



Fraunhofer
ITWM

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR TECHNO- UND WIRTSCHAFTSMATHEMATIK ITWM



JAHRESBERICHT
2010/11

IMPRESSUM

© Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM 2011

Adresse Fraunhofer-Platz 1
67663 Kaiserslautern

Telefon +49(0)631/3 1600-0

Fax +49(0)631/3 1600-1099

E-Mail info@itwm.fraunhofer.de
Unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erreichen Sie unter:
<familienname>@itwm.fraunhofer.de

Internet www.itwm.fraunhofer.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des Herausgebers ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus in irgendeiner Form durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren zu reproduzieren oder in eine für Maschinen, insbesondere Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache zu übertragen. Dasselbe gilt für das Recht der öffentlichen Wiedergabe. Warennamen werden ohne Gewährleistung der freien Verwendbarkeit benutzt.

Dieser Jahresbericht erscheint auch in englischer Sprache.

Redaktion Ilka Blauth
Steffen Grützner
Marion Schulz-Reese

Gestaltung Gesa Ermel

Fotografie Der Herausgeber bedankt sich bei allen Kooperationspartnern für die Bereitstellung der entsprechenden Bilder.
FCC Göteborg: Seiten 84, 86, 87
MEV: Seite 10
iStockPhoto: Seiten 9, 20, 28, 36, 44, 52, 56, 60, 67, 76, 82
Google earth: Seite 68
Fotos: Fraunhofer ITWM, Gesa Ermel

Druck KerkerDruck GmbH, Kaiserslautern

JAHRESBERICHT
2010/11



INHALTSVERZEICHNIS

4	Vorwort	84	Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC
6	Rückblick	92	Vorträge
8	Felix-Klein-Zentrum für Mathematik	98	Lehrtätigkeit
10	Das Fraunhofer ITWM	99	Publikationen
13	Organigramm	104	Graduierungsarbeiten
14	Das Institut in Zahlen	105	Messe- und Konferenzteilnahmen
16	Kunden und Kooperationspartner	106	Ehrungen und Preise
18	Kuratorium	107	Eigene Veranstaltungen
18	Fraunhofer-Verbund Informations- und Kommunikationstechnologie	107	Gäste
19	Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick	108	Mitarbeit in Gremien, Herausgebertätigkeit
20	Transportvorgänge	110	Patente
28	Strömungs- und Materialsimulation		
36	Bildverarbeitung		
44	Systemanalyse, Prognose und Regelung		
52	Optimierung		
60	Finanzmathematik		
68	Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit		
76	Competence Center High Performance Computing		

Am Anfang des Jahres 2010 waren die Erwartungen am ITWM hinsichtlich Industrieerträge und Wachstum im Haushalt und Personal sehr gedämpft. Das erste Quartal war geprägt durch eine Durststrecke bei den Industrieprojekten, die auf das Jahr extrapoliert zu einem weiteren Einbruch im Bereich der Auftragsforschung mit der Wirtschaft geführt hätte. Diese Perspektive löste in allen Abteilungen umfangreiche Initiativen zur Projektinwerbung in der Industrie aus. Diese Initiativen waren am Ende sehr erfolgreich und haben zusammen mit der im Laufe des Jahres einsetzenden wirtschaftlichen Erholung dazu geführt, dass die Wirtschaftserträge gegenüber dem Krisenjahr 2009 signifikant erhöht werden konnten und insgesamt das Jahr 2010 mit einem weiteren Wachstum im Haushalt und beim Personal abgeschlossen wurde.

Auch die öffentlichen Erträge sind 2010 weiter gewachsen. Es ist besonders erfreulich, dass sich das ITWM erstmals substanzial im Förderprogramm »Mathematik für Innovationen in Industrie und Dienstleistungen« des Bundesministeriums für Bildung und Forschung verankern konnte. In einer Reihe von Verbundprojekten, an denen auch Industriepartner wie z. B. die Adam Opel GmbH, Infineon, John Deere oder Wyatt Technology beteiligt sind, werden hochaktuelle Forschungsthemen der angewandten Mathematik wie z. B. multidisziplinäre Simulation, nichtlineare Modellreduktion, geometrische Strukturmechanik, stochastische Modelle für Produktionsprozesse bzw. Mikro- und Nanostrukturen und multikriterielle Optimierung adressiert.

Ein weiterer Baustein zur Sicherung der öffentlichen Erträge über das Jahr 2010 hinaus ist die Beteiligung des ITWM am Spitzencluster »Softwareinnovationen für das Digitale Unternehmen«, das die Bundesregierung in den kommenden fünf Jahren mit 80 Mio Euro fördert. Das Spitzencluster ist auf die Standorte Darmstadt, Karlsruhe, Kaiserslautern, Saarbrücken und Walldorf verteilt. In Kaiserslautern arbeiten ITWM, IESE, DFKI und die TU gemeinsam an der Optimierung von Geschäftsprozessen in Unternehmen. Im Vordergrund der ITWM-Beiträge steht dabei die Unterstützung der Planung intelligenter adaptiver Produktionsprozesse mit datenbasierten Methoden.

Ein Highlight 2010 war auch die Einrichtung des neuen Fraunhofer Innovationsclusters »Fahrzeug – Umwelt – Mensch-Interaktion« am Standort Kaiserslautern. Damit wird der in den vergangenen Jahren aufgebaute Schwerpunkt »Digitale Nutzfahrzeugtechnologie« mit neuen Themen und Initiativen sowie einem erweiterten Industriekonsortium verstetigt. Beteiligt sind neben dem ITWM das Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering und die Kaiserslauterer Terahertzprojektgruppe des Fraunhofer-Instituts für Physikalische Messtechnik in Freiburg. Das Land Rheinland Pfalz, die Fraunhofer-Gesellschaft und das Industriekonsortium stellen für das Cluster von 2010-13 Projektmittel in Höhe von 10 Mio zur Verfügung.

Das Thema Erneuerbare Energien, das durch die jüngsten Ereignisse in Japan noch stärker als bisher schon zu einem zentralen Thema der zukünftigen Energieversorgung in Deutschland geworden ist, wird auch am ITWM aus Sicht der Mathematik intensiv beforscht. Das Land fördert den neu etablierten Arbeitsschwerpunkt Mathematik als Innovationstreiber für Erneuerbare Energien mit zwei Impulsprojekten. Im Projekt »mySmartGrid«, das aus dem Konjunkturprogramm II eine Finanzierung erhält, wird eine offene Alternative zu aktuellen Smart Metering-Lösungen entwickelt und es werden ausgewählte Verbraucher entsprechend der Verfügbarkeit der fluktuierenden Energien gesteuert. Das Projekt »myPowerGrid«, das aus Mitteln des Europäischen Strukturfonds (EFRE) und des Umweltministeriums Rheinland-Pfalz gefördert wird, verfolgt den Aufbau eines verteilten Energiespeichers und dessen zukünftige Integration in ein regeneratives Kombikraftwerk. In beiden Projekten werden neue Techniken entwickelt, mit denen auf der Basis von mathematischer Modellierung, Simulation und Optimierung eine effizientere Nutzung der fluktuierenden Energiequellen hinsichtlich Verbrauch, Speicherung und Distribution geplant und umgesetzt werden kann.

Sehr erfreulich gestaltet sich auch Entwicklung unseres 2001 gemeinsam mit der Chalmers Technical University gegründeten »Fraunhofer-Chalmers Centre for Industrial Mathematics«. Das Zentrum hat seine im Businessplan vorgesehenen Zielsetzungen



übertroffen, ist personell schneller als geplant gewachsen und hat seine Forschungskompetenzen dynamisch ausgebaut. Die Erschließung des schwedischen Marktes ist auf einem guten Weg und das ITWM ist an einer Reihe von Industrieprojekten beteiligt. Der Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft hat angesichts dieser positiven Entwicklung das Engagement der Gesellschaft bis 2015 in Form von Projektförderung verstetigt.

Ende November haben die Arbeiten zum Erweiterungsbau des ITWM begonnen, die Fertigstellung ist zum Ende des ersten Quartals 2012 geplant. Vorgesehen sind weitere Büroflächen sowie zwei hochmoderne Labors, die neuesten Technologiestandards entsprechen und die Schnittstellen zwischen mathematischer Innovation und industrieller Anwendung bilden. Ich möchte mich nochmals bei der Fraunhofer-Gesellschaft und dem Land Rheinland-Pfalz dafür bedanken, dass sie unserem außergewöhnlichen Wachstum Rechnung getragen und die finanziellen Mittel für den Erweiterungsbau bereitgestellt haben.

Das ITWM kommt nun langsam in die Jahre – fünf Jahre als Landesinstitut und zehn Jahre in der Fraunhofer-Gesellschaft – in der Rückschau eine Erfolgsgeschichte, auch für die Mathematik. Mathematik als Schlüsseltechnologie für Innovation in Wirtschaft und Gesellschaft – vor fünfzehn Jahren noch eher eine Vision – ist heute akzeptierte Realität geworden. Das ITWM hat dazu seinen Beitrag geleistet – kontinuierliches Wachstum mit hohen Industrieerträgen, ein Haushalt, der sich innerhalb der letzten fünf Jahre fast verdoppelt hat und viele innovative Projekte mit zahlreichen Firmen im In- und Ausland sind Indikatoren dafür. Viel dazu beigetragen hat aber auch das Netzwerk der Fraunhofer-Institute. Das ITWM ist in der Fraunhofer-Gesellschaft durch eine Vielzahl von Kooperationen mit Instituten aus allen Verbänden, insbesondere im Rahmen von Projekten aus den internen Programmen, sehr gut vernetzt. Die Synergien aus den spezifischen Kompetenzen vieler Fraunhofer-Institute mit der mathematischen Modellierung und der numerischen Simulation bildet die Basis für diese Vernetzung, die über die Jahre gewachsen ist und auch deshalb hervorragend funktioniert, weil in der Regel komplementäre

Kompetenzen in gemeinsamen Projekten zusammengeführt werden und die Konkurrenz am Markt eher gering ist.

Abschließend möchte ich unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern meine Anerkennung und meinen Dank für die geleistete Arbeit aussprechen. Das ITWM ist als Mathematikinstitut mit nur wenig Laborausstattungen im Spannungsfeld zwischen Forschung und Technologietransfer in besonderer Weise auf sein »human capital« angewiesen. Der unermüdliche Einsatz seiner Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, ihre Kompetenzen und ihre Selbstverpflichtung unseren Zielen und Visionen gegenüber sind die entscheidenden Faktoren für den nachhaltigen Erfolg des Instituts.

Bei der Bebilderung haben wir uns am Thema des aktuellen Wissenschaftsjahres orientiert: »Forschen für die Gesundheit«. Das Thema Medizin und Gesundheit wird am ITWM in einer Vielzahl von Projekten adressiert und Mathematik als Innovationstreiber für Personalisierte Medizin ist eines der am Institut neu etablierten Futures. Wir werden uns auch am Wissenschaftssommer 2011 in Mainz beteiligen, wo wir unsere Arbeiten zur Modell- und Simulationsgestützten Therapieplanung, Krankenhauslogistik, Optimierung von Knieprothesen und Medikamentenausbreitung im Innenohr vorstellen werden.

Wir freuen uns weiterhin auf eine fruchtbare und erfolgreiche Zusammenarbeit mit unseren Partnern und Freunden in den kommenden Jahren. Wir sind zuversichtlich, dass wir auch in Zukunft dem uns entgegengebrachten Vertrauen und den Erwartungen der Fraunhofer-Gesellschaft gerecht werden.

Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters
Institutsleiter



INNOVATIONSZENTRUM FÜR APPLIED SYSTEM MODELING GEGRÜNDET

1 *Hightech für Bagger und Lkw stand im Zentrum des 1. Commercial Vehicle Technology Symposiums*

2 *Interview mit einem jungen Besucher bei der Wissenschaftsnacht*

Unter dem Motto »Science meets Engineering« tritt seit Januar 2010 das neue Kaiserslauterer Innovationszentrum auf. Um vorhandene Kooperationen zu verstärken, rücken Fraunhofer ITWM und IESE sowie die Fachbereiche Informatik und Mathematik der TU Kaiserslautern noch enger zusammen. Für das Innovationszentrum ist eine Laufzeit von acht Jahren geplant; in den ersten vier wird es mit insgesamt 12,8 Mio Euro gefördert. Geldgeber sind das Land Rheinland-Pfalz mit 6,4 Mio Euro sowie die Fraunhofer-Gesellschaft und die Kaiserslauterer Fraunhofer-Institute, die zusammen Eigenmittel in gleicher Größenordnung aufbringen. Aus Forschungsk Kooperationen und Aufträgen werden weitere drei Mio Euro in der ersten Phase erwartet. Im »Innovationszentrum für Applied System Modeling« werden gemeinsame Strategien und Projekte vorangetrieben, die letztendlich zur Schaffung neuer Geschäftsfelder in innovativen Bereichen der angewandten Mathematik und Informatik führen.

1. COMMERCIAL VEHICLE TECHNOLOGY SYMPOSIUM

Das ITWM war einer der Veranstalter des 1. Commercial Vehicle Technology Symposium, das im März an der TU Kaiserslautern stattfand. Gemäß dem Motto »Forschung trifft Industrie« versammelten sich unter der Schirmherrschaft von Ministerpräsident Kurt Beck mehr als 250 Nutzfahrzeugexperten; eröffnet wurde die Tagung von Wissenschaftsministerin Doris Ahnen. In mehr als 50 Fachvorträgen wurde der aktuelle Stand der Technik in den Bereichen Konstruktion, Produktion, Berechnung, Elektrik/Elektronik und Softwaretechnik in der Nutzfahrzeugbranche referiert und diskutiert. Die zukünftig im zweijährigen Rhythmus stattfindende Veranstaltung bietet nationalen und internationalen Experten aus Forschung und Industrie eine Plattform zum Erfahrungsaustausch in den Bereichen Lkw und Bus sowie Land- und Baumaschinen.

NACHT, DIE WISSEN SCHAFFT

Forschung zum Anfassen, Zuhören und Mitmachen stand im Fokus der ersten Kaiserslauterer Wissenschaftsnacht, in der TU, FH und Forschungsinstitute zeigten, was in ihnen steckt. Oberflächeninspektion, Freiformlinsen, digitale Nutzfahrzeugtechnologie und optimales Schleifen von Edelsteinen waren einige der Themen, die das ITWM präsentierte; eine Diashow verdeutlichte die enge Vernetzung mit der regionalen Wirtschaft. Im Foyer spielte die Lauterer Band Cameleon und den Abschluss des Abends bildete die sehr gut besuchte Lesung von Rainer Furch und Madeleine Giese zur Mathematik in der Literatur: »Was die Zahlen erzählen«.



BESSEL-PREISTRÄGER FORSCHTE AM ITWM

Yalchin Efendiev, Professor für Mathematik an der Texas A&M University und Direktor des dortigen Institute for Scientific Computation, war bereits mehrmals als Gastwissenschaftler am ITWM, doch sein letzter Aufenthalt hatte einen ganz besonderen Anlass: Efendiev war Bessel-Preisträger. Mit dem von der Humboldt-Stiftung und der Fraunhofer-Gesellschaft gemeinsam zur Verfügung gestellten Preisgeld in Höhe von 45.000 Euro können die ausgezeichneten Wissenschaftler selbstgewählte Forschungsvorhaben in Kooperation mit Fachkollegen in einem der sechzig Fraunhofer-Institute bearbeiten. Prof. Yalchin Efendiev beschäftigte sich in seiner Zeit in Kaiserslautern vor allem mit der Übertragung und Weiterentwicklung seiner effizienten numerischen Verfahren zur Multiskalensimulation auf die am ITWM behandelten mehrskaligen Fragestellungen der Filter- und Dämmstoffauslegung.

3 Grundsteinlegung zum ITWM-Erweiterungsbau

4 Richtfest am Felix-Klein-Zentrum für Mathematik auf dem Campus der TU

RICHTFEST AM FELIX-KLEIN-ZENTRUM

Der Fachbereich Mathematik und das Fraunhofer ITWM arbeiten seit vielen Jahren in Forschung, Anwendung und Lehre eng zusammen; um auch nach außen einheitlicher aufzutreten, wurde das Felix-Klein-Zentrum geschaffen, erst als institutionelle Verbindung zur Stärkung der Mathematik in Kaiserslautern, nun auch ganz konkret: Ende Oktober wurde am Neubau des Felix-Klein-Zentrums auf dem Campus der TU Richtfest gefeiert; bereits Mitte 2011 werden fünf Mathematik-Professoren und ihre Arbeitsgruppen in die neuen Räume im dreigeschossigen Anbau des Internationalen Begegnungszentrums einziehen können. Die zusätzlichen Arbeitsgruppen tragen auch wesentlich dazu bei, die Abteilungen des ITWM in der angewandten Forschung noch stärker mit Spiegelgruppen am Fachbereich Mathematik zu verzahnen.

SPATENSTICH AM ITWM-ERWEITERUNGSBAU

Ende November haben die Arbeiten zum Erweiterungsbau des Instituts begonnen, Mitte 2012 sollen die Wissenschaftler in ihre neuen Räume einziehen können. Denn auch im Fraunhofer-Zentrum ist das ITWM weiter gewachsen, so dass der im Januar 2006 bezogene Komplex im Laufe der letzten beiden Jahre schon wieder zu klein wurde. Der Anbau stellt den architektonischen Schlusspunkt Richtung Stadt dar und wird das jetzige Gebäude um zwei Geschosse überragen. Geplant sind nicht nur weitere Büroflächen, sondern auch zwei hochmoderne Labors, die neuesten Technologiestandards entsprechen und die Schnittstellen zwischen mathematischer Innovation und industrieller Anwendung bilden.



1



FELIX-KLEIN-ZENTRUM



FELIX KLEIN ZENTRUM FÜR MATHEMATIK

Ganz zu Beginn die Erklärung des Namens: »Felix Klein (1849-1925) ist einer der faszinierendsten Mathematiker der Zeit um 1900, dessen Wirken bis in unsere Tage spürbar ist. Neben hervorragenden mathematischen Fertigkeiten besaß Klein erstaunliche pädagogische sowie wissenschaftsorganisatorische Talente, und diese seltene Kombination sicherte ihm großen Einfluss auf die Entwicklung und Ausgestaltung der Mathematik. Für viele Jahre war Klein unumstrittener Führer in der mathematischen Welt. Bekannt wurde er u. a. durch seine Beiträge zur Geometrie und Gruppentheorie sowie Untersuchungen über elliptische Funktionen und Kreiselltheorie, aber auch durch seine pädagogischen und organisatorischen Tätigkeiten. Stätten seines Wirkens waren Göttingen, Erlangen, München und Leipzig, aber auch Vortragsreisen in die USA gehörten zu seiner rastlosen mathematischen Tätigkeit.« (Renate Tobies: Felix Klein, Teubner 1981).

Nein, Felix Klein war nie in Kaiserslautern. Aber seine Ideen sind heute noch vorbildlich; für die heutigen Mathematiker in Kaiserslautern sind sie Leitgedanken, die sie auch nach 2010 noch verwirklichen wollen. Die Mathematiker in Kaiserslautern: Es sind jene des Fachbereichs Mathematik der TU Kaiserslautern, der in Hochschulrankings immer Spitzenplätze erreicht – und es sind die Mathematiker des Fraunhofer ITWM. Sie leben nicht nebeneinander her, sondern sie bilden eine Symbiose. Viele TU-Mathematiker beraten die Wissenschaftler des ITWM, sie sorgen für den Fraunhofer-Nachwuchs, z. B. durch die Betreuung von Doktoranden; die ITWM-Mathematiker halten Vorlesungen an der TU; Drittmittel für Master- und PhD-Stipendien fließen an die TU. In Kürze: Man forscht gemeinsam, man organisiert gemeinsam, man bildet gemeinsam aus – ganz im Sinne von Felix Klein.

Da aber beide Einrichtungen organisatorisch nicht verbunden sind, ist es gut, wenn man unter einem gemeinsamen Dach zusammenstehen kann. Dieses Dach ist ein eingetragener Verein zur Förderung der Mathematik: das Felix-Klein-Zentrum. Und unter diesem Dach steht man nicht nur zusammen, man arbeitet auch zusammen, ganz besonders bei der Sicherung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Und da muss man – auch das hat Felix Klein schon getan – sehr früh anfangen, in den Gymnasien. »Entsprechend dem gesicherten wissenschaftlichen Erkenntnisstand wollte er den Unterricht auf ein höheres theoretisches Niveau heben. Zugleich erhob er aber stets eine zweite Forderung, eine anschauliche, anwendungsbereite, praxisnahe Gestaltung des Unterrichts zu erreichen, ohne die Systematik des Lehrgangs zu verletzen.« (Tobies, S. 75). Dies versucht das Felix-Klein-Zentrum durch verschiedene Maßnahmen zu realisieren.

Mathematisches Modellieren ist eine der wichtigsten Kompetenzen des ITWM; es sollte – so glauben nicht nur die Mathematiker des Felix-Klein-Zentrums – auch an Schulen und Hochschulen gelehrt werden. Das allerdings geschieht eher selten. Deshalb veranstaltet das Felix-



3

© Thomas Koziel



4

Klein-Zentrum zwei bis drei Modellierungswochen pro Jahr für gute Schüler der gymnasialen Oberstufe. Dabei arbeiten mehrere Gruppen von je etwa fünf Schülern und zwei Lehrern an Problemen der Praxis, eine Woche lang und unter einem Dach, z. B. einer Jugendherberge.

Um besonders gute Abiturienten aus ganz Deutschland zu einem Mathematikstudium (in Kaiserslautern) zu überreden, vergibt man jährlich bis zu acht Felix-Klein-Stipendien; diese bestehen nicht nur aus einem ansehnlichen Geldbetrag pro Monat, sondern auch aus einem Mentor aus dem ITWM, der die jungen Studierenden in die Welt der beruflichen mathematischen Forschung einführt. Sie besuchen Vorträge und treffen renommierte Gäste des Instituts.

Das ITWM organisiert jedes Jahr eine Sommerschule, in der den Felix-Klein-Stipendiaten mathematische Themen mit praktischer Bedeutung, die aber außerhalb der Grundausbildung liegen, nähergebracht werden sollen, z. B. inverse Probleme, Multiskalenanalyse von Signalen, interaktive Gleichungslöser etc. So folgen wir Felix Kleins Idee, den Unterricht auf ein höheres theoretisches Niveau bei anwendungsbereiter, praxisnaher Gestaltung zu heben.

Felix Klein war auch sehr an Wissenschaftsgeschichte interessiert; seine »Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert« von 1926 sind heute noch spannend zu lesen. Das Felix-Klein-Zentrum hat deshalb auch den New Yorker Historiker Myles W. Jackson ans ITWM eingeladen, seinen Untersuchungen über Fraunhofers Arbeit in drei Sommermonaten 2011 nachzugehen und dabei auch den Felix-Klein-Stipendiaten diese historische Sicht, die auch Felix Klein am Herzen lag, näherzubringen.

Das ITWM finanziert den alle vier Jahre vergebenen Felix-Klein-Preis der »European Mathematical Society«. Er würdigt hervorragende Arbeiten auf dem Gebiet der »Industrial Mathematics« und belohnt sie mit 5000 Euro.

Felix Klein promovierte mit 19 in Bonn; zu seinem goldenen Doktorjubiläum 1918 haben viele Mathematiker eine Tagung veranstaltet und an den »hochverehrten Geheimrat« einen Brief geschrieben. Dort steht: »Aber nicht nur den bahnbrechenden Forscher sehen wir in Ihnen, der unserer Wissenschaft neue Wege erschlossen hat, wir verehren in Ihnen zugleich den unermüdeten Freund und Helfer, der dem gleichstrebenden Forscher durch schriftliche und mündliche Aussprache stets freigebig von dem Reichtum seiner Ideen spendete. Wir verehren in Ihnen den geistreichen Lehrer, der es verstand, unserer Wissenschaft eine große Anzahl von Schülern zu gewinnen, die begeistert die belebende Zauberkraft Ihres Vortrages empfangen.« Ein wenig von diesem Zauber verspüren wir bis heute.

1 *Felix Christian Klein
(1849 – 1925)*

2 *Neubau des Felix-Klein-Zentrums auf dem Campus der TU Kaiserslautern*

3 *Übergang von der »Wissenschaftsmeile« zur TU Kaiserslautern*

4 *Modellierungswoche für Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe*



DAS FRAUNHOFER ITWM

Verwaltungsleiterin

Dr. Marion Schulz-Reese

T. 0631/3 1600-45 12

marion.schulz-reese@itwm.fraunhofer.de



INSTITUTSPROFIL

Computersimulationen sind ein unverzichtbares Werkzeug bei der Gestaltung und Optimierung von Produkten und Produktionsprozessen, Dienstleistungen, Kommunikations- und Arbeitsprozessen. Reale Modelle werden durch virtuelle Modelle ersetzt. Der Mathematik kommt bei der Gestaltung dieser virtuellen Welt eine fundamentale Rolle zu. Mathematische Modelle liegen horizontal in einer Landschaft von vertikal angeordneten Wissenschaftsdisziplinen und technologischen Anwendungen. Dieser Querschnittscharakter der Mathematik macht sie zu einer »generischen Technologie«; als Grundlage für den Brückenschlag in die Simulationswelt wird sie aber auch zur Schlüsseltechnologie für Computersimulationen, die in nahezu allen Bereichen des Wirtschaftslebens Einzug gehalten haben. Immer mehr kleine und mittelständische Unternehmen nutzen die Simulation zur Kostenreduzierung. Gerade diese Unternehmen unterstützt das Fraunhofer ITWM mit Beratung und Rechenleistung. Sie profitieren am Markt durch den Einsatz von Simulation als Ausweis für Innovation und Qualitätssicherung ihrer Produkte.

Natürlich arbeiten wir auch mit großen Firmen zusammen, vor allem im Fahrzeugbereich, im Maschinenbau, der Textilindustrie, der Mikroelektronik, mit Banken und der Computerindustrie. Integrale Bausteine unserer Arbeit sind Beratung in FuE-Fragen, Unterstützung bei der Anwendung von Hochleistungsrechnertechnologie und Bereitstellung maßgeschneiderter Software-Lösungen.

Neben der Umsetzung dieser Technologie in Anwendungsprojekten und ihre Weiterentwicklung in Forschungsprojekten

bildet auch die enge Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern einen Schwerpunkt des Fraunhofer ITWM. Grundpfeiler sind die klassischen Disziplinen der angewandten Mathematik, wie Numerik, Optimierung, Stochastik und Statistik sowie Differentialgleichungen. Die spezifischen Kompetenzen des ITWM sind

- Verarbeitung der aus Experimenten und Beobachtungen gewonnenen Daten
- Aufsetzung der mathematischen Modelle
- Umsetzung der mathematischen Problemlösungen in numerische Algorithmen
- Zusammenfassung von Daten, Modellen und Algorithmen in Simulationsprogrammen
- Optimierung von Lösungen in Interaktion mit der Simulation
- Visualisierung der Simulationsläufe in Bildern und Grafiken

Das ITWM ist Mitglied des Fraunhofer-Verbands Informations- und Kommunikationstechnologie sowie Gast im Verbund Materials; die gute Vernetzung innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft dokumentiert aber auch die Beteiligung an zahlreichen Allianzen: Adaptronik, Energie, Grid Computing, Numerische Simulation von Produkten und Prozessen, SysWasser, Verkehr, Vision (Bildverarbeitung), Cloud Computing, autoMOBILproduktion.

Martin Braun, Tino Labudda, Dr. Elmar Gerwalin, Martin Vogt, Prof. Dr. Helmut Neunzert, Brigitte Williard, Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters, Michaela Grimberg-Mang, Anja Nitschky, Manuela Hoffmann, Katharina Parusel, Klaus Linck, Michael Mannweiler, Christian Peter, Dieter Eubell, Gabi Gramsch, Mirko Spell, Dr. Marion Schulz-Reese, Markus Pfeffer, Sylvia Gerwalin, Ilka Blauth, Gesa Ermel, Steffen Grützner



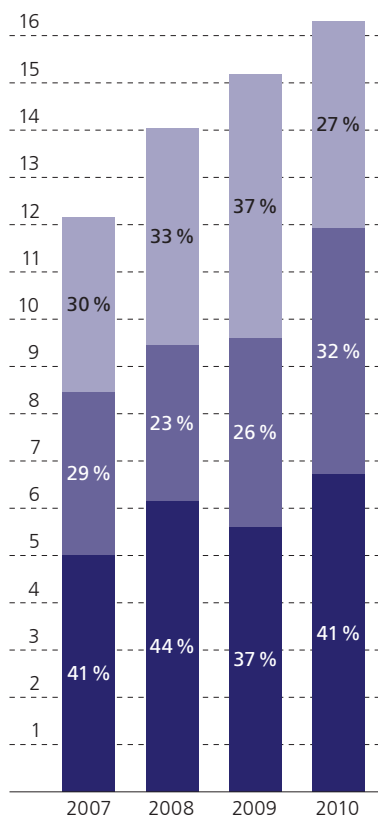
ORGANIGRAMM

Institutsleitung	Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters	06 31/3 1600-42 01
Scientific Advisory Board	Prof. Dr. Axel Klar	06 31/3 1600-44 17
	Prof. Dr. Ralf Korn	06 31/3 1600-46 58
	Prof. Dr. Helmut Neunzert	06 31/3 1600-43 10
	Prof. Dr. Stefan Nickel	06 31/3 1600-46 42
Verwaltung	Dr. Marion Schulz-Reese	06 31/3 1600-45 12
EDV	Dieter Eubell	06 31/3 1600-42 43
Presse und Öffentlichkeitsarbeit	Dipl.-Math. Steffen Grützner	06 31/3 1600-44 00
Competence Center High Performance Computing	Dr. Franz-Josef Pfreundt (CIO)	06 31/3 1600-44 59
Transportvorgänge	Dr. Raimund Wegener	06 31/3 1600-42 31
Strömungs- und Materialsimulation	Dr. Konrad Steiner	06 31/3 1600-43 42
Bildverarbeitung	Dr. Ronald Rösch	06 31/3 1600-44 86
Systemanalyse, Prognose und Regelung	Dr. Patrick Lang	06 31/3 1600-46 39
Optimierung	Prof. Dr. Karl-Heinz Küfer	06 31/3 1600-44 91
Finanzmathematik	Prof. Dr. Ralf Korn	06 31/3 1600-46 58
Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit	Dr. Klaus Dreßler	06 31/3 1600-44 66

HAUSHALT

Betriebshaushalt in Mio. €

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



Noch im April sah es danach aus, als ob die weltweite Konjunktur- und Finanzkrise die Industrieerträge des ITWM auch 2010 weiter sinken lässt. Nichts deutete zu diesem Zeitpunkt darauf hin, dass das Jahr 2010 zu einem der erfolgreichsten Haushaltsjahre des ITWM werden sollte. Der Auftragsbestand aus der Industrie lag zu jener Zeit noch unter dem des Vorjahres. Kompensiert wurde dies allerdings durch eine weitere Steigerung der Erträge aus dem öffentlichen Bereich, so dass die Finanzierung des Instituts 2010 bereits zu einem frühen Zeitpunkt gesichert war. Von der Konjunkturbelebung in der deutschen und europäischen Wirtschaft – insbesondere im Bereich des Fahrzeug- und Maschinenbaus – im zweiten Halbjahr 2010 profitierte das ITWM überproportional und die kühnsten Erwartungen wurden in fast allen Geschäftsbereichen übertroffen. Die Industrieerträge stiegen gegenüber 2009 um fast 20 Prozent, so dass das ITWM das Jahr 2010 mit einem Industrieertragsanteil von 41,2 Prozent abschließen konnte. Dieser Erfolg wäre ohne den immensen Einsatz aller Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter insbesondere bei der Auftragsakquisition nicht möglich gewesen. Bemerkenswert hierbei ist, dass 2010 zum ersten Mal mehr als die Hälfte der Industrieerträge von kleinen und mittelständischen Unternehmen stammt. Ein hoher Anteil der Wirtschaftserträge, nämlich über 36 Prozent, resultiert aus Aufträgen von ausländischen Unternehmen. Fast ebenso viele Erträge, nämlich 32 Prozent, kommen aus Unternehmen der Region. Insgesamt konnte das ITWM dabei nicht nur auf seine »Stammkunden« zählen, sondern erhielt Aufträge von erfreulich vielen Neukunden. Gegenüber dem Vorjahr stieg der Betriebshaushalt um relativ bescheidene 5 Prozent, was nicht zuletzt mit einer etwas zögerlichen Einstellungspolitik im ersten Halbjahr zusammenhängt. Der Anteil an öffentlichen Erträgen stieg um weitere 36 Prozent und auch das hohe Niveau an Erträgen aus internen Programmen konnte gehalten werden. Auch für das Jahr 2011 sind die Aussichten was Industrieaufträge und öffentliche Förderung betrifft sehr gut und das ITWM blickt ausgesprochen optimistisch in die Zukunft. Für 2011 be-

deutet dies sicherlich eine weitere, nicht unerhebliche Personalaufstockung, was bei den bereits überfüllten Institutsräumen und dem erst 2012 einzugsbereiten Anbau eine zwischenzeitliche Anmietung von externen Büros notwendig machen wird.

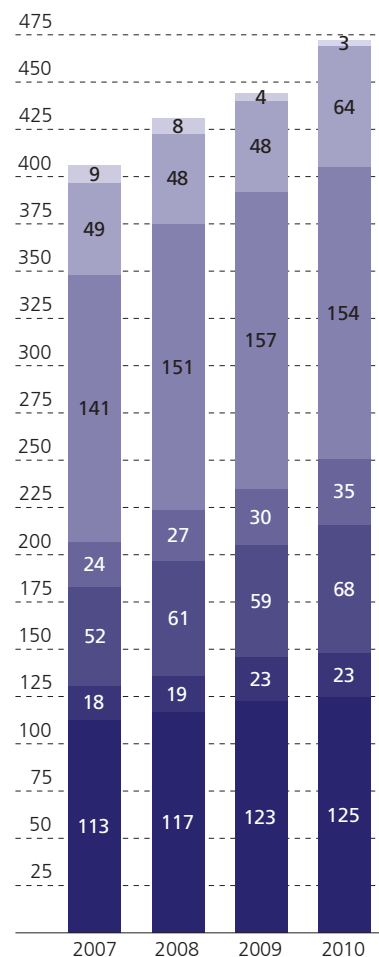
Haushaltsentwicklung*	2007	2008	2009	2010
Betriebshaushalt	12163	14035	15170	16315
Investitionshaushalt	1720	383	894	550
Gesamt	13883	14418	16064	16865

*Tausend €

PERSONALENTWICKLUNG

Angesichts der zögerlichen Auftragsgänge im ersten Halbjahr wurden erst in der zweiten Jahreshälfte verstärkt neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter eingestellt. 14 Neueinstellungen standen 11 Abgänge gegenüber, so dasswim Personalbereich kaum Wachstum zu verzeichnen war. Erfreulich allerdings ist, dass von den 14 Neueinstellungen insgesamt 9 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus dem eigenen Nachwuchs rekrutiert werden konnte. Dies ist ein Indiz für die hervorragende Nachwuchsförderung des ITWM. Die große Zahl an Doktoranden – 2010 waren es 68 – sichert dem ITWM nicht nur hohe wissenschaftliche Exzellenz, sondern bietet in Zeiten des sich verstärkenden Fachkräftemangels Zugriff auf hervorragend ausgebildete Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Hier tragen die strategischen Allianzen mit der TU Kaiserslautern, wie die »Mathematikinitiative«, das Kaiserslauterer Innovationszentrum »Science meets Engineering« oder das »Felix-Klein-Zentrum für Mathematik« bereits erste Früchte. Unter dem Dach des Felix-Klein-Zentrum versuchen ITWM und TU gemeinsam durch gezielte Aktivitäten im Schulbereich mehr Schülerinnen und Schüler für ein Studium der MINT-Fächer zu begeistern. Demnächst wird es auch gemeinsame Aktivitäten im Programm »FraunhoferTalents!« geben, um dadurch die Nachwuchsförderung bereits in diesem frühen Stadium zu intensivieren.

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



KUNDEN UND KOOPERATIONSPARTNER AUSWAHL 2010

- Abbott GmbH & Co. KG, Ludwigshafen
- Adam Opel AG, Rüsselsheim
- Albany International, Saint-Junien (F)
- AL-KO THERM GmbH, Jettingen-Scheppach
- ante-holz GmbH, Bromskirchen
- Assénagon AG, München
- AUDI AG, Ingolstadt
- BASF SE, Ludwigshafen
- Bayer Technology Services, Leverkusen
- Biffar GmbH & Co. KG, Edenkoben
- Blue Order AG, Kaiserslautern
- BMW, München
- BPW Bergische Achsen Kommanditgesellschaft, Wiehl
- Brita GmbH, Taunusstein
- Burgmann Industries GmbH & Co KG, Wolfratshausen
- ClusterVision BV, Amsterdam (NL)
- DAF Trucks N. V., Eindhoven (NL)
- Daimler AG, Stuttgart
- DEG Deutsche Investitions- u. Entwicklungsgesellschaft, Köln
- delta h Ingenieurgesellschaft mbH, Witten
- Det Norske Oljeselskap ASA, Trondheim (N)
- Deutsche Bahn AG, Frankfurt/Main
- DEVnet Holding GmbH, München
- DLR - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Braunschweig
- Dow Chemical, Freeport (USA)
- E.ON Anlagenservice GmbH, Gelsenkirchen
- EADS Deutschland GmbH, München, Ottobrunn
- EKF diagnostic GmbH, Barleben
- ESI Group, Paris (F)
- Evico GmbH, Dresden
- Fachhochschulen: Darmstadt, Emden, Kaiserslautern, Mainz, Mannheim, Westküste, Südwestfalen, Trier
- Fleetguard Filters Private Limited, Pune (IND)
- FLSmidth Wadgassen GmbH, Wadgassen
- Freudenberg Forschungsdienste KG, Weinheim
- Geo Imaging Solutions INC, Houston (USA)
- Germanischer Lloyd SE, Hamburg
- Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit, Köln
- GKD Gebrüder Kufferath Düren, Düren
- GM/UM ABCD-Laboratory , Ann Arbor (USA)
- Görlitz AG, Koblenz
- Hamberger Sanitary GmbH, Rosenheim
- HAW Hamburg, Hamburg
- Hilite International, Nürtingen
- Hollingsworth & Vose, East Walpole (USA)
- IBS Filtran, Morsbach-Lichtenberg
- Institut de Radioprotection et de sûreté nucléaire, Saclay (F)
- Institut für Textil- und Verfahrenstechnik, Denkendorf
- International Partners in Glass Research, Bülach (CH)
- J. Eberspächer GmbH & Co. KG, Esslingen
- John Deere, Kaiserslautern, Mannheim
- Johns Manville Europe GmbH, Bobingen
- Keiper GmbH & Co. KG, Kaiserslautern, Rockenhausen

- Kömmerling GmbH, Pirmasens
- KTM-Sportmotorcycle AG, Mattighofen (A)
- Küttner Automation GmbH, Trier
- Laboratoire Réactions et Génie des Procédés, CNRS, Nancy (F)
- Landesbank Baden-Württemberg, Stuttgart
- Liebherr, Colmar (F), Kirchdorf
- Lotto Hessen, Lotto Rheinland-Pfalz, Koblenz, Wiesbaden
- MAGMA Gießereitechnologie GmbH, Aachen
- MAN Truck & Bus Deutschland GmbH, München
- MANN+HUMMEL GmbH, Ludwigsburg
- Marathon Oil, Houston (USA)
- Massachusetts General Hospital (MGH) / Harvard Medical School, Boston (USA)
- Millipore Corporation, Billerica (USA)
- NOGRID GmbH, Mainz
- Nonwovens Cooperative Research Center, Raleigh (USA)
- Oerlikon Neumag, Linz (A), Neumünster
- Optirisk Systems, London (GB)
- Papiertechnische Stiftung (PTS), Heidenau
- Paul Wild OHG, Kirschweiler
- proALPHA Software AG, Weilerbach
- Procter & Gamble, Schwalbach
- Progress Rail Inspection & Information Systems, Bad Dürkheim
- R+V Versicherung AG, Wiesbaden
- Reckitt Benckiser Produktions GmbH, Ludwigshafen
- Robert Bosch GmbH, Stuttgart, Waiblingen
- Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Ponsberg
- RTT - Realtime Technology Aktiengesellschaft, München
- RWE Power AG, Essen
- S.D.R. Biotec, Pohritzsch
- SAR Electronic GmbH, Dingolfing
- Schmitz Cargobull AG, Altenberge
- Schott AG, Mainz
- Schottel Schiffsmaschinen GmbH, Wismar
- SIEDA GmbH, Kaiserslautern
- Siemens AG, Heidelberg, Nürnberg, Singapur
- Städt. Kliniken, Frankfurt-Höchst
- StatoilHydro Petroleum AS, Stavanger (N), Trondheim (N)
- Stryker GmbH & Co KG, Freiburg
- Teckpro AG, Kaiserslautern
- Tec-Sem AG, Taegerwilen (CH)
- Universitäten: TU Berlin, Bordeaux (F), Cambridge (GB), Dortmund, Dresden, Freiberg, Klinikum Heidelberg, Klinikum Homburg, Kaiserslautern, Karlsruhe, Kassel, Linz (A), Mainz, Mannheim, Nancy (F), Stuttgart, Ulm
- Vaillant, Remscheid
- Voith Paper Fabrics, Heidenheim
- Volkswagen AG, Wolfsburg
- Volume Graphics GmbH, Heidelberg
- Volvo CE, Göteborg (S), Konz
- VR Automotive Dichtsysteme GmbH, Auengrund
- Woltz GmbH, Wertheim
- Wyatt technology Europe GmbH, Dernbach
- Xi'an Typical Europe GmbH, Kaiserslautern

August Altherr, John Deere Werke

Dr.-Ing. Erwin Flender, MAGMA Gießertechnologie GmbH

Dr. Werner Groh, Johns Manville Europe GmbH

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

Johannes Heger, HegerGuss GmbH

Prof. Dr. Peter Jagers, Matematiska Vetenskaper Chalmers

Dr. Wilhelm Krüger, Blue Order AG

Kurt Lechner, Mitglied des Europäischen Parlaments

Prof. Dr. Helmut Neunzert, Fraunhofer ITWM

Richard Ortseifer, Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau des Landes Rheinland-Pfalz

Ingo Ruhmann, Bundesministerium für Bildung und Forschung

Dr.-Ing. Jürgen Sauter, FE-DESIGN GmbH

Prof. Dr. Helmut J. Schmidt, TU Kaiserslautern

Dr. Mattias Schmidt, Procter & Gamble Service GmbH

Hans-Joachim Strüder, Landesbank Baden-Württemberg

Prof. Dr. Wolfgang Wahlster, DFKI GmbH

Dr. Achim Weber, Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Jugend und Kultur des Landes Rheinland-Pfalz

Dr. Christof M. Weber, Daimler AG

Kurze Innovationszyklen machen IT-Kenntnisse zu einer schnell verderblichen Ware. Der Fraunhofer-Verbund Informations- und Kommunikationstechnologie IuK bietet Unterstützung durch maßgeschneiderte Studien, Technologieberatung und Auftragsforschung für neue Produkte und Dienstleistungen. Studien untersuchen neben der Machbarkeit auch die Akzeptanz auf Seiten der Anwender. Marktanalysen und Kosten-Nutzen-Rechnungen runden die Untersuchungen ab. Der Fraunhofer-IuK-Verbund umfasst 14 Institute sowie 3 Gastinstitute, ca. 2800 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Die Geschäftsstelle in Berlin vermittelt Wirtschaft und Medien als One-Stop-Shop den passenden Kontakt. Forschungsergebnisse der Institute werden gebündelt nach Anwendungsdomänen, Branchen etc. über den Verbund kommuniziert. Die Geschäftsfelder des IuK-Verbunds bieten u. a. IuK-Lösungen für:

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

DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT AUF EINEN BLICK

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist die größte Organisation für angewandte Forschung in Europa und betreibt derzeit rund 80 Forschungseinrichtungen – darunter 60 Institute – an über 40 Standorten in Deutschland. Mehr als 18000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,65 Mrd Euro. Über die Hälfte der Industrieerlöse stammt von kleinen und mittleren Unternehmen.

Die Fraunhofer-Gesellschaft führt Forschungs- und Entwicklungsaufträge für Wirtschaft, Staat und öffentliche Hand durch. Die internationale Zusammenarbeit wird durch Niederlassungen in Europa, den USA und in Asien gefördert.

