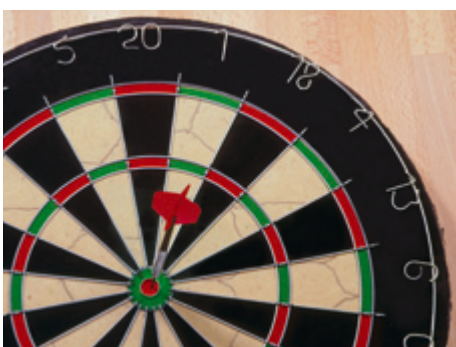
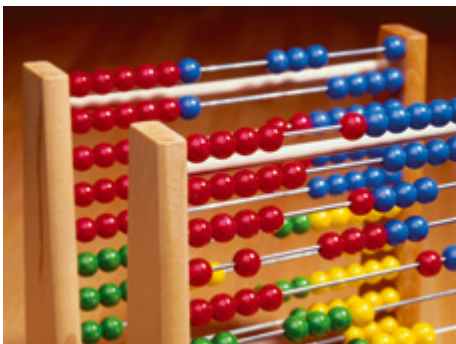
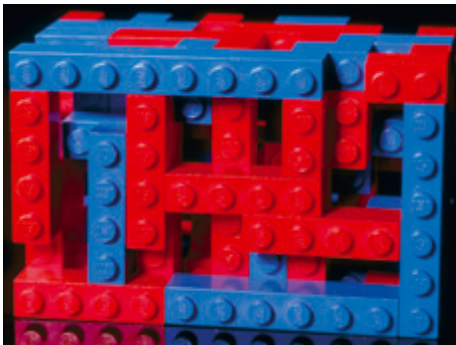




Fraunhofer Institut
Techno- und
Wirtschaftsmathematik



Jahresbericht 2002

Jahresbericht 2002

Fraunhofer-Institut für Techno-
und Wirtschaftsmathematik ITWM

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4	Diagnoseunterstützung in den Life Sciences	60
Das Institut im Profil	6	Prognose von Material- und Produkteigenschaften	62
Ziele	7	Multiskalen-Strukturmechanik	63
Kompetenzen und Arbeitsschwerpunkte	8	Optimierung	67
Kunden und Kooperationspartner	9	Innerbetriebliche Logistik	68
Das Institut in Zahlen	10	Überbetriebliche Logistik	71
Kuratorium	12	Verkehrsplanung	73
Organigramm	12	Entscheidungsunterstützung in den Life Sciences	75
Fraunhofer-Gruppe Informations- und Kommunikationstechnik	13	Knowledge-Management und E-Commerce	77
Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick	14	Finanzmathematik	81
Transportvorgänge	17	Kreditrisiko	82
Fluid-Struktur-Interaktion	18	Optionsbewertung	84
Kontinuumsmechanische Produkt- und Prozessauslegung	20	Portfolio-Optimierung	86
Gitterfreie Methoden	22	Zinsmodellierung	87
Strahlungstransport und Kinetik	24	Competence Center	
Parameteridentifikation	26	High Performance Computing	91
Strömungen und komplexe Strukturen	29	Grid Computing	92
Simulation poröser Materialien	30	Parallelisierung und Performanceanalyse	93
Mikrostruktursimulation und virtuelles Materialdesign	32	Visualisierung	94
Algorithmen für komplexe Geometrien und Grenzflächen	34	Fraunhofer Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC	99
Hochwasser- und Risikomanagement	36	Materialermüdung und Belastungsanalyse	100
Füll- und Gießprozesse	38	Qualitätstechniken	101
Strukturoptimierung und Bauteildesign	40	Finite-Elemente-Technik	102
Modelle und Algorithmen in der Bildverarbeitung	43	Bioinformatik	103
Oberflächeninspektion	44	2002 im Rückblick	104
3D-Bildverarbeitung und -analyse	47	Anhang	107
Überwachungssysteme im Eisenbahnbereich	50	Vorträge	108
Analyse von Bild- und Videosequenzen	51	Publikationen	110
Kryptologie	52	Graduierungsarbeiten	113
Adaptive Systeme	55	Messebeteiligungen und Konferenzen	114
CAD für Analogschaltungen	56	Gäste	114
Monitoring und Regelung	58	Mitarbeit in Gremien, Herausgebertätigkeit	115

Das Fraunhofer Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik befindet sich nach wie vor in einer starken Wachstumsphase. Der Betriebshaushalt weist auch 2002 wieder eine zweistellige Steigerungsrate aus und die Wirtschaftserträge konnten, trotz der bekannten Probleme im wirtschaftlichen Umfeld, auf einem hohen Niveau stabilisiert werden.

Die in der Fraunhofer-Gesellschaft übliche Strategieplanung des Instituts ist weitgehend abgeschlossen. Ein wesentliches Ergebnis sind stärker fokussierende Geschäftsfelder, mit denen wir uns den wachsenden Herausforderungen des Marktes stellen werden: Strömungsdynamik (CFD), Numerische Algorithmen, Hochleistungsrechnen, Finanzmathematik, Inspektion, Überwachung und Regelung, Simulation von Produktionsprozessen, Mathematik in den Life Sciences, Optimierung und Simulation in der Logistik, Mikrostrukturanalyse und virtuelles Materialdesign sowie Virtuelles Produktdesign.

Zugegebenermaßen ist dies nach wie vor ein breites Spektrum. Aber gerade diese Breite, die sich auch in dem industriellen Kundenfeld abbildet, hat in der Vergangenheit entscheidend zum finanziellen Erfolg beigetragen und das ITWM weitgehend unabhängig von konjunkturellen Schwankungen gemacht.

Mission und Aufgabe des Instituts bleiben unverändert: Das ITWM stellt sich anspruchsvollen Herausforderungen in Technik, Medizin, Logistik, Kommunikation und Finanzwesen durch Anwendung moderner mathematischer Methoden. Unsere Forschung trägt dazu bei, die angewandte Mathematik durch innovative Anstöße weiterzuentwickeln und gemeinsam mit Industriepartnern in Forschungs- und Entwicklungsprojekten praktisch umzusetzen. Die Vielzahl unserer Kunden und die hohe Quote von Folgeaufträgen aus der Industrie zeigt, dass diese Mission erfolgreich erfüllt wird. Weitgehend autonome Abteilungen mit kreativen und hoch qualifizierten Mitarbeitern bilden die Basis für diesen Erfolg.

Hinzu kommt die Unterstützung aus München. Wir haben mit vielen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern unserer Zentralverwaltung sehr positive Erfahrungen gemacht – über das hinaus, was man

von einer »Zentrale« üblicherweise erwarten kann. Nachhaltig beeindruckt hat uns dabei neben der Sachkompetenz die persönliche Identifikation unserer Ansprechpartner mit ihrer Arbeit und ihr Einsatz für die Belange des ITWM.

Dies gilt in besonderem Maße auch für die Förderung, die das ITWM durch die Landesministerien erfährt. Die Türen in Mainz stehen immer weit offen, die Wege sind kurz und Entscheidungen fallen schnell und soweit möglich unbürokratisch. Ganz besonders wichtig für das ITWM ist die großzügige finanzielle Unterstützung für den Neubau des Fraunhofer-Institutszentrums in Kaiserslautern durch das Wissenschafts- und das Wirtschaftsministerium.

Projekte mit kleinen und mittelständischen Unternehmen der Region machen nach wie vor einen großen Teil der ITWM-Wirtschaftserträge aus. Wir brauchen die KMU und sie brauchen uns – eine hervorragend funktionierende Symbiose! Wir werden diesen Markt weiter pflegen und unser Software- und Simulationsangebot für Werkstoffentwicklung und Fertigungsprozesse kontinuierlich ausbauen.

Durch die wachsende Leistungsfähigkeit im Rechnerbereich eröffnen sich ständig neue Potenziale für industrielle Simulationsaufgaben. In zunehmendem Maße hat dabei die Vernetzung von Rechnern zur Generierung hinreichender Rechenleistung für numerische Simulation und Visualisierung eine zentrale Bedeutung. Am ITWM sind die Aktivitäten im Bereich des Hochleistungsrechnens in einem eigenen Kompetenzzentrum für »High Performance Computing« zusammengefasst. Wir reagieren damit auch auf einen dramatischen Paradigmenwechsel in der Bereitstellung von Höchstrechenleistung für industrielle Applikationen. PC-Cluster ersetzen Supercomputer. Parallele Rechnersysteme und Grid Computing, vor wenigen Jahren nur in wenigen Großforschungseinrichtungen und der Meteorologie zu finden, halten Einzug in die Industrie. Das ITWM zählt zu den Pionieren beim Einsatz solcher PC-Cluster für industrielle Simulationsaufgaben. Unsere eigenen Softwareprodukte werden schon heute grundsätzlich für den Einsatz auf parallelen Rechnersystemen vorbereitet.

Grid Computing ist eines der Schwerpunktthemen des Sechsten EU-Rahmenprogramms, die für das ITWM interessant sind. Wir werden uns an einer Reihe von Anträgen für Integrierte Projekte beteiligen. Unsere bereits bestehenden europäischen Kooperationen können wir hierfür nutzen und weiter ausbauen. Der europäische Vernetzungsprozess von Forschungsinstitutionen ist in vollem Gange und wird durch die Brüsseler Förderinstrumente massiv unterstützt. Die Fraunhofer-Gesellschaft hat in Europa ein großes Renommee, weil der Name »Fraunhofer« in der europäischen Industrie für hervorragende Qualität und praxisnahe Forschung steht.

Allerdings gibt es aus meiner Sicht immer noch Nachholbedarf bei den europäischen Forschungs Kooperationen der Fraunhofer-Gesellschaft. Das ITWM wird an seiner internationalen Ausrichtung festhalten und seine europäischen Aktivitäten weiter verstärken. Und dies nicht nur deshalb, weil damit der Zugang zur europäischen Forschungsförderung leichter ist, sondern auch, weil wir fest davon überzeugt sind, dass substanzielle Akquisition in einem europäischen Wirtschaftsraum nur erfolgreich möglich ist, wenn sie durch strategische Allianzen mit Forschungseinrichtungen »vor Ort« unterfüttert wird.

Wenn Sie den Jahresbericht durchblättern, dann fallen Ihnen sicherlich die vielen Bilder von Spielzeugen auf und Sie fragen sich vielleicht, ob das ITWM, nachdem es in seinem letzten Jahresbericht auf alle möglichen Nahrungsmittel Appetit gemacht hat, Sie jetzt auch noch in Ihre Kindheit zurückversetzen will. – Warum nicht? Es steht außer Frage, dass Spiel in unserer Kindheit eines der wichtigsten Mittel zum Erwerben sozialer Kompetenz und zur konstruktiven Auseinandersetzung mit der Welt ist.

Auch das wissenschaftliche Arbeiten braucht kreative, spielerische Pausen. Verknotungen der Gehirnwindungen lösen sich und der Kopf wird wieder frei für die zielgerichtete Arbeit. Entscheidender als solche temporären Regenerationen – man kann ja auch einen Spaziergang machen – ist jedoch etwas, was nicht so einfach zu substituieren ist: das Streben nach Ästhetik, Schönheit und Harmonie, das freie Spiel des Geistes, das zunächst scheinbar nutzlose Ideen produziert. Nur aus der

Verbindung des »kontemplativen freien Menschen«, des homo ludens, mit dem homo faber, dem »handwerklich-technisch schöpferischen« Menschen konnte sich die europäische Wissenschaft und Kultur so großartig entfalten.

Für den Fortschritt jeder Wissenschaft und vielleicht in besonderem Maße der Mathematik sind beide Elemente von entscheidender Bedeutung. Sie ergänzen und bedingen sich gegenseitig. In dem Buch »Schlüssel zur Mathematik« von Helmut Neunzert und Bernd Rosenberger ist dies sehr schön beschrieben: »Mathematik ist nicht trocken, sondern voller Phantasie. Nicht langweilig, sondern voller Schönheit, logisch, aber dennoch von ungeheurer Kreativität, uralte, aber voll neuer Ideen. Mathematik ist wie das Spiel, wie die Kunst, ein Bestandteil, ja sogar ein besonders sensibler Repräsentant der Kultur und nicht zuletzt auch ein unersetzliches Hilfsmittel der Naturwissenschaften, der Technik, der Wirtschaft«.

In diesem Sinne verstehen Sie unseren Jahresbericht auch als ein Plädoyer für die Technologie Mathematik als »Werkzeug und Spiel«.



Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters, Institutsleiter



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. 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 die folgenden Geschäftsbereiche etabliert:

- Strömungsdynamik (CFD)
- Numerische Algorithmen
- Hochleistungsrechnen
- Finanzmathematik
- Inspektion, Überwachung und Regelung
- Simulation von Produktionsprozessen
- Mathematik in den Life Sciences
- Optimierung und Simulation in der Logistik
- Mikrostrukturanalyse und virtuelles Materialdesign
- Virtuelles Produktdesign

Ein Team von über 120 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, organisiert in sechs Abteilungen – vorwiegend Mathematiker, aber auch Physiker, Ingenieure und Informatiker – befasst sich mit Forschungs- und Anwenderproblemen mit besonderem Fokus auf mittelständische Unternehmen. Das Angebot des ITWM reicht von Softwarekomponenten über Beratung und Support 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 IT-Industrie über Werkstoffe und Bauteile bis zu Banken, Elektronikunternehmen und Firmen der gesamten textilen Kette und der Glasindustrie. Dienstleister wie Verkehrsbetriebe gehören ebenso zum Spektrum wie Forschungsinstitute und Einrichtungen des medizinischen Sektors.

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



Ziele

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

Reale Modelle werden durch virtuelle Modelle ersetzt. Die Mathematik bildet dabei als Rohstoff der Modelle und als Schlüsseltechnologie für Computersimulationen das Fundament für den Brückenschlag in diese zweite Welt – die Simulationswelt –, die in nahezu allen Bereichen der Gesellschaft und Wirtschaft Fuß gefasst hat.

Mission und Aufgabe des ITWM ist es, anspruchsvollen Herausforderungen in Technik, Logistik, Kommunikation und Finanzwesen durch Anwendung moderner mathematischer Methoden zu

begegnen, die angewandte Mathematik durch innovative Anstöße weiterzuentwickeln und gemeinsam mit Industriepartnern praktisch umzusetzen. Integrale Bausteine dieser Umsetzung sind Beratung in FuE-Fragen, Unterstützung bei der Anwendung von Hochleistungsrechner-technologie und Bereitstellung maßgeschneiderter Softwarelösungen.

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

Kompetenzen und Arbeitsschwerpunkte

- Fluid-Struktur-Interaktion
 - Fäden und Bögen in Strömungen
 - Vliesproduktion
- Kontinuumsmechanische Produkt- und Prozessauslegung
 - optimale Erwärmung und Kühlung
 - Akustik
- Gitterfreie Methoden
 - kompressible und inkompressible Methoden
 - Airbag-Entfaltung
 - Betankungsvorgänge
- Strahlungstransport und Kinetik
 - Wärmestrahlung in Glas
 - stark streuende Medien
- Parameteridentifikation
 - indirekte Messmethoden
- Simulation poröser Materialien
 - Feuchte- und Wärmetransport
 - Filtration und Filterauslegung
- Mikrostruktursimulation und virtuelles Materialdesign
 - Berechnung und Optimierung von Materialeigenschaften
- Algorithmen für komplexe Geometrien und Grenzflächen
 - Effektive Verfahren für Strömungs- und Strukturmechanik
 - Methoden für freie Ränder
- Hochwasser- und Risikomanagement
 - in städt. Entwässerungssystemen
 - in natürlichen Einzugsgebieten
- Füll- und Gießprozesse
 - Gießereisimulation
 - Füll- und Tauchsimulation
 - Spritzgießen faserverstärkter Kunststoffe
- Strukturoptimierung und Bauteildesign
 - Gestalt- und Topologieoptimierung
 - Kopplung mit Prozesssimulation
- Oberflächeninspektion
 - Fehlererkennung auf texturierten und farbigen Oberflächen
 - Bildanalyse- und Klassifikationsverfahren
- 3D-Bildverarbeitung und -analyse
 - geometrische Charakterisierung von 3D-Strukturen
 - Modellierung von Mikrostrukturen
 - 3D-Bildverarbeitung
- Überwachungssysteme im Eisenbahnbereich
- Analyse von Bild- und Videosequenzen
 - inhaltsbasierte Bildsuchmaschine
 - Bildkompression mit wavelet-basierten Methoden
- Kryptologie
- CAD für Anlogschaltungen
 - Symbolische Analyse
 - Numerische Simulation
- Monitoring und Regelung
 - Steuerung und Regelung
 - Systemidentifikation
- Diagnoseunterstützung in den Life Sciences
 - Data Mining
 - Expertensysteme
- Prognose von Material- und Produkteigenschaften
 - Black- und Graybox-Identifikation
 - Neuronale Netze
- Multiskalen-Strukturmechanik
 - Viskoelastische Materialien mit Gedächtnis
 - Homogenisierungsverfahren für Verbundwerkstoffe
- Überbetriebliche Logistik
 - Supply-Chain-Management
 - Vertriebsgebietsplanung
 - Standortplanung
- Innerbetriebliche Logistik
 - Materialflussplanung, Scheduling und Produktionssteuerung
 - Simulation und Optimierung
 - Krankenhauslogistik
- Verkehrsplanung
 - Anschlussicherung im multimodalen ÖPV
 - Haltestellen- und Linienplanung
 - Verkehrsmodelle
- Entscheidungsunterstützung in den Life Sciences
 - Multikriterielle Strahlentherapieplanung
 - Echtzeitentscheidungshilfen
 - Planung zeitoptimaler Strahlentherapiebehandlungen
- Knowledge-Management und E-Commerce
 - Integration von Wissensmanagement und E-Commerce
 - Virtuelles Produkt- und Prozess-Consulting
 - Tools zur multikriteriellen Entscheidungsunterstützung
- Finanzmathematik
 - Kreditrisiko
 - Optionsbewertung
 - Portfolio-Optimierung
 - Zinsmodellierung
 - Finanzzeitreihen und -statistik
 - Exotische Derivate
 - Basel II
- High Performance Computing und Visualisierung
 - Cluster und Grid Computing
 - Performance Analyse
 - Visualisierung
 - Parallele Algorithmen
- Fraunhofer Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics
 - Materialermüdung und Belastungsanalyse
 - Qualitätstechniken
 - Finite-Elemente-Technik

Kunden und Kooperationspartner

Das ITWM arbeitet seit Jahren mit Auftraggebern vieler Branchen und Unternehmensgrößen erfolgreich zusammen; im Jahr 2002 u. a. mit:

- ABB, Västerås (S)
- AGFA Gevaert AG, München
- Amaranth Advisors, New York
- aquinto AG, Berlin
- ARNOLD & RICHTER Cine Technik, Stephanskirchen
- Atmel Germany GmbH, Heilbronn
- Audi AG, Ingolstadt
- Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, München
- BGS Systemplanung, Mainz
- BMW AG, München
- Caparol, Ober-Ramstadt
- Carl Zeiss, Oberkochen
- DePfa Bank, Wiesbaden
- Deutsche Gesellschaft für Onkologie e. V., Köln
- Deutsche Rückversicherung AG, Düsseldorf
- Deutscher Wetterdienst, Offenbach/Main
- Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg
- Die Sprinter - Kurierdienst und Speditionsgesellschaft mbH, Mannheim
- ESI-Group, Paris
- Eurofilters AG, Overpelt (Belgien)
- Faurecia, Sassenburg
- Freudenberg Vliesstoffe KG, Weinheim und Kaiserslautern
- gbo AG, Rimbach
- GE Transportation Systems, Bad Dürkheim
- geomer, Heidelberg
- Hager Electro GmbH, Ensheim
- Harvard Medical School, Boston (MA), USA
- HegerGuss GmbH, Enkenbach-Alsenborn
- Hilti AG, Schaan (Liechtenstein)
- Human Solutions GmbH, Kaiserslautern
- HypoVereinsbank, München
- i²t³ - Industrial Innovation Through Technological Transfer, Florenz (I)
- IBS Filtran GmbH, Morsbach
- Infineon Technologies AG, München
- Institut für Gießereitechnik GmbH, Düsseldorf
- Institut für Verbundwerkstoffe IVW, Kaiserslautern
- J. Wagner GmbH, Markdorf
- Johns Manville Europe GmbH, Bobingen
- Landesbank Baden-Württemberg
- Landesbank Rheinland-Pfalz, Mainz
- Lehr- und Versuchsanstalt für Viehhaltung Neumühle, Münchweiler/Alsenz
- Linux NetworX, Salt Lake City (USA), Kaiserslautern
- m2k Informationsmanagement GmbH, Kaiserslautern
- MAGMA Gießereitechnologie GmbH, Aachen
- Mannesmann-Rexrodt AG, Lohr a. Main
- Mannheimer Morgen, Mannheim
- MiniTec GmbH & Co KG, Waldmohr
- MRC Systems GmbH, Heidelberg
- MSC/GAC, Buchenau,
- Odenwald-Faserplattenwerke GmbH, Amorbach
- OperaThing GmbH, Hürth
- Pfeleiderer AG, Neumarkt
- Pierau Planung, Hamburg
- Procter & Gamble, Cincinnati (USA)
- psb GmbH, Pirmasens
- Roche Diagnostics, Mannheim
- Römheld & Moelle, Mainz
- Sandler AG, Schwarzenbach (Saale)
- SAP AG, Walldorf
- Schott Glas, Mainz
- SIEDA Software GmbH, Kaiserslautern
- Siemens AG (KWU), Mülheim/Ruhr
- Stadt Kaiserslautern
- Steinbichler Optotechnik GmbH, Neubeuern
- tecmath AG, Kaiserslautern
- Tehalit GmbH & Co KG, Heltersberg
- Thomas Josef Heimbach GmbH & Co., Düren
- Ultrafilter international AG, Haan
- Universität Kaiserslautern
- Universitätsklinik Tübingen
- Universitätskliniken des Saarlandes, Homburg / Saar
- Verein Deutscher Gießereifachleute (VDG), Düsseldorf
- Verkehrsverbund Rhein-Neckar GmbH (VRN), Mannheim
- Verkehrsverbundgesellschaft Saar mbH (VGS), Saarbrücken
- Verotec GmbH, Lauingen/Donau
- Volkswagen AG, Wolfsburg
- WestLB, Düsseldorf



Das Institut in Zahlen

Haushalt

Es geht weiterhin aufwärts mit dem ITWM, sozusagen Stein für Stein ist das ITWM auch im Jahr 2002 wieder erheblich gewachsen. Der Betriebshaushalt stieg um beachtliche 24 Prozent, der Gesamthaushalt gar um 28 Prozent. Letztere Zahl sollte jedoch nicht überbewertet werden, da 2002 eine relativ hohe Summe für Investitionen zur Verfügung stand.

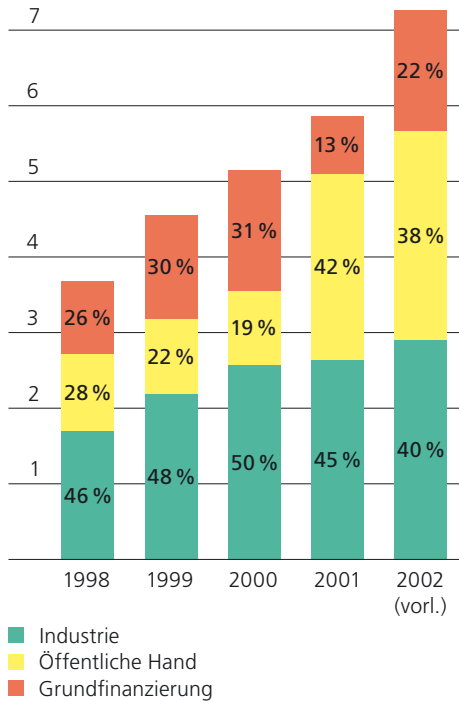
Auch 2002 profitierte das ITWM als Mitglied der IuK-Gruppe an den vom BMBF finanzierten Fusionsprojekten. Anders als im letzten Jahr machten diese Mittel jedoch weniger als 20 Prozent der öffentlichen Erträge aus. Nicht nur im öffentlichen Bereich wirkt sich eine breite Palette von möglichen Zu-

wendungsgebern positiv aus. Gerade in Zeiten von starken konjunkturellen Schwankungen ist das breite Kundenspektrum des ITWM von unschätzbarem Wert. Nur vor diesem Hintergrund konnte es gelingen, auch in diesem Jahr hohe Wirtschaftserträge zu realisieren.

Bei den internen Programmen der Fraunhofer-Gesellschaft konnte das ITWM im vergangenen Jahr ebenfalls zulegen. Diese Mittel ermöglichen dem ITWM gezielte Maßnahmen zu einer effizienten Marktpositionierung und zum Aufbau einer weltweit konkurrenzfähigen Rechnerinfrastruktur.

Haushaltsentwicklung [Tausend €]	1998	1999	2000	2001	2002 (vorläufig)
Betriebshaushalt	3 681	4 550	5 147	5 866	7 260
Investitionshaushalt	459	382	244	756	1 233
Gesamt	4 140	4 932	5 391	6 622	8 493

Entwicklung Betriebshaushalt
in Mio €



Im Jahr 2002 erreicht der Betriebshaushalt rund 7,3 Millionen €. Davon wurden knapp 5,7 Millionen € in Form eigener Erlöse erwirtschaftet, von denen 2,9 Millionen € Wirtschaftserträge sind.

Nach allen bisherigen Prognosen ist auch für 2003 ein Wachstum von über 20 Prozent wahrscheinlich.

Personalentwicklung

Im Jahr 2002 konnte das ITWM sein Stellenkontingent um weitere 15 Prozent ausbauen. Mittlerweile sind am ITWM fast 120 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (darunter 72 Wissenschaftler, 34 Doktoranden und 12 Mitarbeiter in zentralen Bereichen) sowie 75 wissenschaftliche Hilfskräfte und Praktikanten beschäftigt.

Bei der Anwerbung von Wissenschaftlern profitierte das ITWM in besonderem Maße von seinen vielfältigen internationalen Aktivitäten sowie dem Angebot an englischsprachigen Studiengängen im Fachbereich Mathematik. Damit ist es gelungen, hochqualifizierte junge Wissenschaftler aus aller Welt nach Kaiserslautern zu holen oder hier zu halten. So ist der Ausländeranteil bei den Wissenschaftlern mittlerweile auf 22 Prozent gestiegen, bei den Doktoranden sogar auf 62 Prozent.

Der Frauenanteil im ITWM hat sich in den letzten Jahren zwar deutlich erhöht, doch gibt es hier noch Nachholbedarf. Es ist dabei sicher hilfreich, dass das ITWM vom Fraunhofer-internen Programm zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses im Rahmen der Chancengleichheit durch die Finanzierung zweier zusätzlicher Stipendien für Doktorandinnen profitiert.

Symmetrien üben auf Mathematiker eine besondere Faszination aus. Die Jahreszahl 2002 lädt daher förmlich zu folgendem kleinen Zahlenspiel ein:

Die wichtigsten Kennzahlen des ITWM 2002 sind (modulo 2 %):

Rho Wirtschaft:
 $20 \times 02 = 40 \%$

Anzahl Mitarbeiter:
 $20 \times (02)^2 = 80$

Wachstum Betriebshaushalt:
 $20 + 02 = 22 \%$

Gesamtertrag:
 $20 \times (02)^2 = 80 \%$

Betriebshaushalt:
 $(20 - 02) \times 0,2 \times 02 = 7,2 \text{ Mio €}$

Eine »adaptierte« Formel führt zu folgender, nicht ganz unrealistischer Projektion für den Betriebshaushalt des ITWM (in Mio €) in den folgenden Jahren:

	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	8,83	10,15	11,21	12,02	12,58	12,92

Wenn Ihre Neugier geweckt wurde, versuchen Sie sich an der zugrunde liegenden Formel.

Personalentwicklung	1998	1999	2000	2001	2002
Wissenschaftliche u. technische Mitarbeiter	43	45	54	63	72
Doktoranden	13	17	19	30	34
Zentrale Bereiche	6	7	8	10	12
Wissenschaftliche Hilfskräfte	29	48	60	70	75
Sonstige Dienstverträge	8	8	11	13	16
Gesamt	99	125	152	186	209

Kuratorium

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

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

Dr.-Ing. Erwin Flender
MAGMA Gießereitechnologie, Aachen

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

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

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

Dr. Wilhelm Krüger
tecmath AG, Kaiserslautern

Dr. Martin Kühn
SAP AG, Walldorf

Kurt Lechner
Mitglied des Europäischen Parlaments, Kaiserslautern

Dr. Horst Loch
Schott Glas, Mainz

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

Dr. Jens Nonnenmacher
Dresdner Bank AG, Frankfurt

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

Dr. Werner Sack
Hilti AG, Schaan, Liechtenstein

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

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

Prof. Dr. Helmut Schmidt
Präsident der Universität Kaiserslautern

Organigramm

Institutsleitung	Prof. Dr. Dieter Prätzl-Wolters		06 31/2 05-44 42
Führungskreis	Prof. Dr. Ralf Korn		06 31/2 05-44 71
	Prof. Dr. Helmut Neunzert		06 31/2 05-27 46
	Prof. Dr. Stefan Nickel		06 31/2 05-45 58
	Dr. Franz-Josef Pfreundt		06 31/3 03-18 21
	Dr. Marion Schulz-Reese		06 31/2 05-41 40
	Dr. Raimund Wegener		06 31/2 05-39 26
	Abteilungen	Transportvorgänge	Dr. Raimund Wegener
Strömungen und komplexe Strukturen		Dr. Konrad Steiner	06 31/3 03-18 20
Modelle und Algorithmen in der Bildverarbeitung		Dr. Ronald Rösch	06 31/3 03-18 67
Adaptive Systeme		Dr. Patrick Lang	06 31/2 05-28 33
Optimierung		Prof. Dr. Stefan Nickel	06 31/2 05-45 58
Finanzmathematik		Prof. Dr. Ralf Korn	06 31/2 05-44 71
Competence Center »High Performance Computing«	Dr. Franz-Josef Pfreundt		06 31/3 03-18 21
Zentrale Bereiche	Leitung	Dr. Marion Schulz-Reese	06 31/2 05-41 40
	EDV	Dieter Eubell	06 31/2 05-44 43
	Presse- und Öffentlichkeitsarbeit	Ilka Blauth	06 31/2 05-47 49
		Dipl.-Math. Steffen Grützner	06 31/2 05-32 42

Fraunhofer-Gruppe Informations- und Kommunikationstechnik

Die Fraunhofer IuK-Gruppe besteht aus fünfzehn Instituten, mehr als 2 000 Mitarbeitern und hat ein Jahresbudget von über 200 Mio €. Damit ist sie der größte Forschungsverbund für Informations- und Kommunikationstechnik (IuK) in Europa und einer der größten in der Welt. Sie wurde Mitte 2001 gegründet, als die Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD) mit der Fraunhofer-Gesellschaft fusionierte. Durch sich ergänzende Schwerpunktthemen der Mitgliedsinstitute wird ein großer inhaltlicher Bereich der IuK-Branche abgedeckt.

Zur Gruppe gehören folgende Institute:

- Fraunhofer-Institut für Autonome Intelligente Systeme AIS
- Fraunhofer-Institut für Rechnerarchitektur und Softwaretechnik FIRST
- Fraunhofer-Institut für Angewandte Informationstechnik FIT
- Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS
- Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO
- Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE
- Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD
- Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS
- Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung IITB
- Fraunhofer-Institut für Medienkommunikation IMK
- Fraunhofer-Institut für Integrierte Publikations- und Informationssysteme IPSI

- Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST
- Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM
- Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI
- Fraunhofer-Institut für Sichere Telekooperation SIT

Die Fraunhofer IuK-Gruppe entwickelt gemeinsame Strategien und Visionen für die anwendungsorientierte informations- und kommunikationstechnische Forschung. Sie bündelt die Kompetenzen der Institute in übergreifenden Forschungsprogrammen und unterstützt die Mitgliedsinstitute bei Technologietransfer und Forschungsmarketing.

Unter dem Titel »Leben und Arbeiten in einer vernetzten Welt« entwickelt die Gruppe im Auftrag des BMBF ein gemeinsames Programm für die anwendungsorientierte Grundlagen- und Vorlauftforschung. In sieben Forschungsprogrammen wird an den Kernthemen einer künftigen Informations- und Kommunikationstechnik gearbeitet: Dazu zählen neue Technologien für die kommende Internetgeneration und für die Unterstützung von Mobilität, neue Methoden für das Wissensmanagement, sichere Lösungen für verbindliches Handeln im Netz sowie neue Formen des Dialogs von Mensch und Maschine. Für die industrielle Produktentwicklung werden Computersimulation, Visualisierung und Virtuelle Realität in digitalen Entwicklungsumgebungen integriert.

Die Fraunhofer IuK-Gruppe stellt ihr Kompetenzportfolio Partnern aus Wirtschaft und öffentlicher Hand zur Verfügung. Das Leistungsspektrum umfasst maßgeschneiderte IT-Lösungen, kompetente Technologieberatung sowie Vorlauftforschung für neue Pro-

dukte und Dienstleistungen. Durch internationale Forschungsprogramme sind die Mitgliedsinstitute weltweit mit Wirtschafts- und Forschungsunternehmen der IuK-Branche vernetzt. Die Geschäftsstelle der Fraunhofer IuK-Gruppe in Berlin vermittelt den richtigen Partner.

Die rasante Entwicklung von IT-Technologien bietet unüberschaubare Möglichkeiten für einzelne Unternehmen. Der Anwender kann kaum noch allein entscheiden, welche Investition ihm nachhaltig einen Wettbewerbsvorsprung verschafft. Kurze Innovationszyklen machen IT-Kenntnisse außerdem zu einer schnell verderblichen Ware.

Wir unterstützen Unternehmen mit Know-how, um die notwendigen Investitionen in neue Basistechnologien gewinnbringend einzusetzen.

Für eine dauerhafte und vertrauensvolle Zusammenarbeit zwischen unseren Kunden und unseren Mitgliedsinstituten bieten wir:

- Technologie- und Innovationsberatung
- Kontakt zu Experten und Partnern
- Umsetzung Ihrer IuK-Vorhaben durch unsere Mitglieder

Geschäftsstelle

Fraunhofer IuK-Gruppe
Friedrichstraße 60
10117 Berlin

Telefon: 0 30/72 61 56 6-0
Fax: 0 30/72 61 56 6-19
E-Mail: info@iuk.fraunhofer.de
Internet: www.iuk.fraunhofer.de

Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt anwendungsorientierte Forschung zum unmittelbaren Nutzen für Unternehmen und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand. 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 der Wirtschaft beitragen.

Mit technologie- und systemorientierten Innovationen für ihre Kunden tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Dabei zielen sie auf eine wirtschaftliche, sozial gerechte und umweltverträgliche Entwicklung der Gesellschaft.

Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft eine Plattform zur fachlichen und persönlichen Qualifizierung für verantwortliche Positionen in ihren Instituten, in der Wirtschaft und in anderen Bereichen der Wissenschaft.

Die zentrale Anschrift

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

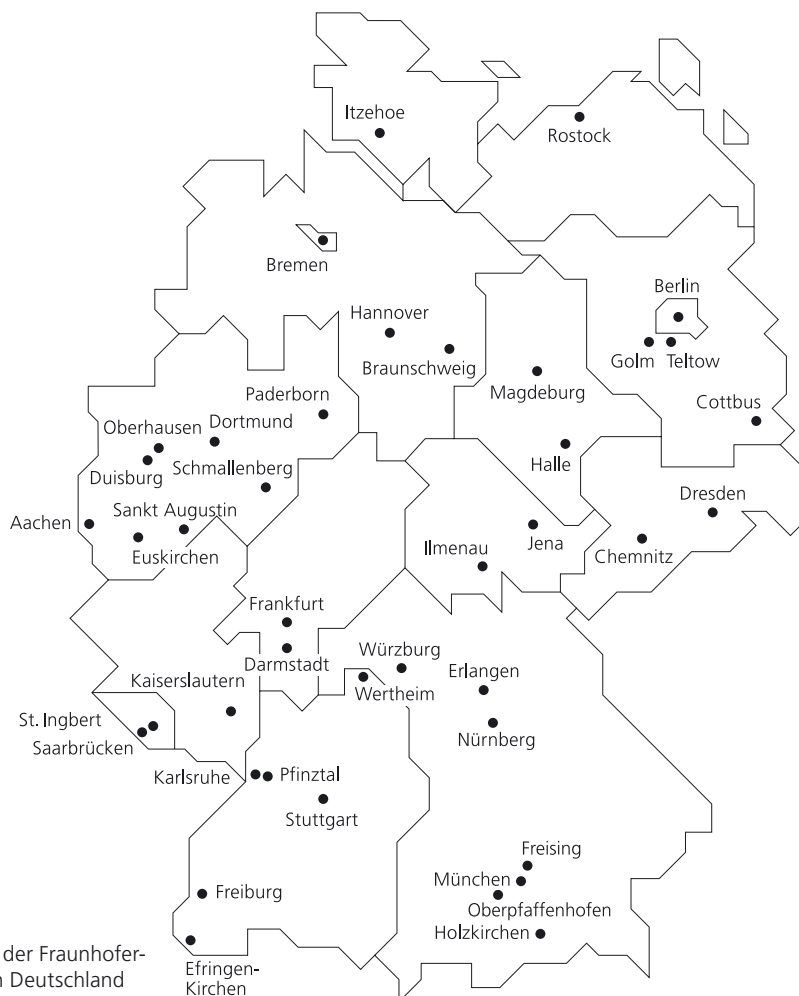
Telefon: 0 89/12 05-01
Fax: 0 89/12 05-3 17
Internet: www.fraunhofer.de

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt derzeit rund 80 Forschungseinrichtungen, davon 57 Institute, an über 40 Standorten in ganz Deutschland. Rund 13 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von etwa einer Milliarde €. Davon fallen etwa 900 Millionen € auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Für rund zwei Drittel dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft Erträge 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 in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Niederlassungen in Europa, in den USA und in Asien sorgen für Kontakt zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

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

☎ 06 31/2 05-41 40
schulz_reese@itwm.fraunhofer.de



V.l.n.r.: Manuela Hoffmann, Katharina Parusel, Dipl.-Phys. Christian Peter, Ilka Blauth, Dieter Eubell, Gaby Weber, Dipl.-Math. Steffen Grützner, Dr. Marion Schulz-Reese, Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters, Dipl.-Betriebswirt (VWA) Brigitte Williard, Prof. Dr. Helmut Neunert, Ingeborg Woltmann
Nicht im Bild: Dipl.-Ing. Corinna Gonschior-Weigel, Volker Hochgürtel, Gabriele Gramsch, Dipl.-Päd. Myrjam Schröer, Dr. Renate Tobies



Transportvorgänge

Kernkompetenz der Abteilung TRANSPORTVORGÄNGE ist die mathematische Modellierung komplexer industrieller Problemstellungen und die Entwicklung effizienter Algorithmen zu ihrer numerischen Lösung (Simulation). Dabei haben sich folgende Schwerpunkte herausgebildet:

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

Die Problemstellungen sind im technisch-naturwissenschaftlichen Kontext (Strömungsdynamik, Strahlungstransport, Akustik, Strukturmechanik etc.) angesiedelt und führen aus mathematischer Sicht auf partielle (Integro-) Differentialgleichungen, die meist als Transportgleichungen zu charakterisieren sind. Aus Sicht der industriellen Kunden geht es typischerweise um die Optimierung von Produkten, die technische Auslegung von Produktionsprozessen oder um simulationsbasierte Messmethoden. Das Angebotsspektrum der Abteilung umfasst hierbei u. a. Kooperationsprojekte mit den stärker ingenieurwissenschaftlich ausgerichteten FuE-Abteilungen der Partnerfirmen,

Studien mit Auslegungs- und Optimierungsvorschlägen, Konzeptentwicklungen sowie Softwarelösungen.

