittel zur Verfügung, die detailliertere Einsichten in die Funktionsweise einer Schaltung ermöglichen. Um diese Lücke zu schließen, wird am Fraunhofer ITWM das Softwaretool »Analog Insydes« entwickelt, in das symbolische und numerische Verfahren für die Modellierung, Analyse und Dimensionierung linearer und nichtlinearer Analogschaltungen integriert sind.

Analog Insydes Version 2

Im Berichtszeitraum konzentrierten sich die Arbeiten auf die Fertigstellung der neuen Version 2 von Analog Insydes. Es entstand unter anderem ein etwa 500-seitiges Handbuch, das neben einem Referenzteil auch ein ausführliches Tutorial enthält, das den Einstieg in Analog Insydes erleichtert. Die ge-

samte Dokumentation ist zudem auch elektronisch in die Online-Hilfe von Mathematica integriert.

Eine für einen limitierten Zeitraum von 30 Tagen voll funktionsfähige Demo-Version von Analog Insydes kann kostenlos von folgender Internet-Adresse geladen werden:
<http://www.analog-insydes.de>

Basierend auf einem hierarchischen Netzlistenformat und einer flexiblen Modellierungssprache lassen sich mit Analog Insydes analoge Schaltungen und regelungstechnische Systeme bearbeiten. Hierzu steht eine umfassende Modellbibliothek zur Verfügung (R, L, C, Diode, BJT, JFET, MOS). Mit Analog Insydes können sowohl numerische als auch symbolische Verfahren für DC-, AC-, Transient-, Temperatur-, Rausch-, Pol-/Nullstellen- und parametrische Analysen durchgeführt werden. Hervorzuheben sind dabei die automatische Gleichungsformulierung (symbolisch und numerisch) und die symbolischen Näherungsverfahren für lineare und nichtlineare Schaltungen. Die Ergebnisse können mittels einer Vielzahl

von Grafikfunktionen visualisiert werden, wie z. B. Bode- und Pol-/Nullstellen-Diagramme oder Transient- und Wurzelortskurven. Abgerundet wird Analog Insydes durch Schnittstellen zu den Schaltungssimulatoren PSpice, Eldo, Saber und Titan, so dass z. B. Schematics, Netzlisten und Simulationsdaten eingelesen oder MAST Verhaltensmodelle erzeugt werden können.

Aktuelle Arbeiten

Im Rahmen der Projektarbeit im europäischen Verbundprojekt Anastasia+ entstanden neue Verfahren zur automatischen Generierung nichtlinearer Verhaltensmodelle. Außerdem wurden Untersuchungen zur Übersetzung und Verwendbarkeit solcher Modelle in die Verhaltenssprache VHDL-AMS durchgeführt.

Als neues Betätigungsfeld wurden Untersuchungen zur Intervallarithmetik vorgenommen. In der Praxis unterliegen elektronische Bauteile produktionsbedingten Toleranzen. Der Einfluss dieser Schwankungen auf das Schaltungsverhalten soll mit Hilfe der Intervallarithmetik verlässlich vorhergesagt werden. Zur Anwendung müssen bestehende numerische Algorithmen an

die speziellen Anforderungen der Intervallarithmetik angepasst werden.

Anwendungen

Nachdem Analog Insydes im vergangenen Jahr in den Designflow von Infineon aufgenommen wurde, konnte sich das Werkzeug in diesem Jahr bei den Schaltungsentwicklern etablieren. Motiviert durch Erfahrungen im industriellen Einsatz wurden zusätzliche Schnittstellen in Analog Insydes eingebaut und die Einbindung in die Infineon-Entwicklungsumgebung verbessert.

Anwenderseminare

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

Mitarbeiter in diesem Kompetenzschwerpunkt sind Dipl.-Ing. Thomas Halfmann (Tel.: 06 31/2 05-44 75), Dipl.-Math. Tim Wichmann und Dipl.-Math. Alexander Dreyer.



Die Arbeitsgruppe »Rechnergestützte Verfahren für den Entwurf analoger Schaltungen« gehört zu den Trägern des Innovationspreises 2001 des Landes Rheinland-Pfalz. Im Bereich Forschung teilte sich die Arbeitsgruppe den mit 5 000 Mark dotierten ersten Preis mit dem Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering (IESE).





Diagnose- und Prognosesysteme

Die Arbeitsgruppe beschäftigt sich mit daten- und wissensbasierten Verfahren zur Prognose des Verhaltens und zur Diagnose komplexer Systeme. Im Fokus stehen dabei insbesondere solche Prozesse und Systeme, die wegen mangelnder Informationen oder aufgrund ihrer zu hohen Komplexität keine oder nur eine partielle explizite Modellbeschreibung zulassen.

Durch systematisches Data-Mining von Messdaten lässt sich zumindest indirekt Kenntnis über das System gewinnen. Dazu werden Techniken aus den Bereichen Clusteranalyse, Klassifikationsverfahren, Neuronale Netze sowie lineare und nichtlineare Zeitreihenanalyse angewendet. Um das Expertenwissen zu modellieren, das auf Grundlage der Analyseergebnisse eine Prognose des Systems vornimmt, werden Ansätze aus der Fuzzylogik und adaptive Regelstrukturen verwendet. Die Güte der erarbeiteten Prognose- und Diagnose-tools wird mittels statistischer Verfahren, wie Bootstrapping oder Cross Validation, überprüft.

Ein Hauptarbeitsgebiet der Gruppe bildet die rechnergestützte Medizin-diagnostik. Expertensysteme kombinieren das Ergebnis des Data-Mining mit dem Wissen und der Erfahrung des Arztes. Sie können medizinische Daten auswerten und die Beurteilung erleichtern, indem sie Hypothesen generieren und ihre Validierung unterstützen. Das Endprodukt sind Computerprogramme zur Diagnose- und Therapieunterstützung. Aktuelle Projekte in diesem Bereich beschäftigen sich mit der Risikostratifizierung von Langzeit-Elektrokardiogrammen, der Diagnoseunterstützung in der Regulationsthermographie sowie der Entwicklung von Ernährungsexpertensystemen.

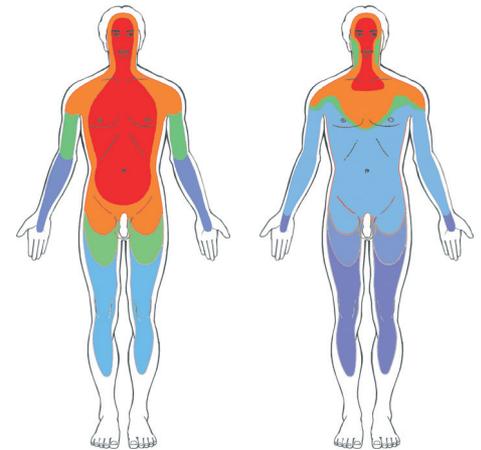
Die Projekte der Gruppe »Diagnose- und Prognosesysteme« werden in enger Kooperation von Dr. Hagen Knaf (Tel.: 06 31/2 05-44 74), Dr. Alexander Sarishvili, Dipl.-Inform. Harriet Bach und Dipl.-Math. Stefan Soltuz bearbeitet.

Regulationsthermographie

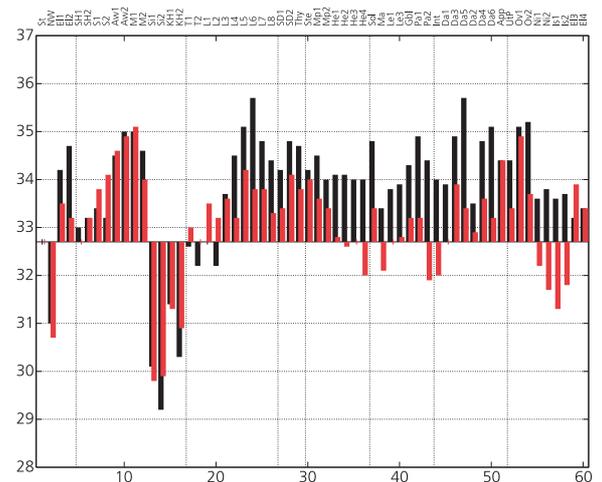
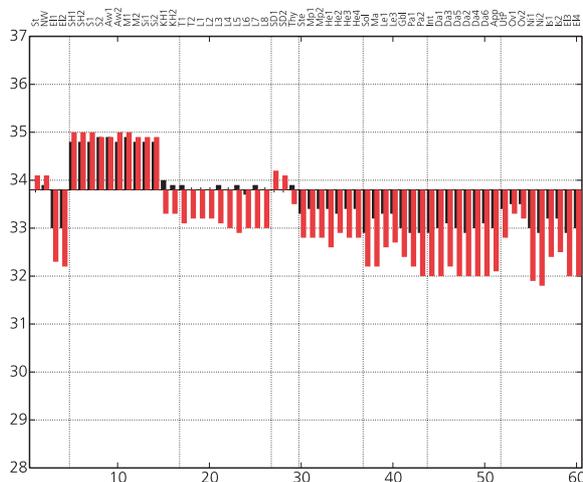
Bei der Regulationsthermographie beispielsweise handelt es sich um ein komplexes Diagnoseverfahren der Komplementärmedizin, das auf der Bewertung von Wärmemustern beruht. Durch zweimalige Messung der Körpertemperatur an 110 definierten Punkten – vor und nach einem üblicherweise durch Entkleiden ausgelösten Kältereiz – wird ein sogenanntes Thermogramm erstellt. Entsprechend ausgebildete Ärzte können anhand der im Thermogramm auftretenden Muster auf pathologische Vorgänge im Körper wie z. B. die Entstehung bzw. das Wachstum eines Tumors schließen. Dabei werden Evaluierungsregeln verwendet, die sich sehr gut durch Fuzzylogik modellieren lassen. Im Fall des Mammakarzinoms der Frau wurden ca. 100 solcher Regeln in ein Expertensystem implementiert, das Thermogramme auf Hinweise für Tumorzellen untersucht. Die statistische Validierung der Expertenregeln sowie der Güte ihrer Implementierung in Fuzzylogik wird anhand von durch Experten bewerteten Thermogrammen ausgeführt. Hierfür bieten sich Verfahren der nichtlinearen Diskriminanzanalyse an, die darüber hinaus auch Vermutungen für neue Interpretationsregeln liefern können. Die

aufgrund der Erweiterungsfähigkeit der Regelbasis vorhandene Flexibilität des Auswertesystems wird durch Hinzunahme eines neuronalen Netzes noch erhöht. Das neuronale Netz erhält fuzzylogische Bewertungen von Thermogrammteilen als Input und liefert ebenfalls eine Bewertung des Thermogramms hinsichtlich eventueller Aktivität von Tumorzellen. Ein Teil der Expertenregeln dient hier also als dimensionsverringende Vorverarbeitung der Thermogrammdaten. Durch Nachtrainieren kann das Netz jederzeit an neues Datenmaterial angepasst werden.

Die nun zweifach vorliegende Thermogrammbewertung – rein durch Fuzzylogik sowie durch Fuzzylogik kombiniert mit einem neuronalen Netz – wird in einem gewichteten Mittel zu einer Bewertung verarbeitet.



Auswirkung eines Kältereizes



Vergleich eines Idealthermogramms (links) mit dem Thermogramm einer Brustkrebspatientin (rechts): die Temperaturmessung vor dem Kältereiz ist schwarz, die danach ist rot dargestellt.

Die »unscharfen« Methoden der Fuzzylogik kommen auch in einem Projekt zur Entwicklung eines Ernährungsberatungssystems zum Einsatz. Hier wird ein vom Anwender über mehrere Tage geführter Ernährungsplan, bestehend aus Art und Menge der verzehrten Nahrungsmittel, hinsichtlich der Versorgungssituation mit den wichtigsten Nährstoffen, Vitaminen und Spurenelementen bewertet. In einem Optimierungsschritt werden dem Anwender Vorschläge zur Verbesserung seines Ernährungsverhaltens gemacht. Dieser Schritt kann und sollte mehrmals wiederholt werden, da bei der Optimierung besonderer Wert auf eine nicht zu krasse Änderung des Ernährungsplans pro Schritt gelegt wird.

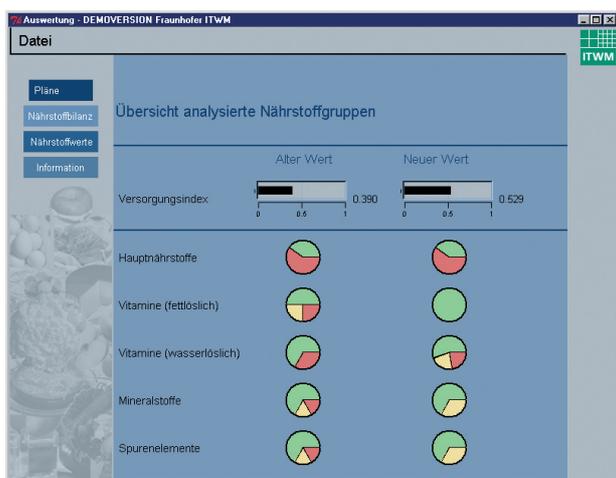
Die Optimierungsschritte selbst werden über eine Zielfunktion gesteuert, in die das Expertenwissen von Ernährungsberatern eingeht.

Außerhalb der Medizin werden Techniken des Data-Mining zur Prädiktion komplexer Materialeigenschaften wie Ermüdung, Abriebverhalten oder Crashperformance verwendet. Die physikalischen Modelle zur Beschreibung dieser Phänomene sind oft nur unzureichend bekannt, so dass kaum Alternativen zu einem datengetriebenen Vorgehen existieren. Ein weiteres von der Arbeitsgruppe bearbeitetes Projekt befasst sich mit der simulationsbasierten Evaluation und Verbesserung von Softwareentwicklungsprozessen.

Im Gegensatz zur Simulation von Produktionsprozessen spielt bei der Softwareentwicklung der Faktor Mensch eine entscheidende Rolle. Er beeinflusst die Entwicklungsdauer und auch die Qualität der entwickelten Software.

Zur Qualitätssicherung im Rahmen der Softwareentwicklung bieten sich frühzeitige Softwareinspektionen an. Mit Hilfe des entwickelten Simulationstools soll der Projektmanager in der Entscheidungsfindung unterstützt werden, wann eine Inspektion unter den bei ihm gegebenen Rahmenbedingungen zu einer Qualitätsverbesserung führt.

Von der Arbeitsgruppe werden mit geeigneten Techniken des Data-Mining die verschiedenen Einflussfaktoren des Softwareentwicklungsprozesses identifiziert und geeignet in einem Regelwerk abgebildet, um die Simulation und eine anschließende Optimierung zu ermöglichen (siehe auch S. 81).



Benutzeroberfläche der PC-Prototyp-Version des Ernährungsexpertensystems: Ausgehend von der Eingabe der eigenen aktuellen Nahrungsaufnahme wird eine Optimierung unter Berücksichtigung vorhandener Essgewohnheiten durchgeführt.



Modellbasierte Überwachung und Regelung mechatronischer Systeme

Diese Arbeitsgruppe hat sich auf mathematische Verfahren zur Systemidentifikation und Modelladaptation sowie zum Beobachter- und Reglerdesign spezialisiert. Hauptanwendungsgebiete sind momentan mechatronische Systeme, im Speziellen elektrische Maschinen wie z. B. Turbosätze.

Systemidentifikation und Modelladaptation

Am Beginn der Arbeiten mit einem technischen System steht in der Regel die Entwicklung eines mathematischen Ersatzmodells, das den jeweils interessierenden Systemaspekt möglichst exakt abbildet. Die hierfür verwendeten mathematischen Techniken werden individuell aufgrund der vorhandenen Informationen über das System ausgewählt. Ist lediglich das Input-Output-Verhalten bekannt – man spricht von einer Black-Box – so wird zunächst mit linearen Ansätzen (wie beispielsweise ARX oder ARMA-Modellen) versucht das System zu identifizieren. Führen diese Ansätze nicht zum gewünschten Erfolg, so kommen komplexere nicht-lineare Techniken wie Neuronale Netze

zum Einsatz. Ist hingegen die Struktur und Physik eines Systems teilweise oder vollständig bekannt, so müssen diese Informationen bei der Modellierung berücksichtigt werden. Man spricht dann von Grey-Box- oder White-Box-Modellierung.

Für die Modellierung des Torsionsverhaltens von Turbosätzen verwendet man beispielweise die Methode der Finiten Elemente, die auf die sogenannten Bewegungsgleichungen führt, ein hochdimensionales System gekoppelter Differenzialgleichungen zweiter Ordnung. Es handelt sich auch hier um einen Näherungsansatz, bei dem zumeist einige Parameter nicht oder nur approximativ bekannt sind. Oft stehen neben den geometrischen und physikalischen Größen zusätzlich Messungen modaler Systemgrößen zur Verfügung. Anhand dieser Messgrößen lässt sich die Modellqualität mit geeigneten Modelladaptationstechniken weiter verbessern. Dabei ist zum einen zu berücksichtigen, dass zumeist mehr analytische als korrespondierende gemessene Daten zur Verfügung stehen. Zum anderen ist zu beachten, dass auf Grund technischer Restriktionen die

TorAn - Überwachung des Torsionsverhaltens rotierender Maschinen

Eigenformen der Systeme auch gar nicht an jedem analytisch berechneten Knoten gemessen werden können und geeignet expandiert werden müssen. Neben Messfehlern sind daher unbedingt auch Expansionsfehler beim Adaptionsprozess zu berücksichtigen.

Beobachter- und Reglerdesign

Ausgehend von den identifizierten Systemmodellen werden dann für das Beobachter- und Reglerdesign neben den klassischen Ansätzen schwerpunktmäßig Methoden der H_∞ -Kontrolltheorie eingesetzt. Der Vorteil dieser Methoden liegt darin, dass der resultierende Beobachter oder Regler gegenüber Modellunsicherheiten und anderen Systemstörungen robust ist. Unterliegt das zu regelnde System starken zeitlichen Veränderungen, so werden geeignete adaptive Regleransätze eingesetzt.

Im Bereich »Modellbasierte Überwachung und Regelung mechatronischer Systeme« sind Dipl.-Math. Andreas Wirsen (Tel.: 06 31/2 05-31 26), Dipl.-Math. Frank Kneip und Dr. Patrick Lang tätig.