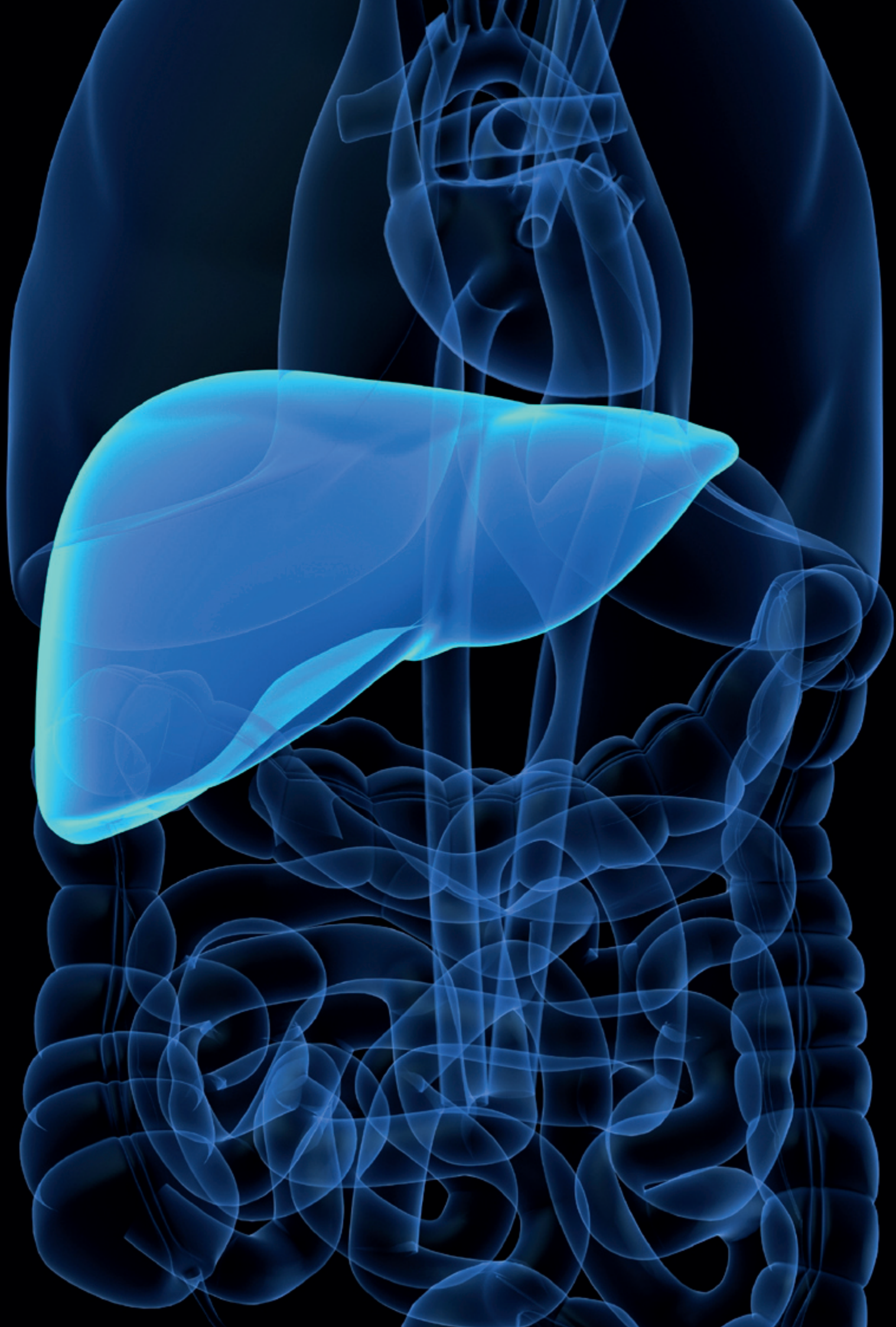
Felder der Fraunhofer-Forschung

- Adaptionik
- Bautechnologie
- Energie
- Informations- und Kommunikationstechnik
- Medizin, Umwelt und Gesundheit
- Mikroelektronik
- Nanotechnologie
- Oberflächentechnik und Photonik
- Produktion
- Verkehrstechnik und Logistik
- Verteidigungs- und Sicherheitsforschung
- Werkstoffe, Bauteile



Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.

Hansastraße 27 c
80686 München
www.fraunhofer.de



TRANSPORTVORGÄNGE

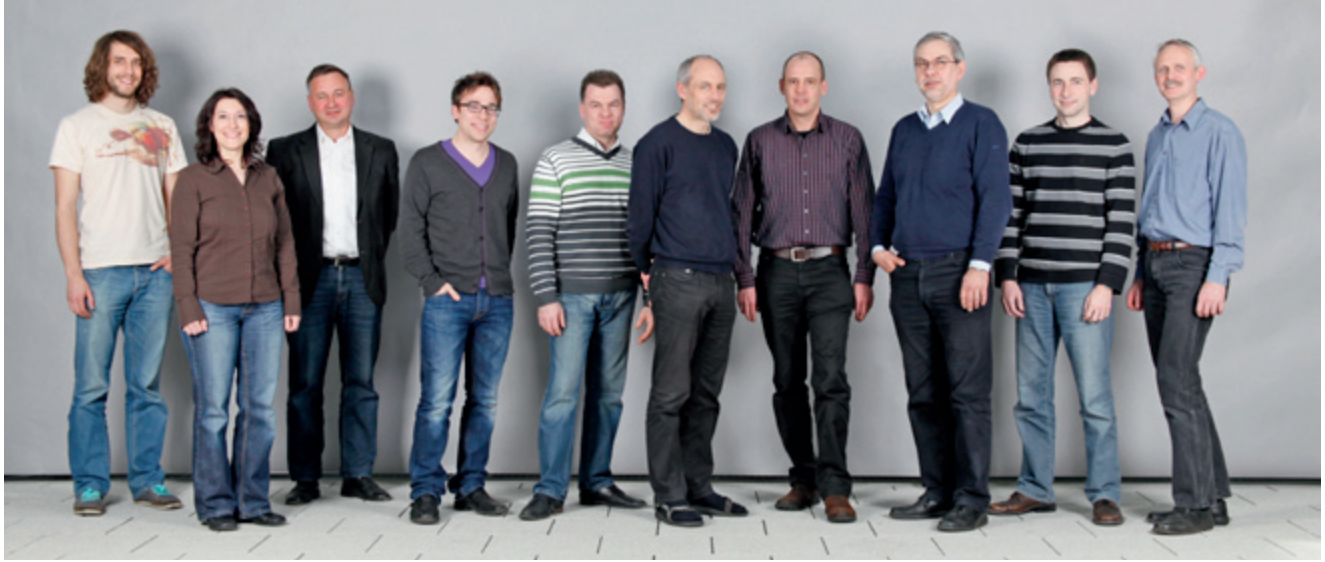
- FLEXIBLE STRUKTUREN
- STRÖMUNG
- GITTERFREIE METHODEN
- OPTIK, STRAHLUNG, WÄRME
- MODELLREDUKTION

Abteilungsleiter

Dr. Raimund Wegener

T. 0631/3 1600-4231

raimund.wegener@itwm.fraunhofer.de



Die mathematische Modellierung komplexer technisch-naturwissenschaftlicher Problemstellungen und die Entwicklung effizienter Algorithmen zu ihrer numerischen Lösung charakterisieren die Arbeit der Abteilung Transportvorgänge. Die behandelten Aufgabenstellungen in Gebieten wie Strömungsdynamik, Strukturmechanik, Strahlungstransport und Optik führen aus mathematischer Sicht auf partielle Differentialgleichungen. Aus Kundensicht geht es um die Optimierung von Produkten sowie die technische Auslegung von Produktionsprozessen. Das vergangene Jahr stand im Zeichen der wirtschaftlichen Erholung mit einer deutlichen Belebung der Auftragsforschung. Nicht zuletzt aufgrund der erfolgreichen Akquisition großer strategischer Forschungsprojekte blickt die Abteilung optimistisch in die Zukunft.

Flexible Strukturen: Mit dem Softwaretool FIDYST (Fiber Dynamics Simulation Tool) und den zugehörigen Arbeiten zur Filament- und Fadendynamik spricht dieser Abteilungsschwerpunkt hauptsächlich Kunden im Bereich der technischen Textilien und dem zugehörigen Maschinenbau an. Mit dem begonnenen BMBF-Projekt ProFil (Verbund aus fünf Professoren, drei Industriepartnern und dem ITWM als Konsortialführer) können in den nächsten Jahren wichtige Grundlagen zur Erweiterung des Anwendungsspektrums gelegt werden.

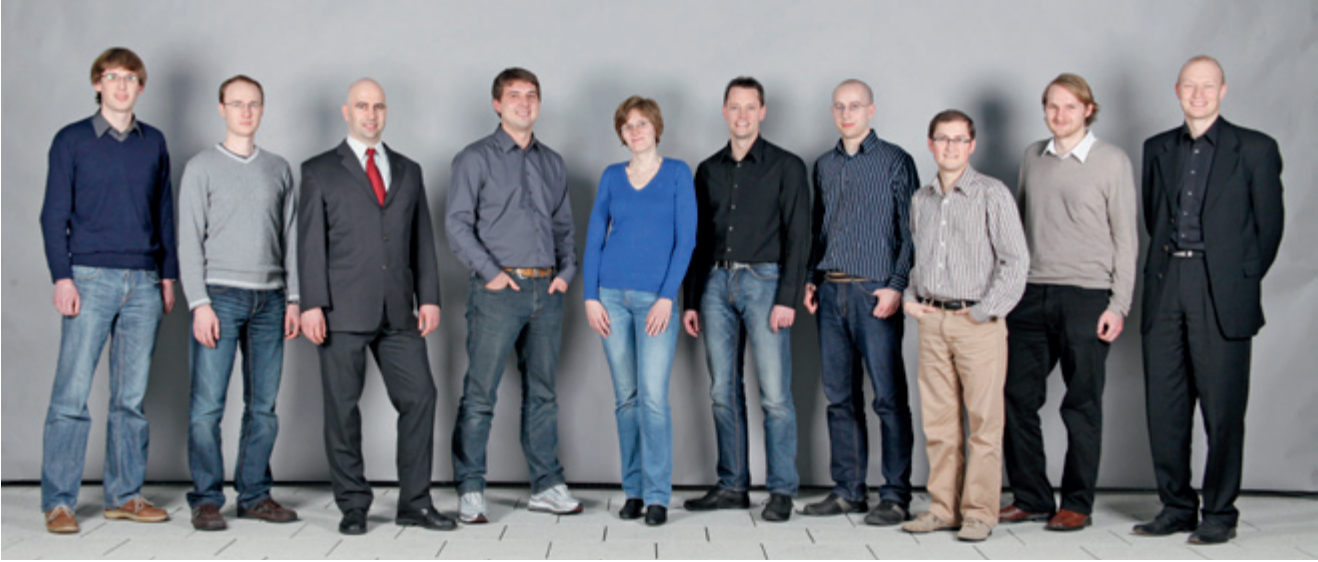
Strömung: Das Angebot dieses Schwerpunkts zielt auf die Erarbeitung optimaler strömungsdynamischer Lösungen von Kundenproblemen, die aktuell zu einem guten Teil aus dem Bereich des Maschinenbaus kommen. Dabei werden sowohl technische Verbesserungen auf Basis strömungsdynamischer Berechnungen (u. a. durch Einsatz von Softwaretools wie FLUENT) als auch mathematisch optimale Lösungen in der Regel für geeignet vereinfachte Modelle erarbeitet.

Gitterfreie Methoden: Die Abteilung entwickelt mit FPM (Finite Pointset Methode) ihren eigenen Solver für ein breites Feld kontinuumsmechanischer Problemstellungen mit einem Schwerpunkt im Bereich der Strömungsdynamik. FPM ist ein gitterfreies Verfahren und damit ausgezeichnet zur Lösung von Problemen mit zeitlich veränderlichem Rechengebiet (Mehrphasenströmungen, freie Oberflächen) geeignet. Die Software wird mittlerweile durch die Firma NOGRID GmbH vertrieben.

Optik, Strahlung, Wärme: Als neues, strategisch weitreichendes Thema wird in diesem Schwerpunkt das Design von Freiformlinsen verfolgt. Hier wurde ein völlig neuartiger, den existierenden Lösungen weit überlegender algorithmischer Ansatz entwickelt, der jetzt in der WISA Freiform erweitert, in Fertigungsverfahren umgesetzt und marktreif gemacht wird. Die bestehende Design-Software wird ab dem Jahr 2011 von der Firma Brandenburg GmbH als Modul der lichttechnischen Software LucidShape vertrieben. Der Schwerpunkt hat seine Wurzeln in Projekten zur Abkühlung von Glas durch Wärmestrahlung und Wärmeleitung, begleitet durch Projekte zur Parameteridentifikation und zu inversen Problemen zumeist im Umfeld der Glasindustrie.

Modellreduktion: In diesem Bereich wurde in den vergangenen Jahren der Aufbau einer MATLAB-Toolbox zur Modellreduktion für große Multiphysics-FE-Systeme realisiert, die sich besonders durch ihre Fähigkeiten zur parametrischen Modellreduktion auszeichnet. Die entwickelten Verfahren wurden mittlerweile höchst erfolgreich in Projekten der industriellen Auftragsforschung eingesetzt. Zukünftige Arbeiten zielen auf die Erweiterung des Anwendungsspektrums.

Johannes Schnebele, Dr. Simone Gramsch, Dr. Norbert Siedow, Daniel Burkhart, Sergey Antonov, Dr. Robert Febler, Dr. Raimund Wegener, Dr. Dietmar Hietel, Jan Marburger, Dr. Jan Mohring, Christian Leithäuser, Dr. Jevgenij Jegorov, Dr. Ferdinand Olawsky, Dr. Jalo Liljo, Maria Friedrich, Dr. Matthias Schäfer, Johannes Maringer, Walter Arne, Thomas Cibis, Dr. Jörg Kuhnert

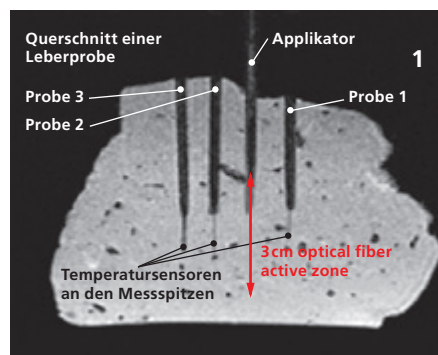


LASERINDUZIERTE THERMOTHERAPIE

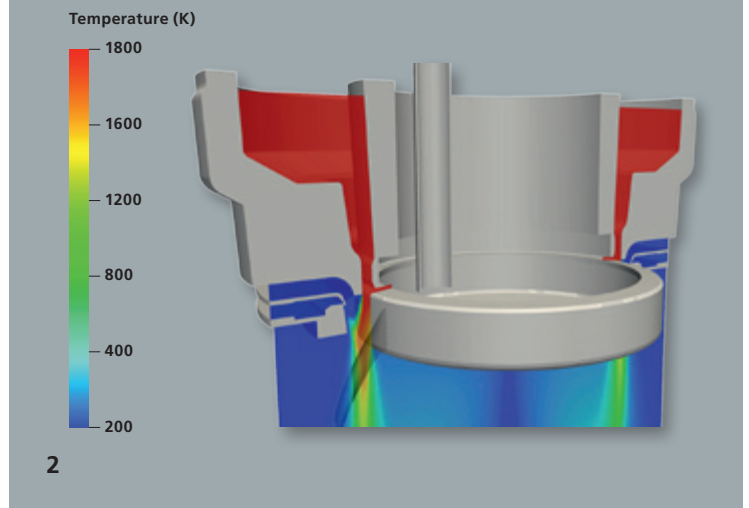
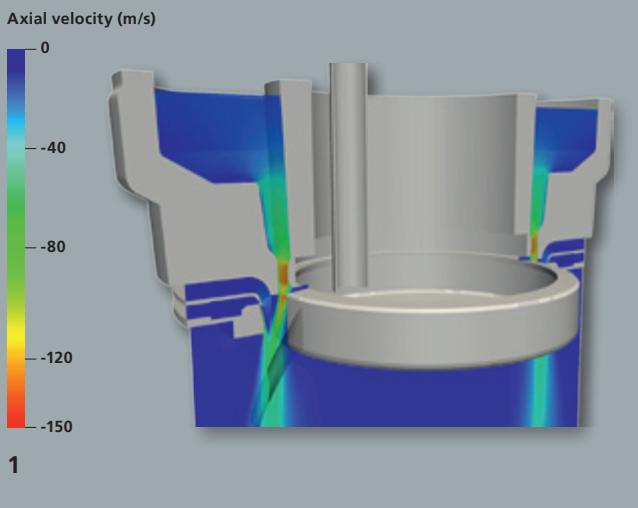
Die magnetresonanzgesteuerte laserinduzierte interstitielle Thermotherapie (LITT) ist ein etabliertes Verfahren zur minimal-invasiven Ablation verschiedenster Tumoren. Bei der LITT wird durch optische Fasern Laserenergie direkt in den Tumor gebracht und durch Proteindenaturierung zerstört. Um die Koagulation der Tumoren während der Therapie zu kontrollieren und die eingesetzten Energiedosen zu regulieren, ist eine Darstellung des Temperaturverlaufs während der Behandlung notwendig.

Magneto-Resonanz-Thermometrie und Computersimulationen können zur Planung, Kontrolle und Steuerung der LITT genutzt werden. Im DFG-Projekt »In-vitro Temperaturbestimmung und Computersimulation der Temperaturverteilung zur optimalen Planung und Steuerung der laserinduzierten Thermotherapie« wurde ein Modell entwickelt, welches das praktische Vorgehen bei der LITT wiedergibt. Der Energieeintrag des Laserlichts in das Gewebe wird durch eine Kopplung von Strahlungstransport- und Wärmeleitungsgleichung modelliert. Der MR-kompatible Laser-Applikator ist wassergekühlt, um hohe Gewebetemperaturen in direkter Nähe des Applikators zu verhindern und wesentlich größere Tumoren behandeln zu können. Der Kühleffekt wird mathematisch durch die Randbedingung der Wärmeleitungsgleichung realisiert. Das Ziel der Vorwärtssimulation besteht darin, die durch die Laserenergie hervorgerufene thermische Zerstörung des Gewebes zeitlich zu lokalisieren. Die Zerstörung der Gewebezellen ist ein chemischer Prozess, der unter Berücksichtigung der thermischen Geschichte gesunden Leber- und Tumorgewebe in koagulierte Gewebe verwandelt. Die Zerstörungsfunktion wird mithilfe von Aktivierungsenergie und eines Frequenzfaktors als Arrhenius-Gesetz beschrieben. Aktivierungsenergie, Frequenzfaktor wie auch die Absorptions- und Streukoeffizienten des gesunden und koagulierten Gewebes sind nur näherungsweise aus der Literatur bekannt und unterscheiden sich von Leber zu Leber.

Ein Anliegen des Forschungsprojekts war deshalb die Identifizierung der für die Simulation benötigten Gewebeparameter mithilfe von Temperaturmessdaten. Da die Lösung eines solchen inversen Problems das wiederholte Lösen der direkten Aufgabenstellung erfordert, wurde anstelle der hochdimensionalen Strahlungstransportgleichung die P1-Approximation als effektives Näherungsverfahren verwendet. Es konnte gezeigt werden, dass sowohl das gekoppelte Wärmestrahlungsproblem als auch das adjungierte System zur Parameteridentifizierung eindeutig lösbar sind. In Zusammenarbeit mit der Radiologie der Uniklinik Frankfurt wurden anhand von Daten, die während der LITT an Schweinelebern gewonnen wurden, die notwendigen biologischen Parameter zu verschiedenen Zeiten numerisch identifiziert.



1 Versuchsaufbau zur LITT in Schweineleber



ROTATIONSSPINNPROZESS ZUR PRODUKTION VON GLASWOLLE

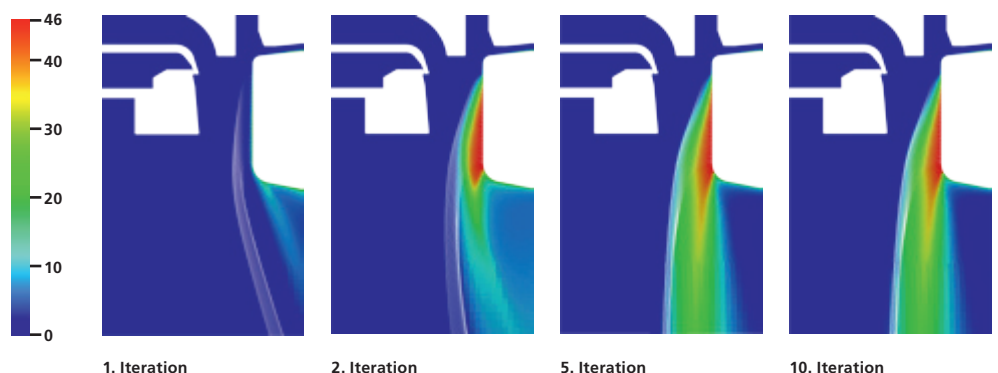
1 + 2 *Rotatorischer Spinnprozess der Firma Woltz GmbH; exemplarisch sind die 35 Jets einer senkrechten Spalte als schwarze Kurven dargestellt. Die Farben visualisieren axiale Geschwindigkeit und Temperatur der Luftströmung.*

3 *Illustration der iterativen Kopplung: Swirl-Geschwindigkeit der Luftströmung mit hinterlegten Filamenten (weiße Kurven)*

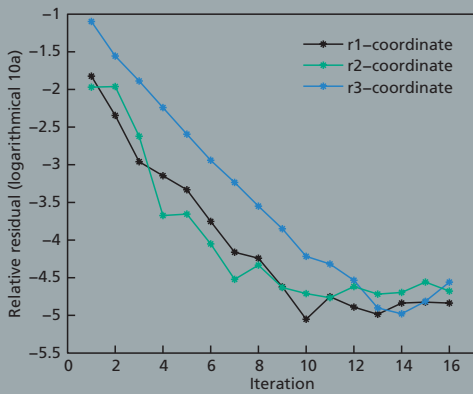
Die Simulation und simulationsbasierte Optimierung des Produktionsprozesses von Glaswolle erfordert ein tiefgehendes Verständnis des Rotationsspinnens viskoser Jets, die starken aerodynamischen Kräften ausgesetzt sind. Rotationsspinnprozesse bestehen im Wesentlichen aus den Prozessschritten Schmelzen und Spinnen. Der von unserem industriellen Partner, der Firma Woltz GmbH in Wertheim, angebotene Anlagentyp ist in Abbildung 1 illustriert. Glas wird auf eine Temperatur von 1050°C erhitzt. Die Schmelze wird dann einer rotierenden Schleuderscheibe zugeführt, deren Wand in 35 Reihen mit je 770 Löchern perforiert ist. Angetrieben von Zentrifugalkräften wird die Schmelze kontinuierlich durch diese Löcher ausgebracht und unter dem Einfluss von Viskosität, Oberflächenspannung, Gravitation und aerodynamischen Kräften zu Filamenten verstreckt. Im Wesentlichen interagieren zwei Typen von Luftströmung mit den viskosen Jets: Brennerluft von 1500°C, die die Jets erwärmt und damit dehnbar erhält und schnelle turbulente Schleierluft, die die Filamente letztlich kühlt und verstreckt. Die Filamente werden auf einem Abzugsband abgelegt und bilden nach weiteren Verarbeitungsschritten das Basismaterial für die Glaswolle. Gleichmäßigkeit und Verstreckungsgrad der Filamente sind wichtige Qualitätskriterien für das Endprodukt.

Kernproblem bei der numerischen Simulation dieses hochkomplexen Prozesses ist die gekoppelte Beherrschung von Aero- und Filamentdynamik. Die fundamentalistische Behandlung des Problems als instationäres dreidimensionales Mehrphasenproblem der Kontinuumsmechanik ist schon aufgrund der Beteiligung von ca. 27000 Filamenten aussichtslos. Daher wurde am ITWM ein geeignetes Simulationssetup entwickelt, das die Fäden im Rahmen der Cosserat-Rod-The-

Swirl velocity (m/s)

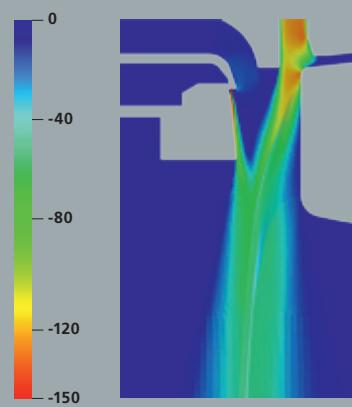


3



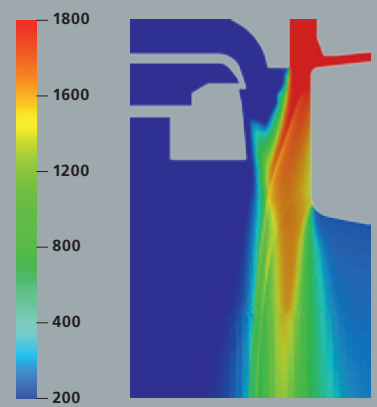
4

Axial velocity (m/s)



5

Temperature (K)

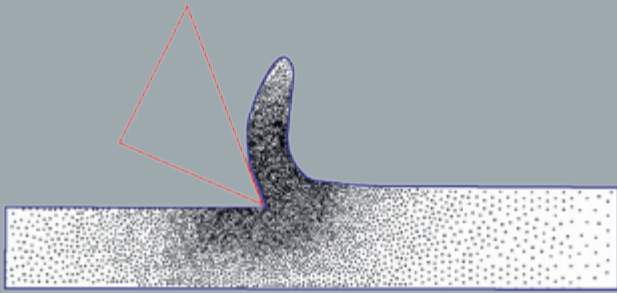


orie als linienförmige Objekte mit zugehörigen Bilanzgleichungen (Masse, Impuls, Drehimpuls, Energie) abbildet und die Luftströmungen durch Erweiterung der Navier-Stokes-Gleichungen um entsprechende linienförmige Quellen modelliert. Zudem wird über die Reihen homogenisiert, so dass letztlich nur 35 repräsentative Filamente, die sich in einem rotierenden Koordinatensystem stationär verhalten, in Kopplung mit einer rotationssymmetrischen Strömung zu berechnen sind. Die Kopplung von Aero- und Filamentdynamik wird über ein neues Modell für die Luftkräfte und ein Standardmodell für den Wärmeaustausch so realisiert, dass sowohl das Actio/Reactio-Prinzip als auch die Energieerhaltung im Wärmeaustausch zwischen Filamenten und Luft gewährleistet sind.

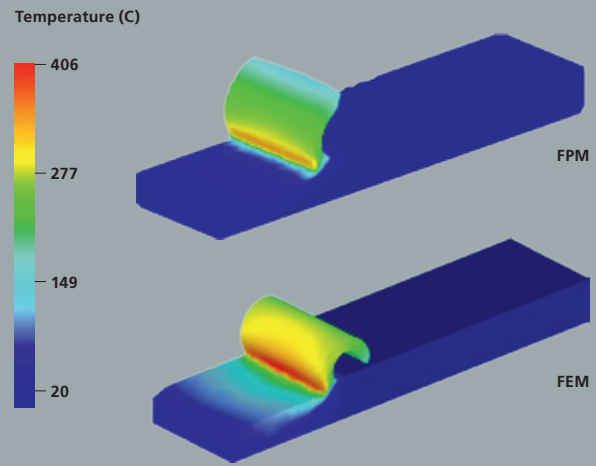
Die stationäre Filamentdynamik auf Basis der Cosserat-Rod-Theorie kann bei gegebenen Strömungsdaten als Randwertproblem formuliert werden. Zur Lösung wird basierend auf einem entsprechenden MATLAB-Solver eine Collocation/Continuation-Methode eingesetzt, bei der insbesondere eine eigens entwickelte adaptive Continuation-Strategie zum Einsatz kommt, die ausgehend von moderaten Prozessbedingungen schrittweise die realen Produktionsparameter einstellt. Für die Strömungsdynamik wird FLUENT mit einer am ITWM entwickelten UDF (User Defined Function) eingesetzt, mit der die Impuls- und Energieeinträge durch eine gegebene Filamentdynamik erfasst werden. Für die iterative Kopplung dieser beiden Löser stellt das effiziente Management der beteiligten Simulations- und Kopplungsroutinen eine besondere Herausforderung dar. In einem Preprocessing-Schritt wird ein Finite-Volumen-Gitter generiert und sowohl dem Strömungslöser FLUENT als auch dem in MATLAB realisierten Randwertproblemlöser zugänglich gemacht. Der gekoppelte Lösungsalgorithmus wird dann mit FLUENT als Masterprogramm realisiert. Am Ende einer Strömungssimulation startet FLUENT jeweils das MATLAB-Hauptprogramm für die Filamentdynamik. Dieses setzt die parallele Berechnung der Einzelfilamente über MATLAB-Executables um, wobei die vorliegenden Strömungsdaten auf die Filamente interpoliert werden. Das MATLAB-Programm sammelt die Informationen über alle Einzelfilamente, mittelt über die Zellen des Finite-Volumen-Gitters und gibt die Daten zur Realisierung der Kopplungsterme in der UDF an FLUENT zurück. Mit einer weiteren Strömungssimulation beginnt der nächste Iterationsschritt. Nach wenigen solchen Iterationen konvergieren die Ergebnisse. Abbildung 4 zeigt die L_2 -Konvergenz der Filamentkurve auf einer logarithmischen Skala, Abbildung 3 den sogenannten Swirl – also die rotatorische Komponente der Strömungsgeschwindigkeit. Hier zeigt sich zudem eindrucksvoll die starke Schleppwirkung der Filamente auf die Strömung und damit, dass die gekoppelte Betrachtung der Filament- und Strömungsdynamik zwingend erforderlich ist. Die abschließenden Ergebnisse für Geschwindigkeiten und Temperaturen (Abbildung 5) stimmen gut mit den realen Beobachtungen überein.

4 Konvergenz des iterativen Kopplungsalgorithmus; relativer Fehler der 35 repräsentativen Filamentkurven in L_2 -Norm

5 Finale Resultate für axiale Geschwindigkeit und Temperatur der Luftströmung; die Einfärbung der zusätzlich dargestellten Filamente zeigt deren konvektive Transportgeschwindigkeit und Temperatur.



1



2

SPANABHEBENDE FERTIGUNGSVERFAHREN

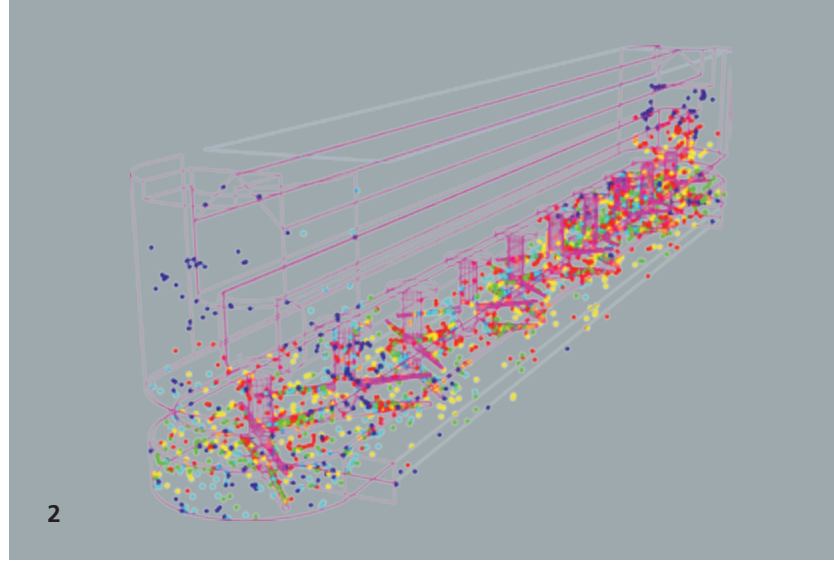
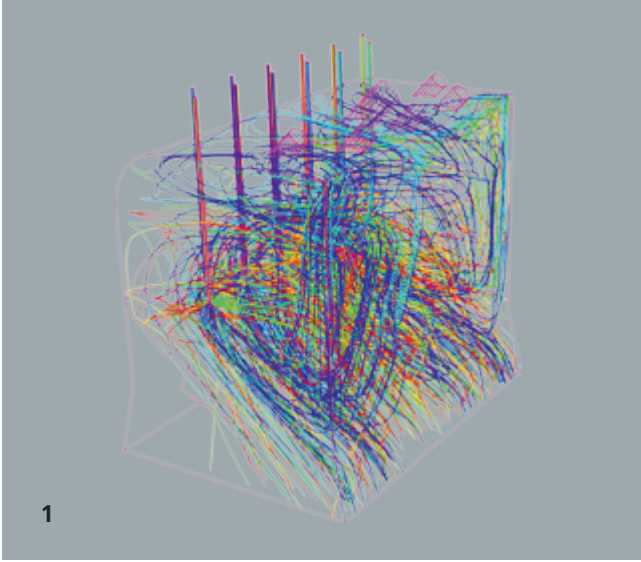
1 *Gitterfreie Punktekonfiguration bei der Simulation eines Spanprozesses*

2 *Ergebnisse der FPM im Vergleich zur Finite Elemente Methode (FEM)*

Spanabhebende Fertigungsverfahren werden bei fast allen Maschinenbauprodukten eingesetzt. Es gibt daher ein großes Optimierungspotenzial, wobei die hier interessierenden Fragestellungen von Fall zu Fall sehr unterschiedlich sein können. Man kann den Energieverbrauch eines Zerspanvorgangs optimieren, aber auch andere Prozesseigenschaften wie Schnittkräfte, Spanform, Werkzeugabnutzung. Ein weiterer Gesichtspunkt ist die Sicherstellung der Produkteigenschaften, beispielsweise Fragestellungen nach Restspannungen nach der Bearbeitung, Oberflächenbeschaffenheit, Gefügestruktur, Gratbildung u. v. m. Die hier genannten Kriterien werden hauptsächlich empirisch angepasst, d. h. der Zerspanvorgang wird praktisch per Hand an der Maschine feinjustiert, bis Prozess und Produkt den gewünschten Eigenschaften genügen. Das ist bis heute der schnellste und am wenigsten komplizierte Weg. Simulationswerkzeuge im Bereich Spanprozesse werden derzeit nicht flächendeckend in industriellem Rahmen eingesetzt, sondern vornehmlich in wissenschaftlich-technischem Umfeld.

Eine simulationsbasierte Optimierung in industriellem Maßstab wäre von großem Vorteil, denn sie legt alle Prozesse beim Zerspanen bis ins kleinste Detail (plastische Deformation, Materialversagen, Spanbildung, Temperaturbelastung, innere Spannungen etc.) offen und würde so zu einer sehr effektiven Anpassung der Bearbeitungsprozesse führen. Das setzt ein leistungsfähiges Computermodell voraus. Das ITWM forscht zusammen mit dem Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb der TU Berlin und mit der Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft an einer Simulationsmethode für spanabhebende Fertigungsverfahren, die o. g. Anforderungen besser als bisher gerecht wird. Die Basis wird dabei von der sogenannten Finite Pointset Methode gebildet, einer am ITWM entwickelte Simulationsmethode in der Kontinuumsmechanik, mit der bereits erfolgreich in Bereichen wie Airbagentfaltung, Glasformgebung oder Tankbefüllung gearbeitet wird. Die Methode ist gitterfrei und kann daher sehr effizient Vorgänge mit freien Oberflächen und bewegten Geometrieteilen abbilden.

Bisher wurde daran gearbeitet, den FPM-Solver für das dynamische Verhalten metallischer Werkstoffe anzupassen. Im kommenden Abschnitt liegt der Schwerpunkt auf der Kopplung verschiedener Phasen. Zum einen soll neben dem Werkstück auch das Werkzeug als Phase in die Simulation eingebunden werden. Schlussendlich soll der Kühlschmierstoff als weitere Phase modelliert werden, um das Kühl- und Lastverhalten bei spanenden Prozessen wesentlich realistischer abbilden zu können.



AIRLAID-PROZESS FÜR NONWOVENS

Beim Airlaid-Prozess der Firma Neumag GmbH werden Kurzfasern und Granularteilchen mittels turbulenter Luftströmungen möglichst gleichmäßig flächig verteilt auf ein Förderband abgelegt. Dies geschieht zweistufig: Zuerst werden die Fasern und Teilchen in die sogenannte Haube, eine Kammer mit einer darin befindlichen turbulenten Luftströmung eingebracht und dort mit dieser vermischt. Das Gemisch strömt anschließend in den direkt über dem Band befindlichen sogenannten Rotorkasten, in dem durch eine Vielzahl von mechanischen Rotoren für eine weitere Homogenisierung des Gemisches gesorgt wird. Die Rotoren sind in einer horizontalen Ebene zeilen- und spaltenweise direkt oberhalb des Bandes angeordnet und drehen sich jeweils um eine vertikale Achse. Der Boden des Rotorkastens besteht aus einem grobmaschigen Sieb, durch das die Kurzfasern aufgrund der unter dem Band befindlichen Absaugung vom Rotorkasten auf das Band gesaugt werden und sich dort ablegen.

Zur Simulation dieses Prozesses wurde mit FLUENT die Luftströmung zusammen mit den in die Strömung eingebrachten Partikeln berechnet. Diese wurden als punktförmige Teilchen durch ihre Masse und einen Luftwiderstandsbeiwert beschrieben und bewegen sich unabhängig voneinander gemäß den Bewegungsgleichungen für Partikelteilchen. Wegen der rotierenden Rotorblätter ist die Geometrie des Strömungsgebietes zeitlich veränderlich, so dass eine transiente Strömungssimulation auf einem zeitlich veränderlichen Gitter durchgeführt werden musste. Abschließend wurde für mehrere durch Masse und Luftwiderstand unterschiedene Typen von Partikeln ihre auf dem Band entstehende flächige Verteilung bestimmt. Je nach Partikeltyp ergaben sich stark unterschiedliche und ungleichmäßige Verteilungen.

In einer nachfolgenden Optimierungsphase wurden die Geometrien der Haube und der Rotoren bzw. der Rotorblätter so verändert, dass die Gleichmäßigkeit der auf dem Band resultierenden Ablageverteilungen optimal wurde. Um hierbei einen besseren Einblick in die Aufgabenstellung zu gewinnen und gezielter vorgehen zu können, wurde das Problem in verschiedene Teile zerlegt. Zuerst wurde die Haube so verändert, dass im Luftstrom eine möglichst gut geeignete Verteilung der von ihr in den Rotorkasten gelieferten Kurzfasern entsteht. Um die Wirkung der Rotoren besser untersuchen zu können, wurde zunächst nur ein einzelner, sinnvollerweise jedoch periodisch fortgesetzt angenommener Rotor studiert. Abschließend wurde die gemeinsame Wirkung der Rotoren im Rotorkasten untersucht und optimiert.

1 *Partikelbahnen in der Haube; die Farbe visualisiert die Partikelsorte.*

2 *Partikeldichte auf dem Ablageband*



STRÖMUNGS- UND MATERIALSIMULATION

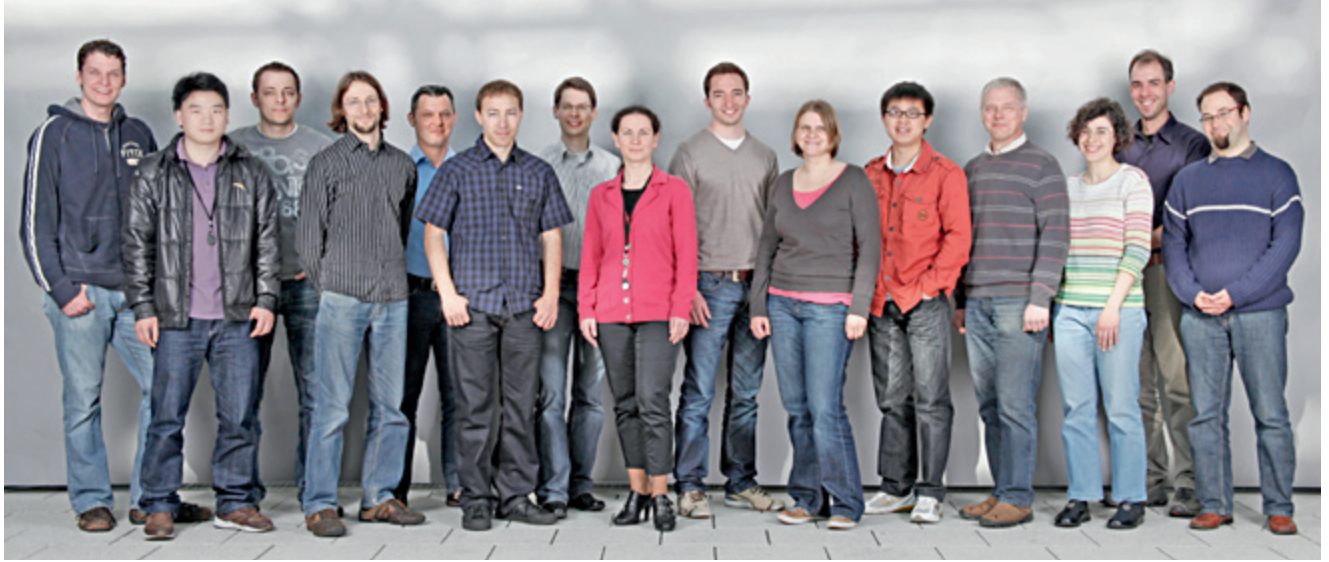
- MIKROSTRUKTURSIMULATION UND
VIRTUELLES MATERIALDESIGN
- HYDRODYNAMIK
- KOMPLEXE FLUIDE
- FESTKÖRPERMECHANIK

Abteilungsleiter

Dr. Konrad Steiner

T. 0631/3 1600-4342

konrad.steiner@itwm.fraunhofer.de



Die Abteilung beschäftigt sich mit der Multiskalenmodellierung und Entwicklung effizienter und robuster Simulationsmethoden und Softwaretools für ein in die Produktentwicklung integriertes virtuelles Materialdesign. Modellierung und Simulation der Herstellungsprozesse komplexer Verbund- bzw. Hybridmaterialien werden dabei mehr und mehr in den virtuellen Auslegungsprozess einbezogen. Das Alleinstellungsmerkmal der Abteilung ist die Entwicklung, Bereitstellung und spezifische Anwendung industriell tauglicher Multiskalen- und Multiphysics-Methoden.

Mit GeoDict verfügt die Gruppe Mikrostruktursimulation und virtuelles Materialdesign mittlerweile über ein Softwarepaket, das alle wesentlichen heterogenen Materialstrukturen wie Schüttungen, Packungen, Textilien und Verbundmaterialien realitätsgetreu generieren und darauf aufbauend die Struktureigenschaftsbeziehungen wie Permeabilität, Filtereffizienz, Diffusionskoeffizienten, Wärmeleitfähigkeit, Elastizitätseigenschaften schnell und effizient berechnen kann. Beispielhaft sind aktuelle Untersuchungen zu Kapillareigenschaften bei porösen Vliesen oder Papieren.

In der Gruppe Hydrodynamik konzentrieren sich die Entwicklungen auf effiziente numerische Verfahren und kundenspezifische Softwarelösungen zur mehrskaligen Strömungssimulation. Die Filterelementauslegung (SuFiS), das optimale Filterfaltendesign (OptPleat), die optimale Auslegung mikrofluidischer Apparate und die Überflutungssimulation und lokale Risikobewertung urbaner Gebiete (RisoSim) oder bei Reaktorstörfällen (CoPool) sind aktuelle Projektbeispiele.