Wirtschaftlich konnte die Abteilung in allen Bereichen das bereits sehr gute Ergebnis des Vorjahres nochmals deutlich verbessern. Dafür sind ganz wesentlich folgende inhaltlichen Gründe in den anschließend detaillierter beschriebenen Schwerpunkten anzuführen:

- Ausbau der Modellierungs- und Simulationskompetenz in spezifischen Anwendungsfeldern (Fluid-Struktur-Interaktion, Strahlungstransport und Kinetik)
- erfolgreiche Kombination von analytischen und numerischen Verfahren (Kontinuumsmechanische Produkt- und Prozessauslegung)
- Entwicklung einer eigenen Softwarebasis im Bereich Strömungs- und Kontinuumsmechanik (Gitterfreie Methoden)
- die Erweiterung des mathematischen Spektrums insbesondere auf die Lösung inverser Probleme (Parameteridentifikation)

Auf der Seite der Forschung bilden insbesondere die zahlreichen in der Abteilung angesiedelten Promotionsvorhaben und Graduiierungsarbeiten die Grundlage für diese positive Entwicklung.



Fluid-Struktur-Interaktion

In den letzten Jahren wurde im Bereich der Strömungsdynamik in mehreren Projekten zur Fluid-Struktur-Interaktion eine besondere Modellierungs- und Simulationskompetenz aufgebaut. Dabei wird allgemein gesprochen die Wechselwirkung von Strömungen mit räumlichen Objekten untersucht. Speziell geht es aber häufig um solche Objekte, die in der Modellierung ihrer Ausdehnung um eine oder mehrere Dimensionen reduzierbar sind, konkret im Berichtszeitraum um Tröpfchen und Partikel (Massenpunkte), Fäden im Spinn- und Ablageprozess (linienförmige Objekte) und Papierbögen (flächige Objekte). Die Dynamik der Strukturen wird in allen genannten Fällen durch Newtonsche Bewegungsgleichungen mit inneren und äußeren Kräften beschrieben, wobei die äußeren Kräfte wesentlich durch die Strömungsverhältnisse um und am Objekt bestimmt sind.

Das Fraunhofer ITWM entwickelt in dem beschriebenen Kontext an die jeweilige industrielle Fragestellung angepasste Lösungen, um insbesondere die Komplexität des Problems soweit zu reduzieren, dass auch realistische Anwendungsfälle in Simulationen abgebildet werden können. Das nachfolgend beschriebene Projekt zur Vlieslegung liefert hier ein eindrucksvolles Beispiel; bis zu 1 000 Fäden in einer turbulenten Strömung können unmöglich in einem vollständigen kontinuumsmechanischen Modell ohne geeignete Vereinfachungen behandelt werden. In diesem Fall war es wesentlich, die Fäden als asymptotisch eindimensionale Objekte zu betrachten und die Rückwirkung der Fäden auf die Strömung zu vernachlässigen. Zur Simulation der den jeweiligen Projekten zugrunde liegenden strömungsdynamischen Problemstellungen werden in der Regel Softwaretools wie FLUENT® und CFX® eingesetzt, die dann mit eigener Software zur Simulation der Bewegung der Strukturen gekoppelt werden.

Ansprechpartner:

Dr. Dietmar Hietel
☎ 06 31/2 05-40 82

Bewegung von Fäden in Luftströmungen

In der Herstellung und bei der Verarbeitung von Chemiefasern werden die Filamente Kräften ausgesetzt, die zu bestimmten Faserbewegungen führen. Durch Simulation dieser Fadendynamik entsteht ein neues Instrumentarium, um die Verfahrensentwicklung, Prozessauslegung und deren Optimierung zu beschleunigen oder erst zu ermöglichen.

Die Fadendynamik kann durch eine Newtonsche Bewegungsgleichung anhand der angreifenden Kräfte formuliert werden:

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

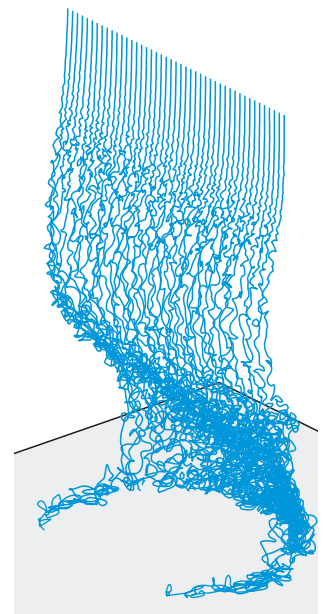
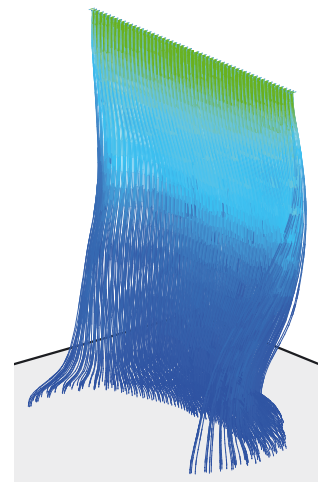
$$\|\partial_s x\| = 1$$

Neben den inneren Spannungen und Biegekräften sowie der Schwerkraft spielt hier vor allem die Leitwirkung durch Luftströmungen eine entscheidende Rolle. Der mögliche Kontakt mit Wänden oder zwischen den Filamenten kann auf ähnliche Weise erfasst werden. In typischen Anwendungen ist die Luftströmung so stark, dass die Rückwirkung der Fasern auf die Strömung von untergeordneter Bedeutung ist und daher unabhängig von den Faserbewegungen berechnet werden kann.

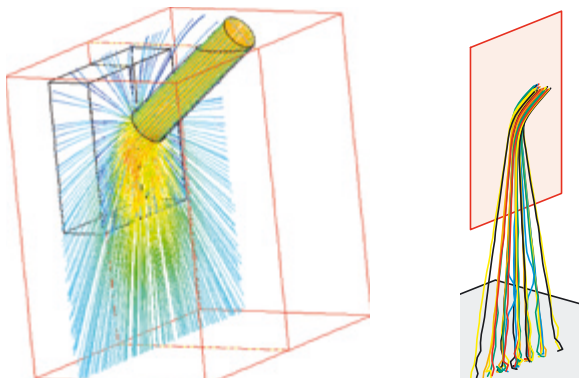
Für diese Art von Modell ist am Fraunhofer ITWM ein numerischer Algorithmus entwickelt und implementiert worden. Durch Einsatz von Parallelrechnern ist es damit möglich, eine Vielzahl von Fäden zu simulieren. Exemplarische Ergebnisse zweier Anwendungsprojekte im Rahmen der langjährigen Zusammenarbeit mit Freudenberg Vliesstoffe KG werden anhand der Stromlinien und der zugehörigen Faserbewegungen veranschaulicht. Zum einen ist ein Faserband unter der Wirkung einer variablen Luftströmung und zum anderen die Dynamik eines Faserbündels simuliert worden, das mit einer Wand in Wechselwirkung steht. Die Fadenbewegungen folgen grundsätzlich der Strömungsrichtung und unterscheiden sich von diesen vor allem durch die zusätzlich auf die Fäden wirkenden Kräfte.

Durch die zeitliche Verfolgung der Bewegung von Spinnfäden und deren Ablage auf einem Transportband wird schließlich die Vliesbildung simuliert. Die Lage der Fäden und die Reihenfolge der Ablage beschreibt die Struktur des entstehenden Vliesstoffes nahezu vollständig. Durch Analyse dieser Daten hinsichtlich Flächengewichts- und Rich-

tungsverteilung, Strömungswiderstand oder Festigkeit kann die technische Prozessoptimierung und die Neukonstruktion von Produktionsanlagen entscheidend unterstützt und verbessert werden.



Links: Stromlinien bei Auftreffen einer Luftströmung auf eine Wand; rechts: Auftreffen eines Fadenbündels auf eine Wand



Oben: Stromlinien zur Simulation einer variablen Luftströmung; unten: Bewegung eines Faserbandes in variabler Luftströmung



Kontinuumsmechanische Produkt- und Prozessauslegung

Dieser Schwerpunkt umfasst die Projekte der Abteilung, bei denen die technische Auslegung und Optimierung von Produkten und Produktionsprozessen im Vordergrund steht. Im Bereich der Produkte sind Projekte des vergangenen Jahres die konvektive Kühlung von Scheinwerfern, die Simulation von Luftfedern und die Schwingungsoptimierung von komplexen optischen Systemen. Auf Seiten der Prozesse ging es um Kühlungsprobleme bei einer Druckmaschine, um Strömungsoptimierung beim Spinnprozess, um optimale Temperatursteuerung bei der Glasproduktion, um die Auslegung eines Vlieslegungsverfahrens sowie um spanabhende Fertigungsverfahren. Zusammen mit der Abteilung Optimierung und weiteren Partnern in der Fraunhofer-Gesellschaft wird zudem ein Konzept zur Kopplung von logistischen und verfahrenstechnischen Simulationsverfahren entwickelt.

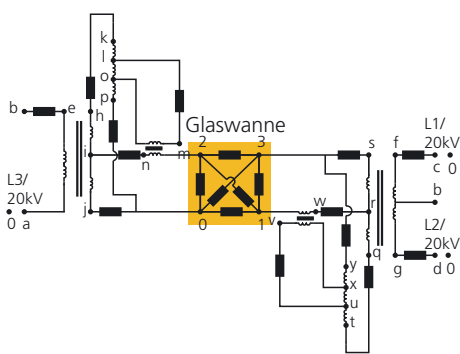
mungsdynamik, Wärmeleitung, Strahlungstransport, Strukturmechanik etc.). Dabei bilden Projekte im Umfeld von Wärme- und Strömungsproblemen einen deutlichen Schwerpunkt. Zur Lösung der industriellen Probleme werden analytische und numerische Methoden angewandt. Auf Seiten der Simulation kommen dabei kommerzielle Softwareprodukte (wie FLUENT®, CFX®, ANSYS®), eigene Software und hybride Softwarelösungen zum Einsatz. Eine besondere Stärke des Fraunhofer ITWM liegt in der Kopplung verschiedenartiger Modelle (Multiphysics), die das Gesamtproblem auf höchst unterschiedlichen Raum- und Zeitskalen bestimmen. Das nachfolgend beschriebene Projekt ist dafür ein sehr gutes Beispiel. Insbesondere solche Modelle verlangen aus Komplexitätsgründen häufig nach geeigneter Modellreduktion. Auf analytischer Ebene spielen hier asymptotische und systemtheoretische Methoden eine wichtige Rolle. Auf numerischer Ebene werden beispielsweise Superelement-Methoden für komplexe FEM-Modelle entwickelt und erfolgreich eingesetzt.

Ansprechpartner:

Dr. Jan Mohring
Dr. Robert Feßler
☎ 06 31/2 05-38 86

Elektrische Beheizung einer Glaswanne

Zur industriellen Herstellung von Glas werden dessen Grundstoffe in eine Schmelze eingebracht, die sich in einer 10 bis 20 Kubikmeter fassenden Wanne befindet und per Starkstrom beheizt wird. Typische Elektrodendurchmesser liegen bei 20 cm. Um den Produktionsprozess systematisch zu optimieren, sucht der Spezialglashersteller Schott nach einer Simulationsumgebung, die alle Aspekte der Beheizung realistisch reproduziert. Die Entwicklung von Temperatur- und elektrischem Feld in der Wanne lässt sich mit kommerzieller Software wie FLUENT® berechnen, sofern die Elektrodenpotenziale bekannt sind. Das angeschlossene elektrische Netzwerk wiederum kann z. B. mit SPICE® behandelt werden, ein Ersatzschaltbild der Glaswanne vorausgesetzt. Dagegen stand für die gekoppelte Simulation dieses hybriden, teils durch gewöhnliche, teils durch partielle Differentialgleichungen beschriebenen Systems bisher kein Konzept zur Verfügung. Dieses wurde nun am ITWM entwickelt und für eine zweidimensionale Modellwanne unter FEMLAB® zu Demonstrationszwecken umgesetzt. Insbesondere lassen sich Netzwerke mit nichtlinearen Bauteilen wie Thyristoren behandeln.



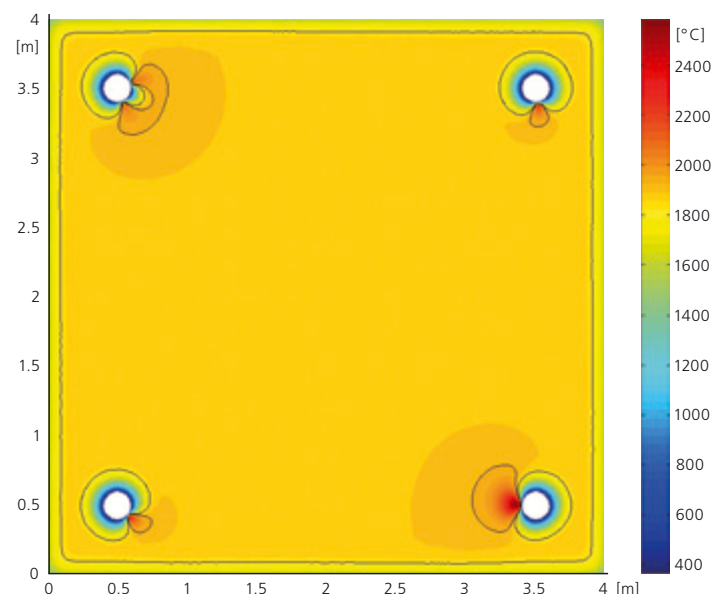
Vereinfachter Schaltplan des angekoppelten elektrischen Netzwerks zur Beheizung einer Glaswanne; die Glaswanne selbst erscheint als Netz Ohmscher Widerstände.

Die Kopplung basiert im Wesentlichen auf zwei Säulen. Zunächst wird ausgenutzt, dass sich Temperatur- und elektrisches Feld auf ganz unterschiedlichen Zeitskalen verändern, ersteres über Minuten und Stunden, letzteres im 50 Hz-Takt. So kann die Heizwanne im Rahmen der Netzwerksimulation über viele Schwingungsperioden hinweg durch einen Satz konstanter Ohmscher Widerstände abgebildet werden. Andererseits hängt die Erzeugung Joulescher Wärme von den Elektrodenpotenzialen nur über deren zeitgemittelte Korrelation ab. Die zweite Säule bilden sogenannte Basispotenziale. Das sind diejenigen dimensionslosen Potenziale, die sich einstellen, wenn in einer Elektrode das Potenzial 1 anliegt und alle übrigen geerdet sind. Wegen der Temperaturabhängigkeit der Leitfähigkeit ändern sich diese Potenziale auf der groben Zeitskala. Mit Hilfe der Basispotenziale

können einerseits die Widerstände des Ersatzschaltbildes berechnet werden, als das die Wanne im elektrischen Netzwerk erscheint. Andererseits lässt sich mit ihrer Hilfe aus den Korrelationen der Elektrodenpotenziale an jedem Ort der Wanne der Eintrag Joulescher Wärme ermitteln.

Neben der prinzipiellen Machbarkeit zeigte die Umsetzung unter FEMLAB® einen realen Effekt, der sich ohne gekoppelte Simulation nicht reproduzieren lässt: die Ausbildung von Stromkanälen. Fließt durch einen Bereich der Elektrodenoberfläche mehr Strom, dann heizt sich das Glas dort auf und wird noch leitfähiger. Schließlich konzentriert sich der Stromfluss nur noch auf diesen Bereich. Es konnte gezeigt werden, dass die Lage der Stromkanäle auf empfindliche Weise von der Vorgesichte der Stromzufuhr abhängt.

Temperaturverteilung in einer zweidimensionalen Modellwanne mit vier Elektroden (nach 7200 s, Konturen bei 1500 °C und 1650 °C): Die Ausbildung der Stromkanäle reagiert sensibel auf die Vorgeschichte der Stromzufuhr. Um numerische Einflüsse zu unterdrücken, muss das Rechengitter um die Elektroden fein und gleichmäßig aufgelöst sein.





Gitterfreie Methoden

Mit der Finite Pointset Method (FPM) entwickelt die Abteilung eine eigene, selbstständige Softwarebasis für Simulationsaufgaben in einem weiten Bereich strömungs- und kontinuumsmechanischer Problemstellungen. FPM ist eine Partikelmethode, also eine gitterfreie Methode, die im Gegensatz zu klassischen numerischen Verfahren wie Finite Elemente oder Finite Volumen kein Gitter und damit keine Vernetzung benötigt. Sie ist damit hervorragend für alle zeitabhängigen Probleme geeignet, bei denen gitterbasierte Verfahren aufgrund notwendigen Remeshings an ihre Grenzen stoßen. Beispiele sind strömungsdynamische Probleme mit freien Oberflächen, Mehrphasenströmungen, Fluid-Struktur-Interaktionen mit starker Veränderung des Rechengebiets oder strukturmechanische Probleme mit substantziellen Strukturänderungen.

Am weitesten fortgeschritten sind die Arbeiten im Bereich der kompressiblen Gasströmungen. Im vergangenen Jahr konnte aber auch für inkompressible

Strömungen mit der Entwicklung und Implementierung eines auf der Chorinschen Projektionsmethode beruhenden Verfahrens ein Durchbruch erzielt werden. Im Bereich der Strukturmechanik wurden ebenfalls erste Fortschritte gemacht. Stets wird dabei die Software entlang industrieller Anwendungsprojekte entwickelt. Im Bereich der kompressiblen Strömungen wird die Zusammenarbeit mit dem französischen Softwareanbieter ESI zur Simulation der Airbag-Entfaltung fortgesetzt (siehe ITWM-Jahresbericht 2001). Im Bereich der inkompressiblen Strömungen ist ein mit der Volkswagen AG durchgeführtes BMBF-Projekt zur Simulation des Betankens bei Kraftfahrzeugen zu nennen. Die Modellierung der dabei entstehenden Schäume und ihrer Dynamik sowie die Einbeziehung dieser Modelle in FPM-Simulationen bilden einen weiteren interessanten Aspekt der Forschungsaktivitäten. Den erfolgreichen Einsatz von FPM für verschiedene Probleme der Glasindustrie zeigt das nachfolgende Projektbeispiel.

Ansprechpartner:

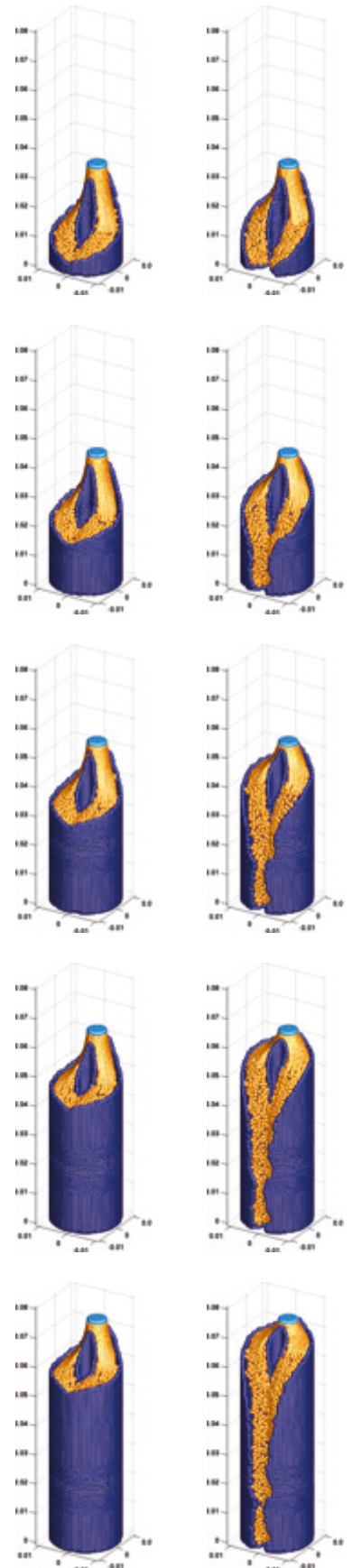
Dr. Jörg Kuhnert
Dr. Sudarshan Tiwari
☎ 06 31/2 05-40 87

FPM zur Simulation von Strömungsproblemen in der Glasproduktion

FPM zeigt eine hervorragende Brauchbarkeit für Anwendungen in der Glasindustrie, da hier häufig Probleme mit freien Oberflächen auftreten, z. B. beim Gießen von Glas in Formen oder beim Transport von flüssigem Glas in offenen Rinnen. Hinzu kommen Problemstellungen mit zeitlich bewegter Geometrie. Ein Beispiel, welches im vergangenen Jahr vorgestellt wurde, ist die Auslegung von Rührern, die flüssiges Glas zu einer möglichst homogenen Masse verarbeiten und etwaige Verunreinigungen verteilen sollen.

Für die Firma Schott Glas simulierte das ITWM das einfache Befüllen eines Hohlzylinders mit einem extrem »kurzen« Glas. Ein solches Glas zeichnet sich dadurch aus, dass mit abnehmender Temperatur des Glases die Viskosität des Materials stark ansteigt und dieser Anstieg exponentiellen Charakter aufweist. Zur Befüllung des Zylinders wird ein Rohr zwischen die äußere und innere Zylinderwand eingebracht und während des Befüllens, entsprechend der steigenden freien Oberfläche, nach oben weggeführt. Eine der interessierenden technischen Fragestellungen ist nun, wie hoch man die Befüllungstemperatur wählen muss, damit der Zylinder einwandfrei befüllt wird und die Schmelze nicht vorher erstarrt. Eine direkt damit in Zusammenhang stehende Frage ist das Einstellen der Temperatur an den Zylinderwänden, da dort die Schmelze am schnellsten abkühlt. Vorzeitiges Erstarren ist also im Allgemeinen auf eine unzureichende Beheizung der Wände zurückzuführen.

Die linke Bildfolge zeigt das Füllen des Hohlzylinders bei akzeptabler Wandtemperatur. Es kommt nicht zu vorzeitigem Erstarrensprozessen, dagegen erkennt man ein fast quasistationäres Ein- und Breitleitgebilde des flüssigen Glases. Die rechte Bildfolge zeigt einen Befüllvorgang mit eindeutig zu tief gewählter Randtemperatur. Die Schmelze stockt, noch ehe sie vollständig im Zylinderring breitgelaufen ist. In diesem Fall müssten die Produktionsparameter – insbesondere die Randtemperatur – verändert werden, um zu einem akzeptablen Ergebnis zu kommen.



Zylinderbefüllung bei 600 °C (linke Spalte) bzw. 500 °C Wandtemperatur (blau: benetzte Zylinderwände, gelb: freie Oberfläche, hellblau: Einströmrand)



Strahlungstransport und Kinetik

Ausgangspunkt der Arbeiten am Fraunhofer ITWM zum Strahlungstransport war die Modellierung und Simulation der Abkühlung von Glas für die Firma Schott Glas, Mainz. Die mit der Modellierung dieser Fragestellung verbundene Kopplung von Wärmeleitung und -strahlung führt auf ein siebendimensionales (Raum, Zeit, Strahlungsrichtung, Frequenz) Integro-Differentialgleichungssystem, für dessen Lösung in der Vergangenheit eine spezielle numerische Methode entwickelt wurde, die eine effiziente Simulation realistischer Probleme gestattet. Diese durch asymptotische Analysis hergeleitete Methode liefert für solche Frequenzbereiche, für die das Glas als optisch dick betrachtet werden kann, eine Begründung, den Strahlungstransport in guter Näherung durch eine geometrieabhängige Korrektur des Wärmeleitkoeffizienten in der Wärmeleitungsgleichung zu berücksichtigen. Aufbauend auf diesen Arbeiten wurden in jüngerer Zeit auch Parameteridentifikationsprobleme (siehe nachfolgender Schwerpunkt) im Umfeld der Strahlungstransportgleichung untersucht.

Im vergangenen Jahr waren die Arbeiten auf die Behandlung von streuenden Medien konzentriert. Dazu wurde einerseits in dem nachfolgend dargestellten Projekt die numerischen Grundlagen zur Behandlung solcher Probleme gelegt. Andererseits wird mit einem momentan laufenden Projekt zur Dosisberechnung bei der Bestrahlungstherapie für Tumorerkrankungen (siehe Seite 76) ein wichtiger Anwendungsfall untersucht. Hier führt die Wechselwirkung von Photonen und Elektronen im biologischen Gewebe auf Modelle, deren Komplexität sich insbesondere in den auftretenden Streukernen widerspiegelt. Für eine effiziente numerische Behandlung wurden diverse Näherungen eingeführt, deren Güte zur Zeit an einfachen Fallbeispielen untersucht wird. Insgesamt sind die Arbeiten zum Strahlungstransport in den allgemeineren Zusammenhang kinetischer Gleichungen, wie sie beispielsweise im obigen Fall bei der Modellierung der Elektronen auftreten, eingebettet.

Ansprechpartner:

Dr. Norbert Siedow
Dr. Hartmut Hensel
☎ 06 31/2 05-41 26

Strahlungstransport in streuenden Medien

Die Herstellung, Bearbeitung und auch die Verwendung von Glas und keramischen Werkstoffen als feuerfeste Materialien wird wesentlich durch Strahlungstransportprozesse beeinflusst. Die Abkühlung von heißen Glasschmelzen erfolgt im Wesentlichen durch Strahlung. In der Medizin werden Photonen- und Elektronenstrahlen seit geraumer Zeit zur Diagnostik und Therapie verwendet. So gehören beispielsweise die Computertomographie in der Krebsdiagnose oder die Dosimetrie in der Krebstherapie zu den anerkannten Behandlungsmethoden. Die optische Tomographie wird weltweit zur Erkennung von Strukturen und Eigenschaften im menschlichen Gewebe erforscht.

Solche und ähnliche Prozesse aus dem Industrie- und Medizinbereich werden mittels der Strahlungstransportgleichung – einer Integro-Differentialgleichung – beschrieben. Im Fall isotroper bzw. linear anisotroper Streuung kann diese Integro-Differentialgleichung in eine Integralgleichung transformiert werden. Neben der Verringerung der Anzahl der Unbekannten hat eine solche Integralgleichungsformulierung enorme Vorteile bei der numerischen Lösung (gesicherte Stabilität, Symmetrie, gut konditionierte Systeme, Verwendung schneller Iterationsverfahren). Auf der anderen Seite führt die Diskretisierung der Integralgleichung auf große, vollbesetzte Gleichungssysteme. Es wurde gezeigt, dass im Fall einer sehr starken Streuung das resultierende Gleichungssystem schlecht

konditioniert ist (kleine Fehler, z. B. Rundungsfehler, können die gesuchte Lösung extrem verfälschen) und geeignete Vorkonditionierer verwendet werden müssen. Auf Grund der Vollbesetztheit ist es für praktische Anwendungen nicht angebracht, die Matrix in der ursprünglichen Form zu speichern. Matrix-Kompressionsmethoden, wie sie bei Randelementmethoden verwendet werden, bieten sich als effiziente Lösungsmethoden an und wurden auf den Strahlungstransport angewendet. Beim Strahlungstransport ist aufgrund der exponentiellen Dämpfung die Effektivität dieses Auflösungsverfahrens sehr stark von der optischen Dicke abhängig. Das auf der Grundlage

der Integralformulierung entwickelte Verfahren wurde mit dem derzeit in der Literatur sehr populären Diskrete Ordinaten (DO)-Verfahren verglichen. Im Fall eines optisch dicken und stark streuenden Mediums ist die Integralgleichungsformulierung nicht zu empfehlen. Dagegen liefert die Integralformulierung kombiniert mit der Matrixkompression sehr gute Ergebnisse im Fall eines optisch dünnen Mediums, bei dem das DO-Verfahren sehr viele diskrete Richtungen benötigt und damit uneffizient wird. Auch im Fall lokaler Wärmequellen ist die Integralgleichungsform dem DO-Verfahren überlegen und sollte bei der Lösung praktischer Probleme als Alternative beachtet werden.



Streuende Medien:
biologisches Gewebe
und Nebel

© SoundGalerie



Parameteridentifikation

Will man aus Temperaturdaten in einem Experiment zur Wärmeleitung auf den Wärmeleitkoeffizienten schließen, so ist dies ein typisches Parameteridentifikationsproblem im Kontext partieller Differentialgleichungen. Im Gegensatz zum direkten Problem – in diesem Fall der Lösung der Wärmeleitungsgleichung – spricht man von einem inversen Problem. Solche Probleme sind in der Regel schlecht gestellt, d. h. sie sind nicht eindeutig lösbar oder sie haben die Eigenschaft, dass kleine Messfehler zu großen Fehlern bei der Rekonstruktion führen. Zur Überwindung der Problematik werden sogenannte Regularisierungsstrategien entwickelt. Diese können in unserem Kontext elegant in die Formulierung des Problems als kontinuierliches Optimierungsproblem mit Differentialgleichungsnebenbedingungen einbezogen werden.

In den vergangenen Jahren wurde in der Abteilung sukzessive Know-how zur Lösung von Parameteridentifikationsproblemen bzw. von inversen Problemen aufgebaut. Die Projekte im Be-

richtszeitraum sind leider aus Geheimhaltungsgründen bzw. wegen geplanter Patentanmeldungen nicht zur Veröffentlichung geeignet. Stattdessen soll das Potenzial, insbesondere für die Entwicklung neuer indirekter Messmethoden, an einem Beispiel, das in Eigenforschung und einer Diplomarbeit verfolgt wurde, erläutert werden: Bei einem Wärmeleitungsproblem mit bekanntem Materialgesetz seien Randtemperaturen und Energieflüsse über den Rand im interessierenden Zeitintervall bekannt. Bereits eine dieser Informationen würde ja zusammen mit einer Anfangsbedingung die Temperatur im Inneren zu allen Zeiten festlegen. Die Mehrinformation am Rand kann nun mit den oben angedeuteten Strategien genutzt werden, die unbekannte Anfangstemperatur und damit den gesamten Temperaturverlauf zu rekonstruieren. Durch zeitaufgelöste Beobachtung der Ränder können so die Temperaturen beispielsweise im Inneren eines auskühlenden Metallblocks indirekt gemessen werden.

Ansprechpartner:

Dr. Norbert Siedow
☎ 06 31/2 05-41 26

Kontakt

Dr. Raimund Wegener
Abteilungsleiter

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



V.l.n.r.: Dipl.-Math. Nicole Marheineke, Dipl.-Math. Markus von Nida, M.Sc. Eka Budiarto, Dipl.-Ing. Serguei Antonov, Dr. Sudarshan Tiwari, Dr. Raimund Wegener, Dr. Hartmut Hensel, Dr. Dietmar Hietel, Dr. Norbert Siedow, Dipl.-Math. Christian Schick, Dr. Marco Günter, Dr. Robert Feßler, Dipl.-Math. Carla Conte, Dipl.-Math. Serban Rares Pop, M.Sc. Satyananda Panda
Nicht im Bild: Dr. Jörg Kuhnert, Dr. Jan Mohring



Strömungen und komplexe Strukturen

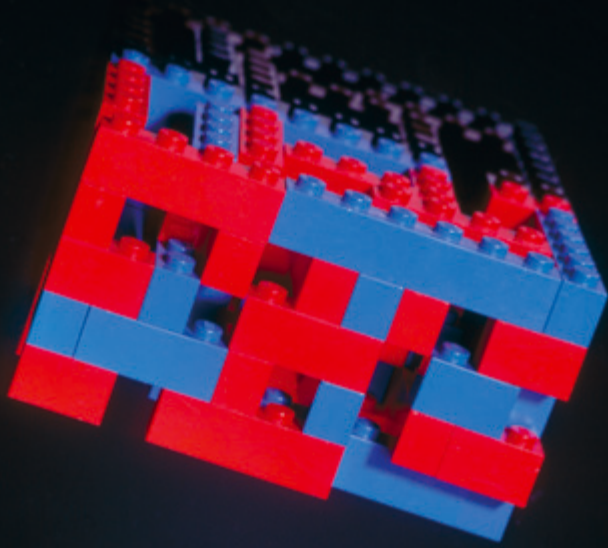
Die Abteilung STRÖMUNGEN UND KOMPLEXE STRUKTUREN entwickelt mathematische Modelle und adäquate numerische Methoden zur Simulation und Optimierung vorwiegend strömungsdynamischer Prozesse in komplexen Anwendungen mit den Schwerpunkten

- Simulation poröser Materialien
- Mikrostruktursimulation und virtuelles Materialdesign
- Algorithmen für komplexe Geometrien und Grenzflächen
- Hochwasser- und Risikomanagement
- Füll- und Gießprozesse
- Strukturoptimierung und Bauteildesign

Das Leistungsspektrum reicht von der Beratung über Studien und Auslegungsberechnungen bis hin zur Auslieferung von Softwarelösungen. Das Kundenspektrum umfasst u. a. Hersteller und Anwender von technischen Textilien, Filtern, Verbundwerkstoffen, Baumaterialien und Gussteilen. Im Fokus unserer Untersuchungen steht dabei die Auswirkung der Herstellungsprozesse auf Materialeigenschaften und Einsatzverhalten.

Für die Abteilung war das Jahr 2002 von recht vielen Veränderungen geprägt. Neben dem Umzug in den Standort PRE-Park waren im ersten Halbjahr kurzfristige Auftragseinbrüche zu verkraften sowie drei langjährige Mitarbeiterinnen zu ersetzen. Trotzdem konnte das Jahr 2002 durch großes Engagement aller Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter wirtschaftlich erfolgreich bei stetigem Wachstum abgeschlossen werden. Im Laufe des Jahres führte der Ausbau der Gruppe »High Performance Computing« zur Gründung eines eigenständigen Competence Centers (siehe Seite 91).

Der Abteilungsname hat sich leicht gewandelt, da die konsequente Weiterentwicklung spezifischer Kompetenzen zur Behandlung komplexer dreidimensionaler Geometrien (wie Lattice-Boltzmann-Methoden, Level-Set-Verfahren, Immersed-Interface-Techniken, Fictitious-Domain-Ansätze, adaptive Multigridtechniken) teilweise über die strömungsdynamischen Prozesse hinaus eingesetzt werden. Beispielsweise finden Level-Set-Techniken ihre Anwendung sowohl zur Shape-Optimierung von Gussteilen wie auch zur Behandlung von Grenzflächen bei Mehrphasenströmungen.



Simulation poröser Materialien

Die Welt ist porös! – Na ja, vielleicht nicht ganz. Dennoch kommen poröse Materialien in fast allen Lebensbereichen vor. Viele Hygieneprodukte, Textilien, Luft-, Ruß- und Ölfilter im Auto, Isoliermaterialien, Sande oder Schwämme können als poröse Medien aufgefasst werden. Auch in vielen industriellen Produktionsprozessen spielen sie eine entscheidende Rolle. Gemeinsam ist diesen Stoffen die poröse Mikrostruktur, deren Auslegung die makroskopischen Eigenschaften wie Wärme- und Feuchteleitfähigkeit, Filtereffizienz oder akustische Absorptionsrate bestimmt. Neben diesen strömungsdynamischen Aspekten ist oft das mechanische Verhalten wie Biege- und Reißfestigkeit von Interesse.

Das Anliegen eines Herstellers von porösen Medien ist die Verbesserung seiner Produkte. Hier ist das Fraunhofer ITWM ein kompetenter Partner im Bereich Modellierung und Simulation. Mit Hilfe bildgebender Verfahren (siehe Mikrostruktursimulation, Seite 32)

wird ein Abbild des porösen Stoffs im Computer erstellt. Es ist dann möglich, die relevanten Modellgleichungen auf der Mikroskala durch numerische Simulation zu lösen. Aus der Lösung können durch Upscaling-Verfahren, d. h. Homogenisierung oder Volumenmitteilung, makroskopische Materialparameter berechnet werden. Manchmal sind diese Parameter schon direkt Materialkenngrößen des Herstellers und beinhalten die interessierende Qualitätsinformation. Sehr häufig sind aber zusätzliche makroskopische Simulationen nötig, um z. B. Druckabfälle in Filtern zu bestimmen. Ist der Simulationsschritt vollzogen, steht einer Optimierung des porösen Materials nichts mehr im Wege. In einem durch die DFG geförderten Projekt werden aktuell Modelle und Simulationsverfahren entwickelt, die nicht-newtonsche Fluide im Kontext der Polymer-Infiltration in Glasfasergelegen berechenbar machen. Des Weiteren laufen Projekte und Doktorarbeiten in den Bereichen Filterauslegung und Papierherstellung.

Ansprechpartner:

Dipl.-Math. Stefan Rief
PD Dr. Oleg Iliev
☎ 06 31/3 03-18 13

Virtuelles Design von Entwässerungsfilzen für den Einsatz in Papiermaschinen

Prozessverständnis und Produktoptimierung – zwei Begriffe, mit denen sich jeder Hersteller permanent auseinandersetzen muss. So auch die Heimbach GmbH & Co., ein Produzent von Papiermaschinenbespannungen und Filtern aus Düren. Die Idee war hier, die Mechanismen der Papierentwässerung in der Pressenpartie einer Papiermaschine besser zu verstehen und auf Grundlage von Simulationsergebnissen eine Optimierung der eigenen Entwässerungsfilze zu erreichen. Zudem sollte ein Simulationstool geschaffen werden, welches von den Entwicklungsingenieuren im Unternehmen eingesetzt werden kann und kostenintensive Experimente mit neuen Filzentwicklungen zumindest teilweise überflüssig macht.

Die Pressenpartie einer Papiermaschine besteht aus mehreren Pressspalten. Im einfachsten Fall eines Walzenpressspalts läuft das Papier-Filz-Sandwich zwischen zwei Rollen hindurch, wird zusammengepresst und die Papierbahn verliert an Flüssigkeit. Die Entwässerungsleistung ist dabei im Allgemeinen von sehr vielen Parametern abhängig. Angefangen bei den Pressenprofilen bis hin zur elas-

tischen und strömungsdynamischen Abstimmung der Filzschichten untereinander muss alles berücksichtigt werden. Ziel ist eine möglichst hohe Entwässerungsleistung, um die Kosten der thermischen Entwässerung in der Trockenpartie der Papiermaschine niedrig zu halten.