Angewendet werden die Techniken der Modelladaptation und des Beobachterdesigns beispielsweise in dem Softwareprodukt TorAn. Es handelt sich dabei um ein Tool für das Online-Monitoring von Torsionsschwingungen und die Ermüdungsanalyse von rotierenden Maschinen. Basierend auf den anregenden Momenten und einer Messung der Torsionsmomente an einem Wellenelement schätzt TorAn mit Hilfe eines robusten modellbasierten Beobachters online die Momentenverläufe an interessierenden Wellenabschnitten. TorAn erkennt Störfälle und führt bei einem solchen eine Ermüdungsberechnung für die ausgewählten Wellenelemente durch. Die Ergebnisse der Analyse werden über die grafische Oberfläche von TorAn dem Benutzer zur Ver-

fügung gestellt. Eine Visualisierung der zeitlichen Momentenverläufe eines Störfalls im Zeit- und Frequenzbereich ist ebenfalls möglich.

Die Messung der Torsionsmomente erfolgt mit einem durch das ITWM vertriebenen berührungslosen Drehmomentsensor. Die vom Sensor gelieferten Signale werden über eine Messkarte TorAn für die weitere Analyse zur Verfügung gestellt.



Zur Zeit wird TorAn im Kraftwerk Bergkamen (Luftaufnahme oben) getestet. Der berührungslose Sensor (unten) misst direkt an der Welle die Torsionsschwingungen eines 747 MW Turbosatzes (mit freundlicher Unterstützung der elektrotechnischen Abteilung des Steag und RWE Power Kraftwerks Bergkamen).



Materialmodelle

In diesem Kompetenzbereich werden mathematische Modelle und asymptotische Homogenisierungsalgorithmen entwickelt, mit deren Hilfe die gemittelten (effektiven) Eigenschaften und Mikrospannungen von Verbundwerkstoffen bzw. porösen Materialien aufgrund von bekannten Eigenschaften ihrer Komponenten und ihrer Mikrogeometrie berechnet werden können. Die Homogenisierung wird in den verschiedensten mechanischen und chemischen Prozessen in Verbundwerkstoffen und porösen Medien notwendig: Sobald zwei oder mehrere unterschiedliche Größenskalen in ihrer Mikro- und Makrostruktur vorhanden sind, ist die direkte numerische Berechnung sehr kompliziert oder sogar unmöglich. Bei der Homogenisierungsmethode wird zunächst ein kleiner Parameter eingeführt, der dem Skalierungsfaktor zwischen den charakteristischen Mikro- und Makrolängen in der Problemstellung entspricht. Dann wird die Lösung des Problems asymptotisch bezüglich dieses Parameters entwickelt, so dass man im Limes ein äquivalentes homogenisiertes Problem erhält, das einfacher zu berechnen ist.

Die Homogenisierungsmethode lässt sich zur Berechnung einer ganzen Rei-

he von mittleren Eigenschaften von Verbundwerkstoffen und porösen Medien anwenden. Dazu gehören Steifigkeit, viskoelastische Eigenschaften, freier Schwund, freie Schwellung, freie Temperaturdehnung, Festigkeit, Ermüdungsfestigkeit und Verschleiß. Alle diese Eigenschaften können im Grunde genommen aus den Eigenschaften der Komponenten auf einer Periodizitätszelle mit der Verbundwerkstoffmikrogeometrie berechnet werden. Infolgedessen sind sie nicht von äußeren Bedingungen, wie beispielsweise Belastung und Temperatur, abhängig.

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

Ansprechpartnerin im Schwerpunkt »Materialmodelle« ist Dr. Julia Orlik (Tel.: 06 31/2 05-27 42).

Einsatz von zementlosen Hüftprothesen

Dieses EU-geförderte Projekt beschäftigt sich damit, wie die Haltbarkeit zementloser Hüftprothesen verbessert werden kann. Dazu werden die Kontaktbedingungen zwischen dem Knochen und den mikrorauen Oberflächen der Prothese betrachtet. Mit einem Zweiskalenansatz können Mikrospannungen in der Grenzschicht zwischen Knochen und Prothese approximativ berechnet werden. Die Mikrogeometrie der Grenzflächenschicht, die Steifigkeit der Prothesenbeschichtung und des Knochens werden dabei berücksichtigt.

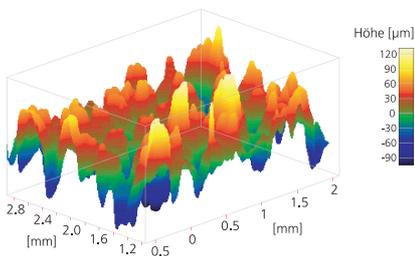
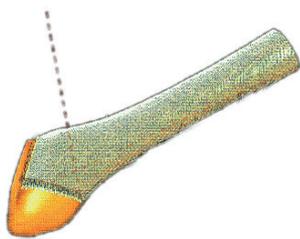
Betrachtet man in der schwachen Formulierung des Mikroproblems den Grenzübergang, so erhält man ein homogenisiertes Problem, wobei die Grenzflächenschicht durch eine homogenisierte Kontaktbedingung ersetzt ist. Die homogenisierte Kontaktsteifigkeit sowie der homogenisierte Reibungskoeffizient werden durch Mittelung der entsprechenden Mikrowerte über die in der Periodizitätszelle enthaltene Kontaktfläche berechnet. Die bislang im Projekt erzielten Ergebnisse gelten nur für bekannte Mikrokontaktflächen, die die Linearität des Problems garantieren.

Der mechanische Mikrokontakt wird als Winkler-Typ modelliert, d. h. die Normalspannung ist proportional zu dem Sprung in der Normalverschiebung auf der Kontaktfläche. Der entsprechende Proportionalitätskoeffizient wird Kontaktsteifigkeit genannt. Weiterhin ist das Coulombsche Reibungsgesetz für die Kontaktfläche vorausgesetzt. Mathematisch werden solche Kontaktbedingungen als Bedingungen dritter Art bezeichnet.

Die abgeleitete Makrokontaktbedingung wird danach in eine FEM-Berechnung für das homogenisierte Kontaktproblem eingefügt, wobei jedoch nur die Makroform der Prothese und die Steifigkeit und Festigkeit des Knochens und des Titans berücksichtigt werden.

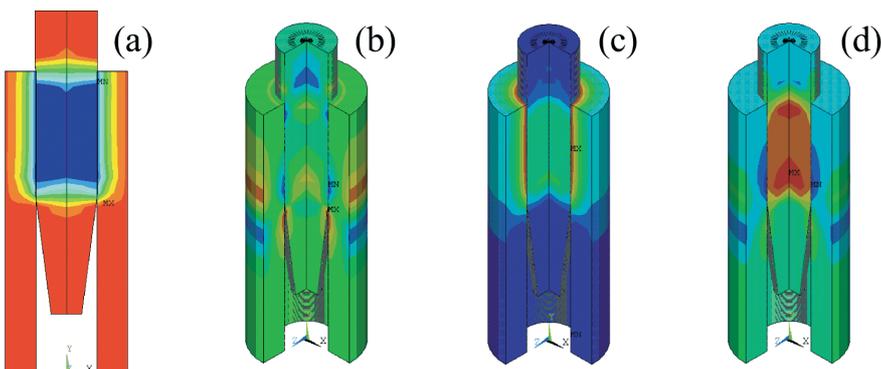
Im nächsten Jahr ist geplant, Lösungsalgorithmen für nicht bekannte Mikrokontaktflächen zu entwickeln.

In einem anderen aktuellen Projekt werden effektive Festigkeit, Ermüdung, Verschleiß und Schwund von partikelgefüllten Harzen untersucht.



Titanprothesen werden mit einer Plasma-Spraybeschichtung versehen. Die Oberfläche erhält dadurch eine deutlich ausgeprägte Mikrostruktur, die den Kontakt zum Knochen und damit die Haltbarkeit der Prothese verbessert.

Die Simulation zeigt, welchen Spannungen Knochen und Prothese ausgesetzt sind: (a) radiale Spannung, (b) axiale Spannung, (c) äquivalente von-Mises-Spannung, (d) äquivalente von-Mises-Dehnung.



Kontakt

Dr. Patrick Lang
Abteilungsleiter

+49 (0) 6 31/2 05-28 33
lang@itwm.fhg.de



Stehend (v.l.n.r.): Dipl.-Math. Alexander Dreyer, Dipl.-Math. Tim Wichmann, Dr. Hagen Knaf, Dr. Alexander Sarishvili, Dipl.-Ing. Thomas Halfmann, Dipl.-Math. Andreas Wirsen, Dr. Patrick Lang **Sitzend:** Dr. Julia Orlik, M.Sc. Stefan Soltuz
Nicht im Bild: Dipl.-Math. Frank Kneip, Dipl.-Ing. Jutta Praetorius, Dipl.-Math. Stefan Zeiser



Optimierung

Ziel der Abteilung OPTIMIERUNG ist die Erforschung und Bereitstellung von Modellen und Verfahren der Mathematischen Optimierung für Industrie, Dienstleistung und den sozialen Sektor. Hierbei spielt die Erstellung entsprechender Software, im Dialog mit dem Kunden, eine wichtige Rolle.

Die Abteilung gliedert sich in folgende Kompetenzschwerpunkte:

- Innerbetriebliche Logistik,
- Überbetriebliche Logistik,
- Verkehrsplanung,
- Entscheidungsunterstützung in den Life Sciences und
- Knowledge-Management und E-Commerce.

Das Spektrum der eingesetzten Methoden reicht von der Graphentheorie über spezielle kombinatorische Optimierungsansätze bis hin zur Large-Scale-Optimierung, die auch mit Hilfe kommerzieller Solver angegangen werden. Ebenso werden Verfahren der Online-Optimierung, der multikriteriellen Optimierung sowie Simulationsverfahren entwickelt und angewendet.

Das Jahr 2001 war für die Abteilung nicht nur wirtschaftlich ein außerordentlich erfolgreiches Jahr. Auch das Wachstum des Mitarbeiterstamms von über 15 Prozent ist bemerkenswert. Fast alle Kunden konnten gehalten werden, einige neue kamen dazu. Auch ein erstes Projekt mit unseren Partnern von FIMIM in Florenz zeugt von der positiven Entwicklung (s. auch »Internationalisierung«, S. 10). Weiterhin konnte durch Projekte im Rahmen des BMBF-Programms »Leben und Arbeiten in einer vernetzten Welt« die Kooperation mit anderen Fraunhofer-Instituten verstärkt werden.

In den Logistik-Bereichen war ein überdurchschnittliches Wachstum zu verzeichnen. Hier ist speziell der Bereich E-Commerce zu erwähnen, der sich zu einem eigenen Kompetenzschwerpunkt entwickelt hat. Im Kompetenzschwerpunkt »Entscheidungsunterstützung in den Life Sciences« konnten zwei große Projekte zur Krebsbestrahlungsplanung begonnen werden.

Die Projekte werden durch die Kooperation mit der Arbeitsgruppe »Mathematische Optimierung« an der Universität Kaiserslautern unterstützt.



Innerbetriebliche Logistik

Der Bereich »Innerbetriebliche Logistik« bietet umfassende Lösungen zu komplexen Aufgaben der Planung, Steuerung und Optimierung von technischen und organisatorischen Abläufen. Die Kompetenzen der in diesem Bereich tätigen Mitarbeiter, unterstützt durch leistungsfähige Software, ermöglichen es, effektive Lösungen sowohl zu traditionellen logistischen Fragestellungen zu erarbeiten als auch zu Aufgaben, deren Komplexität und Ausmaß eine wissenschaftlich-technische Herausforderung darstellen und daher die Entwicklung spezialisierter leistungsfähiger Lösungsverfahren verlangen.

Die Grundlage der verwendeten Entscheidungstechniken bildet ein integrierter Einsatz von Simulation und Optimierung. Es werden unter anderem Methoden und Ansätze der ereignisdiskreten Simulation, der linearen und ganzzahligen Optimierung sowie der multikriteriellen Entscheidungstheorie verwendet.

In zahlreichen industriellen Projekten wurden die genannten Verfahren erfolgreich eingesetzt: so zum Beispiel bei der Entwicklung von Zuordnungsstrategien für Montagelinien in der Automobilindustrie und zur Simulation einer komplexen Kommissionieranlage unter Verwendung hochleistungsfähiger Lagerkomponenten (Rotastores). Weiterhin wurde Simulation als entscheidungsunterstützendes Mittel beim Scheduling verwandt. Dadurch konnten bei der Entwicklung des Scheduling-Systems eines Gusswerks viele komplizierte und nicht analytisch darstellbare organisatorische Besonderheiten des Unternehmens berücksichtigt werden. Von den industriellen Partnern sind vor allem PHB Stahlguss GmbH (St. Ingbert-Rohrbach), psb GmbH Materialfluss+Logistik (Pirmasens) sowie Pierau Planung (Hamburg) zu erwähnen.

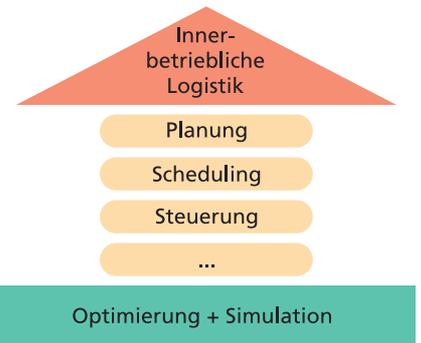
Darüber hinaus werden die Optimierungs- und Simulationsansätze im Dienstleistungssektor, insbesondere im Gesundheitswesen, eingesetzt. Ein Projekt befasst sich zum Beispiel mit der effizienten Planung von Patiententransporten in Krankenhäusern.

Neben den industriellen Projekten führt die Arbeitsgruppe »Innerbetriebliche Logistik« auch öffentlich geförderte Forschungsarbeiten durch. Beispielsweise werden im Rahmen des vom BMBF finanzierten Projekts SILVER (»Simulationsbasierte Systeme zur Integration logistischer und verfahrenstechnischer Entscheidungsprozesse«) Konzepte, Algorithmen und Implementierungsansätze entwickelt, die auf eine Kopplung der in der Logistik typischen diskreten und für die Verfahrenstechnik relevanten kontinuierlichen Simulation zielen. Dabei bildet die Optimierung einen wichtigen Bestandteil der Entscheidungsprozesse. Besonders gewinnbringend ist dabei die enge Zusammenarbeit mit den Partner-Instituten Fraunhofer IML, Fraunhofer UMSICHT und Fraunhofer FIT. Im Fraunhofer ITWM ist neben der Abteilung OPTIMIERUNG auch die Abteilung

TRANSPORTVORGÄNGE beteiligt. Die Umsetzung der im Projekt gewonnenen Ergebnisse soll es ermöglichen, schneller innovative Produkte auf dem Markt anbieten zu können.

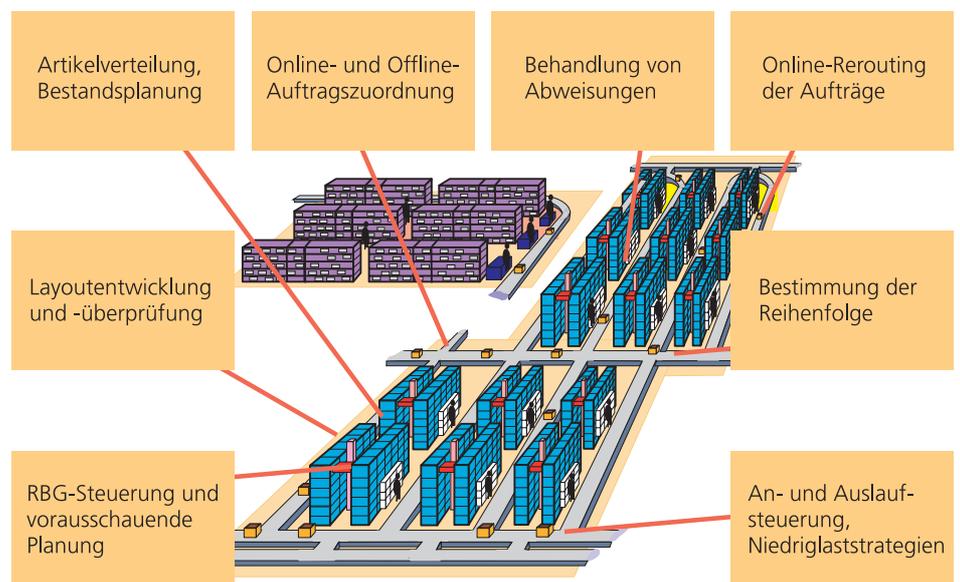
Die »Simulationsbasierte Evaluation und Verbesserung von Software-Entwicklungsprozessen« ist das Thema eines weiteren Projekts – in Zusammenarbeit mit der Abteilung ADAPTIVE SYSTEME –, das vom BMBF gefördert und zusammen mit dem Fraunhofer IESE und dem Fraunhofer FIT durchgeführt wird. Ziel ist die Entwicklung einer Simulationsplattform, um die Auswirkungen von Software-Entwicklungsprozessen in Industrieumgebungen kostengünstig ermitteln und demonstrieren zu können. Ein solches Tool soll vor allem der besseren Planbarkeit und Optimierung der Software-Entwicklung dienen.

Im Bereich »Innerbetriebliche Logistik« sind Dr.-Ing. habil. Alexander Lavrov (Tel.: 06 31/2 05-44 45), Dipl.-Math. Julia Cheredova, Dr. Michael Eley, Dr. Thomas Hanne und Dipl.-Math. Torsten Schneider tätig.



Die Grundlage für die Lösung logistischer Aufgaben bildet eine Kombination aus Simulation und Optimierung.

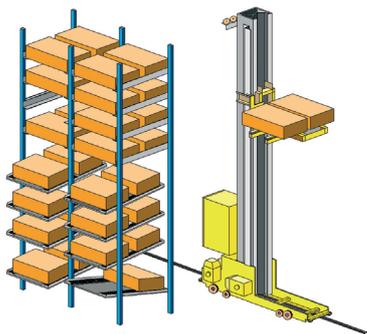
Bei der Entwicklung oder Verbesserung von technischer Infrastruktur oder der Steuerung moderner automatisierter Lager- und Kommissioniersysteme stellen sich Aufgaben mit anspruchsvollem mathematischen Hintergrund.



Simulation und Optimierung eines Versandhauses



Die Steuerung komplexer dynamischer Kommissioniersysteme für Hochregallager erfordert ausgefeilte mathematische Optimierungsstrategien. © psb GmbH



Hochregallager mit Kommissioniersystem
© psb GmbH

Das im Folgenden beschriebene Projekt stellt ein Beispiel für die Vielseitigkeit der Aufgabenstellungen dar, die im Bereich »Innerbetriebliche Logistik« behandelt werden. Die Zielsetzung umfasst unter anderem folgende Punkte:

- Entwurf eines detaillierten Simulationsmodells für Paletten- und Behälterkommissionierung,
- Erarbeitung einer effizienten Artikelverteilungsstrategie,
- Ermittlung optimaler Strategien zur Auftragsreihenfolge,
- Entwicklung von Steuerungsstrategien für dynamisches Routing,
- Ermittlung optimaler Systemparameter wie Pufferkapazitäten, Fördertechnikgeschwindigkeiten, Leistung der Regalbediengeräte (RBG),
- Vermeiden von Staus und Deadlocks,
- Entwicklung von An- und Auslaufstrategien sowie von Maßnahmen für Niedriglastsituationen.