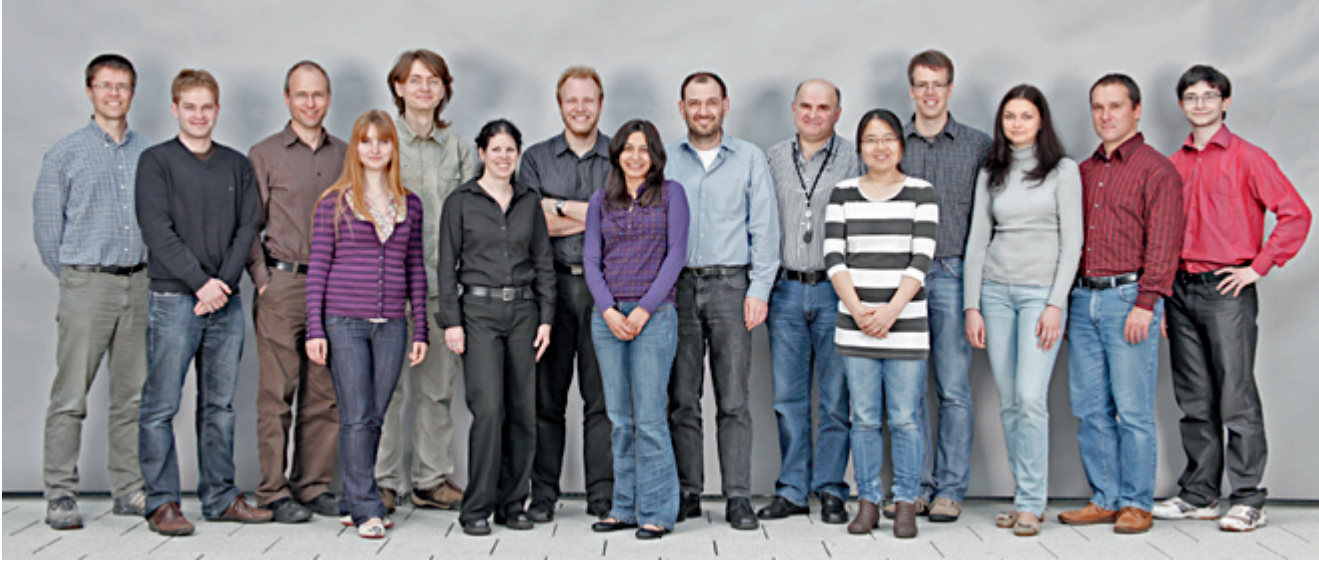
In der Softwareplattform CoRheoS bündeln sich die vielfältigen Modellierungs- und Simulationslösungen zur Beschreibung multiphysikalischer Phänomene von Stoffgemischen, Granulaten, Faser- oder Partikelsuspensionen der Gruppe Komplexe Fluide. Das Transportieren und Mischen von Pulvern und Granulaten

(CoRheoGrain), pulvertechnische Spritzgussverfahren (CoRheoPol) genauso wie die Produktion faserverstärkter Bauteile (CoRheoFiber) oder auch die Herstellung leistungsfähiger Batteriematerialien (BEST) sind aktuelle Anwendungen.

Den Schwerpunkt der Gruppe Festkörpermechanik bildet die thermomechanische und akustische Auslegung komplexer Verbundstrukturen und poröser Materialverbunde in ihrem spezifischen Einsatzverhalten. Mit unserer variabel erweiterbaren Finite-Elemente-Software FeelMath werden aktuell sehr effiziente mikromechanische Auslegungsstudien von faserverstärkten Kunststoffbauteilen und textilen Fasermaterialien wie Vliese oder Papiere durchgeführt. Weitere Anwendungen finden sich in der Biomedizin.

Die äußerst positiven Entwicklungen der Projekteinnahmen und Wirtschaftserträge haben sich mit absoluten und prozentualen Steigerungen fortgesetzt. Die Kundenbeziehungen konnten gehalten und neue, längerfristige Industriekooperationen erfolgreich initiiert werden. Der notwendige personelle Aufwuchs war nur bedingt möglich; zumindest konnten Doktoranden für die vielfältigen Forschungsthemen gewonnen werden. Der wiederholte große Erfolg der Abteilung ist wesentlich auf den enormen Einsatz und das Engagement der Mitarbeiter zurückzuführen. Die breite Vernetzung in der Wissenschaft wurde auf allen Ebenen weiter ausgebaut. Kooperationsprojekte mit der Mathematik und den Ingenieurwissenschaften am Standort Kaiserslautern wurden durch das neue Innovationszentrum Applied System Modeling intensiviert, im Fraunhofer-Simulationsverbund wurde gemeinsam die erste Fraunhofer-Multiphysics-Tagung organisiert und die internationalen Kontakte, insbesondere mit der Texas A&M Universität, sind durch den einjährigen Gastaufenthalt des diesjährigen Fraunhofer-Bessel-Preisträgers Prof. Yalchin Efendiev so eng wie nie zuvor.

Tobias Zangmeister, Shiquan Zhang, Dr. Dariusz Niedziela, Dr. Erik Glatt, Dr. Ralf Kirsch, Sven Linden, Dr. Matthias Kabel, Inga Shklyar, Marco Buck, Cornelia Kronsbein, Xingxing Zhang, Dr. Aivars Zemitis, Dr. Katrin Roberts, Dr. Jochen Zausch, Stefan Frei, Dr. Andreas Wiegmann, Clement Zemerli, Priv.-Doz. Dr. Arnulf Latz, Tatiana Gornak, Edward Toroshchin, Sarah Ricker, Dr. Sebastian Schmidt, Dr. Zahra Lakdawala, Dr. Konrad Steiner, Prof. Dr. Oleg Iliev, Dr. Liping Cheng, Dr. Jürgen Becker, Galina Printsipar, Dr. Stefan Rief, Tigran Nagapetyan

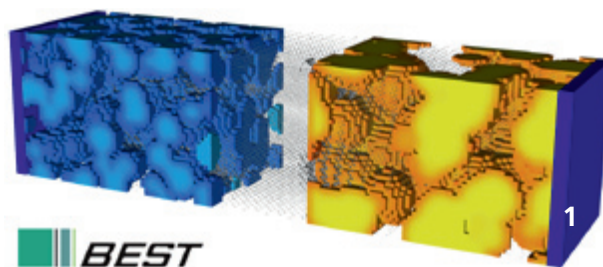


MODELLIERUNG UND SIMULATION VON LITHIUM-IONEN-AKKUMULATOREN

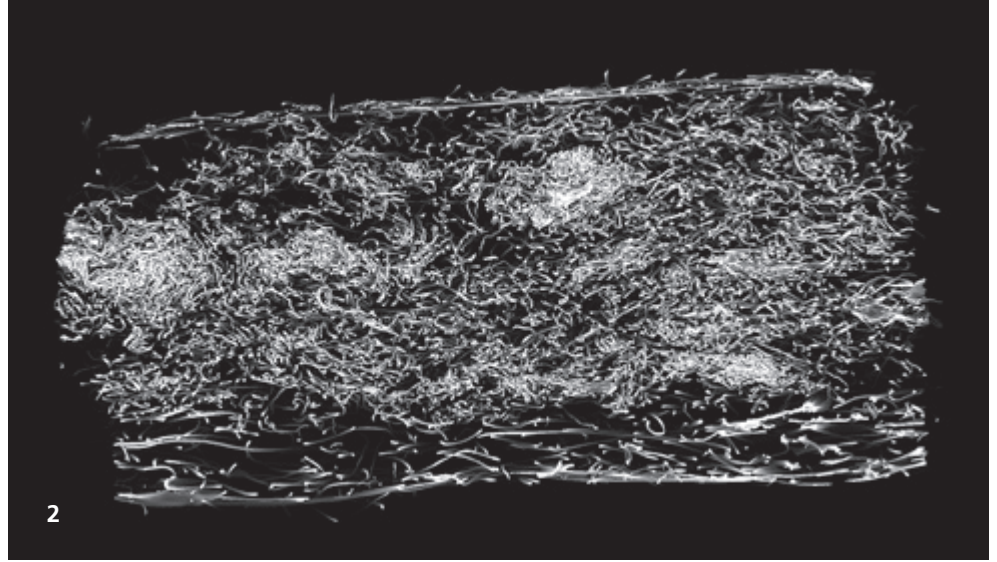
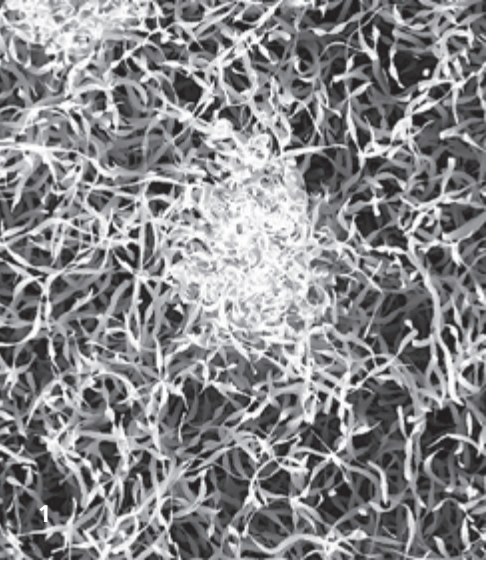
Um den Eintrag von Treibhausgasen in die Atmosphäre zu reduzieren, werden nicht nur für die Energieproduktion alternative Konzepte umgesetzt, sondern auch im Kraftfahrzeugbereich wird nach Technologien gesucht, die den klassischen Verbrennungsmotor ablösen können. Eine in den letzten Jahren zunehmend in den Blickpunkt gerückte Technologie läuft unter dem Schlagwort »Elektromobilität«: der Antrieb eines Kraftwagens mittels Elektromotor. Die benötigte elektrische Energie wird hierbei durch eine wiederaufladbare Batterie bereitgestellt. Dafür kommen in erster Linie Lithium-Ionen Akkumulatoren infrage. Gerade im Bereich Elektromobilität werden an den Energiespeicher hohe Anforderungen bezüglich Kapazität, Leistungsfähigkeit, Lebensdauer und Sicherheit gestellt, sodass hier noch dringender Bedarf an weiterer Entwicklungsarbeit besteht.

Im Projekt Fraunhofer-Systemforschung Elektromobilität FSEM, das von der Bundesregierung im Konjunkturpaket II gefördert wird, arbeiten 33 Fraunhofer-Institute zusammen, um Elektromobilität in ihren verschiedenen Aspekten voranzubringen. Das ITWM beteiligt sich im Schwerpunkt Energiespeichertechnik an der Entwicklung neuer Materialien für Lithium-Ionen-Batterien durch physikalisch fundierte Modellbildung und numerische Simulationen.

Die Funktion eines Li-Ionen-Akkus basiert auf dem Austausch von positiven Lithium-Ionen zwischen zwei porösen Elektroden, die durch eine elektrolytgefüllte Separatorschicht voneinander getrennt sind. Für das Verhalten einer Batterie sind nicht nur die Transportparameter der beteiligten Materialien relevant, sondern auch in hohem Maße die mikroskopische Struktur der Elektroden. Mit dem Finite-Volumen-Code »BEST – Battery and Electrochemistry Simulation Tool« entwickelt das ITWM im Rahmen von FSEM ein Werkzeug zur meso- und mikroskopischen Batteriesimulation. Da die verwendeten Modelle die zugrunde liegenden elektrochemischen Prozesse abbilden, lassen sich nicht nur Größen wie Strom-Spannungskurven berechnen, sondern man kann auch z. B. die Lithium-Ionen-Konzentration dreidimensional aufgelöst analysieren. So gewinnt man ein Verständnis für die limitierenden Faktoren einer gegebenen Batterie. Mithilfe der Computersimulationen ist es dann möglich, mit geringem Aufwand Materialzusammensetzung und Geometrie im Hinblick auf die gewünschten Zieleigenschaften zu optimieren oder neue Designs auszuprobieren und zu charakterisieren.



1 Ausschnitt einer simulierten Batterie mit mikroskopischer Auflösung der Anodenpartikel (links) und Kathodenpartikel (rechts); gezeigt sind Lithium-Ionen-Konzentration (Farbkodierung) und Stromfluss (Pfeile).



WASSERTRANSPORT IN CELLULOSEFASER-MATERIALIEN

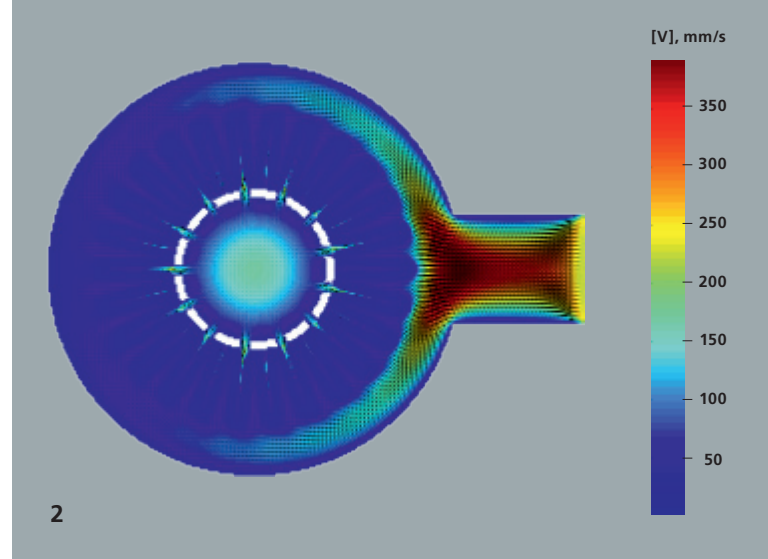
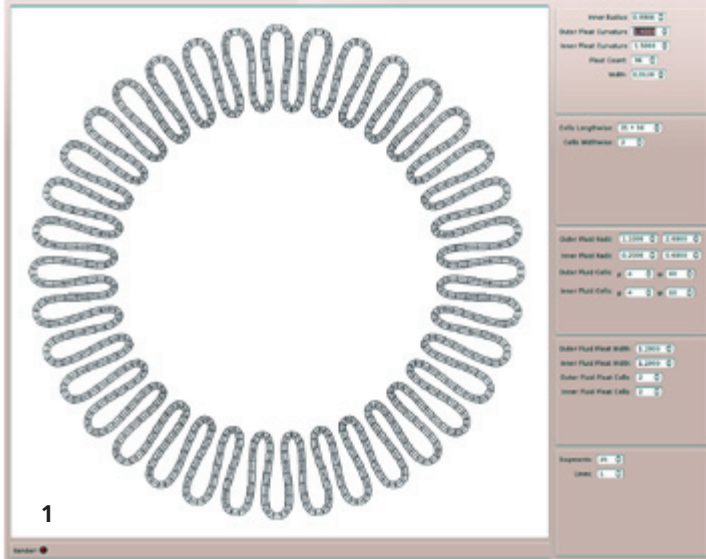
1 *Virtuell erzeugtes 3D-Strukturmodell*

2 *Dreidimensionale computertomographische Aufnahme der Schicht*

Ziel dieses gemeinsam mit der Firma Procter & Gamble durchgeführten Projektes war es, die effektiven Transporteigenschaften einer Cellulosefaserschicht mithilfe numerischer Simulationen zu bestimmen. Diese Faserschicht ist eine der vielen verschiedenen Schichten, welche in modernen Hygieneprodukten benutzt werden, um zielgerichtet Flüssigkeit zu verteilen und schnell wegzutransportieren. Um die Funktionalität von Hygieneprodukten auch mithilfe von Simulationen weiter zu verbessern, ist es notwendig, Permeabilitäten und Kapillardruck-Sättigungskurven der einzelnen Materialien und Schichten genau zu kennen und zukünftig durch ein virtuelles Materialdesign situationsangepasst entwickeln zu können.

Zur Erfassung der Struktur der Fasern wurden dreidimensionale computertomographische Aufnahmen der Schicht angefertigt. Diese 3D-Bilder wurden dann segmentiert und somit dreidimensionale geometrische Strukturmodelle der Schicht gewonnen. Mit der am ITWM entwickelten Software GeoDict konnten dann direkt auf diesen Bildern richtungs- und sättigungsabhängige Permeabilität und Kapillardruckkurven berechnet werden. Die Hauptschwierigkeit stellt dabei die Größe der Tomographiebilder dar: Ein einziges 3D-Bild kann dabei bis zu 4000^3 Voxel enthalten, d. h. bis zu 60 GB groß sein!

Die Bestimmung der Materialparameter auf Basis einer Tomographieaufnahme ist allerdings nur der erste Schritt, da er nur die Untersuchung bereits vorhandener Materialien erlaubt. Um die Auswirkungen möglicher Materialvariationen auf die Funktion der Produkte studieren zu können, benötigt man virtuell erzeugte 3D-Strukturmodelle. GeoDict erlaubt das Erstellen solcher Strukturmodelle. In diesem Projekt wurde nun untersucht, inwieweit sich die – wie in der Abb.1 ersichtlich – ungleichmäßige Verteilung der Fasern auf die Materialparameter auswirkt, indem Modelle mit einer gleichmäßigen Faserverteilung mit Modellen mit Faseragglomeraten verglichen wurden.



SIMULATION UND OPTIMIERUNG VON GEFALTETEN FILTERMEDIEN

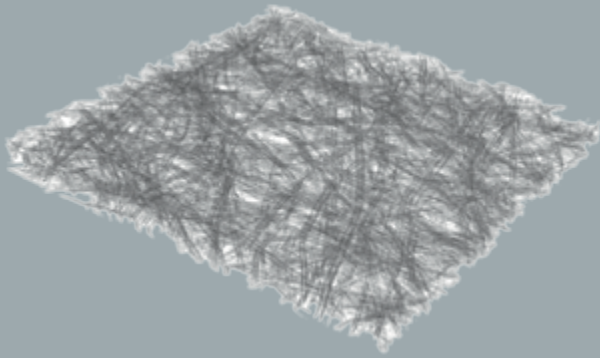
2010 wurde mit der Entwicklung des Simulations- und Optimierungstools OptPleat begonnen. Haupteinsatzgebiet dieses Softwarepakets ist die rechnergestützte Vorhersage der komplexen Prozesse in Filterelementen mit gefalteten Filtermedien. Diese kommen wegen ihres günstigen Verhältnisses von Filtrationsoberfläche zu Gehäusevolumen in vielen Anwendungsbereichen (Industrie, Gebäude- und Medizintechnik) zum Einsatz. Die Nachbildung der Vorgänge im Filterelement stellt wegen der komplexen Geometrie des Mediums und der daraus resultierenden Auswirkungen auf das Strömungsfeld sowie das Abscheidungsverhalten eine große Herausforderung dar. Als entsprechend teuer erweisen sich numerische Simulationen, wenn lediglich Standardverfahren verwendet werden. Um die Entwicklungszeit beim Design neuer Filterbauteile dieser Art durch Computer Aided Engineering (CAE) verkürzen zu können, verwendet OptPleat problemgerechte und robuste Algorithmen, die die Rechenzeit erheblich reduzieren.

Eine graphische Benutzeroberfläche (GUI) erleichtert die Arbeit mit den Eingabedaten für die Simulation (z. B. Strömungs- und Materialparameter) und ermöglicht es, sowohl die Anzahl als auch die Form der Filterfalten zu modifizieren, wobei die bearbeitete Geometrie simultan visualisiert wird. Dank des modularen Aufbaus von OptPleat kann je nach Komplexität der zu lösenden Optimierungsaufgabe das passende Tool gewählt werden. Eine erste Optimierung der Geometrie des Filtermediums etwa lässt sich mithilfe sehr schneller Routinen durchführen, die auf analytischen Lösungen für das Abscheidungsprofil basieren. Für weitere Verbesserungen des Designs steht eine Toolbox zur Berechnung von Strömung und Filtration in 2D bzw. 3D zur Verfügung. Zusätzlich sind Computersimulationen standardisierter Filtereffizienztests (ISO) möglich, so dass mit OptPleat vielfältige Optimierungen bereits lange vor dem Bau von Prototypen durchgeführt werden können.

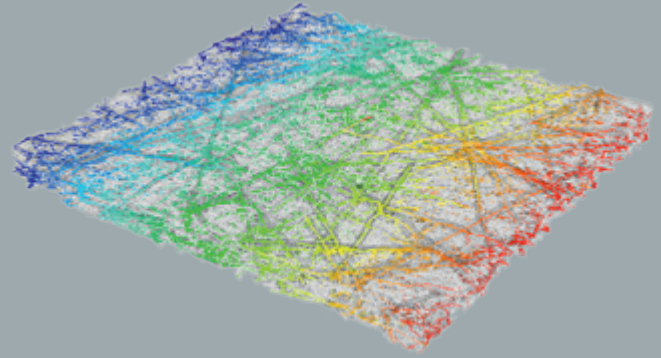
Ferner wurde numerisch untersucht, wie sich ein deformierbares poröses Medium unter Einfluss der Strömung verformt. Dabei ist zu beachten, dass sich durch die Beladung des Filters u. a. die Permeabilität des Mediums verändert. Die dadurch hervorgerufenen Änderungen des Druckabfalls wirken sich auf die Faltenform aus. Um bereits in der Designphase das Risiko des »Kollabierens« von Filterfalten zu minimieren, muss dieses komplexe Zusammenspiel von Beladung, Verformung und Strömung bei der Simulation angemessen berücksichtigt werden. Die Erstellung des entsprechenden Softwaremoduls ist Gegenstand der aktuellen und künftigen Entwicklung von OptPleat.

1 GUI zur Bearbeitung der Geometrie des Filtermediums

2 Druckverteilung und Strömungsfeld in einem Filterelement mit gefaltetem Medium



1



2

INNOVATIVE SIMULATIONSVERFAHREN FÜR PAPIER (ISOP)

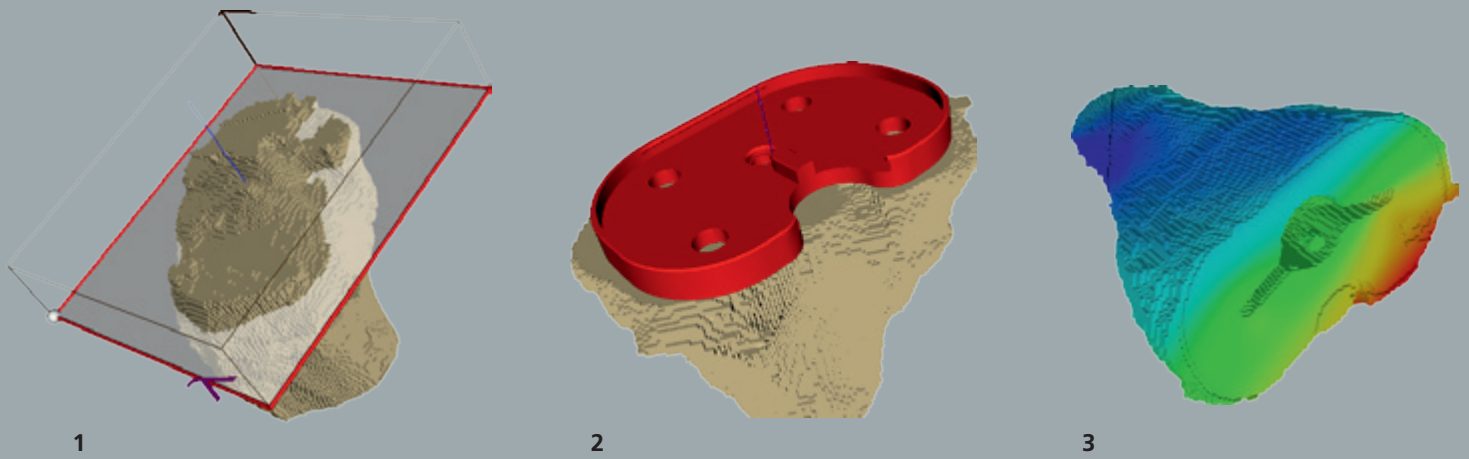
1 Computertomographie, die die Faserstruktur von Papier verdeutlicht (Probengröße 2 mm x 2 mm)

2 Deformation des Fasernetzwerkes unter Zugbelastung

Obwohl Papier auf den ersten Blick homogen erscheint, wird bei einer Computertomographie deutlich, dass sich Papier auf der Mikroskala aus Zellulosefasern zusammensetzt. Die Simulation der einzelnen Zellulosefasern und ihrer Interaktion, die sogenannte Mikrostruktursimulation, zur Vorhersage von Papiereigenschaften ist für die Papierindustrie ein neuartiger Ansatz zur Produkt- und Prozessoptimierung.

Hierfür haben wir zusammen mit Wissenschaftlern von Albany International, Eka Chemicals, Stora Enso, Tetra Pak Packaging Solutions AB und Fraunhofer-Chalmers Centre (FCC) die Entwicklung der modularen Software ISOP begonnen und dabei auf vorhandene Softwarepakete des Fraunhofer ITWM zurückgegriffen. Als Erstes haben wir das Software-Tool GeoDict um ein analytisches Papier-Mikrostrukturmodell (PaperGeo) erweitert. Als Zweites haben wir ein Balkenmodell zur Simulation der Faserdeformation und leistungsfähige Algorithmen zur Kontaktdektion in großen Fasernetzwerken in den Elastizitätslöser FeelMath integriert. Bis spätestens Ende 2011 werden wir diese Module über die parallel entwickelte ISOP-Schnittstelle mit dem FCC-Strömungslöser IBOFlow koppeln. Dann wird es möglich sein, sowohl den Herstellungsprozess als auch Qualitätskriterien von Papier zu analysieren und zu optimieren. Aufgrund des allgemeinen Ansatzes für die Beschreibung der Mikrostruktur kann diese Technik auch auf andere Faserprodukte wie Textilien und Nonwovens angewendet werden.

Die erste strukturmechanische Qualitätskontrolle, die im Projekt simuliert wurde, ist der Biege-widerstand (SCAN-P 29:95), der vom »Scandinavian pulp, paper and board testing committee« eingeführt wurde. Dies geschah in zwei Schritten: Zuerst wurden aus einer CT-Aufnahme geometrische Parameter des Fasernetzwerkes erzeugt. Unter Verwendung dieser geometrischen Parameter, wie Dichte, Längen- und Orientierungsverteilung, wurde zusammen mit Parametern des Herstellungsprozesses (Gewicht, Papierdicke) ein stochastisches Geometriemodell der Mikrostruktur mit PaperGeo erzeugt. Danach wurden die Kontakte der Zellulosefasern mit FeelMath detektiert und geeignet modelliert. Mittels Homogenisierung der Fasergeometrie wurde die effektive Biegesteifigkeit und damit der Biege-widerstand auf makroskopischer Ebene berechnet. Jeder Schritt dieses Verfahrens wurde durch umfangreiche Messungen der Industriepartner validiert. Das Fraunhofer ITWM entwickelt fortschrittliche Balkenmodelle zur Simulation der Produktion von Vliesen (FIDYST - Fiber Dynamics Simulation Tool), Fasernetzwerken und zusammen mit dem FCC für die Struktur-dynamik von Kabeln (IPS Cable Simulation).



PLANUNGSSYSTEM FÜR DIE ENDOPROTHETIK MIT BIOMECHANISCHER SIMULATION

Bei fortgeschrittenem Verschleiß oder bei hochgradiger Zerstörung von Gelenkflächen werden künstliche Gelenkprothesen eingesetzt. Neben Hüftgelenkprothesen sind totale Knieprothesen relativ häufig notwendig, weil das Kniegelenk stark belastet und z. B. bei Übergewicht permanent überbelastet wird. Bei einer schlechten Positionierung der Gelenkprothese ist die Funktion des Gelenks, nämlich Kräfte zwischen Knochen zu übertragen, nicht mehr so gewährleistet, dass die Knochen in natürlicher Weise belastet werden. Die Folge ist zwar ein Umbau des hoch adaptiven Knochengewebes, aber dies führt sehr oft zu Komplikationen nach der Operation. Deshalb werden bei Knieprothesenoperationen zunehmend sogenannte Navigationssysteme zur genaueren Positionierung der Prothesenteile an den beteiligten Knochen eingesetzt. Bisherige Navigationssysteme nutzen rein geometrische Informationen. Zukünftig werden jedoch zusätzlich biomechanische Patientendaten in die Operationsplanung einbezogen, was auf Basis innovativer Bildgebungsverfahren und leistungsfähiger biomechanischer Computersimulationen möglich ist. Entsprechende Verfahren zur wesentlichen Verbesserung der Navigationssysteme sind am Fraunhofer ITWM gemeinsam mit Wissenschaftlern aus Catania und der italienischen Firma Lima-Lto spa (Italien) entwickelt worden. Das Ziel des Projektes ist es, die Lebensqualität des Patienten zu verbessern, Komplikationen und Folgeoperationen zu vermeiden sowie Rehabilitationszeiten zu verkürzen. Die entsprechenden biomechanischen Modelle berücksichtigen die individuellen Eigenschaften der Knochen des Patienten und der Prothese.

Eine besondere Bedeutung hat die Kontaktzone zwischen Knochen und Prothese. Die lokale mechanische Beanspruchung der Kontaktzone erzeugt biologische Reize, die zum Knochenaufbau, d. h. zum Einwachsen der Prothese führen. Gerade für die Analyse dieser Zone werden adäquate Modelle, welche die Mikrostruktur der Prothesenoberfläche und der Knochen berücksichtigen, entwickelt. Die sogenannten mechanischen Kontaktprobleme für das Prothese-Knochen-System werden mit der Finite-Elemente-Methode (FEM) numerisch gelöst. Durch den Einsatz spezieller effizienter Algorithmen können in kurzer Zeit zahlreiche Varianten von Prothese-Knochen-Systemen simuliert werden. Eine benutzerfreundliche graphische Oberfläche hilft dem Chirurg, die Operation des Knochens und die Positionierung der Prothese zuerst virtuell zu realisieren und die mechanische Beanspruchung des Prothese-Knochen-Systems per Computersimulation zu testen. Solche virtuellen Operationen können mehrmals durchgeführt werden, um die beste Entscheidung zu treffen.

1 *Wahl der Schnittebene für den Schienbeinknochen (Tibia)*

2 *Wahl der Größe der Tibia-Platte*

3 *Visualisierung der Deformation des Schienbeinknochens unter einer typischen Belastung (z. B. Sprung) bei dieser Wahl der Tibia-Platte*



BILDVERARBEITUNG

- MIKROSTRUKTURANALYSE
- OBERFLÄCHENINSPEKTION
- SIGNALANALYSE IM EISENBAHNBEREICH
- ULTRASCHALL-IMAGING

Abteilungsleiter

Dr. Ronald Rösch

T. 0631/3 1600-4486

ronald.roesch@itwm.fraunhofer.de



Kaiserslautern wird dank der kontinuierlichen und verlässlichen Arbeit der Abteilung als wichtiger Bildverarbeitungsstandort wahrgenommen. Davon zeugen u. a. die Berufungen in wichtige Gremien, wie z. B. den Koordinationsrat der Fraunhofer-Allianz Vision und den Beirat des Heidelberger Bildverarbeitungsforums. Auch Anwender innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft wenden sich mit Bildverarbeitungsfragestellungen an die Abteilung; so ist das ITWM erste Adresse für Bildanalyseprobleme in der Fraunhofer-Allianz Leichtbau. Besonders erfreulich ist die Stärkung des Standortes durch die Berufung von Gabriele Steidl auf die Professur »Bildverarbeitung und Datenanalyse« des Fachbereichs Mathematik der TU Kaiserslautern ab Januar 2011. Hiervon sind neue wissenschaftliche Impulse für das Fraunhofer ITWM zu erwarten.

Zahlreiche Kooperationen mit inländischen und ausländischen Forschungseinrichtungen, die die Nutzung von Forschungsergebnissen in Projekten beschleunigen, wurden auch im vergangenen Jahr fortgeführt. Besonders fruchtbar war die Zusammenarbeit mit der Ecole des Mines in Fontainebleau, dem Bauingenieurwesen der TU Kaiserslautern, der Hochschule Darmstadt und der Universität Linz.

Die Kunden der Abteilung sind vorwiegend kleine und mittlere Unternehmen. Besonders erfreulich sind die innovativen Projekte mit lokalen Unternehmen, wie zum Beispiel Wipotec Wägetechnik und AVID (ehemals Blue Order). Aber auch Firmen wie Abbott und BASF zählen zum Kundenkreis. Damit eröffnen sich Möglichkeiten, mithilfe moderner Bildverarbeitungsmethoden die regionale Industrie zu stärken. Langjährige Erfahrung in der Entwicklung von Algorithmen für die industrielle Bildverarbeitung, insbesondere für die Qualitätssicherung, kombiniert mit neuen mathematischen Methoden fließen in die Lösung verschiedenster Prüfaufgaben ein. Klassische Bild-

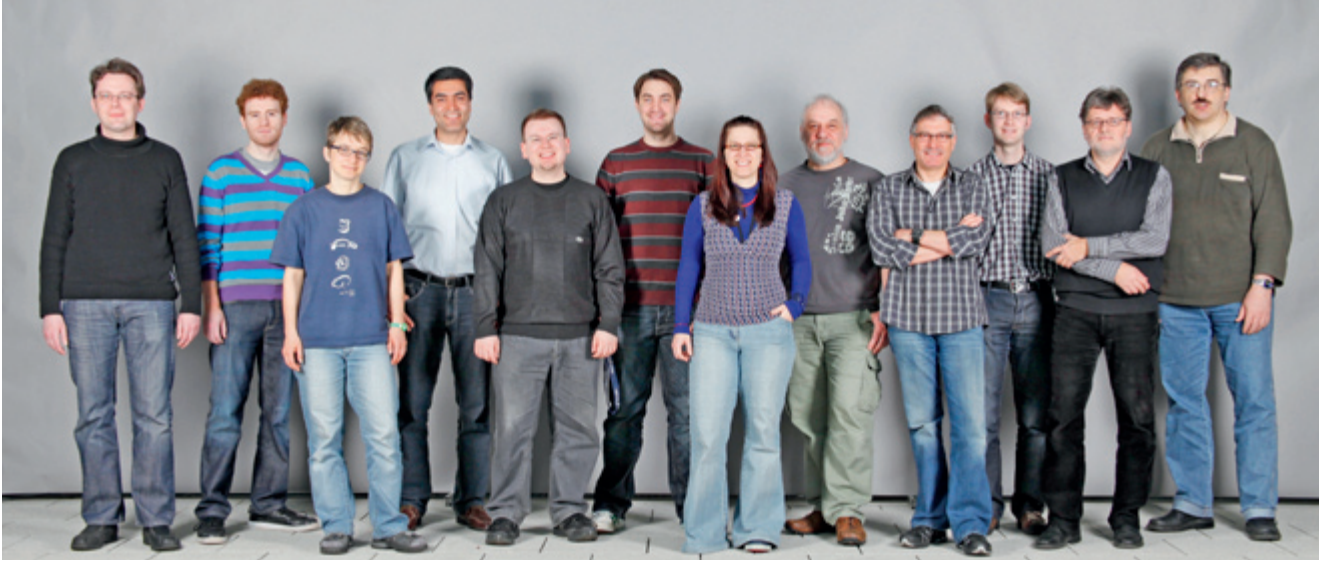
verarbeitung wie Kantenverstärkung oder Kovarianzanalyse wird ebenso angewendet wie effiziente Algorithmen zum Bestimmen von Extrema in hochdimensionalen Räumen oder zum Bewerten der Ähnlichkeit von Bildern und Bildfolgen.

Die Arbeitsgruppe Signalanalyse im Bahnbereich kooperiert seit vielen Jahren mit der Firma GE Transportation Systems. Nach dem Übergang in die Firma Progress Rail Inspection and Information Systems (PRIIS) im Jahr 2010 wurde die Tür zu neuen innovativen Systemen in der Eisenbahnüberwachungstechnik geöffnet. Das Fraunhofer ITWM ist hierbei Partner bei allen Algorithmen- und Softwareentwicklungen.

Das Fraunhofer ITWM ist bekannt für leistungsfähige Algorithmen und Software. MAVI ist als benutzerfreundliche Software zur Analyse von 3D-Volumendaten von Mikro- und Nanostrukturen bereits seit einigen Jahren etabliert. Das neue selbstentwickelte grafische Algorithmenentwurfswerkzeug ToolIP vereinfacht Entwurf, Erprobung und Optimierung von Algorithmenketten für 2D- und 3D-Bildverarbeitungsaufgaben. Ursprünglich als abteilungsinterner »Algorithmenbaukasten« für hochzuverlässige inline-Anwendungen im Bereich Oberflächeninspektion konzipiert, wird ToolIP derzeit vor allem im Außenraum stark nachgefragt. Dieser Nachfrage werden wir 2011 Rechnung tragen und weitere Algorithmen und Features zur besseren Bedienbarkeit ergänzen.

Natürlich sind auch die Auswirkungen der Wirtschaftskrise an der Abteilung Bildverarbeitung nicht spurlos vorbei gegangen. Dennoch ist es gelungen, die Erträge aus Industrieprojekten in den letzten beiden Jahren deutlich zu steigern. Insbesondere in der zweiten Hälfte des Jahres 2010 war ein deutlicher Anstieg an Projekten zu verzeichnen.

Thomas Redenbach, Björn Wagner, Andreas Fink, Henrike Stephani, Kai Taeubner, Thomas Weibel, Alina Kuznetsova, Behrang Shafei, Dr. Ronald Rösch, Thomas Eckert, Irene Vecchio, Sebastian Hubel, André Liebscher, Andreas Jablonski, Markus Rauhut, Erwin Kraft, Dr. Katja Schladitz, Dr. Ali Moghiseh, Michael Godehard, Torben Prill, Rebekka Malten, Franz Schreiber, Dr. Martin Spies, Dr. Stephan Didas, Hans Rieder, Martin Braun



MASC SOFTWARE LIBRARY UND TOOLIP

Das Erstellen von Bildverarbeitungsalgorithmen für visuelle Inspektionssysteme ist eine komplexe und aufwendige Aufgabe. Viele verschiedene Filter, Klassifikatoren etc. werden zu einer Prozesskette zusammengeschaltet, um die zu findenden Defekte später automatisch in einem Inspektionssystem zu erkennen. Entwickler von Bildverarbeitungsalgorithmen müssen häufig eine Vielzahl von Verfahren kombinieren, parametrisieren und testen. Um ihnen diese Aufgabe zu erleichtern, hat die Abteilung »Bildverarbeitung« die Bibliothek »MASC Software Library« mit einer grafischen Entwicklungsumgebung »Toolip« entwickelt. Mit Toolip können Bildverarbeitungsalgorithmen grafisch programmiert werden. Dazu wird der Algorithmus als Graph modelliert, bei dem die Algorithmen die Knoten des Graphen sind und die Kanten den Datenfluss modellieren. Basis ist eine Bibliothek mit ca. 300 verschiedenen Algorithmen:

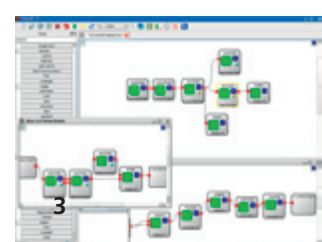
- Basisoperationen für Bilder (Laden/Speichern, Bildtransformationen)
- Bildverbesserung und -entrauschen (Lineare Filter, morphologische Filter, Rangordnungsfiler und adaptive anisotrope Filter)
- Kantendetektion (Canny, Gradienten, Sobel, Laplace, Hessian-Matrix, Hough-Transformation)
- Objekterkennung (Ähnlichkeitsmaße, Template-Matching)
- Bildregistrierung (Statistische Ähnlichkeitsmaße)
- Segmentierung (adaptive Schwellwertverfahren, lokale Nachbarschaften)
- Regionenfeatures (Mittelwert, Varianz, Entropie, Texturdeskriptoren, Regionengeometrie)
- Klassifikation (Linear-Discriminant und Mahalanobis-Distanz-Klassifikatoren, Support-Vektor-Maschine, Clustering)
- Matrixoperationen (SVD, QR-Dekomposition, Invertierung, Eigenwert- und Eigenvektorberechnung sowie Algorithmen für PCA und ICA)

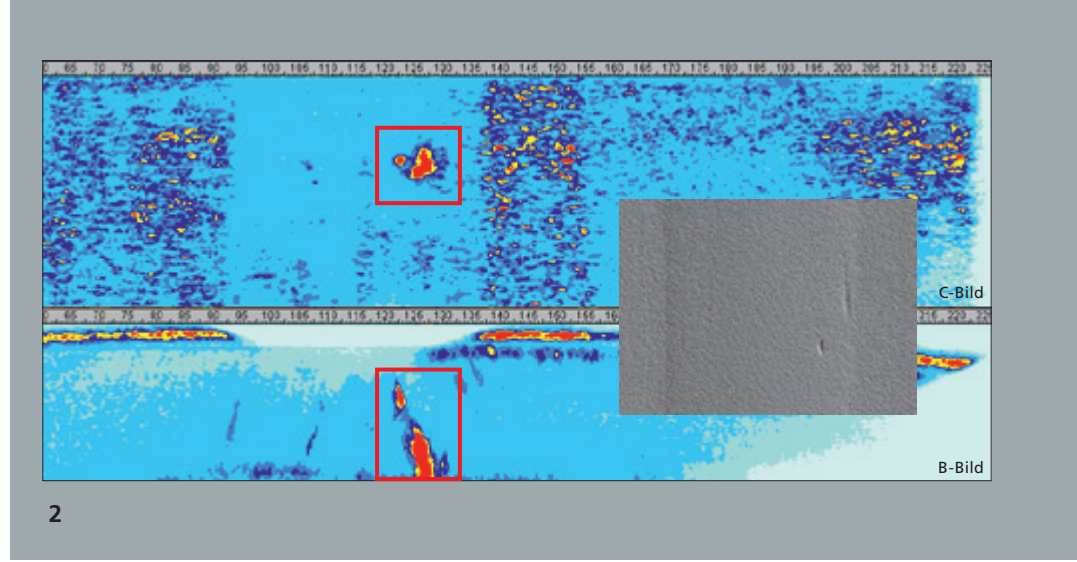
Neben der einfachen Programmierung durch eine grafische Oberfläche hat die Modellierung des Bildverarbeitungsalgorithmus als Graph einen weiteren Vorteil. Durch Standardalgorithmen aus der Graphentheorie kann die Ausführung der Bildverarbeitung automatisch parallelisiert und somit beschleunigt werden. Dazu erkennt die Software selbständig, wie viele Rechenkerne der Ausführer hat und optimiert die Algorithmik dementsprechend. Da dieser Vorgang automatisiert ist, kann es auch nicht durch die Parallelisierung zu Fehlern in der Software kommen. Alle Basisalgorithmen sind in C++ implementiert, wobei Graphen als XML-Dateien gespeichert werden. Dies ermöglicht eine hohe Performanz bei der Ausführung der Software. Durch das mitgelieferte SDK kann im einfachsten Fall ein Graph durch eine C++-Methode ausgeführt werden. Alle Routinen der MASC Software Library können auch als normale C++-Funktionen in andere Software eingebunden und ausgeführt werden. Ebenso ist es möglich, die Bibliothek durch eigene Verfahren zu erweitern.

1 Die Standardansicht von Toolip

2 Der Parameterdialog von Toolip

3 Teile eines Graphen können zu Subgraphen zusammengefasst werden, um eine bessere Übersicht über die Algorithmik zu erhalten.