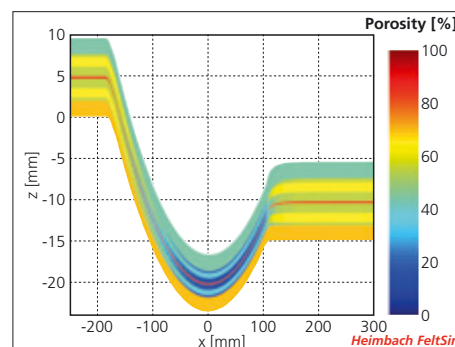
Am Fraunhofer ITWM wurde ein Modell entwickelt, welches die relevanten elastischen und strömungsdynamischen Prozessgrößen umfasst und miteinander in Beziehung setzt. Es ist damit z. B. möglich, die Strömungen im Filz und in der Papierbahn in Maschinenrichtung und in dazu senkrechter Richtung zu berechnen und Prozesse wie Entwässerung oder Rückbefeuchtung des Papiers lokal sichtbar zu machen.

Ein Aspekt, der zum ersten Mal bei der Modellvalidierung genau betrachtet werden muss, ist die zuverlässige Bestimmung der Modellparameter. Einige Parameter sind durch Maschinenspezifikation des Herstellers sofort zugänglich, andere müssen durch Experimente bestimmt werden. Eine einzigartige Option bietet die Mikrostruktursimulation

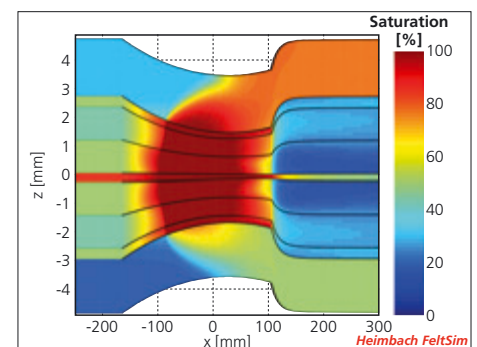


(siehe nächste Seite). Mit ihr können Permeabilitäten (Fluidleitfähigkeiten) schichtweise durch numerische Simulation gefunden werden – eine Möglichkeit, die experimentell sehr schwer zu realisieren ist.

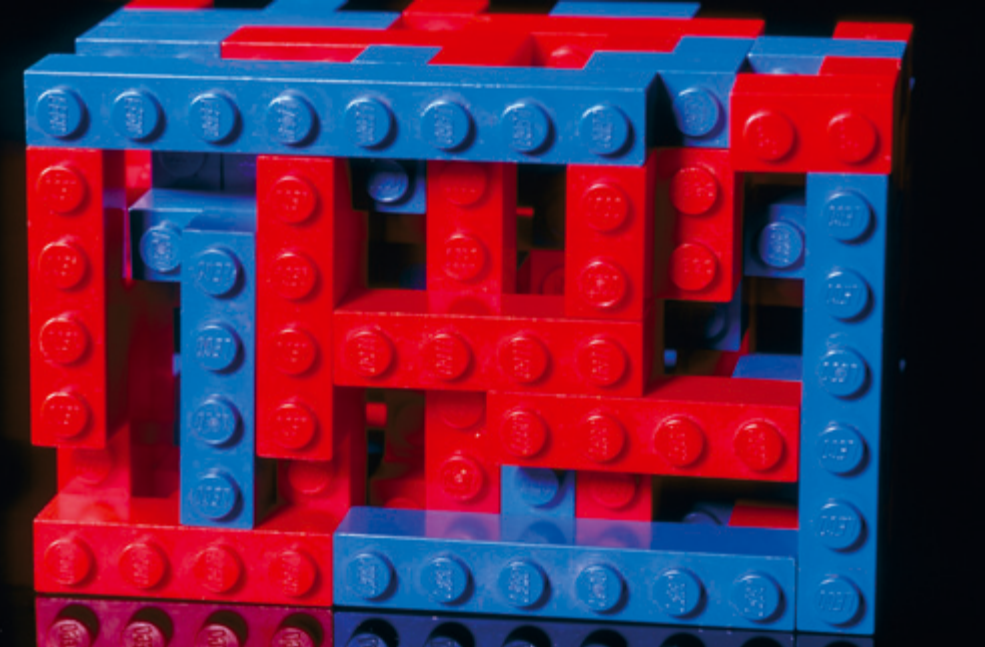
Nach erfolgreicher Modellvalidierung durch Vergleich von Simulation und experimentell gewonnenen Daten aus Versuchen an der Experimentalpapiermaschine des STFI in Schweden ist das Simulationstool FeltSim in der Version 1.0 seit kurzem im erfolgreichen Einsatz beim Kunden.



Simulation mit Ober- und Unterfilz in einer Schuhpresse – zu sehen ist die Porositätsverteilung



Dieselbe Simulation – zu sehen ist die Sättigung (zur besseren Visualisierung ist die Geometrie transformiert)



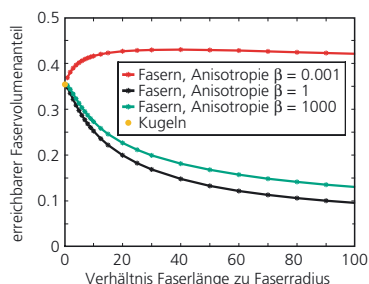
Mikrostruktursimulation und virtuelles Materialdesign

Die Modellierung von dreidimensionalen Materialgeometrien und deren Diskretisierung ist ein zentraler Baustein der Mikrostruktursimulation. In den diskretisierten Geometrien werden die Gleichungen der Strömungsmechanik, Strukturmechanik, Wärmeleitung beziehungsweise Akustik gelöst, um aus den Lösungen die makroskopischen funktionalen Eigenschaften des Werkstoffs zu bestimmen, wie den effektiven Wärmeleitkoeffizienten, den Strömungswiderstand, die effektive Festigkeit oder die akustische Absorption.

Dazu werden Modelle mit wenigen stochastischen Parametern in zufällig bestimmte dreidimensionale Bilder umgesetzt. Für Fasergeometrien sind solche Parameter beispielsweise der Faservolumenanteil sowie die Faserradien-, Fasertlängen- und Faserrichtungsverteilungen. Durch zufällige Auswahl der Positionen, Radien, Richtungen und Längen nach der vorgegebenen Verteilung entsteht dabei in jedem Lauf des Programms ein anderes Bild, was aber die vorgegebenen statistischen Eigenschaften hat. Durch geeignete Wahl

der Parameter lassen sich echte, durch den Herstellungsprozess mikroskopisch zufällige Materialien im Rechner nachbilden. Die Abbildung auf der nächsten Seite zeigt die Benutzeroberfläche des am Fraunhofer ITWM entwickelten Strukturgenerators GEODICT und den Schnitt durch eine Mikrostruktur, die zu 80 Prozent mit Kugeln mit vier verschiedenen Durchmessern ausgefüllt ist.

Andererseits können durch Statistiken über solche Realisierungen die Möglichkeiten der Materialgeometrien ausgelotet werden. Hier seien z. B. die Abhängigkeit der Packungsdichte von der Faserorientierung und dem Faserachsenverhältnis, d. h. dem Verhältnis von Länge zu Radius, genannt. Die Packungsstudie (links) zeigt drei Kurven, die für fast parallele, im Raum und innerhalb einer Ebene beliebig orientierte Fasern stehen. Entlang der Kurven variiert das Achsenverhältnis von 1 (degenerierter Fall der Kugel, orange eingetragen) bis 100. Die höchste Packungsdichte bei zufälliger Platzierung lässt sich für parallele Fasern erzielen, die niedrigste für beliebig im Raum orientierte Fasern.



Ansprechpartner:

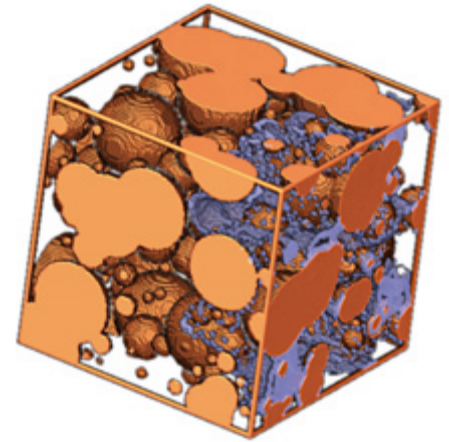
Andreas Wiegmann, PhD
 PD Dr. Arnulf Latz
 ☎ 06 31/3 03-18 24

Die Akustik von Deckenplatten

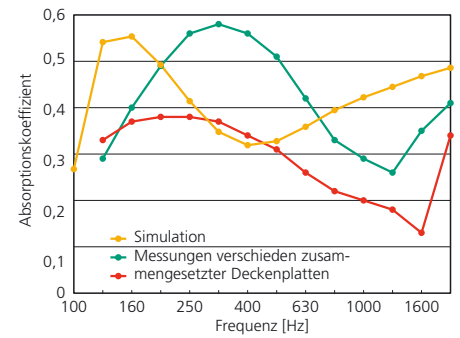
Aus vier Korngrößenverteilungen von Blähglas, Kunstharz und einem Flamm- schutzmittel stellt die Firma Verotec akustisch wirksame Deckenplatten her. Dabei ist die genaue Korngrößenverteilung innerhalb der vier Fraktionen unbekannt und es stellt sich die Frage nach der akustischen Absorption der Platten in Abhängigkeit von diesen Verteilungen.

Diese Fragen werden in drei Stufen beantwortet. Als erstes simuliert man mit GEODICT einige zufällige Realisierungen von Kugelgeometrien mit zweckmäßigen statistischen Eigenschaften. Diese sind Modellannahmen und werden durch spezielle Bildaufnahmetechniken (Abbildung unten links) verifiziert. Auf der nächsten Stufe werden die Strömungsverhältnisse in diesen Geometrien mit dem ITWM-eigenen Strömungslöser ParPac ermittelt, was in der Abbildung rechts oben dargestellt

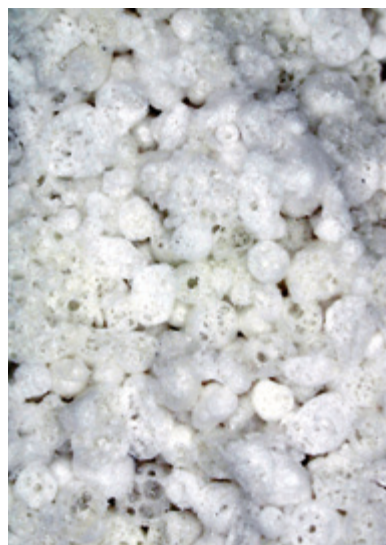
ist. Durch Mittelung erhält man den Strömungswiderstand, aus dem sich zusammen mit der Plattendicke die akustische Absorption der Platte voraussagen lässt. Die mittlere rechte Abbildung zeigt Messungen an Deckenplatten und Simulationsergebnisse nach der Biot-Theorie, in die neben dem Strömungswiderstand noch weitere, leider schwer messbare Parameter einfließen.



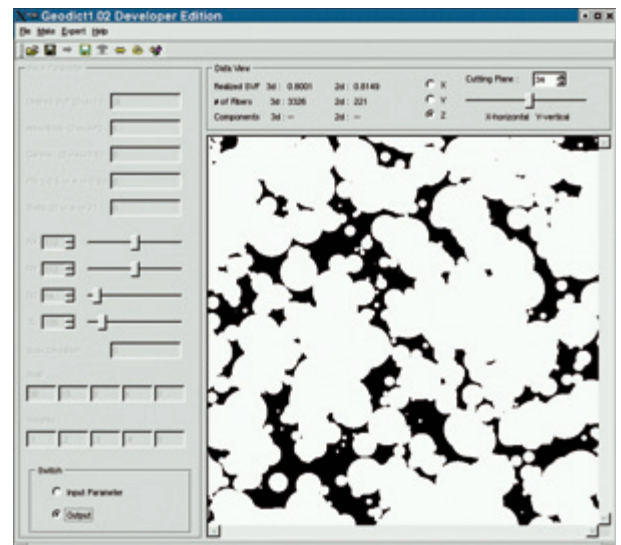
Simulation der Strömung einer Flüssigkeit durch einen zu 40 % mit Kugeln gefüllten Würfel



Messung und Simulation der Absorption von Deckenplatten



Detailaufnahme der Deckenplatte (Bereich: 10 x 14 mm)



Schliffbild unter GEODICT: Kugelgeometrie mit Radien 30 (10%), 15 (20%), 8 (30%) und 4 (40%)



Algorithmen für komplexe Geometrien und Grenzflächen

In vielen Bereichen der rechnergestützten Simulation technischer Vorgänge, z. B. in der Strukturoptimierung und der Strömungssimulation, kann der Nutzer auf weit verbreitete und gut erforschte Methoden zurückgreifen, die sich für viele Anwendungen bewährt haben. Treten jedoch bei einer Anwendung Mehrfeldprobleme auf, erreicht die zugrunde liegende Geometrie eine gewisse Komplexität oder treffen Komponenten aus unterschiedlichen Materialien aufeinander, liefern die Standard-Algorithmen oft ineffiziente Lösungen bis hin zu nicht verwertbaren Ergebnissen.

Wir entwickeln einerseits spezielle Verfahren zur genauen und effizienten Behandlung von Mehrfeldproblemen mit Grenzflächen und Materialunstetigkeiten auf Basis von Finite Volumen- / -Differenzen sowie -Elemente-Methoden für spezifische Anwendungsfelder. So werden z. B. adaptive lokale Gitterverfeinerungen, Fictitious-Regions-Ansätze, Level-Set- und Multigrid-Techniken weiterentwickelt und eingesetzt, um genaue, effiziente und anwendungsspezifische Algorithmen zu erhalten.

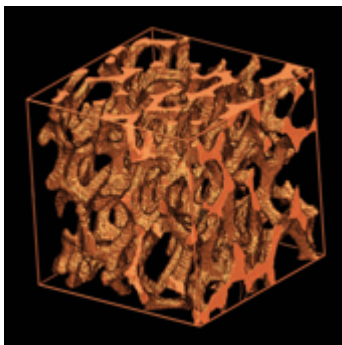
Andererseits wird ParPac, ein paralleler Strömungslöser für komplexe dreidimensionale Anwendungen, der auf der verallgemeinerten Lattice-Boltzmann-Methode basiert, ständig ergänzt und aktualisiert. Im verallgemeinerten Lattice-Boltzmann-Verfahren werden mathematische Modelle der Strömungsdynamik durch Simulation einer vereinfachten Teilchendynamik beschrieben. Derzeit stehen Module zur Füllsimulation, zur Mikrostruktursimulation, zur Simulation von nicht-newtonschen Fluiden sowie zur Berechnung von Mehrphasenströmungen zur Verfügung. Im Rahmen eines aktuellen DFG-Projekts wurde die genaue Behandlung beliebiger Ränder ermöglicht, so dass nun bewegte Geometrien und beliebige Randflächen exakt aufgelöst werden können. Mit Förderung des BMBF wird in einem laufenden Projekt die Möglichkeit der adaptiven Verfeinerung des Berechnungsgitters im Kontext der verallgemeinerten Lattice-Boltzmann-Methode untersucht.

Ansprechpartner:

Dr. Dirk Kehrwald
Andreas Wiegmann, PhD
☎ 06 31/3 03-18 16

Dreidimensionale Oberflächenbewegung mittels Level-Set-Methode

Durch immer leistungsfähigere Rechner ist es möglich, immer komplexere dreidimensionale Strukturen im Rechner abzubilden und vor allem auch zu modifizieren. Beispiele für solche Strukturen können komplexe Mikrostrukturen (siehe nachfolgende Abbildung), aber auch detailliert gegebene Bauteile (siehe Abbildung Mitte) sein.



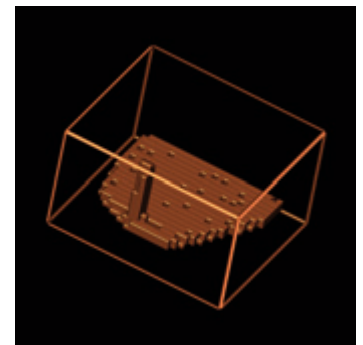
Tomographische Aufnahme eines Nickelschaums, Volumendaten, dargestellt mit PV-4D (siehe S. 94)

Im ersten Schritt wird die sogenannte Initialisierung durchgeführt, in der für eine gegebene Oberflächendarstellung eine vorzeichenbehaftete Abstandsfunktion auf einem regulären Gitter bzw. im Durchschnitt eines regulären Gitters mit einer Umgebung der Oberfläche bestimmt wird. Über dieses Vorzeichen lässt sich beispielsweise eine Approximierung



Filtergehäuse der Firma IBS-Filtran: CAD-Daten als Triangulierung im STL-vrml-view

ler Differentialgleichungen und vorgegebener Geschwindigkeiten entlang der Oberfläche) bewegt und verändert wird. Die Besonderheit der Level-Set-Methode ist dabei die Einfachheit, mit der topologische Veränderungen der Oberfläche – etwa »von der Brezel zur Banane« – beschreibbar sind. (siehe Abbildungen unten).



Gitterdarstellung der inneren Punkte des Filters, dargestellt mit PV-4D

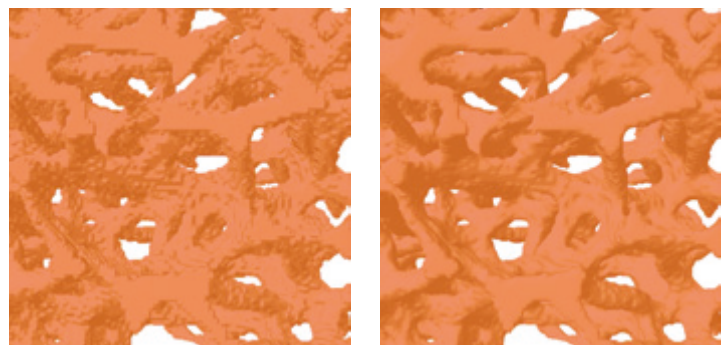
Generell unterscheidet man dabei zwischen Volumendaten, die auf einem meist regelmäßigen kartesischen Gitter im Raum Werte anheften (siehe obige Abbildung), und Oberflächendaten, die oft als Triangulierung gegeben sind (siehe Abbildung in der mittleren Spalte). Die Teilschritte der Level-Set-Methode erlauben neben der Bewegung von Oberflächen auch die bequeme Umwandlung von Oberflächendaten in Volumendaten und umgekehrt.

mation des durch die Oberfläche definierten »Inneren« berechnen und als Volumendatensatz abspeichern (siehe Abbildung in der rechten Spalte).

Der nächste Schritt ist die sogenannte Propagation, in der die Oberfläche implizit durch gezielte Manipulation der eben generierten Level-Set-Funktion (mittels hyperbolischer partiel-

Im dritten Schritt werden dann die neue Null-Kontur der Level-Set-Funktion bzw. bestimmte Eigenschaften dieser Kontur wie Normalen und Krümmungen gefunden und die Null-Kontur wieder als triangulierte Oberfläche ausgegeben.

Triangulierung der Oberfläche eines Nickelschaumes: Anfangszustand und Glättung





Hochwasser- und Risikomanagement

Bei starken Regenfällen kommt es in Siedlungsgebieten zu Überschwemmungen. Die Folge sind hohe Schäden an Gebäuden und städtischer Infrastruktur. Aus dieser Situation ergibt sich eine Reihe von Arbeiten, die Gegenstand von Untersuchungen im Schwerpunkt Hochwasser- und Risikomanagement sind:

- Berechnung von Fließwegen an der Oberfläche in urbanen und naturräumlichen Einzugsgebieten auf der Grundlage eines digitalen Geländemodells (DGM) unter Einsatz von Geographischen Informationssystemen (GIS)
- Erstellung von physikalisch basierten Simulationsmodellen (z. B. mit Flachwassergleichungen) für das Oberflächenwasser
- Kopplung des Fließgeschehens im Kanalnetz und an der Oberfläche
- Visualisierung von Simulationsergebnissen und Parameterfeldern im GIS und z. B. mit MATLAB®

Diese Arbeiten werden bei der Projektbearbeitung in folgenden Bereichen eingesetzt:

- Modellierung und Berechnung von Hochwasserereignissen im (rand-)städtischen Raum einschließlich Abschätzung der Überflutungssicherheit mit Modellregen (sog. Eulerregen)
- rechnerischer Nachweis gesetzlicher Regeln (Europäische Wasserrahmenrichtlinie, EN 752: »Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden«)
- Ermittlung von Schadensquantität und -qualität, z. B. in Abhängigkeit vom Wasserstand
- Planungsszenarien für den Anschluss von Neubaugebieten an die Entwässerung und für die Erneuerung ganzer Teilsysteme
- versicherungswirtschaftliche Fragen
- Katastrophenmanagement

Ansprechpartner:

Dr. Norman Ettrich
 Dr. Klaus-Peter Nieschulz
 ☎ 06 31/3 03-18 18

Projektstudie Erlenbach

Das mit der Stadt Kaiserslautern durchgeführte Projekt zum Hochwasser im Stadtteil Erlenbach im Mai 2000 zeigt ein typisches Einsatzgebiet für die im Schwerpunkt Hochwasser- und Risikomanagement erstellte Software.

Ein starker Regen der Größenordnung 70 mm Niederschlag pro Stunde, gefallen auf das ca. ein Quadratkilometer große Einzugsgebiet von Iller- und Ellerbach, führte zu massiver Überflutung des Stadtteils Erlenbach. Ziel des Projektes ist es, die Fließvorgänge zu dem damaligen Ereignis zu erfassen und anhand von Simulationen des Abflussverhaltens nach Modellregenfällen vorgegebener Wiederkehrzeiten die Hochwassergefahr für diesen Stadtteil abzuschätzen. Darauf aufbauend sollen in einer zweiten Projektphase bauliche Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit für eine Verringerung der Überschwemmungshäufigkeit, ebenfalls simulationsgestützt, untersucht werden.

Im Rahmen der Simulationen werden vereinfachte Flachwassergleichungen zur Berechnung orts- und zeitabhängiger Wasserstände auf der Oberfläche gelöst. Die Modellrepräsentation schließt die Topographie und Kenngrößen der Oberfläche wie Durchlässigkeiten und Rauigkeiten ein. Alle notwendigen Daten werden dazu über das GIS extrahiert und auf einem Dreiecks-

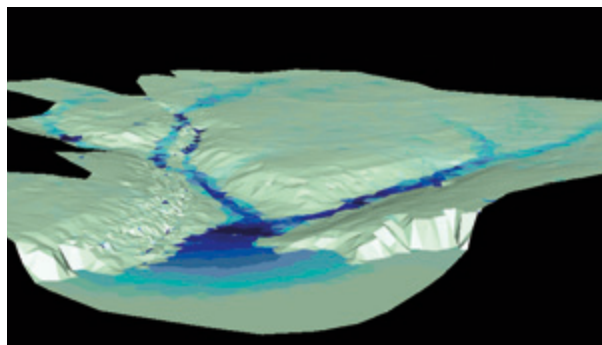
gitter mit adaptiver Zellengröße abgelegt. Großflächige Modellbereiche mit nur schwach (glatt) variierender Parameterverteilung wie im Bereich des naturräumlichen Einzugsgebietes sind dabei mit scharf zu erfassenden Modell-details wie Straßen und Bachverläufen sowie auch der die Siedlung von ihrem Einzugsgebiet trennenden Böschung zu kombinieren. Das Siedlungsareal befindet sich im hinteren Bereich (siehe Abbildung links) und kann nur dann von Wasser aus dem Einzugsgebiet überflutet werden, wenn die Kanaleinlässe an der Böschungssohle verschlossen oder aber in ihrer Kapazität erschöpft sind und das Becken vor der Böschung die zuströmenden Wassermassen nicht vollständig fassen kann.

Die Simulation der Abflussvorgänge des Starkregens vom Mai 2000 (siehe Abbildung rechts) zeigt, dass trotz offener Kanaleinlässe der angesprochene Überflutungsfall eintritt. Es lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass bei Regenereignissen der damals beobachteten Intensität durch die ungünstigen Abflussverhältnisse ein hohes Gefährdungspotenzial für die Siedlung vorliegt. Regenereignisse mit 50-jähriger Wiederkehrperiode würden zu Überflutungen führen. Verschiedene Entlastungsmaßnahmen können nun nach Implementierung in das Computermodell dimensioniert und getestet werden.

Überflutungen in Städten

Von einem interdisziplinären internationalen Konsortium aus Informatikern, Siedlungswasserwirtschaftlern, kommunalen Entscheidungsträgern, Versicherern und Mathematikern in Norwegen, Italien und Deutschland unter Leitung des ITWM wird ein GIS-gestütztes Simulations- und Planungswerkzeug im EUREKA-Projekt E!2255 RisUrSim entwickelt. Es koppelt das Fließen an der Oberfläche mit dem Geschehen im Kanalnetz. Testgebiete sind unterschiedliche urbane Gebiete in den beteiligten Ländern. Eine nachgeschaltete Datenbearbeitung, die sich mit der Schadenssituation im Überflutungsfall beschäftigt, ist Teil der Entwicklung.

In einer Dissertation wird die Modellierung von Wasserströmungen über Kanälen und aus Kanalschächten durch modifizierte Flachwassergleichungen erarbeitet.



Berechnete Wasserstände im Einzugsgebiet und in der Siedlung als Folge des realen Starkregenereignisses. Die die Siedlung schützende Böschung ist überflutet.



Füll- und Gießprozesse

Unsere Aktivitäten im Bereich Füll- und Gießprozesse bewegen sich sowohl im Umfeld der Simulation von Prozessen beim Eisenguss und Kunststoffspritzguss mit dem kommerziellen Softwarepaket MAGMASOFT der Aachener MAGMA GmbH als auch im Bereich der Simulation spezieller Strömungsprozesse mit Hilfe des am ITWM entwickelten Softwarepakets ParPac.

Gießereien berät das ITWM als erfahrener MAGMASOFT-Anwender sowohl durch Schulung von Mitarbeitern als auch durch Beratung in speziellen Fragen, die sich beim Einsatz der Simulationssoftware zur Lösung komplexer gießtechnischer Problemstellungen ergeben. Schwerpunkt der schon traditionellen Zusammenarbeit mit der Firma HegerGuss (seit dem Jahr 1996) ist die Nutzbarmachung der enormen Rechenleistung des institutseigenen HPC-Clusters mit der dort installierten parallelierten Version von MAGMASOFT. Neu

hinzugekommen ist in diesem Bereich ein Beratungsprojekt mit der Mainzer Gießerei Römheld & Moelle, bei dem betriebsspezifische Fragestellungen in der Nutzung des Eisenguss-Moduls von MAGMASOFT untersucht werden.

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des ITWM gemeinsam mit der MAGMA GmbH im Bereich Kunststoffspritzguss sind im Umfeld der Faserorientierungsberechnung für kurzfaserverstärkte Thermoplaste angesiedelt. Schwerpunkte waren hierbei zum einen theoretische Untersuchungen zur numerischen Lösung der Orientierungsgleichungen (robuste Integrationsverfahren, Abschlussapproximationen) und zur Berechnung der räumlichen Variation der Faserkonzentration bei der Formfüllung; andererseits standen numerische Methoden zur Strömungsberechnung in schwach kompressiblen, nicht-newtonischen Fluiden im Vordergrund.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Joachim Linn
PD Dr. Oleg Iliev
☎ 06 31/3 03-18 23

Der Glaserfaserungsprozess in der Produktion von Wärmedämmstoffen

Wie in einem früheren Mikrostruktursimulationsprojekt mit der Firma Pfeleiderer Dämmstofftechnik (siehe ITWM-Jahresbericht 2001) nachgewiesen wurde, hängt die Effizienz von Wärmedämmmaterialien aus Glasfasern entscheidend davon ab, wie dünn die Glasfasern sind und wie präzise die Verteilung der Faserradien eingestellt werden kann.

In einem Folgeprojekt sollte deshalb der Prozess der Glasfaserproduktion mathematisch-physikalisch abgebildet werden, um die Grundlage für eine systematische rechnerunterstützte Feinsteuerung des Produktionsprozesses zu entwickeln. Dabei bestand ein wesentlicher Teil des Projektes darin, wissenschaftlich fundiert nachzuweisen, welches die für die Glasfaserqualität entscheidenden Stellparameter in dem komplizierten multiphysikalischen Produktionsprozess sind. In der Produktion fließt ca. 1000 °C heißes Glas aus einer Düse und fällt auf eine sich mit hoher Geschwindigkeit drehende Schleuderscheibe. Die Glasmasse wird durch die Zen-

trifugalkraft gegen eine Lochscheibe gedrückt, in der dann die Primärfäden entstehen. Für jede Prozessstufe wurden leicht in die Produktion umsetzbare Formeln hergeleitet, indem die allgemeinen strömungsdynamischen und thermischen Gleichungen spezifisch für die physikalische Situation vereinfacht wurden. Die Gültigkeit der grundlegenden Näherungen wurde in einer aufwändigen Simulation mit Hilfe der speziell auf rotierende Medien mit freier Oberfläche angepassten ParPac-Software getestet. Die vereinfachten Formeln erlauben es, den mittleren Temperaturverlauf des Glases vom Austritt der Düse bis zum Auftreffen auf die Lochscheibe in Abhängigkeit vom Massenstrom und der Schleuderscheibengeometrie ohne großen Aufwand zu berechnen. Auch die Dicke des sich ausbildenden Glasfilms in der rotierenden Scheibe kann sehr einfach abhängig von der Schleuderscheibengeometrie und der Temperatur des Glases bestimmt werden. Als besonders sensitiv für die Glasfaserproduktion stellte sich die Strömung vor der Lochscheibe

heraus. Die schnelle Rotation der Schleuderscheibe übt eine Kraft auf das Glas aus, die der 800-fachen Erdbeschleunigung entspricht.

Die hergeleitete Theorie erlaubt es der Firma Pfeleiderer in Zukunft, das Profil der durch diese Kraft verursachten Glasschicht, die Strömung in der Glasschicht und den für die Glasfaserproduktion besonders wichtigen höhenabhängigen Massenfluss durch die Löcher der Lochscheibe zu kontrollieren und damit noch bessere Wärmedämmstoffmatten zu produzieren.



Produktionsanlage für Wärmedämmstoffe

©Pfeleiderer

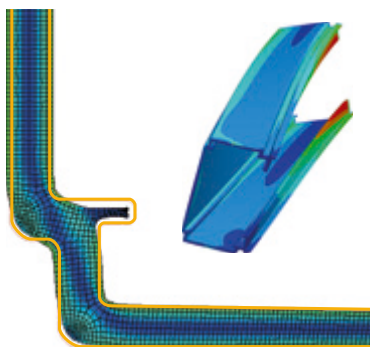


Strukturoptimierung und Bauteildesign

In der Designphase des Produktentwicklungsprozesses werden oft folgende Zielstellungen simultan verfolgt: Das Material soll optimal ausgenutzt werden und gleichzeitig soll der Materialeinsatz minimal sein. Ein minimaler Materialeinsatz bedeutet geringeres Gewicht, häufig einen geringeren Energieverbrauch und geringere Kosten für das Produkt. Unter den äußeren Belastungen soll die Materialbeanspruchung im Bauteil einen kritischen Wert nicht überschreiten, der die Funktionalität einschränken oder sogar zum Versagen des Bauteils führen würde. Schließlich muss bei der Konstruktion der Herstellungsprozess des Bauteils beachtet werden. Eine kompliziertere Form ist oft mit einem höheren Produktionsaufwand verbunden, der nicht notwendigerweise die Gewichtseinsparung kompensiert. Das ITWM entwickelt Strukturoptimierungswerkzeuge zur automatischen Berechnung einer hinsichtlich dieser Zielstellungen optimalen Gestalt des Bauteils. Diese Werkzeuge unterstützen den Konstrukteur beim Neudesign sowie bei der Verbesserung von Produkten.

Dachhimmel im Fahrzeuginnenraum, hinsichtlich ihrer akustischen Wirksamkeit optimiert. Im Rahmen einer integrierten Produktpolitik werden beim Design der Formpressteile alle Abschnitte des Produktlebensweges (Fasern – Vlies – Formpressteil – Montage – Nutzung – Demontage – Recycling) in den Optimierungsprozess einbezogen.

Für die Firma TEHALIT GmbH wurden mehrere Profile von Leitungsführungen verbessert. Die Steifigkeit der Profile wurde erhöht, ohne die Fläche des Profils und damit den Materialeinsatz zu erhöhen. Die Abbildung links zeigt einen Vergleich zwischen Ausgangs (orange Berandung) und optimierter (farbig) Geometrie eines Teilquerschnitts. Die berechneten optimierten Profile haben sowohl eine höhere Torsionssteifigkeit als auch ein größeres Widerstandsmoment beim Zusammendrücken der oberen und unteren Seitenfläche. Die optimierten Leitungsführungen weisen subjektiv eine größere Stabilität auf, was ein wichtiges Verkaufsargument ist. Transport und Wandmontage werden einfacher. Die Verformung der Leitungsführung durch die Last der Kabel ist geringer als bei dem nicht optimierten Profil.



Ansprechpartner:

PD Dr. Heiko Andrä
 ☎ 06 31/3 03-18 22

In einem gemeinsamen Projekt mit den Firmen Audi AG, Faurecia und Sandler AG werden Formpressteile, z. B. für

Kontakt

Dr. Konrad Steiner
Abteilungsleiter

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



V. l. n. r.: Dr. Konrad Steiner, M. Sc. Vsevelod Laptev, Dipl.-Math. Stefan Rief, Dr. Dirk Kehrwald, M. Sc. Vita Rutka, Dr. Klaus-Peter Nieschulz, Dr. Norman Ettrich, Andreas Wiegmann, PhD, M. Sc. Ashok Kumar Vaikuntam, PD Dr. Arnulf Latz, Dr.-Ing. Joachim Linn
Nicht im Bild: PD Dr. Heiko Andrä, PD Dr. Oleg Iliev, Dipl.-Ing. Iuliana Matei, Dipl.-Math. Inga Shklyar



Modelle und Algorithmen in der Bildverarbeitung

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

- Oberflächeninspektion
- 3D-Bildverarbeitung und -analyse
- Signalanalyse im Eisenbahnbereich
- Analyse von Bild- und Videosequenzen
- Kryptologie

Das erfolgreiche Jahr 2002 war geprägt durch Ausgewogenheit in allen Bereichen. Unser Hauptaugenmerk liegt in der Entwicklung komplexer Algorithmen zur Bild- und Signalverarbeitung und deren Umsetzung in effiziente Software innerhalb kompletter Systeme.

Vielfältige Erfahrungen liegen im Bereich der Oberflächeninspektion vor – insbesondere bei der Entwicklung von Algorithmen und Systemen zur Überwachung und Beurteilung texturierter Oberflächen (z. B. Papier, Textilien, Vlies, Holz). Hier ist es im Jahr 2002 gelungen, mehrere neue Kunden zu gewinnen, für die spezielle maßgeschneiderte Inspektionssysteme für den industriellen Einsatz entwickelt wurden. Leider können in diesem Jahresbericht – auch aus Gründen der Geheimhaltung – nur einige Aspekte dieser erfreulichen Entwicklung aufgezeigt werden.

Das Gebiet der räumlichen Bildanalyse gewinnt zunehmend an Bedeutung, da sich die technischen Möglichkeiten zur dreidimensionalen hochauflösenden Abbildung von verschiedenartigen Materialien sehr schnell entwickeln. Die Arbeiten am Fraunhofer ITWM konzentrieren sich hierbei auf die Bestimmung geometrischer Charakteristika der Mikrostrukturen von Werkstoffen unter Verwendung von Methoden der stochastischen Geometrie. Darauf aufbauend werden räumliche Modelle dieser Werkstoffe entwickelt, die die geometrischen Strukturverhältnisse gut widerspiegeln und so Berechnungen und Simulationen vereinfachen bzw. erst ermöglichen. Diese neuen Möglichkeiten der Materialanalyse werden auch von der Industrie stärker wahrgenommen, was sich in einer gestiegenen Zahl von Kundenanfragen dokumentiert. Weiterhin ist es gelungen, gemeinsam mit der Firma aquinto die kommerzielle Software a4i 3d zur Analyse dreidimensionaler Bilder zu entwickeln und auf den Markt zu bringen.

Im Schwerpunkt Analyse von Bild- und Videosequenzen wurde gemeinsam mit Partnern mit der Entwicklung eines komplexen Systems zur Suche in Datenbanken oder Videosequenzen auf Basis von Bildähnlichkeiten bzw. Bildmerkmalen begonnen, das voraussichtlich im Jahr 2004 verfügbar sein wird.



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 immer noch sehr oft von speziell geschultem Prüfpersonal wahrgenommen. Diese Vorgehensweise erlaubt meist nur die Untersuchung von

Stichproben und geschieht oft nach nicht objektiven 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. In der **MASC-Reihe (Modular Algorithms for Surface Control)** wurde eine Vielfalt von einsatzbereiten Tools und Systemkomponenten entwickelt. Die Komponenten sind in einer modularen Struktur angeordnet und bieten eine geeignete Basis für schnelle und flexible Lösungen für fast jede individuelle Aufgabenstellung.

Im Folgenden werden anhand von zwei aktuellen Projekten einige der eingesetzten mathematischen Verfahren und die darauf basierenden Lösungen näher vorgestellt.

Ansprechpartner:

Dipl.-Inform. Markus Rauhut
Dipl.-Math. Mark Maasland MTD
☎ 06 31/3 03-18 72

Oberflächeninspektion von Dichtungen

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

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

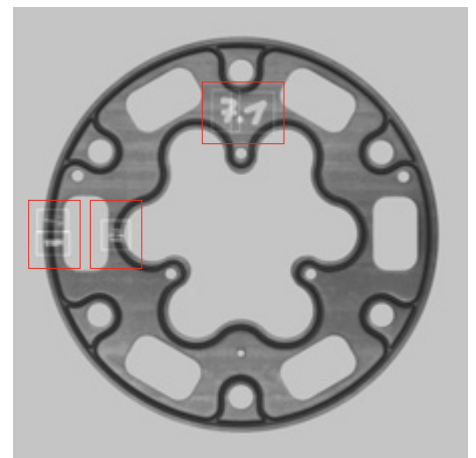
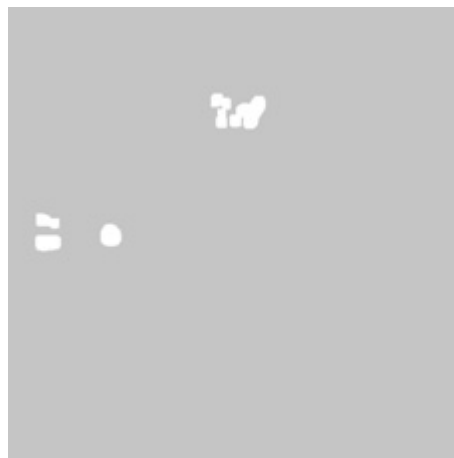
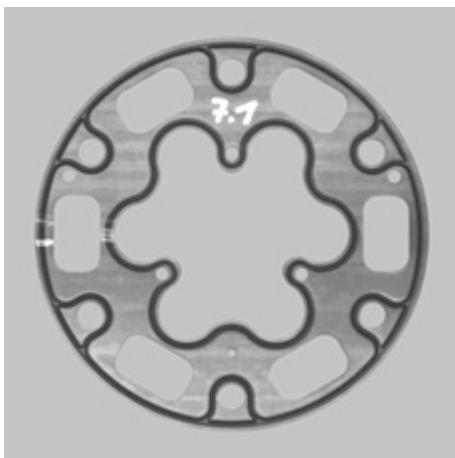
Die Aufgabe des Fraunhofer ITWM besteht in der Entwicklung eines Inspektionssystems, das in den Produktionsprozess eingebunden ist und damit den Zeitaufwand erheblich verkürzt. Durch die automatische Fehlererkennung wird eine Objektivität erreicht, die bei manuellen Kontrollen kaum möglich ist;

außerdem gelingt die schnelle Detektion von Serienfehlern, die bei der Produktion ansonsten zu Ausschussteilen in großen Stückzahlen führen können.