Zu den Merkmalen des Systems gehören unter anderem ein aus mehreren tausend Artikeln bestehendes Sortiment, stark variierende Artikelansprachen, ein Durchsatz von einigen tausend Aufträgen pro Stunde sowie kurzfristige Änderungen des Auftragspools.

Durch Simulationen und analytische Untersuchungen konnten Schwachstellen des ursprünglichen Layouts für den Kommissionierbereich identifiziert werden. Durch das in Zusammenarbeit mit den Partnern entwickelte neue Layout ließen sich die Transportkapazitäten einhalten und gleichzeitig die Anzahl notwendiger Regalbediengeräte um bis zu 45 Prozent reduzieren. Darüber hinaus sind nun flexiblere Auftragszuordnungen und Routenbestimmungen möglich.

Die entwickelten Steuerungsstrategien basieren auf einer Kopplung strikter mathematischer Ansätze und heuristischer Entscheidungsverfahren. Sie sind online wie offline zur effizienten Lösung komplexer multikriterieller Probleme geeignet. Die Strategien der Artikelverteilung und des Online-Auftragsroutings ermöglichen eine gleichmäßige Auslastung der Anlage und der Kommissionierer und helfen die Überlastung der Fördertechnik zu vermeiden. Der Steigerung der RBG-Effizienz dienen speziell erarbeitete Methoden der mehrstufigen Vorausschau zu Artikelumlagerungen. Die entwickelten Algorithmen des dynamischen Reroutings ermöglichen einen flüssigen Betrieb des Systems und eine operative Behandlung von kurzfristig entstehenden Engpässen.



Simulationsläufe für ein Kommissioniersystem auf der Basis verschiedener Optimierungsstrategien mit dem Ziel, einen möglichst gleichmäßigen Ausstoß (obere Kurven) und eine geringe Anzahl von »Irrläufern« innerhalb eines Zeitabschnitts zu erhalten.



Überbetriebliche Logistik

Dieser Schwerpunkt befasst sich mit der Entwicklung von Modellen und Methoden der mathematischen Optimierung zur Analyse, Planung und Steuerung unternehmensübergreifender Wertschöpfungsprozesse. Die Anwendungsfelder liegen beispielsweise in der Gestaltung von Vertriebsgebieten oder der strategischen und taktischen Planung sowie dem optimalen Betrieb von Supply-Chain-Netzwerken.

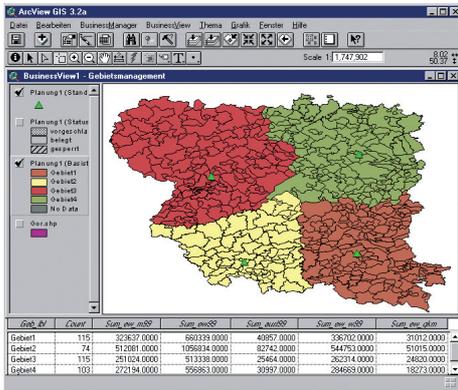
Bei der Vertriebsgebietsplanung werden kleine geographische (Vertriebs-) Einheiten zu größeren zusammenhängenden Gebieten so gruppiert, dass diese neuen Gebiete bezüglich verschiedener Kriterien wie Kaufpotenzial, Fläche usw. möglichst gleichwertig sind (s. Abb. S. 84 oben). Gleichzeitig wird innerhalb jedes zu bildenden Gebiets der Standort eines Vertriebszentrums so bestimmt, dass die Summe der Entfernungen dieses Standorts zu den Vertriebseinheiten des Gebiets minimiert wird. Diese Planungsaufgabe tritt häufig bei Unternehmen auf, die Zuständigkeitsbereiche und Standorte für ihre Außendienstmitarbeiter suchen. Die Gestaltung von Vertriebsgebieten lässt sich als diskretes Standortproblem modellieren und wird sowohl mit exakten als auch mit heuristischen Optimierungsverfahren gelöst. Letztere weisen große Flexibilität hinsichtlich der Integration anwendungsspezifischer Planungskriterien auf.

Der Bereich der Standorttheorie spielt auch bei dem vom BMBF geförderten Projekt »KogiPlan: Kooperation, Geo-Informationssystem und Entscheidungsunterstützung für die Standortplanung« eine wesentliche Rolle. Ziel des Projekts ist, eine Integrationsplattform für Data-Mining-, Optimierungs- und Visualisierungstools zu entwickeln, die Standortentscheidungsprozesse in allen Planungsphasen unterstützt.

Ein weiteres Arbeitsgebiet bildet der Einsatz von Optimierungsverfahren im Rahmen der Notfall-Logistik, z. B. der Standortplanung für Notfalleinrichtungen und der Planung der Evakuierung einzelner Gebäude oder ganzer Regionen. Zu diesem Thema wurde in Zusammenarbeit mit der Abteilung STRÖMUNG IN KOMPLEXEN STRUKTUREN und weiteren vier Fraunhofer-Instituten im Sommer dieses Jahres eine Befragung durchgeführt, die auf große Resonanz in Expertenkreisen gestoßen ist. Zielsetzung der Studie war die Ermittlung des Bedarfs an IT-Unterstützung für das Katastrophen- und Notfallmanagement.

Mitarbeiter in diesem Kompetenzschwerpunkt sind Dr. Teresa Melo (Tel.: 06 31/2 05-44 26), Dipl.-Math. Patricia Domínguez-Marín, Dr. Michael Schröder und Dipl.-Math. Jörg Kalcsics.

Optimale Planung von Supply-Chain-Netzwerken



Einteilung von Postleitzahlbezirken in vier annähernd gleichgroße Vertriebsgebiete. Darstellung in der Geomarketingsoftware *BusinessManager*[®], eine ArcView[®] GIS-Erweiterung des Projektpartners geomer GmbH.

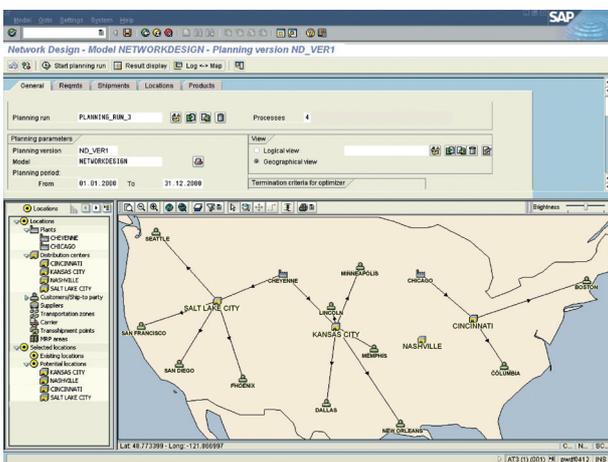
Supply-Chain-Management befasst sich mit der Planung und Optimierung des gesamten unternehmensübergreifenden Beschaffungs-, Herstellungs- und Distributionsprozesses mehrerer Produkte zwischen allen beteiligten Geschäftspartnern (Lieferanten, Logistikdienstleistern, Händlern). Ziel ist es, unter Berücksichtigung verschiedenster Rahmenbedingungen den (Kunden-) Bedarf so zu befriedigen, dass die Gesamtkosten minimiert werden.

Auf der strategischen Ebene treten Entscheidungen auf, die langfristig wirksam sind und den gesamten Betrieb und die Effizienz eines Supply-Chain-Netzwerks entscheidend beeinflussen. Für unseren Partner, die SAP AG, wurde das Softwaretool *Network Design* entwickelt, das Modelle und Algorithmen zur Entscheidungsunterstützung bei der strategischen Planung von Supply-Chain-Netzwerken in den folgenden Bereichen enthält:

- Beschaffung: Welche Menge an Materialien soll wo beschafft werden?
- Produktion: Wo und wie viel soll produziert werden?
- Distribution: Welche Transportwege sollen benutzt werden?

- Standortplanung: Wie viele neue Einrichtungen (z. B. Produktionsstätten) sollen wo geöffnet werden? Welche der existierenden Einrichtungen (z. B. Lager) sollen geschlossen werden?
- Kundenzuordnung: Welche Einrichtung beliefert welchen Kunden?

Bei der Optimierung eines Supply-Chain-Netzwerks werden verschiedene Kostenstrukturen berücksichtigt. Diese umfassen fixe Kosten für die Errichtung neuer oder die Schließung vorhandener Einrichtungen sowie Beschaffungs-, Produktions- und Transportkosten. Darüber hinaus werden Produktions- und Handlingressourcen mit begrenzter Kapazität betrachtet. Sie sind – z. B. durch Überstunden – erweiterungsfähig, wofür allerdings zusätzliche Kosten anfallen. Gesucht werden die optimale Anzahl betriebener Einrichtungen und ihre Standorte sowie der Umfang der durchzuführenden Güterflüsse, so dass die Gesamtkosten minimal werden. Das daraus resultierende mehrstufige Modell wird als gemischt-ganzzahliges lineares Problem formuliert und mit Hilfe der Optimierungssoftware CPLEX[®] gelöst. Der Entscheidungsträger kann sich die Optimierungsergebnisse sowohl grafisch als auch tabellarisch visualisieren lassen.



Optimierte Supply-Chain: Aus den vier potenziellen Standorten für neue Lager wurden drei ausgewählt. Die kostenoptimale Zuordnung von Kunden zu Lagern und von Lagern zu Werken ist angezeigt (Darstellung in der APO Supply Chain Design-Software, © SAP).

Network Design ist ein Modul innerhalb der von SAP entwickelten Software APO (*Advanced Planner and Optimizer*), die die Gestaltung, die Organisation und den Betrieb von Supply Chain-Netzwerken unterstützt.



Verkehrsplanung

Ziel der Projekte im Kompetenzschwerpunkt »Verkehrsplanung« ist die Ausschöpfung neuer Potenziale für den öffentlichen Verkehr, die intermodale Kombination verschiedener Verkehrsträger und die kosteneffiziente Stärkung des Schienenverkehrs.

Dabei werden aktuell auftretende Planungsaufgaben öffentlicher und privater Verkehrsbetriebe mit Methoden der mathematischen Optimierung bearbeitet. Typische Anwendungsfelder beinhalten einerseits Aspekte der Infrastrukturplanung, wie zum Beispiel in einem Projekt mit der Deutschen Bahn AG die Suche nach geeigneten Standorten für neue Bahnhöfe und Haltestellen im Nahverkehr, oder die Konstruktion von intermodalen Vertriebsnetzwerken für Postdienstleister. Daneben werden auch Probleme der Betriebsablaufplanung untersucht, so etwa die Verbesserung von Umsteigevorgängen zwischen unterschiedlichen Verkehrsmitteln. Ein weiterer Tätigkeitsbereich

betrifft die Tarifplanung für große Verkehrsverbünde, wie z. B. die Einführung eines Wabentarifs in Sachsen-Anhalt.

Im Rahmen der deutsch-italienischen Kooperation FIMIM (vergleiche auch den Beitrag »Internationalisierung« auf S. 10) werden sowohl Aufgaben der Infrastruktur- als auch der Betriebsablaufplanung bei der Konzeption eines neuen Stadtbahnsystems in Florenz bearbeitet (s. S. 86, zweites Bild von oben).

Die in den Projekten eingesetzten mathematischen Werkzeuge beinhalten Methoden der Graphentheorie, der Standortplanung, des Netzwerk-Designs und der heuristischen und exakten kombinatorischen Optimierung.

Mitarbeiter im Kompetenzschwerpunkt »Verkehrsplanung« sind Dipl.-Math. Tim Sonneborn (Tel.: 06 31/2 05-44 73) und Dr. Michael Schröder.

Anschluss-Sicherung in multimodalen Verkehrssystemen



Anschlüsse zwischen verschiedenen öffentlichen Verkehrsmitteln, z. B. Bus und Bahn, zu sichern und zu optimieren, ist vor allem bei größeren und dichten Verkehrsnetzen schwierig.



Das bisherige ÖPNV-Netz in der Innenstadt von Florenz

Angenommen, ein Zug erreicht einen Bahnhof mit Verspätung. Für die am Bahnhof zur Abfahrt bereit stehenden Busse ergibt sich dann die Frage, ob sie auf Anschlussreisende aus dem verspäteten Zug warten oder ob sie pünktlich abfahren sollen. An einer einzigen Haltestelle lässt sich eine derartige Frage leicht beantworten, aber innerhalb eines großen Verkehrsnetzes wird das Problem schnell sehr kompliziert.

In dem aktuellen Projekt werden Modelle zur Anschluss-Sicherung entwickelt, die in der Praxis großer Verkehrsverbünde einsetzbar sind. Speziell wird dabei berücksichtigt, dass die Modelle auf vorhandenen Daten aufbauen, und dass sie nicht nur das Umsteigen zwischen zwei Linien des gleichen Unternehmens betrachten, sondern auch das Übersteigen von einem Unternehmen zu einem anderen, wie z. B. die Weiterfahrt per Bus für Fahrgäste der Bahn. Die Modelle lassen sich sowohl auf den Fall einer aktuellen Verspätung als auch auf die Änderung und Neugestaltung der Fahrpläne anwenden. Im Einzelnen werden folgende Fragestellungen behandelt:

- Wie wirken sich verspätete Fahrzeuge auf das System aus?
- Welche Anschlüsse sollen im Fall einer Verspätung gehalten werden?
- Wo weist die Anschluss-Sicherheit bestehender Fahrpläne Schwachstellen auf, und wie kann man diese beseitigen?
- Wie wirken sich Fahrplanänderungen auf das System aus?
- Wie kann man den Fahrplan bei vorher bekannten Hindernissen (z. B. einer Großbaustelle) anpassen?

Diese Fragestellungen bilden den Ausgangspunkt des aktuellen Projekts, das von der Stiftung Innovation des Landes Rheinland-Pfalz gefördert und zusammen mit dem Verkehrsverbund Rhein-Neckar (VRN), der Verkehrsverbundgesellschaft Saar (VGS) und der Deutschen Bahn (DB), Regionalbereich Frankfurt, bearbeitet wird. Dafür wurden mathematische Optimierungsmodelle entwickelt, die Methoden der Netzplantechnik verwenden. Mit ihnen lassen sich die Auswirkungen von Verspätungen oder Fahrplanänderungen effizient berechnen. Die auftretenden Verspätungen werden anschließend grafisch dargestellt.

Alle Verfahren werden an zwei Testgebieten erprobt: in der Pfalz auf der Strecke der Lautertalbahn zwischen Kaiserslautern und Lauterecken, die Auswirkungen bis ins Gebiet Mannheim-Ludwigshafen haben kann, und im Saarland in der Region Saarbrücken-Homburg-Wemmetsweiler.

Die Strecke der Lautertalbahn eignet sich besonders gut als Testgebiet, weil hier das Projekt »Automat im Zug« der Deutschen Bahn installiert wird, bei dem unter anderem ein System implementiert wurde, das den Busfahrern an den Bahnhöfen die aktuelle Ankunftszeit der Züge mitteilt. In Kombination mit diesem Projekt sollen Regeln entwickelt werden, anhand derer entschieden wird, wie lange ein Bus maximal auf einen verspäteten Zug warten soll.

Die Ergebnisse des Projekts sollen die Verkehrsplaner in den beteiligten Verkehrsbetrieben sowohl bei der Fahrplangestaltung als auch bei der Reaktion auf unvorhergesehene Ereignisse unterstützen.



Entscheidungsunterstützung in den Life Sciences

Hochtechnologie in den Life Sciences wird in der Öffentlichkeit wesentlich mit Verfahren der Gentechnologie, medizinischer Bildgebung oder Mikrochirurgie identifiziert. Die Entwicklung dieser Methoden beruht auf immensen Fortschritten bei der bildlichen Erfassung komplexer Strukturen der Natur. Das dadurch geschaffene riesige Datenpotenzial überfordert ohne Zuhilfenahme von Analysewerkzeugen die menschliche Rezeption bei weitem.

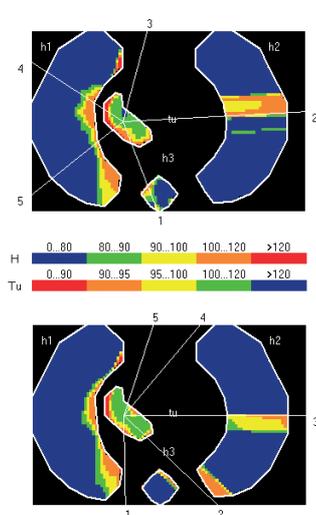
Ein typisches Beispiel ist die Auswertung medizinischer Bilder zur Diagnose oder Planung und Begleitung von Therapien. Ärzte und Planer benötigen zur Erfassung der Datenmengen und zur Entscheidung über Behandlungskonzepte strukturelle Hilfe, die aus abstrakten Modellen und deren konsequenter Beschreibung resultiert. Im Bereich der medizinischen Technik werden bislang hauptsächlich Methoden der mathematischen Physik eingesetzt, während mathematische Methoden aus dem Bereich der Wirtschaftsmathematik nahezu keine Rolle spielen.

Hier setzt die Arbeitsgruppe des Fraunhofer ITWM an, die Verfahren des wirtschaftswissenschaftlichen Operations Research auf Fragestellungen der Life Sciences überträgt. Methoden der multikriteriellen Entscheidungsfindung, der Online-Adaption von Prozessparametern und der Ausnutzung diskreter Strukturen in Modellierung und algorithmischer Realisierung bilden den Fokus der Tätigkeit.

Zwei Projekte aus dem Bereich der klinischen Strahlentherapieplanung bilden den derzeitigen wissenschaftlichen Kern dieser Kompetenz. Eigenforschungen und Vorbereitungen für weitere Projekte beschäftigen sich derzeit mit diskreten Optimierungsalgorithmen, um Replikationsursprünge bei Genomsequenzen leichter aufzufinden.

Im Schwerpunkt »Entscheidungsunterstützung in den Life Sciences« sind zur Zeit PD Dr. Karl-Heinz Küfer (Tel.: 06 31/3 03-18 51), Dipl.-Math. Michael Monz, Dipl.-Math. Alexander Scherrer und Dipl.-Math. Hans Trinkaus tätig.