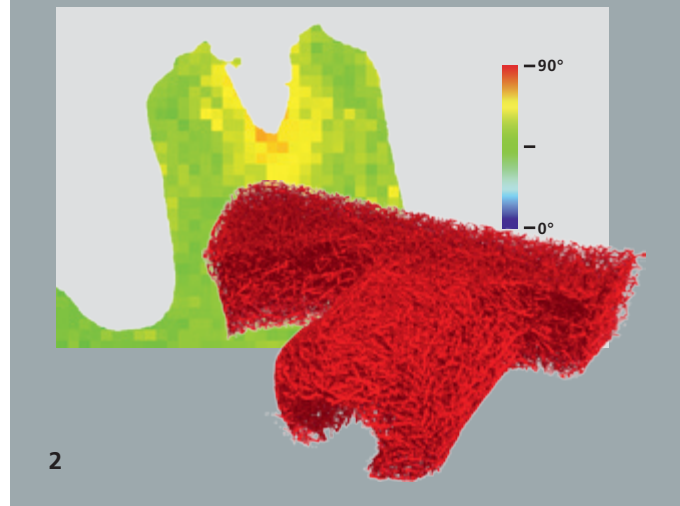
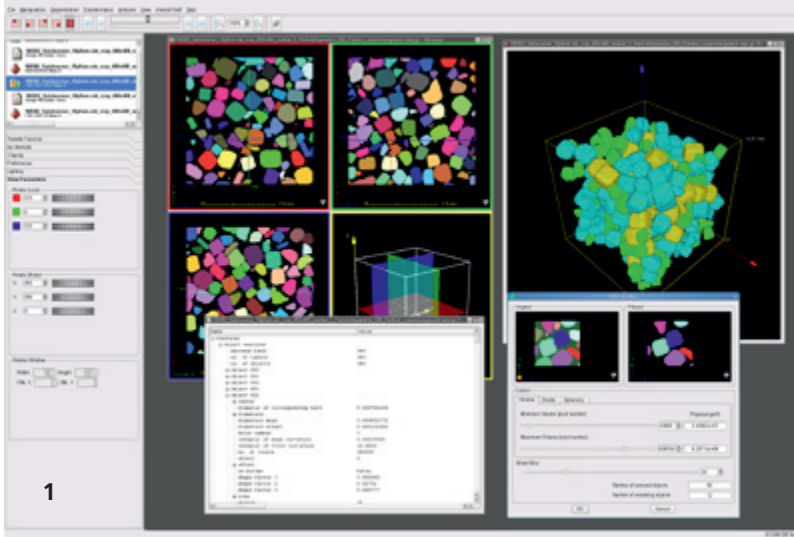
1 *Halbautomatische mechanisierte Prüfung an Schweißnähten an Großrohren*

2 *Kombination der SAFT-basierten Bildgebung eines Schlackeneinschlusses; die Fehleranzeigen sind in den roten Kästchen zu sehen. Zum Vergleich ist das Röntgen-Durchstrahlungsbild gezeigt (nicht maßstäblich).*

ALGORITHMEN FÜR DIE ULTRASCHALLPRÜFUNG LÄNGSNAHTGESCHWEISSTER GROSSROHRE

Die Herstellung von Großrohren aus Stahl ist ein komplexer Prozess. Die drei wesentlichen mechanischen Arbeitsschritte bestehen im U-Formen, dem O-Formen und dem Expandieren. Dabei wird das Stahlblech zunächst über die gesamte Länge im Querschnitt zu einem U und anschließend zu einem O geformt. Vor dem Expandieren, das Maßhaltigkeit und Endradius bestimmt, wird der längs des Rohres verlaufende Fügebereich verschweißt. Die Güte der Schweißnaht wird vor und nach dem Expandieren mit zerstörungsfreien Verfahren untersucht. Zunächst wird ein Röntgen-Durchstrahlungsverfahren eingesetzt, anschließend erfolgt die Analyseuntersuchung etwaiger Fehlstellen mittels Ultraschall. Diese Prüfung wurde bisher manuell durchgeführt, jedoch bietet die mechanisierte Ultraschallprüfung wesentliche Vorteile hinsichtlich der Nachweissicherheit und der Reproduzierbarkeit. Für die Prüfung von Großrohren bei Europipe Mülheim hat der Bereich Ultraschall-Imaging für die Salzgitter-Mannesmann Forschung GmbH ein mobiles Multikanalprüfsystem aufgebaut, welches die Fehlergrößenbestimmung von Schweißnahtfehlern zum Ziel hat. Einen wesentlichen Bestandteil dieses Systems bilden die beiden bildgebenden Verfahren TOFD (Time-of-Flight Diffraction) und SAFT (Synthetische Apertur Fokus Technik), die zur Nachbearbeitung der Ultraschall-Rohdaten eingesetzt werden. Beide Verfahren haben sich als effektive Auswerte- und Analyseverfahren durchgesetzt.

Ziel des Gemeinschaftsprojektes war die Entwicklung und Validierung eines Prüfsystems inklusive effizienter bildgebender Algorithmen für den Vor-Ort-Einsatz im Produktionsbetrieb. Das Verfahren nutzt eine mobile Scan-Einrichtung und ein applikationsspezifisches Ultraschall-Prüfsystem mit getrennten Programmen für Datenerfassung, Bildgebung, Visualisierung und Manipulation. Die Vorteile des gewählten Systementwurfs liegen in dem polymorphen Hardware-Ansatz, dem modularen Aufbau und der Implementierung als offenes System. Damit erhält der Kunde den Zugang zu allen Schnittstellen und die Möglichkeit weitere, eigene Entwicklungen einzusetzen. Darüber hinaus kann das Prüfsystem durch andere, geeignete Module ergänzt werden. Das Gesamtsystem ist für den Laboreinsatz und für Vor-Ort-Anwendungen geeignet. Die Systempflege und der Support werden durch das Fraunhofer ITWM garantiert (der Bereich Ultraschall-Imaging setzt ein ähnliches System für die mechanisierte Ultraschallprüfung an Schiffspropellern ein). Damit ist auch der Zugang zu weiteren Entwicklungen des Fraunhofer ITWM inklusive der Unterstützung zu den theoretischen Hintergründen eingeschlossen. Die Leistungsfähigkeit insbesondere der bildgebenden Algorithmen wurde zusammen mit SZMF und Europipe an einer Vielzahl von Probekörpern mit definierten Fehlstellen untersucht und validiert. Die zur Verfügung stehenden Simulationsmethoden und Verfahren zur Ultraschall-Bildgebung werden am ITWM in ähnlicher Weise zur Verbesserung der Fehlerprüfung an einer Vielzahl von Bauteilen und Materialien eingesetzt.



MAVI 1.4 – NEUE ALGORITHMMEN FÜR DIE 3D-BILD-ANALYSE

Die Abteilung Bildverarbeitung stellte im Jahr 2010 Version 1.4 ihrer Bildverarbeitungs- und -analyse Software MAVI vor. MAVI ist ein Softwarepaket zur Verarbeitung, Analyse und Visualisierung dreidimensionaler Bilddaten aus Quellen wie z. B. μ CT oder FIB/(S)TEM. Im Bereich der geometrischen Charakterisierung bietet MAVI die Möglichkeit, Mikrostrukturkomponenten mittels der Dichten des Volumens, der Oberfläche, des Integrals der mittleren Krümmung und der Eulerzahl zu beschreiben. Ferner lassen sich durch hieraus abgeleitete Kenngrößen auch Aussagen beispielsweise über die Anisotropie eines Materials treffen (field features). Kombiniert mit den integrierten Segmentierungsalgorithmen lassen sich auch einzelne Objekte vermessen und Statistiken wie die Verteilung von Objektform und Objektgröße erstellen (object features). Auch ein Modul zur modellbasierten, dreidimensionalen Vermessung offenzelliger Schäume ist seit längerer Zeit in MAVI enthalten (open foam features).

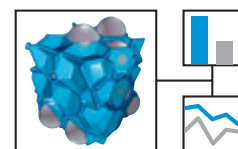
MAVI 1.4 bietet nun neue Module zur lokalen Analyse (subfield features) und zur Bestimmung der Faserrichtungsverteilung aus 3D-Bildern (subfield fiber directions). Diese neuen Module erlauben zunächst eine räumliche Darstellung der Vermessungsergebnisse direkt innerhalb der Software. Es können nun aber auch detaillierte Analysen gerade der Mikrostruktur faserverstärkter Materialien durchgeführt werden, was im folgenden Anwendungsbeispiel kurz dargestellt wird.

Ein kleiner Ausschnitt (ca. 6 mm) eines glasfaserverstärkten Kunststoffteils wurde am Fraunhofer ITWM mit einer Auflösung von $6,7 \mu\text{m}$ (Pixelabstand) mittels Röntgen μ CT aufgenommen. In einem ersten Schritt wurde das Fasersystem binarisiert, woraus sich eine Faservolumendichte von 15,3 % ergibt. Die lokalen Schwankungen dieser Größe lassen sich nun mittels MAVI 1.4 darstellen. Die dort gezeigte räumliche Verteilung des Faservolumengehaltes kann als homogen bezeichnet werden. Ein anderes Bild ergibt sich jedoch bei einer näheren Betrachtung der Abweichung der lokalen Faservorzugsrichtung von der z-Achse. Das Fasersystem richtet sich – abhängig von der Form des Bauteils – in einigen Bereichen deutlich anders aus, wobei die Abweichungen lokal im Bereich von bis zu 30° liegen können.

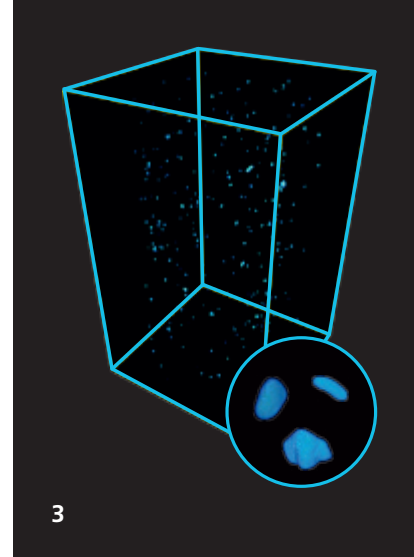
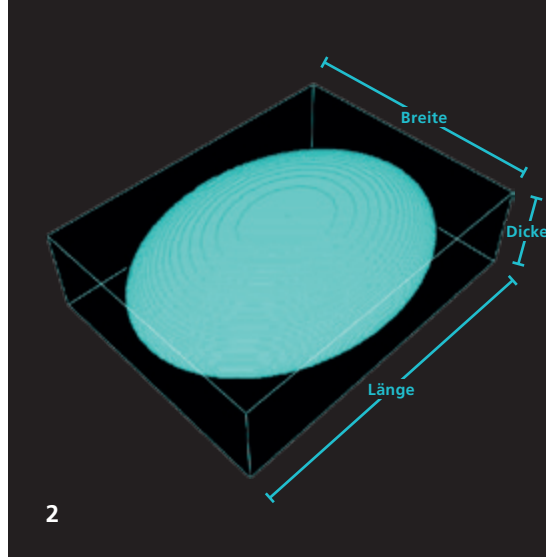
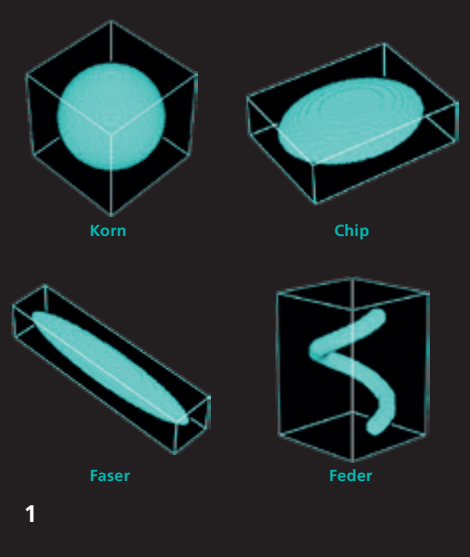
MAVI 1.4 erweitert somit die Analysemöglichkeiten gerade im wichtigen Bereich der faserverstärkten Leichtbaumaterialien.

1 Screenshot des Softwarepakets MAVI

2 Bauteil aus glasfaserverstärktem Kunststoff. Volumerendering der Faserkomponente und Ergebnis der lokalen Faserrichtungsanalyse – Abweichung von der z-Richtung. Starke Abweichung zeigt sich vor allem im Bereich von Konkavitäten der Probe.



MAVI
Modular Algorithms
for Volume Images



3D-PARTIKELCHARAKTERISIERUNG FÜR DIE SAUBERKEITSANALYSE

1 Typen von Partikeln

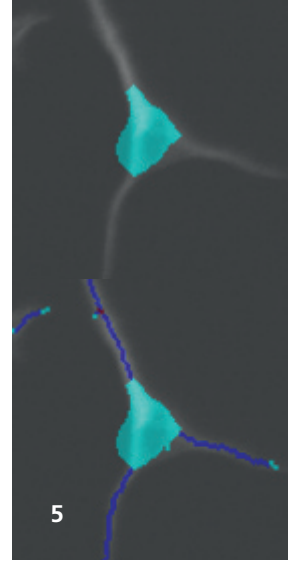
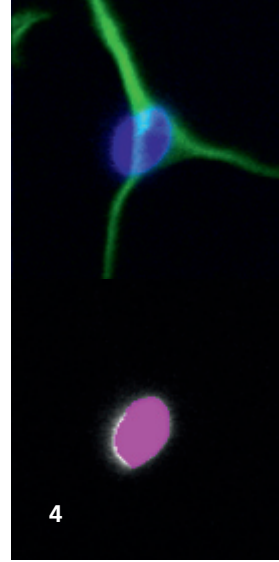
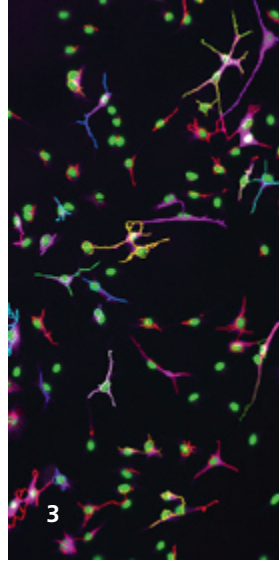
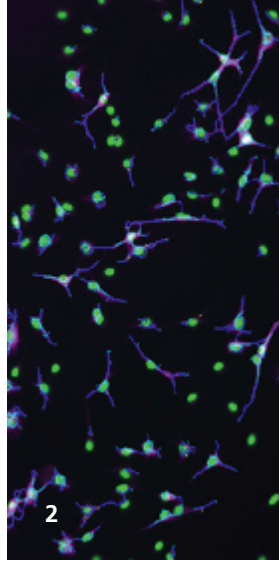
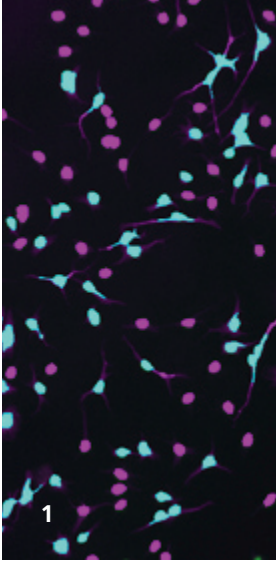
2 Ellipsoid mit minimalem umhüllendem Quader, Größe eines Partikels in 3D

3 Visualisierung einer Probe echter Schmutzpartikel

Technische Sauberkeit ist in vielen Anwendungsgebieten, vor allem aber in der Automobilindustrie, von hohem Interesse. Während der Produktion sammeln sich an der Oberfläche mechanischer Bauteile Schmutzteilchen, die Haltbarkeit und Betriebssicherheit des Produkts beeinträchtigen. Es ist deshalb besonders wichtig, während der Produktion die Sauberkeit der Komponenten zu überwachen. Techniken zur Messung und Verminderung des Schmutzes sind in mehreren Normen ausführlich beschrieben. Die Analysen basieren jedoch ausschließlich auf zweidimensionalen lichtmikroskopischen Aufnahmen. Die Analysemethoden müssen daher verfeinert werden, da immer höhere Genauigkeit gefordert wird. Mikrocomputertomografie bietet die Möglichkeit, Tausende Schmutzpartikel simultan auf einer aufgerollten Membran dreidimensional abzubilden und so die komplexe Gestalt der Teilchen vollständig zu erfassen.

In diesem Projekt werden Methoden entwickelt, um die abgebildeten Partikel gemäß ihrer Form zu klassifizieren. Zuerst müssen die signifikanten Kenngrößen ermittelt werden. Im zweiten Schritt müssen effiziente Algorithmen für ihre Bestimmung anhand von 3D-Bilddaten entwickelt, implementiert und erprobt werden. Für die Sauberkeitsanalyse sind drei Klassen von Interesse: Fasern oder Nadeln mit einer Länge, die deutlich größer als der Radius ist, Chips (flache Teilchen) sowie Körner, für die Länge, Breite und Dicke ähnlich sind. Die Größe eines Partikels wird deshalb zuerst untersucht. In 3D ist sie definiert durch die Kantenlängen des umhüllenden Quaders mit minimalem Volumen. Durch Vergleich der Verhältnisse der Seitenlängen erhält man die korrekte Klassifikation fast aller Schmutzteilchen. Einige wenige Partikel werden jedoch falsch klassifiziert, z. B. die Feder in Bild 1. Es werden also weitere, größenunabhängige Kenngrößen benötigt. Hier bieten sich die drei isoperimetrischen Formfaktoren an – geeignet normierte Quotienten aus Volumen und Oberfläche, Volumen und mittlerer Breite bzw. Oberfläche und mittlerer Breite. Die Normierung ist gerade so gewählt, dass die drei Formfaktoren den Wert 1 für die Kugel annehmen und Abweichungen von diesem Wert Abweichungen von der Kugel-form quantifizieren.

Für die größten Partikel wird zusätzlich die geodätische Länge berechnet – die Länge des längsten Weges zwischen zwei Punkten im Teilchen. Im Fall der Feder entspricht diese Länge gerade der Länge der Mittelachse und liefert so ein weiteres Indiz dafür, dass es sich um ein faserähnliches Teilchen handelt. Als Ergebnis dieses Kooperationsprojekts mit RJI Micro&Analytic wird eine neue Version von MAVI, MAVIparsidi entwickelt und vermarktet. Mithilfe des spezialisierten Softwaresystems kann die gesamte Probe vollständig analysiert werden von Erkennung der Partikel im 3D-Datensatz über Vermessung und Klassifizierung bis zur Visualisierung der größten bzw. gefährlichsten Partikel.



BILDVERARBEITUNG IN DER PHARMAINDUSTRIE

In der Pharmaindustrie spielt die Entwicklung von Wirkstoffen für sogenannte Targets (spezifische biologische Strukturen) eine entscheidende Rolle bei der Suche nach neuen Medikamenten. Die Forschungsabteilungen der Pharmaunternehmen suchen ständig nach neuen Targets, die Wechselwirkungen zwischen dem biologischen System des Körpers und einer chemischen Substanz erzielen. So auch zum Beispiel für die Entwicklung von Arzneimitteln zur Behandlung psychischer und neurologischer Erkrankungen, für die ein hoher medizinischer Bedarf besteht. Hierbei ist an Krankheiten wie Schizophrenie, Depression, Hyperaktivität/Aufmerksamkeitsstörung und neurodegenerative Erkrankungen einschließlich Alzheimer sowie Rückenmark- und Hirntrauma zu denken. Dabei wird heute nicht mehr allein auf die symptomatische Behandlung abgezielt, sondern zunehmend auf die zugrunde liegenden Krankheitsmechanismen.

Seit Anfang 2007 besteht zwischen der Abteilung Bildverarbeitung und einem führenden Pharmaunternehmen aus dem süddeutschen Raum eine fruchtbare Kooperation. In dieser Zusammenarbeit übernimmt das ITWM die quantitative und qualitative Auswertung von Messdaten, die mit verschiedenen bildgebenden Verfahren (u.a. Fluoreszenz- und konfokaler Laserscanning-Mikroskopie) erzeugt wurden. Ziel dabei ist eine zuverlässige Messung der Wechselwirkungen von verschiedenen Substanzen an Zellkulturen und Gewebeschnitten. Zur automatischen Durchführung dieser Messungen kommen unterschiedliche Verfahren der 2D- und 3D-Bildanalyse zum Einsatz. Eine hohe Varianz bei der Datenerfassung, die Diversität der Zellkulturen und die Vielfalt der natürlichen Strukturen lassen diese Aufgabenstellung zu einer Herausforderung werden.

Eine typische Anwendung ist die Messung des Wachstumsprozesses bei Nervenzellen. Das Herbeiführen von Neuritenwachstum in Zellkulturen ist ein Zeichen für eine neuroregenerative Wirksamkeit. Für verschiedene Studien wurde ein Algorithmus entwickelt, mit dem dieses Wachstum an unterschiedlichen Zelltypen bei wechselnden Behandlungen gemessen und quantifiziert werden kann. Im ersten Schritt werden über ein mehrstufiges Segmentierungsverfahren die einzelnen Zellkerne detektiert. Ausgehend von den Zellkernen werden dann die gesamten Zellkörper mit einem bedingten Wachstumsprozess erkannt. Im letzten Schritt wird das Neuritenwachstum gemessen. Hierzu wachsen lokale Hintergrundobjekte mittels eines Wasserscheidenverfahrens in Richtung der Neuriten. An den sogenannten Wasserscheiden entsteht das Neuritenwachstum als Baumstruktur, bei den Neuronen beginnend, mit Segmenten unterschiedlicher Ordnung.

1–3 Beispiele für behandelte Zellen:

Detektion der Zellkerne und Neuronen;

Erkennung des Neuritenwachstums für einzelne Neuronen;

Klassifikation der Neuronen mit Wachstum

4+5 Messung des Neuritenwachstums:

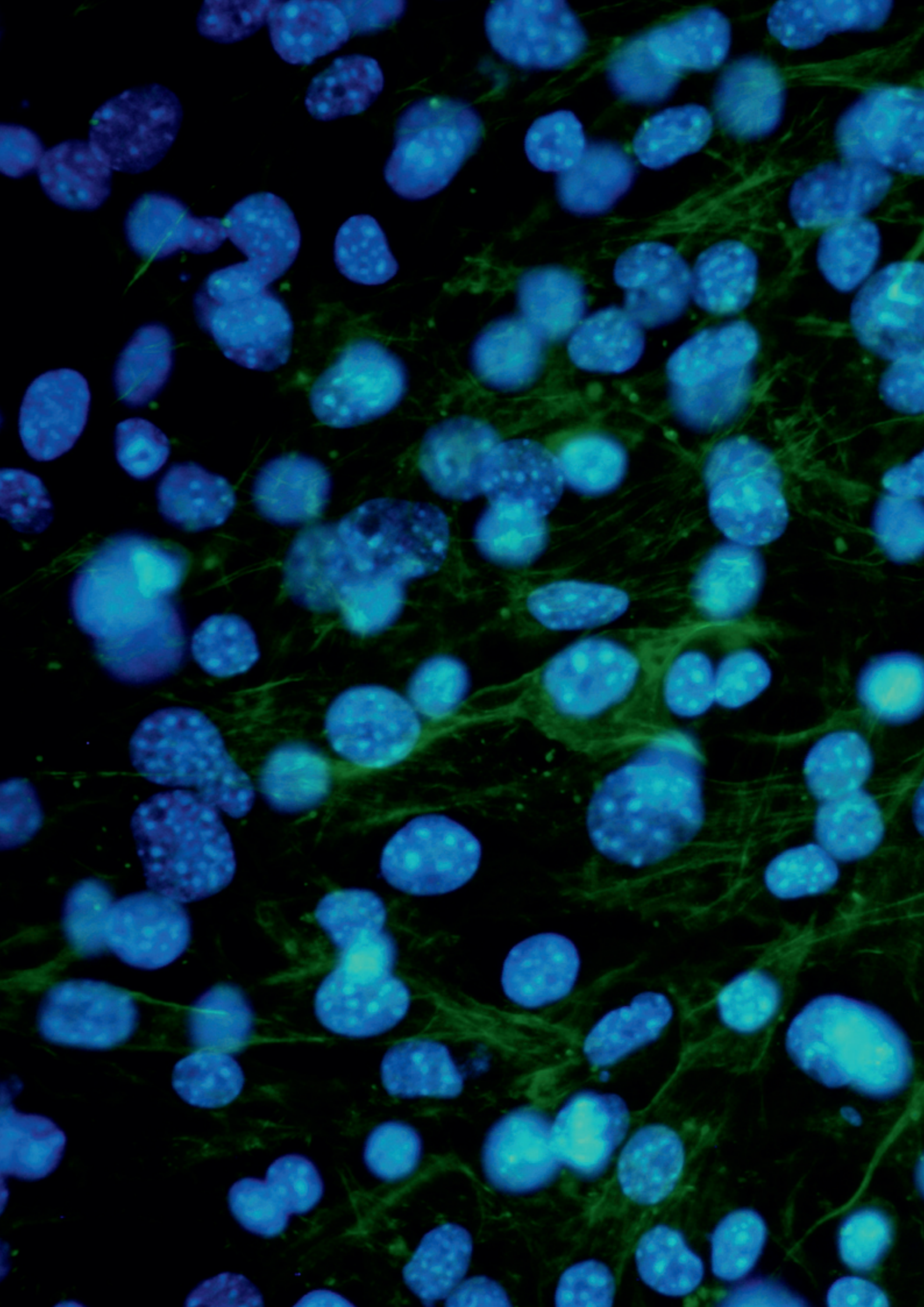
Originalbild bestehend aus zwei Bildebenen,

Detektion des Zellkerns,

Wachstum des Zellkerns im gesamten Zellkörper,

Erkennung des Neuritenwachstums mittels eines

Wasserscheidenverfahrens



SYSTEMANALYSE, PROGNOSE UND REGELUNG

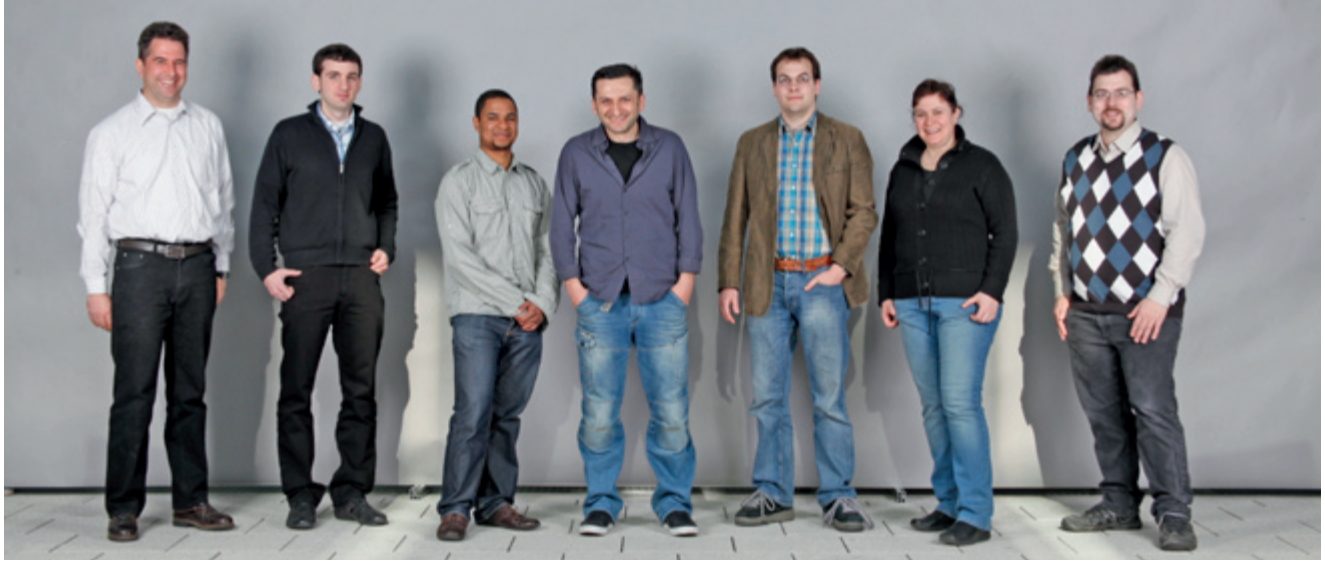
- DYNAMISCHE HETEROGENE NETZWERKE
- MONITORING UND REGELUNG
- ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG IN MEDIZIN UND TECHNIK
- PROGNOSE VON MATERIAL- UND PRODUKTEIGENSCHAFTEN
- MULTISKALEN-STRUKTURMECHANIK

Abteilungsleiter

Dr. Patrick Lang

T. 0631/3 1600-4639

patrick.lang@itwm.fraunhofer.de



Die Komplexität vieler technologischer Anwendungen und industrieller Prozesse nimmt stetig zu, bei biologischen Systemen ist sie naturgegeben hoch. Auch wenn eine detaillierte Systemmodellierung aus Komplexitätsgründen oftmals nur begrenzt möglich ist, so ist man dennoch an Vorhersage und Kontrolle der Systemzustände interessiert. Hierzu entwickelt die Abteilung Methoden, die ausgehend von Messdaten und Expertenwissen ein erweitertes Systemverständnis sowie möglichst verlässliche Prognosen und eine Steuerung des zukünftigen Systemverhaltens erlauben. Es werden sowohl reine Beratungsdienstleistung als auch kundenspezifische Software-Entwicklung sowie eigene Produkte angeboten.

Der Themenschwerpunkt Dynamische heterogene Netzwerke beschäftigt sich mit der Modellierung und Analyse komplexer vernetzter Systeme. Fehlerkontrollierte gemischt symbolisch/numerische Modellreduktionsverfahren bilden hierbei den Schlüssel für ein tieferes Systemverständnis und eine effiziente Simulation. Neben der Entwicklung algebraischer Verfahren zur Verifikation digitaler Systeme wurden im Berichtsjahr neue Funktionalitäten für die transiente Analyse und Modellreduktion nichtlinearer elektronischer Bauteile in die abteilungseigene symbolische EDA-Software Analog Insydes eingebunden und eine neue Release »Analog Insydes 2011« vorbereitet.

Im Bereich Monitoring und Regelung steht der modellbasierte Regler- bzw. Beobachterentwurf im Zentrum der Aktivitäten. Methodisch spielen robuste Kontrollstrategien, lernende iterative Regelungsansätze, Model Predictive Control und neuronale Regler eine wichtige Rolle. Aktuelle Projekte befassen sich mit dem Rissmonitoring in rotierenden Maschinen, speziell in Kraftwerksturboätzen, sowie mit der Regelung thermischer Prozesse.

Mission des Schwerpunktes Entscheidungsunterstützung in Medizin und Technik ist die Hilfestellung bei komplexen Diag-

nose- und Entscheidungsfindungsprozessen. Hierzu kommen Methoden der multivariaten Statistik, der Zeitreihenanalyse, des Data Mining, der Fuzzy-Logik und grafische Explorations-techniken zum Einsatz. Aktuelle Projekte befassen sich mit der Entwicklung geeigneter Data-Mining-Verfahren als Servicekomponente moderner Geschäftsprozess- und Produktionssoftware sowie der automatisierten Analyse von Informations- und Beratungsgesprächen medizinischer Telefondienste.

Im Bereich Prognose von Produkt- und Materialeigenschaften werden mittels mess- und simulationsdatenbasierter Methoden Modelle zur Vorhersage, Klassifikation und Simulation bestimmt, aus denen sich dann mittels geeigneter Analyseansätze ein erweitertes Systemverständnis generieren lässt. Anwendungsschwerpunkte dieser Verfahren liegen derzeit bei der Prognose von Lebensdauer Kennwerten von Abgasanlagen, der Vorhersage von Klebstoffeigenschaften sowie der Identifikation biologischer Systeme aus »Omics«-Daten.

Der Schwerpunkt Multiskalen-Strukturmechanik befasst sich mit numerischen Algorithmen für festkörpermechanische Probleme bei Materialien mit komplexer multiskaliger Struktur sowie komplizierten zeitvarianten Stoffgesetzen. Mit geeigneten asymptotischen Homogenisierungstechniken lassen sich Festigkeit und Lebensdauer unter Ermüdung, Kontaktprobleme bei mikrorauen Oberflächen, Kriechen, schlagartige Belastungen und Verschleiß berechnen. Aktuell stehen als Materialien textile Gewebestrukturen sowie die Entwicklung der FE-Software FiberFEM im Fokus.

Durch die Auswirkungen der Finanzkrise war der Start ins Jahr 2010 auf der Seite der Industriaufträge zunächst sehr verhalten. Eine sukzessive Belegung dieses Bereichs einerseits sowie die Einwerbung substanzieller Forschungsprojekte andererseits hat 2010 letztlich jedoch zu einem erfolgreichen Jahr werden lassen.

Dr. Andreas Wirsén, Matthias Hauser, Daniel Zoufine Bare Contreras, Dr. Alex Sarishvili, Dr. Christian Salzig, Dr. Julia Orlik, Dr. Alexander Dreyer, Dr. Jan Hauth, Alexander Nam, Dr. Anna Shumilina, Richard K. Avuglah, Dr. Patrick Lang, Dr. Hagen Knaf, Annette Krengel, Hans Trinkaus, Dominik Stahl

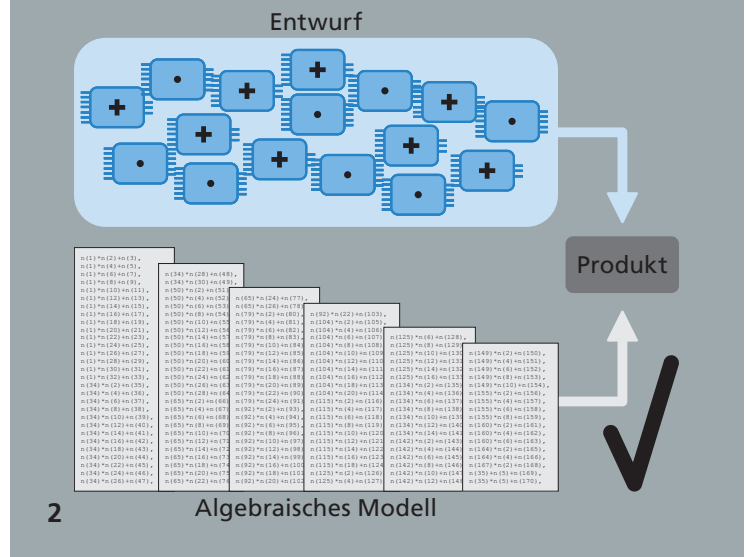
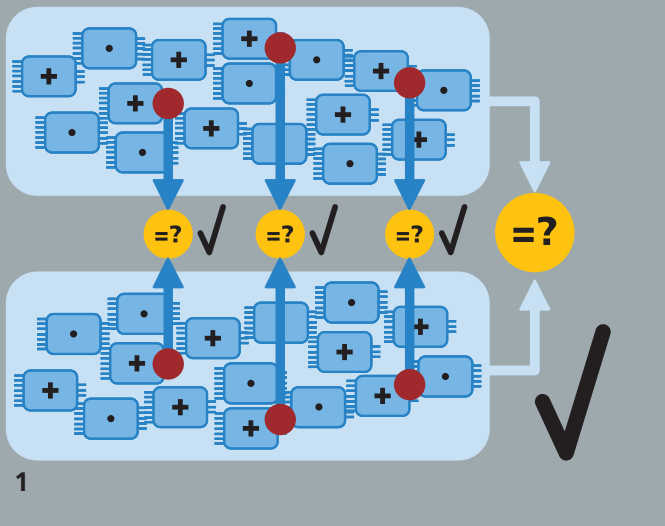


TOOLBOX ZUM WELLENRISSMONITORING BEI KRAFTWERKSTURBOSÄTZEN

Kritische Betriebszustände eines Turbosatzes können durch vielfältige strukturmechanische Effekte, wie z. B. Risse, Lagerschäden, Kupplungsschäden, Unwucht sowie durch Störungen im elektrischen Netz verursacht werden und erfordern daher ein permanentes Schwingungsmonitoring. Viele dieser Ursachen werden wie im Falle eines Wellenrisses von den bestehenden Monitoringsystemen jedoch erst sehr spät als Abweichung vom normalen Betriebszustand erkannt. Ursächlich hierfür sind die in den bestehenden Condition Monitoring-Systemen integrierten Verfahren zur Frequenzbereichsanalyse. So werden beispielsweise die die Rissatmung charakterisierenden Amplituden- und Frequenzvariationen innerhalb einer Wellenumdrehung durch die meistens genutzte schnelle Fourier-Transformation im wesentlichen ausgemittelt.

In den letzten Jahren wurden im Bereich der Signalanalyse Verfahren für nichtlineare und nichtstationäre Schwingungen entwickelt, mit denen die Frequenzbereichsinformationen in jedem Messzeitpunkt berechnet werden. Mit diesen Verfahren wird damit auch die Detektion der Wellenrissatmung insbesondere in den transienten Betriebszuständen möglich. Die verbesserte zeitliche Berechnung des Frequenzspektrums reicht alleine für die Wellenrisserkennung jedoch nicht aus, da ein eindeutiges Kriterium für die Wellenrissdetektion nicht existiert. Es ist vielmehr ein Klassifikationsproblem für einen umfangreichen Merkmalsvektor zu lösen, das den Wellenriss von den anderen strukturmechanischen Effekten abgegrenzt. Der Bereich MTS der E.ON Anlagenservice GmbH ist Dienstleister im Bereich Schwingungsmonitoring von Kraftwerksturbosätzen; in dessen Auftrag hat das Fraunhofer ITWM basierend auf einer konzeptionellen Analyse neuester Verfahren aus dem Bereich Signalanalyse und Wellenrissklassifikation ein prototypisches Softwaretool zur automatisierten Detektion von Wellenrissen entwickelt.

Die von den derzeitigen Kraftwerksmonitoringsystemen gespeicherten Zeitsignale der Wellenschwingungssensoren werden zu zwei verschiedenen Zeitpunkten mit gleichem Betriebszustand in die Toolbox importiert und in ihre Einzelschwingungen zerlegt. Anschließend werden die Frequenzbereichsdaten jedes Teilsignals für jeden Zeitpunkt berechnet. Mittels der Trendinformationen wird dann das Klassifikationsproblem zur Abgrenzung des Wellenrisses von anderen strukturmechanischen Effekten gelöst. Die analysierten Daten können in Form von Frequenzspektrern, Polar- oder Orbitplots dargestellt werden. Zusammenhänge zwischen den Merkmalen können über Radarplots visualisiert werden. In einem Folgeprojekt ist die Umsetzung in ein Hardware-System zur Online-Detektion von Wellenrissen in Kraftwerksturbosätzen geplant, das dann durch E.ON Anlagenservice in Kraftwerken eingesetzt werden soll.



INDUSTRIELLE ALGEBRA – VERIFIKATION DIGITALER SYSTEME

1 *Ausnutzung topologischer Ähnlichkeit bei klassischer Verifikation*

2 *Verified Prototyping: Die Produktion startet erst nach erfolgreicher Verifikation*

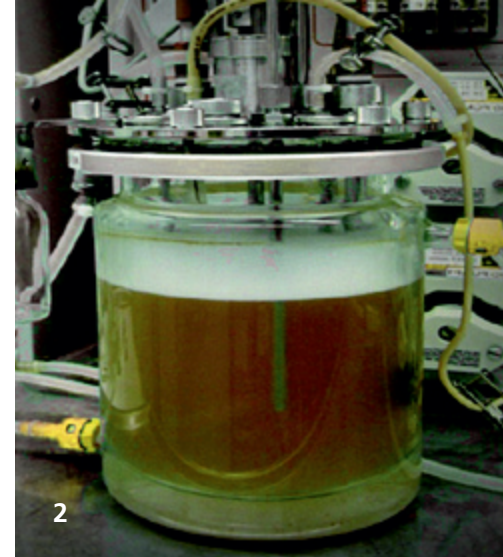
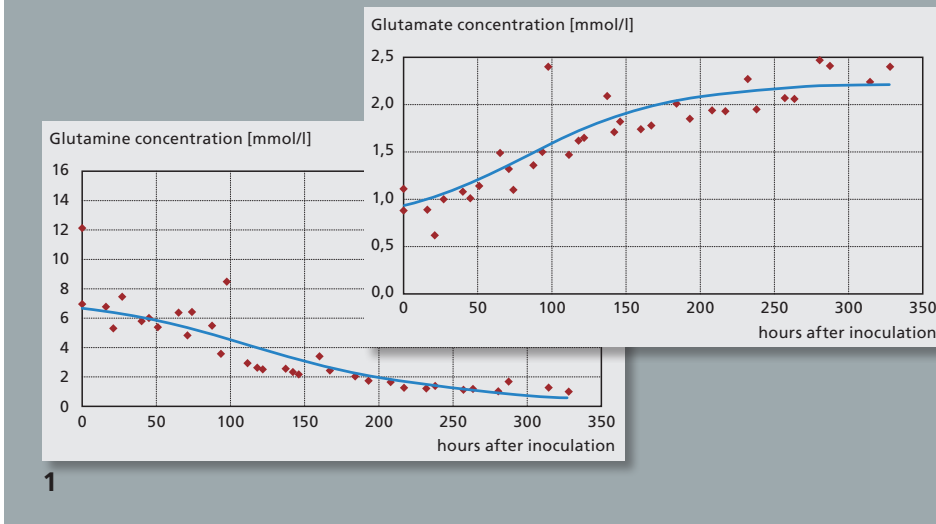
Bei der Entwicklung digitaler Systeme ist ein korrekter Entwurf unabdingbar, da sich konzeptionelle Fehler vom Reißbrett bis ins fertige Produkt durchziehen. Der wohl bekannteste Designfehler dürfte der Pentium-Bug aus dem Jahr 1994 sein. Neben teuren Rückrufaktionen haben die Hersteller in solchen Fällen vor allem mit einer negativen Außenwirkung zu kämpfen.

Im Gegensatz zu dem automatisierten Prozess vom gegebenen Design bis hin zum fertigen Chip ist die vorgeschaltete Eigenschaftsprüfung eine Herausforderung. Hier kann eine Erfüllbarkeitsanalyse Unterschiede zwischen Design und vorgegebener Spezifikation ausschließen. Dies ist aber nur möglich, wenn beide strukturell ähnlich sind, was aber nicht immer zutrifft: So ist bei Multiplizierern das Produkt zweier Zahlen als Ergebnis spezifiziert, der Rechenweg – und damit die interne Verschaltung – jedoch nicht.

Moderne ausgeklügelte Schaltungstopologien, wie sie aus Kosten- und Performancegründen eingesetzt werden, sind daher schwierig zu verifizieren. Da sich sowohl aussagelogische Gleichungen auf Bitebene als auch viele übergeordnete Hierarchien (wie Multiplizierer und Addierer) als Polynome formulieren lassen, ist jedoch die algebraische Gröbner-Methodik anwendbar. In Zusammenarbeit mit der TU Kaiserslautern und dem Mathematischen Forschungsinstitut Oberwolfach wurde Industrial Algebra, ein neuer Zweig der Computeralgebra begründet, aus dem bislang zwei wesentliche Softwareentwicklungen hervorgegangen sind.

Zum einen entstand das international beachtete PolyBoRi-Framework für Polynome über Boole'schen Ringen. Durch geschickte Kombination von Computeralgebra mit binären Entscheidungsdiagrammen kann es Tausende bitwertiger Bedingungen behandeln. Wesentlich ist hier das Zusammenspiel von performanten Kernroutinen mit einem Baukasten erweiterbarer Algorithmen. Dies wird ergänzt durch einen spezialisierten Ansatz für solche Komponenten, die als Polynome über den ganzen Zahlen modelliert werden können. Hieraus ist das Softwaretool GBABL (Gröbner bases for arithmetic bit-level) hervorgegangen, mit dem realistische Prozessor-Befehlsätze schnell verifiziert werden können.

Dies ermöglicht auch ein Verified Prototyping, also die ansonsten zu aufwändige Verifikation von Kleinstserien oder Einzelstücken. Bei sicherheitskritischen Anlagen kann ebenfalls nicht auf Verlässlichkeit verzichtet werden. Besonders kritisch ist dabei der Ersatz veralteter Geräte durch Nachbauten (Retro- oder Legacy-Computing), deren Verhalten mit dem ursprünglichen übereinstimmen muss.

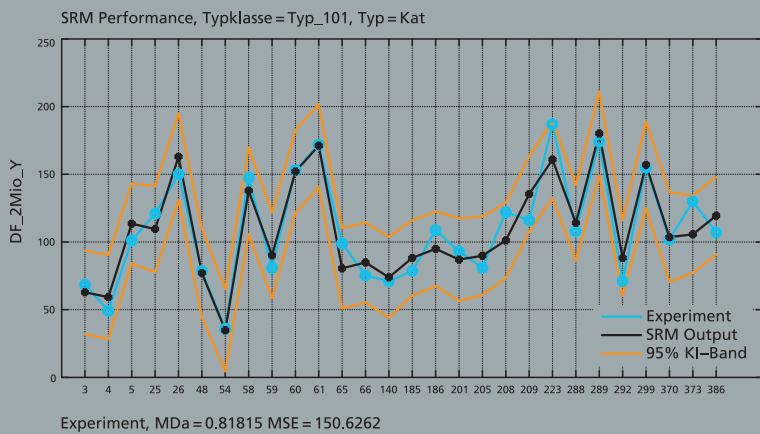


MAVO ZELLPHARM – PRODUKTION PHARMAZEUTISCHER PROTEINE IN TIERISCHEN ZELLEN

Immuntherapien spielen in der modernen Medizin eine immer größere Rolle. Ein Beispiel ist der Einsatz von Antikörpern zur Bekämpfung von Krebs: Im Idealfall docken die Antikörper an die Krebszellen – und nur an diese – an und markieren sie so, dass das körpereigene Immunsystem die krankhaften Zellen erkennt und zerstört. Antikörper bestehen aus hochkomplexen Proteinketten, die nicht einfach über chemische Verfahren hergestellt werden können. Man benötigt hierzu die Unterstützung von lebenden Organismen, deren Zellmaschinerie alleine in der Lage ist, die komplizierten Moleküle zusammenzubauen. Diesen Zellen muss in einem gentechnischen Verfahren der Bauplan für die Antikörper, die sie produzieren sollen, eingepflanzt werden. In der Vergangenheit nutzte man üblicherweise Einzeller wie Bakterien oder Hefepilze, vermehrt kommen aber auch tierische Zellen in Gebrauch. Unter den tierischen Zellen als Produzenten treten vor allem die Ovarienzellen des Chinesischen Hamsters (CHO-Zellen) immer mehr in den Vordergrund. Im Gegensatz zu den einfacher gebauten Bakterien oder Hefen erschwert die Komplexität der tierischen Zellen ihre effektive Nutzung erheblich. Der Erfolg bei der Entwicklung und Anpassung der CHO-Zellen für die Produktion neuer Antikörper ist stark zufallsbedingt und erfordert einen erheblichen Zeitaufwand.