Das Verfahren geht in mehreren Schritten vor, wobei jeweils Ober- und Unterseite der Dichtung betrachtet werden. Aufgrund der zum Teil komplexen Dichtungsformen, die auch Löcher und Wulste aufweisen, arbeitet das Verfahren mit Musterteilen derselben Form, die als Referenz für ein Gutteil dienen. Nach der Aufnahme des Prüfteils muss der relevante Ausschnitt im Bild gefunden werden. Anschließend wird, um einen Vergleich mit den Referenzteilen möglich zu machen, die Aufnahme der zu prüfenden Dichtung sowohl bzgl. Verschiebung als auch Drehung an die Referenzaufnahmen angeglichen. Auf diese Art und Weise sollen Ränder und Strukturen weitestgehend als solche erkannt und bei der Fehlerbehandlung nicht weiter berücksichtigt werden. Für (vor allem in der Größe) verschiedenartige Fehlertypen sind nun unterschiedliche Verfahren nötig, um diese bestmöglich hervorzuheben und Vergleiche mit dem Referenzteil ausführen zu kön-

nen. Ist der Vergleich abgeschlossen, findet eine Markierung der relevanten Positionen statt, auch eine graphische Darstellung ist hier möglich. Die geprüften Dichtungen werden nach Gut- bzw. Schlechtheilen sortiert, gefundene Fehler werden in Fehlerklassen eingeordnet und es wird eine Statistik über die Art und Häufigkeit der aufgetretenen Fehlertypen erstellt.

Werden entsprechende Referenzteile zur Verfügung gestellt, so ist auch das schnelle, automatische Erlernen von neuen Dichtungstypen, deren Oberfläche ähnlich ist, vorgesehen.



Oberflächeninspektion einer Dichtung (von links nach rechts): Originalaufnahme, Fehlerbereiche, markierte Fehler

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. 30 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.

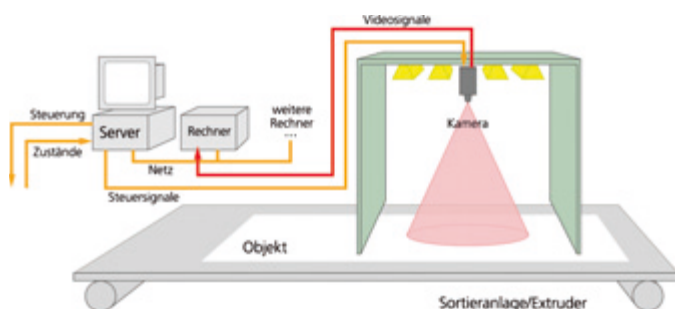
Aufbau des Gesamtsystems

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.

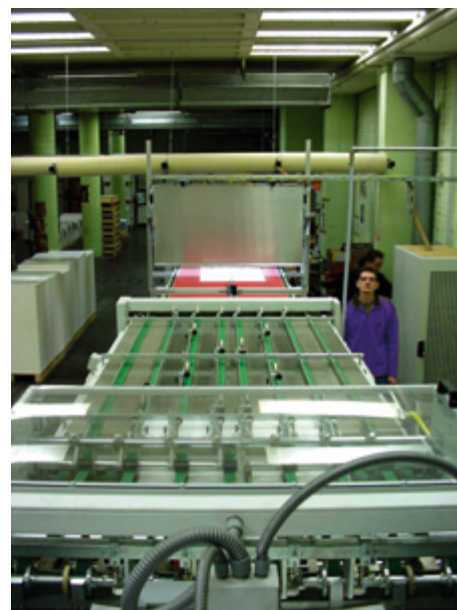
Jede dieser Kameras ist an jeweils einen Rechnerknoten des SPOT-Systems angeschlossen. Auf diesen Knoten werden dann die Bildverarbeitungsalgorithmen ausgeführt. Jeder Knoten besteht aus einem Doppelprozessor-System, auf dem mehrere Bildalgorithmen parallel laufen. Erst diese Parallelisierung ermöglicht 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 SPOT-System wird in regelmäßigen Abständen an technische Neuerungen, wie z. B. hochauflösende Kameras, und an kundenspezifische Anforderungen angepasst.



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 Engelmann zu sehen.





3D-Bildverarbeitung und -analyse

Bei der Untersuchung von Materialien werden weltweit in zunehmendem Maße dreidimensionale Bilder von Mikrostrukturen aufgenommen, z. B. mit Mikro-Computertomographie (μ CT) oder konfokaler Laserscanning-Mikroskopie (CLSM). Die Vorteile gegenüber anderen bildgebenden Verfahren liegen klar auf der Hand:

Mikrostrukturen sind in der Regel dreidimensional; aus 2D-Aufnahmen, die mit konventionellen mikroskopischen Methoden von ebenen Anschliffen bzw. Dünnschliffen entstehen, kann nicht oder nur mit erheblichem Aufwand die 3D-Mikrostruktur rekonstruiert werden.

Probleme der Probenpräparation werden auf einfache Weise gelöst. Die Präparation ebener Anschliffe bzw. von Dünnschliffen ist sehr aufwändig und für sehr weiche, brüchige oder hochporöse Materialien überhaupt nicht möglich. Für die Mikrotomographie entfällt diese Präparation.

Die in 3D-Bildern enthaltene Information ist in der Regel viel größer als die in 2D-Bildern. Häufig ist ein 3D-Bild zur Charakterisierung einer Mikrostruktur ausreichend.

Wenn der Schwächungs- μ CT Kontrast zwischen den Bestandteilen der Mikrostruktur hinreichend groß ist, dann sind die mit μ CT gewonnenen 3D-Bilder auch kontrastreich und für eine anschließende Bildverarbeitung und Bildanalyse bestens geeignet. Es gibt auch seit einiger Zeit sehr gut entwickelte Verfahren zur Visualisierung der entsprechenden 3D-Datensätze, die oft auch Komponenten der Bildverarbeitung mit einschließen. Die Techniken für die Analyse von 3D-Bildern komplexer Mikrostrukturen waren bisher aber nicht ausreichend entwickelt.

Im Rahmen von öffentlich geförderten und Industrieprojekten sind am Fraunhofer ITWM die mathematischen Grundlagen für die 3D-Bildverarbeitung und -analyse geschaffen und entsprechende Algorithmen implementiert worden. Inzwischen ist ein gemeinsam mit der aquinto AG entwickeltes System zur 3D-Bildverarbeitung und -analyse kommerziell verfügbar. Die hohe Modularität der Systemkomponenten gestattet die Lösung verschiedenster Probleme aus Industrie und Forschung.

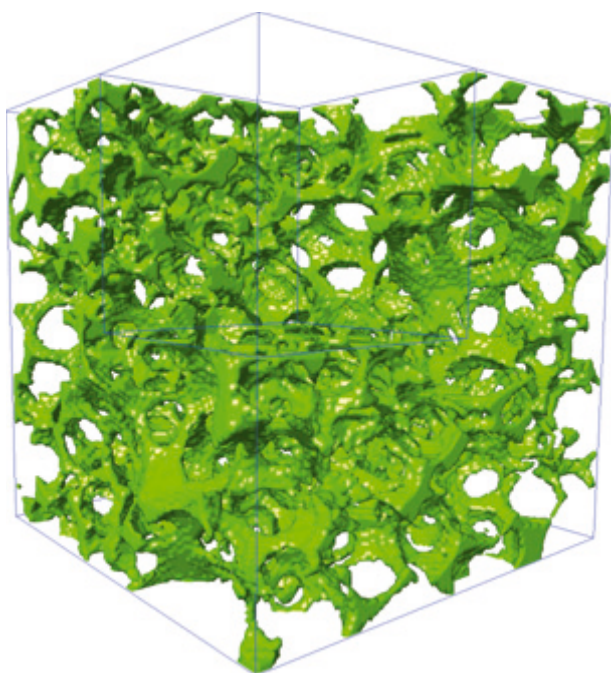
Ansprechpartner:

PD Dr.-Ing. Joachim Ohser
☎ 06 31/3 03-18 69

Nachbarschaft von Pixeln

Eine grundlegende Eigenschaft von digitalen Bildern ist die Nachbarschaft der Pixel. Fast alle Algorithmen der Bildverarbeitung und -analyse sind abhängig von der Wahl der Nachbarschaft. Das trifft insbesondere für die Skeletisierung, die Wasserscheidentransformation, das Labeling, die Messung von Objektmerkmalen (object features) und von Merkmalen von Bildsegmenten (field features) zu. Auch Algorithmen für die Visualisierung (z. B. ein Surface-Rendering) werden von der verwendeten Nachbarschaft beeinflusst. Die in einer Software genutzten Algorithmen müssen auf der gleichen Nachbarschaft basieren. Da außerdem die Ergebnisse einer Analyse von der Nachbarschaft der Pixel abhängig sind (siehe Abbildung unten), ist eine flexible, von der Aufgabenstellung abhängige Wahl der Nachbarschaft der Pixel wünschenswert.

Es wurde eine systematische Untersuchung der Nachbarschaft der Pixel in 3D-Bildern durchgeführt. Neben den bereits aus der Literatur bekannten Nachbarschaften (der 6-er und 26-er) wurden weitere Nachbarschaften (zwei 14-er und eine 16-er) eingeführt, die selbstkomplementär sind, d. h., wenn man für die Vordergrundpixel eines Bildes eine der beiden 14-er oder die 16-er Nachbarschaft wählt, dann ist der Bildhintergrund bezüglich der gleichen Nachbarschaft verbunden. Eine solche Komplementarität der Nachbarschaft der Pixel führt zu einer Vereinfachung der Algorithmen und einer Verbesserung der Ergebnisse der 3D-Bildanalyse.



Die Mikrostruktur eines Porenbetons (autoclaved aerated concrete, AAC): Die Abbildung zeigt eine Visualisierung auf der Grundlage eines Surface-Rendering. Die Aufnahme wurde mittels Röntgen-Computertomographie (μ CT) gemacht. Ein wichtiges Merkmal des Porenraums ist die Konnektivität, die sowohl die Wärmeleitfähigkeit als auch die mechanischen Eigenschaften des AAC bestimmt.

Spektralanalyse

Am Fraunhofer ITWM wurde die Spektralanalyse zufälliger Mengen auf ein solides mathematisches Fundament gestellt. Zunächst wurde die Existenz einer Kenngröße zufälliger Mengen im inversen Raum gezeigt, das sogenannte Bartlett-Spektrum, welche mit einer Größe zweiter Ordnung im Ortsraum, der Kovarianz, verknüpft ist. Darauf aufbauend wurde eine effektive Methode zur bildanalytischen Bestimmung der Kovarianz mittels der schnellen Fouriertransformation entwickelt.

Die Ergebnisse der theoretischen Arbeiten sind im Wesentlichen unabhängig von der Dimension des Raums, in dem die zufälligen Mengen definiert sind. Die bildanalytischen Methoden wurden für in der Praxis relevante Fälle implementiert. Die Spektralanalyse bietet eine Reihe von Vorteilen gegenüber anderen bildanalytischen Verfahren:

- Sie ist eine schnelle Messmethode (bei Verwendung der schnellen Fouriertransformation).
- Die Messung ist robust, d. h., die Lagen der Interferenzen im gemessenen Bartlett-Spektrum sind weitgehend unempfindlich bezüglich Variationen der Bildaufnahmebedingungen.
- Die Messwerte sind für Anwender leicht interpretierbar (wegen der Ähnlichkeit zwischen Messmethode und Beugungsexperimenten).

Segmentierung

In einigen Fällen, wenn die Qualität der 3D-Bilder ausreichend ist, erlauben elementare bildanalytische Methoden eine zufriedenstellende Segmentierung. Dazu zählen:

- Binarisierung eines Grautonbildes durch die Vorgabe einer oder mehrerer Binarisierungsschwellen
- Labeling, d. h. die Detektierung topologisch zusammenhängender Objekte
- Wasserscheidentransformation, wobei wiederum die Wasserscheiden bezüglich einer Vorgabe für die Nachbarschaft der Pixel zusammenhängend sind.

Das Ergebnis einer Binarisierung ist ein Binärbild. Der Bildvordergrund kann dabei z. B. als ein Ausschnitt aus einer (detektierten) Mikrostrukturkomponente interpretiert werden. An einem solchen Binärbild können direkt die Bildfeldmerkmale (field features) gemessen werden.

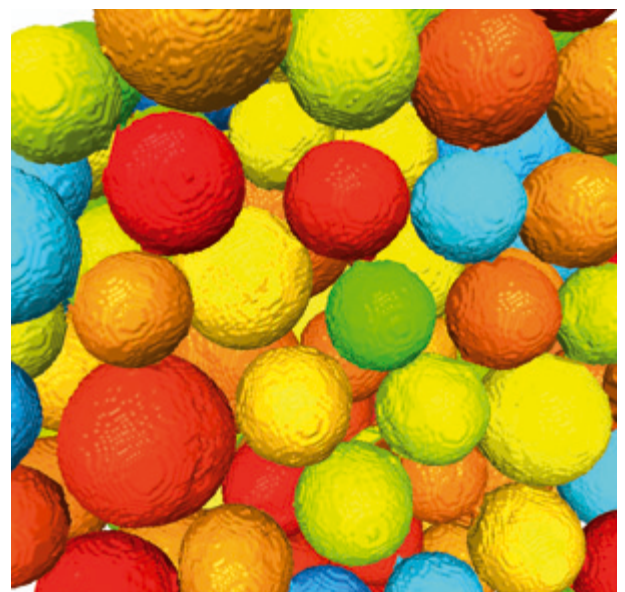
Auf das erhaltene Binärbild kann aber auch ein Labeling angewendet werden, um Objekte zu detektieren.

Die Wasserscheidentransformation kann dagegen auch direkt auf Grautonbilder angewendet werden. Das ermöglicht die Vermeidung der unter Umständen sehr instabilen bzw. nicht sinnvollen Binarisierung.

Als Ergebnis eines Labelings bzw. der Wasserscheidentransformation erhält man ein Label-Bild, das in der Regel die Grundlage für die Bestimmung von Objektmerkmalen ist. Es kann aber auch als Basis spezieller Filterungen verwendet werden, z. B. zur Eliminierung kleiner Objekte (Bildrauschen).

In den meisten Fällen führen diese einfachen Strategien zur Segmentierung jedoch nicht zum Ziel. Für eine zuverlässige Segmentierung in kontrastarmen Bildern bzw. von topologisch komplizierten geometrischen Strukturen müssen integrierte Methoden angewandt werden. Daher wurden auch Kombi-

nationen von Bildvorverarbeitung (Pre-processing) und der Wasserscheidentransformation erprobt, die sich bei den meisten Bildern als erfolgreich erwiesen haben. Für die Vorverarbeitung werden neben einfachen Glättungsfilttern auch morphologische Transformationen und Distanztransformationen (Euklidische und Chamfer-Distanztransformation) verwendet.



Segmentierung der Teilchen in einem Kupfersintermaterial mit Hilfe der Wasserscheidentransformation



Überwachungssysteme im Eisenbahnbereich

Seit mehreren Jahren arbeitet unser Institut mit GE Transportation Systems in Bad Dürkheim zusammen an der Fahrwerk-Überwachungsschwelle (FÜS), zu der das ITWM fast die gesamte Software erstellt und pflegt. Hierbei sind insbesondere Probleme der Signalanalyse und des Systemmanagements zu lösen.

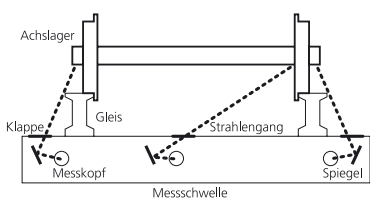
Die Überwachung heißgelaufener Achslager und feststehender Bremsen an Personen- und Güterzügen erfordert ein berührungsfreies Messverfahren. In der gewählten Lösung werden die Temperaturen durch Aufnahme des Infrarotprofils der vorbeifahrenden Fahrgestelle ermittelt und an einen PC übertragen. Da die Anlagen unbeaufsichtigt betrieben werden, ist auch ein geeignetes Selbstdiagnoseverfahren für die Hard- und Software sowie eine Ausnahme- und Fehlerbehandlung zu integrieren. Die Ergebnisse der Auswertung und der Selbstdiagnose werden an eine Zentrale gemeldet, die z. B. einen Stopp des Zuges am nächsten Bahnhof veranlasst.

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

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

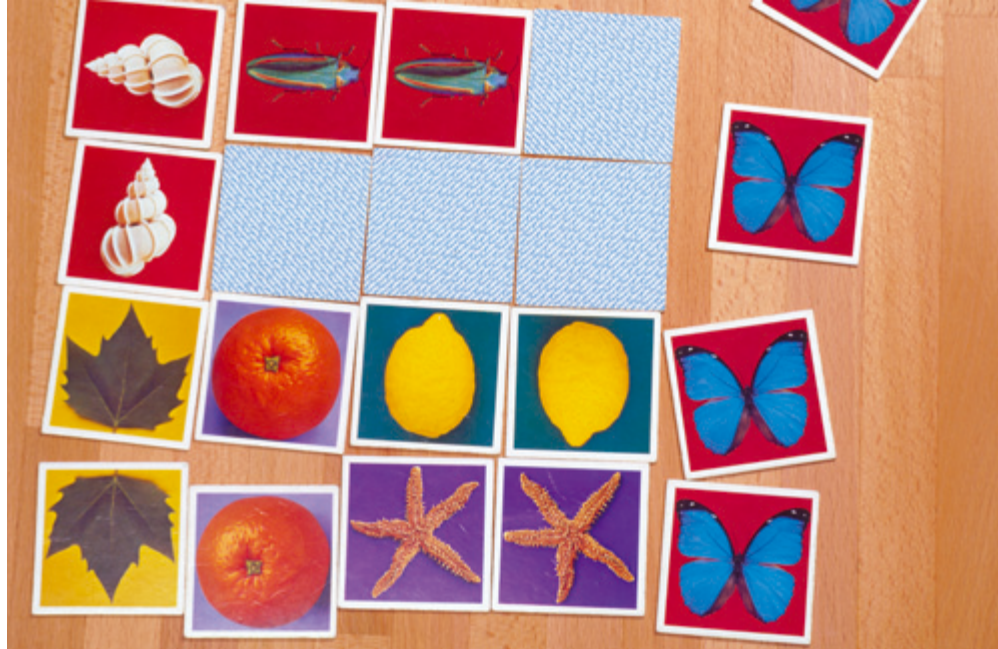
Neue Projekte wie z. B. das Konzept des Archivservers erhöhen die Wirtschaftlichkeit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Anlagen. Hier werden Messdaten und Protokolle von mehreren Anlagen zentral gespeichert. Die aus diesen Daten gewonnenen Erkenntnisse sowie der jahrelange praktische Einsatz bilden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

Es werden über 400 Anlagen in mehreren europäischen Ländern eingesetzt.



Ansprechpartner:

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



Analyse von Bild- und Videosequenzen

I-Search: Entwicklung einer inhaltsbasierten Bildsuchmaschine auf verteilten Systemen

Das Ziel dieses vom BMBF geförderten Projektes besteht in der Entwicklung von Algorithmen und einer parallelen Softwarearchitektur, die es ermöglichen, eine leistungsfähige inhaltsbasierte Video- und Bildsuchmaschine aufzubauen.

Dabei sind folgende Anwendungsszenarien wichtig, für die I-Search die Technologieentwicklung vorantreiben soll: In Bezug zur aktuellen Sicherheitsthematik steht die Aufgabe, auf einem mit intelligenten Webkameras bestückten Flughafen nach einem verlorenen Gepäckstück zu suchen oder eine sich auffällig verhaltende Person zu detektieren und zu identifizieren. Zur Lösung werden robuste und ereignisgesteuerte Videoanalyse- und Gesichtserkennungsverfahren auf verteilten Systemen gefordert, die in der Lage sind, dem Sicherheitspersonal Online-Ergebnisse zur Verfügung zu stellen.

Ähnliche Anforderungen an die Verfahren ergeben sich aus den Broadcast- und Internetbereichen. Hier stehen das schnelle Auffinden von Szenen in Medienarchiven (Tabu-Clips, Auswahl von Drehorten) oder die inhaltsbasierte Suche nach Bildern im Internet im Vordergrund.

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



Ansprechpartner:

Dr. Martin Böhm
☎ 06 31/3 03-18 76



Kryptologie

Um im 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 Beitrag beim Erreichen des Ziels der sicheren Kommunikation.

Das heute bekannteste asymmetrische Kryptosystem ist RSA. Seine Sicherheit beruht auf der Tatsache, dass das Faktorisieren einer »großen« ganzen Zahl, die ein Produkt zweier Primzahlen ist, allgemein als schwierig angesehen wird. Der aktuelle Faktorisierungsrekord liegt bei 158 Dezimalstellen für die zusammengesetzte Zahl. Selbst 512 Bit große RSA-Schlüssel garantieren keine Sicherheit mehr. Daher ist es wichtig, Alternativen zur Verfügung zu haben; meist konnten diese jedoch bzgl. Laufzeit und Sicherheit pro Schlüssellänge einem Vergleich mit RSA nicht standhalten.

Elliptische Kurven erwiesen sich allerdings 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 Parameterschwierig ist, garantieren sie bereits für kurze Schlüssel hohe Sicherheit und werden deshalb insbesondere bei Smart-Cards und in anderen Umgebungen eingesetzt, in denen nur wenig Speicherplatz zur Verfügung steht.

Hyperelliptische Kurven sind Verallgemeinerungen von elliptischen Kurven. Die Jacobigruppen hyperelliptischer Kurven können zur Konstruktion sicherer und effizienter Kryptosysteme benutzt werden, die vergleichbar mit RSA sind. Ihr Vorteil gegenüber elliptischen Kurven-Kryptosystemen ist die größere Auswahl geeigneter Parameter und die daraus resultierende höhere Sicherheit.

In einem Projekt mit der BGS Systemplanung AG haben wir Algorithmen zur Bestimmung von Unterkörpern und zum expliziten Rechnen im Endomorphismenring hyperelliptischer Funktionenkörper entwickelt. Diese ermöglichen einen Test auf eventuelle Schwachpunkte der gewählten Parameter und geben Hinweise auf die Struktur der Jacobigruppe.

Ansprechpartner:

Dipl.-Math. Norbert Göb
Dipl.-Math. Georg Kux
☎ 06 31/3 03-18 61

Kontakt

Dr. Ronald Rösch
Abteilungsleiter

☎ 06 31/3 03-18 67
roesch@itwm.fraunhofer.de



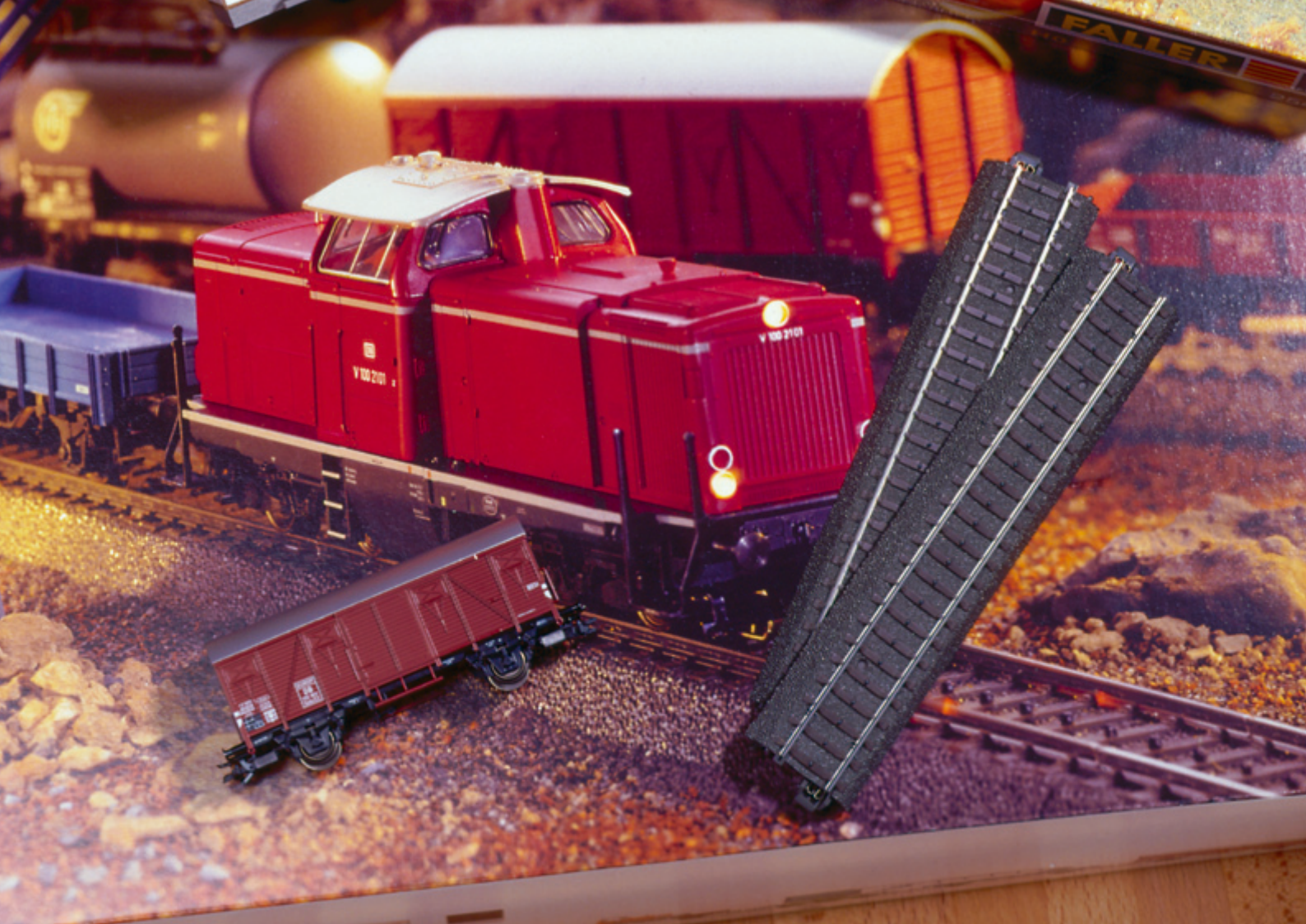
V. l. n. r.: Dipl.-Inform. Markus Rauhut, Dipl.-Phys. Martin Braun, Dipl.-Math. Kai Krüger, Kai Taeubner, Dipl.-Math. Mark Maasland MTD, Dr. Ronald Rösch, Dipl.-Math. Kristina Kohrt, Dipl.-Math. Georg Kux, M. Sc. Siana Halim, PD Dr. Joachim Ohser

Nicht im Bild: Dr. Martin Böhm, Dipl.-Inform. (FH) Michael Godehardt, Dipl.-Math. Norbert Göb, Dipl.-Phys. Andreas Jablonski, Dr. Katja Schladitz

märk

H0 254

FALLER



Adaptive Systeme

Die Schwerpunkte der Abteilung ADAPTIVE SYSTEME sind die Bereiche

- CAD für Anlogschaltungen
- Monitoring und Regelung
- Diagnoseunterstützung in den Life Sciences
- Prognose von Material- und Produkteigenschaften
- Multiskalen-Strukturmechanik

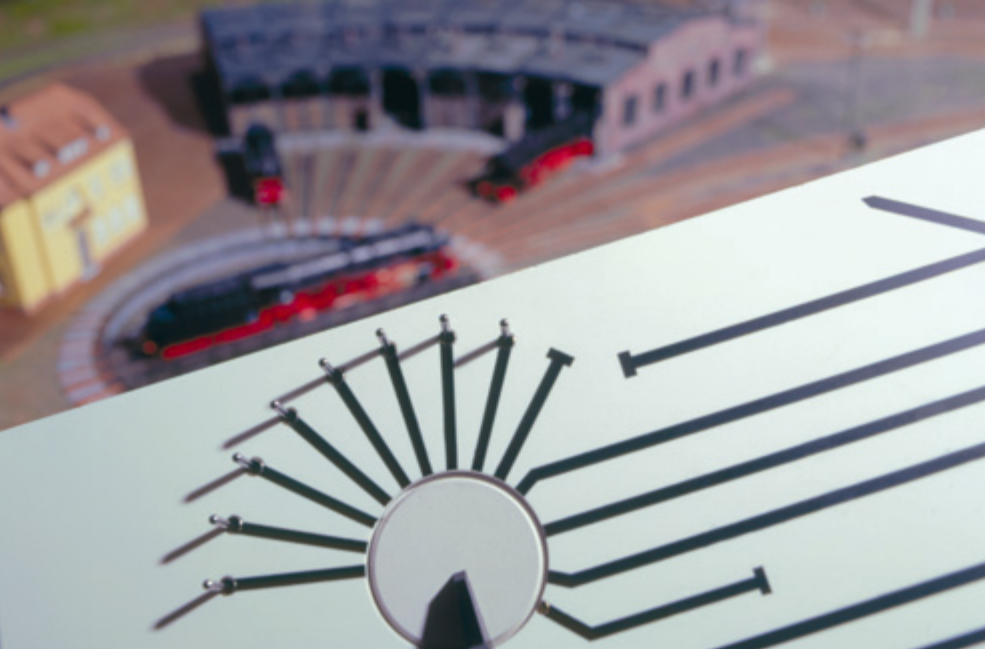
Zur Bearbeitung der in diesen Schwerpunkten anfallenden Problemstellungen finden die mathematischen Kernkompetenzen aus den Bereichen System- und Kontrolltheorie, Stochastik und Statistik, Data Mining und asymptotische Homogenisierung ihre Anwendung.

Neben der Bearbeitung öffentlicher und industrieller Forschungs- und Entwicklungsprojekte spielt in der Abteilung die konsequente Neu- und Weiterentwicklung eigener Softwareprodukte eine große Rolle. Seit Februar des Berichtsjahrs ist Version 2 von Analog In-sydes verfügbar, einem CAD-Tool zur

Unterstützung des Anlogschaltungs-entwurfs. Außerdem wurde die Palette der Überwachungstools für rotierende Maschinen um die Produkte TorStor und TorFat weiter ergänzt. Auch die Weiterentwicklung des Ernährungsexpertensystems im Hinblick auf spezielle Anwendergruppen wurde planmäßig fortgesetzt.

Erfreulicherweise ist es der Abteilung im Berichtsjahr gelungen, die industrielle Kundenbasis sowohl in Bezug auf die Vermarktung der abteilungseigenen Softwareprodukte als auch im Bereich der Auftragsforschung deutlich zu verbreitern. Dies gilt insbesondere für den Schwerpunkt Prognose von Material- und Produkteigenschaften, in dessen Umfeld eine ganze Reihe neuer interessanter Projekte bearbeitet werden konnte.

Auch im Jahr 2003 sollen die abteilungseigenen Softwareprodukte weiterentwickelt und die Kompetenzen der Abteilung weiter vertieft werden. Hierzu werden insbesondere auch die in der Abteilung angesiedelten Promotionsprojekte und Graduierungsarbeiten einen signifikanten Beitrag leisten.



CAD für Analogschaltungen

Am ITWM wird das Softwaretool Analog Insydes entwickelt, ein Werkzeug zur Modellierung, Analyse und Dimensionierung linearer und nichtlinearer Analogschaltungen mit Hilfe von symbolischen Methoden. Bislang standen dem industriellen Schaltungsentwickler neben numerischen Simulationstools nur wenige Hilfsmittel zur Verfügung, die detailliertere Einsichten in die Funktionsweise einer Schaltung ermöglichen. Gerade bei der industriellen Entwicklung integrierter Schaltungen besteht aber ein hoher Bedarf an rechnergestützten Verfahren. Hierfür stellt Analog Insydes ein wertvolles Hilfsmittel dar, mit dem sich die Entwurfssicherheit erhöhen und die Entwicklungszeit verkürzen lässt. Grundlage der Software sind dabei gemischt symbolisch/numerische Algorithmen für lineare sowie nichtlineare differential-

algebraische Gleichungssysteme (DAE-Systeme). Die Projektarbeit wird durch eine Kooperation mit dem Zentrum für Computeralgebra des Fachbereichs Mathematik der Universität Kaiserslautern unterstützt.

Darüber hinaus beschäftigt sich die Arbeitsgruppe u. a. mit der Simulation heterogener Systeme. Hier werden z. B. Schaltungskomponenten zusammen mit physikalischen oder chemischen Prozessen in einer Systemsimulation gekoppelt. Auf diese Weise können die Wechselwirkungen der einzelnen Teilsysteme untereinander, insbesondere die Einbindung der Schaltungskomponenten, bereits vor einer Prototyp-Realisierung untersucht werden. Das ITWM bietet in diesem Zusammenhang kundenspezifische Simulationsumgebungen an.

Ansprechpartner:

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



Analog Insydes Version 2

Nach Fertigstellung der Softwarekomponenten, der umfassenden Dokumentation sowie des Verpackungsdesigns konnte im Februar diesen Jahres die offizielle Version 2.0 von Analog Insydes herausgegeben werden. Über ein weltweites Mathematica-Reseller-Vertriebsnetz wird Analog Insydes mit Unterstützung von Wolfram Research Inc. vermarktet. Darüber hinaus wird das Produkt auch direkt vom ITWM vertrieben. Neben einem speziellen Upgrade-Preis für Analog Insydes 1.0-Nutzer wird die neue Version in unterschiedlichen Lizenzmodellen angeboten. Zur Unterstützung der Anwendung im Bereich Forschung und Lehre ist dabei ein erheblich reduzierter Preis vorgesehen.

Im Vergleich zur Version 1.0 unterstützt Analog Insydes 2.0 neben den Plattformen Windows (95, 98, NT 4.0, 2000, XP) und Solaris jetzt auch HP-UX sowie Linux. Weiterhin ist die neue Version kompatibel zu Mathematica 3.0 bis zur aktuellen Version 4.2.

Eine voll funktionsfähige Demo-Version kann für einen limitierten Zeitraum von 30 Tagen kostenlos von folgender www-Adresse geladen werden:
www.analog-insydes.de

Aktuelle Arbeiten

Die Projektarbeit im europäischen Verbundprojekt Anastasia+ wurde plangemäß fortgeführt. Schwerpunkte dabei waren Verfahren zur automatischen Generierung nichtlinearer Verhaltensmodelle sowie deren Übersetzung in die Verhaltenssprache VHDL-AMS. Insbesondere für die Generierung transienter Verhaltensmodelle wurden Verfahren zur Indexkontrolle entwickelt.

Die Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Intervallarithmetik wurden fortgesetzt. Dabei soll der Einfluss produktionsbedingter Bauelemente-Toleranzen auf das Schaltungsverhalten verlässlich vorhergesagt werden. Die Kombination eines Intervall-Newtonverfahrens mit einer symbolischen Vorverarbeitung und standard-numerischen Methoden ermöglicht es, schnell genaue Lösungen von Gleichungssystemen zu erhalten.

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.





Monitoring und Regelung

Entwicklungen und Implementierungen mathematischer Verfahren zur Systemidentifikation, Modelladaption sowie zum Beobachter- und Reglerdesign stellen den Schwerpunkt dieser Gruppe dar. Anwendungsgebiete sind technische Systeme wie z. B. Turbosätze oder Automobilprüfstände.

Systemmodellierung

Zu Beginn der Arbeiten mit einem technischen System ist zumeist ein geeignetes Ersatzmodell zu entwickeln, welches den jeweils interessierenden Systemaspekt möglichst exakt abbildet. Die Auswahl der verwendeten mathematischen Techniken erfolgt nach Analyse der vorhandenen Systeminformationen. Ist lediglich das Input-Output-Verhalten bekannt – man spricht von einer Black Box – so wird zunächst mit linearen Ansätzen versucht, das System zu identifizieren. Wird das gewünschte Ziel nicht erreicht, kommen komplexere nichtlineare Techniken wie Neuronale Netze zum Einsatz. Ist andererseits die Struktur und Physik eines Systems teilweise oder vollständig bekannt, so sollten diese Informationen bei der Mo-

dellierung berücksichtigt werden; man spricht dann von Gray-Box- oder White-Box-Modellierung. Für die Modellierung des Torsionsverhaltens von Turbosätzen verwendet man z. B. die Methode der Finiten Elemente, die auf die sogenannten Bewegungsgleichungen führt.

Beobachter- und Reglerdesign

Ausgehend von den identifizierten Modellen werden dann für das Beobachter- und Reglerdesign neben den klassischen Ansätzen schwerpunktmäßig Methoden der H_∞ -Kontrolltheorie eingesetzt. Der Vorteil dieser Methoden liegt in der Robustheit des resultierenden Beobachters oder Reglers gegenüber Modellunsicherheiten und anderen Systemstörungen. Bei stark nichtlinearem Systemverhalten reichen diese Ansätze in aller Regel nicht mehr aus und fortgeschrittene Methoden kommen zum Einsatz. Diese finden z. B. Anwendung bei der Lösung von Trackingproblemen bei der Steuerung von Automobilprüfständen. Unterliegt das zu regelnde System zudem starken zeitlichen Veränderungen, so kommen adaptive Regleransätze zum Einsatz.

Ansprechpartner:

Dr. Andreas Wirsén
☎ 06 31/2 05-31 26

Überwachung des Torsionsverhaltens rotierender Maschinen

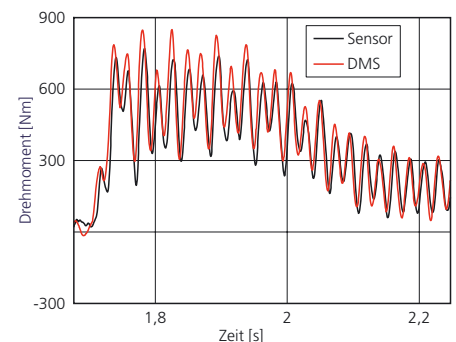
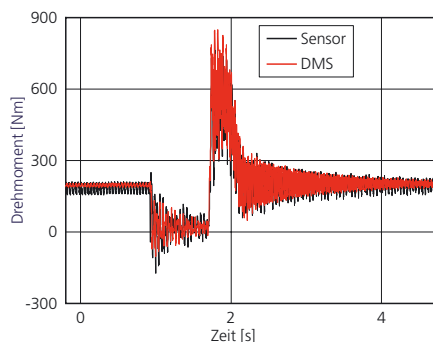
Für die Überwachung des Torsionsverhaltens von rotierenden Maschinen wurden neben dem in den letzten Jahren entwickelten Produkt TorAn zwei weitere Softwareprodukte, TorFat und TorStor, mit unserem Partner Prof. Stefan Kulig, Universität Dortmund, entwickelt. TorStor ist ein Tool, mit dem relevante Torsionsschwingungen aus Messungen ermittelt und dem Benutzer zur weiteren Verarbeitung zu Verfügung gestellt werden. TorFat führt überdies für die ermittelten Störfälle eine Schädigungsanalyse für das Wellenelement an der Messstelle durch und stellt dem Anwender die Ergebnisse dieser Analyse auf der grafischen Benutzeroberfläche zur Verfügung.