Multikriterielle Planungskonzepte für die Strahlentherapie



Die Optimierung von Einstrahlgeometrien bei intensitätsmodulierter Strahlentherapieplanung ist insbesondere dann sinnvoll, wenn die Strahlenköpfe nur einen Teil der relevanten Körperoberfläche ausleuchten. Das obere Bild zeigt die optimale äquidistante Wahl der Einstrahlgeometrie, das untere Bild zeigt eine optimale Einstrahlgeometrie ohne Beschränkung auf äquidistante Anordnung. Das Potenzial für den Einsatz verbesserter Optimierungsmethoden ist erkennbar.

Ein Multileafkollimator ist eine rechnergesteuerte Strahlenblende, mit der die Strahlenkontur der Form des Tumors angepasst wird. So lässt sich einerseits das Krebsgewebe gezielter bestrahlen, andererseits wird umliegendes Gewebe geschont.



Das Projekt RADIOPLAN, das vom BMBF gefördert und im Verbund mit Fraunhofer SCAI bearbeitet wird, ist in seiner Ausprägung eher grundlagenorientiert. Es ist aber eine ideale Unterstützung für das in Kooperation mit dem Deutschen Krebsforschungszentrum und dem Universitätsklinikum Heidelberg verfolgte praxisnahe Projekt »Ein dynamisches Echtzeitwerkzeug zur verbesserten Planung konformierender Strahlentherapie«, über das im letzten Jahresbericht auf Seite 92 ausführlich berichtet wurde.

Die Aufgabe klinischer Strahlentherapieplaner ist es, einen Kompromiss herbeizuführen zwischen einer hinreichend hohen Strahlungsdosis im Tumorgewebe und einer weitestgehenden Verschonung des umliegenden Gewebes. Das Kernproblem bei der computergestützten Suche nach patientenindividuell optimierten Therapien besteht darin, einen adäquaten Bewertungsmechanismus für Therapiepläne zu finden. Die derzeitige Planungspraxis bewertet Therapiepläne bislang mit einer einzigen »Note«, die sich als geeignet gewichtetes Mittel von Einzelbewertungen der Dosisverteilungen in allen relevanten Entitäten, Zielvolumina und Risikoorganen darstellt. Die Qualität eines Therapieplans wird von Klinikern jedoch anhand verschiedener organbezogener Kriterien beurteilt, die in diesem Bewertungsmechanismus nicht berücksichtigt werden. Weil auch Nachbesserungen an den Gewichten dynamisch nicht möglich sind, führt dies zu einem zeitaufwändigen Trial-and-Error-Suchprozess.

Basierend auf Ansätzen der multikriteriellen Entscheidungstheorie werden physikalische Setups von Strahlentherapieplänen berechnet und in einer Da-

tenbank gespeichert. An die Stelle der Gesamtbewertung treten Einzelbewertungen, die unabhängig voneinander optimiert werden. Auf dem Pareto-schen Lösungskonzept multikriterieller Probleme aufbauend werden dann Vertretersysteme effizienter Lösungen berechnet. Diese kann der behandelnde Arzt interaktiv mit einem einfachen Navigationsmechanismus durchsuchen, den das Fraunhofer ITWM zum Patent eingereicht hat.

Mathematisch kann die Fragestellung als multikriterielle konvexe Large-Scale-Optimierungsaufgabe modelliert werden. Wesentliche Elemente der Projektarbeit sind die effiziente numerische Behandlung und adaptive Anpassung der Modellierungsparameter sowie die konsequente Ausnutzung von Rechnerarchitekturen.

Eine weitere Aufgabenstellung im Umfeld der Strahlentherapieplanung ist die effiziente physikalische Realisierung der Therapiepläne mit Multileafkollimatoren, die in Step-and-Shoot-Strategie als diskretes Netzwerkflussproblem modelliert werden kann. Die physikalische Realisierung der Strahlentherapie zu vereinfachen, führt unmittelbar zu kürzeren Behandlungszeiten und damit zu breiterer klinischer Akzeptanz.

Das Projekt RADIOPLAN ist ein abteilungsübergreifendes Projekt im Fraunhofer ITWM. Die Abteilung TRANSPORTVORGÄNGE erarbeitet als Grundlagenforschung eine Modellierung der Dosisabsorption im Rahmen strömungsdynamischer Gleichungen, die Abteilung MODELLE UND ALGORITHMEN IN DER BILDERVERARBEITUNG erstellt eine Machbarkeitsstudie zum Problem der Adaption dynamischer Patientengeometrien.



Knowledge-Management und E-Commerce

Unterscheidungsmerkmale zwischen Unternehmen werden in den klassischen operativen Bereichen immer schwerer erkennbar. Wettbewerbsvorteile sind somit, primär für Produktionsunternehmen, auf strategischen Gebieten zu erarbeiten: etwa im Umfeld der Produkt- und Prozessinnovation, und zunehmend bei der Kunden-, Produkt- und Mitarbeiterrevolution. Die Grundlage dafür bildet ein effektives und effizientes Wissensmanagement, das firmenspezifisches Know-how generiert, strukturiert und archiviert, sowie darin integrierte redundanzfreie Methoden zur Optimierung, Simulation und Visualisierung von unternehmensrelevanten Ressourcen und Geschäftsprozessen.

Daraus leitet sich unmittelbar ein Schwerpunkt im Kompetenzbereich »Knowledge-Management und E-Commerce« ab: die modulare »KnowledgeBox for Decision Support«. Sie wurde für die Unterstützung des Gesamtkomplexes Innovations-, Ressourcen- und Projektmanagement entwickelt und realisiert gleichzeitig strategisches Controlling und operatives Management.

In der betrieblichen Praxis bewähren sich bereits einige Module der »KnowledgeBox«. Ihre Komplettierung ist Inhalt eines Projekts, an dem Unternehmen unterschiedlicher Branchen partizipieren. Haupt Gesichtspunkt ist es, deren Gemeinsamkeiten zu entdecken und einen interdisziplinären Transfer zu bewirken. Gleichzeitig garantiert die Modularität der »KnowledgeBox«, dass jeder Projektteilnehmer ein individuell angepasstes Modul erhält, wo Vereinheitlichungen unzweckmäßig und kontraproduktiv wären.

Zu den Modulen der »KnowledgeBox« gehören u. a. flexible Checklisten, die gleichzeitig einem effizienten Projektmanagement und der automatischen Wissenspräsentation und -akquisition dienen und ein vorstrukturierter Workflow, der alle Projektbeteiligten verknüpft und Teilprozesse auslöst.

In diesem Bereich arbeiten Dipl.-Math. Hans Trinkaus (Tel.: 06 31/3 03-18 55), PD Dr. Karl-Heinz Küfer und Dipl.-Biol. Claudia Meißner.

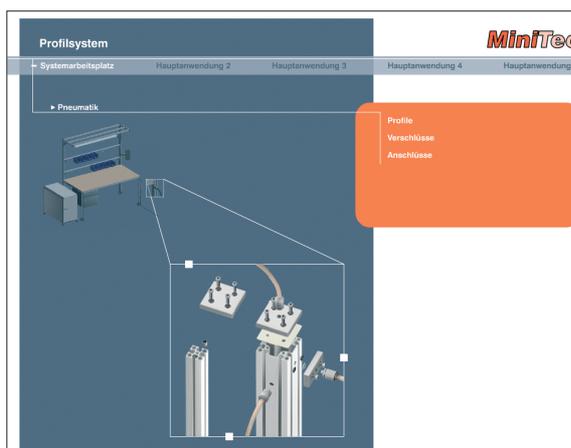
Intelligente Kataloge

Intelligente Kataloge gehören zu den Produkten, die aus der engen Integration von Knowledge-Management und E-Commerce hervorgehen.

In Zusammenarbeit mit zwei Industriepartnern wurde eine CD-ROM- und Internet-Software erstellt. Dabei war die gesamte grafische Information aus bereits vorhandenen CAD-Konstruktionszeichnungen abzuleiten. Entstanden ist eine integrierte Informations- und Bestellsoftware, die konventionelle Kataloge an Funktionalität weit übertrifft. Unterschiedliche Benutzergruppen werden gleichzeitig angesprochen, indem etwa animierte Bildfolgen den Planern Produktneuigkeiten vorstellen und detaillierte Montagesequenzen die Techniker informieren. Der Kunde wird entsprechend der Top-down-Struktur der Software von der Systemübersicht zum Einzelprodukt geführt und erwirbt dabei detaillierte Systemkenntnisse. Ein interaktives grafisches Bestelltool »denkt mit« und ermöglicht eine komfortable und fehlerfreie Auftragsgenerierung.

In den darauf aufbauenden Projekten wird die Kundenorientierung noch intensiviert. Im Internet verstärken interaktive virtuelle Produktszenen die Kundenbindung, z. B. mittels »Fortsetzungsgeschichten«. Kundenindividuelle Kataloge und eine grafische Angebotserstellung richten sich an Kundengruppen und sogar Einzelkunden. Das anspruchsvollste Projektziel jedoch ist ein »Produktsystemkonfigurator«. Dieser orientiert sich an aktuellen Kundenwünschen und generiert online entsprechende, technisch adäquate und ästhetisch ansprechende Konfigurationsvorschläge, die neben Stücklisten auch grafische Darstellungen in Fotoqualität beinhalten.

Ein intelligenter Produktkatalog macht dem Kunden das Auffinden der gewünschten Produkte leicht. Die Abbildung zeigt, wie der Kunde in einem am Fraunhofer ITWM entwickelten Katalogsystem geleitet wird: Er sieht die Teile, wie sie am Ende zusammengebaut werden. Dadurch sind alle benötigten Teile gleichzeitig im Bild, und die lästige Suche in verschiedenen Produktgruppen entfällt.



Kontakt

PD Dr. Stefan Nickel
Abteilungsleiter

+49 (0) 6 31/2 05-45 58
nickel@itwm.fhg.de



Stehend (v.l.n.r.): PD Dr. Karl-Heinz Küfer, Dr. Michael Eley, Dipl.-Math. Hans Trinkaus, Dipl.-Math. Jörg Kalcsics, Dr. Thomas Hanne, Dipl.-Math. Michael Monz, Dipl.-Math. Julia Cheredova, Dipl.-Math. Patricia Domínguez-Marín, PD Dr. Stefan Nickel, Dr.-Ing. habil. Alexander Lavrov, Dipl.-Math. (FH) Tors-ten Schneider, Dipl.-Math. Alexander Scherrer, Dr. Michael Schröder
Sitzend: Dipl.-Math. Tim Sonneborn, Dr. Teresa Melo **Nicht im Bild:** M.Sc. Stevanus A. Tjandra



Die moderne Finanzmathematik ist sowohl in der Praxis als auch in der Theorie im abgelaufenen Jahr ein aktuelles und gefragtes Gebiet mathematischer Forschung geblieben. Dies spiegelt sich auch in der Entwicklung der Finanzmathematik am Fraunhofer ITWM.

War die Finanzmathematik am Fraunhofer ITWM im letzten Jahresbericht nur als Arbeitsgruppe innerhalb der Abteilung ADAPTIVE SYSTEME vertreten, so wurde der aktuellen Entwicklung im Laufe des vergangenen Jahres Rechnung getragen und im Juli 2001 die selbständige Abteilung FINANZMATHEMATIK gegründet. Zusätzlich zu den bereits vorhandenen Mitarbeitern wurden im abgelaufenen Jahr weitere vier Mitarbeiter eingestellt, zu denen in 2002 noch weitere zwei Neueinstellungen hinzukommen werden. Damit konnten die im letzten Jahresbericht geäußerten Erwartungen voll erfüllt werden.

Die bereits am Fraunhofer ITWM vorhandenen Kompetenzen in allen wesentlichen Bereichen der modernen Finanzmathematik konnten durch die Neueinstellungen wesentlich ergänzt und gestärkt werden. So wurden die Kernkompetenzen auf den Gebieten Derivate, Portfolio-Optimierung, Bootstrap und neuronale Netze in der Finanzmathematik, Risikomanagement, Kredit-Risiko systematisch um die Bereiche Umsetzung der Baseler Richtlinien, Verfahren zur Bewertung von

Wandelschuldverschreibungen und Optionsbewertung bei stochastischer Volatilität ergänzt.

Im abgelaufenen Jahr wurde neben der Bearbeitung von Industrieprojekten auch Forschungsarbeit im eigentlichen Sinn (d. h. ohne direkten Industrieauftrag) betrieben. So konnte Harriet Holzberger ihre mit einem ITWM-Stipendium geförderte Dissertation erfolgreich abschließen. Des Weiteren wurden auf dem Gebiet der Portfolio-Optimierung neue Resultate erzielt, die sich in mittlerweile zur Publikation in internationalen Zeitschriften eingereichten Arbeiten von Holger Kraft, Martin Krekel und Ralf Korn widerspiegeln.

Nach der rasanten Entwicklung im abgelaufenen Jahr soll im Jahr 2002 nach den bereits erwähnten weiteren beabsichtigten Neueinstellungen eine Phase der Konsolidierung begonnen werden, bei der neben der aktuellen Projektarbeit auch eine Erweiterung des vorhandenen Know-hows sowohl in Richtung der bisherigen Kunden als auch im Hinblick auf das bisher nicht erreichte Kundensegment der Unternehmensberatungen (und hier gerade auch die im KMU-Bereich angesiedelten) erworben werden.

In dieser Abteilung arbeiten Dipl.-Math. Martin Krekel (Tel.: 06 31/2 05-44 68), Dipl.-Stat. Beatriz Clavero Rasero, Dipl.-Kfm. Dipl.-Math. Holger Kraft, Dr. Gerald Kroisandt, Dr. Sergej Mikhailov, Dr. Marlene Müller, Dr. Ulrich Nögel.

Bewertung exotischer Optionen und Risikomanagement von Derivaten

Exotische Aktien- und Kreditderivate sind Finanzinstrumente, deren Auszahlung von den Preisverläufen der Basistitel und/oder eines eventuellen Bankrotts des zugrundeliegenden Unternehmens abhängt. Seit Anfang der 90er Jahre hat die Komplexität und das Handelsvolumen dieser Finanztitel stark zugenommen, und sie sind heute aus der Finanzwelt nicht mehr wegzudenken.

Diese Derivate werden zum einem dazu benutzt, um am Markt zu spekulieren. Das heißt, ein Investor wettet darauf, dass sich ein spezielles Wertpapier oder Marktsegment bald in eine bestimmte Richtung bewegen wird und der aktuelle Marktwert des entsprechenden Derivats zu hoch oder zu niedrig ist. Zum anderen werden sie dazu benutzt, um Marktpositionen abzusichern. Dies bedeutet, der Investor möchte sein gegebenes Portfolio an Wertpapieren und Derivaten durch Zukauf oder Verkauf von Derivaten und Wertpapieren derart ergänzen, dass der Gesamtwert möglichst unempfindlich auf Marktschwankungen reagiert. Hier kommen die sogenannten »Greeks« in Spiel, die als jeweilige partielle Ableitung ein Maß für die Sensitivität des Optionspreises bezüglich der Schwankungen der Input-Parameter darstellen.

Das Portfolio einer Investmentbank besteht aus unzähligen Wertpapieren und Derivaten verschiedener Währungen, dessen Gesamtwert mindestens einmal täglich ermittelt werden muss. Einzelne Anlageentscheidungen müssen sogar in Sekundenschnelle getroffen werden. Zur Bewertung und zum Risikomanagement eines solchen Portfolios sind daher sehr schnelle und genaue Methoden erforderlich. Das Fraunhofer ITWM verfügt in diesem Bereich über ein umfassendes Know-how, wie zum Beispiel umfangreiche Methoden zur analytischen Lösung und Approximation, Finite Differenzen-Methoden, Monte-Carlo-Methoden sowie Binomiale und trinomiale Bäume.

Im Jahr 2001 hat die Abteilung FINANZMATHEMATIK in diesem Bereich zwei Projekte erfolgreich abschließen können. In dem einen wurde für die Landesbank Baden-Württemberg ein bestehendes Bewertungstool überprüft und durch neue Algorithmen ergänzt. Im zweiten wurde in enger Kooperation mit den Amaranth Advisors in New York ein Bewertungstool für Kreditderivate entwickelt.

Für 2002 beabsichtigte Eigenforschungsprojekte liegen im Bereich der Wetterderivate (Derivate, deren Auszahlungen von beobachtbaren Wetterindizes abhängen) und der Energiederivate (Derivate, deren Auszahlungen von aktuellen Energiepreisen abhängen). Beide Gebiete sind aktuell, und die vorhandenen Forschungsergebnisse stellen noch keinen unumstößlichen Marktstandard dar, sind also noch verbesserungswürdig. Gleichzeitig erlaubt der Handel mit Wetter- und Energiederivaten den betroffenen Unternehmen, einen Teil der zugehörigen Risiken an risikosuchende Investoren abzutreten. Diese Möglichkeit macht die Klasse solcher neuer Derivate für den tatsächlichen Handel attraktiv.

Mit dieser in der Abteilung entwickelten Oberfläche wird den Kunden ein Tool zur Bewertung von Convertible Bonds zur Verfügung gestellt.

The screenshot shows a software window titled "Convertible Bonds" with several sections:

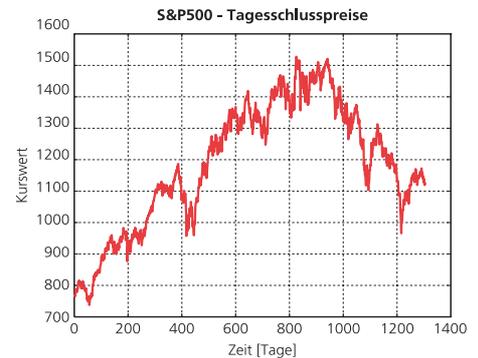
- Underlying Share:** Calculation Date (30.01.2001), Reference (Medon AG), Spot (103,12), Volatility (%) (47,35), Yield (%) (0,00), Number of Shares (100000), Number of Conv. (1000).
- Interest Rate:** Model (Vasicek), $dr(t,V) = \sigma(\eta + r(t,V))dt + \text{Vol} dW_t$, Rate (%) (3,87), Max. Rate (%) (50,00), Gamma (%) (50,00), Eta (%) (6,50), Volatility (%) (10,00), Correlation (%) (-15,32).
- Option:** Payoff: $\max(S * CR, F)$, Expiration Date (29.01.2008), Exercise Style (American), Dividends (No), Coupons (Yes), Devaluation at Cou.D. (No), Principal (1000,00), Conversion Ratio (10,00), Conv-Prem/Share (0,00), Call Price (1300,00), Call from Date (30.01.2004), Put Price (800,00), Put from Date (30.01.2002), Model (2-dim Tree), TreeSize (300).
- Results:** Payoff Value in Pay CCY (1264,3343), Theo Value (%) (1226,08), Strike Value (100,00), Delta (6,9285), Gamma (0,0000m), Vega (298,8543), Theta (3,3076), Theta tomorrow (0,0091), Expiry in Years (7,0000).
- Dividends and Coupons:** Two tables with columns for Date and Value. Dividends range from 09.02.2002 to 09.02.2007 with values of 1,00. Coupons range from 30.01.2002 to 30.01.2008 with values of 28,50.