Drei Fraunhofer-Institute (IME, FIT und ITWM) und das Fraunhofer-Chalmers Centre (FCC) in Göteborg haben sich in dem dreijährigen Fraunhofer-internen Projekt ZellPharm zusammengetan, um die Entwicklung neuer CHO-Zellen als Antikörper-Produzenten zu beschleunigen und die Produktion der Antikörper selbst zu verbessern. Mit der Kombination von systembiologischer Modellierung mit datengetriebenen Klassifikationsmethoden sollen sogenannte Biomarker gefunden werden, die es erlauben, in einem sehr frühen Stadium der Erzeugung neuer CHO-Zelllinien schon Vorhersagen über die zukünftig zu erwartende Ausbeute an Antikörpern zu machen. Schlechte Kandidaten können dann früh ausgesondert und die aufwändige Weiterentwicklung mit einer erheblich größeren Zahl an guten Zelllinien fortgesetzt werden, was die Chancen für das Auffinden wirklich guter Produzenten signifikant erhöht. In einem späteren Projektteil soll dann auch die eigentliche Produktionsphase im Bioreaktor durch eine ebenfalls modell- und datenbasierte Optimierung der Umgebungsbedingungen verbessert werden.

1 + 2 Modellierung und Simulation von Prozessen in einem Bioreaktor
(Daten und Foto: Fraunhofer IME)



1

2



LEBENSDAUERPROGNOSE VON ABGASANLAGEN

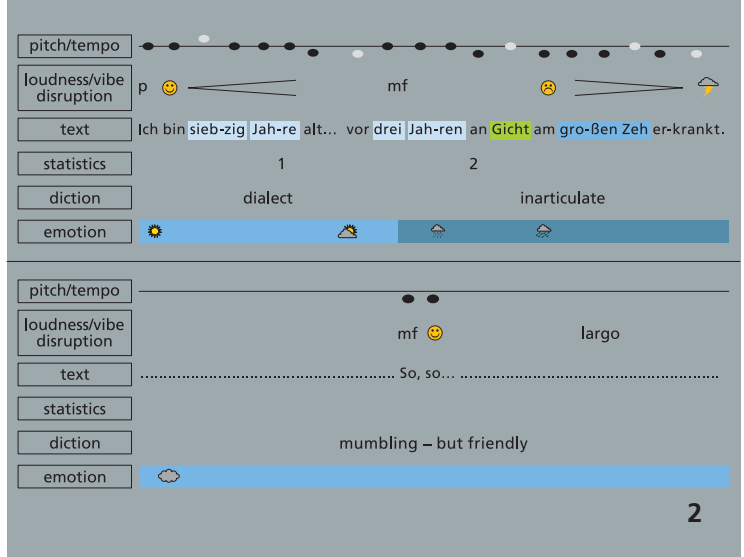
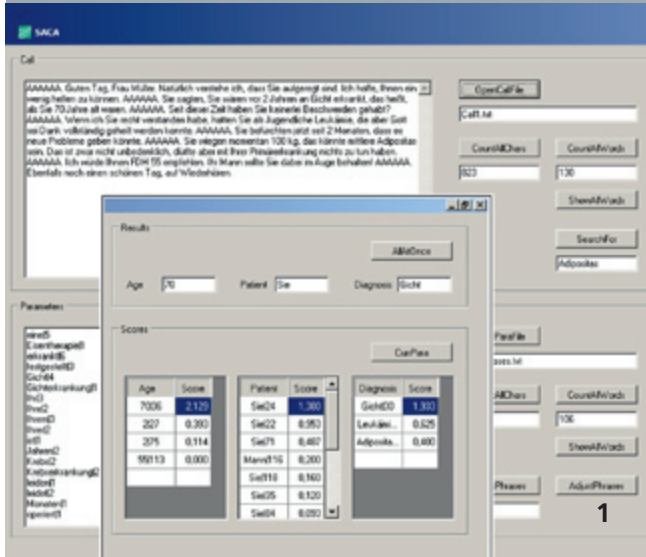
1 Prognoseperformance für Dauerfestigkeitswerte

2 Verschiedene Kfz-Abgasanlagen

Bei der Lebensdauerbewertung von Kraftfahrzeugabgasanlagen ist man vorrangig an den kritischen Dauerfestigkeitswerten für verschiedene Belastungsszenarien interessiert. Der Detailverlauf der kompletten Wöhlerkennlinie (Spannungsamplitude über der Schwingspielzahl) spielt dabei eine untergeordnete Rolle. Zur Abschätzung der Belastbarkeit werden für zwei unterschiedliche Spannungsamplituden jeweils mehrere Exemplare eines Bauteils bis zu ihrem Ausfall zyklischen Belastungen unterworfen. Hieraus ergibt sich für jede der beiden Spannungsamplituden eine statistische Verteilung über die beobachteten Ausfallzyklenzahlen und somit auch die Möglichkeit zur Definition gewisser Überlebenswahrscheinlichkeitsbereiche. Unter Annahme eines linearen Wöhlerkennlinienverlaufs wird durch Verbinden entsprechender Punkte auf beiden Horizonten eine näherungsweise Kennlinie fixiert. Die Steigung dieser Kennlinie stellt eine wichtige Größe im Kontext der Dauerfestigkeitsbewertung dar.

Zur Reduktion des beträchtlichen Kosten- und Zeitaufwands für die Versuchsdurchführung stellt sich die Frage, inwieweit sich aus den bereits durchgeführten und archivierten Versuchen Prognosemodelle ableiten lassen, die eine Schätzung der zu erwartenden Wöhlerlinienkennwerte für neue Bauteile erlauben. Neben der reinen Prognose dieser Werte wären insbesondere auch die aus den identifizierten Modellen ableitbaren Informationen über die Signifikanz der unterschiedlichen Einflussgrößen von großem Interesse. Hieraus könnten nämlich Ingenieure bereits in der Entwurfs- und Entwicklungsphase wichtige Informationen für die Verbesserung der Dauerfestigkeit gewinnen.

Im Projekt wurden mathematische Algorithmen zur Dimensionsreduktion des Datenraums, zur Modellwahl aus der Klasse der linearen Modelle sowie aus einer speziellen Klasse neuronaler Netze zur Wissensextraktion aus Modellen und zum Design of Experiments (DOE) implementiert. Hauptanforderungen waren einerseits die Möglichkeit zur Wissensübermittlung von Experten an die Modellbildungsmechanismen der Software und andererseits die schon erwähnte Interpretationsmöglichkeit der Modellresultate. Um diese Anforderungen erfüllen zu können, war eine expertenbasierte Vorauswahl der signifikanten Einflussvariablen notwendig. Dieser Schritt führt zu einer starken Reduktion der Anzahl möglicher Modelle und ermöglicht eine nachfolgende, vollständige Modellsuche im reduzierten Modellraum. Die Implementierung des DOE gibt dem Anwender die Möglichkeit, ein vorhandenes, statistisch signifikantes Modell mit optimalen Experimenten maximal zu verbessern. Die implementierten Verfahren werden derzeit ausführlich getestet, ein Hauptaugenmerk liegt insbesondere auf der Vergrößerung der zur Verfügung stehenden Datenbasis und einer geeigneten Vorgruppierung der variationsreichen Abgasanlagen.



SOFTWAREGESTÜTZTE ANALYSE VON BERATUNGS- GESPRÄCHEN MEDIZINISCHER TELEFONDIENTSTE

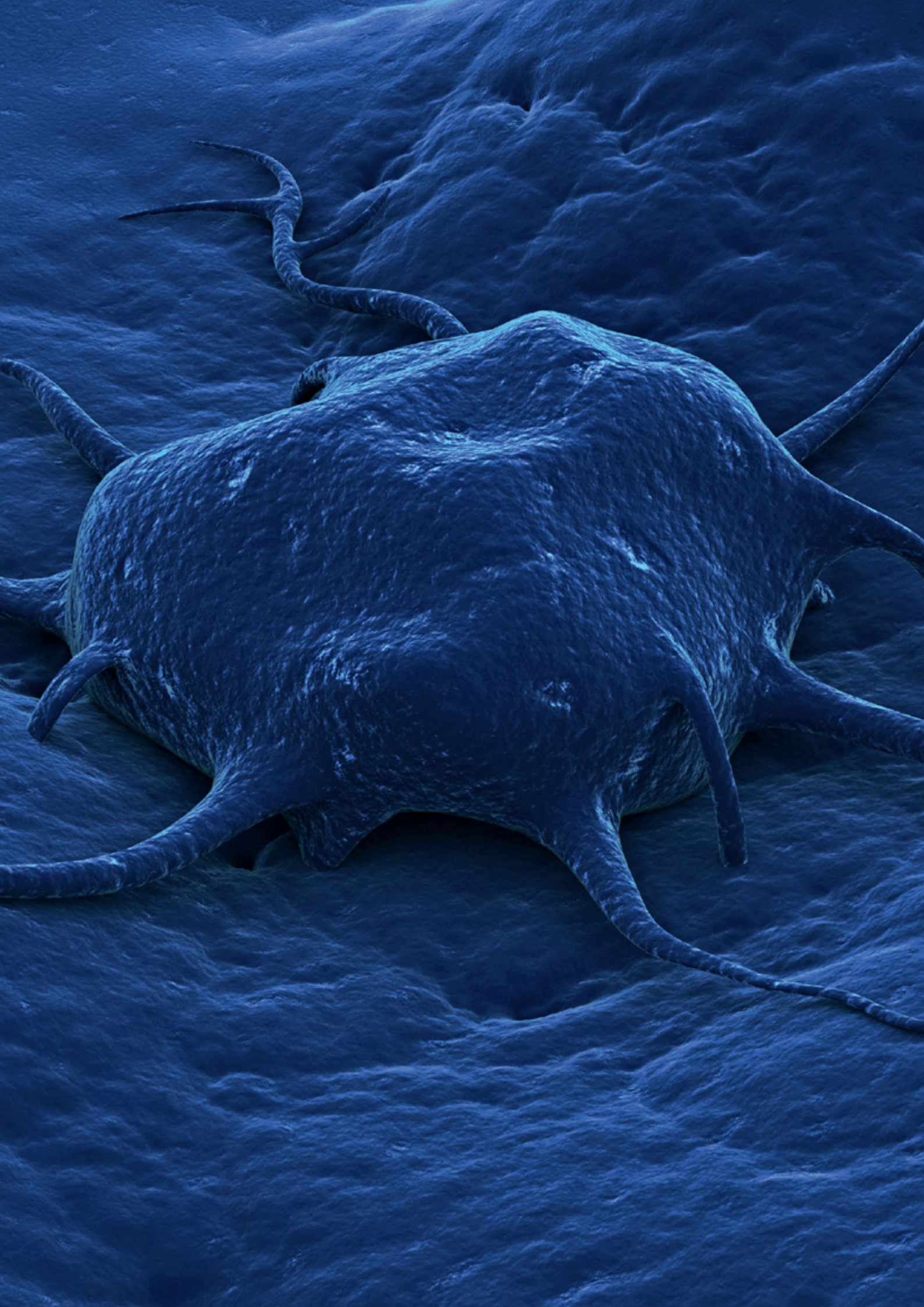
Wie können 30.000 telefonische Beratungsgespräche pro Jahr interaktiv analysiert, bewertet und verbessert werden? Diese Fragestellung des Krebsinformationsdienstes (KID) des Deutschen Krebsforschungszentrums (DKFZ) in Heidelberg war in einem vom Bundesministerium für Gesundheit geförderten Projekt zu untersuchen. Dazu wurde ein neuartiges Konzept entwickelt, das auf Strukturen basiert, die einer musikalischen Partitur ähneln. Mittels eines Duettts, geleitet von der Beraterseite, werden die Kerninhalte des Dialoges automatisch extrahiert. Dabei kommen Software-Module aus dem Bereich der trainierten Spracherkennung zur Anwendung, welche die Gesprächsanteile des stets bekannten beratenden Partners verfolgen und unterstützen. Für den unbekannten Anrufer wird als Technologie das sog. Keyword spotting angewendet, um in dessen Gesprächsanteilen gezielt konkrete Werte (Schlüsselbegriffe, die in einer jeweils bereitgestellten Menge zu erwartender Werte enthalten sind) identifizieren zu können. Die Extrakte aus beiden Gesprächsanteilen werden durch eine speziell entwickelte Software auf eine abstrakte Struktur abgebildet und in Übereinstimmung mit datenschutzrechtlichen Vorgaben gespeichert. Das resultierende Datenarchiv dient als Basis für eine interaktive, grafisch unterstützte Exploration von Einzelgesprächen oder Gesprächsclustern und eröffnet neue Ansätze zur Verbesserung von Beratungsgesprächen.

Im Projekt beschränkte sich die Informationsgewinnung zunächst auf die den Telefongesprächen zeitlich nachgelagerte Übertragung der aufgezeichneten (trainierten) Berater-Gesprächsanteile in unstrukturierte Texte, die anschließend mittels spezieller Heuristiken analysiert wurden. Die dabei durchgeführten Experimente zur automatischen Extraktion von gesprächsrelevanten Kerninhalten sind insgesamt positiv verlaufen und sprechen auch für die Machbarkeit eines angestrebten Gesamtvorhabens, das noch einige weitergehende Aspekte beinhalten soll: so etwa eine unmittelbare Online-Unterstützung während des Gesprächsverlaufs (bspw. durch ein adaptives Quellenangebot aus dem KID-Informationspool) sowie auch eine automatische Detektion und Identifikation emotionaler Reaktionen auf spezielle Gesprächsereignisse und -konstellationen.

Einige der erzielten Ergebnisse wurden unter dem Titel SACA – Software Assisted Call Analysis – auf der ICCH 2009 (International Conference on Communication in Healthcare) in Miami sowie der EACH 2010 (European Association for Communication in Healthcare) in Verona präsentiert und fanden großes Interesse bei Vertretern der Ärzteschaft und der Pflegeberufe.

1 [Screenshot eines einfachen SACA-Tests](#)

2 [Prototyp zu einem »Duett«](#)



OPTIMIERUNG

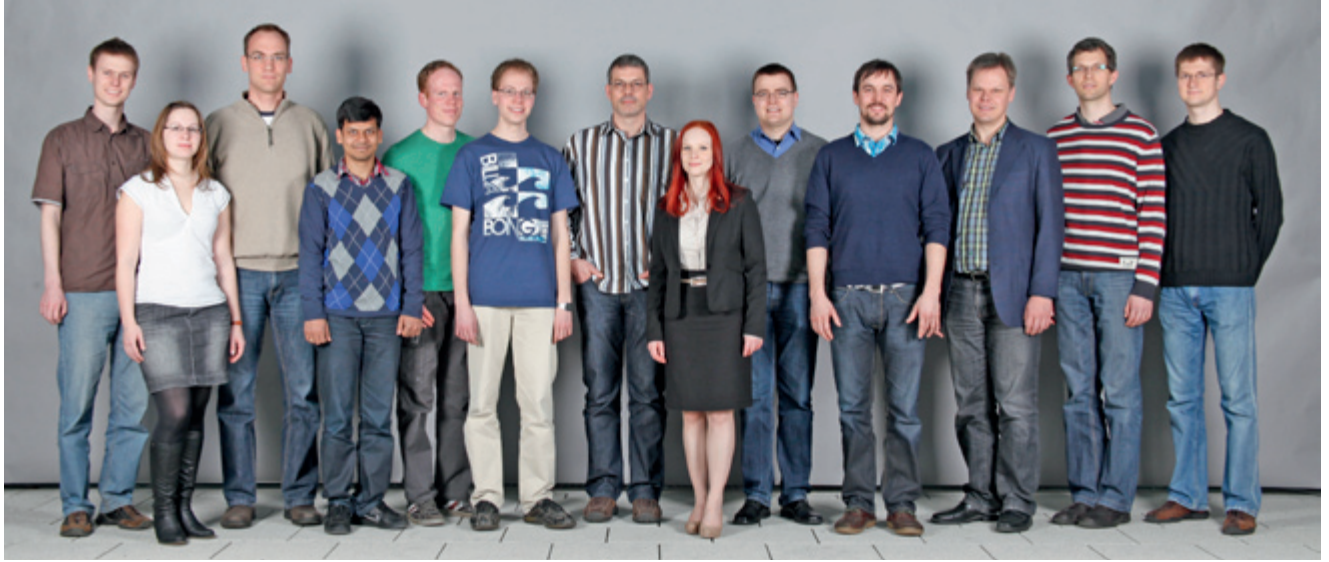
- MEDIZINISCHE THERAPIEPLANUNG
- OPTIMIERUNG IM VIRTUAL ENGINEERING
- OPTIMIERUNG VON UNTERNEHMENSSTRUKTUREN UND -PROZESSEN

Abteilungsleiter

Prof. Dr. Karl-Heinz Küfer

T. 0631/3 1600-4491

karl-heinz.kuefer@itwm.fraunhofer.de



Zentrale Aufgabe der Abteilung ist die Entwicklung individueller Lösungen für Planungs- und Entscheidungsprobleme in Logistik, Ingenieur- und Lebenswissenschaften, in enger Kooperation mit Partnern aus Forschung und Industrie. Die Entwicklung und Implementierung anwendungs- und kundenspezifischer Optimierungsmethoden zur Berechnung bestmöglicher Lösungen für das Design von Prozessen und Produkten sind Kernkompetenzen der Abteilung. Alleinstellungsmerkmal ist die enge Verzahnung von Simulations- und Optimierungsalgorithmen durch optimierungsgetriebene Diskretisierungsmuster unter Berücksichtigung mehrkriterieller Ansätze sowie die Entwicklung und Implementierung interaktiver Entscheidungsunterstützungswerkzeuge. Insgesamt wird Optimierung weniger als mathematische Aufgabenstellung verstanden, sondern als kontinuierlicher Prozess, den die Abteilung durch die Entwicklung adäquater Werkzeuge unterstützt.

Das Portfolio des Schwerpunkts Optimierung von Unternehmensstrukturen und -prozessen umfasst Beratung und Unterstützung bei der Modellierung logistischer Konzepte sowie die Entwicklung individueller Softwarekomponenten. Der Schwerpunkt beschäftigt sich mit effizienten Strategien für die Transportlogistik, mit Layout und Load Balancing für Produktionsprozesse, mit Modellen und Algorithmen zur Planung und Disposition von Prozessabläufen im Krankenhaus wie Patiententransport und OP-Scheduling und mit der mathematischen Modellierung von strategischen und operativen Planungsaufgaben im öffentlichen Personenverkehr. Der Schwerpunkt Interaktive Therapieplanung entwickelt für die klinische Radiotherapieplanung neue Methoden auf Basis mehrkriterieller Optimierung. Die Forschungsgruppe entwickelt im Verbund mit Massachusetts General Hospital, Deutschem Krebsforschungszentrum, Fraunhofer MEVIS und Siemens Oncology Care Systems ein neuartiges Optimierungs- und Evaluierungstool für die Radiotherapie-

planung, welches medizinischen Physikern und behandelnden Ärzten die Abwägung zwischen Chancen und Risiken der Radiotherapie erleichtert. Der Einsatz mathematischer Optimierungsmethoden in den Ingenieursdisziplinen setzt auf einer Modellierung von physikalischen Zusammenhängen und technischen Prozessen und ihrer Abbildung in Computerprogrammen auf (Virtual Engineering). Derzeit wird in den Bereichen Elektronikentwurf, Edelsteinschliff, Auslegung chemischer Prozesse, Layout von Adsorptionskältemaschinen und an der Optimierung von Walzprozessen der Stahlindustrie gearbeitet. Mehrkriteriell optimierte Produkt- bzw. Prozesslayouts werden den Entscheidern in interaktiven Entscheidungsunterstützungswerkzeugen zur Begutachtung und Auswahl vorgestellt.

Das Jahr 2010 war nach krisenbedingt verhaltenem Start trotzdem von wirtschaftlichem Erfolg geprägt; besonders hervorzuheben sind die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Vorbereitung eines Produktes (Soft- und Hardware) für die vollautomatische Farbedelsteinproduktion mit Paul Wild oHG, der Start eines Projektes zur multikriteriellen Optimierung chemischer Prozesslayouts für die BASF SE, die Beauftragung einer Software-suite zur Optimierung der Schnittholzverwertung durch die ante-holz GmbH und der Start einer strategischen Zusammenarbeit mit der SIEDA GmbH in der Personalplanung im Krankenhauswesen. Darüber hinaus wurde die Zusammenarbeit mit proAlpha bei der Optimierung von Produktionsplanungen fortgeführt sowie die Arbeiten an der Lkw-Chassisconfiguration mit Volvo 3P (Göteborg). Im wissenschaftlichen Bereich zählen neben vier abgeschlossenen Promotionen die Genehmigung des Software-Spitzencluster Südwest im Schwerpunkt Optimierung von Unternehmensstrukturen und -prozessen und einer marktorientierten Vorlaufforschung zur Optimierung der fokussierten Ultraschalltherapie im Schwerpunkt Medizinische Therapieplanung zu den Glanzlichtern.

Dr. Alexander Scherrer, Jorge Ivan Serna Hernandez, Katrin Teichert, Dr. Ingmar Schüle, Neele Hansen, Kai Plociennik, Prof. Dr. Karl-Heinz Küfer, Uwe Nowak, Tabea Grebe, Dr. Agnes Dittel, Dr. Martin Pieper, Dr. Sebastian Velten, Dr. Philipp Süß, Andreas Dinges, Jan Schwientek, Dr. Volker Maag, Christina Erben, Hendrik Ewe, Chitiz Buchasia, Dr. Michael Bortz, Bastian Bludau, Dr. Peter Klein, Jasmin Kirchner, Richard Welke, Dr. Martin Berger, Dr. Michael Schröder, Dr. Heiner Ackermann, Dimitri Nowak

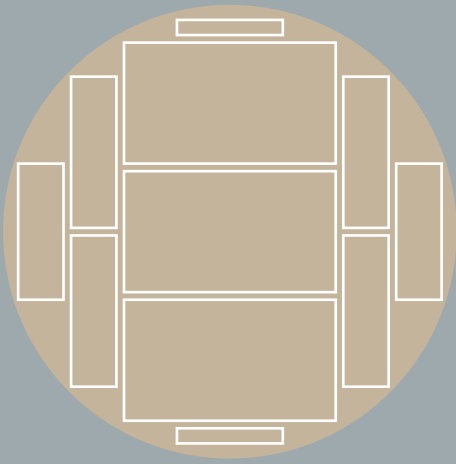


LADUNGSAUSTAUSCH ZWISCHEN SPEDITIONEN – BESSERE AUSLASTUNG DURCH KOOPERATION

Im deutschen Transportdienstleistungssektor operieren viele Unternehmen, die ihren Fuhrpark nicht optimal auslasten können beziehungsweise deren Lkws weite Strecken leer zurücklegen. Die betroffenen Unternehmen akquirieren deshalb zunächst mehr Aufträge, als sie mit der eigenen Flotte abwickeln können, und wählen dann solche aus, die sich zu guten Touren kombinieren lassen. Die übrigen werden an Subunternehmer vergeben. Dieses Vorgehen ist in vielerlei Hinsicht unbefriedigend. Zum einen sind Subunternehmer relativ teuer, zum anderen ist der Auftragsbestand oftmals immer noch zu gering, um für die gesamte Lkw-Flotte substanziiell bessere Touren planen zu können.

Die entscheidende Möglichkeit zur Vergrößerung des Auftragspools besteht in der unternehmensübergreifenden Kooperation. Hierbei schließen sich befreundete Unternehmen zusammen und stellen diejenigen Aufträge, die normalerweise an Subunternehmer weitergereicht würden, zunächst der Kollaborationsgemeinschaft zur Verfügung. Interessierte Spediteure können damit ihre bestehenden Touren sinnvoll ergänzen, wodurch die Auslastung der Fahrzeuge verbessert wird. Der entstehende Gewinn wird durch ein festgelegtes Regelwerk zwischen den Partnern aufgeteilt.

In der Abteilung Optimierung wurde in den vergangenen zwei Jahren eine prototypische Plattform entwickelt, mit deren Hilfe Transportdienstleister einen gemeinsamen Auftragspool realisieren können. Die Entwicklung wurde durch die Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation gefördert. Der softwaretechnischen Umsetzung ging eine längere Phase der spieltheoretischen Modellierung und Analyse voraus, da die Entnahmeregeln für Aufträge sowie die Berechnung der anschließenden Geldtransfers die individuellen Interessen der Teilnehmer berücksichtigen sollten. Zum einen müssen Anreize zur Teilnahme geschaffen werden, zum anderen sollten die Regeln ein gewisses Maß an Fairness gewährleisten: Niemand sollte sich im Rahmen der Kollaboration auf Kosten anderer bereichern können. Eine weitere wesentliche Aufgabe, welche auf dem Weg zum Praxiseinsatz einer solchen Plattform gelöst werden muss, ist die Integration in die bestehenden Planungsprozesse. Idealerweise greift die Teilnahme nicht fundamental in bestehende Prozesse ein, sondern ergänzt diese lediglich. Die vorgeschlagene Plattform ist daher als ergänzende Maßnahme zu existierenden Dispositionsprozessen konzipiert. In einer Pilotstudie mit realen Daten einer großen deutschen Spedition konnte bereits gezeigt werden, dass mithilfe der Plattform substanziielle Einsparungen möglich sind.



1



2

OPTIMALE LÖSUNGEN FÜR ZUSCHNITTPROBLEME

1 *Optimale Holzausbeute im schematischen Stammquerschnitt*

2 *Bretter verschiedener Dimensionen*

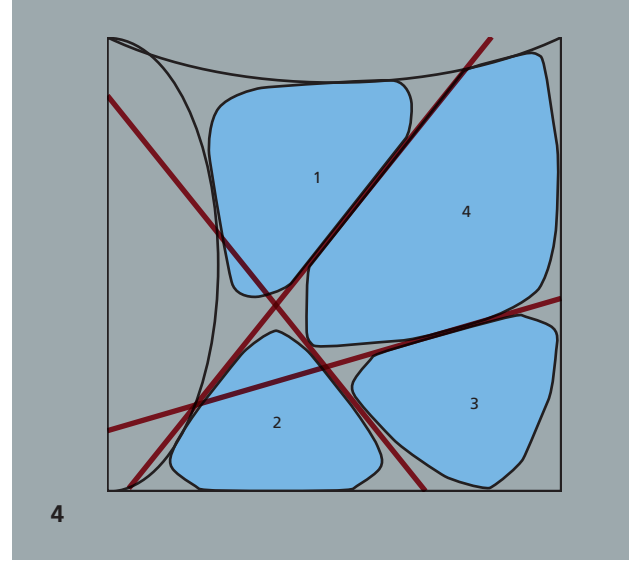
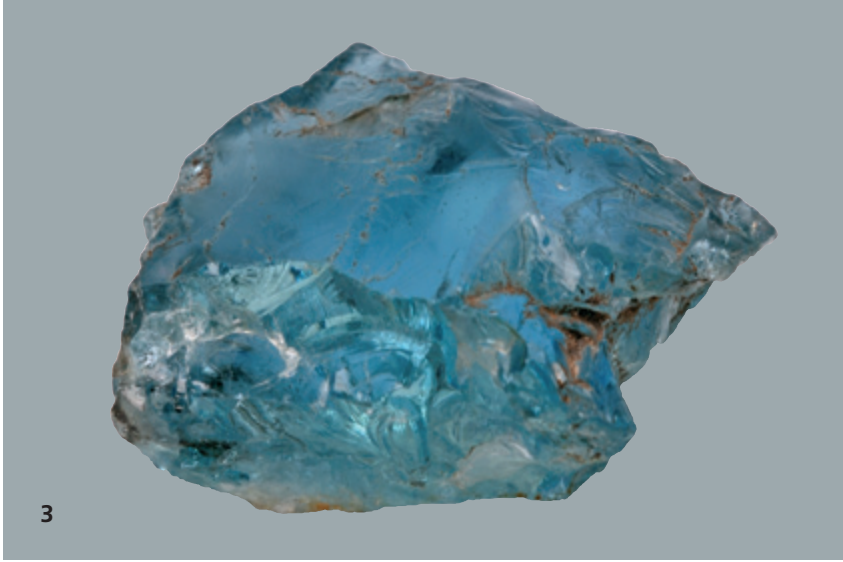
Integraler Bestandteil vieler Produktionsprozesse ist das Zerlegen von Rohlingen in Produkte. In der Holzverarbeitenden Industrie werden beispielsweise Baumstämme und Bretter zersägt, in der metallverarbeitenden Industrie werden aus Blechen unterschiedliche Teile gestanzt und in einer Vielzahl von Industrien werden Rollen, z. B. aus Papier oder Metall, zugeschnitten. Dabei kommen ganz unterschiedliche Schneidwerkzeuge zum Einsatz, zum Beispiel Kreis- und Bandsägen, Wasser- und Laserstrahl oder Pressen mit Matrizen. In vielen Anwendungen kann der Rohling nicht vollständig in Produkte überführt werden, sondern es entsteht unbrauchbarer Verschnitt, den es zu minimieren gilt. Die Abteilung Optimierung setzt sich zur Zeit mit mehreren solcher Zerlegeprobleme auseinander und entwickelt für verschiedene Anwendungen innovative Lösungsverfahren. Sie betrachtet dabei nicht nur das eigentliche Zerlegeproblem, sondern analysiert es ganzheitlich eingebettet in den jeweiligen Produktionsprozess.

Dazu werden Ansätze verfolgt, die weit über die klassischen Ansätze zur Modellierung und Lösung von Zuschnitt- und Packungsproblemen hinausgehen. Diese kann man grob in drei Kategorien einteilen:

- Platziere von einer Auswahl an Produkten möglichst viele in einem Rohling fester Dimension; dabei dürfen Produkte auch vervielfältigt werden.
- Platziere alle Produkte einer Auswahl in einem Rohling minimaler Größe; dabei sind Größe und Form des Rohlings variabel, unterliegen aber möglicherweise gewissen Restriktionen.
- Platziere alle Produkte einer Auswahl in einer minimalen Anzahl von Rohlingen fester Dimension.

Typischerweise sind die Produkte und Rohlinge bei diesen Aufgabenstellungen einfache geometrische Objekte, zum Beispiel Kreise oder Rechtecke, oder werden durch solche approximiert. Auch unterliegen die zulässigen Zerlegemuster häufig starken Restriktionen. Beispielsweise wird oft gefordert, dass die platzierten Produkte eine Guillotineanordnung bilden. Eine solche Anordnung lässt sich durch eine Folge von geradlinig verlaufenden, durchgehenden Schnitten, den sogenannten Guillotineschnitten, zerlegen. Die Betrachtung solcher Zuschnittprobleme hat eine lange Tradition in der Mathematik; dementsprechend wurde eine Vielzahl exakter und approximativer Lösungsverfahren entwickelt. Aufgrund der Größe vieler praktischer Probleme kommen häufig nur randomisierte Suchverfahren und Metaheuristiken in Betracht.

Exemplarisch für die in der Abteilung Optimierung betrachteten Zerlegeprobleme ist das Problem der Verschnittminimierung in einem Sägewerk. Dort werden Bretter verschiedener Qualitätsstufen und unterschiedlicher Dimensionen aus Baumstämmen geschnitten. Der Einschnittvorgang



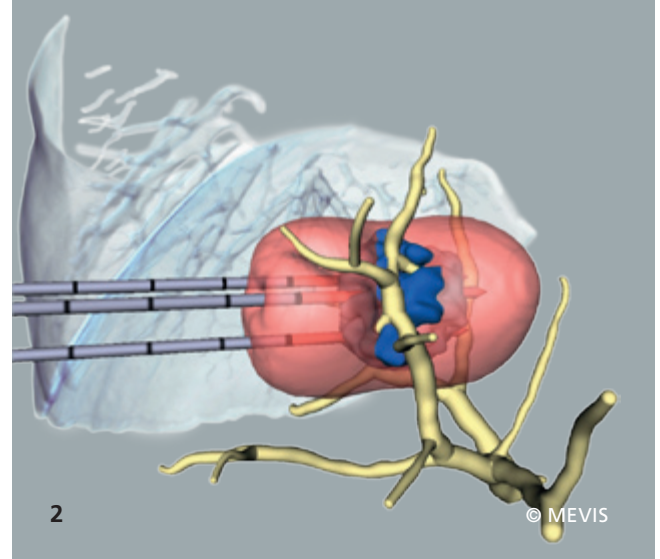
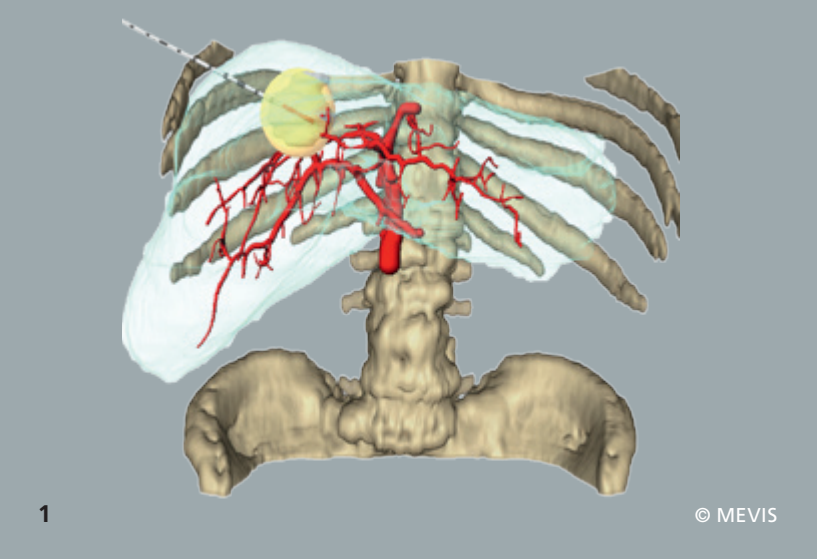
ist relativ komplex und impliziert eine größere Anzahl von Bedingungen, die bei der Platzierung der Bretter im Stamm berücksichtigt werden müssen. Im Rahmen der Verschnittminimierung muss zusätzlich auch entschieden werden, welche Bretter überhaupt innerhalb welcher Region des Stamms berücksichtigt werden soll. Dabei spielen nicht nur die Qualitätsstufen eine wichtige Rolle, sondern auch diverse Informationen über Lagerbestände und Absatzprognosen. Zusätzlich ist es notwendig, das Verschnittminimierungsproblem im Gesamtkontext der Produktion zu betrachten. Ein verschnittoptimales Schnittbild kann unter Umständen nur mit erheblichem Mehraufwand realisiert werden, so dass es gegebenenfalls sinnvoll ist, ein wenig mehr Verschnitt in Kauf zu nehmen, gleichzeitig aber den Produktionsaufwand zu reduzieren und damit die Produktion zu steigern. Dies erfordert neben der Modellierung des eigentlichen Zerlegeproblems die Modellierung der Gesamtproduktion und führt so unmittelbar zu einer Vielzahl konkurrierender Zielkriterien, also zu einem multikriteriellen Optimierungsproblem.

Ein weiteres Beispiel für die in der Abteilung Optimierung betrachteten Zerlegeprobleme ist die Berechnung von Zerlegungen eines Rohedelsteins in weiterverarbeitbare Rohlinge, die den Ertrag der daraus gefertigten Facettensteine maximieren. Dazu gilt es, Einschlüsse weitestgehend zu vermeiden beziehungsweise an unauffälligen Stellen in den Endprodukten zu platzieren. Im Gegensatz zu den klassischen Problemstellungen haben die Rohsteine eine irreguläre Form und die Facettensteine sind parametrisch sowie durch Restriktionen an deren Größe und Form beschrieben. Beispielsweise wird gefordert, dass das Verhältnis von Breite und Höhe eines Schmucksteins innerhalb eines vorgegebenen Intervalls liegen muss. Dies führt unmittelbar zur Modellierung ästhetischer Fragestellungen, die wesentlichen Einfluss auf den Wert der facettierten Steine haben. Im Rahmen der Verschnittminimierung werden dann die Anzahl der zu facettierenden Steine und deren konkrete Geometrie unter Berücksichtigung ästhetischer Aspekte berechnet. Für diese Fragestellungen hat sich die Modellierung und Lösung als allgemeines semi-infinites Optimierungsproblem bewährt, an deren praxistauglicher Umsetzung die Abteilung maßgeblich beteiligt ist.

Im Rahmen dieser beiden und weiterer Projekte hat die Abteilung Kompetenzen zur Lösung von Zerlegeproblemen aufbauen können. Zwar erfordert jede Fragestellung einen individuellen Lösungsansatz, doch ergeben sich immer wieder Synergieeffekte. Unter Umständen führen die entwickelten Verfahren zu einer Revision oder sogar zu einer Neuentwicklung von Produktionsprozessen. Letzteres ist insbesondere im Kontext der Farbedelsteine der Fall.

3 *Zu zerlegender Rohedelstein*

4 *Volumen-optimale Guillotine-Anordnung von vier Schmucksteindesigns in einem zweidimensionalen Körper*



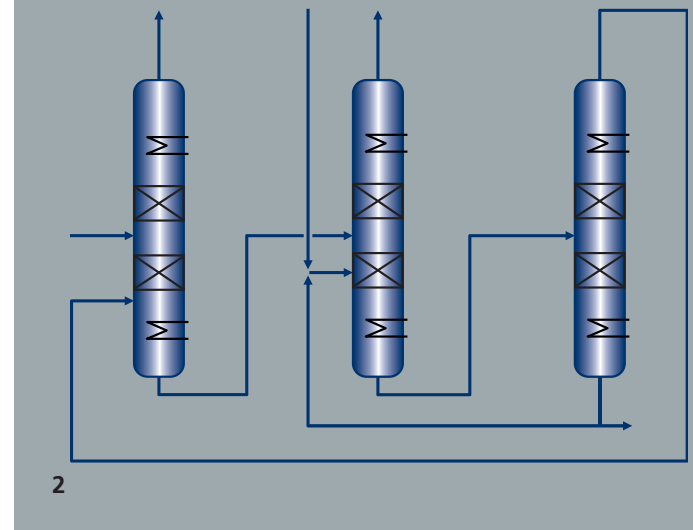
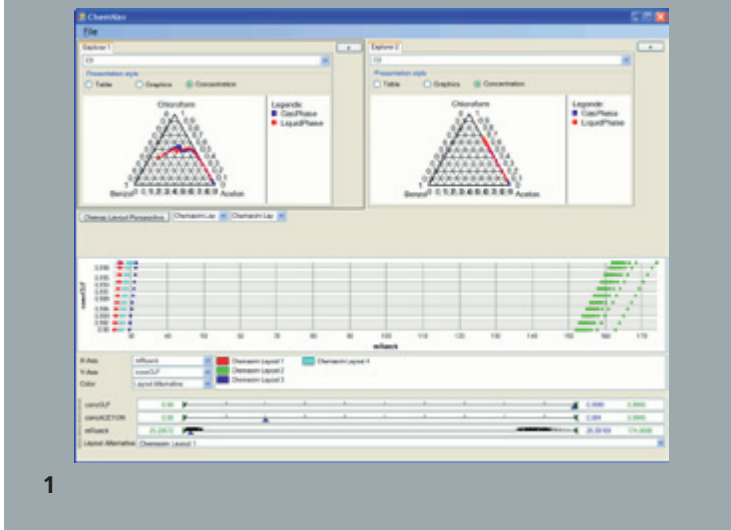
OPTIMIERUNG DER RADIOFREQUENZABLATION BEI LEBERTUMOREN

1 Bei dieser Applikatorpositionierung wird der Tumor (in grau dargestellt) nicht vollständig von der kritischen Isotherme (in gelb) umschlossen – die obere Ecke ist zu kalt.

2 Die kritische Isotherme (in rot dargestellt) wird durch die Kühlwirkung großer Blutgefäße (in gelb) verformt. Als Folge wird bei dieser Applikatorpositionierung der Tumor (in blau) nicht vollständig zerstört.

Die Radiofrequenz-Ablation (RFA) gewinnt als minimal-invasive Behandlungsmethode seit Jahren an Bedeutung. Mithilfe bildgebender Systeme wie Ultraschall oder Computertomografie wird dabei ein nadelförmiger Applikator durch die Haut eingeführt und innerhalb des Tumors platziert. Über den Applikator wird hochfrequenter Wechselstrom in das Gewebe geleitet, der es stark erhitzt und zerstört. Die vollständige Zerstörung des Tumors ist bei einer Behandlung mittels RFA von größter Bedeutung, denn überlebende Zellen können eine erhöhte Resistenz gegen Wärmeeinfluss entwickeln und zu einem radikaleren Tumorwachstum führen. Um Ärzten mehr Gewissheit zu verschaffen, entwickelt die Gruppe Medizinische Therapieplanung in enger Zusammenarbeit mit Kollegen am Fraunhofer-Institut für Bildgestützte Medizin MEVIS ein bildgestütztes Planungssystem, mit dem ein Arzt die Ablation systematisch für jeden Patienten individuell planen kann. Ziel ist die für den Patienten mit einer Behandlung verbundenen individuellen Risiken zu minimieren und die Qualität der Behandlung zu steigern. Die entwickelte Software zur Entscheidungsunterstützung bei der Therapieplanung soll in Kliniken und Arztpraxen und als Trainingsplattform für angehende Ärzte zum Einsatz kommen.

Eine enge Kopplung von Optimierungsverfahren des ITWM mit einem von MEVIS entwickelten Simulationsmodell zur Berechnung der Wärmeentwicklung im Gewebe um den Applikator dient als mathematischer Kern des Systems. Mithilfe der Software MeVisLab kann sich der Arzt für jede Applikatorpositionierung die resultierende Wärmeverteilung im Tumor und in den Organen anzeigen lassen. Damit kann er wichtige klinische Aspekte der Behandlung systematisch berücksichtigen. Die vollständige Ablation (Entfernung) des Tumors, kann z. B. gewährleistet werden, indem die Optimierung auf Lösungen beschränkt wird, bei denen die Wärmesimulation eine vollständige Zerstörung des bösartigen Gewebes vorhersagt. Des Weiteren können kritische anatomische Strukturen berücksichtigt werden, welche den Zugang zum Tumor behindern (z. B. Rippen) oder durch die Hitze des Applikators nicht beschädigt werden sollen. Mathematisch hat die Optimierung der Applikatorpositionierung erstaunliche Ähnlichkeiten zu dem Projekt »Volumenoptimierung bei Farbedelsteinen«. Dort ist es das Ziel, eine gegebene Form in einen Rohedelstein so einzubetten, dass deren Volumen maximal ist, aber vom Rohstein umschlossen ist. Hier versucht man, das Tumolvolumen in eine möglichst kleine, aber umschließende Isotherme zu platzieren. Dafür werden schon bestehende Optimierungsprobleme und Lösungsansätze weiterentwickelt. Die Abteilungskompetenz in der semi-infiniten Optimierung findet somit auch in der medizinischen Therapieplanung ihre Anwendung. Mithilfe dieser und weiterer mathematischer Techniken zur multikriteriellen Optimierung und zur Wärmesimulation sowie einer intuitiven Bedienoberfläche zur Visualisierung kann zwischen den konfligierenden Zielen der RFA ein für den Patienten bestmöglicher Kompromiss gefunden werden.



ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG IN DER CHEMISCHEN INDUSTRIE

Bei der Produktion von Chemikalien geht es darum, möglichst hochwertige Endprodukte unter Beachtung weiterer Auflagen wie Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltaspekte so kosteneffizient wie möglich herzustellen, wobei sowohl Invest- als auch Betriebskosten eingehen. In einem Projekt mit der BASF SE soll dieses multikriterielle Optimierungsproblem für den Verfahrensentwurf von chemischen Anlagen untersucht und derart bearbeitet werden, dass dem Anwender Pareto-optimale Lösungen zur Verfügung gestellt werden. Ein typisches Beispiel ist die Anreicherung von Bioethanol in einer Destillationsanlage. Dem Ziel, im Endprodukt eine möglichst hohe Ethanolreinheit zu erlangen, stehen Rohstoffkosten, Energiekosten sowie Anforderungen an die Sicherheit und Umweltverträglichkeit der Anlage gegenüber. Untersucht werden chemische Verfahren, die sich aus Destillationskolonnen, Reaktoren, Dekantern und Mischern zusammensetzen. In diesen Apparaten werden die unterschiedlichen physikalischen und chemischen Eigenschaften verschiedener Stoffe zu deren Synthese und Trennung ausgenutzt. Jeder einzelne Apparat verfügt über Zulauf- und Abzugströme, deren Größe und Zusammensetzung innerhalb der Grenzen, die aus den physikalisch-chemischen Eigenschaften resultieren, steuerbar sind. Im Allgemeinen erfordert das Lösen von Trennaufgaben die Zusammenschaltung mehrerer Apparate. Damit stellt das Auffinden der optimalen Steuerparameter für solche Zusammenschaltungen eine anspruchsvolle Aufgabe an die Simulationsmodelle und deren algorithmische Implementierung dar. Für eine performante, zielgerichtete Simulation ist es wichtig, einen schnellen Überblick über den gesamten zur Verfügung stehenden Parameterraum zu erhalten, um erlaubte und interessante Parameterbereiche einzugrenzen. Da die Vollsimulation über den gesamten Parameterbereich mit der BASF-eigenen Software zu zeitintensiv ist, stützt sich eine solche Gesamtschau auf ein vereinfachtes Ersatzmodell, das die physikalische Realität näherungsweise beschreibt. Dies ist Inhalt der ersten von drei Projektsäulen.

Ist eine Vorauswahl interessanter Parameterbereiche innerhalb dieses Ersatzmodells gefunden, wird die Vollsimulation der BASF SE mit Optimierungswerkzeugen kombiniert, um innerhalb dieser Bereiche Lösungen zu finden, die unter den vom Anwender spezifizierten Kriterien optimal sind. Diese Kombination des Ersatzmodells mit der Vollsimulation stellt die zweite Projektsäule dar. Dem Anwender werden dann diese Lösungen graphisch mit der Möglichkeit dargestellt, auf ihnen zu navigieren und eine fundierte Entscheidung zu treffen. Diese vom Anwender getroffene Entscheidung ist dann in dem Sinn optimal, dass keine Verbesserung in irgendeinem Kriterium erfolgen kann, ohne eine Verschlechterung in einem anderen Kriterium nach sich zu ziehen. Die Entwicklung einer ansprechenden graphischen Oberfläche definiert die dritte Projektsäule.

1 *Prototypische Benutzeroberfläche zur Visualisierung und Navigation optimaler Lösungen*

2 *Beispiel einer Verschaltung von drei Destillationskolonnen mit zwei Zulauf- und drei Produktströmen*



FINANZMATHEMATIK

- **OPTIONSBEWERTUNG**
- **KREDITRISIKO**
- **PORTFOLIO-OPTIMIERUNG**
- **VERSICHERUNGSMATHEMATIK**
- **ZINSMODELLE**

Abteilungsleiter

Prof. Dr. Ralf Korn

T. 0631/3 1600-4658

ralf.korn@itwm.fraunhofer.de



Die Abteilung Finanzmathematik beschäftigt sich mit allen Aspekten der modernen Finanzmathematik. Typische Industriepartner sind Landesbanken und Spezialbanken, Versicherungen und Pensionsfonds, Asset-Management-Gesellschaften und auf den Banken- und Versicherungsbereich spezialisierte Beratungsunternehmen.

Im Schwerpunkt Optionsbewertung werden numerische Bewertungsalgorithmen entwickelt und implementiert, mit deren Hilfe sich Preise von Optionen aller Art in modernen Aktien-, Zins- und Güterpreismodellen (wie z. B. Heston-Modell, Cheyette-Modell) effizient und genau berechnen lassen. Wissenschaftliches Neuland wurde hier 2010 mit dem Gebiet des Cross-Hedging betreten. Im Bereich der Portfolio-Optimierung werden sowohl herkömmliche statische Ansätze (Markowitz, Black-Litterman) als auch innovative moderne, zeitstetige Methoden untersucht. Auf den Gebieten der Worst-Case-Optimierung und der optimalen Portfolios für Manager ist die Abteilung international führend. Im Bereich Kreditrisiko unterstützen wir Kreditinstitute bei der Umsetzung der neuen Eigenkapitalrichtlinien (Basel II) aus statistischer Sicht. Hierbei unterstützen wir unsere Kunden – nach erfolgreicher Zusammenarbeit bei der Konzeption, Kalibrierung und Validierung von Ratings – mittlerweile bei Back- und Stresstesting. Kreditderivate stellen als mitverantwortliche Auslöser für die Finanzkrise eine besondere Herausforderung hinsichtlich ihrer Bewertung dar. Hier sind Markt und Forschung weiter in der Entwicklung, was in einem großen Bedarf an mathematischer Modellierung und Unterstützung resultiert. Im Bereich Versicherungsmathematik ist die Arbeit an und mit der Software ALMSim ein Schwerpunkt. Diese unterstützt Versicherungsunternehmen bei der Umsetzung der Solvabilitätsrichtlinien (Solvency II) und erlaubt sowohl die individuelle Modellierung von Assets und Liabilities als auch deren Kopplung. Im Bereich Zinsmodelle beschäftigen wir uns mit generischen Bewertungsverfahren, die der großen Vielfalt komplexer Zinsderivate Rechnung tragen.

Ein großer Teil der im Jahr 2010 erzielten Wirtschaftserträge lag im Bereich der Bewertung von Zinsderivaten. Dieses Thema dominierte auch die Serie von Workshops, die von unserer Abteilung sowohl bei Industriekunden als auch in Kaiserslautern und London durchgeführt wurde. Mit der teckpro AG hat sich unser Kundenportfolio um einen kompetenten Partner auf dem Gebiet der Altersvorsorge erweitert. Außerdem wurde zusammen mit Lotto Rheinland-Pfalz und Hessen ein Projekt abgeschlossen, das vor allem eine Herausforderung auf dem Gebiet der Kombinatorik darstellte. Zum Ende des Jahres starteten wir mit dem EU-Projekt NORM zur automatischen Risikobewertung auf Basis semantischer Analyse von Nachrichten ein neues öffentliches Projekt. Das BMBF-Verbundprojekt ALI (Alternative Investments) wurde erfolgreich abgeschlossen. Insgesamt haben die Auswirkungen der Finanzkrise zu einem durchschnittlichen wirtschaftlichen Ergebnis für die Abteilung geführt.

Die Zusammenarbeit mit der Universität Cambridge wurde nochmals intensiviert; hier konnten in gemeinsamen Forschungsprojekten auf den Gebieten der Statistik von Lévy-Prozessen und der Portfolio-Optimierung interessante wissenschaftliche Resultate erzielt werden. Des Weiteren wurde in Zusammenarbeit mit der Firma OptiRisk Systems und der Universität Cambridge die bereits oben erwähnte Serie von Workshops aus dem Bereich »Moderne Finanzmathematik für Praktiker« etabliert, mit der die Bemühungen um einen Einstieg in den Finanzmarkt London verstärkt werden.

Schließlich wurde die Abteilung strategischer Partner des in Kaiserslautern gegründeten Europäischen Instituts für Qualitätsmanagement finanzmathematischer Verfahren und Produkte EI-QFM und erhofft sich hiervon 2011 einen Einstieg in die Zertifizierung von Produkten und Anbietern auf dem Finanz- und Versicherungssektor.

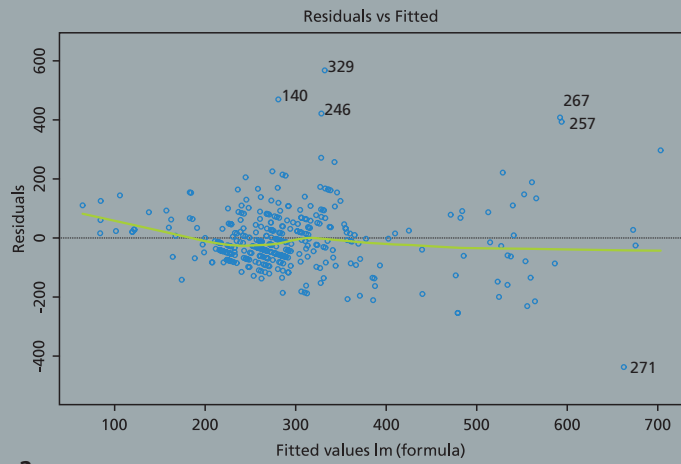
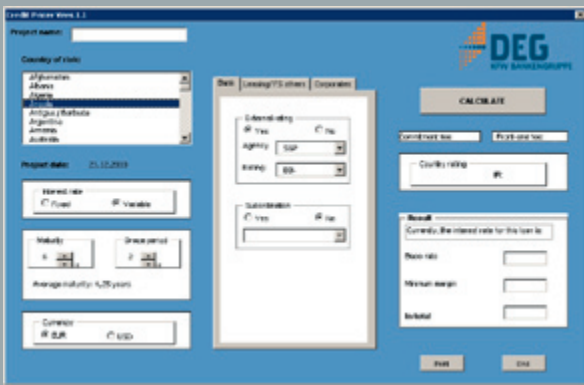
Tilman Sayer, Dr. Christina Erlwein, Andreas Wagner, Prof. Dr. Ralf Korn, Yulia Mordashova, Dr. Peter Ruckdeschel, Nataliya Horbenko, Dr. Sascha Desmettre, Dr. Gerald Kroisandt, Dr. Johannes Leitner, Dr. Jörg Wenzel, Roman Horsky, Nora Imkeller, Dr. Johannes de Kock



BEWERTUNG VON ZINSDERIVATEN

Um eingezahlte Versicherungsprämien möglichst sicher und rentabel anzulegen, legen Versicherungsunternehmen einen Großteil ihrer Mittel in verzinslichen Anleihen am Kapitalmarkt an. Dabei stellt das Unternehmen einem Schuldner einen gewissen Anlagebetrag zur Verfügung und erhält im Gegenzug in der Regel feste Zinszahlungen. Bei manchen Anleihearten sind die Zinssätze jedoch nicht fixiert, sondern orientieren sich an Referenzzinssätzen, welche mehr oder weniger stark schwanken können. Ein Beispiel ist die sogenannte CMS-Steepener-Anleihe, bei der z. B. die Differenz aus dem aktuellen Zehnjahres- und dem Zweijahres-Zinssatz zu zahlen ist, jedoch nur, wenn diese Differenz positiv ist (Floor) und maximal bis zu einer bestimmten Höhe (Cap). Darüber hinaus können dem Schuldner noch weitere Rechte eingeräumt werden, z. B. Kündigungsrechte, Andienungsrechte, Wandlungsrechte etc. Anleihen mit solchen optionalen Bestandteilen werden als strukturierte Zinsprodukte bezeichnet. Es existiert eine Vielzahl ganz unterschiedlich ausgestatteter Produkte, deren Marktwerte insbesondere von der Entwicklung der Zinskurve bzw. deren Schwankung abhängen. Für eine Bewertung solcher Produkte ist es daher entscheidend, die Zinsentwicklung möglichst genau modellieren zu können. Weit verbreitet sind sogenannte Ein-Faktor-Modelle, also Modelle, die die Unsicherheit im Kapitalmarkt durch einen Risikofaktor modellieren. Sie sind jedoch nicht sehr flexibel, so dass es kaum möglich ist, alle Marktsituationen abzudecken. Insbesondere die als Folge der Finanzkrise stark gesunkenen kurzfristigen Zinsen sind nur schwer in diesen Modellen abzubilden.

Die Abteilung hat zusammen mit dem Risikocontrolling der R+V Versicherung AG die dort seit einigen Jahren eingesetzte Bewertungssoftware für das Portfolio der strukturierten Zinsprodukte geprüft und überarbeitet. Dabei wurde der Programmcode in eine neue Programmiersprache überführt und die Bewertungsmethoden weiterentwickelt. Die bisherigen Bewertungsroutinen entsprechen den Bewertungsanforderungen der R+V. Mit dem in unserer Abteilung entwickelten innovativen Zwei-Faktor-Modell ist die R+V jetzt in der Lage, durch eine größere Flexibilität vielfältigere Marktsituationen abzudecken. Durch optimierte Kalibrierungsalgorithmen können nun die benötigten Modellparameter so gewählt werden, dass das Modell die aktuelle Marktlage wiedergibt. Damit ist die R+V insbesondere in schwierigen Marktsituationen noch besser aufgestellt. Des Weiteren kann sie die weiterentwickelte Bewertungssoftware bei Bedarf um neue Produkte erweitern und somit schnell auf aktuelle Marktentwicklungen reagieren. Zu den weiteren Aufgaben des Risikocontrollings gehört es, sich durch die Bewertung mit veränderten Zinskurven einen Überblick über die einzelnen Risikopositionen zu verschaffen und die strukturierten Produkte in ihre Einzelbestandteile (wie z. B. die einzelnen optionalen Komponenten) zu zerlegen. Diese Anforderungen wurden ebenfalls im Projekt berücksichtigt, so dass die aufsichtsrechtlichen und bilanziellen Vorgaben im Hinblick auf die Bewertung strukturierter Produkte weiterhin als mehr als erfüllt angesehen werden können.



1

2

DARLEHENSPRICING IN ILLIQUIDEN MÄRKTEN

1 Benutzeroberfläche eines Darlehenspricers

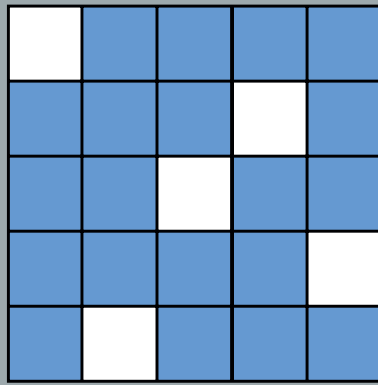
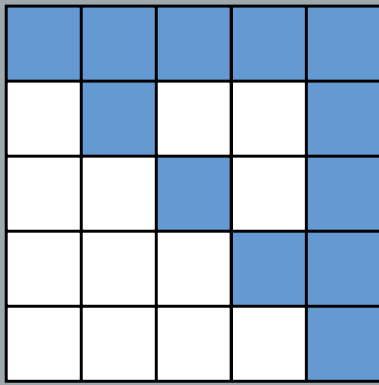
2 Beispiel der Modelldiagnostik: Residuenplot

Die Bestimmung marktkonformer Darlehenspreise in Entwicklungs- und Schwellenländern ist deutlich komplexer als das Pricing in liquiden Märkten. In einem Projekt mit der Deutschen Investitions- und Entwicklungsgesellschaft mbH (DEG) wurde von uns ein Darlehenspricer entwickelt, der eine taggenaue Margenbestimmung für Darlehen an Banken, Finanzdienstleister und Industriebetriebe in rund 180 Ländern ermöglicht. Aus am Markt beobachteten Darlehenspreisen werden Aufschläge für Ausfallrisiken extrahiert und einzelnen Preisdeterminanten zugeordnet. In dem erstellten Darlehenspricer kann der Benutzer Darlehenscharakteristika eingeben, wie z. B. Währung, Laufzeit, Rating und Besicherungen und erhält die taggenaue Preisberechnung des Darlehens.

Die unzureichende Datenlage für diese Märkte erfordert die Kombination verschiedener Datenquellen, wodurch wir in enger Kooperation mit der DEG zu einer geeigneten Datenbasis für unser Darlehenspreismodell gelangten. Das länderspezifische Ausfallrisiko wird abgebildet durch Credit Default Swap Spreads sowie Spreads aus dem Emerging Market Bond Index und Länder-Ratings verschiedener Ratingagenturen. Taggenaue sektorspezifische Ausfallrisiken werden ebenso berücksichtigt wie eine bereitgestellte Referenzdatenbasis eines Nachrichtendienstleisters an einzelnen Darlehen und Anleihen. Zur Verknüpfung der verschiedenen Datenquellen erfolgt ein Datenabgleich über Datum, Laufzeit, Land und Sektor, wobei geeignete Glättungs-, Interpolations-, und Gruppierungstechniken zum Tragen kommen.

Mithilfe dieser Datenbasis soll mit einem geeigneten Regressionsmodell ein Darlehenspreis ermittelt werden. Modellwahlkriterien sind dabei das (angepasste) r^2 -Bestimmtheitsmaß sowie die Kreuzvalidierung. Angesichts der heterogenen Datenquellen muss man bei der Modellierung Ausreißer in Betracht ziehen und vermeiden, dass einzelne Beobachtungen einen übermäßigen Einfluss auf das eingepasste Modell haben. Dies kann man durch Verfahren der robusten Regression erreichen. Zudem ist die DEG nicht nur an »mittleren Preisen« interessiert, sondern auch an Preisuntergrenzen, wie sie etwa durch Quantilsregression bestimmt werden können. Unser Tool stellt der DEG verschiedene (klassisch, robust, Quantils-) Regressions-Preise zur internen Diskussion bereit. Die graphische Benutzeroberfläche hingegen gibt dem Endbenutzer nur einen Preis heraus, den die DEG jeweils hausintern festlegt.

Ein Validierungskonzept schließlich regelt das Prozedere nach Ergänzung neuer Beobachtungen: Zum einen haben wir ein zeitgesteuertes Revisionsschema, zum anderen ein Ampelkonzept zur ereignisgesteuerten Revision durch Überwachung der Modellanpassungsgüte.



1

DESIGN EINER NEUEN BINGOLOTTERIE

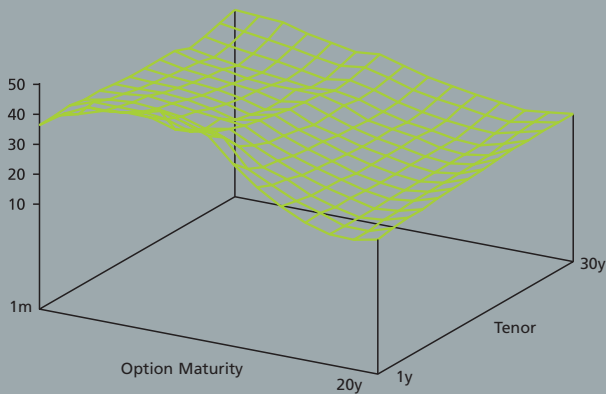
Dieses Projekt, das nur am Rande mit Finanzmathematik zu tun hatte, drehte sich hauptsächlich um die Erstellung eines Programms zum Design der neuen Bingolotterie in Hessen und Rheinland-Pfalz. Beim herkömmlichen Bingo sind die Mitspieler zusammen und jeder hat einen Spielschein mit aufgedruckten Zahlen vor sich. Der Spielleiter zieht nacheinander Kugeln mit Zahlen und zeigt diese den Mitspielern. Falls eine gezogene Zahl auf seinem Spielschein vorkommt, markiert der Spieler dieses Feld. Sobald ein Mitspieler eine Reihe oder Diagonale markiert hat, ruft er »Bingo« und hat gewonnen. Das Spiel ist damit auch beendet.

Da bei einer öffentlichen Lotterie die Mitspieler nicht alle zusammen sein können, wird die Ziehung insofern verändert, dass eine festgelegte Anzahl an Zahlen gezogen wird. Damit ist es möglich, dass ein Mitspieler nicht nur eine Reihe bzw. Diagonale markiert hat, sondern auch mehrere. Je nach der Anzahl der vollständigen Reihen, Diagonalen und Spalten, die als weitere Gewinnmuster aufgenommen wurden, fällt man in verschiedene Gewinnklassen. Die höchste Gewinnklasse besteht aus drei oder mehr markierten Reihen bzw. Diagonalen oder Spalten. Der Spielschein besteht aus fünf Reihen und fünf Spalten. In der ersten Spalte kommen nur Zahlen von 1 bis 15 vor, in der zweiten von 16 bis 30, ..., in der letzten Spalte von 61 bis 75. Bei der Berechnung der Gewinnwahrscheinlichkeiten der verschiedenen Gewinnklassen besteht die Schwierigkeit darin, dass es nicht, wie beim gewöhnlichen Lotto, auf die Anzahl der markierten Zahlen, sondern auch auf deren Anordnung ankommt. Im Bild sieht man, dass man mit nur zwölf gezogenen Zahlen in die höchste Gewinnklasse (drei Gewinnmuster) kommen kann, aber auf der anderen Seite auch mit zwanzig gezogenen Zahlen noch keinen Gewinn haben kann.

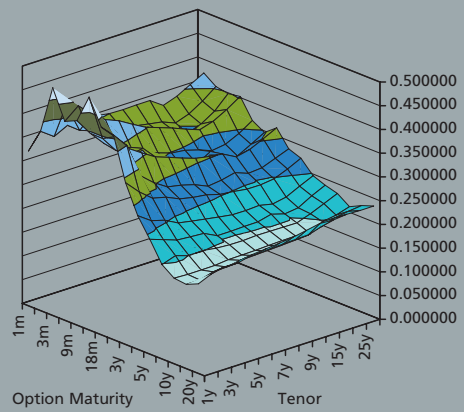
Ursprünglich war das genaue Spieldesign noch nicht festgelegt (Anzahl der Reihen und Spalten, Zahlenbereiche für die einzelnen Spalten, Anzahl gezogener Zahlen, Gewinnmuster, Jokerfelder, Gewinnklassen etc.). Um verschiedene Konfigurationen bezüglich ihrer Gewinnwahrscheinlichkeiten analysieren zu können, war die Aufgabe, einen schnellen Algorithmus zu finden und zu implementieren. Der von uns implementierte Algorithmus ermittelt die Gewinnwahrscheinlichkeiten der aktuellen Konfiguration in weniger als einer Sekunde.

Neben diesem Programm zum Durchprobieren verschiedener Konfigurationen im Vorfeld der Einführung von Bingo wurden auch die Programme zur Generierung der Spielscheine sowie das Programm zum Auswerten und Erstellen der Auszahlungsdateien erstellt.

1 *Höchste Gewinnklasse und kein Gewinn (blau: Felder mit gezogenen Zahlen)*



1



2

KALIBRIERUNG UND VERVOLLSTÄNDIGUNG DES VOLATILITY CUBES

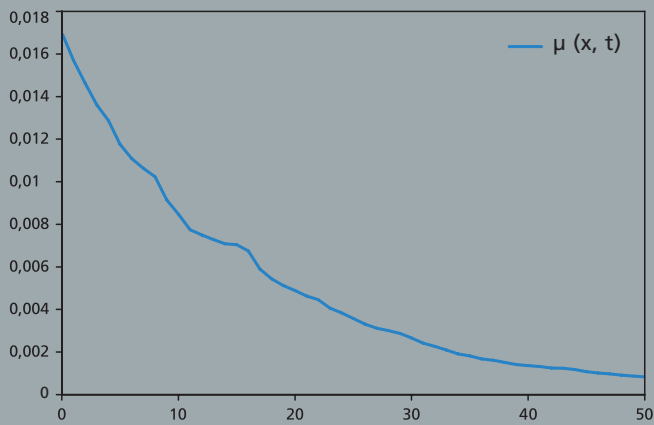
1 *Volatilitätsfläche (ATM)*

2 *Volatilitätsfläche
(Strike = 25 bps)*

Swaptions (Optionen auf Zinsswaps) werden im wesentlichen durch drei Parameter gekennzeichnet: die Optionslaufzeit, die Swaplaufzeit (Tenor) und den Ausübungspreis (Strike). Für jede Swaption kann eine implizite Volatilität aus den Marktdaten bestimmt werden. Es ist üblich, diese Volatilitäten in einem Würfel (Volatility Cube) zusammenzufassen. Die oben genannten Parameter bilden dann die drei Würfeldimensionen.

Jede Scheibe des Würfels wird als Volatilitätsfläche bezeichnet. Die Scheibe, die einem Strike-Wert »am Geld« (ATM »at-the-money«) entspricht, ist meist vollständig aus den Marktdaten zu entnehmen. Häufig bekommen Händler jedoch nur unvollständige Volatilitätsflächen von Datenanbietern für andere Strike-Werte, z. B. für Strike-Werte, die fünfzig Basispunkte links oder rechts vom ATM-Strike sind.

In einem Projekt mit der Assenagon GmbH aus München musste das SABR-Modell an den vorhandenen Marktdaten kalibriert und der Volatility Cube vervollständigt werden. Die Marktdaten enthalten in diesem Fall nur wenige Volatilitäten. Daher ist der Cube im Ausgangszustand extrem dünn besetzt: Die ATM-Volatilitätsfläche ist vollständig, aber für die restlichen Strike-Werte sind nur einige wenige Volatilitäten vorhanden. Das SABR-Modell muss pro Options- und Swaplaufzeit kalibriert werden. D. h. für manches Paar (bestehend aus Options- und Swaplaufzeit) ist nur eine Volatilität (ATM) aus den Marktdaten bekannt. Wegen der hochgradig nichtlinearen Struktur der Volatilitätsfläche ist Interpolation wenig sinnvoll. Daher wurden Optionslaufzeit-Swaplaufzeit-Paare, zu denen wenig Volatilitätswerte vorhanden sind, auch kalibriert (statt interpoliert) und zwar mit den Kalibrierungsparametern der bereits kalibrierten Nachbar-Paare als Anfangswerte. Ferner wurde bei der Kalibrierung ein flexibles Trade-Off (Abwägung) zwischen der Güte der Kalibrierung und der Glätte der Volatilitätsflächen implementiert.



1



GESUND ALTERN MIT MATHEMATIK – MATHEMATISCHE MODELLE FÜR LANGLEBIGKEIT

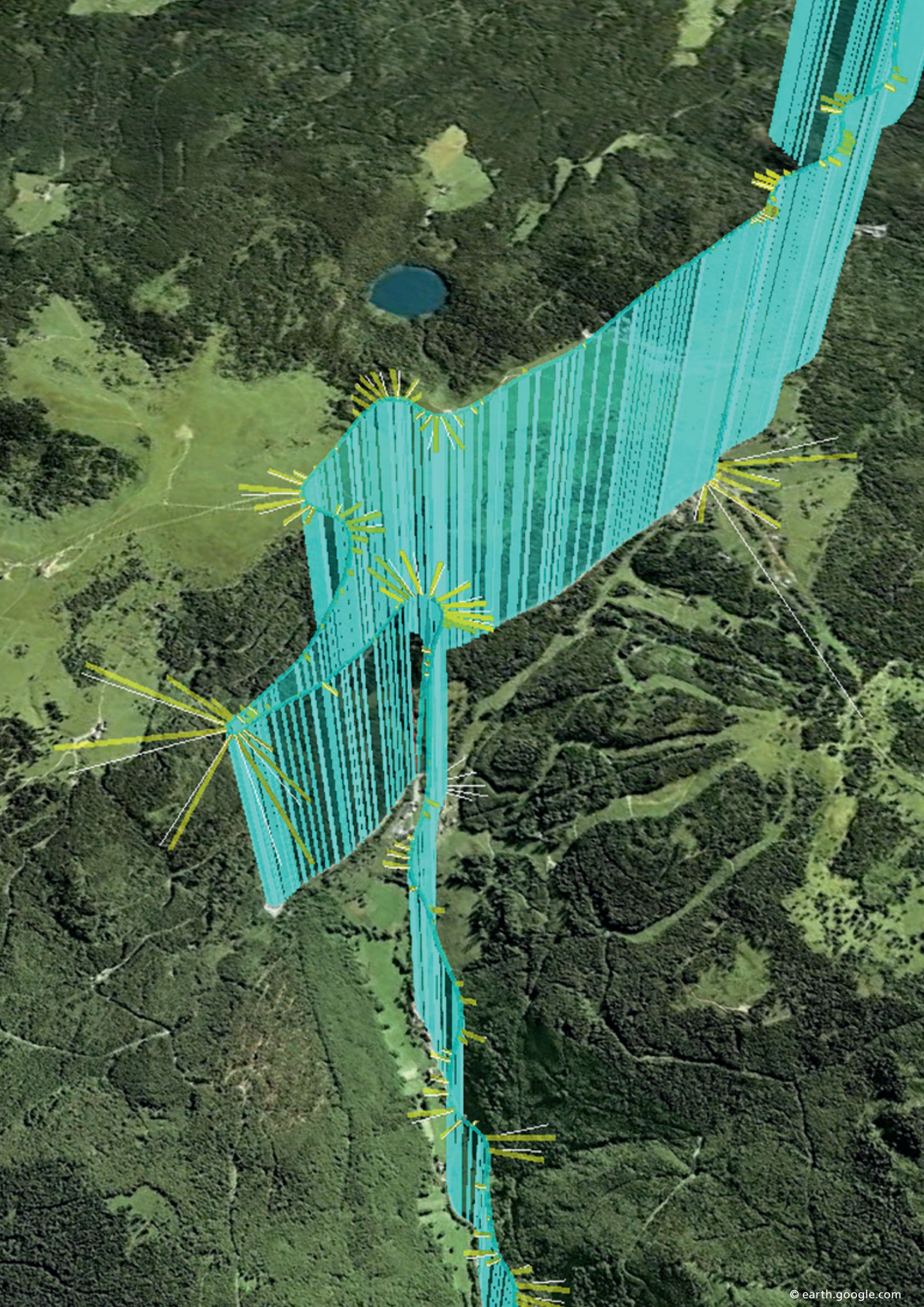
Ein gesundes und langes Leben ist für den Einzelnen erstrebenswert, während in der Lebensversicherungsbranche für den ungewissen, unerwarteten Zuwachs der Lebenserwartung der Bevölkerung in den letzten Jahrzehnten der unschöne Begriff des Langlebighkeitsrisikos geprägt wurde. Tatsächlich ist die zuverlässige Prognose der Entwicklung der Lebensdauer der Bevölkerung über die Jahre hinweg eine enorme Herausforderung, da man diese Unsicherheit trotz des ersten Auftauchens sogenannter Mortalitäts- und Langlebighkeitsbonds (Beispiele hierfür sind der im Jahr 2003 von SwissRe emittierte Mortalitätsbond und der im Dezember 2004 von EIB/BNP angebotene Langlebighkeitsbond) oder aber Mortalitäts-swaps nicht in dem Maße am Finanzmarkt absichern kann, wie dies beispielsweise für Zins- oder Aktienkursschwankungsrisiken möglich ist.

Neben dem andauernden Fortschreiben von Sterbetafeln und dem Erstellen von Generationssterbetafeln besteht eine Modellierungsalternative für die Entwicklung der Lebensdauern in der Einführung sogenannter dynamischer Mortalitätsmodelle. Diese sind insbesondere für die Bewertung von Finanz- und Versicherungsprodukten, die an die Lebensdauer des Versicherten gebunden sind, von großem Nutzen. Dynamische Mortalitätsmodelle basieren auf der Annahme klassischer Mortalitätsmodelle (also Modelle, bei denen eine vom Lebensalter des Individuums abhängige Sterbeintensität parametrisch – aber unabhängig von der Kalenderzeit – modelliert wird), nehmen aber an, dass sich die sie bestimmenden Parameter gemäß einem zugrunde liegenden stochastischen Prozess über die Zeit hinweg ändern.

Ein einfaches Beispiel, das allerdings für deutsche Daten eine sehr gute Anpassung zeigt, ist das am Fraunhofer ITWM in einem Industrieprojekt und als Teil einer Dissertation entwickelte stochastische Gompertz-Modell, bei dem angenommen wird, dass die allgemeine Sterblichkeitsintensität nahezu deterministisch mit der Zeit fällt, während die zeitliche Entwicklung der altersabhängigen Sterblichkeit eine stochastische Komponente besitzt.

Weitere Modelle befinden sich in der Entwicklung und können auch mit dem ITWM-Asset-Liability-Management-Tool ALMSim leicht simuliert werden.

1 *Simulierte zukünftige Entwicklung der Mortalitätsrate 65-jähriger deutscher Männer $\mu(65, t)$ mit $t=0$ auf 2004 zentriert*



MATHEMATISCHE METHODEN IN DYNAMIK UND FESTIGKEIT

- STATISTISCHE MODELLIERUNG VON NUTZUNGSVIELFALT UND ZUVERLÄSSIGKEIT
- SIMULATION MECHATRONISCHER SYSTEME
- CAE-BETRIEBSFESTIGKEIT
- NICHTLINEARE STRUKTURMECHANIK

Abteilungsleiter

Dr. Klaus Dreßler

T. 0631/3 1600-4466

klaus.dressler@itwm.fraunhofer.de



Die Abteilung beschäftigt sich mit der Modellierung und Simulation dynamisch beanspruchter mechanischer und mechatronischer Systeme. Methodisch kommen einerseits statistische Methoden und Optimierungsverfahren zur Modellierung von Nutzungs- und Variantenvielfalt, andererseits Mehrkörpersystemsimulation (MKS) und Finite-Elemente-Methoden (FEM) zur System- und Bauteilanalyse zum Tragen. In unseren Industrieprojekten beschäftigen wir uns mit Zuverlässigkeit, Betriebsfestigkeit, Struktur- und Systemdynamik überwiegend in der Fahrzeugindustrie. Der Ausbau des Fraunhofer-Innovationsclusters Digitale Nutzfahrzeugtechnologie (www.nutzfahrzeugcluster.de), bei dem die Abteilung die Gesamtkoordination und wesentliche Projektanteile bestreitet, ging weiter. Hier wurden mit den Industriepartnern Bosch, Daimler, John Deere, Schmitz Cargobull und Volvo die laufenden Aktivitäten zu Bemessungsgrundlagen, Systemsimulation, On-board-Simulation, und Strukturmechanik durch neue Initiativen zu den Themen »Energieeffizienz« und »Boden- und Wechselwirkungssimulation« ergänzt. Damit konnten Bomag, BPW, Liebherr und EvoBus als neue Partner gewonnen werden. Unter der Überschrift Fahrzeug – Umwelt – Mensch-Interaktion fördern die Fraunhofer-Gesellschaft und das Land Rheinland-Pfalz nun weitere Forschungs- und Methodenentwicklungsprojekte bis 2013.

Wir entwickeln Methoden zur statistischen Modellierung der Produktnutzung durch den Kunden – sowohl zur Herleitung von Bemessungsgrundlagen für die Zuverlässigkeit als auch zur Optimierung weiterer stark vom Einsatzspektrum abhängiger Größen wie Energieeffizienz und Kraftstoffverbrauch. Besonders bei der Zuverlässigkeitsauslegung und Freigabe von Bauteilen spielen statistische Methoden eine zentrale Rolle. Bei der Systemsimulation geht es uns darum, komplette Fahrzeuge, Achsen oder Prüfsysteme in »optimaler Komplexität« so zu modellieren, dass nicht nur die Kinematik und der Bewegungs-

ablauf, sondern gerade auch die Kraftübertragung richtig vorausberechnet werden. Dabei ist sowohl das Zusammenwirken sehr vieler beweglicher Bauteile als auch das Verhalten komplexer Kraftelemente und Aktuatoren zu modellieren. Andererseits sind der Modellierungstiefe aufgrund begrenzter Zeit- und Hardwareressourcen und im Hinblick auf die Parametrierbarkeit der Modelle Grenzen gesetzt. Ein Schwerpunkt ist die invariante Systemanregung. Dabei werden sowohl Identifikationsverfahren (iterativ lernende Regelung) und Optimalsteuerungsverfahren als auch geeignete Modellierungsmethoden für den mechanischen Außenkontakt (Reifen, digitale Straße, Bagger, Pflüge) entwickelt und angewandt. Aus der Simulation der Systemdynamik ergeben sich die Beanspruchungen der einzelnen, mehr oder weniger deformierbaren Bauteile als dynamische Schnittkräfte. Diese Schnittlasten werden dann per strukturmechanischer Simulation auf örtliche Beanspruchungen und Lebensdauerabschätzungen übertragen. Wir entwickeln Methoden zur Lebensdauerberechnung von Strukturen mit nichtlinearem Verhalten und wenden diese in Industrieprojekten an. Im Zusammenspiel mit unserer Gießprozesssimulationskompetenz kümmern wir uns auch um die Frage, wie man die Ergebnisse der Gießprozesssimulation systematisch in der Bauteilfestigkeitsanalyse nutzen kann. Bei der nichtlinearen Strukturmechanik liegt das Augenmerk auf stark deformierbaren Komponenten und Strukturen wie Reifen, Elastomer- und Hydrolager, Luftfedern, Kabeln und Schläuchen. Dabei wird auf verschiedenen Modellierungsebenen gearbeitet, von kontinuumsmechanisch detaillierten FE-Modellen bis hin zu vereinfachten makroskopischen Modellen. Wichtig ist hier, jeweils anwendungsspezifisch die optimale Modellkomplexität zu wählen – detailliert genug, um die interessierenden physikalischen Effekte abzubilden, und einfach genug, um mit dem im Entwicklungsprozess vertretbaren Aufwand parametrisiert werden zu können.

Dr.-Ing. Yekta Öngün, Michael Burger, Dr. Albert Marquardt, Lilli Müller, Clarisse Weischedel, Dr. Anja Streit, Urs Becker, Dr. Holger Lang, Martin Obermayr, Dr.-Ing. Gerd Bitsch, Thorsten Weyh, Dr. Andrey Tuganov, Oliver Hermanns, Oliver Weinhold, Dr. Michael Speckert, Thomas Stephan, Thomas Halfmann, Pascal Jung, Steffen Polanski, Reinhard Priber, Dr. Klaus Dreßler, Sascha Feth, Michael Kleer, Sonja Baumann, Christine Rauch, Dr.-Ing. Joachim Linn, Dr. Nikolaus Ruf



VERGLEICHENDE BEANSPRUCHUNGSANALYSE FÜR KABEL UND SCHLÄUCHE

Unerwartete Schäden bei Kabel- und Schlauchverbindungen in Fahrzeugen sind häufig auf die mangelnde Berücksichtigung des realen elastischen Verhaltens in der Entwicklungsphase zurückzuführen. Häufig ist dann unklar, welche Auswirkung eine konstruktive Maßnahme auf die tatsächliche Belastung unter Betriebsbedingungen hat. Diese Fragestellung muss meist sehr schnell analysiert und bewertet werden.

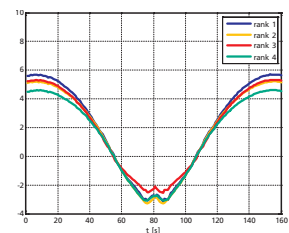
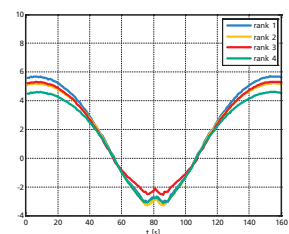
Derzeit übliche Simulationsverfahren, wie z. B. die geometrisch nichtlineare Finite-Element-Methode (FEM), können prinzipiell zur Lösung der Fragestellung angewendet werden. Diese erfordern aber Expertenwissen und sind insbesondere bei der Untersuchung von Varianten für die tägliche Praxis zu zeitaufwändig. Mit den in der Abteilung MDF entwickelten Methoden hingegen kann das reale, flexible, geometrisch nichtlineare Verhalten von Kabeln und Schläuchen interaktiv simuliert werden. Damit lassen sich sowohl bestehende Einbausituationen als auch deren Variationen sehr schnell am Modell analysieren. Hierbei werden unter anderem die vollen 3D-Spannungen eines biegeweichen Bauteils mit einem neuen Ansatz berechnet und die Montage-situation mit etablierten Verfahren der Lastdaten- und Beanspruchungsanalyse ausgewertet. Eine Bewertung mehrerer Varianten durch vergleichende Analyse der örtlichen Beanspruchungen kann somit in sehr kurzer Zeit erfolgen.

Grundlage des neuen Verfahrens ist ein strukturmechanisch fundiertes Balkenmodell auf der Basis der Cosseratschen Balkentheorie. Spezielle Diskretisierungsansätze reduzieren den Berechnungsaufwand extrem und ermöglichen damit die Simulation flexibler Bauteile sogar in Echtzeit. Unter Verwendung spezieller Funktionen, den sog. Verwölbungsfunktionen, ist es so möglich, aus den vorliegenden Kräften und Momenten die Zeitverläufe der 3D-Spannungssensoren unmittelbar zu rekonstruieren.

Für die Beurteilung der Beanspruchung werden etablierte Verfahren aus der Lastdaten- und Lebensdaueranalyse, wie der Ansatz der kritischen Schnittebene, die Rainflowzählung und die Pseudo-Schädigungsrechnung, verwendet. Hierbei kommen synthetische Wöhlerlinien zum Einsatz, die zwar keine Vorhersage der Lebensdauer erlauben, wohl aber einen Vergleich bezüglich Beanspruchung ermöglichen. Praktisch angewendet wurde die beschriebene Vorgehensweise z. B. bei Untersuchungen der Kabelverlegung einer AUDI-Heckklappe. Hinsichtlich der Auswirkung auf die Kabelbeanspruchung wurden die Wahl der Ausgangs-Kabellänge und die Einbausituation (korrekter Einbau und verdrehter Einbau/Fehlmontage) untersucht.

1 Beanspruchungsvergleich für unterschiedliche Kabellängen

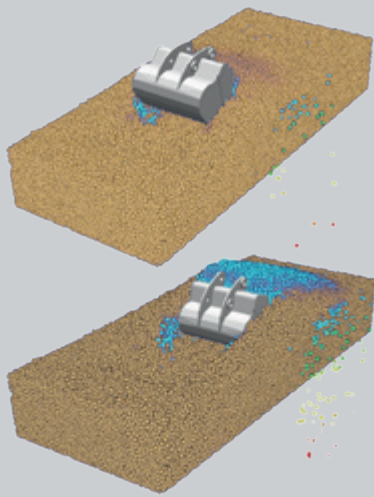
2 Vergleich des benötigten Bauraums für unterschiedliche Kabellängen



1



2



BODEN- UND WECHSELWIRKUNGSSIMULATION

1 *Simulation der Reaktionskräfte beim Graben in grobem Kies*

2 *Versuchsaufbau für die vergleichende Messung*

Neben der Leistungsfähigkeit und den Kosten spielt die Zuverlässigkeit bei der Entwicklung von Bau- und Landmaschinen eine herausragende Rolle. Diese Maschinen werden während des Einsatzes von den von außen angreifenden Kräften aus dem Arbeitsprozess, z. B. den Grabkräften eines Baggers, stark beansprucht. Diese Belastungen hängen sowohl von der Einsatzart als auch von der Ausführung des Geräts ab. So sind beispielsweise die Belastungen auf einem Bagger beim Einsatz im Steinbruch wesentlich höher als beim Beladen eines Lkw mit Schüttgut.

Die hohe Einsatz- und Variantenvariabilität wird bisher messtechnisch erfasst. Dazu werden große Messkampagnen durchgeführt und mithilfe des am ITWM entwickelten Einflussgrößen-Faktormodells ausgewertet. Dabei kann der Einfluss einzelner Faktoren, wie z. B. der Einsatzart oder des Fahrers, auf die Ergebnisse ermittelt werden. Das Modell erlaubt auch die Prognose der Belastungen eines Fahrzeugs, das ein anderes Nutzungsprofil hat als jenes, das bei der Messung zugrunde lag.

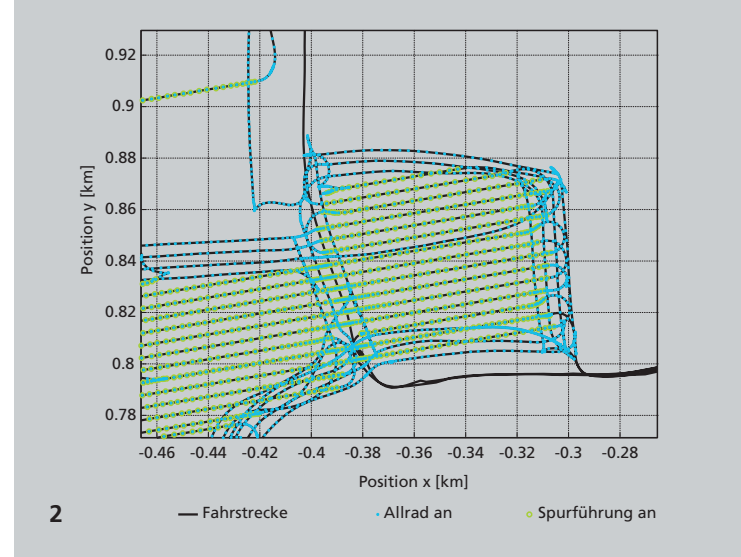
Das Ziel der Boden- und Wechselwirkungssimulation ist es, die Ermittlung der äußeren Lasten aus dem Arbeitsprozess in die virtuelle Produktentwicklung zu integrieren. Damit wird es möglich, Varianten unter sonst gleichen Bedingungen zu vergleichen. Änderungen an der Konstruktion können auf ihre Wirkung hinsichtlich der Belastung der Maschine untersucht werden. Langfristig wird es möglich, die Festigkeit der Struktur an virtuellen Prototypen zu untersuchen.