Für rotierende Systeme, bei denen auch das Torsionsverhalten auf Grund technischer Restriktionen unzugänglicher Komponenten online überwacht werden soll, wurde das Softwareprodukt TorAn entwickelt. Durch den Einsatz eines robusten modellbasierten Beobachters schätzt TorAn online die Momentenverläufe an interessierenden Wellenabschnitten. Dazu benötigt TorAn neben den anregenden Momenten auch eine Messung der Torsionsmomente an einem Wellenelement. TorAn erkennt Störfälle an allen überwachten Komponenten und führt danach eine Ermüdungsanalyse für die ausgewähl-

ten Wellenelemente durch. Die Ergebnisse der Schädigungsanalyse werden über die grafische Benutzeroberfläche von TorAn zur Verfügung gestellt. Eine Visualisierung der gespeicherten Zeitverläufe im Zeit- und Frequenzbereich ist bei allen Softwareprodukten mit dem jeweils integrierten Visualisierungstool möglich.

Berührungsloser Drehmomentensensor

Die Messung der von den verschiedenen Tools benötigten Torsionsmomente erfolgt mit einem durch das ITWM exklusiv vertriebenen berührungslosen Drehmomentensensor. Das Messkonzept des Sensors basiert auf dem anisotropen magnetostriktiven Effekt in ferromagnetischen Wellenoberflächen. Dieser Effekt verursacht in Abhängigkeit von der Torsionsspannung an der Messstelle eine unterschiedliche magnetische Permeabilität in Richtung der Dehn- und Druckspannungen. Mit dem Sensor wird die Permeabilitätsänderung gemessen, die in einem großen Messbereich proportional zur Torsionsspannung an der Wellenoberfläche ist. Die vom Sensor gelieferten Signale werden über eine Messkarte den verschiedenen Softwaretools für die weitere Analyse zur Verfügung gestellt.



Vergleichsmessungen eines berührungslosen Drehmomentensensors mit Dehnungsmessstreifen (DMS)



Diagnoseunterstützung in den Life Sciences

Die Arbeitsgruppe beschäftigt sich mit der Anwendung daten- und wissensbasierter Verfahren zur Prognose des Verhaltens und zur Diagnose komplexer Systeme aus dem Umfeld der Life Sciences. Typisch für die betrachteten Prozesse und Systeme ist die aufgrund mangelnder Information oder zu hoher Komplexität höchstens partiell mögliche Beschreibung durch explizite Modelle. Ihre Untersuchung muss sich also einerseits auf systematisches Data Mining von Messdaten und andererseits auf möglicherweise vorhandenes empirisches Expertenwissen stützen. Dazu werden beispielsweise Techniken wie Clusteranalyse, Entscheidungsbäume, Neuronale Netze, Support Vector Machines sowie Zeitreihenanalyse angewendet. Expertenwissen muss, um in einen automatischen Prozess integrierbar zu sein, zunächst in geeigneter Weise formal dargestellt werden. Prinzipiell stehen hierfür der aus der Theorie der Programmiersprachen bekannte objektorientierte Ansatz als auch die sogenannte Regelbasierung zur Verfügung.

Das Hauptarbeitsgebiet der Gruppe bildet die rechnergestützte Medizindiagnostik: In dem vom BMBF geförderten Projekt »Diagnoseunterstützung in der Regulationsthermographie« wird Fachwissen regelbasiert mittels Fuzzylogik in ein medizinisches Expertensystem implementiert.

Auch zwei weitere Projekte – »Automatische Arrhythmieerkennung in Elektrokardiogrammen« und »Expertensysteme zur Ernährungsberatung« – befassen sich mit der Systemdiagnose. In allen Fällen ist das Endprodukt ein Computerprogramm, dessen Treffsicherheit bei der Prognose- bzw. Diagnose mittels Verfahren aus der nicht-parametrischen Statistik, wie z. B. Bootstrapping, geschätzt wird.

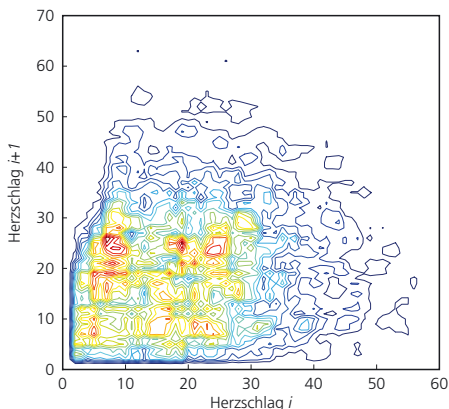
Ansprechpartner:

Dr. Hagen Knaf
Dipl.-Inform. Harriet Bach
☎ 06 31/2 05-44 74

Automatische Erkennung von Arrhythmien

Veränderungen des »normalen« Herzarbeitszyklus werden in der Medizin als Arrhythmien bezeichnet. Sie können kurz- oder langfristig negative Konsequenzen für die Gesundheit haben. Üblicherweise werden Arrhythmien mit Hilfe eines Elektrokardiogramms (EKG) diagnostiziert, was ein erhebliches Maß an Erfahrung erfordert. Eine Diagnoseunterstützung durch Mustererkennungssoftware ist daher wünschenswert und wird in einigen Fällen bereits eingesetzt. Thema eines laufenden Projekts ist die Erkennung des auf EKG-Basis schwierig zu diagnostizierenden Vorhofflimmerns anhand des Auftretens charakteristischer Muster in den zeitlichen Abständen zwischen sukzessiven Herzschlägen. Die Ausgangsdaten liefert ein etwa einstündiges Ruhe-EKG. Die Zeitreihe der Herzschlagabstände wird in Form eines sogenannten Lorenzplots analysiert, einer grafischen Repräsentation einer Zeitreihe, in der dynamische Information als geometrisches Muster erscheint. Die Implementierung eines diagnoseunterstützenden Verfahrens in ein handliches Messgerät ist Ziel des Projekts.

Zweidimensionaler Lorenzplot eines EKGs

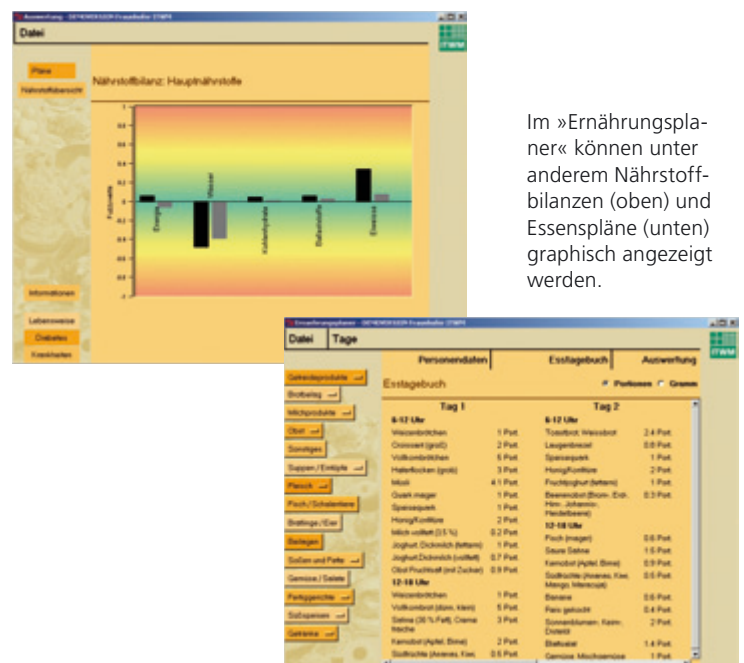


Ernährungsberatung

Software zur Ernährungsberatung soll dem Anwender eine Entscheidungshilfe bei der Bewertung und eventuell der Umstellung seiner Ernährungsgewohnheiten bieten. Während viele Ernährungsprogramme eine relativ starre Strategie beispielsweise in Form von Rezeptvorgaben verfolgen, wird im Fraunhofer ITWM ein System entwickelt, das ausgehend von den aktuellen Gewohnheiten des Anwenders eine schrittweise Optimierung des Ernährungsplans ermöglicht. Das Programm bewertet zunächst anhand eines vom Nutzer über mehrere Tage geführten Ernährungsplans dessen aktuelle Versorgung mit den wichtigsten Nährstoffen. Unter Berücksichtigung persönlicher Gewohnheiten und Vorlieben liefert die Optimierung Vorschläge zur Verbesserung des Ernährungsverhaltens. Ziel ist es, einen Lernprozess hin zu gesunder Ernährung zu unterstützen und nicht etwa kochfertige Rezepte zur Verfügung zu stellen. Als zusätzliche Information erhält der Anwender eine Gegenüberstellung von aktueller und verbesserter Nähr-

stoffversorgung in Form anschaulicher Grafiken und Tabellen sowie individuell zugeschnittene Informationstexte.

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



Im »Ernährungsplaner« können unter anderem Nährstoffbilanzen (oben) und Essenspläne (unten) graphisch angezeigt werden.



Prognose von Material- und Produkteigenschaften

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

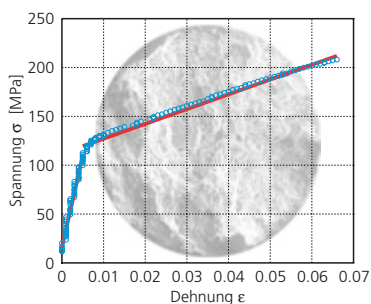
Liegen jedoch ausreichend repräsentative Daten, beispielsweise aus systematischen Versuchsreihen des Input-Output-Verhaltens vor, so lässt sich mit geeigneten Techniken der Systemidentifikation, des Data Mining und der Statistik eine Systembeschreibung in Form eines Black-Box- bzw. Gray-Box-Modells erstellen.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

Beispiele für interessante Performancegrößen im Materialdesign sind beispielsweise das Crashverhalten oder die

Zugfestigkeit. Partielle Einflussfaktoren sind Geometrieparameter, Materialzusammensetzung und Herstellungsmethoden.

In der Fraunhofer-WISA-Studie (Wirtschaftsorientierte Strategische Allianz »Magnesium«) sind die Zugeigenschaften von Kfz-Instrumententafelträgern, die mit spezieller Gusstechnik aus Magnesium hergestellt wurden, zu bestimmen. Gegeben sind sogenannte Sigma-Epsilon-Kurven, die im Rahmen systematischer Experimente ermittelt werden. Diese Kurven repräsentieren jeweils das Materialverhalten an einer Stelle des Instrumententafelträgers während der Erhöhung der Zugkraft bis zum Materialbruch.

Unsere Berechnungen sind ein wirkungsvolles Instrument in den Händen der Ingenieure, wenn zu entscheiden ist, welche Variablen aus dem Inputraum um welchen Betrag geändert werden müssen, so dass sich mit höherer Wahrscheinlichkeit die Zielvariable unter den betrachteten Belastungsszenarien wie gewünscht verhält.



Ansprechpartner:

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



Multiskalen-Strukturmechanik

Verbundwerkstoffe finden in der Industrie und Technik ein breites Anwendungsfeld. Diese Materialien weisen durch gezielte Kombination verschiedener Komponenten spezielle Eigenschaften auf, die durch das Verhalten der einzelnen Komponenten, deren geometrische Anordnung sowie die Wechselwirkungen der Komponenten untereinander bestimmt sind.

Das Fraunhofer ITWM entwickelt mathematische Modelle und asymptotische Homogenisierungsalgorithmen, mit deren Hilfe die effektiven strukturmechanischen Eigenschaften solcher Materialien aus ihrer Mikrostruktur und ihren Mikroeigenschaften bestimmt werden können.

Diese Methoden bilden die Grundlage für eine hocheffiziente Simulation mechanischer oder chemischer Vorgänge in Systemen mit Verbundwerkstoffen. Im Gegensatz dazu ist die direkte Simulation solcher Multiskalensysteme außerordentlich aufwändig, da sowohl die makroskopische Struktur des Gesamtsystems als auch die mikroskopische Struktur innerhalb der verwendeten Materialien zu berücksichtigen ist.

Diese Homogenisierungstechniken sind deshalb so effektiv, weil sie die getrennte Behandlung der makroskopischen und der mikroskopischen Struktur erlauben: Aus der Mikrostruktur werden zunächst die effektiven Eigenschaften des Materials berechnet, die dann zur Simulation des makroskopischen Systems verwendet werden, wobei beide Schritte mit den üblichen kommerziellen FEM-Softwarepaketen durchgeführt werden können.

Der dazu notwendige Rechenaufwand ist im Vergleich zur direkten Simulation wesentlich reduziert. Aufwändige Parameterstudien, wie sie z. B. zur Optimierung der Systemgeometrie notwendig sind, werden unter Umständen so erst möglich.

Mit diesem Ansatz können viele effektive Materialeigenschaften wie z. B. Steifigkeit, Festigkeit, Ermüdung oder Verschleiß berechnet werden. Auch Multiskalensysteme, bei denen Viskoelastizität, große Deformationen und nichtlineares Materialverhalten eine Rolle spielen, lassen sich so behandeln.

Ansprechpartner:

Dr. Julia Orlik
Dr. Jochen Hoffmann
☎ 06 31/2 05-27 42

Werkstoffmodellierung gefüllter duroplastischer Formmassen

Ein weiteres Beispiel für das breite Anwendungsfeld ist ein aktuelles Projekt, in dem die Berechnungsgrundlagen für die Modellierung von Duroplasten unter Berücksichtigung von Reaktionsumsatz und Temperatur gelegt werden.

Als Ziel wird angestrebt, aus den mikrostrukturellen Eigenschaften Aussagen über die Festigkeit sowie die Lebensdauer solcher Verbundwerkstoffe zu machen.

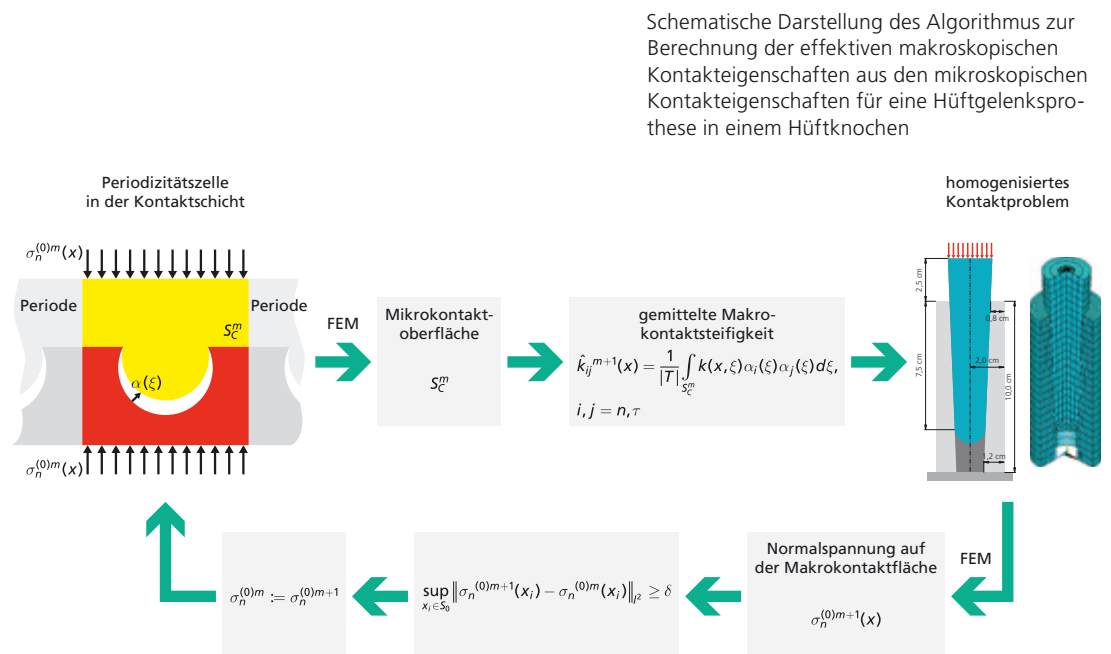
Von besonderem Interesse ist dabei, auch Materialien, die Gedächtnis- und Kriecheffekte aufweisen, zu behandeln. Anders als bei gewöhnlichen Materialien hängen bei diesen viskoelastischen Stoffen die Spannungen nicht nur vom aktuellen Verzerrungszustand ab, sondern auch davon, wie dieser Verzerrungszustand erreicht wurde.

Um diese Eigenschaften mathematisch zu beschreiben, verwendet man Faltungsintegrale mit schwach singulären Kernen. Kommerzielle FEM-Softwarepakete modellieren Viskoelastizität jedoch lediglich mit einfacheren, aber nicht immer ausreichenden exponentiellen Integralkernen. Trotzdem ist man an der Nutzung solcher Software sehr interessiert, denn ihre Stärke liegt im Umgang mit aufwändigen Geometrien. Darüber hinaus bieten sie exzellente Werkzeuge für eine aussagekräftige Visualisierung der Simulationsergebnisse.

Im ersten Projektjahr wurde ein Algorithmus entwickelt und anhand eines einfachen Harzmodells numerisch getestet. Für die Zukunft ist geplant, die Methode auf viskoelastische Verbundwerkstoffe zu erweitern.

Vorhersage der Eigenschaften zementloser Hüftprothesen

Das Anwendungsfeld der Homogenisierung geht über die reine Berechnung effektiver Materialeigenschaften weit hinaus. Zum Beispiel kann diese auch dazu verwendet werden, effektive makroskopische Kontakteigenschaften verschiedener Körper aus deren mikrostrukturellen Kontakteigenschaften abzuleiten. So wurde diese Methode in dem EU-CRAFT-Projekt »PRE-HIP« verwendet, um die effektiven Kontakteigenschaften einer Hüftprothese mit dem Hüftknochen zu berechnen. Auf dieser Grundlage wurde dann eine zuverlässige Bestimmung des elastischen Spannungsfeldes im Knochen möglich.



Kontakt

Dr. Patrick Lang
Abteilungsleiter

☎ 06 31/2 05-28 33
lang@itwm.fraunhofer.de



V.l.n.r.: M.Sc. Stefan Soltuz, Dipl.-Math. Alexander Dreyer, Dr. Julia Orlik, Dr. Hagen Knaf, Dipl.-Math. Giuliano Bordignon, Dipl.-Math. Tim Wichmann, Dr. Alex Sarishvili, Dr. Andreas Wirsén, Dipl.-Ing. Thomas Halfmann, Dipl.-Math. Frank Kneip, Dr. Jochen Hoffmann, Dipl.-Inform. (FH) Harriet Bach, Dr. Patrick Lang



Optimierung

Die Abteilung OPTIMIERUNG beschäftigt sich mit der 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.

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

Das Jahr 2002 war für die Abteilung trotz der eher zögerlich eingegangenen Industriaufträge ein zufriedenstellendes Jahr. Fast alle Kunden konnten gehalten werden und einige neue kamen dazu. Erste Ergebnisse für die BMBF-Projekte KogiPlan und SILVER wurden auf den beiden großen Hannover-Messen ausgestellt.

Die Abteilung gliedert sich in folgende Schwerpunkte:

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

Im Schwerpunkt Innerbetriebliche Logistik konnte ein Forschungsprojekt zur Optimierung von Patiententransporten in Krankenhäusern gestartet werden. In der Überbetrieblichen Logistik wurde die Zusammenarbeit mit der Firma geomer im Bereich GIS-Planung intensiviert. Im Bereich Entscheidungsunterstützung in den Life Sciences wurde mit MRC Systems eine Kooperation zur Vermarktung eines gemeinsamen Produkts zur Strahlentherapieplanung begonnen. Im Schwerpunkt Knowledge-Management und E-Commerce konnte gegen den Markttrend ein größeres Projekt gestartet werden, das auch noch mindestens im Jahr 2003 laufen wird.

Die Arbeiten werden durch die Kooperation mit der Arbeitsgruppe Mathematische Optimierung an der Universität Kaiserslautern unterstützt.



Innerbetriebliche Logistik

Der Schwerpunkt Innerbetriebliche Logistik beschäftigt sich mit der Planung, Steuerung und Optimierung von technischen und organisatorischen Abläufen. Dabei gilt es insbesondere

- Systemvarianten bereits vor der Umsetzung ausführlich zu untersuchen, anzupassen und somit Fehlinvestitionen zu verhindern sowie
- gewinnbringende Potenziale im laufenden Betrieb zu erkennen und entsprechende systematische Lösungen zu erarbeiten.

In enger Zusammenarbeit mit Entwicklern und Anwendern helfen wir mit unserem Know-how, diese versteckten Ressourcen zu heben. Die Komplexität des Aufgabenspektrums reicht dabei von traditionellen logistischen Fragestellungen bis zu solchen, die aus wissenschaftlich-technischer Sicht eine Herausforderung darstellen.

Die verwendeten Entscheidungstechniken stützen sich auf einen integrierten Einsatz von Simulation und Optimierung. Unter anderem kommen Methoden der ereignisdiskreten Simulation (basierend z. B. auf den Tools eM-Plant®

und Automod®), der linearen und kombinatorischen Optimierung sowie Metaheuristiken zum Einsatz.

Am Beispiel mehrerer Projekte zeigte sich, dass allein durch intelligenteren Algorithmen zur Materialflusssteuerung deutliche Verbesserungen im Produktionsablauf erreicht werden können, ohne dass Investitionen in zusätzliche Hardware oder Umbaumaßnahmen notwendig werden.

In der Software-Entwicklung betreffen zentrale Probleme des Projektmanagements die Sicherung der Qualität, die Einhaltung von Abgabefristen und die Begrenzung der Kosten. In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IESE und dem Fraunhofer FIT wurde ein ereignisdiskretes Simulationsmodell entwickelt, welches die wesentlichen Phasen der Software-Entwicklung detailliert abbildet.

Unter den industriellen Partnern im Jahr 2002 sind vor allem Pierau Planung (Hamburg), psb GmbH Materialfluss + Logistik (Pirmasens), der Mannheimer Morgen (Mannheim) und die Universitätskliniken des Saarlandes (Homburg) zu erwähnen.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. habil. Alexander Lavrov
☎ 06 31/2 05-44 45

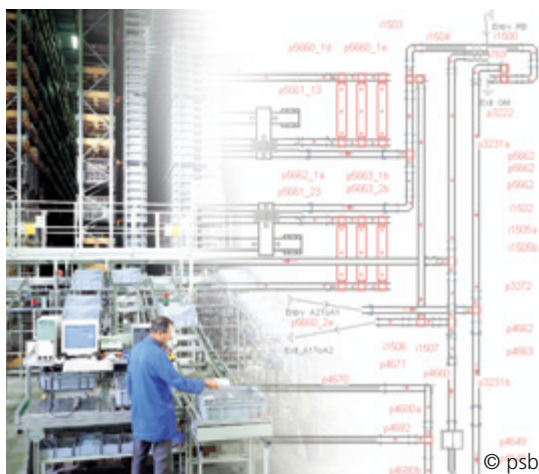
Optimierung der Palettenkommissionierung eines Versandhauses

Bei der Planung der Palettenkommissionierung eines großen Versandhauses mit mehreren parallelen Kommissionierstrecken zeigte sich, dass starke zeitliche Schwankungen bei der Auslastung der Arbeitskräfte, einhergehend mit häufigen Überlastungen der Kommissionierer, zu erwarten waren. Die bislang favorisierte Lösung, für solche Phasen kurzfristig verfügbare Arbeitskräfte (»Springer«) bereitzuhalten, hatte sich als schwer planbar erwiesen. Die Möglichkeiten einer Lösung durch Erweiterung oder Umbau waren beschränkt.

Gefragt waren Methoden, die durch eine Optimierung der Auftragsreihen-

folge zu gleichmäßig hohen Durchsätzen und einer guten Planbarkeit des Personalbedarfs führen. Zahlreiche technische und organisatorische Restriktionen waren dabei zu beachten.

Die realisierte Lösung basiert auf Methoden aus der Tourenplanung, die an die Besonderheiten der Problemstellung, wie z. B. multikriterielle Zielsetzung und Echtzeitfähigkeit, angepasst wurden. Durch prioritätsregelbasierte Lastbalancierung und Heuristiken mit dynamischer Zielgewichtung konnte eine gleichmäßige Lastverteilung bei völliger Beseitigung kurzfristiger Überlastungen erreicht werden.



Eine umfassende simulative und optimierungsgestützte Untersuchung ermöglicht es, effektive Lösungen bereits vor ihrer praktischen Umsetzung zu ermitteln.

SILVER

SILVER steht für »Simulationsbasierte Systeme zur Integration logistischer und verfahrenstechnischer Entscheidungsprozesse«. Es ist ein Verbundprojekt innerhalb des BMBF-Förderprogramms zur Stärkung der außeruniversitären Forschung im Bereich der Infomationstechnik im Rahmen der Fusion von Fraunhofer-Gesellschaft und GMD.

Bei der Planung von technischen Anlagen werden ihre verfahrenstechnischen und logistischen Subsysteme üblicherweise getrennt simuliert (z. B. Mehrproduktanlage einerseits und Transportsystem andererseits). Die unzureichende Berücksichtigung entsprechender Wechselwirkungen führt häufig zu ineffizientem Betrieb und Fehlinvestitionen.

SILVER liefert ein Konzept und einen Rahmen zur Kopplung logistischer (ereignisdiskreter) und verfahrenstechnischer (kontinuierlicher) Simulationswerkzeuge für die integrierte Lösung von Planungs- und Optimierungsaufgaben. In Kooperation mit den Fraunhofer-Instituten FIT, IML und UMSICHT entwickelt das Fraunhofer ITWM die Kopplungsmechanismen und erarbeitet Algorithmen und Tools zum zielgerichteten Experimentieren mit dem gekoppelten Modell und zur optimalen Systemsteuerung.

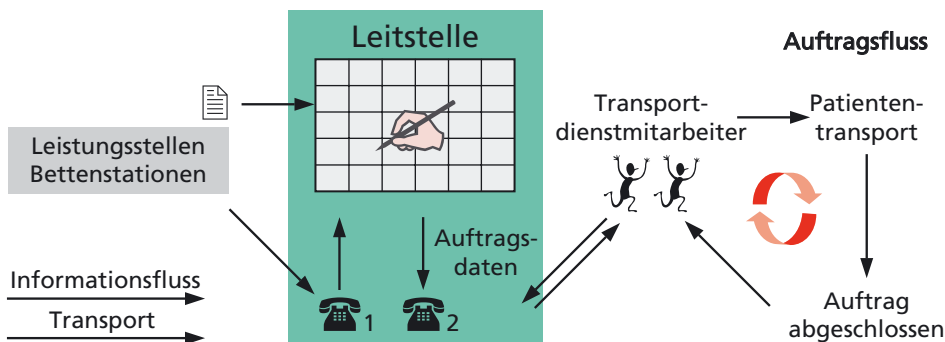
Die dafür entwickelten Verfahren werden als modellunabhängige Online-Optimierungs-Bibliotheken implementiert. Sie lassen sich somit nicht nur in die Simulation, sondern auch direkt in die Steuerungssoftware des Realsystems einbetten. Die auf mathematischer Programmierung sowie auf Metaheuristiken basierenden Verfahren ermöglichen z. B. Puffer- und Reaktorenbearbeitungen zu planen, An- und Ablieferungen zu disponieren sowie ein effizientes Scheduling zu betreiben.

Optimierung von Patiententransporten in Krankenhäusern

Mit einer verbesserten Logistik der Patiententransporte innerhalb des Krankenhauses können Wartezeiten verkürzt und gleichzeitig Klinikpersonal und teure Untersuchungsgeräte gleichmäßiger ausgelastet werden. Daneben erhält man eine Datenbasis für die Optimierung weiterer Abläufe im Krankenhaus.

Gemeinsam mit der SIEDA GmbH wird die Software OptiTrans zur Automatisierung der Auftragsvergabe entwickelt. Dabei kommen moderne mathematische Verfahren aus dem Bereich der Online-Optimierung zum Einsatz. Da OptiTrans über Schnittstellen zu allen gängigen Krankenhausinformationssystemen verfügt, können im Klinikalltag alle anfallenden Transportaufträge auf den Stationen direkt erfasst werden.

Die Präsentation von OptiTrans auf der MEDICA 2002 rief eine große Resonanz in Presse und Fachwelt hervor.



Organisation des Patiententransports über eine zentrale Leitstelle

Am Beispiel der Universitätsklinik Homburg, wo täglich bis zu 400 solcher Transporte anfallen, wurde zunächst die aktuelle Situation am Computer analysiert. Dabei wurden die Transportdaten der Patienten, zurückgelegte Entfernungen, die verfügbaren Mitarbeiter und Transportmittel bis hin zu Einbahnstraßen auf dem Klinikgelände berücksichtigt. Anhand dieses Simulationsmodells lassen sich nun verschiedene Strategien der Auftragsvergabe testen.



Nr.	Name	Abt.	Termin	Art	Ort	Zeit	Status
100112	Wiese, K.H.	14.05	14.25	OP	Interi	Chirurgie1	Abschließ
100114	Schmitt, H.G.	14.05	14.50	OP	Interi	Chirurgie2	Abf.
100115	Schmitt, H.G.	14.05	15.15	Mediz	Interi	Radiologie	Abf.
100116	Wack, R.G.	14.05	15.00	Therapie	Interi	Radiologie	Interim
100117	Hermann, H.G.	14.05	15.00	OP	Interi	Chirurgie1	Abf.

Station	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1001	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011
1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023

Die Umstellung von manueller Planung auf das ITWM-Software-Tool OptiTrans hilft Planungsprozesse zu optimieren.



Überbetriebliche Logistik

Um schnell auf Kundenwünsche und Marktveränderungen reagieren zu können, sind Unternehmen stets bemüht, ihre logistischen Abläufe zu verbessern. Im Schwerpunkt Überbetriebliche Logistik werden diese Unternehmensziele durch die Entwicklung und den Einsatz effizienter rechnergestützter Optimierungsmethoden und -algorithmen unterstützt. Planungsprobleme, die in diesem Bereich auftreten, umfassen beispielsweise die Aufteilung von Vertriebsgebieten, die strategische Auslegung von Supply-Chain-Netzwerken und Standortfragen.

Sowohl exakte als auch heuristische Methoden der kombinatorischen Optimierung und der algorithmischen Geometrie bilden die wesentlichen Instru-

mente zur Optimierung komplexer logistischer Netzwerke. Bei der Implementierung der entwickelten Lösungsverfahren wird ein Schwerpunkt auf einen modularen Aufbau gelegt, der es ermöglicht, mehrere Planungsbereiche zu unterstützen und Anpassungen an ähnliche Fragestellungen leicht durchzuführen.

In Kooperation mit den Fraunhofer-Instituten AIS und IGD werden im vom BMBF geförderten Verbundprojekt KogiPlan verschiedene Werkzeuge, welche die einzelnen Planungsphasen eines Standortentscheidungsprozesses unterstützen, in ein Softwaresystem integriert. Nähere Informationen zu diesen Arbeiten finden Sie unter www.kogiplan.de.

Ansprechpartnerin:

Dr. Teresa Melo

☎ 06 31/2 05-44 26

Logistikkonzepte für Postdienstleister

Im Bereich der privaten Postdienstleister entsteht derzeit ein neuer Markt in Deutschland. Um gegenüber der Deutschen Post AG konkurrenzfähig zu werden, sind kleinere Anbieter auf ein optimales Logistikkonzept angewiesen.

Innerhalb der Briefsortierung und -zustellung werden logistische Abläufe analysiert und Verfahren zur Optimierung der Sortierkonzepte entwickelt. Simulationen helfen dabei, interne Abläufe auf Korrektheit und Effizienz zu prüfen, manuelle und maschinelle Arbeit zu planen und Investitionsentscheidungen abzuwägen.

Kooperationen zwischen Postdienstleistern stärken die Marktpositionen der beteiligten Partner, werfen jedoch zusätzliche Fragen auf. So entsteht zum Beispiel die Notwendigkeit, Abläufe zu vernetzen, um Kooperationspartner möglichst optimal in die eigenen technischen und organisatorischen Abläufe zu integrieren. Zur Entscheidungsunterstützung bei der Standort- und Investitionsplanung (z. B. für gemeinsame Sortierzentren und Depots) sowie der Personal- und Tourenplanung (für Fahrten zwischen den Partnern und für Abholung bzw. Zustellung) werden mathematische Optimierungsmethoden entwickelt und bereitgestellt.

Entscheidungsunterstützung für die Planung von Vertriebsgebieten

Die Planung von Vertriebsgebieten tritt häufig bei Unternehmen auf, die Zuständigkeitsbereiche und Standorte für ihre Außendienstmitarbeiter suchen oder aber Austrägerbezirke für Zeitschriften zuschneiden.

Aufgrund der sich ständig ändernden Marktbedingungen und des zunehmenden Wettbewerbs ist der Planer gezwungen, Marketing und Vertrieb in immer kürzeren Zeitabständen zu überprüfen und gegebenenfalls neu zu strukturieren. Aufgrund der komplexen Problemstrukturen und hohen Datenanforderungen bei der Planung wird der Einsatz von rechnergestützten Verfahren als Entscheidungsunterstützung immer unerlässlicher.

Ziele bei der Planung von Vertriebsgebieten sind die

- Gruppierung kleiner geographischer Einheiten zu größeren zusammenhängenden und kompakten Vertriebsgebieten und die
- Bestimmung des entfernungsminimalen Standorts eines Vertriebszentrums innerhalb jedes zu bildenden Gebiets.

Dabei werden berücksichtigt:

- untere und obere Schranken sowie Balancekriterien für die Größe der zu bildenden Vertriebsgebiete im Hinblick auf mehrere Aktivitätsmaße, wie Kaufpotenzial, Fläche usw.
- ein maximaler Gebietseinzugsbereich
- verschiedene Distanzmaße, wie Luftlinien- oder Straßenentfernung, Reisezeiten oder -kosten

Bei der Entscheidungsunterstützung finden sowohl Methoden der Standortplanung als auch der algorithmischen Geometrie Anwendung. Zunächst wird die Frage der Gebietsaufteilung als diskretes Standortproblem modelliert und mit verschiedenen heuristischen sowie exakten Optimierungsverfahren gelöst. Der zweite Ansatz zielt dann auf eine wiederholte geographische Unterteilung des Planungsgebietes ab.

Die entwickelten Verfahren wurden in die Softwarebibliothek L.O.G.I.S integriert und kommen zur Zeit in der Geomarketingsoftware BusinessManager®, einer ArcView® GIS-Erweiterung des Projektpartners geomer, zum Einsatz.



Gebietsplanung: Optimierungskomponenten in GIS können den Planungsaufwand erheblich reduzieren.



Verkehrsplanung

Im diesem Schwerpunkt werden zusammen mit öffentlichen und privaten Verkehrsunternehmen Projekte durchgeführt, welche die Unterstützung bei strategischen, langfristig wirkenden Entscheidungen zum Ziel haben, oder auf die Verbesserung der Abläufe des täglichen Betriebs fokussiert sind. Mit mathematischen Optimierungsverfahren werden Planungsfragen modellbasiert untersucht und Verbesserungspotenziale ausgeschöpft. Der Schwerpunkt liegt derzeit auf dem öffentlichen Verkehr.

Bedarfsgerechte Linien- und Haltestellenplanung ist für einen erfolgreichen Nahverkehr von grundlegender Bedeutung. Verkehrsmodelle, die Nachfrage, Verkehrsmittel- und Wegewahl abbilden, sind das Rückgrat einer fundierten und datenorientierten Planung. In einem Projekt mit der Deutschen Bahn AG wird ein solches Verkehrsmodell für den Schienennahverkehr entwickelt. Neben der Abbildung des Nachfrageverhaltens bezieht es betriebswirtschaftliche Aspekte ein.

Kennzeichen eines guten Service im öffentlichen Verkehr ist die Qualität von Anschlussverbindungen. Es gilt, den Fahrplan verkehrsmittelübergreifend zu optimieren, um an Umsteigepunkten ein einfaches Weiterkommen zu ermöglichen. »Anschlussicherung im multimodalen Verkehr«, ein von der Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovationsgefördertes Projekt, wurde mit dem Ziel bearbeitet, Modelle für eine verkehrsverbundweite Optimierung der Anschlüsse zu entwickeln. Die Modelle lassen sich darüber hinaus einsetzen, um im täglichen Betrieb die Entscheidung, ob auf verspätete Fahrzeuge gewartet wird oder nicht, optimal zu treffen.

Die in der Verkehrsplanung eingesetzten mathematischen Methoden sind vor allem diskrete und kombinatorische Optimierung sowie Werkzeuge aus der Graphentheorie und der Standortplanung. Die effiziente Implementierung der entwickelten Algorithmen und ihre Anwendung auf häufig sehr große Datenmengen ist ebenfalls Teil der Projekte.

Ansprechpartner:

Dr. Michael Schröder
☎ 06 31/2 05-44 73

Haltestellenplanung im Nahverkehr

Wie wirkt sich die Errichtung neuer Haltestellen in einem bestehenden Verkehrsnetz aus? Werden Kunden hinzugewonnen? Oder verliert das Verkehrsunternehmen Kunden, weil häufigeres Halten auch eine längere Reisezeit bedeutet? Ist zu erwarten, dass die Kosten der Haltestellen durch zusätzliche Einnahmen kompensiert werden können? Diesen Fragen wird im Projekt »Haltestellenplanung im Nahverkehr« zusammen mit der Deutschen Bahn AG und den Partnern intranetz GmbH, Berlin, und der Universität Konstanz nachgegangen.

Positive Effekte neuer Haltestellen sind unter anderem:

- verbesserte Erschließung von Siedlungsstrukturen
- vereinfachter Zugang zum Nahverkehr
- verkürzte Zugangszeiten
- die Möglichkeit, neue Kunden zu gewinnen

Dem steht gegenüber, dass zusätzliche Haltestellen Kosten verursachen (Baukosten, Betriebskosten, Kosten längerer Umlaufzeiten) und Kunden ein häufigeres Halten möglicherweise nicht in Kauf nehmen und dem Verkehrsunternehmen verloren gehen. Konsequenz sind Einnahmenverluste.