Optionsbewertung und Strukturen von Black-Scholes-Volatilitätsflächen

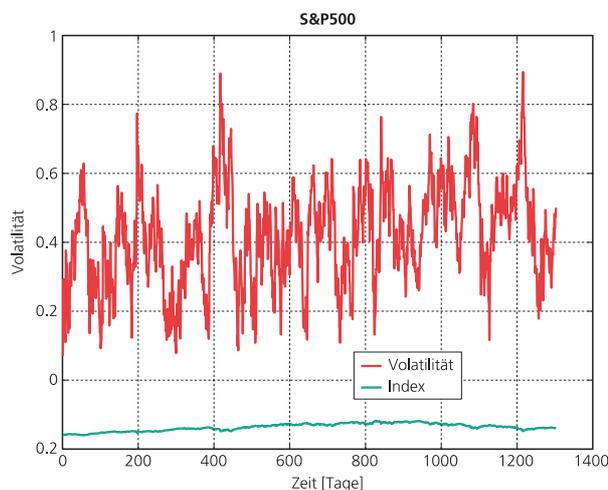
Volatilitätsflächen sind die wichtigsten Marktparameter im Handel mit Derivaten. Mit der GARCH-Methode nach Heston und Nandi liegt ein Ansatz vor, der eine geschlossene Darstellung von Optionspreisen bei nicht konstanter Volatilität erlaubt und das Black-Scholes-Modell erweitert. Das entsprechende Projekt am Fraunhofer ITWM besitzt hohe Relevanz für die Praxis und ist von großem theoretischen Interesse.

Die Methode von Heston und Nandi wird sowohl theoretisch als auch mittels Implementation praktisch analysiert, wobei insbesondere ein Vergleich der aus diesem Modell resultierenden Volatilitätsflächen mit der marktüblichen Darstellung dieser Flächen durchgeführt wird. Als Ergebnis wird eine Aussage über die praktische Verwendbarkeit der Methode von Heston und Nandi zur Berechnung des Vega-Risikos in internen Marktrisiko-Modellen von Banken erwartet.

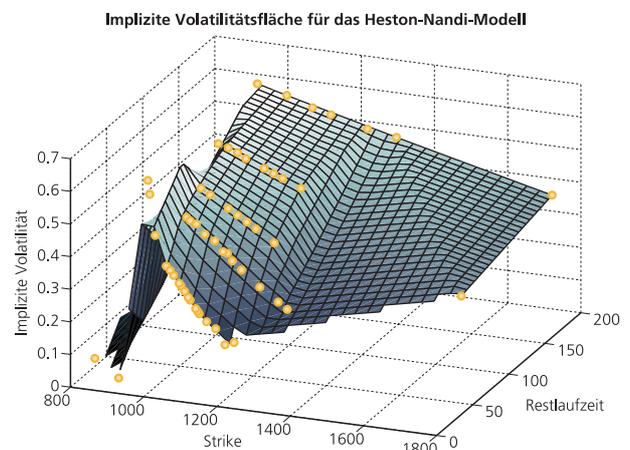
Dieses Projekt kann als Start einer ganzen Reihe von Projekten im Bereich Optionsbewertung mit stochastischer und unbekannter Volatilität angesehen werden. Die Nachfrage von Banken und Finanzdienstleistern nach Know-how in diesem Bereich liegt darin begründet, dass die dem Black-Scholes-Modell zugrunde liegende Annahme konstanter Volatilität in der Praxis verletzt ist. Obwohl diese Erkenntnis allgemein als Tatsache akzeptiert ist, konnte sich bis jetzt noch kein Standardverfahren am Markt durchsetzen, das dies berücksichtigt.



Zeitreihe des Index »S&P 500«



Berechnete Volatilität



Implizite Heston-Nandi-Volatilitätsfläche für den »S&P 500«-Index für den 1. November 2001

Umsetzung statistisch begründeter Kreditrisikobewertungsverfahren

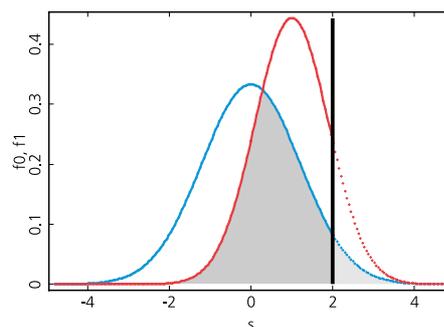
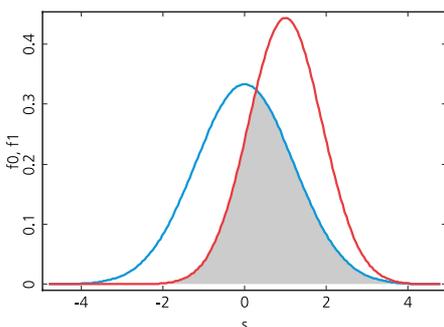
Kreditinstitute spielen eine besondere Rolle in einer modernen Volkswirtschaft. Sie bieten ihren Kunden eine Vielzahl von Finanzdienstleistungen und führen Anleger und Kreditnehmer zusammen. Dies führt zu einer Reihe von Risiken, die ein Kreditinstitut beherrschen muss. Hier sind vor allem Kreditrisiken, Marktrisiken und operationale Risiken zu nennen. Die Abfederung dieser Risiken erfolgt durch geeignete Unterlegung durch Eigenkapital. Die momentan gültige Regelung für Kreditrisiken, die Ergebnis einer Empfehlung des Baseler Ausschusses für Bankenaufsicht von 1988 ist (»Basel 1«), sieht eine pauschale Unterlegung mit acht Prozent der standardisiert risikogewichteten Kreditposition einer Bank vor. Eine solch undifferenzierte Regelung ist offensichtlich ungeeignet, den tatsächlich eingegangenen Risiken Rechnung zu tragen bzw. für eine optimale Allokation der finanziellen Ressourcen in einer Volkswirtschaft zu sorgen. Deshalb wird seit einigen Jahren vom Baseler Ausschuss eine grundlegende Novelle der Eigenkapitalvorschriften erarbeitet (»Basel 2«), die im Januar 2001 vorgestellt wurde, allerdings laufend überarbeitet wird. Die Endfassung soll Anfang 2005 in Kraft gesetzt werden.

Aus diesem Grund begleitet die Abteilung FINANZMATHEMATIK Banken bei der Umsetzung und Implementierung der Richtlinien. Im Einzelnen handelt es sich dabei zum Beispiel um folgende Aufgaben:

- Bewertung und Vergleich existierender Ratings,
- Konzeption und Realisierung von Ratings (Identifizierung und Auswahl von Einflussfaktoren, Bestimmung einer optimalen Gewichtung der relevanten Einflussfaktoren),
- Schätzung von Ausfallwahrscheinlichkeiten unter Monotonierestriktionen,
- Trennschärfe-Analyse von Kreditratings,
- Backtesting und Monitoring eines Ratingsystems.

Ziel dieses Projekts ist es, dem Kunden ein Rating zur Verfügung zu stellen, das sowohl konform mit den Empfehlungen des Baseler Ausschusses ist als auch eine risikoadäquate Steuerung des Kreditportfolios ermöglicht.

Vergleich der Verteilungen der Risikoklassen in ausgefallenen (rot) und nicht ausgefallenen (blau) Krediten, getrennt nach vollständigen und tatsächlich beobachtbaren Daten



Kontakt

Prof. Dr. Ralf Korn
Abteilungsleiter

+49 (0) 6 31/2 05-44 71
korn@itwm.fhg.de



Stehend (v.l.n.r.): Dr. Sergej Mikhailov, Dr. Gerald Kroisandt, Dr. Marlene Müller, Dipl.-Math. Martin Krekel, Prof. Dr. Ralf Korn
Sitzend: Dipl.-Stat. Beatriz Clavero Rasero, Dipl.-Math. Arthur Harutyunyan
Nicht im Bild: Dr. Ulrich Nögel, Dipl.-Kfm. Dipl.-Math. Holger Kraft



High Performance- Computing und Visualisierung

Paralleles Rechnen war bis vor wenigen Jahren fast ausschließlich im Bereich der öffentlichen Forschung, der Meteorologie und weniger Großunternehmen angesiedelt. Durch die Initiativen der Europäischen Union und aufgrund der wachsenden Bedeutung der Simulation 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 ITWM zählt zu den Pionieren beim Einsatz von PC-Clustern für industrielle Simulationsaufgaben. Erste Systeme mit am ITWM entwickelten Applikationen auf Basis einer eigenen LINUX-Distribution wurden bereits 1995 an Kunden ausgeliefert. Heute betreibt das ITWM zur Entwicklung paralleler Software und zur Durchführung industrie-relevanter Berechnungsaufgaben ein gekoppeltes System aus zwei PC-Clustern mit zusammen 144 CPUs und einer Hochgeschwindigkeitsvernetzung. Zu High Performance-Computing und Visualisierung laufen konkrete Projekte in verschiedenen Abteilungen des Instituts.

Am ITWM entwickelte Softwarepakete werden heute grundsätzlich für den Einsatz auf parallelen Rechnersystemen vorbereitet. Ebenso werden im Kundenauftrag existierende kommerzielle Softwarepakete »parallelisiert«.

Die Schwerpunkte der Forschungsarbeit liegen hier in den Bereichen

- parallele Algorithmen,
- dynamisches Load Balancing,
- objektorientierte Softwarestrukturen für parallele Software sowie
- der Berücksichtigung von speziellen Aspekten des Cluster- und Grid-Computings.

Große Berechnungsaufgaben erzeugen große Datenmengen, welche effizient zu verwalten und zu analysieren sind. Die interaktive Visualisierung dieser Berechnungsdaten ist deshalb enorm wichtig. Mit der Entwicklung eines sehr schnellen parallelen Verfahrens zur Volumenvisualisierung auf Standard-PC-Hardware unter LINUX zeigt das ITWM einen Ausweg aus dem Visualisierungsproblem, das heute durch teure Spezialhardware und Rechnerkomponenten verursacht wird.

2001 hat für das ITWM und die Fraunhofer-Gesellschaft das Grid-Zeitalter begonnen. In einem gemeinsamen Projekt, das durch das ITWM koordiniert wird, entwickeln fünf Fraunhofer-Institute Grid-Basissoftware und bauen das Fraunhofer-Resource-Grid (FhRG) auf.

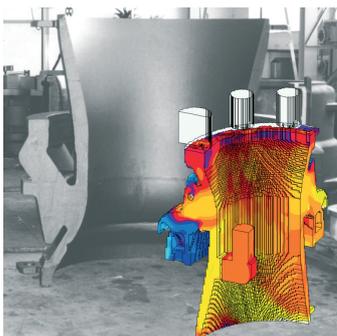
Schwerpunkt der Aktivitäten des Jahres 2002 werden neben der Weiterentwicklung und Ausdehnung der Softwarebasis die stärkere Verknüpfung von Visualisierung und Simulation, die Entwicklung von Grid-Applikationen (verteiltes Rechnen im Internet) sowie der Aufbau einer Grid-Infrastruktur am ITWM und in der Fraunhofer-Gesellschaft sein.

Füllsimulation

Gemeinsam mit der Firma MAGMA Gießertechnologie wurde sowohl der vorhandene Berechnungscode parallelisiert als auch ein vollkommen neuer Code für die Füllsimulation am ITWM entwickelt (s. S. 46).

Ein zentrales Problem bei der Parallelisierung der Füllsimulation besteht in der sich ständig verändernden Rechenlast. Aufgabe der Parallelisierung ist es, das Rechengebiet auf die Prozessoren zu verteilen, dies dynamisch für eine gleichmäßige Auslastung anzupassen und Datenaustauschmechanismen bereitzustellen. Diese drei Anforderungen wurden in einem vollständig objektorientierten Design umgesetzt, was eine nahezu vollautomatische Applikationsparallelisierung erlaubt. Mathematische Optimierungsverfahren sorgen für eine optimale Gebietszerlegung bei gleichzeitiger Minimierung des Kommunikationsaufwandes. Diese Software-Bibliothek wird am ITWM außer zur Füllsimulation auch für weitere Strömungsdynamik-Codes eingesetzt.

Das Ergebnis kann sich sehen lassen. Statt in Tagen liegt das Berechnungsergebnis jetzt in Stunden vor und eine preiswerte PC-Cluster-Technologie macht diesen Fortschritt auch für mittelständische Firmen verfügbar.



Füllsimulation im Schwerkraftguss als typisches Beispiel mit hohen Anforderungen an Speicherplatz und Rechenzeit: Die Rechenzeiten auf Einzelprozessor-Workstations liegen hier normalerweise im Bereich von mehreren Tagen.

Fraunhofer-Resource-Grid FhRG I-Lab-Projekt

Mit Unterstützung des BMBF haben fünf Fraunhofer-Institute mit dem Aufbau des Fraunhofer-Resource-Grids FhRG begonnen. Neben dem ITWM, das die Projektkoordination übernommen hat, sind daran die Fraunhofer-Institute IGD, IAO, FIRST und SIT beteiligt.

Das Ziel des Projekts ist es, umfangreiche, global verteilte Hard- und Software-Ressourcen möglichst einfach gemeinsam und von überall her nutzbar zu machen und somit um ein Vielfaches effizienter zu nutzen als es bisher möglich war. Ein besonderes Augenmerk liegt hierbei auf einfacher Bedienbarkeit und Benutzerfreundlichkeit. Es wird dabei auf Erfahrungen in der effektiven Wiederverwendung von Softwarekomponenten sowie in der Entwicklung verteilter Applikationen zurückgegriffen.

Aufgabe des ITWM ist es, neben der Projektleitung, den Aufbau der Grid-Infrastruktur in der Fraunhofer-Gesellschaft zu unterstützen, Monitoring-Systeme und eine Zertifizierungsstelle aufzubauen und Grid-Benchmarks sowie Grid-Applikationen zu entwickeln.

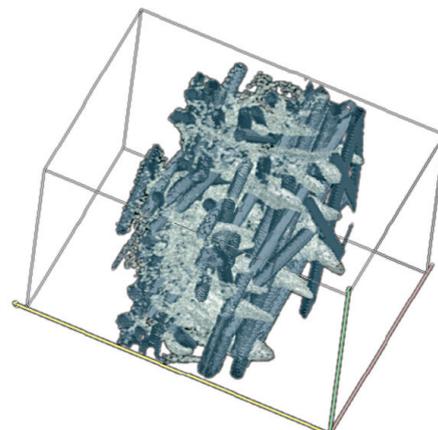


Strömungsprozesse in porösen Materialien

Mehrphasenströmungen in porösen Materialien können durch die am ITWM entwickelte ParPac-Software effizient berechnet werden. Aus den periodischen Randbedingungen erwachsen erhebliche Kommunikationsanforderungen, da die Anzahl der miteinander kommunizierenden Partner stark anwächst. Dies stellt insbesondere für PC-Cluster ein Problem dar. Mit dem am ITWM entwickelten Verfahren der chromatisch geordneten Kommunikationsmuster (vergleiche Jahresbericht 1999) wurde dennoch eine gute Skalierbarkeit erreicht.

Die extremen Anforderungen, die insbesondere Zweiphasenströmungen mit Materialien sehr unterschiedlicher Dichte an Rechenleistung und Speicherbedarf stellen, konnten dadurch erfüllt werden. Die Berechnung größerer Probleme der Mikrostrukturanalyse sprengt dennoch die gegenwärtige Kapazität des am ITWM verfügbaren Parallelrechners.

Visualisierung eines Filtrationsprozesses
Datensatzgröße:
512 x 340 x 372 x 200



Visualisierung dynamischer und statischer Volumendaten

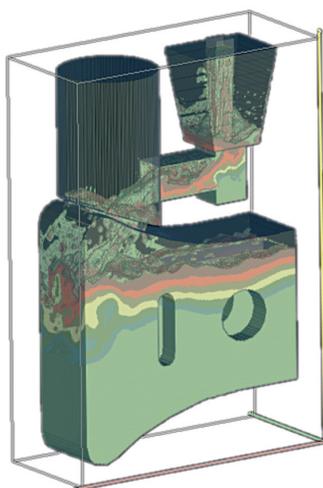
Die Visualisierung von Volumendaten mit direkten Volumenrenderingverfahren ermöglicht den Zugang zu den kleinsten Informationseinheiten des Datensatzes. Durch diesen direkten Zugriff auf die Voxelzellen wird dem Anwender ein Werkzeug an die Hand gegeben, das eine flexible Analyse der Volumendaten ermöglicht. Am ITWM wurde ein paralleles, direktes Volumenrendering entwickelt, mit dem auf großen vierdimensionalen Datensätzen interaktiv operiert werden kann. Mit der momentanen Ausbaustufe des parallelen Visualisierungsverfahrens können vierdimensionale Datensätze der Größe 1000x1000x1000x100 in Echtzeit farblich dargestellt werden. Dieses hohe Leistungspotenzial konnte durch Auslagerung einzelner Funktionalitäten aus dem Renderkern erreicht werden. In einem zweiten Schritt wurden dann die einzelnen autonomen Einheiten gezielt untersucht und für moderne Intel-Plattformen optimiert. Dadurch konnte die Laufzeit in einzelnen Verfahrensabschnitten wesentlich verbessert werden. Des Weiteren wurde eine Code-Parallelisierung durchgeführt, so dass der Algorithmus nun auf Distributed-Memory-Maschi-

nen, Shared-Memory-Maschinen oder einer gemischten Hardware-Topologie lauffähig ist. Der Renderkern selbst basiert bei allen algorithmischen Ausprägungen auf einer Shift-Technik. Die hohe Leistungsfähigkeit dieses softwarebasierten Visualisierungssystems in Kombination mit einer kostengünstigen Basishardware (PC-Cluster) ermöglicht es somit auch kleineren bis mittleren Unternehmen, komplexe Datensätze interaktiv zu analysieren. Weiterhin können mit dem hier gewählten Ansatz in den Bereichen

- zerstörungsfreies Prüfen,
- medizinische Datenanalyse,
- Visual-Debugging von numerischen Verfahren und
- Analyse und Bewertung von Simulationsergebnissen

erhebliche Ressourcen eingespart werden.

Das Visualisierungstool wurde auf der Supercomputer 2001 in Denver dem internationalen Publikum vorgestellt. Für 2002 ist die Entwicklung eines Visualisierungstools für strömungsdynamische Anwendungen geplant.