Für die Simulation des komplexen mechanischen Verhaltens des Bodens wurde in einem Projekt mit Volvo CE die Diskrete-Elemente-Methode (DEM) verwendet. Bei dieser Methode wird der reale Boden aus starren, kugelförmigen Partikeln modelliert. Die Eigenschaften des Bodens spiegeln sich in der Beschreibung der Kontaktbedingungen zwischen den Partikeln wider. Die Eigenschaften des Materials wurden im Labor ermittelt. Zur Parametrierung der Kontakteigenschaften wurde der entsprechende Laborversuch (Triaxialversuch) in der Simulation nachgestellt. Für den hier untersuchten Fall stimmen die Kräfte der Simulation gut mit den gemessenen Werten überein. In Zukunft soll das Verfahren auf komplexere Materialien erweitert werden.



1

© John Deere



2

— Fahrtstrecke

--- Allrad an

... Spurführung an

EFFIZIENZSTEIGERUNG VON NUTZFAHRZEUGEN

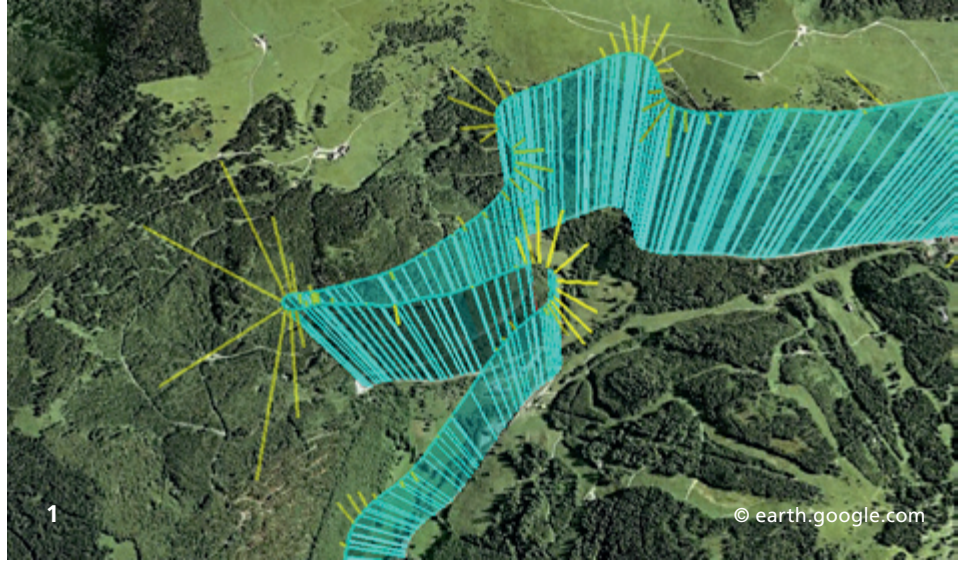
Bei modernen Nutzfahrzeugen reicht oft bereits die serienmäßige Ausstattung mit Rechen- und Kommunikationstechnik, um eine große Menge an Informationen über den Einsatz beim Kunden zu gewinnen. In Zusammenarbeit mit verschiedenen Herstellern entwickelt das ITWM Verfahren, um diese Daten zur gezielten Optimierung von Fahrzeugen und deren Einsatz zu nutzen. Neben der Herleitung von realitätsnahen Bemessungsgrundlagen für die Betriebsfestigkeit spielt dabei die Energieeffizienz eine zunehmend größere Rolle. Mögliche Anwendungen in diesem Bereich sind:

- Entwicklung: Neue Fahrzeugmodelle können bereits im Entwurf besser auf die tatsächliche Nutzung abgestimmt werden.
- Verkaufsberatung: Kunden werden genauer informiert, welches Fahrzeug für ihre Anforderungen besonders geeignet ist.
- Flottenplanung: Unternehmen mit Maschinenpark können die Effizienz ihrer Fahrzeuge bei verschiedenen Aufgaben bewerten und besser planen, welches wo zum Einsatz kommt.
- Intelligente Steuergeräte: Der Verbrauch moderner Fahrzeuge hängt nicht alleine von deren mechanischer Auslegung ab, sondern auch von der elektronischen Steuerung von Motor, Getriebe und Leistungsabnehmern. Je besser diese auf die momentane Situation reagieren kann, desto effizienter wird die Arbeit erledigt.
- Fahrerunterstützung: Das einzelne Fahrzeug kann seinem Fahrer über Informationssysteme dabei helfen, effizienter zu arbeiten.

Je variabler das Einsatzspektrum eines Fahrzeugs ist, desto mehr kann man durch aktive Steuerung und Unterstützung gewinnen. Für Lkw und Busse sind Überlegungen im Sinne der ersten beiden Punkte oft ausreichend, wobei allerdings für Hybridantriebe auch ein intelligentes Batteriemangement interessant ist. Land- und Baumaschinen werden deutlich vielseitiger eingesetzt und müssen außer für den Antrieb auch für andere mechanische, hydraulische oder elektrische Verbraucher nennenswerte Leistung bereitstellen. Dies macht die Modellierung aufwändiger, ermöglicht aber auch einen höheren Effizienzgewinn durch intelligente Technik. Ein Projekt mit John Deere ist die Entwicklung von Methoden, um die Effizienz von Traktoren während des Arbeitseinsatzes zu überwachen und zu optimieren. Dabei wird ein Modell der Energieflüsse mit statistischen Methoden zur Bewertung von Daten aus der Fahrzeugelektronik kombiniert. Das Systemmodell liefert dabei einen Ansatzpunkt für die optimale Wahl von Betriebsgrößen wie Arbeitsgeschwindigkeit, Getriebeübersetzung usw. Die Statistik ist notwendig, da Einflüsse der Umgebung wie Boden und Wetter nur unzureichend bekannt sind und indirekt ermittelt werden müssen.

1 John Deere-Traktor

2 Ausschnitt aus Messdaten



VIRTUELLE MESSKAMPAGNE

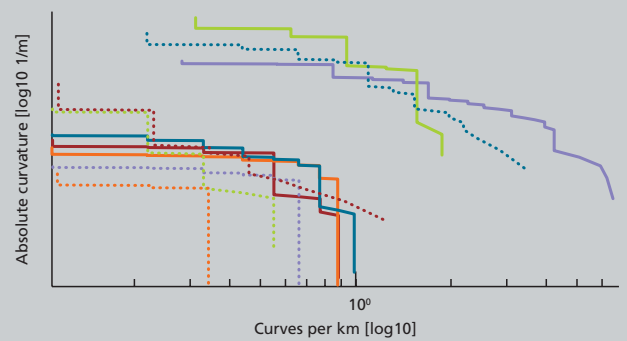
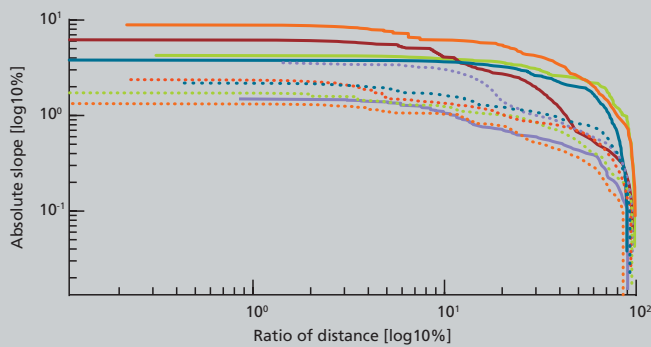
1 *Visualisierung von berechneter Steigung und Kurvigkeit mittels Google Earth*

Die steigenden Anforderungen an Pkw und Lkw sowie Bau- oder Landmaschinen bezüglich Zuverlässigkeit, Effizienz und Verbrauch bei gleichzeitiger Verkürzung der Entwicklungszeiten machen den Einsatz von rechnerischen Methoden und die möglichst genaue Kenntnis der Betriebslasten in der Auslegung der Komponenten immer wichtiger.

Die Betriebslasten hängen außer von Fahrer und Fahrzeug selbst vor allem von der Umgebung (z. B. Straßenzuständen, Kurven, Steigungen, Verkehr, Klima) und der Nutzung (z. B. Langstrecken- oder Verteilerverkehr bei Lkw) ab. Derzeit werden zur Ermittlung von Lastdaten Messkampagnen mit umfangreicher Messapparatur durchgeführt. Ein Vorteil dieser Vorgehensweise ist die gute Qualität der erzielten Daten; Nachteile sind jedoch der Aufwand, die Abhängigkeit der Daten vom Messfahrzeug und der eingeschränkte Umfang bezüglich der vermessenen Strecken und Betriebszustände.

Hier setzt die Idee der virtuellen Messkampagne (Virtual Measurement Campaign – VMC) an. Mit relativ einfachen Fahrzeug- und Fahrermodellen können beliebig lange und umfangreiche Messfahrten im Rechner simuliert werden, falls die entsprechenden Umgebungsdaten zur Verfügung stehen. Das ITWM entwickelt ein System, welches die relevanten Umgebungsdaten sammelt, aufbereitet und einer entsprechenden Auswertung zugänglich macht. Beispielsweise können aus weltweit verfügbaren Kartendaten und Höhenprofilen die Krümmungen und Steigungen beliebiger Routen inklusive Ampeln, Kreuzungen oder anderer Verkehrsinformationen berechnet werden. Besonders wichtig für die Betriebsfestigkeit sind dabei Informationen zur Straßenqualität. Diese liegen nicht weltweit überall vor und insbesondere nicht in der Form, wie sie für eine quantitative Beurteilung der Auswirkung auf ein Fahrzeug gebraucht werden. Zur Nutzung dieser Daten müssen geeignete Algorithmen entwickelt werden, um die relevante Information zu extrahieren. Zum Beispiel müssen Klassen stochastischer Prozesse identifiziert werden, die für die Beschreibung der Oberflächenrauigkeiten geeignet sind, und eine Abbildung der groben Straßenqualitätsangaben auf die Klassen ermittelt werden.

Ein weiteres Beispiel ist der Verbrauch; hierbei ist weniger die Qualität der Fahrbahn dominant als vielmehr die Topographie und der Verkehr. Während die topographischen Daten über vorhandene Datenquellen gut abgedeckt werden, ist es schwierig, Aussagen über die Verkehrssituation zu bekommen. Dies wird aber für eine Simulation des Geschwindigkeitsprofils längs einer Route gebraucht. In diesem Zusammenhang werden Methoden der sogenannten Mikroverkehrssimulation wichtig, die sich mit dem Verkehrsfluss auf der Ebene einzelner Fahrzeuge beschäftigt.



2

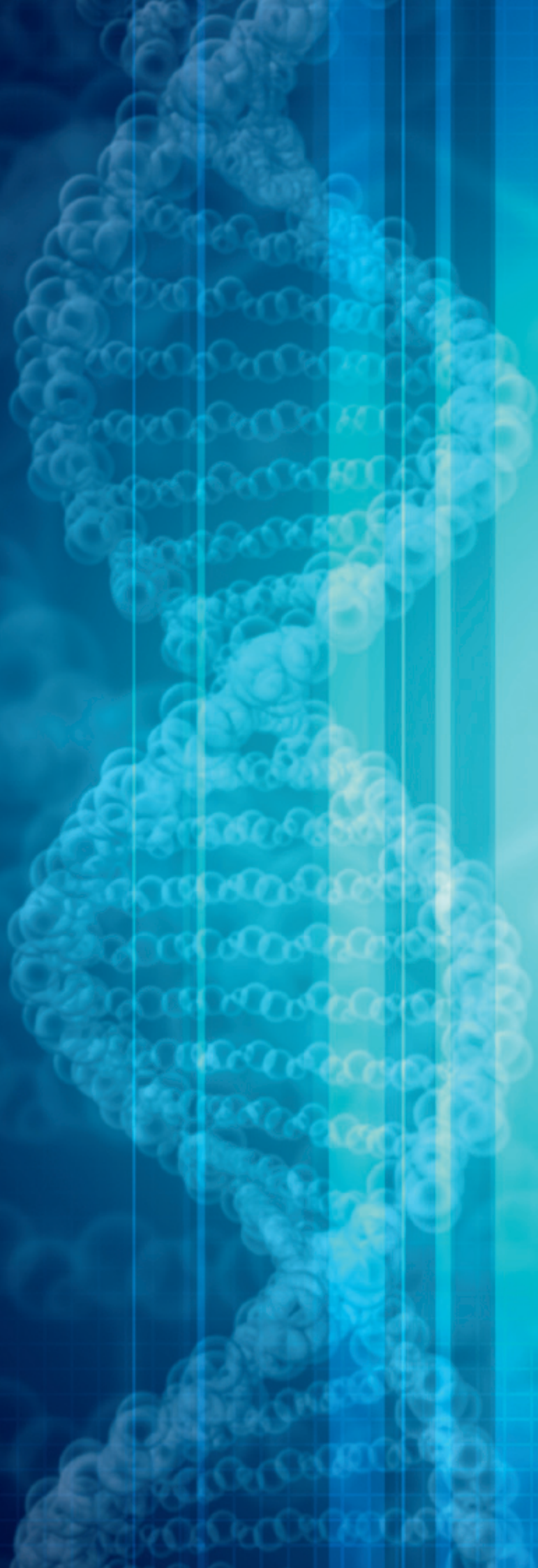
Bei allen Analysen spielen statistische Betrachtungen eine wichtige Rolle. Wo liegen die Beanspruchungen im Mittel über viele Fahrzeuge und lange Fahrzeiten? Welche Streuungen sind zu erwarten? Wie pflanzen sich Unsicherheiten in den Daten zur Beschreibung der Umgebung auf die Ergebnisse fort?

2 Automatische Segmentierung und Auswertung von Strecken

Wichtige Anwendungen finden sich in der Analyse verschiedener Regionen. Wie ist der Anteil von Autobahnen, Landstraßen oder Stadtstrecken in den Regionen A und B verteilt? Sind die Bedingungen für Lkw-Fernverkehr in Brasilien vergleichbar mit denen in Indien? Ist ein für den Verkauf in Mitteleuropa ausgelegter Pkw auch für Japan oder Südkorea geeignet? Diese oder ähnliche Fragen können mit dem Werkzeug wesentlich fundierter und fokussierter als bisher bearbeitet werden. Zur Ergänzung teilweise fehlender Informationen (z. B. gibt es für die Straßenraugigkeit derzeit nicht überall Daten) werden geeignete Extrapolationsalgorithmen entwickelt, die auf Basis einer kleinen zu vermessenden Stichprobe eine Hochrechnung auf eine ganze Region erlauben.

Ergänzend zur Ermittlung der Umgebungsbedingungen des Fahrzeugs werden Faktormodelle bereitgestellt, welche die nach Einflussgrößen wie z. B. Straßentyp und Beladung strukturierte Ablage von Daten ermöglichen und so eine Untersuchung der Fahrzeugbeanspruchung oder des Fahrzeugverbrauchs in Abhängigkeit der Nutzung (beispielsweise durch Monte-Carlo-Methoden) erlauben. Im Zusammenhang mit diesen Tätigkeiten entstehen auch Algorithmen zur Erkennung von Betriebszuständen aus relativ einfachen, im Fahrzeug ohnehin zur Verfügung stehenden Daten (Online-Monitoring), die zur Ermittlung der tatsächlichen Fahrzeugnutzung oder der automatisierten Strukturierung von Messdaten einer realen Kampagne verwendet werden.

Das kurzfristig wichtigste Ziel besteht in der verbesserten Planung realer Messkampagnen und der Übertragbarkeit existierender Daten von einer Region auf eine andere, um so vorhandene Daten auch für andere Märkte nutzbar zu machen. Längerfristig könnten durch verfeinerte Fahrzeug- und Fahrermodelle sogar rein virtuelle Messkampagnen durchgeführt werden.



三



COMPETENCE CENTER HIGH PERFORMANCE COMPUTING

- MULTICORE INNOVATION CENTER
- HPC TOOLS
- SEISMIC IMAGING
- VISUALISIERUNG GROSSER DATENMENGEN
- PERFORMANCE OPTIMIERUNG
- E-ENERGIE, SMART GRIDS

Bereichsleiter

Dr. Franz-Josef Pfreundt

T. 0631/3 1600-4459

franz-josef.pfreundt@itwm.fraunhofer.de



Die Entwicklung und der Einsatz von numerischen Simulationsverfahren ist der Kern der Forschung am Fraunhofer ITWM und die Basis für alle technisch komplexen Entwicklungen in der Industrie. In vielen Bereichen ist zudem auch eine hohe Rechenleistung der Verfahren gefordert, um entweder besonders große Probleme zu lösen (Seismische Exploration, Molekulardynamik) oder um interaktiv und damit effizienter zu entwickeln. Das Competence Center High Performance Computing befasst sich mit den Problemen, die mit der Entwicklung und Ausführung hochperformanter Software verbunden sind und sitzt damit an der Schnittstelle zwischen konkreter Rechnerhardware, der Softwaretechnologie und den numerischen Algorithmen. Grafikkarten waren schon immer Multicore-Prozessoren, wenn auch mit stark vereinfachten Prozessoren. Eine Leistungssteigerung ist nur noch durch Parallelisierung zu erzielen. Parallelisierung bedeutet gerade heute immer auch die zugrunde liegenden Algorithmen neu zu analysieren und gegebenenfalls zu verbessern oder neu zu gestalten.

Der Transport von Daten innerhalb von Chips und Rechnern spielt heute die dominante Rolle. Das Competence Center für High Performance Computing hat sich frühzeitig auf diesen Paradigmenwechsel eingestellt und innovative neue Softwarewerkzeuge für die Entwicklung paralleler Software auf den Markt gebracht. Der Kern dieser Werkzeuge ist eine effiziente Bibliothek zur Entwicklung komplexer multithreaded Programme (Multicore Thread Package MCTP) sowie das Global Address Space Programming Interface GPI, welche das bisherige MPI Programmiermodell ablöst. Darauf aufbauend werden aktuell neue parallele Programmierplattformen für große parallele Rechnersysteme entwickelt. Die Seismic Development

and Processing Architecture SDPA implementiert ein fehlertolerantes System, bei dem die Anwendungsentwicklung vor allem graphisch erfolgt und eine semiautomatische Parallelisierung stattfindet. Das System ist für große parallele Systeme gedacht und wird zunächst in der Ölindustrie eingesetzt und dann auch in anderen industriellen Bereichen. Im BMBF-Projekt IMEMO wird das patentierte Parallelisierungsframework GraPA an die Anforderungen zukünftiger Hardwaresysteme inklusive GPUs angepasst. GraPA automatisiert die Parallelisierung weitestgehend und baut auf einem Graphen basierten Ansatz auf. Diese Entwicklung von innovativen Werkzeugen für die Entwicklung paralleler Anwendungen wird auch in den nächsten Jahren Schwerpunkt der Abteilung bleiben.

Seit 2005 wird am ITWM das Fraunhofer Parallel Filesystem FhGFS entwickelt; 2008 war das erste offizielle Release auf der Webseite www.fhgfs.com verfügbar. Eine Reihe kleinerer Installationen im Öl- und Gas-Sektor haben im letzten Jahr die Zuverlässigkeit des Systems bestätigt und erste große Installationen an verschiedenen Universitäten sind dazugekommen. Die im Rahmen von Kooperationsprojekten entwickelten Softwarepakete für die Winkel-Migration (GRT) und die Visualisierung und Analyse von Prestack Daten (Pre-StackPro) haben die qualitativ hochgesteckten Anforderungen erfüllt und sind jetzt im produktiven Einsatz.

Im Rahmen der ITWM Future-Themen wurden Aktivitäten verschiedener Abteilungen, die sich mit erneuerbaren Energien befassen unter dem ITWM Future »Erneuerbare Energien« gebündelt. Der Schwerpunkt der Arbeiten im CC HPC sind hier IKT-Systeme zum Management verteilter Systeme in Stromnetzen. Siehe auch www.mysmartgrid.de.

Dr. Carsten Lojewski, Alexander Neundorf, Rui Mário da Silva Machado, Sven Breuner, Christian Mohrbacher, Kai Krüger, Frauke Santacruz, Alexander Petry, Dr. Franz-Josef Pfreundt, Benedikt Lehnertz, Pavel Frolov, Tobias Götz, Dr. Daniel Grünwald, Nikolai Ivlev, Bernd Schubert

Jens Krüger, Dr. Martin Kühn, Matthias Klein, Dr. Mirko Rahn, Dr. Abel Amirbekyan, Lena Oden, Ely Wagner Aguiar de Oliveira, Bernd Lörwald, Dr. Dimitar Stoyanov, Egor Derevenec, Dr. Tiberiu Rotaru, Bernd Klimm, Dr. Norman Ettrich, Dr. Dominik Michel

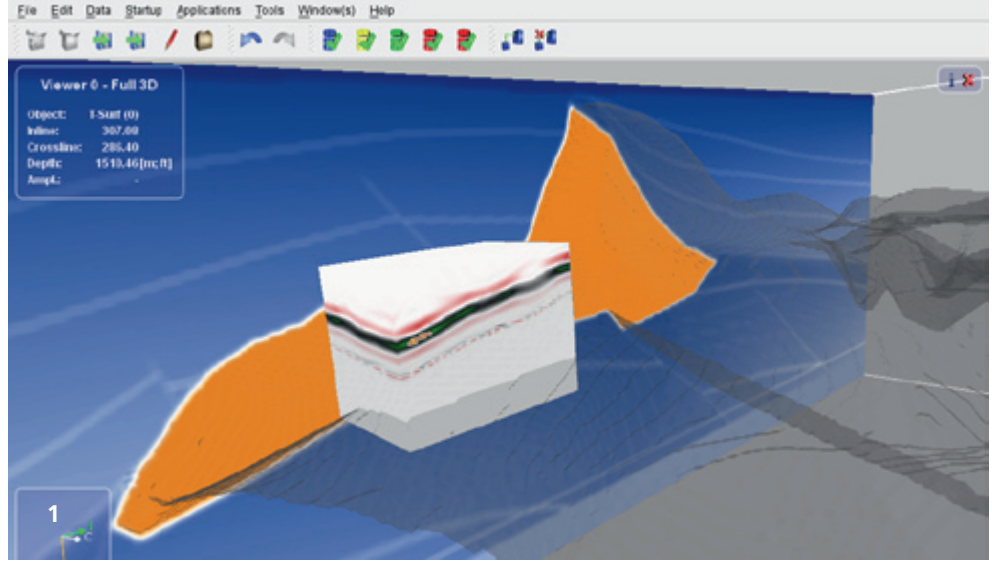


PARALLEL PROGRAMMIEREN IN DER ZUKUNFT: GPI UND MCTP

Die Entwicklung der Hardware hin zu massiv parallelen heterogenen Maschinen erzwingt einen Paradigmenwechsel bei der Programmierung, insbesondere bei der Programmierung von Hochleistungssystemen der (Post-)Petaflops-Ära. Entsprechende Programmiermodelle sind mit neuen Anforderungen konfrontiert: Benötigt wird ein einfaches und flexibles Modell, das voll asynchrone und effiziente Kommunikation zwischen verschiedenen Speichersubsystemen mit unterschiedlicher Bandbreite und Latenz erlaubt. Nur so können Kommunikation und Berechnung gleichzeitig erfolgen, eine entscheidende Voraussetzung für skalierbare Software. Der in den 1990er Jahren etablierte MPI-Standard ist dazu nicht mehr geeignet.

Das CC-HPC hat sich diesen Herausforderungen gestellt und zwei einfache, robuste und skalierbare Programmierschnittstellen entwickelt: GPI und MCTP. Auf der Ebene vernetzter Rechenknoten erlaubt unser Global Address Programming Interface (GPI) hocheffiziente Kommunikation mit geringster Latenz. Aufbauend auf den Fähigkeiten moderner Verbindungsnetzwerke wie InfiniBand oder RoCE stellt GPI einen partitionierten globalen Adressraum (PGAS) zur Verfügung. Rechenknoten können unabhängig voneinander (one-sided), voll asynchron (ohne Belastung der Rechenkerne), ohne temporäre Kopien (zero-copy) und mit maximaler Bandbreite auf den Speicher anderer Rechenknoten sowohl lesend als auch schreibend zugreifen. Diese Basisfunktionalität wird in GPI um eine Reihe weiterer Funktionen erweitert: Extrem schnelle kollektive Operationen (wie Barrieren), atomare Zähler (atomar über Rechenknoten hinweg) oder umfassende Umgebungstests sind nur einige Beispiele. Das in MPI vorherrschende Thema des Sendens und Empfangens von Nachrichten wird ebenfalls unterstützt und um eine völlig neue Art der passiven Kommunikation erweitert, die weit jenseits dessen liegt, was mit MPI möglich ist. Abgerundet wird GPI durch eine fehlertolerante Ausführungsumgebung.

Innerhalb eines Rechenknotens wird GPI durch unser Multicore Threading Package (MCTP) zu einer kompletten Umgebung ergänzt, die die Entwicklung skalierbarer Software auf Basis eines einzigen (Thread-)Modells erlaubt. Die MCTP stellt Funktionen zum Umgang mit parallelen Threads und Threadpools zur Verfügung. Sie bewegt sich dabei stets auf der Höhe der Zeit und ist derzeit die einzige Bibliothek, die die konkreten Hardwaregegebenheiten (NUMA-Layout) konsequent berücksichtigt. Ergebnis sind zum Beispiel Synchronisationsprimitive, deren Latenz um Größenordnungen geringer ist als die anderer Threadpakete. Sowohl GPI als auch MCTP beweisen ihre überragende Qualität und Robustheit seit Jahren beim Einsatz in den Softwareprodukten des CC HPC, die sich auch bei unseren Kunden aus der Industrie im Dauereinsatz befinden. 2010 war die Markteinführung von GPI und MCTP; mittlerweile gibt es Evaluierungsinstallationen in mehreren großen nationalen Rechenzentren.



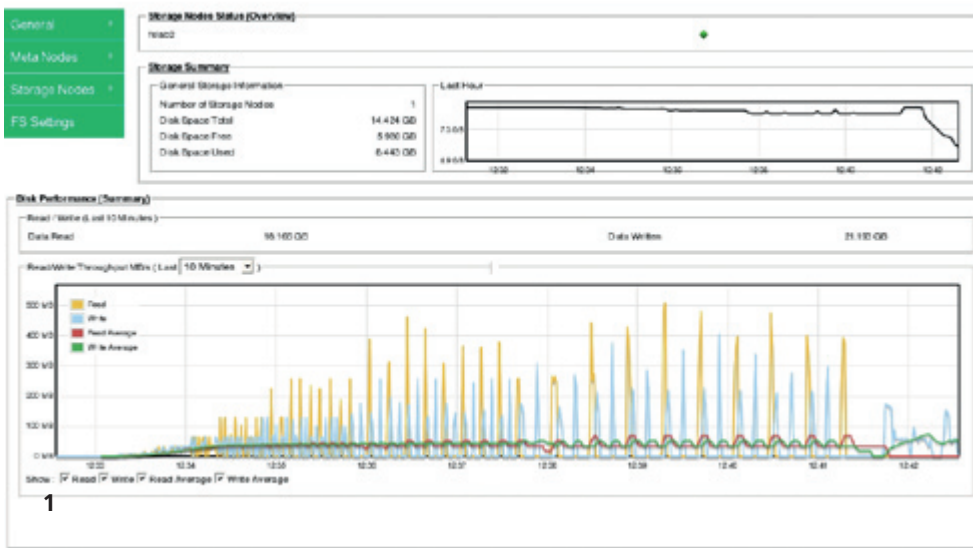
INTERAKTIVE MIGRATION

1 *Gleichzeitige Visualisierung der Objekte Salzstock (orange), Salzstockoberfläche (grau-transparent), Geschwindigkeitsmodell (bläulich-farbcodiert) und Migrationsergebnis innerhalb eines zuvor selektierten, quaderförmigen Ausschnitts in der GUI zur interaktiven Migration.*

Seismische Migrationsverfahren liefern Abbildungen des Untergrundes, die es u. a. erlauben, Erdölvorkommen zu entdecken. Die Genauigkeit dieser Untergrundabbildungen hängt in starkem Maße von der Genauigkeit der für die Migration verwendeten Geschwindigkeitsmodelle ab. Letztere sind apriori unbekannt und müssen durch Inversionsprozesse gewonnen werden. Herkömmliche Inversionsverfahren leiten aus Differenzen zwischen Teilmigrationsergebnissen Kriterien für die Modellverbesserung ab, versagen aber in besonders komplizierten Situationen, häufig in Bereichen des Erduntergrundes, die Salzkörper aufweisen. Die Komplexität, die Salzkörper der Ausbreitung der seismischen Wellen aufprägen, führt dazu, dass nur unzureichend auf die Form der Salzstöcke geschlossen werden kann. In solchen Fällen bleibt dem geowissenschaftlichen Anwender nur die Möglichkeit, per Trial-and-Error Verfahren die Form der Salzstöcke im Modell zu verändern und die Auswirkung dieser Änderung auf das Migrationsresultat zu sichten, um aufgrund geologisch relevanter Kriterien zu urteilen, ob das Ergebnis verbessert wurde und damit die Geschwindigkeitsänderung akzeptiert werden kann oder nicht.

Beauftragt durch die Firma Statoil entwickelt das ITWM für diese Anwendung eine kompakte Softwarelösung, die aus den Komponenten ultra-schneller Migration, effizienter und flexibler Visualisierung und Editierung von geologisch komplexen geschlossenen Körpern besteht. Die hohe Geschwindigkeit der Migration wird durch sogenannte Beamtechniken erreicht, bei denen nicht einzelne seismische Spuren anhand von Einzelstrahlen in die Tiefe migriert, sondern Gruppen von Spuren durch Bündel von Strahlen bearbeitet werden. Hochgradige Parallelisierung mit der hauseigenen GPI-Technologie, Datenselektion und -komprimierung sorgen für Beschleunigung um Größenordnungen gegenüber Standardverfahren.

Die Migration wird von einer graphischen Benutzeroberfläche gesteuert, die ferner die Visualisierung der Migrationsergebnisse zusammen mit Geschwindigkeitsmodellen und Salzkörperdarstellungen erlaubt. Mit Volumenrendertechniken werden Voxel-basierte Datensätze visualisiert; Flächen, wie etwa Salzstockoberflächen, werden als triangulierte Objekte dargestellt. Tools zur Konvertierung zwischen Oberflächen- und Volumendarstellungen der Salzkörper und verschiedene Editiermoden für die Salzstockoberflächen erlauben zusammen mit hochentwickelten Navigations- und Selektionsmechanismen das Arbeiten im Anwendungsmaßstab, bei denen seismische Daten von mehreren 100 km² großen Gebieten zu Untergrundbereichen der Größenordnungen von mehreren 100 km³ mit einer Auflösung von ca. 10 m migriert werden müssen. Die entsprechend hohen Anforderungen sowohl an die seismisch algorithmische Seite als auch an die Visualisierung sind nur durch eine äußerst effizient gestaltete Parallelisierung und die Optimierung aller beteiligten Unterprozesse zu bewältigen.



SKALIERBARER STORAGE MIT DEM FRAUNHOFER PARALLEL FILE SYSTEM

Mit der stetig zunehmenden Leistungsfähigkeit moderner Prozessoren und Netzwerktechnologien, die den Zusammenschluss zu immer größeren Computer-Clustern ermöglichen, wächst auch der Bedarf an immer realistischeren und detailgetreueren Simulationsergebnissen. Derartige Simulationen erfordern allerdings auch die Arbeit mit großen Datensätzen, die heute nicht selten im Bereich mehrerer 100 Gigabytes oder sogar im Terabyte-Bereich liegen können. Problematisch dabei ist jedoch, dass die Leistungsfähigkeit von Festplatten im Verhältnis deutlich unter dem Niveau der übrigen Systemkomponenten liegt, so dass die Laufzeit von Berechnungen häufig vorrangig durch die Geschwindigkeit des Festplattenzugriffs bestimmt wird.

Das CC HPC arbeitet seit einigen Jahren am parallelen Dateisystem FhGFS. Hierbei werden die einzelnen Dateien scheinbar auf mehrere Server verteilt und können dadurch parallel eingelesen bzw. geschrieben werden. Dieses Verfahren ermöglicht es, Datensätze mit einem Vielfachen der herkömmlichen Geschwindigkeit zu verarbeiten und wirkt sich so unmittelbar positiv auf die Dauer bis zum Berechnungsergebnis aus. Neben einer sehr guten Skalierbarkeit des Systems legt das Entwicklerteam außerdem großen Wert auf eine unkomplizierte Handhabung durch die Bereitstellung grafischer Management-Tools und ein hohes Maß an Flexibilität bei der Installation. So ist es beispielsweise beim FhGFS möglich, nicht nur separate Server als gemeinsamen parallelen Speicher in einem Cluster zu nutzen, sondern auch die Festplatten der Clusterknoten untereinander auf diese Art zu verbinden. Daneben lassen sich die Verteilungsmuster der Daten flexibel an die Bedürfnisse der Nutzer, etwa geographisch getrennte Serverräume, anpassen, um die Zugriffszeit auf die Daten weiter zu reduzieren. Bereits in den Vorjahren konnte in Kooperation mit Partnern und Kunden aus Industrie und Forschung gezeigt werden, dass das FhGFS bei typischen Workloads einen deutlich besseren Durchsatz liefern kann als vergleichbare kommerzielle Lösungen. So wird das FhGFS u.a. zur Anbindung des Speichers eines der schnellsten Cluster weltweit, dem LOEWE-CSC in Frankfurt/Main, genutzt. Das System besteht dabei aus über 800 Clusterknoten und erreicht einen Durchsatz beim Schreiben und Lesen von über 10GB/s. Derzeit wird das Dateisystem auf diversen Clustern in der Größenordnung mehrerer hundert Rechenknoten eingesetzt. Im kommenden Jahr sollen dann die Arbeiten am Hochverfügbarkeits-Modus fertiggestellt werden und später die Unterstützung für Microsoft Windows hinzu kommen. Dadurch wird das Dateisystem auch außerhalb des HPC-Bereichs, beispielsweise als ausfallsicherer Projekt-Speicher oder für Home-Verzeichnisse interessant. Das FhGFS kann kostenlos unter <http://www.fhgfs.com> heruntergeladen werden. Optionaler Support ist ebenfalls erhältlich.

1 Administration und Monitoring des FhGFS sind durch grafische Werkzeuge sehr einfach und intuitiv.





PARALLELISIERUNG, PERFORMANCE UND GREEN IT

1 *Financial Market, Derivatives Acceleration Faktor: 20*

2 *Sequence Correlation Benchmark, Acceleration Faktor: 130*

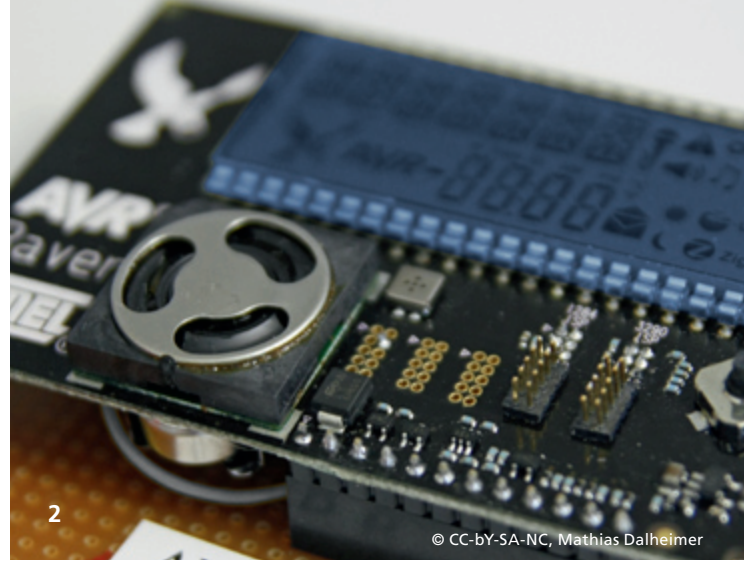
Ob im Finanzmarkt oder in den Life Sciences, die absolute Performance beziehungsweise der Durchsatz der Anwendungen spielt für Unternehmen eine immer größere Rolle. Das Competence Center für High Performance Computing hat sich darauf spezialisiert, Anwendungen aus den Bereichen Finanzmarkt, Seismic, Life Sciences und physikalische Simulation für Multicore-Prozessoren und Acceleratoren zu optimieren.

Bedingt durch den Übergang zu Multicore-Architekturen ist es für den Entwickler im Unternehmen immer schwieriger geworden, effiziente Software zu entwickeln; das bezieht sich sowohl auf die Singlecore-Performance als auch auf die Multicore-Performance. In beiden Fällen ist heute ein grundlegendes Verständnis des Hardwareaufbaues und der Parallelisierungsoptionen notwendig.

Die beiden in den Bildern visualisierten Anwendungen sind dabei typische Vertreter in Bezug auf das Potenzial, das in der Optimierung steckt. Wir konnten in einer Reihe von Anwendungen ohne Modifikation der Numerik pro Core eine Beschleunigung um den Faktor drei bis zehn erreichen. Modifikationen in der Mathematik und Numerik sind dann für den Faktor 130 im Sequence Correlation Benchmark verantwortlich.

Was bedeutet es, dass eine Anwendung hundertmal so effizient läuft: Das Life Science-Beispiel braucht dann ohne die Optimierung statt zehn Tagen auf unserem 1000-Core-Rechner tausend Tage. In dem Fall sind allein die Stromkosten zum Betrieb der Hardware im sechsstelligen Euro-Bereich. Ähnlich sieht es bei der Anwendung in der Finanzmathematik aus. Allein die Einsparungen bei den Energiekosten reichen bequem aus um einen neuen effizienteren Rechner zu kaufen. Der Aufwand für die Optimierung ist dabei eher vernachlässigbar. In diesem Kontext erhält das Stichwort Green IT, das heute gerne von Hardwareverkäufern benutzt wird, erst richtig Sinn. Ein optimales Rechenzentrum kann 50 Prozent Energie sparen, eine neues Hardware-System spart aber nur dann, wenn die Anwendung angepasst, d.h. parallelisiert wurde. Effiziente Parallelisierung und Code Optimierung liefert schließlich mehr als eine Größenordnung.

Im Competence Center HPC arbeiten wir direkt mit den Prozessorherstellern (IBM INTEL, NVIDIA) zusammen, um unsere Kundenanwendungen optimal anzupassen. Wir setzen dabei auch auf eigene Werkzeuge zur Parallelisierung, um unsere Innovationen aus der Forschung in die Industriepraxis zu bringen.



SMART GRIDS – DAS INTELLIGENTE ENERGIENETZ

Die Integration von erneuerbaren Energien (EE) aus Windkraftanlagen oder Photovoltaikanlagen stellt unser Stromnetz vor große Herausforderungen. Da Strom nur sehr begrenzt gespeichert werden kann, müssen Wege gefunden werden, wie die schwankende Produktion aus EE-Anlagen integriert werden kann. Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten: Stromspeicher wie Lithium-Ionen-Batterien können dezentral installiert werden, um die zusätzliche Energie aufzunehmen. Alternativ können Geräte dann betrieben werden, wenn sowieso viel erneuerbare Energie produziert wird. Beide Verfahren führen zu einer verbesserten Integration des EE-Stroms in unser bestehendes Stromnetz.

Im Projekt »mySmartGrid« verfolgen wir den zweiten Ansatz: Durch Regelungstechnik sollen Stromverbraucher wie Tiefkühltruhen und Wärmepumpen dann Strom verbrauchen, wenn sowieso viel Strom im Netz zur Verfügung steht. In Kaiserslautern und Umgebung werden bis zu 1000 Haushalte und KMU mit entsprechender Technik ausgestattet. Es wird der Stromverbrauch gemessen und ansprechend dargestellt, um den Projektteilnehmern ein besseres Verständnis für ihren eigenen Stromverbrauch zu vermitteln. Das Ziel des Projektes ist die Schaffung eines virtuellen Verbrauchers, der zur Stabilisierung des Stromnetzes verwendet werden kann. Alle Ergebnisse des Projektes sind frei zugänglich und basieren auf Open-Source Entwicklungen. Wir kooperieren dabei nicht nur mit lokalen Energieversorgern wie den Technischen Werken Kaiserslautern, sondern auch mit Geräteherstellern.

In einem zweiten, ergänzenden Projekt »myPowerGrid« erforschen wir die Möglichkeiten, in Lithium-Ionen-Batterien Strom zu puffern. So kann z. B. überschüssiger Strom aus Windkraftanlagen später in windstillen Zeiten wieder in das Netz eingespeist werden. Die dazu notwendige Technik wird gemeinsam mit Energieversorgern und Geräteherstellern entwickelt. Unser Schwerpunkt liegt hier in der Koordination der im Stromnetz verteilten Energiespeicher, die entsprechend geregelt werden müssen. Dabei sind nicht nur schwankende Produktionsleistungen zu berücksichtigen, sondern auch die Einschränkungen hinsichtlich des Lade- und Entladeverhaltens der eingesetzten Batterien.

1 Strom aus Windkraftanlagen kann langfristig nicht eingeplant werden. Daher muss unser Stromnetz flexibler werden, um mehr Strom aus erneuerbarer Energiequellen aufnehmen zu können.

2 Um Haushaltsgeräte regeln zu können, müssen diese über ein Bussystem gesteuert werden können. Das ITWM entwickelt mit dem OktoBus ein Open-Source Bussystem, welches direkt in bestehende Heimnetzwerke integriert werden kann und günstig nachrüstbar ist.



FRAUNHOFER-CHALMERS RESEARCH CENTER FOR INDUSTRIAL MATHEMATICS FCC

- GEOMETRIE UND BEWEGUNGSPLANUNG
- COMPUTATIONAL ENGINEERING
- RISIKOMANAGEMENT
- SYSTEMBIOLOGIE UND BIOINFORMATIK

Leiter des FCC
Dr. Uno Nävert
T. +46 (0) 31/772-4285
uno.navert@fcc.chalmers.se



Das Fraunhofer-Chalmers Research Center for Industrial Mathematics FCC hat seit seiner Einweihung 2001 über zweihundert industrielle und öffentliche Projekte abgeschlossen und dabei erfolgreich mit über siebzig Unternehmen aus verschiedenen Branchen zusammengearbeitet. Seine Mission ist die wissenschaftliche Forschung im Bereich der angewandten Mathematik, mit den Zielrichtungen schwedische und europäische Industrie, Handel und öffentliche Einrichtungen. Wirtschaftlich wie wissenschaftlich war das Jahr 2010 sehr erfolgreich. Ein ganz besonderes Highlight des Jahres war die Entscheidung der Fraunhofer-Gesellschaft und der Chalmers-Universität, das FCC weitere fünf Jahre zu fördern.

Wir stellen einen starken Anstieg der öffentlichen Projekte in absoluten und relativen Zahlen fest. Gleichzeitig sind die Einnahmen aus direkten Industrieprojekten zurückgegangen, während die Industrie in großem Umfang als Vertragspartner in den öffentlichen Projekten beteiligt ist. Wir erwarten, dass es zwei bis drei Jahre dauern wird, um wieder den normalen Industrieanteil von rund vierzig Prozent zu erreichen. Hierzu veranstalten wir eine Kampagne, die darauf abzielt, im Bereich Industrie eine breitere Kundenbasis zu gewinnen, die auch kleine und mittlere Unternehmen einschließt. Zusammen mit unseren Partnern, der Chalmers-Universität und dem Fraunhofer ITWM decken wir einen weiten Anwendungsbereich ab; 2010 haben wir unsere Zusammenarbeit weiter verstärkt. Dazu gehören gemeinsame Aktionen mit allen Abteilungen des ITWM sowie dem Chalmers Wingquist Laboratory, Chalmers Systems Biology, Chalmers Fluid Dynamics und mit dem Gothenburg Mathematical Modelling Centre (GMMC).

2008 haben wir die Industrial Partner Group (IPG) als Nachfolger der früheren Swedish Association of Industrial Mathematics (STM) ins Leben gerufen. Die Gruppe trifft sich weiterhin zwei- bis viermal jährlich in Kaiserslautern und Göteborg, um ein Forschungsprogramm für Forschungsszenarien und industrielle Szenarien festzulegen und eine Synthese herzustellen. Im ersten Jahr hat sich die Gruppe mit der Identifizierung und Optimierung von Parametern beschäftigt. Ergebnis war

ein Vorschlag zur Mehrskalens- und multiobjektiven Simulation und Optimierung. 2010 haben wir uns bei vom GMMC vorgegebenen Forschungsszenarien mit Unsicherheit, Zuverlässigkeit und Qualität befasst. Das Research Proposal konzentrierte sich auf die VMEA (Variation Mode and Effect Analysis).