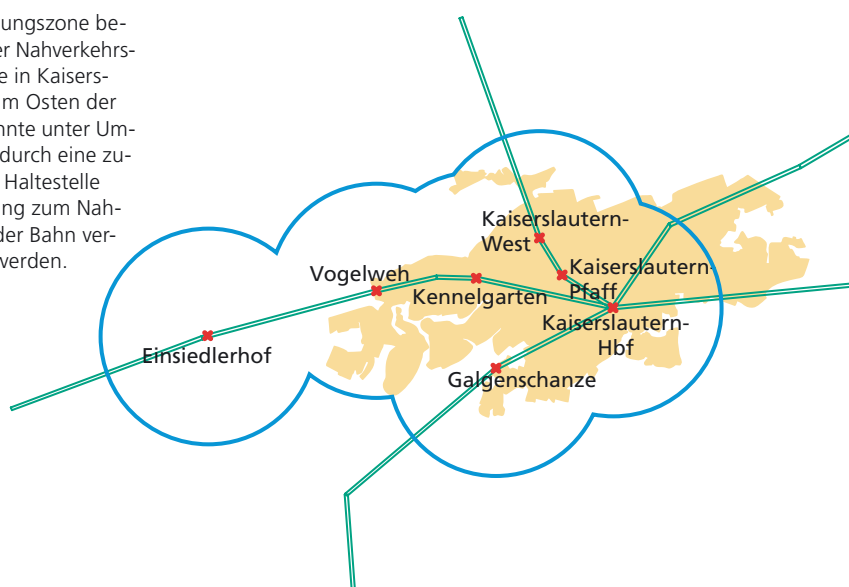
Der Trade-off zwischen positiven und negativen Effekten ist jedoch nicht pauschal zu berechnen. Entscheidend ist vielmehr, an welchen Punkten die neuen Haltestellen eingerichtet werden. Hier kommt die Standortplanung ins Spiel. In vereinfachender Weise kann das zu untersuchende Verkehrsnetz als ein Knoten-Kanten-Graph modelliert werden. Die Suche nach einer Menge von Punkten in diesem Graphen, die unter geeignet quantifizierten Bewertungsfunktionen optimal für die Errichtung von Haltestellen ist, ist eine typische Aufgabenstellung der mathematischen Standortplanung.



Ein Haltepunkt im Schienennahverkehr: Die Investitionskosten für die Errichtung solcher Haltepunkte sind nicht allzu hoch, doch wo sind vielversprechende Standorte?

Im vorgestellten Projekt wurden sowohl für die Bewertungsfunktionen geeignete Definitionen erarbeitet (wie zum Beispiel für die Auswirkungen auf die Einnahmensituation) als auch durch ihre Implementierung und die Kopplung mit Optimierungsmethoden ein Softwaretool entwickelt, das es erlaubt, den gestellten Fragen auf Realdaten basierend nachzugehen.

Erschließungszone bestehender Nahverkehrsbahnhöfe in Kaiserslautern: Im Osten der Stadt könnte unter Umständen durch eine zusätzliche Haltestelle der Zugang zum Nahverkehr der Bahn verbessert werden.





Entscheidungsunterstützung in den Life Sciences

Entscheidungsprozesse in den Life Sciences unterscheiden sich von Fragestellungen der Technik im Wesentlichen durch ein zentrales Phänomen: Die verwendeten Bewertungskriterien sind nicht selten diffus und teilweise von begrenzter Rationalität. Statt allgemeingültiger Maßstäbe beeinflussen subjektive Erfahrungen bzw. Lehrmeinungen den Entscheidungsprozess. Ein typisches Beispiel hierfür ist die Entscheidung über medizinische Therapien. Ärzte und Planer werden konfrontiert mit einer riesigen Menge von Informationen: allgemeine, wissenschaftlich gesicherte Erkenntnisse, objektiv fassbare Labor- oder Bilddaten und subjektive Anamnese- bzw. Diagnosedatbestände im speziellen Fall des Patienten. Basierend auf dieser Datenfülle von »guten« und »schlechten« Informationen müssen – oft sogar unter Zeitdruck – Entscheidungen getroffen werden, deren Folgen für den Patienten und den behandelnden Mediziner existenzentscheidend sein können.

Mathematik kann dieses Dilemma nicht vollständig lösen, aber bei der Erfassung und Strukturierung der Datenmengen

und durch eine möglichst transparente Modellierung der Entscheidungsprozesse Hilfestellung leisten. Hier liegt eine Kernkompetenz des Schwerpunkts, der Verfahren des wirtschaftswissenschaftlichen Operations Research, der numerischen Mathematik und der mathematischen Entscheidungstheorie auf Fragestellungen der Life Sciences überträgt. Methoden der multikriteriellen Entscheidungsfindung, der Online-Adaption von Prozessparametern und der Visualisierung von Information aus geeignet strukturierten Datenbanken durch interaktive Navigationswerkzeuge stehen im Fokus der Tätigkeit.

Zwei Projekte aus der klinischen Strahlentherapieplanung bilden derzeit den wissenschaftlichen Kern des Schwerpunkts. Diskrete Optimierungsalgorithmen zur Unterstützung des Auffindens von Replikationsursprüngen bei Genomsequenzen und multikriterielle Modellierung der Therapiefindung bei Diabetes mellitus finden bei Eigenforschungsprojekten ihre Anwendung.

Ansprechpartner:

PD Dr. Karl-Heinz Küfer

☎ 06 31/3 03-18 51

Strahlentherapieplanung mit Hilfe eines interaktiven Navigationstools

Das vom BMBF geförderte und im Verbund mit Fraunhofer SCAI, St. Augustin, unter Beratung der Arbeitsgruppe von Prof. Bortfeld, Harvard Medical School, Boston, bearbeitete Projekt RADIOPLAN ist in seiner Ausprägung eher grundlagenorientiert, unterstützt aber in idealer Weise das praxisnahe, in Kooperation mit dem Deutschen Krebsforschungszentrum und dem Universitätsklinikum Heidelberg verfolgte Projekt »Ein dynamisches Echtzeitwerkzeug zur verbesserten Planung konformierender Strahlentherapie«.

Strahlentherapieplanung muss einen Kompromiss herbeiführen zwischen einer hinreichend hohen Strahlungsdosis im Tumorgewebe und einer weitgehenden Verschonung des umliegenden Gewebes. Die Wertigkeit eines Therapieplans wird von Klinikern anhand verschiedener organbezogener Bewertungskriterien beurteilt. Ansätze der multikriteriellen Entscheidungstheorie werden im Projekt genutzt, um physikalische Setups von Strahlentherapie-

plänen zu berechnen und in einer Datenbank zu speichern. Die Dosisbelastung jedes für die Planung relevanten Organs, ob Zielvolumen oder Risikoorgan, wird in der Datenbank durch eine mehrstufige »Informationspyramide« dargestellt: Die breiteste Informationsbasis bietet die 3D-Dosisverteilung, welche die in jedem Volumenpunkt absorbierte Strahlungsdosis visualisiert. EUD-Werte (equivalent uniform dose) geben Auskunft über die Dosisverteilung und dienen algorithmisch als Grundlage, um effizientere Lösungen zu berechnen, die in der Datenbank abgelegt werden.

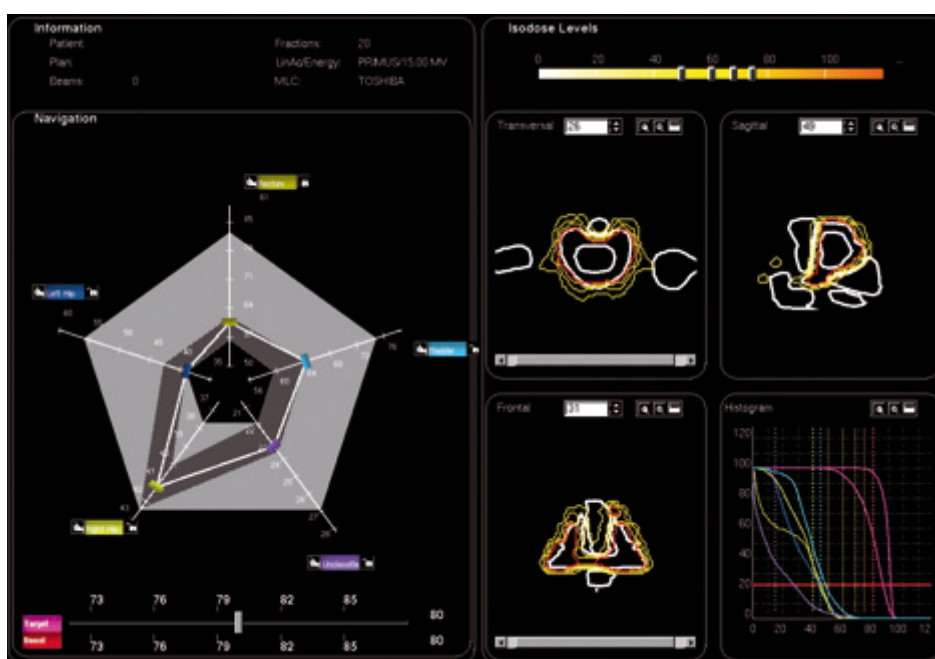
Diese Datenbank kann der behandelnde Arzt interaktiv mittels eines Navigationsmechanismus in einer grafischen Programmoberfläche durchsuchen, den das Fraunhofer ITWM im Projektvorfeld zum Patent eingereicht hat.

Im Navigationsfeld wählt der Arzt auf größter Ebene Dosisniveaus aus, die er in den betroffenen Entitäten für ver-

treibar hält. Es wird dann aus der Datenbank eine Lösung in Echtzeit interpoliert, die den Forderungen möglichst nahe kommt. Ausgehend von dieser Einstiegslösung werden dann in einem Fine-Tuning-Prozess mit Hilfe des Dosis-Volumen-Histogramms bzw. mit den Visualisierungen der 3D-Dosisverteilungen bezüglich der EUD-Werte vergleichbare Lösungen gefunden, die lokal günstiger sind.

Mathematisch sind die Fragestellungen des Projekts multikriterielle konvexe Large-Scale-Optimierungsaufgaben. Effiziente numerische Behandlung durch Informationsaggregation und -disaggregation, adaptive Anpassung der Modellparameter sowie konsequente Ausnutzung schwach paralleler Rechnerarchitekturen sind wesentliche Elemente der Projektarbeit.

Kommerzieller Partner bei der Verwertung der Strahlentherapieplanungsoftware ist das Heidelberger Unternehmen MRC Systems GmbH.



Benutzeroberfläche des vom ITWM entwickelten interaktiven Strahlentherapieplanungstools



Knowledge-Management und E-Commerce

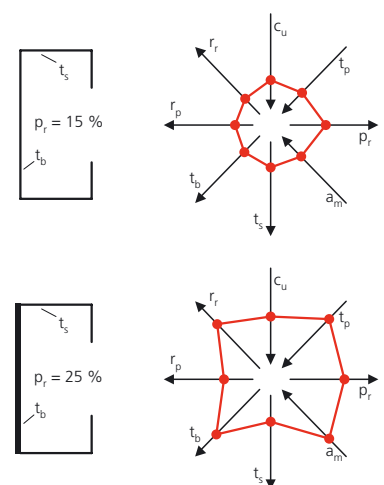
Entscheidungsfindung setzt Wissen voraus. Das mag bereits vorliegen, im Allgemeinen in einer Datenbank, mit qualitativen und quantitativen Kriterienvariablen, pro Datensatz ergänzt um mannigfaltige Informationen, etwa Bilder, Video- oder Audiosequenzen. Fehlt Wissen, so wird dies generiert, beispielsweise mit Methoden der Identifikation, Optimierung, Klassifizierung, Simulation – abhängig vom Charakter (Black oder White Box) des betrachteten multikriteriellen Systems. In jedem Fall ist letztlich ein Berg von Wissen zu managen. Eine oder die richtige Entscheidung zu treffen, gleicht dann der »Suche im Heuhaufen«.

Hier hilft der Decision Navigator, ein neuartiges Werkzeug zur multikriteriellen evolutionären Entscheidungsunterstützung. Einige seiner Attribute:

- zielorientierte, interaktive, grafische Exploration von Wissensdatenbanken
- Visualisierung des kompletten Entscheidungshorizonts

- stufenweise Aggregation von Kriteriengruppen und entsprechenden Zusatzinformationen
- qualitative, quantitative und insbesondere zeitabhängige Kriterien, selektiv und parallel analysierbar
- modifizierbare Metriken und variable Prioritäten auf den Datenbanken
- transparente und objektiv darstellbare Entscheidungsalternativen für effiziente Diskussionen
- personalisierbare, jederzeit änderbare Einstiege in und individuelle Navigationspfade durch die Wissensdatenbanken

Bei einem Industrieprojekt wurde das nach mehreren Kriterien optimale Profil (siehe Abbildung) für einen Elektroinstallationskanal mit diesem Werkzeug bestimmt. Der Decision Navigator findet auch Anwendung in abteilungsübergreifenden Projekten beim virtuellen Materialdesign und der Entscheidungsunterstützung in den Life Sciences.



Ansprechpartner:

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

Produkt- und Prozessinnovation

Aus der starken Integration von Knowledge Management und E-Commerce resultieren Kooperationsprojekte dieses Schwerpunkts mit den Firmen Hager Electro, Tehalit und MiniTec.

Innovation Navigator

Eine Firma aktualisiert ihren Innovationsprozess und wird dabei vom Innovation Navigator unterstützt : Der Projektleiter nimmt Aufgabenblöcke (Werkzeugkonstruktion, Pflichtenheftaktualisierung) oder Meilensteine (Design Freeze) und platziert sie gemäß ihrer Zeitbedürfnisse und Terminvorgaben auf dem Navigationsbrett. Neben die Blöcke setzt er die zuständigen Akteure (Werkzeugkonstrukteur, Produktentwickler). Diesen gibt er den Aufgabenblöcken entsprechende, zu bearbeitende Dokumente (Werkzeugkonzept, Checkliste).

Während des Prozessdesigns überprüft ein Agent im Hintergrund jeden Schritt auf Regelkonformität und greift gegebenenfalls unterstützend ein.

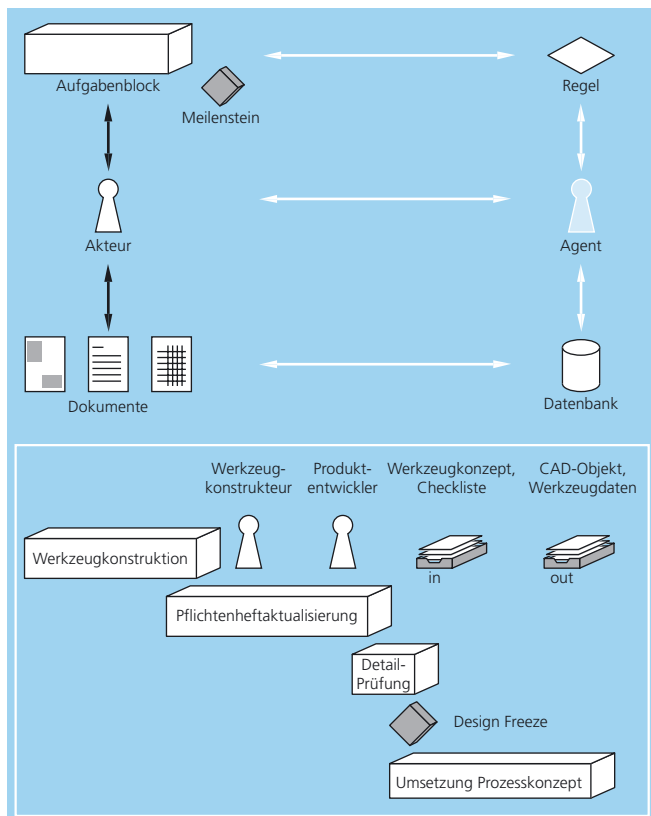
Weitere Agenten sind zuständig für folgende Aufgaben:

- projektbezogene Dokument-Generierung und Versionsverwaltung
- Prüfung bearbeiteter Dokumente auf Vollständigkeit und Korrektheit
- Projektsteuerung durch adaptierte Guidelines und Checklisten
- Retrieval in Wissen aus Vorgängerprojekten
- Generierung neuen Wissens durch KI-Methoden
- »Spionage« in öffentlichen Datenquellen

Product Configurator

Virtuelles Consulting via Internet: Umfangreiches, kontextabhängiges Wissen zum Produktsystem ist online und so stets aktuell für den Kunden verfügbar. Grafische, teilweise animierte Darstellungen technischer Abhängigkeiten und dynamischer Regeln unterstützen die interaktive Konfiguration von Systemkomponenten zu komplexen Produkten. Das Unternehmen gewinnt entscheidende Vorteile

- im Vertrieb: E-Commerce jetzt auch für erklärungsbedürftige Produkte
- in der Produktion: kundenindividuelle Vorkonfektionierung
- in der Logistik: Reduzierung von Komplexität und Kapitalbindung.



Interaktives Prozessdesign: Toolbox und Prozessschnitt



Virtuelle Produktberatung im Internet

Kontakt

Prof. Dr. Stefan Nickel
Abteilungsleiter

☎ 06 31/2 05-45 58
nickel@itwm.fraunhofer.de



V. l. n. r.: Dipl.-Math. Hans Trinkaus, Dipl.-Math. Fernando Alonso, Dr. Michael Schröder, Dipl.-Math. Michael Monz, Dipl.-Math. Jörg Kalcsics, Dr. Thomas Hanne, Dr. Michael Eley, Dr.-Ing. habil. Alexander Lavrov, PD Dr. Karl-Heinz Küfer, Prof. Dr. Stefan Nickel, Dipl.-Ing. Juliette Armbrrecht, Dipl.-Math. Alexander Scherrer, Dipl.-Biol. Claudia Meißner, Dipl.-Math. Carsten Goesmann, Dipl.-Math. (FH) Torsten Schneider, Dr. Teresa Melo, Dipl.-Math. Patricia Domínguez-Marin
Nicht im Bild: Dipl.-Math. Julia Kallrath, Dipl.-Math. Ahmed Saher Sultan Azizi

MONOPOLY



GEMEINSCHAFTSKARTE
DU KOMMST ALS DAM GEFÄHRDERT
Doch keine Angst du bewährst
bei der nächsten Zug

ZIEHEN SIE
IM VORÜBERGEHEN
€ 200 GEHALT EIN.
LOS

HAUPTSTRASSE
Grundstückwert
Miete Grundstück allein
• mit 1 Haus
• mit 2 Häusern
• mit 3 Häusern
• mit 4 Häusern
• mit HOTEL

ELEKTRIZITÄTSWERK € 150
Grundstückwert
Wenn man Besitzer des
Elektrizitätswerks ist, so ist die
Miete 4 mal so hoch, wie Augen
auf den zwei Würfeln sind.
Wenn man Besitzer beider
Versorgungswerke ist, so ist
die Miete 10 mal so hoch, wie
Augen auf den zwei Würfeln sind.
Der Hypothekwert des
Grundstücks beträgt € 75

**ZUSATZ-
STEUER**
€ 100

GOETHESTRASSE
Grundstückwert
Miete Grundstück allein
• mit 1 Haus € 3
• mit 2 Häusern € 6
• mit 3 Häusern € 9
• mit 4 Häusern € 12
• mit HOTEL € 18
Wenn ein Spieler alle Grundstücke einer
Farbengruppe besitzt, so ist die Miete auf
den unbebauten Grundstücken dieser
Farbengruppe **doppelt** so hoch.
1 Haus kostet € 150
1 Hotel kostet € 150
Der Hypothekwert des
Grundstückes beträgt € 140

EREIGNISFELD

PARKSTRASSE
Grundstückwert
Miete Grundstück allein
• mit 1 Haus € 10
• mit 2 Häusern € 20
• mit 3 Häusern € 30
• mit 4 Häusern € 40
• mit HOTEL € 60
Wenn ein Spieler alle Grundstücke einer
Farbengruppe besitzt, so ist die Miete auf
den unbebauten Grundstücken dieser
Farbengruppe **doppelt** so hoch.
1 Haus kostet € 100
1 Hotel kostet € 175
Der Hypothekwert des
Grundstückes beträgt € 175

HAUPTBAHNHOF

**BAHNHOF-
STRASSE**
€ 320

500
100
50

Die Abteilung FINANZMATHEMATIK hat sich im abgelaufenen Jahr nach dem starken Wachstum 2001 erneut vergrößern können, so dass sie jetzt zehn wissenschaftliche Mitarbeiter besitzt. Dies mag angesichts der weltweiten Krise auf den Finanzmärkten erstaunen, jedoch ist dies bei näherem Hinsehen sogar fast zwangsläufig. Gerade in Zeiten des erhöhten Risikos und geringerer Ertragschancen wird die Rolle der Finanzmathematik besonders wichtig, da dann verstärkt Kompetenz in realistischer Modellierung von Zins- und Aktienkursen sowie in der effizienten Preisberechnung komplexer Derivate gefragt ist und den entscheidenden Unterschied ausmacht.

In den letzten Jahren haben sich vier Schwerpunkte der Forschungs- und Projektarbeit herausgebildet:

- Optionsbewertung
- Portfolio-Optimierung
- Zinsmodelle
- Kreditrisiko

Bezüglich der 2002 eingeworbenen Mittel sind die Schwerpunkte Optionsbewertung und Kreditrisiko führend, während die meisten Forschungsergebnisse in der Portfolio-Optimierung erzielt wurden.

Ausblick

Nachdem wir 2002 sowohl bei der Bearbeitung von Industrieprojekten als auch auf dem Forschungsbereich unsere Kompetenzen deutlich vergrößern konnten, besteht ein Ziel darin, dies in weitere Projekte umzusetzen. In den Schwerpunkten der Abteilung wurden bereits neue Projekte für 2003 eingeworben. Der Schwerpunkt Portfolio-Optimierung erscheint am geeignetsten, um das Kundensegment der KMU zu erreichen. Hierzu sollen im kommenden Jahr verstärkt Aktivitäten unternommen werden.

Wissenschaftlich stellen die Gastaufenthalte von Paul Wilmott (London) und von Mogens Steffensen (Kopenhagen) zwei Höhepunkte 2003 dar. Mit ihnen soll unsere finanzmathematische mit versicherungsmathematischer Kompetenz gepaart werden, um auch auf dem Versicherungsmarkt als möglicher Projektpartner auftreten zu können.



Kreditrisiko

Nach der Vergabe eines Kredits besteht immer das Risiko, dass der Schuldner den Kredit nicht vollständig zurückzahlen kann. Da Banken aber durch die Vergabe einer Vielzahl von Krediten diesem Risiko auch vielfach ausgesetzt sind, besteht für sie dringende Notwendigkeit, das Verlustrisiko aus einem Kreditgeschäft bzw. aus der Gesamtheit aller Kredite möglichst genau schätzen zu können.

Hierzu verwenden die meisten deutschen Banken sogenannte interne Kreditratingmodelle. Diese basieren darauf, dass man anhand einer Reihe von quantitativen und qualitativen Merkmalen des Kreditnehmers Rückschlüsse auf die Wahrscheinlichkeit ziehen kann, dass der Kredit nicht vollständig zurückgezahlt wird («Ausfallwahrscheinlichkeit»). Um nun diese Wahrscheinlichkeit möglichst exakt aus den vorliegenden Daten des Kreditnehmers zu schätzen, wird in der Praxis eine Vielzahl statistischer Methoden eingesetzt, die von einfachen linearen Regressionsmetho-

den über nichtlineare Regression und semiparametrische Schätzverfahren bis hin zu neuronalen Netzen reichen.

Das Ratingverfahren wird dann noch durch eine Einteilung der Kredite in verschiedene Ratingklassen komplettiert, wobei die Einteilung auf den geschätzten Ausfallwahrscheinlichkeiten basiert. Am ITWM wurde 2002 in diesem Themenbereich ein großes Projekt zur Erstellung eines mit den Vorschlägen der Baseler Richtlinien («Basel II») konformen Kreditratings mit mehreren deutschen Landesbanken erfolgreich abgeschlossen. Will sich ein privater Investor oder auch eine Bank gegen den Ausfall eines Kredits (z. B. einer Länder- oder Firmenanleihe) schützen, so lässt sich dies durch den Erwerb eines entsprechenden Kreditderivats bewerkstelligen. Die Bewertung solcher Kreditderivate stellt einen weiteren großen Teilbereich des Schwerpunkts Kreditrisiko dar. Auch in diesem Bereich wurden 2002 einzelne Projekte begonnen bzw. fortgesetzt.

Ansprechpartner:

Dr. Gerald Kroisandt
☎ 06 31/2 05-41 89

Bewertung von Wandelschuldverschreibungen

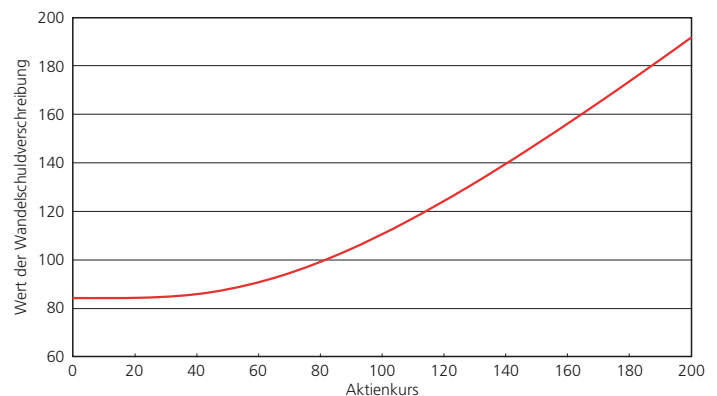
Die klassischen Finanzierungsmöglichkeiten einer Aktiengesellschaft bestehen in der Aufnahme von Krediten, womit das in der Unternehmung vorhandene Fremdkapital erhöht wird, sowie in der Emission neuer Aktien, die zu einer Eigenkapitalerhöhung führt. Eine Mischung aus diesen beiden Möglichkeiten stellt die Ausgabe von Wandelschuldverschreibungen dar.

Hierbei erwirbt der Käufer eine Unternehmensanleihe, bei der er die Wahlmöglichkeit besitzt, sich den zugehörigen Kreditbetrag am Ende der Laufzeit zurückzahlen zu lassen oder aber die Schuld durch eine festgelegte Anzahl von Aktien der Unternehmung tilgen zu lassen. Zusätzlich kann eine solche Wandelschuldverschreibung eine Vielzahl sogenannter Put- und Call-Eigenschaften besitzen, d. h. es können Zeitpunkte vereinbart sein, an denen die Unternehmung den Kredit frühzeitig zurückzahlen oder an denen der Besitzer der Wandelschuldverschreibung den Kreditbetrag frühzeitig einfordern kann. In beiden Fällen würde damit das Vertragsverhältnis erlöschen und somit weitere Zinszahlungen und Umtauschrechte verfallen.

Diese Flexibilität in ihrer Ausgestaltung macht umgekehrt die Wandelschuldverschreibung zu einer echten Herausforderung für die Finanzmathematik, was die Modellierungs- und Bewertungsseite angeht. Es wird nämlich die gleichzeitige Modellierung des Aktienkurses der Unternehmung, den Laufzeiten der Wandelschuldverschreibung entsprechender Zinsraten sowie der Entwicklung der Ausfallwahrscheinlichkeit der Unternehmung (d. h. der Wahrscheinlichkeit, dass die Unternehmung nicht in der Lage ist, einzelne Zinszahlungen vollständig zu leisten) benötigt. Dies ist zum einen ein komplexes Unterfangen, was die Modellierung angeht (insbesondere bezüglich der Modellierung der Ausfallwahrscheinlichkeiten), zum anderen stellt die effiziente Preisberechnung einer Wandelschuldverschreibung eine schwierige Aufgabe dar, da der dem Preis zugrunde liegende Prozess jetzt im Extremfall dreidimensional ist (und je nach verwendetem Aktienpreis- und Zinsmodell noch höher dimensional werden kann!).

Die Entwicklung effizienter Baumalgorithmen und Monte-Carlo-Simulationsverfahren war deshalb Gegenstand zweier Projekte am ITWM im Jahr 2002 und wird auch noch 2003 weitergeführt werden.

Entwicklung einer Wandelschuldverschreibung bei steigendem Aktienkurs





Optionsbewertung

Der Schwerpunkt Optionsbewertung steht ganz im Zeichen der Herleitung von Bewertungsformeln und der Bereitstellung numerischer Algorithmen zur Berechnung der Preise komplexer Derivate.

Wie der Name schon sagt, sind Derivate abgeleitete Wertpapiere, deren tatsächliche Auszahlung vom Preisverlauf eines zugrunde liegenden Guts wie z. B. einer Aktie oder einer Zinsrate abhängt. Der Bereich der Optionsbewertung gilt als der populärste innerhalb der Finanzmathematik, was durch die Verleihung des Nobelpreises für Wirtschaftswissenschaften 1997 an Robert Merton und Myron Scholes für ihre Arbeiten auf diesem Gebiet unterstrichen wird. Auch innerhalb des Handelsbereichs von Großbanken ist der Optionshandel gerade in Zeiten schlechterer Marktbedingungen ein großer Posten.

Um den Anlegern auch in schwachen Marktperioden attraktive Produkte mit begrenztem Verlustrisiko und trotzdem

noch vorhandener Gewinnchance offerieren zu können, bieten Banken oft Derivate mit sehr komplexer Auszahlungsstruktur an, die zum einen dem Anleger sicherstellen, dass er keinen Verlust erleidet («Capital Guaranteed Products»), zum anderen die von der Bank zu leistende Gewinnauszahlung nach oben begrenzen.

Um solche Derivate bewerten zu können, werden zum einen effiziente numerische Methoden benötigt, zum anderen auch realistische Aktienkursmodelle, in denen die Preisentwicklung komplexer als z. B. im einfachen Black-Scholes-Modell modelliert wird. Dies erklärt auch, warum wir in unserem Schwerpunkt Optionsbewertung im abgelaufenen Jahr gerade auf dem Gebiet der Bewertung komplexer Derivate (z. B. Cliquet-Optionen) im Rahmen von Preismodellen mit stochastischer Volatilität (z. B. Heston-Modell) viele Industrieprojekte einwerben und erfolgreich bearbeiten konnten.

Ansprechpartner:

Dipl.-Math. Martin Krekel
☎ 06 31/2 05-44 68



Zinsmodellierung

Zwar schwanken Zinsraten in der Regel nicht so stark wie Aktienkurse, doch sie sind auf der anderen Seite auch nicht im Zeitablauf konstant. Dies gilt insbesondere für sogenannte Marktzinsen wie z. B. die EURIBOR Zinssätze (also die Zinssätze, zu denen sich die Banken untereinander Geld leihen) mit ihren verschiedenen Laufzeiten. Da gerade der Zinsmarkt vom Volumen der getätigten Geschäfte her enorme Bedeutung besitzt, ist eine möglichst realistische Modellierung der Entwicklung von Zinsraten von großer Wichtigkeit. Im Vergleich zur Modellierung von Aktienkursen hat sich allerdings auf der Zinsseite noch kein Benchmarkmodell wie das Black-Scholes-Aktienkursmodell herausgebildet.

Sowohl in der Theorie als auch in der Praxis gibt es eine Vielzahl von Modellen zur Entwicklung der Zinsraten, die alle ihre spezifischen Vor- und Nach-

teile besitzen. So erlauben manche Modelle negative Zinsraten, manchen fehlt der sogenannte Mean-Reversion-Effekt (d. h. Zinsraten tendieren immer zu einem langfristigen Wert hin), während andere Modelle nicht in der Lage sind, heute beobachtbare Marktpreise zu erklären.

Eine weitere Besonderheit des Bereichs der Zinsmärkte besteht in der unglaublich großen Vielfalt komplexer Zinsderivate, die z. T. in ihrer vertraglichen Ausgestaltung kaum zu durchschauen sind und auch bezüglich ihrer Bewertung eine große Herausforderung an die Finanzmathematik darstellen. Der Schwerpunkt Zinsmodellierung ist daher aber auch ein ideales Feld, in dem das ITWM sowohl von der Forschungs- als auch von der Projektseite her tätig sein kann. Er befindet sich zur Zeit gerade im Aufbau, wobei allerdings 2002 schon erste Projekte absolviert wurden.

Ansprechpartner:

Dr. Holger Kraft
☎ 06 31/2 05-44 68

Bewertung von Swaps und Swaptions

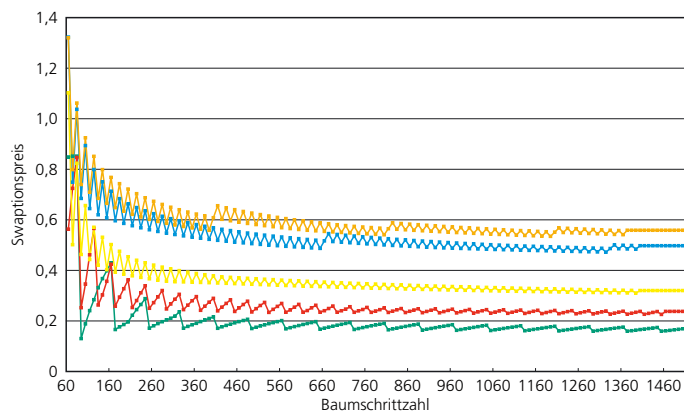
Standard-Produkte zur Absicherung von Zinsrisiken sind Swaps bzw. Optionen auf Swaps (Swaptions). Zwei Vertragspartner schließen mit einem Swap die Vereinbarung ab, Zinszahlungen auszutauschen. Beim Plain Vanilla Swap wird ein vorher festgelegter fester Zinssatz gegen einen variablen Zinssatz getauscht, wobei der variable Zinssatz in der Regel ein Marktzinssatz ist (Beispiel: LIBOR).

Swaps werden vereinbart, um z. B. Zinsrisiken bei Krediten abzusichern: Wenn ein Kreditinstitut einen Kredit vergeben hat, kann es ihn mit einem Swap absichern, bei dem es die festen Zahlungen (in Höhe der Kreditzinsszahlungen) tätigt und dafür jeweils den aktuellen Marktzins erhält. Im Gegensatz zu einem Plain Vanilla Swap entspricht bei exotischen Swaps die variable Seite nicht zwangsläufig einem Marktzinssatz, sondern sie kann in vielfältiger Weise von einem oder mehreren

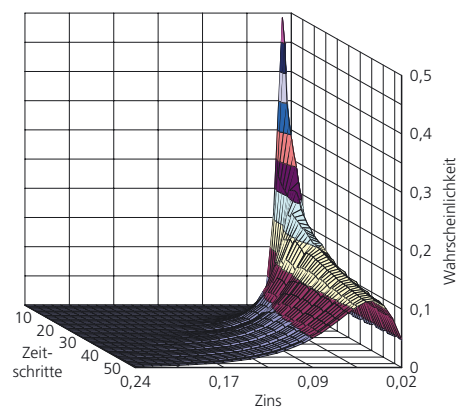
Marktzinsen abhängen. Zusätzlich zu diesen Gestaltungsmöglichkeiten können noch vielfältige Kündigungsrechte für einen oder beide Partner vereinbart werden. Insbesondere Swaps und Swaptions, die Kündigungsrechte beibehalten, können häufig nur mit numerischen Methoden bewertet werden.

Des Weiteren stehen vielfältige Möglichkeiten zur Verfügung, die Stochastik der Zinsentwicklung zu modellieren. Aus diesem Grund muss ein Modell ausgewählt werden, das sowohl vom numerischen Standpunkt eine effiziente Bewertung ermöglicht, als auch ökonomisch zu sinnvollen Ergebnissen führt. Hierbei ist z. B. das niedrige Zinsniveau in Japan zu nennen. Offensichtlich liegen die kurzfristigen Zinsen auf dem japanischen Markt schon längere Zeit in der Nähe von null Prozent, gleichwohl ist nicht zu erwarten, dass die Zinsen negativ werden.

Fünf Swaptionpreise in Abhängigkeit der Schrittzahl eines Baumes



Entwicklung der Zinsrate-Verteilungsfunktion für die ersten 50 Schritte in einem Trinomialbaum



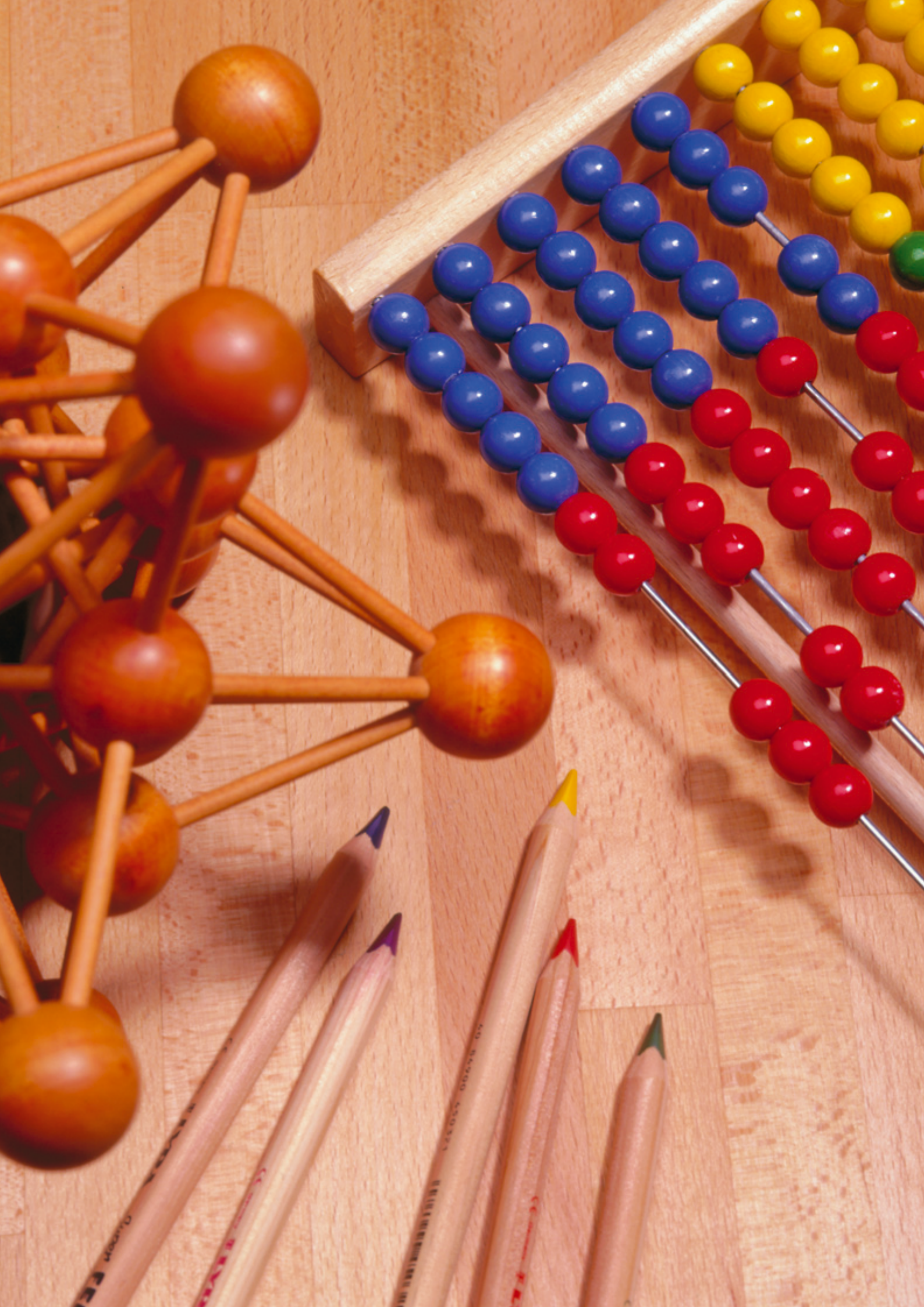
Kontakt

Prof. Dr. Ralf Korn
Abteilungsleiter

☎ 06 31/2 05-44 71
korn@itwm.fraunhofer.de



V.l.n.r.: Dr. Ulrich Nögel, Dr. Sergej Mikhailov, M.Sc. Kalina Natcheva, Dr. Susanne Kruse, Prof. Dr. Ralf Korn, Dipl.-Math. Martin Krekel, Dipl.-Math. Arthur Harutyunyan, Dipl.-Math. Tin-Kwai Man, Dipl.-Stat. Beatriz Clavero Rasero, Dr. Holger Kraft, M.Sc. Joseph Tadjuidje
Nicht im Bild: M.Sc. Vasile Lasar



Competence Center High Performance Computing

Paralleles Rechnen war bis vor wenigen Jahren fast ausschließlich im Bereich der öffentlichen Forschung, der Meteorologie und in wenigen 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 wurden bereits 1995 an Kunden ausgeliefert. Heute betreibt das ITWM zur Entwicklung paralleler Software und zur Durchführung industrierelevanter Berechnungsaufgaben ein gekoppeltes System aus drei PC-Clustern mit zusammen 240 CPUs.