Füllsimulation
Datensatzgröße: 706 x 284 x 964 x 120

Ausstattung:

- HPC-Cluster: 144 CPUs
- High-Performance Storage System: 2 Terabyte
- Parallele Berechnungssoftware: MAGMASOFT®, CFX®, FLUENT®, PERMAS®

Serviceangebote:

- Parallelisierung und Performance Tuning
- Beratung bei Anschaffung und Inbetriebnahme von Clustersystemen
- Nutzung kommerzieller paralleler Berechnungsprogramme
- Visualisierung großer Datenmengen

Ansprechpartner:

Dr. Franz-Josef Pfreundt
(Tel.: 06 31/2 05-27 44)
Dr. Peter Klein
Dr. Carsten Lojewski
Dipl.-Phys. Christian Peter
Dr. Dimitar Stoyanov





2001 im Rückblick

1. Januar	Offizielle Aufnahme in die Fraunhofer-Gesellschaft
6. Februar	Kooperationsvertrag mit der »Florence Initiative for Mathematics in Industry and Management« (FIMIM)
9./10. März	Treffen des Executive Committee der »European Mathematical Society« (EMS) am ITWM
1. Juli	Der Schwerpunkt »Finanzmathematik« wird zur eigenständigen Abteilung.
29. August	Gründung des »Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics« (FCC) in Göteborg
4./5. Oktober	Das ITWM veranstaltet die »ECMI Glass Days«.
4./5. Oktober	Jährliches Treffen der Verwaltungsleiter aller Fraunhofer-Institute in Kaiserslautern
23. Oktober	Workshop »Virtuelles Design offenerporiger Materialien« am ITWM
25. Oktober	Fraunhofer-Jahrestagung mit dem »Fest der Forschung« in Mainz
25. Oktober	Verleihung des Fraunhofer-Preises an die Arbeitsgruppe »Mikrostruktursimulation«
21. November	Verleihung des Akademie-Preises des Landes Rheinland-Pfalz an Prof. Helmut Neunzert
7. Dezember	Verleihung des Innovationspreises des Landes Rheinland-Pfalz an die Arbeitsgruppe »Analog Insydes«
13. Dezember	Fraunhofer-Expertengespräch »Katastrophen- und Notfallmanagementsysteme« veranstaltet von ITWM und IGD

Endlich Fraunhofer!

Pünktlich am 1. Januar 2001 war es amtlich: Das ITWM wurde Fraunhofer-Institut. Was schon im November des Vorjahres gründlich gefeiert worden war, gab auch jetzt noch Stoff für so manche Meldung. Kaum zu glauben, dass das erst ein Jahr zurück liegt – so schnell ist die Fraunhofer-Welt dem ITWM zur Heimat geworden.

Neues Fraunhofer-Institut

Das Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM in Kaiserslautern ist zum Jahreswechsel in die Fraunhofer-Gesellschaft eingegliedert worden. Damit erhält Rheinland-Pfalz sein zweites Fraunhofer-Institut. DW

Die Welt, 3. Januar 2001

Ein Fraunhofer-Institut für Mathematik

Das Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik (ITWM) in Kaiserslautern ist am 1. Januar der Fraunhofer-Gesellschaft eingegliedert worden. Es ist deren erstes Institut mit mathematischem Schwerpunkt. Zu dem Anschluß ist es gekommen, weil der Bedarf der Wirtschaft an mathematischen Forschungs- und Dienstleistungen ständig wächst. Die Arbeitsschwerpunkte des ITWM liegen in der Modellierung und Simulation von Produkten und Produktionsprozessen sowie der Qualitätskontrolle. Umfassende Erfahrungen bestehen unter anderem bei der Berechnung von Strömungen, der Simulation von Mikrostrukturen, der Bildverarbeitung, bei adaptiven, „lernenden“ Systemen und bei der Optimierung von Standortplanung und Prozeßregelung. Das Institut ist Ende 1995 aus der Arbeitsgruppe Technomathematik am Fachbereich Mathematik der Universität Kaiserslautern hervorgegangen, die sich seit den frühen achtziger Jahren mit anwendungsorientierten Forschungsprojekten beschäftigt. In Kaiserslautern ist auch das Institut für Experimentelles Software Engineering (IESE) angesiedelt.

FAZ, 13. Januar 2001

Vorreiter in Europa

Als eines der ersten Fraunhofer-Institute setzte das ITWM die Empfehlung des Fraunhofer-Vorstands um, die Internationalisierung in Europa voranzutreiben: Fraunhofer-Gesellschaft und Chalmers-Universität in Göteborg gründeten im August das »Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics«, kurz FCC. Dieses erste »Fraunhofer Jointventure« wird betrieben vom ITWM und dem Göteborger Institut für Angewandte Mathematik (mehr dazu auf S. 10). Der Austausch von wissenschaftlicher Kompetenz über Grenzen hinweg, die Erschließung neuer Märkte in Europa – diesen Zielen sind die Partner des FCC bereits jetzt einen großen Schritt näher gekommen.

Eine kleinere, aber ähnlich vielversprechende Kooperation betreibt das ITWM mit dem Technologie-Transfer-Unternehmen FIMIM (»Florence Initiative for Mathematics in Industry and Management«) in Florenz. Einige gemeinsame Projekte laufen schon, andere sollen hinzukommen: Die Basis für ein »richtiges« Jointventure in Italien wächst.

Forscher gründen Auslands-Filiale

Kooperation mit Göteborg

► KAISERSLAUTERN (jüm). Das Kaiserslauterer Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik strebt Kooperationen mit ausländischen Partnern an. Damit soll der Forschungseinrichtung der Zugang zum europäischen Markt erleichtert werden, machte Institutsleiter Prof. Dieter Prätzel-Wolters deutlich.

Bisher am weitesten gediehen sind laut Prätzel-Wolters die Pläne mit der Chalmers-Universität im schwedischen Göteborg. Zwar seien die Verträge noch nicht unterschrieben. So viel stehe aber fest: Gemeinsam mit der Hochschule wolle das Kaiserslauterer Institut mit finanzieller Unterstützung der Münchner Fraunhofer-Zen-

Beide Partner erhalten so Zugang zu einem größeren Markt, erläuterte der Wissenschaftler die Zielrichtung. Außerdem könnten beide ihre Forschungskompetenz bei der Einwerbung neuer Projekte einbringen. Ähnliche Überlegungen gelten bezüglich der Kontakte zur Universität Florenz. Mit einer Arbeitsgruppe dieser Hochschule sei eine Zusammenarbeit vereinbart. Es werde daran gedacht, mit den Italienern in ein bis zwei Jahren zu einer ähnlichen Kooperation wie mit den Schweden zu kommen.

Die Göteborger Zweigstelle wird sich mit ähnlichen Projekten wie Kaiserslautern beschäftigen, erläuterte Prätzel-Wolters: Mit mathematischen Modellen und Simulationen, die etwa Produktionsprozesse oder Qualitätskontrollen nachbilden und so teure Experimente ersparen. Ziel sind meist Verfahrensoptimierungen. Der Wissenschaftler nennt als Anwendungsbeispiel das Gießen komplizierter Bauteile. Mit mathematischen Modellen



Fraunhofer
CHALMERS
Research Centre
Industrial Mathematics

Die Rheinpfalz,
3. Januar 2001

Glänzender Start für neue Abteilung

Ein mathematisch wie wirtschaftlich zukunftsträchtiges Feld wird ausgebaut: Die sechste Abteilung des ITWM hat sich ganz der Finanzmathematik verschrieben. Ihre Arbeiten zur Optimierung von Anlagestrategien werden zwar keinem Kleinaktionär den Geldbeutel klingeln lassen. Doch große Kreditinstitute bekommen Bewertungskriterien an die Hand, mit denen sie das Risiko ihrer globalen Finanzgeschäfte überschaubar halten können.

DER HINTERGRUND

Risikoreduktion für optimierte Anlagestrategien

Warum das Fraunhofer Institut Techno- und Wirtschaftsmathematik die Arbeitsgruppe „Finanzmathematik“ gebildet hat

VON UNKERNEM MITARBEITER JOACHIM SCHWITALIA

Zinsseszinsrechnung, Renten- und Tilgungsrechnung gehören zum klassischen Instrumentarium der Finanzmathematik. Im Zeitalter der Globalisierung, weitweiter Anlagestrategien und millionenschwerer Finanztransaktionen stellen Vertragspartner zunehmend hohe Anforderungen an die Risikoreduktion. Besonders beim Kauf und Verkauf von Wertpapieren will man nichts dem Zufall überlassen. Diesen Ansprüchen will die moderne Finanzmathematik Rechnung tragen. Ralf Korn, Professor für Stochastische Steuerung und Finanzmathematik an der Universität Kaiserslautern: „Die moderne Finanzmathematik ist eines der zur Zeit am stärksten



Ralf Korn

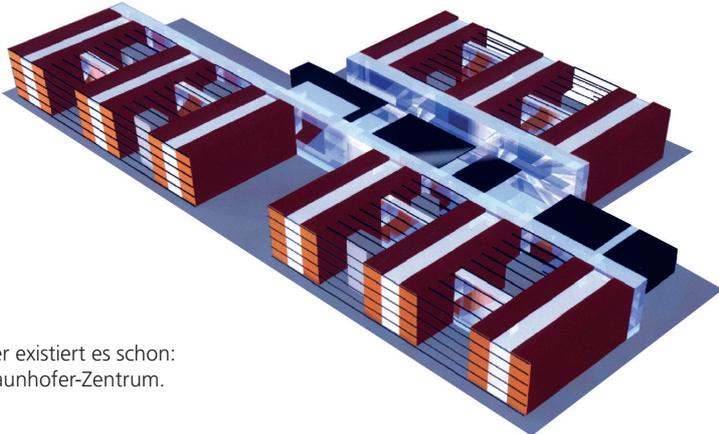
bearbeiteten mathematischen Forschungsgebiete.“ Mit der Arbeitsgruppe „Finanzmathematik“ hat das Fraunhofer Institut Techno- und Wirtschaftsmathematik der Entwicklung Rechnung getragen. Leiter der neu gegründeten Organisationsseinheit ist Professor Ralf Korn. Positive Erfahrungen haben Korn und sein vierköpfiger Mitarbeiterstab in der Vergangenheit in Zusammenarbeit mit der Landesbank Baden-Württemberg in Stuttgart, der DePfa Bank in Wiesbaden und den Amaranth-Advisors in New York gesammelt. „Die den Modellen des Aktienhandels zugrunde liegende Mathematik ist neue Mathematik“, betont Korn. Ein Beispiel: Bei einer Kurve aus dem Mathematikunterricht lässt sich der Verlauf durch die Steigung angeben. Das ist beim Deutschen Aktienindex durch den feinsackigen Verlauf nicht möglich. „Um ihn zu untersuchen, benötigt man spezielle Kenntnisse aus der stochastischen Analysis“, weiß Korn. Grundlage der modernen Finanzmathematik sei beispielsweise die 1973 von Black und Scholes entwickelte Formel zur Berechnung von Optionspreisen. „Ein zentrales Problem der Finanzmathematik ist die Optimierung von Anlagestrategien“, erläutert er. In der Modellrechnung berücksichtigt werden auch Derivate als Alternative

zum Aktienkauf sowie die Gefahr eines möglichen Aktiencrashs. Neben der Portfolio-Optimierung liegen die Arbeitsschwerpunkte der neuen Abteilung in den Bereichen der Optionsbewertung und des Risiko-Managements. Ob asiatische oder amerikanische Optionen, wichtig sei der faire Preis einer Option. „Während der gegenüber Aktien höhere mögliche prozentuale Gewinn im Optionsgeschäft von Vorteil ist, droht andererseits der „Totalverlust“, meint Korn. Bewertung und Neuentwicklung gelten auch den „derivativen Finanzprodukten“. Sie werden unter der Bezeichnung „exotische Optionen“ zusammengefasst. Zur Berechnung der Preise exotischer Derivate dienen numerische Verfahren. Der Derivatehandel habe in den vergangenen Jahren auch

durch die Eröffnung der Deutschen Terminbörse in Frankfurt 1990 einen großen Erfolg verzeichnet. Die Dienstleistung der Arbeitsgruppe Finanzmathematik schließt neben der wissenschaftlichen Beratung die entsprechende Softwareentwicklung für den Kunden ein. Korn: „Wir streben an, mittelfristig Partner für Finanzdienstleister und Unternehmensberatungen zu werden.“ Indirekt profitiert auch der Privat Anleger von finanzmathematischen Know-how des Forschungsinstituts. „Finanzberatern stehen bessere Informationen zur Verfügung, der Optionshandel ist transparenter geworden, der Kunde lässt sich nicht mehr so leicht über den Tisch ziehen“, bringt Korn die Vorzüge auf den Punkt.

Die Rheinpfalz, 17. Juli 2001

Ein »Fraunhofer-Zentrum« für Kaiserslautern



Im Computer existiert es schon: das neue Fraunhofer-Zentrum.

Die Weichen für ein großes Fraunhofer-Zentrum in Kaiserslautern sind gestellt. Inmitten des neu ausgewiesenen Bbauungsareals »Forschung und Lehre« soll auf 29 000 Quadratmetern das neue Gebäude für ITWM und das andere Kaiserslauterer Fraunhofer-Institut IESE entstehen. Wenn alles nach Plan verläuft, beziehen im Frühjahr 2005 die ersten »Fraunhofer« ihr neues Domizil.

Mainz im Zeichen der Fraunhofer-Gesellschaft



Drei Tage lang war die Landeshauptstadt Mainz Schauplatz von Festivitäten und Versammlungen von Fraunhofer-Vertretern aus der ganzen Welt. Im Foyer der Rheingoldhalle präsentierten die beiden jugendlichen Fraunhofer-Institute ITWM und IESE, was »Fraunhofer made in Rheinland-Pfalz« auszeichnet. Blickfang der Ausstellung waren vier raumhohe Banner. Sie zeigten, wo Fraunhofer Brücken baut: zwischen »Wissenschaft« und »Wirtschaft«, zwischen »Hightech« und »Handwerk«, »regional« wie »international« tätig, bemüht, Nachwuchs zu »motivieren« und zu »qualifizieren«.

Viel Anerkennung von außen: drei hochdotierte Preise an Wissenschaftler des ITWM

Den guten Start des Fraunhofer-Neulings ITWM dokumentierte der alljährlich verliehene Fraunhofer-Preis, der in diesem Jahr an die Arbeitsgruppe »Mikrostruktursimulation« um Franz-Josef Pfreundt und Konrad Steiner ging. Die ITWM-Forscher ermitteln anhand von Bilddaten die geometrische Struktur realer Materialien und verwenden diese zur Entwicklung virtueller Modelle. Für die Werkstoff-Forschung liegt der Fortschritt darin, poröse oder textile Materialien schneller und kostengünstiger verbessern zu können (mehr auf S. 14).



„Generationen von Studenten begeistert“

Professor Helmut Neunzert mit Akademiepreis des Landes Rheinland-Pfalz ausgezeichnet

Professor Helmut Neunzert von der Universität Kaiserslautern ist am Mittwochabend in Mainz von Wissenschaftsminister Jürgen Zöllner mit dem „Akademiepreis des Landes Rheinland-Pfalz“ für vorbildhafte Leistungen in Lehre und Forschung ausgezeichnet worden.

Das Besondere des Akademiepreises der mit 50.000 Mark dotiert ist - liegt darin, so Zöllner, Leistungen in Lehre und Forschung und die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses zu hono- rieren. Neunzert sei eine vorbildliche Persönlichkeit, die sich in allen drei Bereichen auszeichnet.

Der frühere Vorsitzende des Wissenschaftsrates, Professor Winfried Schulze, sagte in seiner Laudatio, Neunzert habe neben der Grundlagenforschung die Techno- und Wirtschaftsmathema-

tik zu einem anerkannten Teil- fach der Mathematik gemacht und damit einen wesentlichen Beitrag zur Anwendung mathe- matischer Methoden in weiten Feldern der Wirtschaft und der Ingenieurwissenschaften geleistet. Er habe seinem Fach nicht nur die erforderliche Anerkennung verschafft, sondern aus seiner Begeisterung, Überzeugungskraft und hohen Maßstäben die in allen drei Bereichen auszeichne. Der frühere Vorsitzende des Wissen- schaftsrates, Professor Winfried Schulze, sagte in seiner Laudatio, Neunzert habe neben der Grundlagenforschung die Techno- und Wirtschaftsmathema-

tik zu einem anerkannten Teil- fach der Mathematik gemacht und damit einen wesentlichen Beitrag zur Anwendung mathe- matischer Methoden in weiten Feldern der Wirtschaft und der Ingenieurwissenschaften geleistet. Er habe seinem Fach nicht nur die erforderliche Anerkennung verschafft, sondern aus seiner Begeisterung, Überzeugungskraft und hohen Maßstäben die in allen drei Bereichen auszeichne. Der frühere Vorsitzende des Wissen- schaftsrates, Professor Winfried Schulze, sagte in seiner Laudatio, Neunzert habe neben der Grundlagenforschung die Techno- und Wirtschaftsmathema-



„Ich befürchte, ich bin ein Macher“

Mathematikprofessor Helmut Neunzert wird mit dem ersten Akademiepreis des Landes ausgezeichnet

mathematik, mit dem Ziel, das Studi- um der systemischen Wirtschaftsmathematik (ITWM) zu einem der besten Fraunhofer-Institute zu machen. Neunzert hat die Verantwortung für die Entwicklung des ITWM übernommen und es zu einem der besten Fraunhofer-Institute gemacht. Neunzert hat die Verantwortung für die Entwicklung des ITWM übernommen und es zu einem der besten Fraunhofer-Institute gemacht.

„Neunzert, der war von Anfang an mein Ziel, Probleme aus der nicht-mathematischen Praxis in der Forschung aufzulösen. Praxis und Lehre zu verbinden.“ Neunzert ist ein Mann, der die Verbindung von Theorie und Praxis in der Mathematik sieht. Er hat die Verantwortung für die Entwicklung des ITWM übernommen und es zu einem der besten Fraunhofer-Institute gemacht.

Die Rheinpfalz, 23. und 24. November 2001

Doch nicht nur Ex-ITWM-Chef Neunzert ist vorbildhaft. Die Arbeitsgruppe »Analog Insydes« des ITWM erhielt den Innovationspreis des Landes Rheinland-Pfalz: Die von ihr entwickelte gleichnamige Software erleichtert die Analyse und Optimierung analoger Schaltungen. Ein neuer Forschungsansatz, umgesetzt in einer nützlichen Anwendung für die Praxis mit einem breiten Einsatzfeld – das ist wirkliche Innovation (mehr auf S. 68).

Drei Preisträger aus Kaiserslautern

Innovationspreis des Landes verliehen

Bei der Verleihung des Innovationspreises des Landes für Handwerk und Mittelstand gestern in Trier fiel gleich dreimal der Name Kaiserslautern. So konnte sich die Dyncetic Solutions GmbH in der Kategorie „Unternehmen“ den zweiten Preis sichern, zwei Sonderpreise „Forschung“ gingen an die beiden Kaiserslauterer Fraunhofer-Institute.

Die Dyncetic Solutions GmbH mit Sitz im PRE-Park wurde für ihre Software „emoveo“ ausgezeichnet, mit der wichtige Unternehmensinformationen mobil und in Echtzeit - beispielsweise per Handy - abgerufen werden können. Geschäftsführer Guido Moggert sagt gestern, der mit 3000 Mark dotierte Preis sei Anerkennung und Ansporn zugleich. Er sehe die Zukunft des Unternehmens sehr optimistisch, weil der Markt für mobile Unternehmenslösun-

zu ermöglicht wurde das Unternehmen im Jahr 2000 von TRIER (zs). Drei Innovationspreise des Landes Rheinland-Pfalz für Handwerk und Mittelstand gehen nach Kaiserslautern: Ausgezeichnet wurden gestern in Trier von Wirtschaftsminister Hans-Arthur Baukhage die Dyncetic Solutions GmbH und zwei Fraunhofer Institute.

Die Firma Dyncetic Solutions belegte den mit 3000 DM dotierten zweiten Platz in der Sparte „Unternehmen“. Sie ermöglicht mit ihrer Software den schnellen, mobilen Zugriff auf Unter-nehmensdaten. Ein Sonderpreis „Forschung“ und damit 2500 DM bekam das Fraunhofer Institut für Experimentelles Software Engineering. Es entwickelte „Nixe“, ein Softwareprogramm, mit dem Sicherheitsmängel in einem Betriebssystem aufgedeckt werden können. Das Fraunhofer Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik erhielt ebenfalls einen Sonderpreis „Forschung“ für ein Softwarepaket, das unter anderem zur Analyse und Optimierung analoger Schaltungen dient, die es in jedem Chip gibt.

Drei Preise in die Pfalz

Auszeichnungen für Innovationen aus Kaiserslautern

TRI-ER (zs). Drei Innovationspreise des Landes Rheinland-Pfalz für Handwerk und Mittelstand gehen nach Kaiserslautern: Ausgezeichnet wurden gestern in Trier von Wirtschaftsminister Hans-Arthur Baukhage die Dyncetic Solutions GmbH und zwei Fraunhofer Institute.

Die Firma Dyncetic Solutions belegte den mit 3000 DM dotierten zweiten Platz in der Sparte „Unternehmen“. Sie ermöglicht mit ihrer Software den schnellen, mobilen Zugriff auf Unter-nehmensdaten. Ein Sonderpreis „Forschung“ und damit 2500 DM bekam das Fraunhofer Institut für Experimentelles Software Engineering. Es entwickelte „Nixe“, ein Softwareprogramm, mit dem Sicherheitsmängel in einem Betriebssystem aufgedeckt werden können. Das Fraunhofer Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik erhielt ebenfalls einen Sonderpreis „Forschung“ für ein Softwarepaket, das unter anderem zur Analyse und Optimierung analoger Schaltungen dient, die es in jedem Chip gibt.

Die Rheinpfalz, 8. Dezember 2001

Vorträge

Andrä, H., Schnack, E., Weikl, W.:
Reconstruction of interface cracks in a 3D solid body
WS Inverse Problems, Universität Karlsruhe,
9.-11. Mai 2001

Andrä, H.:
Simulation des mechanischen Verhaltens von Formgedächtnislegierungen
Antrittsvorlesung, Fak. Maschinenbau und Verfahrenstechnik, Universität Kaiserslautern, 13. Dezember 2001

Antonov, S., Hietel, D.:
Wechselwirkung zwischen Strömung und Strukturen
ITWM-Seminar, Kaiserslautern, November 2001

Eley, M., Nieschulz, K.-P., Hilden, M., Nickel, S., Steiner, K.:
Katastrophenmanagement am Beispiel Hochwasser
2. Forum Katastrophenvorsorge »Extreme Naturereignisse – Folgen, Vorsorge, Werkzeuge«, Leipzig, Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge, 24.-26. September 2001

Eley, M., Nieschulz, K.-P.:
Katastrophen- und Notfallmanagementsysteme – Ergebnisse der Fraunhofer-Expertenbefragung
Fraunhofer-Expertengespräch »Katastrophen- und Notfallmanagementsysteme«, Darmstadt, 13. Dezember 2001

Eley, M.:
The multiple container loading problem with containers of different size
EURO 2001 Conference, Rotterdam, Niederlande, 9.-11. Juli 2001

Ginzburg, I.:
Lattice Boltzmann Model for Free-Surface
Europhysics Conference, Nato Advanced Research Workshop, Cargèse, Frankreich, Juli 2001

Ginzburg, I.:
Application of LB method to Filling Process in Casting
GLASS Days, Kaiserslautern, Oktober 2001

Halfmann, T., Wichmann, T.:
Weiterbildungskurs »Analog Insydes«
Infineon Technologies, Villach, Österreich, Oktober 2001

Hanne, T.:
Global multiobjective optimization with evolutionary algorithms: Selection mechanisms and mutation control
First International Conference on Evolutionary Multi-Criterion Optimization (EMO '01), Zürich, 7.-9. März 2001

Hanne, T.:
Strategies for Capacity Planning in a Complex Production System
OR 2001, Duisburg, 3.-5. September 2001

Hietel, D.:
Mathematical Modelling and Simulation of Industrial Problems
IMAS 2001, Siena, Italien, Juli 2001

Hietel, D.:
NESPRI – Nebelfreies Spritzen von Außenfassaden
InnoNet-Zwischenbilanz, Berlin, September 2001

Iliev, O., Drikakis, D., Vasileva, D.:
On multigrid methods for compressible Navier-Stokes equations
3rd Int. Conf. Large Scale Scientific Computations, Sozopol, Bulgarien, 6.-10. Juni 2001

Iliev, O., Laptev, V.:
On simulation of coupled flow in plain and porous media
Joint AMS-IMS-SIAM Conf. Fluid Flow and Transport in Porous Media: Mathematical and Numerical Treatment, South Hadley, MA, USA, 17.-21. Juni 2001

Iliev, O., Laptev, V.:
On mathematical modeling of coupled flow in pure liquid and in porous media
3rd Int. Conf. Large Scale Scientific Computations, Sozopol, Bulgarien, 6.-10. Juni 2001

Iliev, O., Laptev, V., Reinel-Bitzer, D., Rief, S., Steiner, K., Wiegmann, A.:
Flow in porous media: Upscaling, virtual material design, industrial applications
Graduiertenkolleg »Transportvorgänge in porösen Systemen der Verfahrens- und Geotechnik«, TU Bergakademie Freiberg, Wochenschule 5.-8. November 2001

Iliev, O., Stoyanov, D., Vasileva, D.:
Flow in porous media: Challenges for computer simulation
Wochenschule 5.-8.11.2001, Graduiertenkolleg »Transportvorgänge in porösen Systemen der Verfahrens- und Geotechnik«, TU Bergakademie Freiberg

Iliev, O., Stoyanov, D.:
Effective numerical algorithms and their software implementation in the modelling of incompressible flows
Seminar of the Department of Numerical Methods, Faculty of Applied Mathematics and Informatics, Technical University, Sofia, Bulgarien, Februar 2001

Iliev, O., Chernogorova, T.:
A second order accurate FV discretization for a class of imperfect contact problems
3rd Int. Conf. Large Scale Scientific Computations, Sozopol, Bulgarien, 6.-10. Juni 2001

Kalcsics, J.:
Planning Sales Territories – A Facility Location Approach
GOR, Duisburg, 4. September 2001

Keck, R.:
Two-Dimensional Boundary Treatment of a Finite-Volume-Particle Method
MIT First Conference on Computational Fluid and Solid Mechanics, Cambridge, MA, USA, Juni 2001

Klein, P.:
Pressure and temperature boundary conditions in MD simulations
Workshop »Multiscale Algorithms for the Simulation of Materials and Fluids«, Imperial College, Department of Mathematics London, England, 2.-4. April 2001

Küfer, K.-H.:
Radiation Therapy – A Multicriteria Problem
FSRC Conferences in Applied Physics, San Diego, CA, USA, 6. Februar 2001

Küfer, K.-H.:
Modelling dose-volume constraints in multicriteria radiation therapy planning systems
GOR, Duisburg, 4. September 2001

Küfer, K.-H.:
MISP-Kurs Online Algorithms
Universität Kaiserslautern, Wintersemester 2000/01

Küfer, K.-H.:
Randomized Algorithms
Universität Kaiserslautern, Wintersemester 2000/01

Küfer, K.-H.:
Scheduling Algorithms
Universität Kaiserslautern, Sommersemester 2001

Kuhnert, J., Tiwari, S., Pierrot, G., Keck, R.:
Partikelmethoden am ITWM
Meshfree Methods for PDEs, Bonn, September 2001

- Kuhnert, J.:
Advanced Airbag Deployment Simulations
Anwenderseminar PAM-SAFE, Detroit, Februar 2001
und Paris, Juni 2001
- Kuhnert, J.:
Airbag: Top oder Flop ?
ITWM-Seminar, Kaiserslautern, Juli 2001
- Kuhnert, J.:
Finite Poinset Method (FPM): Eine alternative numerische Methode in der Kontinuumsmechanik
Industrietag-Simulation spannender Fertigungsverfahren, Aachen, September 2001
- Kuhnert, J.:
Finite Pointset Method (FPM): A meshfree method in continuum mechanics
Vortrag an der TU-München, November 2001
- Linn, J.:
On the characterization of the phase space of the Folgar-Tucker equation
1st SIAM-EMS Conference »Applied Mathematics in our Changing World«, Berlin, September 2001
- Melo, T.:
Facility Location in Supply Chain Design
TRISTAN IV, Triennial Symposium on Transportation Analysis, San Miguel, Portugal, 13.-19. Juni 2001
- Melo, T.:
Mathematical Models in Supply-Chain-Management
Universität Kaiserslautern, Wintersemester 00/01
- Melo, T.:
Linear and Network Optimization
Universität Kaiserslautern (zusammen mit Dr. Anita Schöbel), Sommersemester 2001
- Mohring, J.:
Regelung nichtlinearen Lautsprecherhaltens
ITWM-Seminar, Kaiserslautern, November 2001
- Neunzert, H., Werth, B.:
Mathematik in der bildenden Kunst
Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien, November 2001
- Neunzert, H.:
Fraunhofer-Forschung in Rheinland-Pfalz
Jahrestagung der Fraunhofer-Gesellschaft, Mainz, Oktober 2001
- Neunzert, H.:
»Denn nichts ist für den Menschen als Menschen etwas wert, was er nicht mit Leidenschaft tun kann«
Vortrag anlässlich der Verleihung des Akademiepreises des Landes Rheinland-Pfalz, Mainz, 21. November 2001
- Neunzert, H.:
Die Mathematik in der Werkstoffmechanik
Festkolloquium für Prof. Dr. E. Sommer, Fraunhofer IWM, Freiburg, 2001
- Neunzert, H.:
Earning Money with Mathematics: A Difficult Path Between Science and Commerce
Royal Academy of Science, Edinburgh, September 2001
- Nickel, S.:
A Dynamic Two-Echelon Capacitated Location Problem with Inventory
European Chapter on Combinatorial Optimization, ECCO XIV, Bonn, 31. Mai – 2. Juni 2001
- Nickel, S.:
Strategic Decisions in Supply-Chain-Management
OR 2001, Duisburg, 3.-5. September 2001
- Nickel, S.:
Locational Decisions in Supply-Chain-Management
INFORMS 2001, Miami, 3.-7. November 2001
- Nickel, S.:
Recent Developments on Ordered Median Problems
Oberwolfach, Dezember 2001
- Nickel, S.:
Convex Analysis
Vorlesung, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik
- Nickel, S.:
Scheduling
Proseminar, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik
- Nieschulz K.-P., Milina, J., Schilling, W., Schmitt, T.-G., Müller, M., Zimmermann, J.:
Gekoppelte Kanal- und Oberflächenströmung – Entwicklung eines EDV-Werkzeugs als Planungshilfe in Stadtentwässerung und Hochwasserschutz
2. Hannoversche Software-Tage für die Wasserwirtschaft, Technische Akademie Hannover e. V., Hannover, 27. und 28. März 2001
- Nieschulz, K.-P., Milina, J., Selseth, I., Schilling, W.:
A Proactive Approach to Flood Risk Management in Urban Drainage Systems
World Water and Environmental Resources Congress, American Society of Civil Engineers, ASCE, Orlando, USA, Mai 2001
- Nieschulz, K.-P., Müller, M., König, A.:
Flood Risk Assessment in Urban Areas: Mathematical, Engineering and Insurance Aspects
European Geophysical Society, XXVI Assembly, Nizza, Frankreich, März 2001
- Nieschulz, K.-P.:
Hochwasser- und Risikomanagement im ITWM
ITWM-Seminar, Kaiserslautern, 18. Oktober 2001
- Nieschulz, K.-P.:
Projektszenarien Risiko- und Hochwassermanagement
Fraunhofer Expertengespräch »Katastrophen- und Notfallmanagementsysteme«, Darmstadt, 13. Dezember 2001
- Ohser, J., Schladitz, K.:
Image analysis and mathematical morphology
Universität Kaiserslautern, Wintersemester 2000/01 und 2001/02
- Ohser, J.:
Numerical Topology
2nd Wuppertal Conference on Spatial Statistics – Statistical Physics, März 2001
- Ohser, J.:
The estimation of the Euler number of random sets observed on point lattices
11th International Workshop on Stereology, Stochastic Geometry and related fields, Perth, Dezember 2001
- Orlik, J., Mikhailov, S.E.:
Homogenization in Integral Viscoelasticity
ZAMM 81, Suppl.4, 983-984, 2001
- Orlik, J., Mikhailov, S.E.:
Homogenization in strength and durability analysis of reinforced tooth filling
Proceedings of the fifth international symposium on computer methods in Biomechanics Biomedical Engineering held in Rome, 31. Oktober – 3. November 2001
- Orlik, J., Mikhailov, S.E.:
Homogenization Methods and Macro-Strength of Composites
PAMM, Proc. Appl. Math. Mech. 1 (2001)

Orlik, J., Zhurov, A., Middleton, J.:

Deriving the macrocontact condition between cementless hip-replacement and bone from the micro-geometry of the replacement coating

Proceedings of the fifth international symposium on computer methods in Biomechanics Biomedical Engineering held in Rome, , 31. Oktober – 3. November 2001

Pfreundt, F.-J., Steiner, K.:

Microstructure Simulation

Kimberley-Clark, Appleton / Wisconsin (USA)

Praetorius, J., Halfmann, T., Wichmann, T.:

Analog Insydes: Analogschaltungsentwurf mit symbolischen Verfahren

10. E.I.S.-Workshop, Dresden, April 2001

Prätzel-Wolters, D.:

Mathematik als Schlüsseltechnologie

Universität Bremen, Juni 2001

Reinel-Bitzer, D.:

Berechnung makroskopischer Materialeigenschaften mit Hilfe von Mikrostruktursimulationen

Workshop »Virtuelles Design offenerporiger Materialien«, Kaiserslautern, Oktober 2001

Rösch, R.:

Erkennung und Klassifizierung von Oberflächen-defekten auf nichtlackierten Blechteiloberflächen

Workshop »Optische Sensoren zur Qualitätsprüfung großer Bauteile«, Magdeburg, 13. Juni 2001

Schladitz, K.:

Orientierungsanalyse an 3-D-Strukturen

11. Arbeitstagung »Quantitative Bildanalyse«, Darmstadt, Mai 2001

Schlosser, P.:

Numerical Treatment of Radiation

Glass Days 2001, Kaiserslautern, Oktober 2001

Siedow, N.:

Industrial Problems in Glass Industry

1. SIAM-EMS Conference, Berlin, September 2001.

Siedow, N.:

Some Inverse Problems from Glass

Glass Days 2001, Kaiserslautern, Oktober 2001

Sonneborn, T.:

New Polyhedral Aspects of Hub Location Problems

European Chapter on Combinatorial Optimization, ECCO XIV, Bonn, 31. Mai – 2. Juni 2001 und TRISTAN IV, Triennial Symposium on Transportation Analysis, San Miguel, Portugal, 13.-19. Juni 2001

Steiner, K.:

Virtuelles Design offenerporiger Werkstoffe – Werkstoffauslegung mit Hilfe von Simulationen & Beispiele für Virtuelles Materialdesign

Workshop »Virtuelles Design offenerporiger Materialien«, Kaiserslautern, Oktober 2001

Steiner, K.:

Strömung in komplexen Strukturen

Workshop »Simulation technischer Prozesse«, Wiener Neustadt, Januar 2001

Stoyanov, D., Iliev, O.:

On a flexible 3D-multigrid solver with cell-based local refinement

3rd Int. Conf. Large Scale Scientific Computations, Sozopol, Bulgarien, 6.-10. Juni 2001

Trinkaus, H.:

Intelligent Catalogues – Integration of Content and Product Data

SSGRR 2001, International Conference on Advances in Infrastructure for Electronic Business, Science, and Education on the Internet, L'Aquila, Italy, 6.-12. August 2001

Trinkaus, H.:

A Decision Support System for Selecting Optimal Radiation Therapy Plans

GOR, Duisburg, 4. September 2001

Wegener, R.:

Transportvorgänge am ITWM

Industrietag, FH Wiener Neustadt, Österreich, Januar 2001

Wichmann, T.:

Simplification of Nonlinear DAE Systems with Index Tracking

Proc. ECCTD '01, Vol. II, Espoo, Finland, August 2001

Wiegmann, A.:

Elastostatic Design with unknown topology-requirements in 3D

Workshop »Level Set Methoden«, Lambrecht, 22. März 2001

Wiegmann, A.:

CFD in microstructures: Ideas and applications

Applied Mathematics Department, University of Washington, Seattle, USA, 7. Juni 2001

Wiegmann, A.:

Structural Design via boundary motion

SIAM Annual Meeting, San Diego, USA, 10. Juli 2001

Publikationen

Andrä, H., Langhoff, T.-A., Schnack, E., Hüttinger, K.J.:

The role of back-mixing in the decomposition of methane

Fuel 80, 1273-1277, 2001

Bender, T., Hennes, H., Kalcsics, J., Melo, T., Nickel, S.:

Location Software and Interface with GIS and Supply Chain Management

Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 23, 2001

d'Humières, D., Ginzburg, I., Krafczyk, M., Lallemand, P., Luo, L.-S. P., Steiner, K.:

Multi-time relaxation Lattice Boltzmann model in three dimensions. Free-Surface Lattice Boltzmann Method to Model Filling by Bingham Fluids

Philosophical Transactions of the Royal Society, März 2002

Dimitrov, A., Andrä, H., Schnack, E.:

Efficient computation of order and mode of corner singularities in 3D-elasticity

Int. J. Numer. Meth. Engng. 52, 805-827, 2001

Drikakis, D., Iliev, O., Vasileva, D.:

On Multigrid Methods for the Compressible Navier-Stokes Equations

In: Lecture Notes in Computer Science, Springer, Vol. 2179

Ewing, R., Iliev, O., Lazarov, R.:

A modified finite volume approximation of second order elliptic equations with discontinuous coefficients

SIAM J. on Scientific Computing, Vol. 23, No. 4, pp. 1334-1350

Feldmann, S., Prätzel-Wolters, D.:

Parameter Influence on the spectrum of index-2-Matrix polynomials

Erscheint bei Linear Algebra and its Application

Ginzburg, I., Steiner, K.:

Free surface Lattice-Boltzmann method to model the filling of expanding cavities by Bingham Fluids

Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 28, 2001

Ginzburg, I.:

Introduction of upwind and free boundary into Lattice-Boltzmann method.