Der Abschluss einer strategischen Kooperation mit Linux NetworX (Linux NetworX Research Lab am ITWM), einem führenden Anbieter von Clusterlösungen, bringt das Applikations- und Parallelcomputing Know-how des ITWM mit dem Cluster-Know-how von Linux NetworX zusammen. Für die Industrie ist damit ein kompetenter Ansprechpartner entstanden, der in allen zentralen Fragen des Cluster-Computings Antwort weiß.

Am ITWM entwickelte Softwarepakete werden heute grundsätzlich für den Einsatz auf parallelen Rechnersystemen

vorbereitet. Ebenso werden existierende kommerzielle Softwarepakete im Kundenauftrag parallelisiert. Die Schwerpunkte der Forschungsarbeit liegen hier in den Bereichen

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

Mit großem Erfolg konnten die Visualisierungssoftware PV-4D, die als erste weltweit einen interaktiven Umgang mit sehr großen Datenmengen ohne Spezialhardware realisiert, sowie das Fraunhofer-Resource Grid (FhRG, www.fhrg.fhg.de) auf der Internationalen Supercomputermesse SC2002 in Baltimore (USA) präsentiert werden.

Simulationsverfahren aus dem Bereich der Molekulardynamik sind Hauptnutzer von Parallelrechnern und mittlerweile so weit fortgeschritten, dass ihr industrieller Einsatz möglich wird. Neben dem verstärkten Engagement im Cluster-Computing wird dieses Thema 2003 eine weitere Ausdehnung erfahren. Das Fraunhofer-Resource Grid als erstes industrietaugliches Grid zu etablieren ist erklärtes Ziel für die nächsten Jahre.



Grid Computing

Noch liefert das Internet vor allem Informationen. In Zukunft soll es auch Computerpower bereitstellen. Speziell für Anwender aus der Industrie wird am ITWM und vier weiteren Instituten dazu das Fraunhofer-Resource Grid aufgebaut. Erste Anwendungen wurden auf der weltweit wichtigsten Supercomputer-Messe, der SC2002 in Baltimore (USA), vorgestellt.

So wie man heute einen Laptop mit dem Stromnetz verbindet, wird man sich in Zukunft mit den Grids dieser Welt verbinden und die Power großer Rechner und leistungsfähiger Software nutzen können. Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes I-Lab wird an den beteiligten Instituten nicht nur eine Grid-Infrastruktur aufgebaut, sondern es wird auch eine Technologie entwickelt, die eine einfache Nutzung des Grids ermöglicht.

Über ein vom Fraunhofer IAO entwickeltes Webportal wird der Grid-Nutzer zu den Anwendungen geführt und bei ihrer Ausführung unterstützt. Ein umfangreiches Resource Repository liefert dabei Informationen über Software, Hardware und deren Abhängigkeiten. Das auf Petri-Netzen basierende Workflow-

System des Fraunhofer FIRST erlaubt dann die Modellierung sehr komplexer Simulationsabläufe. Bei der Ausführung eines Jobs wird der jeweils passende freie und gegebenenfalls preiswerteste Rechner ausgewählt.

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

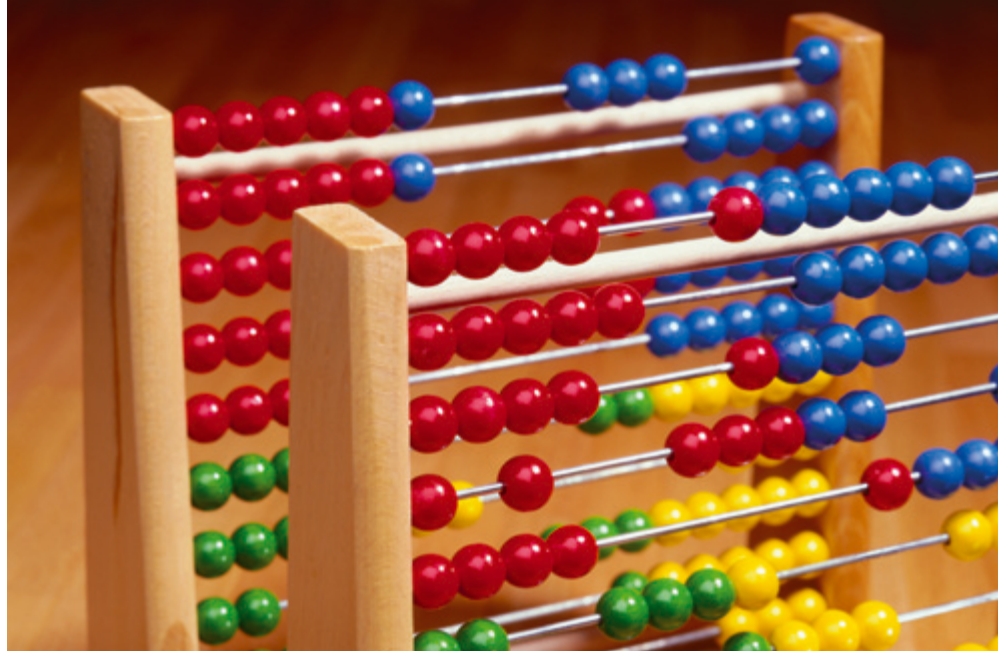
Als erstes Beispiel wurde am ITWM das führende Gießerei-Simulationsprogramm MAGMASOFT in eine Grid-Umgebung eingebunden. Von einem in Baltimore stehenden Laptop wurden Rechnungen im FhRG gestartet und die Ergebnisse auf dem Laptop visualisiert.

Das Grid zu einem produktiven Faktor zu machen und zu standardisieren ist Ziel dieser Aktivitäten. Daher ist das ITWM auch im Global Grid Forum vertreten und engagiert sich besonders in der Production Grid Research Group.



Ansprechpartner:

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



Parallelisierung und Performanceanalyse

Die Performanceanalyse spielt beim Betrieb moderner Hochleistungsparallelrechner heute eine zentrale Rolle. Die steigende Komplexität der Prozessoren und Speicherhierarchien sowie die immer komplexere Bündelung der Rechner zu Clustern und Grids macht die Bewertung der Leistungsfähigkeit dieser Systeme zunehmend aufwändig. Gleichzeitig nimmt der Aufwand zur Entwicklung von Software, die für diese Rechner optimiert ist, immer mehr zu. Dabei müssen der Kommunikation zwischen den Rechnerknoten, den Speicherzugriffen sowie den I/O-Strategien besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

In dem vom BMBF unterstützten IPACS-Projekt (Integrated Performance Analysis of Computer Systems) verfolgen wir zusammen mit unseren Partnern (Deutscher Wetterdienst sowie Unternehmen aus dem Finanzsektor) das Ziel, eine umfassende Benchmarkumgebung zu entwickeln, die uns in die Lage versetzt, alle Aspekte moderner Parallelrechner zu analysieren. Auf der Basis des am ITWM entwickelten Strömungsdynamik-Codes ParPac sowie einer eigenen Strukturmechanik-Software entstehen dazu Anwendungsbenchmarks, die ty-

pisch für solche Programme sind, wie sie in Industrie und Wissenschaft Anwendung finden. Diese Benchmarks werden durch geeignete Problemstellungen ergänzt, die mittels kommerzieller Programme gelöst werden. Das erlaubt auch die Bestimmung des Laufzeitverhaltens kommerzieller Codes auf Parallelrechnern. In Verbindung mit Low-Level-Benchmarks werden wir Verfahren zur Performance-Vorhersage entwickeln. Alle Benchmarks, die in IPACS verwendet werden, sind skalierbar und portabel, was ihre lange andauernde und breite Verwendung sicherstellen soll.

Performance ist ein Bewertungsmaßstab für Hardwaresysteme, aber noch wichtiger ist die Wahl des besten Algorithmus, das richtige Design von Datenstrukturen, effiziente Parallelisierung und schließlich die Codeoptimierung im Detail, in die auch die Rechnerarchitektur eingeht. So wurden in mehreren Projekten vorhandene MPI-Codes deutlich beschleunigt, aber auch wichtige nichtparallele Applikationen unserer Kunden durch Codeoptimierung bedeutend schneller, was zur Einsparung erheblicher Hardwareinvestitionen führen wird.

IPACS
Benchmark

Ansprechpartner:

Dr. Boris Briehl

☎ 06 31/3 03-18 08



Visualisierung

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

Beim Volumenrendering wird das 2D-Ergebnisbild direkt aus den Volumendaten berechnet. Im Gegensatz zu einer reinen Oberflächendarstellung der 3D-Daten (Iso-valued-Darstellung), können mit diesem Verfahren erheblich mehr Informationen dargestellt werden. Die fehlende Approximation des Iso-Values

auf ein geometrisches Primitiv erhöht weiterhin die Genauigkeit dieser Methode.

Der PV-4D-Kern basiert auf dem am ITWM entwickelten Vector-Shift-Algorithmus. Dieser ermöglicht es, entscheidende 3D-Datenstrukturen auf die Vektoreinheiten (SSE-I, SSE-II) der Prozessoren abzubilden. Einige Einheiten des Renderkerns erreichen damit teilweise die Peak-Performance der aktuellen Intel-/AMD-Prozessoren. Die Skalierung der Performance auf SMP-Ebene wurde durch eine User-Level-Spinlock-Synchronisation sichergestellt. Für die Visualisierung extrem großer Datenmengen existiert ein paralleler PV-4D-Kernel. Dieser läuft auf einer gemischten Hardware-Topologie (Shared Memory/Distributed Memory) und ist momentan für Myrinet-Netzwerke optimiert.

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

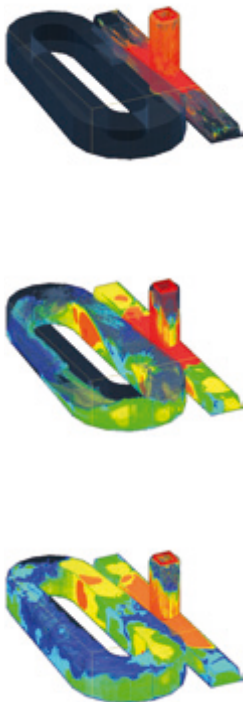
Ansprechpartner:

Dr. Carsten Lojewski
☎ 06 31/3 03-18 08

Einsatz von PV-4D in der Gießerei-simulation und in der Medizin

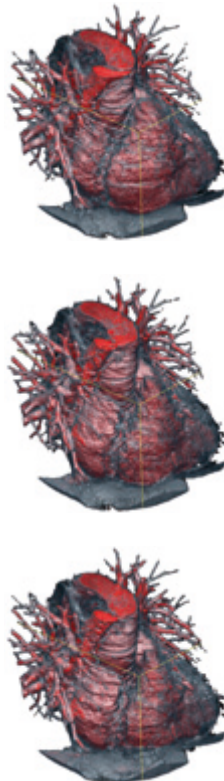
Als erste Anwendung wurden das am ITWM entwickelte Softwarepaket Par-Pac sowie die parallele Version von MAGMASOFT, dem führenden Simulationspaket für Gießereien, durch PV-4D unterstützt. Dadurch ist es jetzt möglich, die durch die parallele Simulation entstehenden großen Datenmengen zum ersten Mal wirklich interaktiv als bewegte Filme zu visualisieren. Die jetzt erstmalig verfügbare Darstellung im Virtual Reality Lab des ITWM ermöglicht gänzlich neue Einsichten und überwältigende Bilder. Die Entstehung und Wirkung von Wirbeln in der Strömung wird hochaufgelöst räumlich erfahrbar.

Füll- und Temperatursimulation eines Gusswerkstücks:
Datensatz: 565 × 354 × 196 × 195



In Zusammenarbeit mit der medizinischen Universitätsklinik in Hannover wurde erstmals ein schlagendes Herz eines lebenden Menschen als sich bewegendes räumliches Objekt mit hoher Ortsauflösung so dargestellt, dass der Betrachter interaktiv ohne zeitliche Verzögerung (50 Bilder pro Sekunde) in das Objekt eintauchen kann. Der Nutzen für den Mediziner, der bisher vor allem mit statischen oder gering aufgelösten Bildern arbeiten muss, ist erheblich. PV-4D wird deshalb auch in diesem Bereich weiterentwickelt. Für den praktischen Einsatz genügt dabei ein Doppelprozessorrechner ohne besondere Anforderungen an die Grafikkarte (Dual-P4, FireGL). Mit den 2003 verfügbaren neuen 64-Bit-Systemen von AMD wird der Vorstoß in eine neue Leistungsklasse gelingen.

Schlagendes Herz:
Datensatz: 512 × 512 × 384 × 10



Linux NetworX Research Lab (LNRL)

Das LNRL wurde im Oktober 2002 als gemeinsames Forschungslab des ITWM und der Firma Linux NetworX gegründet. Linux NetworX ist in den USA einer der führenden Hersteller von PC-Clusterlösungen. Unter anderem wurde das derzeit schnellste PC-Cluster am Lawrence Livermore National Laboratory von Linux NetworX aufgebaut.

Beim Betrieb von produktiven PC-Clustern ist neben der sorgfältigen Konfiguration der Hardware das Management des Systems der Schlüssel zur Produktivität. Vor allem hier arbeiten ITWM und Linux NetworX eng zusammen. Der Schwerpunkt der Aktivitäten des ITWM liegt daneben im Bereich der Entwicklung von neuen Anwendungen für PC-Cluster und der Beratung der Industrie bei der Einführung der PC-Cluster-Technologie und Portierung von Anwendungen auf diese Systeme.

Durch die räumliche Nähe zum European Headquarter von Linux NetworX im PRE-Park Kaiserslautern soll diese Zusammenarbeit zu einem Kristallisationspunkt für weitere industrielle Aktivitäten in diesem Umfeld führen. In einem ersten Schritt werden weitere Firmen aus dem Kaiserslauterer Forschungspark in einem »Distributed Computing Lab« zusammenarbeiten, an dem dann auch Linux NetworX beteiligt ist.



Serviceangebote des Competence Centers

- Entwicklung und Portierung von parallelen Anwendungen
- Performanceanalyse und -tuning
- Benchmarking von Clustersystemen und Anwendungen
- Beratung bei der Einführung von Clustersystemen und beim Einstieg ins Grid Computing
- Visualisierung sehr großer Datenmengen
- HPC-Systemberatung
- Softwaredesign für parallele Anwendungen

Technische Einrichtungen am ITWM

- Top500 PC-Cluster mit 128 P4-CPU's (Linpack-Leistung: 400 GFlop)
- Leistungsfähige Storage- and Backup-Systeme
- VR-Labor zur Visualisierung großer Datenmengen (> 10 GVoxel pro Sekunde)
- PC-Cluster zur Erprobung neuer technischer Konzepte

Die Eigenschaften vieler Materialien resultieren aus Prozessen, die sich auf einer Vielzahl von Orts- und Zeitskalen abspielen, angefangen bei Nanometern bis hin zu Metern und von Femtosekunden bis hin zu Jahren. Deshalb muss die Abbildung der Materialwissenschaften in erfolgreiche Computermodelle den intrinsischen Multiskalencharakter von Materialien von vorneherein mit berücksichtigen – eine große Herausforderung für Wissenschaft und Technik.

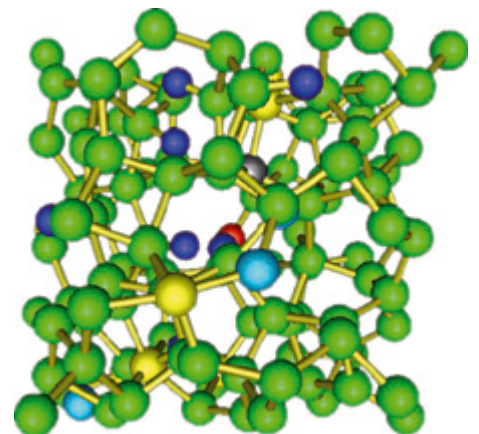
Allerdings geschehen Produktion, Prozessierung und Anwendung vieler Materialien weit entfernt vom thermodynamischen Gleichgewicht. Als eine Konsequenz daraus werden Materialeigenschaften abhängig von deren Vorgeschichte und sogar nichtlinear. Die einzigen bekannten Methoden, mit denen solche hochgradig nichtthermodynamischen Effekte derzeit beschreibbar sind, operieren auf atomaren Skalen (Molekulardynamik und Monte-Carlo-Methoden).

Diese Simulationen liefern Einsichten in komplexes Materialverhalten auf atomaren Raum- und Zeitskalen. Relevante Skalen für viele Eigenschaften, die in den Ingenieurwissenschaften zu kontrollieren sind, liegen aber deutlich über den atomaren Skalen. Numerische Simulationen in den Materialwissenschaften müssen daher die Lücke zwischen atomaren Skalen und makroskopischen Materialeigenschaften schließen.

Beispielprojekt: Oberflächenbeschichtung

In diesem Projekt wollen wir den Beschichtungsvorgang von Wavern in PVD-Kammern (Physical Vapor Deposition) studieren. Der PVD-Prozess selbst kann schon nicht mehr mit Hilfe der Gleichgewichtsthermodynamik beschrieben werden. Experimentell ist wohl bekannt, dass das sogenannte Prozessfenster für die Produktion von qualitativ hochwertigen Beschichtungen extrem klein ausfällt. Mehr noch: die Abhängigkeit des Prozessfensters von der Beschichtungssubstanz, den Wavern und der Geometrie der PVD-Kammer ist theoretisch noch immer unverstanden. Deshalb müssen Ingenieure zur Einstellung der Prozessparameter auf zeitaufwändige Trial-and-Error-Methoden zurückgreifen.

Mit den am ITWM gerade in der Entwicklung befindlichen Simulationsverfahren soll den Verfahrensentwicklern ein Werkzeug an die Hand gegeben werden, das den PVD-Prozess – abhängig von den einstellbaren Prozessparametern – qualitativ und quantitativ genügend gut beschreibt, um das Prozessfenster realer Apparaturen schnell aufzufinden.



Atomistische Simulation amorpher Silizium-Modifikationen

Ansprechpartner:

Dr. Peter Klein
☎ 06 31/3 03-18 04

Kontakt

Dr. Franz-Josef Pfreundt
Leiter des Competence Center

☎ 06 31/3 03-18 21
pfreundt@itwm.fraunhofer.de



V.l.n.r.: Dr. Franz-Josef Pfreundt, Dipl.-Math. Petra Baumann, Dipl.-Phys. Christian Peter, Dipl.-Phys. Martin Rheinländer, Dr. Boris Briehl, Dr. Dimitar Stoyanov
Nicht im Bild: Dr. Peter Klein, Dr. Carsten Lojewski



Fraunhofer Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC

Das Fraunhofer Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics wurde im September 2001 gegründet. Es kooperiert eng mit dem Fraunhofer ITWM und dem Department of Mathematics der Chalmers University und nimmt daher eine besondere Stellung innerhalb der schwedischen und europäischen Industrieforschungsinstitute ein.

Der Geschäftsplan vom März 2001 sah vor, dass das FCC den Umsatz von 1,7 Mio € für die erste Finanzperiode auf 2 Mio € für 2004 steigert. Die vorläufigen Erträge für die erste Finanzperiode betragen 1,73 Mio €, verteilt auf 46 Prozent Grundfinanzierung, 32 Prozent Industrieprojekte und 22 Prozent öffentliche Projekte.

Das FCC startete im September 2002 mit sechs Mitarbeitern, geplant sind bis Ende 2004 fünfzehn bis zwanzig Mitarbeiter. Bereits jetzt hat das schwedische Institut 14 Beschäftigte, inklusive eines

ITWM-Mitarbeiters. Damit hat das FCC in etwa die Größe einer Abteilung des ITWM.

ITWM und FCC versuchen ein größeres europäisches Netzwerk von ähnlichen Institutionen zu etablieren. Die Grundidee eines solchen Netzwerks ist es, Projekte an dem Ort zu bearbeiten, der am meisten dafür geeignet ist. Nach dem Aufbau der Grundstruktur des FCC in den Jahren 2001 und 2002 ist jetzt das Durchführen gemeinsamer Projekte mit ITWM und Chalmers wichtigstes Ziel.

Vier Kompetenzbereiche werden auf den folgenden Seiten beschrieben:

- Materialermüdung und Belastungsanalyse
- Qualitätstechnik
- Finite-Elemente-Technik
- Bioinformatik

Ansprechpartner:

Dr. Uno Nävert

☎ +46 (0) 31/7 72-42 85





Materialermüdung und Belastungsanalyse

In diesem Schwerpunkt werden statistische Methoden genutzt, um Aussagen über Zuverlässigkeit in mechanischen Konstruktionen im Hinblick auf Materialermüdung treffen zu können. Die Lebensdauer hängt von der Materialstärke und der angreifenden Belastung ab. Die Stärke wird durch Materialtests ermittelt, während die Belastung im Betrieb gemessen wird. Der Zusammenhang zwischen Stärke, Belastung und Materialermüdung wird durch einfache physikalische Modelle hergestellt. Ungenauigkeiten in den Messungen und Modellen führen zu Endresultaten, die mit einem gewissen Maß an Unsicherheit behaftet sind. Eine statistische Betrachtung ermöglicht es, alle Unsicherheiten und Variationen zu einer endgültigen Zuverlässigkeitsanalyse zu kombinieren. Dabei können die Modelle durch die im Betrieb festgestellten Schäden verbessert werden. Speziell lassen sich vier Teilgebiete identifizieren:

- Planung und Auswertung von Ermüdungstests

Es werden bevorzugt etablierte statistische Methoden wie statistische Versuchsplanungen, Regression, Konfidenz- und Vorhersageintervalle angewendet.

- Studien der realen Belastung

Hier werden die Theorie von stochastischen Prozessen und die Rain Flow Count-Analyse genutzt. Die Problematik der Relationen zwischen Labortests und realen Belastungen wird beachtet.

- Unsicherheit in empirischen Modellen

Ein statistischer Problemzugang macht es möglich, Modellunsicherheiten und Zufallsvariationen in Belastungen und Material zu vergleichen, um damit eine optimale Komplexität in der Modellierung zu finden.

- Berücksichtigung von festgestellten Schäden

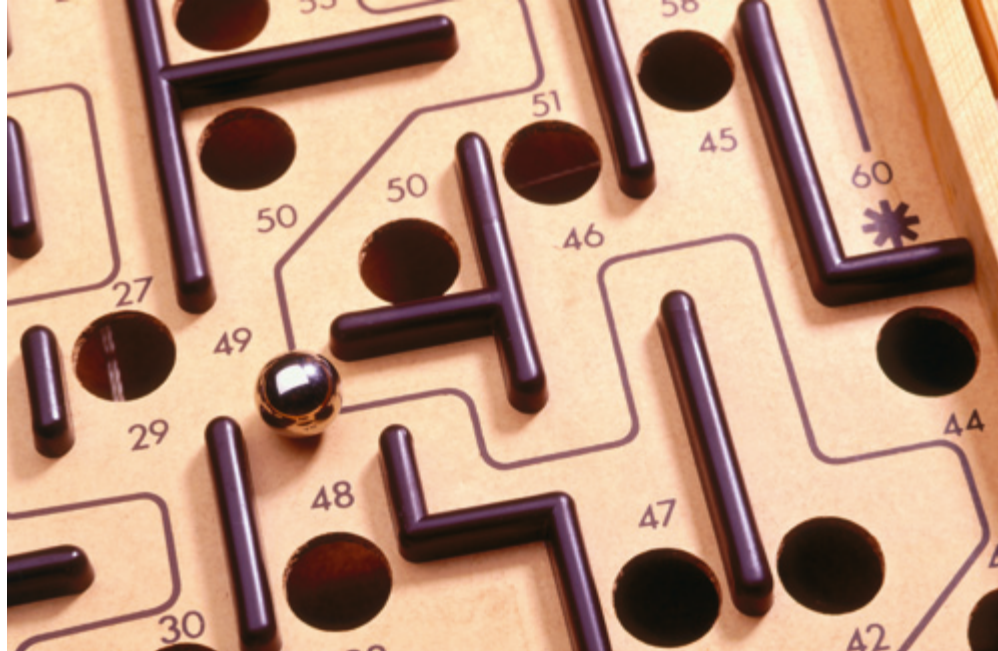
Die Anwendung der Bayes'schen Update-Technik erlaubt es, zwischen zufälligen und systematischen Unsicherheitsquellen zu unterscheiden und Verbesserungen zukünftiger Modelle zu machen.

Ansprechpartner:

Dr. Thomas Svensson

Dr. Pär Johannesson

☎ +46 (0) 31/7 72-42 84



Qualitätstechniken

Der Bedarf an Qualitätstechniken ist in den letzten Jahren durch die Herausforderung, hochqualitative Produkte kostengünstig und mit kurzen Entwicklungszeiten zu produzieren, deutlich gewachsen.

Geometriebezogene Qualitätsprobleme werden häufig während des Zusammenbaus entdeckt, dann wenn Bauteile zusammengesetzt werden sollen und nicht genau so passen wie erwartet. Die Ursache liegt oft in einem geometrisch sensitiven Produkt oder Produktionskonzept, das aufgrund mangelnder Analysewerkzeuge nicht ausreichend getestet worden ist. Ein Design- oder Produktionswechsel ist an dieser Stelle sehr teuer und endet in einer verspäteten Markteinführung, die Einnahmeverluste nach sich zieht. Die Zusammenarbeit mit dem Wingquist Laboratory an der Chalmers University erlaubt dem FCC, geometriebezogene Probleme zu lösen.

- Robustes Design und Variationsimulationen

Es werden statistische Monte-Carlo-Simulationen angewandt, daneben Sensitivanalyse und die Verteilungs-

analyse des FCC-Partners RD&T Technology, um das Produkt beim Zusammenbau unempfindlich gegen Fertigungstoleranzen der Einzelteile zu machen. Dies reduziert den Bedarf an kostenträchtigen Prototypen und Testserien.

- Inspektionsvorbereitung

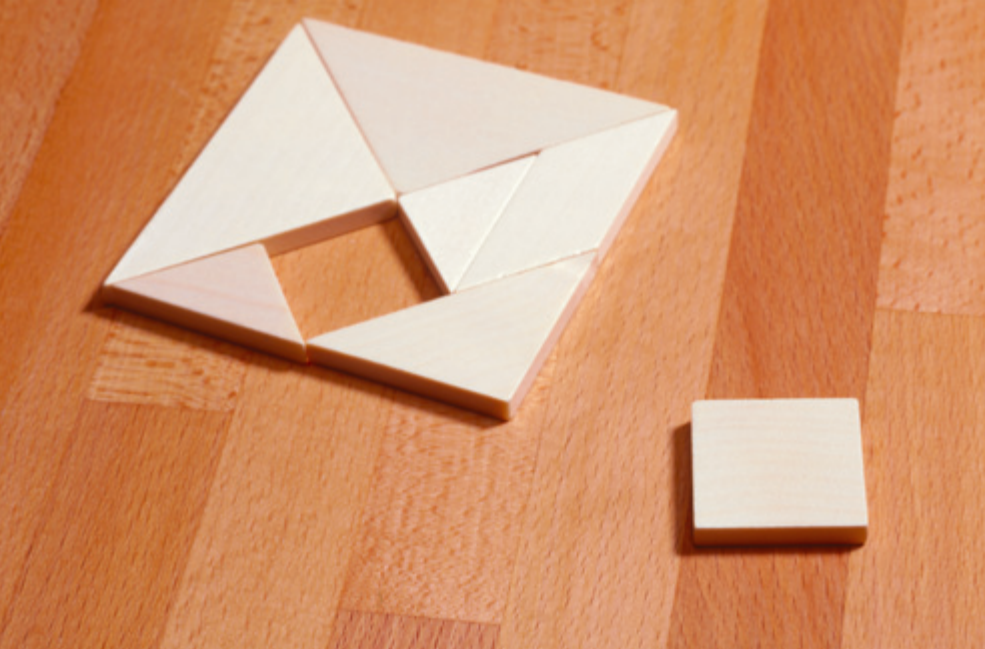
Am FCC werden Methoden und Werkzeuge für eine intelligente Inspektionsvorbereitung entwickelt. Mit einer möglichst geringen Anzahl an Inspektionen sollen möglichst viele Informationen über das Produkt und den Prozess gesammelt werden. Dieses Gebiet schließt auch den Partner IVF Industrial Research and Development Corporation mit ein.

- SPC und Root Cause Analysis

Statistische Methoden für die Root-Cause-Analysis eines Produktes ermöglichen es, Probleme beim Herstellen und in der Phase des Zusammenbaus aufzudecken und zu lösen. Ziel ist eine schnelle Identifikation und Verbesserung von Problemen und verbesserte Kenntnisse über die Produkt-Prozess-Korrelation.

Ansprechpartner:

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



Finite-Elemente-Technik

Die Finite-Elemente-Methode ist eine allgemeine Technik zum numerischen Lösen von Differential- und Integralgleichungen, mit denen ein Großteil physikalischer Phänomene modelliert werden kann. Das FCC arbeitet eng mit dem Chalmers Finite Element Center zusammen, einer führenden Gruppe auf diesem Gebiet.

Der Ausgangspunkt vieler industrieller Berechnungen ist die Generierung eines Gitters mit gewünschten Eigenschaften und Qualität. Aufgrund fehlerhafter CAD-Daten, mangels robuster Gittergeneratoren oder dem Bedarf an speziellen Gittern ist dies häufig schwierig. Computersimulationen ermöglichen ein rasches Produktdesign und Optimieren, wozu schnelle Gleichungslöser und effiziente Algorithmen eingesetzt werden.

Moderne Finite-Elemente-Techniken basieren auf Multiresolutions-Approximationen, bei denen die lokale Auflösung durch ein adaptives Vorgehen erreicht wird. Um die nötigen Genauigkeiten zu erhalten, werden neu entwickelte Techniken zur Fehlerschätzung angewendet. Aktuelle Arbeiten beinhalten die Entwicklung von automatischen Fehlerschätzern bei industriellen Pro-

blemen. In einem adaptiven Vorgehen wird eine Reihe von Gittern generiert, die zum Lösen diskreter Gleichungssysteme mit der Multigrid-Methode verwendet wird. Eine weitere Technik, um hohe Genauigkeiten zu erhalten, ist die Verwendung von Polynomen höherer Ordnung.

Inverse Probleme enthalten typischerweise die Bestimmung von Größen oder Objekten aus gemessenen Daten. Üblicherweise wird das Problem vorwärts gelöst, die Abweichungen berechnet, das Ausgangsdesign angepasst und der Vorgang wiederholt. Die Integration einer Optimierungsschleife und die zuvor genannte adaptive Strategie eröffnet die Möglichkeit einer effizienten Optimierung auf einer größeren Skala, gefolgt von einer lokalen Optimierung auf einer feineren Skala.

Ein aktuelles Projekt zusammen mit Chalmers ist das EU-Projekt **ViSiCADE**. Das Projektziel ist die Entwicklung eines intuitiven Simulationswerkzeugs basierend auf Virtual Reality. Hierzu entwickelt das FCC einen schnellen FEM-Löser, um Echtzeitsimulationen machen zu können.

Ansprechpartner:

Dr. Klas Samuelsson

Lic. Anders Ålund

☎ +46 (0) 31/7 72-42 96



Bioinformatik

Bioinformatik ist eine neue Disziplin, die Genetik, Mathematik und Informatik vereint. Sie kann auf dem Weg von der DNS-Sequenz bis zur Entwicklung von neuen Medikamenten und Heilmethoden sehr hilfreich sein. Sie beinhaltet Forschung, Entwicklung und Anwendung von computergestützten Werkzeugen und geht daran, die Anwendung inklusive Aufbereitung, Analyse und Visualisierung der Daten auszuweiten.

Die Entschlüsselung des Erbguts ist Grundlage für Genetik und Bioinformatik. Es ist jedoch noch sehr schwierig, die zelluläre Biochemie und die Krankheitsmechanismen zu verstehen. Als erster Schritt wird die immense Flut an DNS-Sequenzdaten organisiert, klassifiziert und bestimmt.

Obwohl der zuverlässigste Weg der Bestimmung der Funktionsweise eines Gens direkte Experimente sind, ist dies oft sehr schwierig. Einfacher wäre es, wenn die Funktionsweise alleine von der DNS-Sequenz abgeleitet werden könnte. Die Funktionsgenomik ist durch eine experimentelle Methodik in Verbindung mit statistischer und rechnerbasierter Auswertung charak-

terisiert. Damit erhält man strukturelle Informationen aus der Primärsequenz der Gene.

Um Arzneimittel gegen eine Krankheit zu entwickeln, muss ein Ziel identifiziert werden. Dazu müssen wir von einem Protein mögliche Formen, Wechselwirkungen und Stoffwechselwege kennen. Proteomik und Funktionsgenomik beinhalten Identifikation, Charakterisierung und Quantifizierung von Proteinen und werden Hauptkomponenten der zukünftigen Entwicklung von klinischen Diagnosen und pharmazeutischen Therapien sein. Hier betritt die Bioinformatik das Gebiet der Biostatistik, ausgehend von Medikamentenzielen, hin zu Präparaten, klinischen Versuchen und zum fertigen Produkt.

Im September 2002 wurde der Schwerpunkt Bioinformatik gebildet; sein Hauptfokus gilt der pharmazeutischen Industrie und es bestehen bereits Kontakte zu einer Reihe von Biotech-Firmen. Wir erwarten einen großen Bedarf seitens der Biotech-Industrie, sowohl an direkter Hilfe bei der Analysedatenauswertung als auch in der Software-Produktentwicklung.

Ansprechpartnerin:

Dr. Marina Alexandersson
☎ +46 (0) 31/7 72-47 98



2002 im Rückblick

- | | |
|------------------|---|
| 4. März | Umzug einer weiteren Abteilung in den PRE-Park |
| 13. Juni | Fraunhofer-Themenverbund »Numerische Simulation« gegründet (Geschäftsstelle im ITWM angesiedelt) |
| 17./18. August | ITWM beim Tag der offenen Tür im Bundeskanzleramt |
| 4. September | Offizielle Einweihung des Fraunhofer Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics (FCC) in Göteborg |
| 14. September | Verleihung des Hansjörg Wacker Memorial Prize an Nicole Marheineke (Abt. Transportvorgänge) bei der ECMI-Tagung in Lettland |
| 4. November | Buslinie 15 wird in den PRE-Park verlängert |
| 21./22. November | ITWM organisiert die ECMI Glass Days in Wattens |
| 5. Dezember | Linux NetworX Research Lab wird eingeweiht |

Im Fraunhofer ITWM auf dem Universitätscampus herrschte im vergangenen Jahr erneut Platzmangel: Eine weitere Abteilung zog deshalb im März in den PRE-Park, wo das ITWM bereits Ende 1998 eine Außenstelle eingerichtet hatte.

Im Neubau der Firma tecmath in der Europaallee fanden 40 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie etliche Hilfskräfte ein neues Domizil. Der ITWM-Standort PRE-Park ist damit kaum kleiner als der Standort Unicampus. Bis zur Fertigstellung des Fraunhofer-Zentrums, die für Ende 2005 geplant ist, wird das Mathematik-Institut mit seinen derzeit sechs Abteilungen auf diese beiden Standorte verteilt bleiben.



Im September wurde die ITWM-Doktorandin Nicole Marheineke für ihre Diplomarbeit mit dem Hansjörg Wacker Memorial Prize ausgezeichnet. Damit geht diese Auszeichnung nach 1993 und 1998 bereits zum dritten Mal nach Kaiserslautern. Zusätzlich zum Preisgeld erhielt Nicole Marheineke eine Einladung zur diesjährigen ECMI-Konferenz in Jurmala (Lettland), wo sie ihre Arbeit vorstellte. ECMI ist das »European Consortium for Mathematics in Industry«; es wurde 1986 u. a. von Kaiserslauterer Mathematikern um Prof. Dr. Helmut Neunzert gegründet mit dem Ziel, die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaftlern in Hochschulen und Wissenschaftlern in der Industrie zu verstärken.

Mit der Erweiterung der Linie 15 im November rücken die beiden Kaiserslauterer Technologiestandorte Universität und PRE-Park enger zusammen. Die Initiative für die neue Streckenführung ging vom Fraunhofer ITWM aus, dessen Institutsteile nun direkt verbunden sind.

Der neue »ITWM-Bus« trägt dem Rechnung und verdeutlicht die vier Grundpfeiler des ITWM: I wie Innovation, T wie Technologie, W wie Wissen und M wie Menschen.



Im September wurde das bereits ein Jahr zuvor gegründete Fraunhofer Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics (FCC) in Göteborg vom rheinland-pfälzischen Wissenschaftsminister Jürgen Zöllner und dem schwedischen Handelsminister Leif Pagrotsky offiziell eingeweiht.



V. l. n. r.: Staatssekretärin Agnetha Bladh (Bildungsministerium Schweden), Prof. Jürgen Zöllner (Minister für Wissenschaft, Weiterbildung, Forschung und Kultur, Rheinland-Pfalz), Leif Pagrotsky (Handelsminister Schweden), Prof. Dieter Prätzel-Wolters (Fraunhofer ITWM), Dr. Uno Nävert (FCC), Prof. Peter Jagers (Chalmers Universität Göteborg)

Das schwedische Schwesterinstitut des Fraunhofer ITWM ist aus dem »Institut för Tillämpad Matematik (ITM)«, dem Institut für angewandte Mathematik am Fachbereich Mathematik der Chalmers Universität in Göteborg, hervorgegangen. Der Leiter des ehemaligen ITM, Uno Nävert, leitet nun auch das Fraunhofer FCC.

Mathematik aus Kaiserslautern präsentierte das Fraunhofer ITWM im August im Garten des Bundeskanzleramts in Berlin. Am Tag der offenen Tür der Bundesministerien waren über hunderttausend Bürger der »Einladung zum Staatsbesuch« gefolgt, allein 20 000 bevölkerten das Kanzleramt. Die Veranstaltung, die zum vierten Mal stattfand, trug das Motto »Nachhaltigkeit«. Und dazu kann die Mathematik einiges beitragen.



Der Technologie-Standort PRE-Park in Kaiserslautern ist um eine Firma reicher: Linux NetworkX, ein US-Spezialist für PC-Cluster auf der Basis von Linux-Rechnern, eröffnete hier seine Europa-Niederlassung. Gleichzeitig wurde auch das Linux NetworkX Research Lab am Fraunhofer ITWM eingeweiht. Durch die Zusammenarbeit von Linux NetworkX mit dem ITWM können auch europäische Kunden schneller auf die neuesten Entwicklungen im Bereich der Cluster-Technologie zugreifen.

Das Linux NetworkX Research Lab hat Zugang zum neuen Clustersystem des ITWM, das über 128 P4-CPU's verfügt und zu den 500 schnellsten Rechnern der Welt gehört.

Anhang

- Andrä, H. (mit Rutka, V. und Wiegmann, A.):
Mikrostruktursimulation zur Berechnung makroskopischer mechanischer Eigenschaften poröser Materialien
Südwestdeutsches Mechanik-Kolloquium, Kaiserslautern, November 2002
- Andrä, H.:
An Alternating Iterative BEM Algorithm For The Reconstruction Of Internal Cracks
BMBF Workshop «Boundary Element Methods – Modern Algorithms and Industrial Applications», Saarbrücken, September / Oktober 2002
- Andrä, H.:
Contact Mechanics
Universität Kaiserslautern, Wintersemester 2002/03
- Andrä, H.:
Einführung in die Boundary-Element-Methode
Universität Kaiserslautern, Sommersemester 2002
- N. Etrich., Nieschulz, K.-P.,
Fließverhalten von Iller- und Ellerbach
Umweltausschuss, Stadt Kaiserslautern, September 2002
- Feßler, R., Würz, W.:
Flugerprobung eines Funk-Umschlagsensors
DLR Segelflugsymposium, Universität Stuttgart, November 2002
- Günther, M.:
Parameter estimation in power networks
Kontakttag Hoksola Industri, Chalmers University Göteborg, Mai 2002
- Hanne, T.:
A Multiobjective Evolutionary Algorithm for Approximating the Efficient Set
SIGOPT - International Conference on Optimization, Lambrecht, Februar 2002, und 16th Triennial Conference of the International Federation of Operational Research Societies, Edinburgh, Juli 2002,
- Hensel, H., Mohring, J.:
Coupled simulation of a glass tank heated by a nonlinear electric network
Glass Days, Wattens, Österreich, November 2002
- Iliev, O. (mit Chernogorova, T., Ewing, R., Lazarov, R.):
On Finite Volume Discretizations of Elliptic Problems with Discontinuous Coefficients
International Conference on Finite Volumes for Complex Applications, Porquerolles, Frankreich, Juni 2002
- Iliev, O. (mit Laptev, V.):
On Simulation of Coupled Flow in Plain and Porous Media
TU Darmstadt, November 2002
- Iliev, O. (mit Laptev, V., Rief, S., Steiner, K., Stoyanov, D. und Wiegmann, A.):
On The Simulation Of Flow In Porous Media
Kick-off Meeting der MACSI-Net-Arbeitsgruppe »Filtration and Paper Manufacturing«, Göteborg, Schweden, Mai 2002
- Iliev, O. (mit Tiwari, S.):
A Generalized (Gridfree) Finite Difference Discretization For Elliptic Interface Problems
International Conference on Numerical Methods and Applications, Borovetz, Bulgarien, August 2002
- Iliev, O.:
Finite Volume Discretization for Interface Problems
Universität Kaiserslautern, Juli 2002
- Kalcsics, J.:
Planning Sales Territories - A Facility Location Approach
ISOLDE IX, Fredericton, Kanada, Juni 2002
- Kehrwald, D.:
LBGK Interface Tracking
DFG-Workshop «Lattice Boltzmann Methods», Kaiserslautern, April 2002
- Korn, R.:
Mathematische Modelle für optimales Investment
Mathematisches Kolloquium, Universität Linz, Mai 2002
- Korn, R.:
Zinsmodellierung
Workshop bei der LRP Mainz, Juli 2002
- Korn, R.:
Optimal Investment under the treat of a crash
Math-Finance-Kolloquium, Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt, Juli 2002
- Korn, R.:
Credit Risk Models
HypoVereinsbank München, September 2002
- Korn, R.:
Anwendung des Marginaloptimalitätsprinzips in der Finanzmathematik
Finanzmathematik-Kolloquium, Maximilian Ludwigs-Universität München, Oktober 2002
- Kraft, H.:
Optimal Portfolios with Defaultable Securities
Finance Day 2002, Center of Finance and Riskmanagement, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, November 2002
- Kraft, H.:
Optimal Portfolio with Defaultable Securities – A Firm Value Approach
9. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Finanzwirtschaft (DGF), Köln, Oktober 2002
- Kraft, H.:
Optimal portfolios subject to credit risk – a firm value approach
Jahrestagung der GAMM, Augsburg, März 2002
- Kraft, H.:
Optimal Portfolios with Stochastic Interest Rates and Default Risk
Laboratory of Actuarial Mathematics, University of Copenhagen, Oktober 2002
- Krekel, M., (mit Korn, R.):
Optimal portfolios with fixed income or consumption streams
DGF-Tagung, Köln, Oktober 2002
- Küfer, K.-H. (mit Hamacher, H. W.):
Optimization II
Universität Kaiserslautern, Wintersemester 2001/2002
- Küfer, K.-H. (Trinkaus, H.):
Radiation Therapy Planning – a Multicriteria Problem
Harvard Medical School (MGH), Boston (USA); University of Iowa, Medical Faculty and Engineering Department, Iowa City (USA), März 2002
- Küfer, K.-H.:
Praktische Mathematik: Methoden der Analysis
Universität Kaiserslautern, Sommersemester 2002
- Kuhnert, J.:
A meshfree method in continuum mechanics
AnumE- Workshop, Freiburg, Februar 2002
- Kuhnert, J.:
Umweltgerechtes Betanken: Aufgabenstellung und Modellierung
BMBF-Statusseminar, Ludwigshafen, Dezember 2002
- Laptev, V.:
On Numerical Simulation Of Flow Through Oil Filters
AMIF 2002, Lissabon, Portugal, April 2002
- Latz, A.:
Ausgewählte Kapitel aus der Hydrodynamik
Universität Mainz, Wintersemester 2002/03
- Linn, J.:
A Complete, Frame-Invariant Description of the Phase-Space of the Folgar-Tucker Equation
ECMI 2002, Jurmala, Lettland, September 2002

- Melo, T.:
Facility Location Planning in Supply Chain Management
IX International Symposium on Locational Decisions, Fredericton, Kanada, Juni 2002
- Melo, T.:
Mathematical Models in Supply Chain Management
Universität Kaiserslautern, Wintersemester 2002/03
- Melo, T.:
Mathematische Modelle für die strategische Supply Chain-Planung
8. Magdeburger Logistiktagung: Logistikplanung und -management, Magdeburg, November 2002
- Mohring, J.:
Simulating bass loudspeakers requires non-linear acoustics
ECMI 2002, Jurmala, Riga, September 2002
- Monz, M.:
Radiation Therapy Planning – a Multicriteria Problem
GAMM-Jahrestagung, Augsburg, April 2002
- Neunzert, H.:
Die Rolle der Mathematik bei der Gestaltung des 21. Jahrhunderts
Technotag der Universität Kaiserslautern, Mai 2002
- Neunzert, H.:
Mathematics of water waves
Madras, Indien, November 2002
- Neunzert, H.:
Mathematics: A really useful science, even a technology
International Conference on Numerical Methods and Applications, Borovetz, Bulgarien, August 2002; Madras und Bombay, Indien, November 2002
- Neunzert, H.:
Mathematische Herausforderungen der Praxis - Erfahrungen aus dem Fraunhofer ITWM
Freie Universität Berlin, Mai 2002
- Neunzert, H.:
MINT-Professionals: Mangelware bei stark steigendem Bedarf
TU Ilmenau, Januar 2002
- Neunzert, H.:
Modellierung in der Schule
Adam-Ries-Vorlesung, Erfurt, August 2002
- Neunzert, H.:
Möglichkeiten mathematischer Modellierung in der Schule
Lehrplankonferenz Mathematik, Rheinland-pfälzisches Ministerium für Bildung, Frauen und Jugend, Mainz, November 2002
- Neunzert, H.:
Research Cooperation of Industry and Academia: An Interdisciplinary and International Task
Conference »Industry and Research«, Bologna, Italien, Mai 2002
- Neunzert, H.:
What did we »Europeans« learn from Alan Tayler?
Alan Tayler Lecture, St. Catherine's College, Oxford, Großbritannien, November 2002
- Neunzert, H.:
Why is it a good idea to study mathematics?
Madras, Indien, November 2002
- Nickel, S.:
Discrete Location Theory
Universität Kaiserslautern, Wintersemester 2002/03
- Nickel, S.:
New results for discrete Ordered Median Problems
ISOLDE IX, Fredericton, Kanada, Juni 2002
- Nickel, S.:
Simulation und Optimierung zur Planung und Steuerung von Kommissioniersystemen
VDI-Seminar über Optimierte Kommissioniersysteme, Stuttgart, Februar 2002
- Nickel, S.:
Solution techniques for discrete Ordered Median Problems
ECCO 2002, Lugano, Schweiz, Mai 2002
- Nieschulz, K.-P.:
Lehrauftrag »Mathematik«
FH Wiesbaden, Wintersemester 2002/03
- Nieschulz, K.-P.:
Lehrauftrag »Werkstoff- und Prozesssimulation«
Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik, Universität Kaiserslautern, Institut für Verbundwerkstoffe GmbH, Kaiserslautern, Sommersemester 2002
- Nögel, U.:
Option pricing using stochastic volatility models
ECMI Conference, Jurmala, Lettland, September 2002,
- Ohser, J.:
Image Analysis and Mathematical Morphology I und II
Universität Kaiserslautern, Sommersemester 2002
- Ohser, J.:
The Euler number of discretized sets – an appropriate choice of adjacency in homogeneous lattices
Workshop of Stochastic Geometry, Spatial Statistics and Statistical Physics, Oberwolfach, Februar 2002
- Prätzel-Wolters, D.:
Mathematics as a key technology
FCC Opening, Göteborg, September 2002
- Rief, S.:
Modeling and Simulation of Infiltration and Paper Manufacturing
MACSI-Net Workshop »Filtration Problems in Porous Media and Paper Manufacturing«, Kaiserslautern, Oktober 2002
- Rutka, V. (mit Wiegmann, A.):
A Fast Finite Difference Method for Elliptic PDEs in Domains with Non-Grid-Aligned Boundaries with Application to 3D Linear Elasticity
ECMI 2002, Jurmala, Lettland, September 2002
- Scherrer, A.:
Strahlentherapieplanung – ein neuartiges Planungswerkzeug
Jahrestagung OR im Gesundheitswesen, Nürnberg, März 2002
- Schladitz, K.:
Estimation of the pair correlation function via inverse space
Workshop of Stochastic Geometry, Spatial Statistics and Statistical Physics, Oberwolfach, Februar 2002
- Schröder, M.:
Covering population areas by railway stops
International Conference on Operations Research, Klagenfurt, September 2002
- Schröder, M.:
Heuristische Ansätze zur Lösung von Standortfragen und deren Implementierung
Münsteraner GI-Tage, Münster, Juni 2002
- Schröder, M.:
Large-scale districting by linear programming and optimal rounding
International Symposium on Combinatorial Optimization, Paris, April 2002

- Siedow, N. Loch, H., Manservisi, S.:
Shape optimization of pipe flanges
Glass Days, Wattens, Österreich, November 2002
- Siedow, N.:
MACSI-GLASS
MACSI-Net meeting, Amsterdam, November 2002
- Siedow, N.:
Mathematical problems in glass industry
ECMI 2002, Jurmala, Lettland, September 2002
- Siedow, N.:
Optimal control of glass cooling
ECMI 2002, Jurmala, Lettland, September 2002
- Steiner, K.:
Modellierung und Simulation strömungs-technischer Prozesse in technischen Textilien
Kolloquiumsvortrag am IWS der Universität Stuttgart, November 2002
- Steiner, K.:
The Use of Lattice Boltzmann Methods at the Fraunhofer Institute for Industrial Mathematics
DFG-Workshop «Lattice-Boltzmann-Methods», Kaiserslautern, April 2002
- Steiner, K.:
Virtuelles Design offener Werkstoffe – Werkstoffauslegung mit Hilfe von Simulationen
Industrietag: Schaumkeramik – ein Multitalent, Dresden, März 2002
- Tiwari, S., Kuhnert, J.:
Numerical simulations of incompressible flows by Finite Pointset Method
HYP 2002, CalTec, Pasadena, USA, März 2002
- Vasileva, D. (mit Dörfler, W., Iliev, O., Stoyanov, D.):
On a 3D-Multigrid Adaptive Refinement Solver For Non-Newtonian Flow in Porous Media
International Conference on Numerical Methods and Applications, Borovetz, Bulgarien, August 2002
- Wiegmann, A.:
Microstructure Simulation and its Applications
MACSI-Net Workshop »Filtration Problems in Porous Media and Paper Manufacturing«, Kaiserslautern, Oktober 2002
- Alicke, K., Hanne, T., Melo, T.:
Strategies for capacity planning in a complex production system
in: Chameni, P., R. Leisten, A. Martin, J. Minnemann, H. Stadler (Eds.): Operations Research 2001, Springer, 2002, 119-126.
- Bender, T., Hennes, H., Kalcsics, J., Melo, T., Nickel, S.:
Location Software and Interface with GIS and Supply Chain Management
Facility Location: Applications and Theory, Springer 2002
- Berlage, T., Hanne, T., Münch, J., Nickel, S., von Stockum, S., Wirsén, A.:
Simulation-based Evaluation and Improvement of Software Development Processes
Fraunhofer IESE-Report 048.02/E, August 2002
- Bracke, M., Feldmann, S., Prätzel-Wolters, D.:
Parameter Depending State Space Descriptions of Index-2-matrix Polynomials
Linear Algebra Appl. 347, 59-80, 2002
- Brinkmann, M., Siedow, N., Korb, T.:
Remote spectral temperature profile sensing
in: Krause, D., Loch, H., (Eds.) Mathematical Simulation in Glass Technology, Schott Series on Glass and Glass Ceramics, Springer, 262-286, 2002
- Brinkmann, M., Siedow, N.:
Heat transfer between glass and mold during hot forming
in: Krause, D., Loch, H. (Eds.): Mathematical Simulation in Glass Technology, Schott Series on Glass and Glass Ceramics, Springer, 239-262, 2002
- Chernogorova, T., Ewing, R., Iliev, O., Lazarov, R.:
On finite volume discretizations of elliptic interface problems
in: R. Herbin, D. Kroener (Eds.): Finite Volume for Complex Applications III, Hermes Publ., 301-308, 2002
- Dörfler, W., Iliev, O., Stoyanov, D., Vasileva, D.:
On a multigrid - adaptive local refinement solver for simulation of saturated non-Newtonian flow in porous media
in: I. Dimov, I. Lirkov, S. Margenov, Z. Zlatev (Eds): Numerical Methods and Applications, Lecture notes in computer sciences, 2502, Springer Verlag, 171-178, 2002
- Eley, M., Melo, T., Nickel, S., Nieschulz, K.-P., Steiner, K. u.a.:
Marktanalyse Katastrophen- und Notfallmanagementsysteme. Abschlussbericht 2002
Hrsg.: Fraunhofer ITWM, IGD, IITB, UMSICHT, Fraunhofer Center for Research in Computer Graphics CRCG, Kaiserslautern, 2002
- Ehrgott, M., Nickel, S.:
On the Number of Criteria Needed to Decide Pareto Optimality
Mathematical Methods of Operations Research 55: 329-345, 2002
- Ettrich, N., Sollid, A., Ursin, B.:
Out-of plane spreading in anisotropic media
Geophysical Prospecting, vol. 50, 2002
- Ettrich, N., Sollid, A.:
Offset-dependent geometrical spreading for converted waves using constant-velocity gradient models
SEG Ann. Mtg., Extended Abstracts, 2002
- Ettrich, N.:
Offset-dependent geometrical spreading in isotropic laterally homogeneous media using constant-velocity gradients
Geophysics, vol. 67, 1612-1615, 2002
- Feldmann, S., Lang, P., Prätzel-Wolters, D.:
Parameter influence on the zeros of network determinants
erscheint in: Linear Algebra and its Applications
- Franosh, T., Latz, A., Pick, R.:
Light-Scattering by Longitudinal phonons in Supercooled Molecular Liquids II: Microscopic Derivation of the Phenomenological Equations
preprint cond-mat/0209205, 2002
- Gerber, W., Stets, W., Ohser, J., Sandau, K.:
Bildanalytische Klassifikation von Lamellen-graphit in Grauguss
Gießereiforschung, 2002
- Ginzburg, I., d'Humières, D., Krafczyk, M., Lallemand, P., Luo, L.-S.:
Multiple-relaxation-time lattice Boltzmann models in three dimensions
Phil. Trans. R. Soc. Lond. A 360, 437-451, 2002
- Ginzburg, I., d'Humières, D.:
Multi-Reflection Boundary Conditions for Lattice Boltzmann Models
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 38, 2002
- Ginzburg, I., Steiner, K.:
Free-Surface Lattice Boltzmann Model to model the Filling of expanding cavities by Bingham Fluids
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 28, und Phil.Trans. R. Soc. Lond. A 360, 2002

- Ginzburg, I., Steiner, K.:
Lattice Boltzmann Model for Free-Surface and Its Applications to Filling processes in Casting
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 34, und J. Comp. Phys., 2002
- Göb, N., Kux, G.:
Cryptography using Hyperelliptic Curves
ERCIM News No. 49, April 2002
- Göb, N.:
Gutachten über das Krypto-Produkt »Enigma« 2000 der T. Heidel GmbH, Herford
März 2002
- Gündra, H., Kalcsics, J., Nickel, S., Schröder, M.:
Heuristische Ansätze zur Lösung von Standortfragen und deren Implementierung
in: Möltgen, J., Wytsik, A. (Hrsg.): GI-Technologien für Verkehr und Logistik, IfGI prints 13, Universität Münster, S. 297-310, 2002
- Günther, M., Klar, A., Materne, T., Wegener, R.:
An explicit kinetic model for traffic flow
in: Anile, A.M., Capasso, V., Greco, A., (Eds.): Progress in Industrial Mathematics at ECMI 2000, Springer, 597-601, 2002
- Günther, M., Klar, A., Materne, T., Wegener, R.:
An explicit solvable kinetic model for vehicular traffic and associated macroscopic equations
Mathematical and Computer Modelling 35(5-6), 591-606, 2002
- Günther, M., Klar, A., Materne, T., Wegener, R.:
Multivalued fundamental diagrams and stop and go waves for continuum traffic flow equations
Berichte des Fraunhofer ITWM 35, 2002
- Hanne, T., Neu, H., Münch, J., Nickel, S., Wirsen, A.:
Simulation-Based Risk Reduction for Planning Inspections
Lecture Notes in Computer Science, 2559 International Conference on Product Focused Software Process Improvement, S. 78-93, Springer, 2002
- Hanne, T.:
Book Review - Celso C. Ribeiro, Pierre Hansen (Eds.): Essays and Surveys in Metaheuristics
Mathematical Methods of Operations Research 56, 2, 341-342, 2002
- Hanne, T.:
Genetische Algorithmen und Evolutionsstrategien - Biologische Vorbilder für Simulation und Optimierung
in: Hamacher, H. W., D. Tenfelde (Eds.): Gentechnologie - Fluch oder Segen?, Shaker, Aachen, 81-102,
- Iliev, O., Tiwari, S.:
A generalized (meshfree) finite difference discretization for elliptic interface problems
In: I. Dimov, I. Lirkov, S. Margenov, Z. Zlatev (Eds): Numerical Methods and Applications, Lecture notes in computer sciences, 2502, Springer, 480-489, 2002
- Iliev, O.:
On second order accurate discretization of 3D elliptic equations with discontinuous coefficients and its fast solution by multigrid method with a pointwise smoother
IMA J. Numerical Analysis, Vol.22, 391-406, 2002
- Illner, R., Stoica, C., Klar, A., Wegener, R.:
Kinetic equilibria in traffic flow models
Transport Theory and Statistical Physics 31 (7), 615-634, 2002
- Jablonski, A., Rauhut, M.:
Schnelle Algorithmen zur Texturanalyse
Fraunhofer Allianz Vision, Leitfaden zu praktischen Anwendungen der Bildverarbeitung 5, S. 16-19, 2002
- Kalcsics, J., Melo, T., Nickel, S.:
Mathematical Programming Models for Strategic Supply Chain Planning
Tagungsband der 8. Magdeburger Logistiktagung: Logistikplanung und -management, Magdeburg, November 2002
- Kalcsics, J., Nickel, S., Puerto, J., Tamir, A.:
Algorithmic Results for Ordered Median Problems defined on Networks and the Plane
OR Letters 30:149-158, 2002
- Knaf, H., Lang, P., Prätzel-Wolters, D.:
Expertensysteme in der komplementären Onkologie
In: J. Beuth (Ed.), Grundlagen der Komplementär-onkologie, Hippokrates, Stuttgart, 2002.
- Knaf, H.:
Knowledge-based diagnosis aiding in regulation thermography
erscheint in: Proceedings der GAMM
- Koch, K., Ohser, J. and Schladitz, K.:
Spectral theory for random closed sets and estimating the covariance via frequency space.
Adv. Appl. Prob., 2002
- Korn, R., Kregel, M.:
Optimal Portfolios with Fixed Consumption or Income Streams
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 31 (2002)
- Kregel, M.:
Optimal Portfolios with a loan dependent credit spread
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 32 (2002)
- Küfer, K., Bortfeld T., Thieke, C.:
Characterization of Dose Distributions through the Max and Mean Dose Concept
Acta Oncologica 41:158-161, 2002
- Küfer, K.-H., Hamacher, H. W.:
Inverse Radiation Therapy Planning – a multiple objective optimization approach
Discrete Applied Mathematics 118:145-161, 2002
- Küfer, K.-H., Monz M., Scherrer, A., Trinkaus, H., Bortfeld, T., Thieke, C.:
Intensity-Modulated Radiotherapy: A Large Scale Multi-Criteria Programming Problem
erscheint in OR Spektrum
- Kuhnert, J.:
An upwind Finite Pointset Method (FPM) for compressible Euler and Navier-Stokes equations
Meshfree Methods for Partial Differential Equations, LNCSE 26, Springer, 239-249, 2002
- Kulig, S., Lang, P., Prätzel-Wolters, D., Wirsen, A.:
Sensitivity and Robustness Analysis for Construction and Monitoring of Turbine-Generator Shafts
Mathematik: Schlüsseltechnologie für die Zukunft II, Springer, 2002
- Labbé, M., Hamacher, H. W., Nickel, S., Skriver, A. J. V.:
Multicriteria Semi-obnoxious Network Location Problems (MSNLP) with Sum and Center Objectives
Annals of Operations Research 110:33-53, 2002
- Lang, P.; Bach, H.:
Risikoparameter für schwere Herzerkrankungen mittels Auswertung von Langzeit-EKGs durch Methoden der nichtlinearen Zeitreihenanalyse
erscheint in: Proceedings zur GAMM 2002
- Latz, A., Letz, M., Schilling, R., Theenhaus, T.:
Microscopic dynamics of hard ellipsoids in their liquid and glassy phase
J. Non-Cryst. Solids, 307-310, 172, 2002
- Latz, A.:
Non-equilibrium Projection-operator for a quenched thermostatted systems
J. Stat. Phys. 109, 607, 2002

- Marheineke, N.:
Mesh-less method for homogenous handling of fiber-fluid interactions
Erscheint in: Bathe, K.J., (Ed.): Computational Fluid and Solid Mechanics, Proceedings of Second M.I.T. Conference, Elsevier
- Marheineke, N.:
Modified FEM for fibre-fluid interactions
Erscheint in: Burkis, A., Ciegis, R., Fitt, A. D. (Eds.): Progress in Industrial Mathematics at ECMI 2002, Springer
- Mikhailov, S. E.; Orlik, J.:
Asymptotic homogenization in strength and fatigue durability analysis of composites
Proceedings of IUTAM Symposium 02/4 »Singularities, Asymptotics and Homogenisation in Problems of Mechanics«. Univ. of Liverpool, UK, Kluwer, 2002
- Mikhailov, S. E.; Orlik, J.:
Homogenization of Fatigue and Durability of Composites
PAMM, Proc. Appl. Math. Mech., 2002
- Münc, J.; Berlage T.; Hanne T.; Nickel, S.; von Stockum, S.; Wirsén, A.:
Simulation-based Evaluation and Improvement of Software Development Processes
Fraunhofer IESE-Report 048.02/E, August 2002
- Neu, H.; Hanne, T.; Münc, J.; Nickel, S.; Wirsén, A.:
Simulation-based Risk Reduction for Planning Inspections
Lecture Notes in Computer Science, 2559 International Conference on Product Focused Software Process Improvement, 2002, Rovaniemi, Springer, 2002
- Neunzert, H.:
Why do we do »Industrial mathematics«?
in »Progress in Industrial Mathematics at ECMI 2000«, Springer 2002
- Nögel, U.:
Option pricing using stochastic volatility models
Erscheint in: Progress in Industrial Mathematics at 2002, Springer
- Ohser, J., Nagel, W., Schladitz, K.:
The Euler number of discretized sets – on the appropriate choice of adjacency in homogeneous lattices
In: D. Stoyan and K. Mecke: Statistical Physics and Spatial Statistics II, Lecture Notes in Physics, Springer, 2002
- Ohser, J., Nagel, W., Schladitz, K.:
The Euler number of discretized sets – surprising results in three dimensions
Image Analysis and Stereology, 2002
- Ohser, J., Sandau, K., Stets, W., Gerber, W.:
Bildanalytische Charakterisierung von Graphit im Grauguss und Klassifikation der Lamellenanordnung
Prakt. Metallogr., 2002
- Orlik, J.:
Homogenization for Viscoelasticity
in: Angelo Marcello Anile (ed.): Progress in industrial mathematics at ECMI 2000, Springer, 618-624, 2002
- Orlik, J.; Zhurov, A., Middleton J.:
Homogenised macrocontact condition between cementless hip implant and bone
Acta Bioeng. Biomech., Vol. 1, Suppl. 1, p. 252-253, Proc. 13th Conference of the European Society of Biomechanics, Wroclaw, Poland, September 2002
- Pick, R. M., Franosh, T., Latz, A., Dreyfus, C.:
Light-Scattering by Longitudinal phonons in Molecular Supercooled Liquids I: Phenomenological Approach
preprint cond-mat/0209204, 2002
- Rauhut, M.:
Papier ist nicht geduldig – Schnelle Inspektion von Papieroberflächen
QZ – Qualität und Zuverlässigkeit, 11/2001, 1447-1449
- Schmitt, T. G., Schilling, W., Saegrov, S., Nieschulz, K.-P.:
Flood Risk Management for Urban Drainage Systems by Simulation and Optimisation
9th International Conference on Urban Storm Drainage ICUD, Proceedings, September 2002, Portland, USA
- Schöbel, A., Schröder, M.:
Covering population areas by railway stops
Erscheint in: »Operations Research Proceedings 2002«, Springer
- Siedow, N., Brinkmann, M.:
Inverse temperature reconstruction of hot glass
Proceedings of the 2nd International Colloquium MGFT, Valenciennes, France, 173-177, 2002
- Siedow, N., Loch, H., Manservigi, S.:
Shape optimization of flanges
In: Krause, D., Loch, H. (Eds.): Mathematical Simulation in Glass Technology, Schott Series on Glass and Glass Ceramics, Springer, 209-237, 2002
- Siedow, N., Manservigi, S.:
Optimal design of thermo-electrical flanges
in: Anile, A.M., Capasso, V., Greco, A. (Eds.); Progress in Industrial Mathematics at ECMI 2000, Springer, 225-229, 2002
- Siedow, N.:
Direct and inverse problems of radiative heat transfer
MACSI-Net Newsletter 3, 22-23, 2002
- Theenhaus, T., Allen, M. P., Letz, M., Latz, A., Schilling, R.:
Dynamical precursor of nematic order in a dense fluid of hard ellipsoids of revolution
Eur. Phys. J. E 8, 269, 2002
- Tiwari, S., Kuhnert, J.:
A meshfree method for incompressible fluid flows with incorporated surface tension
Meshfree and Particle Based Approaches in Computational Mechanics, Revue Européenne des éléments finis, 11(7-8), 965-987, 2002
- Tiwari, S., Kuhnert, J.:
Particle method for simulations of free surface flows
Erscheint in: Proceedings HYP 2002, Springer
- Tiwari, S., Kuhnert, J.:
Finite Pointset Method based on the projection method for simulations of the incompressible Navier-Stokes equations
Meshfree Methods for Partial Differential Equations, LNCSE 26, Springer, 273-387, 2002
- Wichmann, T.:
Transient Ranking Methods for the Simplification of Nonlinear DAE Systems in Analog Circuit Design
In: Proc. Annual Scientific Conference GAMM 2002, Augsburg
- Wichmann, T.; Halfmann, T.:
Transiente Rankingverfahren und nichtlineare Verhaltensmodellgenerierung
GMM Fachbericht 38: Proceedings 6. GMM/ITG-Diskussionsitzung (Analog 2002), Bremen, Mai 2002
- Zemitis, A., Velten, K., Iliev, O.:
Analysis of Transport processes for layered porous materials used in industrial applications
In: W. Jäger, H.-J. Krebs (Eds.): Mathematics - Key Technology for the Future, Springer, 243-251, 2002

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

Abdi, T.:

Approximation of electron-photon transport in radiation therapy planing

Masterarbeit, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Magotsch, S.-H.:

A General Dynamic, Multicommodity, Capacitated Facility Location Model for Strategic Supply Chain Planning

Diplomarbeit, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Bach, H.:

Risikoparameter für schwere Herzerkrankungen mittels Auswertung von Langzeit-EKGs durch Methoden der nichtlinearen Zeitreihenanalyse

Diplomarbeit, FH Zwickau, FB Informatik

Garth, C.:

Boundary control in glass cooling including radiation

Diplomarbeit, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Godehardt, M.:

Strategien zur Reduzierung der Übersegmentierung beim Wasserscheidenalgorithmus

Diplomarbeit, FH Zwickau, FB Informatik

Goesmann, C.:

Optimal workload distribution problems in logistics

Diplomarbeit, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Hotman, E.:

Combination of Helmholtz Equation and Statistical Energy Analysis

Masterarbeit, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Iliev, O.:

Finite Volume Discretizations for Elliptic Problems with Discontinuous Coefficients

Habilitationsschrift, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Justen, L.:

An inverse heat conduction problem with unknown initial conditions

Diplomarbeit, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Keck, R.:

The Finite Volume Particle Method: A meshless projection method for incompressible flow

Dissertation, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Kehrwald, D.:

Numerical Analysis of Immiscible Lattice BGK

Dissertation, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Knecht, T.:

Grundlagen, Techniken und Anwendungen der Automatischen Differentiation und Vergleich verschiedener Ableitungsverfahren

Staatsexamensarbeit, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Koch, K.:

Spektralanalyse zufälliger abgeschlossener Mengen

Diplomarbeit, Universität Marburg, FB Mathematik

Lozano, M. L.:

Benders' Decomposition for Generalized Capacitated Location Problems

Masterarbeit, Marie Curie Stipendium, zusammen mit Universität Sevilla, Spanien

Otto, A.:

Finite Volume methods for convection dominated problems

Masterarbeit, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Panda, S.:

Dynamics of fluid drops and films on a surface

Masterarbeit, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Santosa, J.:

Associative Memory and Oscillatory Neural Networks

Masterarbeit, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Sarishvili, A.:

Neural Network Based Lag Selection, for Multivariate Time Series

Dissertation, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Van der Veen, J.:

Time series analysis on 24-hour-ECGs

Bachelor of Science, Hanzehogeschool Groningen

Wirsen, A.:

Sensitivitätsanalyse und modaldatenbasierte Modelladaption bei elastomechanischen Systemen

Dissertation, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Wolf, M.:

Product Aggregation in Supply Chain Management: An Application of Clustering and Error Analysis Techniques

Diplomarbeit, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Zemitis, A.:

A Systematic Study of the Euler Number of Discrete 3D-Sets

Diplomarbeit, Universität Kaiserslautern, FB Mathematik

Messebeteiligungen und Konferenzteilnahmen

*BAIKA-Kooperationsforum
»Textilien im Automobilbau«*
Hof, Oktober 2002, Aussteller

CeBIT 2002
Hannover, April 2002, Aussteller

Control 2002
Sinsheim, April 2002, Aussteller

DFG-Workshop »Lattice Boltzmann Methods«
Kaiserslautern, April 2002, Veranstalter

ECMI 2002
Jurmala, Lettland, September 2002, Vorträge

edaForum02
Hannover, 5.-6. Dezember, Teilnahme

*Entwurfplattformen komplexer angewandter
Systeme und Schaltungen (EkompasS), 1. Work-
shop*
Bonn, April 2002, Softwarepräsentation Analog Insydes

*Geografische Informationssysteme in der
Wasserwirtschaft*
Hannover, November 2002, Teilnahme

Glass Days 2002
Wattens (A), November 2002, Veranstalter und
Vorträge

Hannover Messe Industrie
Hannover, April 2002, Aussteller

Heidelberger Bildverarbeitungsforum
Asschaffenburg, Juli 2002, Teilnahme
Fürth, November 2002, Teilnahme

Industrietag: Schaumkeramik – ein Multitalent
Dresden, März 2002, Teilnahme

*INTERGEO, Messe der Geodäsie und Geo-
information*
Frankfurt, Oktober 2002, Mitaussteller

*MACSI-Net-Workshop »Filtration Problems in
Porous Media and Paper Manufacturing«,*
Kaiserslautern, November 2002, Veranstalter

MAGMASOFT User Meeting
Faals, Niederlande, Oktober 2002, Teilnahme

Medica 2002
Düsseldorf, November 2002, Aussteller

Seminar »Explicit Algebraic Number Theory«
Oberwolfach, November 2002, Teilnahme

*Seminar für technische Bildverarbeitung in ver-
teilten Systemen*
Iserlohn, Juni 2002, Teilnahme

Supercomputing 2002
Baltimore, November 2002, Aussteller

Workshop Graphitklassifikation
Kaiserslautern, März 2002, Veranstalter

*Workshop of Stochastic Geometry, Spatial
Statistics and Statistical Physics*
Oberwolfach, Februar 2002, Teilnahme

Workshop on Elliptic Curve Cryptography (ECC)
Essen, September 2002, Teilnahme

*3. Internationaler Workshop »Risk Management
in Urban Drainage Systems – Simulation and
Optimization«*
Kaiserslautern, Oktober 2002, Veranstalter (zusammen
mit der Stadtentwässerung Kaiserslautern)

*6. Symposium »Textile Filter« des Sächsischen
Textilforschungsinstituts*
Chemnitz, März 2002, Teilnahme

*6. GMM/ITG-Diskussionssitzung Analog ,02:
Entwicklung von Analogschaltungen mit CAE-
Methoden*
Bremen, Mai 2002, Softwarepräsentation Analog
Insydes

*41. Internationale Chemiefasertagung
und –messe Dornbirn*
Dornbirn, Österreich, September 2002, Aussteller

46. Österreichische Gießereitagung
Leoben, April 2002, Poster und Teilnahme

Gäste

Bordignon, G.:
*Decision trees for the classification of tumor cell
activity*
August 2002 – Juli 2003

Cleary, P. (CSIRO, Australien):
Partikelmethode
Mai 2002

d’Humières, D. (ENS Paris,
Directeur de Recherche):
Lattice-Boltzmann-Methoden
September 2001 bis Mai 2002

Lazarov, R. (Texas A&M University, USA):
*Entwicklung von Algorithmen für Strömung in
gesättigten porösen Medien sowie die Kopplung
der Strömungen innerhalb und außerhalb porö-
ser Medien*
Juni 2002

Luo, L.-S. (ICASE, Hampton, VA, USA):
Lattice-Boltzmann-Methoden;
*Vorträge: Construction of LBE model for binary
mixture, LBE simulations of non-spherical sus-
pensions in 2D and 3D*
April 2002

Sandau, K. (FH Darmstadt):
3D-Bildanalyse
Februar - Juli 2002

Starikovicius, V., (Universität Wilna, Litauen):
*Entwicklung und Implementierung numerischer
Algorithmen für Mehrphasenströmung in porö-
sen Medien*
Mai bis Oktober 2002

Vasileva, D. (Universität Sofia, Bulgarien):
*Entwicklung eines lokal adaptiven nichtlinearen
Mehrgitterlösers für nicht-Newtonsche
Strömung in saturierten porösen Medien*
September 2002 bis Mai 2003

Verter, V. (McGill Universität, Montreal, Kanada):
Strategic Management of Logistics Systems
Oktober 2002

Mitarbeit in Gremien, Herausgebertätigkeit

Dr. Thomas Hanne

- Mitglied im Programmkomitee bei EMO 2003, Second International Conference on Evolutionary Multi-Criteria Optimization, April 8-11, 2003, Faro, Portugal

PD Dr. Karl-Heinz Küfer

- Vorsitz Arbeitsgruppe »OR im Gesundheitswesen« der GOR
- Mathematics of Operations Research (Gutachter)
- Medical Physics (Gutachter)
- ORSpektrum (Guest Editor)
- Zentralblatt für Mathematik (Reviewer)
- Mathematical Programming (Gutachter)

Dr. Hagen Knaf, Dr. Patrick Lang

- Moderatoren der Working group »16 Cardiac and Cardiovascular Models«

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

- European Journal of Operational Research (Gutachter)
- Mathematical Methods of Operations Research (Gutachter)
- Mathematical Programming (Gutachter)
- Operations Research Letters (Gutachter)
- Multi-Criteria Decision Analysis (Gutachter)
- Transportation Science (Gutachter)
- Location Science (Gutachter)
- OR Spektrum (Gutachter)
- Zentralblatt für Mathematik (Gutachter)
- Mathematical Reviews (Gutachter)
- Operations Research (Gutachter)
- Mitglied des Editorial Board von »Computers & Operations Research«
- Mitglied der VDI-Fachausschüsse »Simulation und Optimierung« und »Modellbildung«

PD Dr. Joachim Ohser

- Leiter des Arbeitskreises »Digitale Bildanalyse« im Fachausschuss Metallographie der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde e. V.

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. Franz-Josef Pfreundt

- Production Grid RG im Global Grid Forum
- Europar 2002 Programmkomitee

Dr. Ronald Rösch

- Fraunhofer-Allianz Vision

Dr. Norbert Siedow


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

Dr. Raimund Wegener

- MACSI-net Newsletter (Editor)

Andreas Wiegmann, PhD

- Wissenschaftlich-Technischer Rat der Fraunhofer-Gesellschaft (WTR)
Stellvertreter: Dr. Dietmar Hietel



Kontakt

Fraunhofer-Institut für Techno-
und Wirtschaftsmathematik ITWM

Gottlieb-Daimler-Straße, Geb. 49
67663 Kaiserslautern

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

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

E-Mail: info@itwm.fraunhofer.de

Internet: www.itwm.fraunhofer.de