In Discrete Modelling and Discrete Algorithms in Continuum Mechanics. Berlin: Logos-Verlag, pp. 97-110, 2001

- Götz, T., Rave, H., Reinel-Bitzer, D., Steiner, K., Tiemeier, H.:
Simulation of the fiber spinning process
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 26, 2001
- Günther, M., Klar, A., Materne, T., Wegener, R.:
An Explicit Solvable Kinetic Model for Vehicular Traffic and Associated Macroscopic Equations
Erscheint bei Comp. Math. Appl.
- Hietel, D., Junk, M., Keck, R., Teleaga, D.:
The Finite-Volume-Particle Method for Conservation Laws
Proceedings of the Gamm Workshop: Discrete Modelling and Discrete Algorithms in Continuum Mechanics, pp. 132-141, Logos Verlag, 2001 und Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 22, 2001
- Hietel, D., Keck, R.:
Consistency by Coefficient-Correction in the Finite-Volume-Particle Method
Eingereicht bei Lecture Notes in Computational Science and Engineering, Springer
- Iliev, O., Stoyanov, D.:
On a multigrid, local refinement solver for incompressible Navier-Stokes equations
Mathematical Modeling, Vol.13, No. 8
- Iliev, O., Stoyanov, D.:
Multigrid-adaptive local refinement solver for incompressible flows
In: Lecture Notes in Computer Science, Springer, Vol. 2179
- Iliev, O., Stoyanov, D.:
On a flexible tool for upscaling porous media flow problems
J. Theoretical and Applied Mechanics, Vol. 31, No.1, pp. 18-30, 2001
- Iliev, O.:
On second order accurate discretization of 3D-interface problems and its fast solution with a pointwise multigrid solver
Erscheint bei IMA Journal of Numerical Analysis
- Illner, R., Stoica, A., Klar, A., Wegener, R.:
Kinetic Equilibria in Traffic Flow Models
Eingereicht bei Transport Theory and Statistical Physics
- Korn R., Krekel M.:
Optimal portfolios with given consumption and/or income payments
Decisions in Economics and Finance
- Korn, R., Kraft, H.:
Optimal portfolios with defaultable securities – a firm value approach
Review of Financial Studies
- Kraft, H.:
A note on barrier derivatives with curved boundaries
Applied Mathematical Finance
- Kuhnert, J., Tiwari, S.:
Finite pointset method based on the projection method for simulations of the incompressible Navier-Stokes equations
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 30, 2001
- Kuhnert, J., Tiwari, S.:
Grid free method for solving the Poisson equation
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 25, 2001
- Kuhnert, J.:
Explosive Vorhersagen
Automobil Entwicklung, 4:88, mi 2001
- Lang, C., Ohser, J., Hilfer, R.:
On the analysis of spatial binary images
Journal of Microscopy volume 203, pp. 303-313, 2001
- Milina, J., Nieschulz, K.-P., Selseth, I., Schilling, W.:
A Proactive Approach to Flood Risk Management in Urban Drainage Systems
Urban Drainage Modelling (UDM) Proceedings, American Society of Civil Engineers, ASCE, Orlando, USA, Mai 2001
- Neunzert, H., Siedow, N., Zingsheim, F.:
Simulation of the Temperature Behaviour of Hot Glass During Cooling
Buchbeitrag zu Mathematical Modelling: Case Studies from Industry, Cambridge University Press, 2001
- Neunzert, H.:
Die Macht der Simulation
Essay im Jahresbericht der Fraunhofer-Gesellschaft, München, 2001
- Neunzert, H.:
»Denn nichts ist für den Menschen als Menschen etwas wert, was er nicht mit Leidenschaft tun kann« (Vortrag anlässlich der Verleihung des Akademiepreises des Landes Rheinland-Pfalz am 21.November 2001)
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 29, 2001
- Nieschulz, K.-P., Hilden, M., Neunzert, H.:
Risikomanagement für urbane Entwässerungssysteme – Simulation und Optimierung (RisUrSim), Teil 1: Oberflächenwasser und Informationsaufbereitung (1. Teilantrag); Abschlussbericht für das BMBF – Vorhaben mit dem Förderkennzeichen 02WA0069
Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern
- Nieschulz, K.-P., Müller, M., König, A.:
Flood Risk Assessment in Urban Areas: Mathematical, Engineering and Insurance Aspects.
Geophysical Research Abstracts Vol. 3, ISSN 1029-7006
- Nieschulz, K.-P.:
Ökologie und Umwelt: Σ 12255 RISURSIM: Risikomanagement von Hochwassersituationen
Eureka D-Info 4/2001, S. 1, Hrsg.: Eureka/COST – Büro im DLR, Bonn
- Ohser, J., Nagel, W., Schladitz, K.:
The Euler number of discretized sets - an appropriate choice of adjacency in homogeneous lattices
in: D. Stoyan and K. Mecke: Statistical Physics and Spatial Statistics II, Lecture Notes in Physics, Springer, Berlin, 2001
- Ohser, J.:
Statistical analysis of microstructures - a review of new developments
Praktische Metallographie, Vol. 38, pp. 151-168, 2001
- Rave, H., Tiemeier, H., Götz, T., Reinel-Bitzer, D., Steiner, K.:
Simulation of the fiber spinning process
Chemical Fiber International, Dezember 2001
- Steinbichler, H., Nösekabel, E., Rösch, R.:
Optical inspection in the production line
Proc. Fringe, Bremen, 2001
- Tiwari, S., Kuhnert, J.:
Particle Method for Simulation of Free Surface Flows
Eingereicht bei Journal of Engineering Mathematics
- Tiwari, S., Kuhnert, J.:
Grid Free Method for Solving the Poisson Equation
Berichte des Fraunhofer ITWM Nr. 25, 2001
- Tiwari, S., Kuhnert, J.:
Finite Poinset Method Based on the Projection Method for Simulations of the Incompressible Navier-Stokes Equation
Eingereicht bei Lecture Notes in Computational Science and Engineering, Springer
- Tiwari, S.:
A LSQ-SPH Approach for Compressible Viscous Flows
Erscheint in Proceedings of the 8th International Conference on Hyperbolic Problems, Hyp 2000, 2001

Weigl, W., Andrä, H., Schnack, E.:

An alternating iterative algorithm for the reconstruction of internal cracks in a three-dimensional solid body

Inverse Problems 17, 1957-1975, 2001

Westphal Jr., T., Andrä, H., Schnack, E.:

Some fundamental solutions for the Kirchhoff, Reissner and Mindlin plates and a unified BEM formulation

Engng. Anal. Boundary Elements 25 (2001), 129-139

Wirsen, A., Lang, P.:

Online Monitoring of Torsional Oscillations in Rotating Machinery

AMA Proceedings International Conference Material Testing and Resarch (MAT) 2001, pp. 43 – 48, 8.-10. Mai 2001

Wirsen, A., Lang, P.:

TorAn – Online Monitoring von Torsionsschwingungen und Lebensdaueranalyse bei rotierenden Maschinen

VDI-Berichte 1641 Schadensverhütung bei Energie- und Industrieanalage: Monitoring-, Diagnose- und USV-Systeme, 7. November 2001

Zemitis, A., Velten, K., Iliev, O.:

Analysis of transport processes for layered porous materials used in industrial applications

In: Mathematics as a key technology, Springer, 2002

Zemitis, A.:

On interaction of a liquid film with an obstacle

Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 27, 2001

Graduierungsarbeiten

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

Amankwa, H.:

Modelling of Water Transport for Water Management in Large Catchment Areas

Magisterarbeit Studiengang »Industrial Mathematics«, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Atena, A. A.:

Irrigation System in a Tropical Region – A Case Study in Awassa, Ethiopia

Magisterarbeit Studiengang »Industrial Mathematics«, FB Mathematik, Universität Kaiserslautern

Holzberger, H.:

Nonparametric Estimation of Nonlinear ARMA and GARCH Processes

Promotion, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Marheineke, N.:

Modified FEM for Fibre-Fluid Interactions

Diplomarbeit, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Mattei, I.:

Electrical Impedance Tomography

Masterarbeit, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Munasinghe, J.:

Viscous Airflow Connected to a Compressed Air-shoe

Masterarbeit, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Rutka, V., M.Sc.:

A Fast Numerical Method for the Computation of Effective Elastic Moduli of 3D Fibrous Microstructures

Masterarbeit, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Stoyanov, D.:

Effective algorithms and their software implementation for incompressible flow modelling

Scientific Council in Informatics and Applied Mathematics, Bulgaria

Triebisch, L. K., M.Sc.:

A discrete Boundary Integral Approach to 3D Cell Problems with Complex Geometry

Masterarbeit, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

von Nida, M.:

A Lagrangian Method for Fracture Dynamics

Diplomarbeit, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Messebeteiligungen und Konferenzteilnahmen

2. Forum Katastrophenvorsorge »Extreme Naturereignisse – Folgen, Vorsorge, Werkzeuge«
Leipzig, September 2001, Poster

2. Internationaler Workshop »Risk Management in Urban Drainage Systems – Simulation and Optimization«

Trondheim, Norwegen, Juni 2001, Organisation, Mitveranstalter

ECMI-Glass-Days

Kaiserslautern, Oktober 2001, Veranstalter

Euophysys Conference; NATO Advanced Research Workshops: Upwind methods for LB methods / Effective LB simulations in porous media

Cargèse, Frankreich, Juli 2001, Posterbeiträge

FilTech Europa, International Conference and Exhibition

Düsseldorf, Oktober 2001, Teilnahme

Fraunhofer-Expertengespräch »Katastrophen- und Notfallmanagement«

Darmstadt, Dezember 2001, Mitveranstalter

Fraunhofer-Jahrestagung

Mainz, Oktober 2001, Aussteller

Hannover-Messe Industrie

Hannover, April 2001, Aussteller

Internationale Chemiefasertagung und -messe

Dornbirn, Österreich, September 2001, Aussteller

MAGMASOFT Anwendertreffen

Aachen, Oktober 2001, Teilnahme

SENSOR 2001

Nürnberg, Mai 2001, Aussteller

Supercomputer 2001

Denver (USA), September 2001, Mitaussteller bei Hewlett-Packard

Symposium und Fachausstellung

»Zulieferer Innovativ«

Ingolstadt, Juli 2001, Aussteller

Technologie-Transfertag der Universität Kaiserslautern

Kaiserslautern, März 2001, Informationsstand

Techno-Tag der Universität Kaiserslautern
Kaiserslautern, Mai 2001, Informationsstand

TechTextil 2001
Frankfurt/Main, April 2001, Aussteller

Verwaltungsleitertreffen der Fraunhofer-
Gesellschaft
Kaiserslautern, Oktober 2001, Mitorganisator

Workshop »Lattice Boltzmann Methods«
Erlangen, März 2001, Teilnahme

Workshop »Level Set Methoden«
Lambrecht, März 2001, Organisation

Workshop »Multiscale Algorithms for the
Simulation of Materials and Fluids«
Imperial College, London, April 2001, Teilnahme

Workshop »Virtuelles Design offenerporiger
Materialien«
Kaiserslautern, Oktober 2001, Veranstalter

Workshop on model reduction
Eindhoven, Niederlande, Oktober 2001, Teilnahme

Gastvorträge

Angot, Prof. Ph.
Universität Aix-Marseilles
*Fictitious domain models of viscous flows inside
fluid-porous-solid systems*
April 2001

Baumbach, Dr. T., Helfen, L.
Fraunhofer-Institut für zerstörungsfreie Prüfverfahren IZP
Saarbrücken
*High resolution radioscopy and tomography for
light materials and devices*
Januar 2001

Berti, G.
Brandenburgische Technische Universität Cottbus
*Generische Komponenten für gitterbasierte
Algorithmen und Datenstrukturen*
Februar 2001

Burkhardt, Prof. Dr. H.
Universität Freiburg
Invarianten in der Mustererkennung
März 2001

Ehrhardt, M.
Universität Saarbrücken
*Diskrete transparente Randbedingungen für
lineare Evolutionsgleichungen*
Februar 2001

Hagen, Dr. T.
Technische Universität München
*Erzwungene Elongation, Fadenziehen und die
Gleichungen von Matovich und Pearson*
Juni 2001

Hilfer, Dr. R.
Universität Stuttgart
*Mikro-Makro-Übergang beim Transport in
heterogenen Materialien und porösen Medien*
Juni 2001

Lazarov, Prof. R.
Texas A&M University USA
*Adaptive Methods for Convection-Diffusion-
Reaction Equations with Applications to Flows
in Porous Media*
Mai 2001

Luo, L.
Hampton/Virginia, USA
*Theory on the Lattice Boltzmann Models for
Non-Ideal Gases*
März 2001

Majewski, D.
Deutscher Wetterdienst Offenbach
*Design und Implementierung des globalen
Wettervorhersagemodells des DWD*
Juni 2001

Margenov, S.
Bulgarische Akademie der Wissenschaften
Robust Solution Methods for Elasticity Problems
April 2001

Marin, Prof. A.
Universidad de Murcia, Spanien
Set packing problems everywhere
August 2001

Martin, Prof. A.
Technische Universität Darmstadt
Gemischt-Ganzzahlige Programmierung
Februar 2001

Rohde, Dr. C.
Universität Freiburg
*Diffusions-Dispersions-Probleme mit Anwen-
dungen für Phasenübergänge in kompressiblen
Fluiden*
Juni 2001

Salazar Gonzalez, J.
Universidad de La Laguna, Mexiko
*Solving Travelling Salesman Problems with
Pickups and Deliveries*
Mai 2001

Saldanha-da-Gama, F.
Universität Lissabon, Portugal
*Multiperiod discrete location:
models and algorithms*
Oktober 2001

Schmitt, Dr. O.
Medizinische Universität Lübeck
*Registrierungsmethoden biomedizinischer
Bilddaten*
August 2001

Sebastian, Prof. Dr. H.-J.
RWTH Aachen
*Planung und Kontrolle optimaler Transportnetz-
werke am Beispiel der Brieflogistik der Deutschen
Post*
Mai 2001

Steenken, D.
Hamburg
*Logistische Informationssysteme im Container-
umschlag*
Mai 2001

Tamir, Prof. A.

Tel Aviv University Israel

Continuous Bottleneck Tree Partitioning Problems

September 2001

Vasileva, Dr. D.

Universität Sofia Bulgarien

On a 3D multigrid adaptive refinement solver for Non-Newtonian flow in porous media

November 2001

Werth, Prof. B.

RWTH Aachen

Mathematik in der bildenden Kunst

November 2001

Mitarbeit in Gremien, Herausgebertätigkeit

PD Dr. Karl-Heinz Küfer

- Arbeitsgruppe »Operations Research im Gesundheitswesen« der GOR (Vorsitz)

Prof. Dr. Helmut Neunzert

- MACSI-net, Vorsitzender des Strategy Board
- Mathematical Methods in the Applied Sciences (Advisory Editor)
- Surveys on Mathematics for Industry (Editorial Board)
- European Journal of Applied Mathematics (Editor)
- Monte Carlo Methods and Applications (Editorial Board)
- Mathematical Models and Methods in the Applied Sciences (Editorial Board)
- Springer Series on Industrial Mathematics (Editor)
- Transport Theory and Statistical Physics (Editorial Board)

PD Dr. Stefan Nickel

- VDI-Fachausschuss für Simulation und Optimierung
- OR-Letters (Gutachter)
- Mathematical Methods of Operations Research (Gutachter)
- European Journal of Operations Research (Gutachter)
- Zentralblatt für Mathematik (Gutachter)
- Mathematical Reviews (Gutachter)

PD Dr. Joachim Ohser

- Arbeitskreis »Quantitative Metallographie« im Fachausschuss »Metallographie« der DGM (Leitung)
- Arbeitskreis »Digitale Bildanalyse« im Fachausschuss »Metallographie« der DGM (Leitung)

Dr. Franz-Josef Pfreundt

- HiPC 2001 Hyderabad, Mitglied des Programmkomitees

Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters

- ECMI – Council
- GAMM-Fachausschuss »Dynamik und Regelungstheorie«
- MACSI-net – Executive Committee
- Sprecher des Graduiertenkollegs »Technomathematik« der Universität Kaiserslautern
- International Program Committee MTNS 2002

Dr. Ronald Rösch

- VDI/VDE-GMA-Ausschuss »Digitale Bildverarbeitung in der Automatisierungstechnik«
- VDI/VDE-GMA-Ausschuss »Software und Softwarequalität in der Messtechnik«
- Fraunhofer-Allianz »Vision«

Dr. Norbert Siedow

- Organisator der Working group »MACSI-Glass«
- MACSI-net Newsletter (Editor)

Dr. Raimund Wegener

- MACSI-net Newsletter (Editor)
Patente

Patente

Ginzburg, I.:

Lattice-Boltzmann-Verfahren zur Berechnung von Strömungsvorgängen mit freien Oberflächen

Europäische Patentanmeldung, 01112597.6, 2001

Trinkaus, H., Küfer, K.-H.:

Ein Navigationswerkzeug zur Ermittlung effizienter Strahlentherapiepläne

Deutsche Patentanmeldung, Oktober 2001



Kontaktadresse

Fraunhofer-Institut für Techno-
und Wirtschaftsmathematik ITWM
Gottlieb-Daimler-Straße, Geb. 49
D-67663 Kaiserslautern

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

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

E-Mail: info@itwm.fhg.de

Internet: www.itwm.fhg.de