Die Abteilung Geometrie und Bewegungsplanung hat in enger Zusammenarbeit mit dem Chalmers Wingquist Laboratory die zweite Phase des zehnjährigen Wingquist Laboratory VINN Excellence Centre for Virtual Product Realization 2007 – 2016 erreicht. 2010 hat die Abteilung vier dreijährige oder längere öffentliche Projekte, einschließlich eines Projekts zur virtuellen Lackierung und eines Projekts zu sich intelligent bewegenden Gliederpuppen, begonnen. Die Softwareplattform IPS für die Bewegungsplanung starrer Körper, die Planung der Bewegung von Robotern und die Simulation flexibler Kabel ist durch Lizenzierungen industrieller Kunden in Europa, den Vereinigten Staaten und Japan anerkannt worden. Die Abteilung entwickelt gemeinsam mit der ITWM-Abteilung Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit.

Die Abteilung Computational Engineering und Design hat ihre Arbeit auf dem Gebiet der Multi-Physics-Anwendungen im Zusammenhang mit den Wechselwirkungen von Flüssigkeiten und festen Körpern sowie Flüssigkeiten und elektromagnetischen Feldern ausgebaut, insbesondere im Rahmen von Projekten mit schwedischen und europäischen Partnern in der Industrie und den ITWM-Abteilungen Optimierung, Strömungs- und Materialsimulation und Transportprozesse. 2010 hat die Abteilung ein Projekt zu einer innovativen Simulation von Papier mit der schwedischen Papier- und Verpackungsindustrie und ein damit zusammenhängendes Projekt zur dynamischen Simulation von Glasfasernetzwerken in einer Finite-Elemente-Umgebung von Seiten des Gothenburg Mathematical Modelling Centre in Angriff genommen. Die Abteilung ist ein wichtiger Partner beim später vorgestellten Projekt zur virtuellen Lackierung.

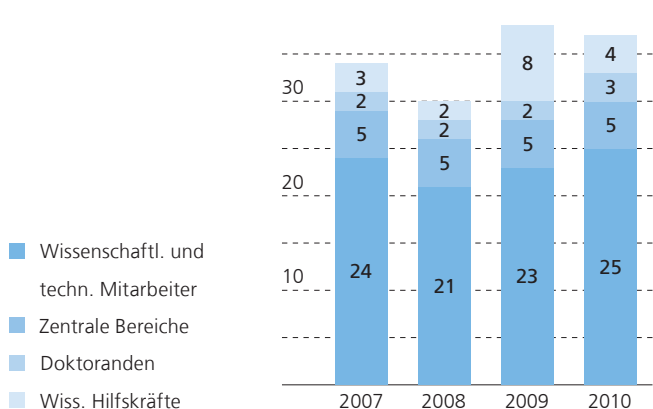
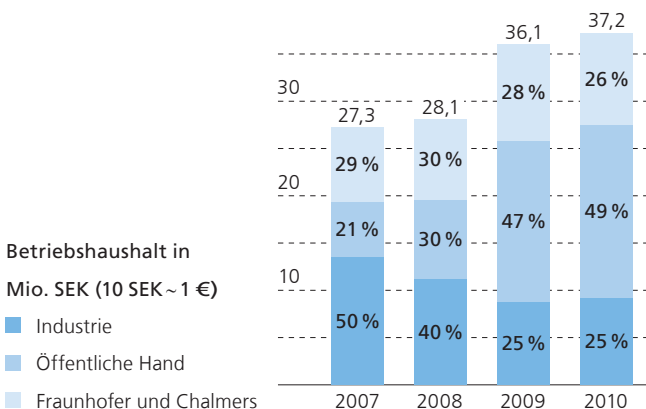


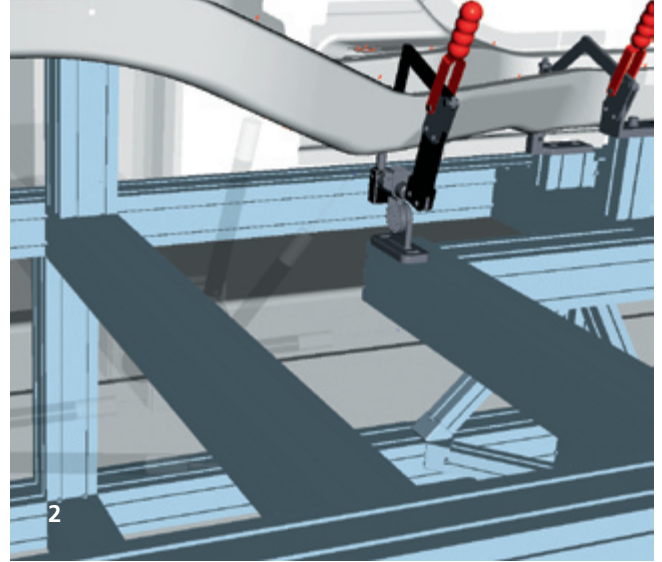
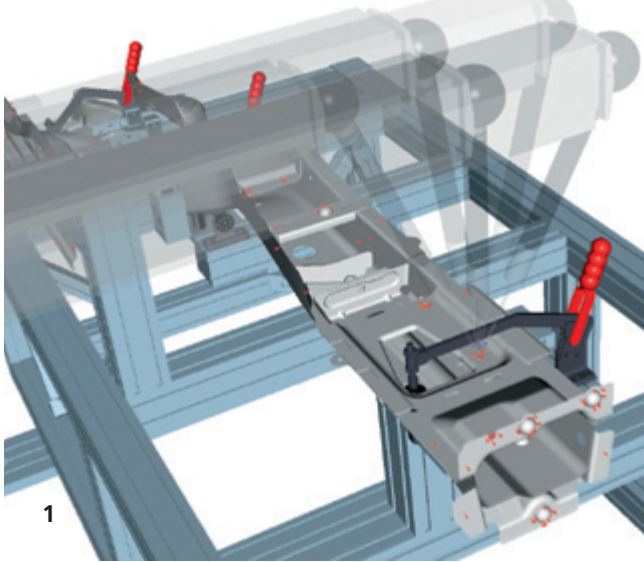
Die Abteilung Risikomanagement konzentriert sich auf Ermüdung, Lebensdauer und Lastanalyse mechanischer Strukturen, z. B. in der Automatisierung und der Automobilindustrie. 2010 haben wir eine Vorstudie »Virtual Measurement Campaigns for Trucks« mit dem Chalmers Stochastic Centre, der ITWM-Abteilung Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit, SP Technical Research Institute of Sweden und fünf Partnern aus der Industrie in Deutschland, Italien, den Niederlanden und Schweden koordiniert. Mitte des Jahres wurde die Abteilung wegen der unbefriedigenden wirtschaftlichen Entwicklung aufgelöst, das Projekt wird aber im ITWM fortgeführt.

Die Abteilung Systembiologie und Bioinformatik wächst weiter, speziell wegen unserer EU-Projekte. Unsere Zusammenarbeit mit der ITWM-Abteilung Systemanalyse, Prognose and Regelung ist im Rahmen eines strategischen Projekts zur Integration der Systembiologie, der Biotechnologie, der Mathematik und der Bildverarbeitung in der Produktion von tierischem Zellprotein intensiviert worden. Die Arbeiten zur interaktiven Pharmakokinetik und Pharmakodynamik haben zur Entwicklung der Software Maxsim2 für die Pharmaindustrie geführt, die im vergangenen Jahr am Markt präsentiert wurde.

2010 konnten wir sechs neue Mitarbeiter einstellen. Unser Team von Wissenschaftlern aus dem Bereich der angewandten Forschung ist eine Mischung aus PhDs und Masters of Science. In unserem Betreuungsmodell arbeiten die Master-Studenten zuerst zwei bis fünf Jahre lang an industriellen und öffentlichen Projekten. Während dieses Zeitraums halten wir sie dazu an, an Konferenzen teilzunehmen und Arbeiten zu veröffentlichen, um sich im Bereich der Forschung zu profilieren. Wenn sich anschließend ein geeignetes Projekt ergibt, in dem sich ein Doktorand unterbringen lässt, haben wir gleich einen geeigneten Kandidaten, der von Beginn an einen wichtigen Beitrag leistet. Dem interessierten Mitarbeiter bietet sich die Möglichkeit, in seiner Ausbildung einen Schritt weiterzukommen. Sieben der bei uns angestellten Masters of Science, darunter fünf im letzten Jahr, haben auf diese Weise mit ihren Arbeiten zur Promotion begonnen: fünf bei Chalmers und zwei im Ausland.

Seit zwei Jahren laden wir Master-Studenten aus einer Handvoll internationaler Programme von Chalmers und der Universität Göteborg mit einer mathematischen Ausrichtung zu Informationsveranstaltungen mit dem Titel »Earn Money on Mathematics« ein. Auch 2010 konnten wir dadurch wieder wissenschaftliche Hilfskräfte gewinnen.





EFFIZIENTE GEOMETRIEVERMESSUNG UND OFFLINE-PROGRAMMIERUNG

1 Die Analyse der Zugänglichkeit zu allen zu prüfenden Merkmalen (Feature Accessibility Analysis) führt hier zu 5 verschiedenen kollisionsfreien Messspitzenkonfigurationen, die alternativ verwendet werden können.

2 Ein automatisch generierter, kollisionsfreier Weg zwischen zwei Prüfpunkten inklusive eines nicht-trivialen Messspitzenwechsels in der Mitte.

3 Eine optimierte kollisionsfreie Prüfsequenz an 120 Prüfpunkten, berechnet mit IPS

4 Simulierte Messzelle

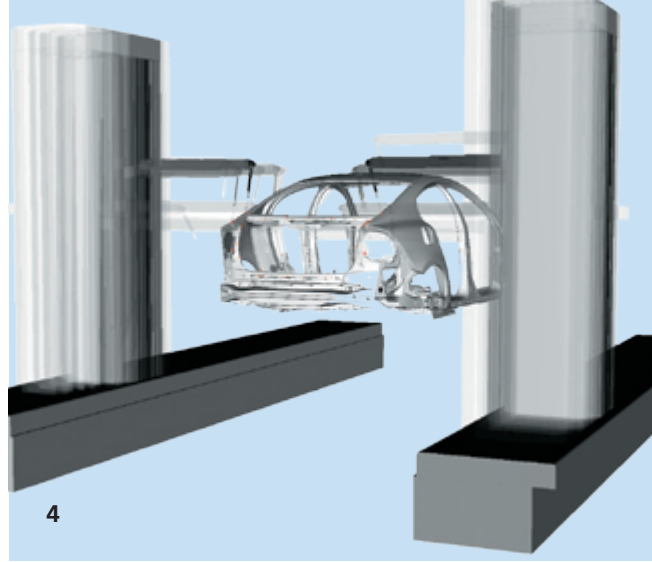
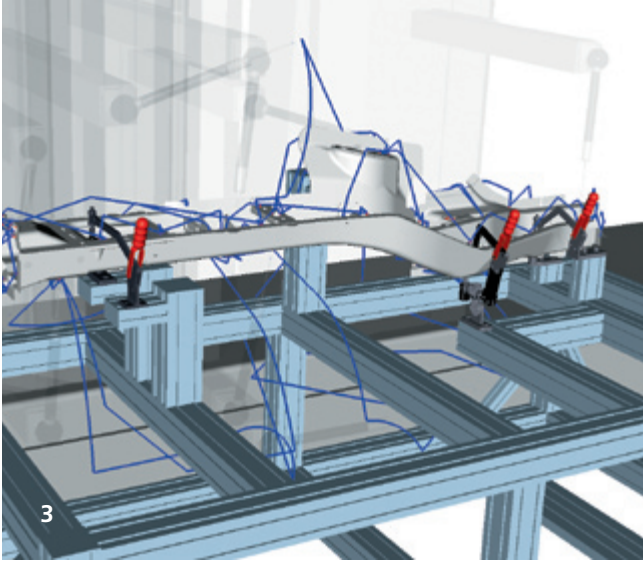
Bilder: © VOLVO

Volvo Cars implementiert derzeit eine neue Software zur Prozessunterstützung von Messungen und zur automatischen Offline-Programmierung von CMM (Koordinatenmessgeräten), die einerseits auf RD&T (ein Werkzeug zur Simulation statistischer Streuungen) und auf IPS (ein Tool zum Design flexibler Komponenten) aufbaut. Die Investition lohnt sich wegen der kürzeren Vorbereitungszeit der Messungen, einer schnelleren Programmierung und der verbesserten Ausnutzung der Messgeräte. Die Implementierung basiert auf validierten Forschungsergebnissen des FCC, des Chalmers Wingquist Labors und des SWEREA IVF im Rahmen des MERA-Programms von VINNOVA.

Alle Maßnahmen, die auf eine bessere Kontrolle geometrischer Abweichung abzielen, nennt man Geometrie-Sicherungsprozess. Abb. 1 zeigt ein allgemeines Modell zur Realisierung eines Produkts, bestehend aus einer Konzeptphase, einer Verifikationsphase und einer Produktionsphase. In der Konzeptphase werden Produkt und Produktionskonzept entwickelt. Damit herstellungsbedingte Streuungen keine Auswirkungen haben, werden Produktkonzepte analysiert und optimiert und anhand aller verfügbaren Prüfdaten virtuell geprüft. In dieser Phase wird das Konzept hinsichtlich seiner Robustheit optimiert und mittels statistischer Toleranzanalysen die Herstellbarkeit an hypothetischen Produktionssystemen geprüft.

Das Erscheinungsbild des Produkts wird optimiert und die Toleranzen werden auf der untersten Ebene (Einzelteile) zugeordnet. In der Verifikations- und Vorproduktionsphase werden Produkt und Produktionssystem physisch getestet und verifiziert. Änderungen sowohl am Produkt als auch am Produktionssystem sind möglich, um so Fehler zu korrigieren und die Aufnahme der Produktion vorzubereiten. In dieser Phase findet die Prüfvorbereitung statt. Bei dieser Maßnahme werden Prüfstrategien und Prüfvorschriften festgelegt. In der Produktionsphase sind alle Änderungen des Produktionsprozesses abgeschlossen und die Produktion des Produkts wird aufgenommen. Das Hauptaugenmerk in dieser Phase liegt auf der Produktionssteuerung und der Erkennung und Beseitigung von Fehlern durch Analyse der Prüfdaten.

Da zuverlässige Prüfdaten für den Geometrie-Sicherungsprozess in allen Phasen essenziell sind, werden Prüfvorbereitung und umfassende Messungen zu unabdingbaren Voraussetzungen. Bei Volvo Cars wird ein neues Fahrzeugprogramm in aller Regel mit 700 Inspektionsprogrammen, die 25 000 Prüfmerkmale enthalten, getestet. Die Prüfvorbereitung umfasst die folgenden drei Schritte:



- Die Prüfaufgabe wird definiert, indem Produkt- und Prozessanforderungen in geometrisch prüfbare Merkmale zerlegt werden, z. B. ein Loch oder ein Schlitz auf Teile- oder Baugruppenebene,
- Die Prüfanweisungen definieren, wie ein Merkmal zu prüfen ist, z. B. eine Anzahl von Punkten, lokale Messkoordinatensysteme und zulässige Messspitzenkonfigurationen
- Der letzte Schritt ist die Programmierung der Bewegungen und Sequenzen der Koordinatenmessmaschinen (CMM), welche die eigentliche Messung durchführen.

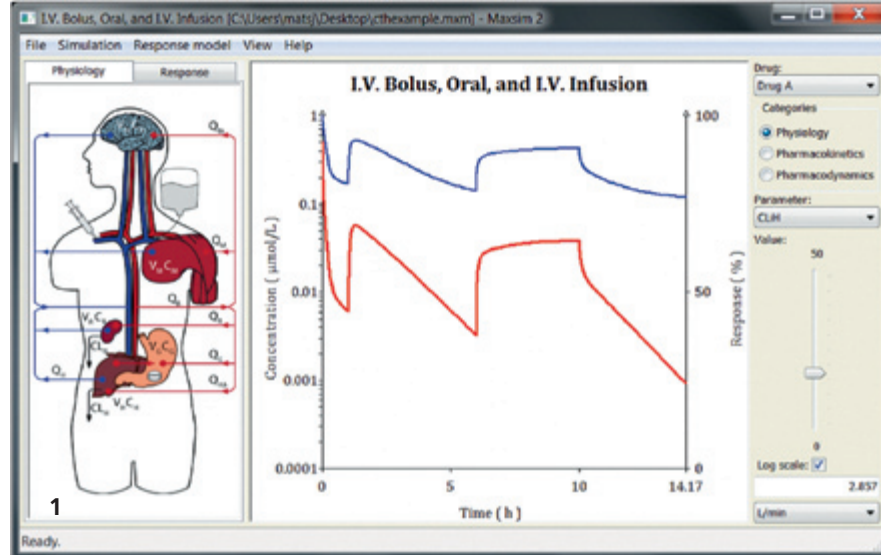
Die automatische CMM-Programmierung umfasst drei primäre mathematisch fundierte Algorithmen zur Bewegungsplanung und zur kombinatorischen Optimierung. Der erste Schritt, die sog. Feature Accessibility Analysis, ist eine Analyse der Zugänglichkeit zu den zu prüfenden Merkmalen, um eine oder mehrere minimale Messspitzenkonfigurationen zu ermitteln, mit der alle Prüfpunkte kollisionsfrei von der CMM erreicht werden können. Dies kann durch binäre lineare Optimierung erfolgen.

Eine weitere verwendete Technologie ist das sog. Path Planning, eine Bewegungsplanung, bei der kollisionsfreie Bewegungen der CMM generiert werden, indem Via-Punkte und Messspitzenumstellungen zwischen zu prüfenden Merkmalen automatisch ermittelt werden. Vollständige Bewegungsplanungsalgorithmen, die immer eine Lösung finden oder herausfinden, dass keine Lösung existiert, haben aufgrund ihrer geringen Geschwindigkeit kaum industrielle Relevanz. Es konnte für vielflächige Objekte mit vielflächigen Hindernissen sogar gezeigt werden, dass die Komplexität des Problems PSPACE-hart ist. Aus diesem Grund sind Stichprobentechniken die richtige Wahl, wenn man Vollständigkeit gegen Geschwindigkeit und Einfachheit abwägt. Inspiriert durch die zwei populärsten Methoden der Wahrscheinlichkeitstheorie hat das FCC seit 2003 einen neuen deterministischen Path Planning-Algorithmus entwickelt und in der IPS-Software implementiert.

Der letzte Schritt ist das Sequenzieren; hierbei wird festgelegt, in welcher Reihenfolge und mit welcher Messspitzenkonfiguration die CMM die Prüfung durchführen soll, um die Taktzeit zu minimieren. Dies ist eine Verallgemeinerung des klassischen Problems des Handlungsreisenden, welches nun mit einem neuen direkten Verfahren mit Knotenalternativen für gruppierte Probleme gelöst wurde.



IPS ist ein mathematisch basiertes Werkzeug zur automatischen Verifikation der Machbarkeit von Fertigungsvorgängen, zum Design flexibler Komponenten, zur Bewegungsplanung und Optimierung von Multi-Roboter-Stationen und zur Simulation von Oberflächenbehandlungsprozessen. IPS implementiert erfolgreich das Versprechen der virtuellen Welt.



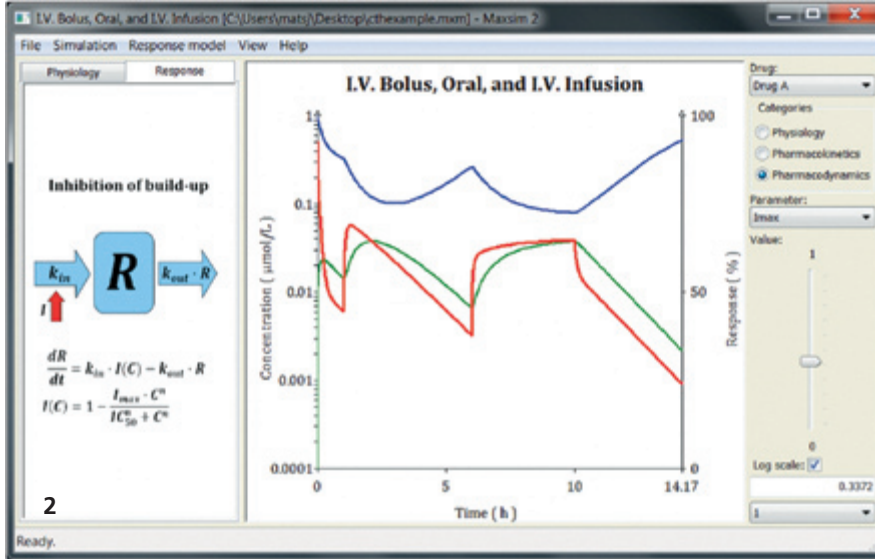
INTERAKTIVE PHARMACOKINETIK UND PHARMAKODYNAMIK

1 Die graphische Benutzeroberfläche von Maxsim2 zeigt die Simulation des Plasmaspiegels (rot) und den medizinisch sichtbaren Effekt (blau) nach drei aufeinanderfolgenden Dosisgaben: intravenös Bolus, oral und intravenöse Infusion. Mit dem Schieberegler kann die Leistungsfähigkeit der Leber eingestellt werden, d. h. wie schnell die Leber das Medikament im Blut abbauen kann. Änderungen dieses Parameters führen zur Änderung der Zeit-Konzentration-Effekt-Kurve in Echtzeit.

Die mathematische Modellierung und Simulation der Vorgänge im Körper nach Verabreichung eines Medikaments, z. B. Absorption, Verteilung, Stoffwechsel und Ausscheidung, die sog. Pharmakokinetik sowie die sog. Pharmakodynamik, die untersucht, inwieweit die Medikamentenkonzentration zu einem medizinisch sichtbaren Effekt führt, spielen bei der Entwicklung von Medikamenten eine immer größere Rolle. Ziel unseres Projekts ist die Entwicklung einer Softwareplattform zur Simulation des zeitlichen Verhaltens von Variablen in pharmakologischen, pharmakodynamischen und pharmakokinetischen Modellen. Diese Modelle sind sog. physiologische Flussdiagramme, was – im Gegensatz zu sog. empirischen Modellen – bedeutet, dass die pharmakokinetischen und pharmakologischen Prozesse in Form von physiologisch, anatomisch und biochemisch interpretierbaren Parametern und Vorgängen dargestellt werden. Diese Art von Modellen wird in medizinischen Anwendungen verwendet, um die Leistungsfähigkeit oder Effizienz einer Substanz zu beschreiben und wie diese im Körper als Funktion der Zeit über das Blut zu verschiedenen Organen transportiert und verteilt wird. Die Pharmakokinetik wird beispielsweise angewandt, um die optimale Dosierung für verschiedene therapeutische Fälle zu berechnen.

In physiologischen Flussmodellen wird jedes Organ mit einem oder mehreren sog. Kompartimenten dargestellt, die mit Blutströmen untereinander verbunden sind. Dieses Modell ist ein hervorragendes Werkzeug zur Echtzeit-Darstellung des Zusammenspiels von Physiologie, Pharmakologie und pharmakokinetischen Prozessen. Bei Anwendungen im PKPD-Bereich (pharmakokinetisch-pharmakodynamisch) werden herkömmliche empirische Modelle wie Ein- oder Zweikompartiment-Modelle am häufigsten verwendet. Um bei der Medikamentenentwicklung wettbewerbsfähig zu bleiben, ist es mehr und mehr erforderlich, die verschiedenen Mechanismen besser zu verstehen; dafür sind detaillierte und vorhersagefähige Modelle nötig. Hier bietet die (physiologisch basierte pharmakokinetisch-pharmakodynamische) PBPKPD-Modellierung und Simulation oft einen guten Kompromiss zwischen zu groben empirischen Modellen und zu detaillierten Modellen, die auf partiellen Differentialgleichungen beruhen.

Die innerhalb des Projekts entwickelte Software Maxsim2 ist eine einfach zu benutzende, intuitive und interaktive Anwendung zur physiologisch basierten pharmakokinetischen und pharmakodynamischen Simulation. Der Benutzer kann mit dem Modell interagieren und Simulationen mit Schiebereglern, Kontrollkästchen und Zahleneingabefeldern durchführen. Parameter wie Organgröße oder Organvolumen, Gewebe-Blut-Verteilungskoeffizient, pharmakodynamische Parameter und Parameter hinsichtlich Absorption und Dosierungsschema können geändert werden, dabei wird in Echtzeit die zeitliche Änderung der Konzentrationen in einem Plot



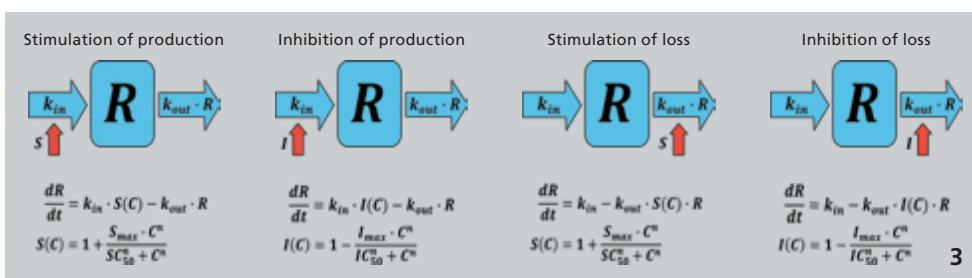
dargestellt. Diese Interaktivität und die direkte Auswertung verschiedener »Was wäre wenn«-Szenarien vermittelt dem Benutzer ein gutes physiologisches Verständnis dafür, wie verschiedene Parameter die Konzentration-Zeit- bzw. Response-Zeit-Kurven beeinflussen. Dieses tiefere Verständnis hat sowohl aus therapeutischer als auch aus gesundheitsökonomischer Sicht große Auswirkungen.

Mit der graphischen Benutzeroberfläche von Maxsim2 können verschiedene Dosierungsszenarien wie einmalige oder wiederholte Verabreichungen oder variierende Dosierungen ebenso wie verschiedene Dosierungsarten (oral, intravenös mit Bolus, intravenös als Infusion oder Kombinationen davon) ohne großen Aufwand spezifiziert werden. Als pharmako-dynamische Modelle in Maxsim2 sind sowohl Instant-Response als auch Indirect-Response (welche auch als Turnover-Modelle bezeichnet werden) verfügbar. Vier indirekte Modelle geben Möglichkeiten zur Darstellungen von Konzentrations-/Eliminations-Hemmung oder Anregung. Die Instant-Response Modelle umfassen anregende und hemmende Sigmoidalen Emax-Modelle. Mit modernen graphischen Benutzeroberflächen ist es sehr einfach, verschiedene Simulationsszenarien zu erstellen, wie beispielsweise die wiederholte orale Darreichung einer spezifischen Zusammensetzung, um die dynamischen Effekte einer ausgelassenen Dosis zu untersuchen oder die Untersuchung der Auswirkungen, wenn zur Kompensation der zuvor ausgelassenen Dosis einmalig die doppelte Dosis verabreicht wird oder die Frage, unter welchen Bedingungen dies zu toxischen Effekten führt. Auch könnte man die unterschiedlichen zeitlichen Verläufe des Plasmaspiegels untersuchen, wenn ein Medikament oral, intravenös als Bolus oder für eine beschränkte Zeit als intravenöse Infusion gegeben wird.

Maxsim2 ist ideal für Forschungszwecke und für die kommerzielle Nutzung, bei denen ein grundlegendes Verständnis von pharmakodynamischen und pharmakokinetischen Phänomenen gefragt ist. Weitere Informationen unter: www.maxsim2.com.

2 Eine Simulation der Medikamentenkonzentration (rot) im Plasmaspiegels und im Muskelgewebe (grün). Dieser sichtbare Medikamenteneffekt (blau) wird mit einem sog. Indirektes PK/IPD Response Modell mit Konzentrationshemmung dargestellt.

3 Indirektes pharmakodynamisches Modell



Ackermann, Heiner
A Collaboration Platform for Freight Carriers
 Lissabon (P), Juli; Salzburg (A), April

Adorf, Hendrik; Grünewald, Daniel
GPI instead of MPI
 HPC-Tools Workshop, Stuttgart, September

Altendorf, Hellen
3D Characterization of Fibre-Reinforced Composites
 Composite2010 - 23rd International Workshop Research in Mechanics of Composites, Bad Herrenalb, November

Altendorf, Hellen
3D Directional Mathematical Morphology for Analysis of Fiber Orientations
 Workshop Image Processing – Trends and Applications, Kaiserslautern, März

Altendorf, Hellen
Modeling Fiber Reinforced Polymers
 IWAP - 5th International Workshop on Applied Probability, Madrid (E), Juli

Altendorf, Hellen
Modeling Fiber Systems using Random Walks
 3rd International Workshop: 3D Imaging, Analysis, Modeling and Simulation of Macroscopic Properties, Fontainebleau (F), April; ECCM IV – 2010 European Congress on Computational Mechanics: Solids, Structures and Coupled Problems in Engineering, Paris (F), Mai; 16th European Conference on Mathematics for Industry, Wuppertal, Juli

Altendorf, Hellen
Morphological Analysis of Random Fiber Networks with Thresholded Quasi Distance
 33ème journée ISS France, Paris (F), Februar

Andrä, H., Rief, St., Glatt, E.
Strukturgenerierung und Simulation des mechanischen Verhaltens von Papier
 5. Meeting des PTS-Forschungsforums, Heidenau, Oktober

Andrä, Heiko; Krzikalla, Fabian
Multiscale Simulation of Viscoelastic Behavior of Fiber-Reinforced Plastics
 1st International Conference Multiphysics Simulation, Bonn, Juni

Ankirchner, Stefan; Dimitroff, Georgi; Heyne, Gregor; Pigorsch, Christian
Cross hedging with a cointegrated proxy
 AMAMeF-Workshop, Berlin, September

Arne, Walter; Marheineke, Nicole; Wegener, Raimund
Asymptotic Models of Different Complexity for Viscous Jets and their Applicability Regimes
 ECMI 2010, Wuppertal, Juli

Augustin, Matthias; Ilyasov, Maxim; Möhringer, Sandra; Ostermann, Isabel; Punzi, Alessandro
Die Erde im Wandel – eine mathematische Herausforderung am Beispiel der Geothermie
 Tag der Mathematik 2010, TU Kaiserslautern, Juni

Bartkowski, Konrad; Iliev, Oleg; Latz, Arnulf; Zausch, Jochen
On Numerical Simulation of 1D Problems describing Transport Processes in Li-Ion Batteries
 Int. Conf. Num. Meth. Appl. Borovetz (BG), August

Becker, Jürgen; Wiegmann, Andreas
Numerical Determination of Effective Material Properties of Porous Media
 5th Int. Conf. on Multiscale Materials Modeling, Freiburg, Oktober

Becker, Jürgen; Wiegmann, Andreas
Pore-Scale Modelling of Porous layers in a PEFC
 7th Symposium on Fuel Cell Modeling and Experimental Validation, Lausanne (F), März

Becker, Jürgen; Wiegmann, Andreas
Predicting Transport Properties of Porous Layers Based on Pore-Scale Models
 Int. Symposium on Transport in Porous Materials, Microscopy and Modelling, Villigen (CH), August

Becker, Jürgen; Wiegmann, Andreas
Virtual Material Design of PEM Fuel Cell Layers
 First International Conference on Materials for Energy, Karlsruhe, Juli

Becker, Jürgen; Wiegmann, Andreas; Schulz, Volker P.
PEFC Gas Diffusion Layers: Effective Properties and Compression Effect
 217th ECS Meeting, Vancouver (CDN), April

Bos, Peter; Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander; Spies, Martin
Entwicklung eines RubyOnRails-Servers für die Web-basierte Fernsteuerung von bildgebenden Aus- und Bewertungsmethoden in der ZfP
 DGZfP-Jahrestagung 2010, Erfurt, Mai

Breuner, Sven
FhGFS - The Fraunhofer Parallel File System
 DESY Computing Seminar, Hamburg, Dezember

Burger, Michael
Invariant Loading for full Vehicle Simulation
 ECMI 2010, Wuppertal, Juli

Burger, Michael; Speckert, Michael; Dreßler, Klaus
Optimal Control of Multibody Systems for the Calculation of Invariant Input Loads
 1st Commercial Vehicle Technology Symposium, Kaiserslautern

Burger, Michael; Speckert, Michael; Dreßler, Klaus
Optimal Control Methods for the Calculation of Invariant Excitation Signals for Multibody Systems
 The First Joint International Conference on Multibody System Dynamics (IMSD 2010), Lappeenranta (SF)

Burns, Patrick; Erlwein, Christina; Ruckdeschel, Peter
Finance with R
 Fraunhofer-OptiRisk-Workshop, Brunel University, London (GB), November

Cheng, Liping; Rief, Stefan; Wiegmann, Andreas
Simulation of nano fibers and filtration processes
 10. Symposium »Textile Filter«, Chemnitz

Contreras, Bare, Zoufine, Daniel; Nam, Alexander; Orlik, Julia
Asymptotics for Thin Fibers Being in Contact
 GAMM-Jahrestagung 2010, section Short-8: 'Multiscales and Homogenization', Karlsruhe, März

Dalheimer, Mathias
Cloud Computing: A viable Option for Enterprise HPC?
 Cetraro HPC Workshop, Cetraro (I), Juni

Dalheimer, Mathias
Demand Side Management mit mySmartGrid
 Easterhegg 2010, München, April

Dalheimer, Mathias
mySmartGrid – das intelligente Stromnetz
 Seminar CCC, Mannheim, Januar und Mainz, Februar; Radiointerview in der Sendung "C-RaDaR", Darmstadt, März

Dalheimer, Mathias
mySmartGrid: Demand Side Management im Stromnetz der Zukunft
 Metalab, Wien, Oktober

Dalheimer, Mathias
Power to the People
 MetaRheinMain Chaosdays, Darmstadt, September 2010 und Symposium "Smart Grids und virtuelle Kraftwerke", Mainz, November

Date, Paresch; Erlwein, Christina; McCabe, Brendan; Messina, Enza; Ponomareva, K.; Ruckdeschel, Peter
Application of hidden Markov models and filters to financial time series data
 Fraunhofer-OptiRisk-Workshop, Brunel University, London (GB), November

Debnar, Angelika; Alaerts, L.; Spies, Martin; Minogue, Patrick; Epineau, C.
Recent Experiences with Ultrasonic Inspection of Baffle Former Bolts

8th International Conference on NDE in Relation to Structural Integrity for Nuclear and Pressurised Components, Berlin, September

Debbar, Angelika; Bonitz, Frank; Spies, Martin
Prüfung der Kernumfassungsschrauben in Druckwasserreaktoren
DGZfP-Jahrestagung, Erfurt, Mai

Desmettre, Sascha
Optimal consumption, own-company stockholding and work effort preferences of an unincited executive
Stochastic Analysis Seminar, University of Oslo (N), Februar

Desmettre, Sascha; Gould, John; Szimayer, Alexander
Own-company stockholding and work effort preferences of an unconstrained executive
6th World Congress of the Bachelor Finance Society, Toronto (CDN), Juni

Desmettre, Sascha; Szimayer, Alexander
Work effort, consumption and portfolio selection: When the occupational choice matters
5th General Conference on Advanced Mathematical Methods for Finance, Bled (SLO), Mai; 3rd European Summer School in Financial Mathematics, Paris (F), August

Didas, Stephan
Image Denoising and Simplification with Higher Order PDEs
Workshop Variational PDEs and level set methods in image processing and shape optimization, Oberurg (A), April

Diffa, Patrick; Wulf, Peter; Olawsky, Ferdinand; Hietel, Dietmar; Breuer, Michael
Dynamics of finite fibers exposed to a spray field in the polyurethane fiber reinforced composite spray molding manufacturing process
1st Conference on Multiphysics Simulation, Bonn, Juni

Dillhöfer, Alexander; Rieder, Hans; Spies, Martin
MMC-USIS - Entwicklung eines kompakten LAN-basierten Prüf-

systems für die automatisierte Ultraschallprüfung, SAFT-Bewertung und 3D-Visualisierung
DGZfP-Jahrestagung, Erfurt, Mai

Dimitroff, Georgi
Aspects of the LIBOR Market Model
Fraunhofer-OptiRisk-Workshop, London (GB), September

Dimitroff, Georgi
Hedging index options with futures
Universität Bonn, Dezember

Dreyer, Alexander
Combining interval and Gröbner methods for verification of digital systems
Schloss Dagstuhl - Leibniz-Zentrum für Informatik, Juli

Dreyer, Alexander
Interfacing with PolyBoRi and Python from Singular
Sage Days, Kaiserslautern, Juli

Efendiev, Yalchin, Iliev, Oleg; Steiner, Konrad
Multiscale Approaches for Flows in Heterogeneous Porous Media
Geothermie Kongress, Karlsruhe, Oktober

Engelhardt, Lilli; Bitsch, Gerd; Schindler, Christian
Online Condition Monitoring based on Real-Time System Simulation
1st Commercial Vehicle Technology Symposium, Kaiserslautern, März

Engelhardt, Lilli; Burger, Michael; Bitsch, Gerd
Real-Time Simulation of Multi-body Systems for On-Board Applications
The First Joint International Conference on Multibody System Dynamics, Lappeenranta (SF), Mai

Erlwein, Christina; Müller, Marlene
Modelling of alternative investments: a regime-switching regression model for hedge funds
Statistische Woche, Nürnberg, September

Erlwein, Christina; Mamon, Rogemar; Davison, Matt
HMM-based investment strategies for asset allocation

24th European Conference on Operational Research, Lissabon (P), Juli
Ettrich, Norman; Merten, Dirk; Foss, Stig-Kyrre; Osen, Are
Seismische Wahre-Amplituden Tiefen-Migration im Winkelbereich
Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, Bochum, März

Ewe, Hendrik
Profit Sharing Amongst Collaborating Freight Carriers
24th European Conference on Operational Research, Lissabon (P), Juli
Gasser, Andrea E.; Trinkaus, Hans L.
Software-assisted analysis of cancer information and counseling by telephone: SACA
International Conference on Communication in Healthcare, Verona (I), September

Glatt, Erik; Becker, Jürgen; Rief, Stefan; Cheng, Liping; Wiegmann, Andreas
Material Models and Property Prediction based on CT-Scans
3D-IMS, Hourtin (F), September

Hansen, Neele
Modifying timetables for integrated schedules
Lissabon (P), Juli

Hauser, Matthias
Design of robust electronic circuits for yield optimization
The XIth International Workshop on Symbolic and Numerical Methods, Modeling and Applications to Circuit Design (SM2ACD), Tunis-Gammarth (TN), Oktober

Herkt, Sabrina; Dreßler, Klaus; Pinnau, René
Nonlinear Model Reduction for Rubber Components in Vehicle Engineering
Model Reduction for Complex Dynamical Systems, Berlin, Dezember

Herkt, Sabrina; Öngün Yekta; Dreßler Klaus
Erstellung und Anwendung von FEM-Reifenmodellen in der Fahrzeugsimulation
Deutsche Simulia Konferenz, Heidelberg

Herkt, Sabrina; von Holst, Christian
Parameterization of MBS Tire Models for Tractors Based on FEM Simulations
1st Fraunhofer Conference on Multiphysics, Bonn, Juni

Hermanns, Oliver; Stephan, Thomas; Lang, Holger; Linn, Joachim
Optimale Pfadplanung und interaktive Simulation flexibler Kabel und Schläuche
6. ATZproduktion Fachtagung Zukunft Automobilmontage, Wolfsburg, September

Hietel, Dietmar
Improvement of Spinning Processes using Modelling and Simulation
PET/PA & Intermediates Conference, Frankfurt, Juni

Hietel, Dietmar
Modellierung, Simulation und Optimierung für industrielle Anwendungen
IAF-Kolloquium, Ulm, März

Hietel, Dietmar
Simulation als Schlüssel für neue Materialien in Faserprozessen
DGM-Strategieworkshop Modellierung und Simulation, Aachen, November

Hoefl, Frank; Stephan, Thomas
Simulation flexibler Bauteile in der Fahrzeugentwicklung
AUDI CA-Forum, Ingolstadt

Horbenko, Nataliya; Ruckdeschel, Peter
Robust Estimation of Operational Risk
4th European Risk Conference Perspectives in risk management: Accounting, Governance and Internal Control, Nottingham (GB), September; 14th International Congress on Insurance: Mathematics and Economics, Toronto (CDN), Juni

Horbenko, Nataliya; Ruckdeschel, Peter
Robustness for GPD: Parameterizations, Algorithms, Diagnostics
International Conference on Robust Statistics Prag (CZ), Juli

Iliev, Oleg
Flow and material simulation for industrial purposes
Nippon Steel, Tokyo (J), Februar

Iliev, Oleg
Multiscale flow and material simulation of industrial problems
Mathematics in Industry, Int. Conf., Sofia (BG), Juli

Iliev, Oleg
On certain industrial multiscale problems with separable and unseparable scales
Multiscale Problems in Science and Technology, Dubrovnik (BG), Mai

Iliev, Oleg
On multiscale flow and material simulations
Goethe Zentrum for Sci. Computing, Frankfurt University, Oktober

Iliev, Oleg, Schindelin, Andreas und Wiegmann, Andreas
Computer aided development of hydraulic filter elements – From theory to patent and products
1. Commercial Vehicle Technology Symposium Kaiserslautern, März

Iliev, Oleg; Andrae, Heiko, Kabel, Matthias, Lakdawala, Zahra, Steiner, Konrad
Multiscale Flow and Material Simulation
Seminar Appl. Math Modelling & Optimization AMMO, Univ. of Appl. Sci. Bielefeld, April; Felix Klein Summer School, Kaiserslautern, September

Iliev, Oleg; Bartkowski, Konrad; Latz, Arnulf; Zausch, Jochen
Modeling and Simulation of species and charge transport in Li-Ion Batteries
Numerical Methods and Applications: 7th International Conference, NMA, Borovets (BG), August

Iliev, Oleg; Lakdawala, Zahra; Dederling, Michael; Starikovicius, Vadimas
On modeling and simulation of filtration efficiency tests
Annual Meeting of American Filtration Society, San Antonio (USA), März

Iliev, Oleg; Lazarov, Raytcho; Willems, Joerg
Variational Multiscale Method for Stokes-Brinkman problem
Faculty of Mathematics, Tokyo University (J), Februar

Ilyasov, Maxim
Seismic Data Processing in Terms of Locally Supported Wavelets
DAYS on DIFFRACTION, St. Petersburg (RUS), Juni

Ilyasov, Maxim; Möhringer, Sandra
Seismische Untergrundbilder und Gravimetrie
Geothermiekongress, Karlsruhe, November

Jegorovs, Jevgenijs
On the extension of the Wave Based Method
Days on Diffractions, St. Petersburg (RUS), Juni

Kabel, Matthias; Andrä, Heiko; Iliev, Oleg; Stüben, Klaus
AMG and Micromechanics
European Multi-Grid Conference EMG, Isola d'Ischia (I), September

Kirsch, Ralf; Iliev, Oleg; Lakdawala, Zahra; Andrä, Heiko; Kabel, Matthias; Dederling, Michael
CFD and efficiency tests simulations supporting filter element designs
European Conference on Fluid Particle Separation, Lyon (F), Oktober

Korn, Ralf
Interest rate models – products, and their valuation in theory and industry
Fraunhofer-OptiRisk-Workshop, London (GB), September

Korn, Ralf
Monte Carlo Methods in Finance: Basic Methods and Recent Advances
Fraunhofer-OptiRisk-Workshop, Brunel University London (GB), November

Korn, Ralf
Portfolio Optimization and Transaction Costs in Action
Oberseminar Finanzmathematik TU München, Juli

Korn, Ralf
Recent Advances in Option Pricing via Binomial Trees
Dublin City University (IRL), März und Workshop on Numerical Methods in Finance, Fields Institute Toronto (CDN), März

Korn, Ralf
Transaction Costs: A Practical Approach
ITWMM-Evry-Workshop, März

Korn, Ralf
Transaction Costs: Theory and Practical Applications
Imperial College London (GB), April

Korn, Ralf
Weak Extrapolation Monte Carlo Methods
Univ. Cambridge (GB), Dezember

Korn, Ralf
Zinsmodelle, Zinsprodukte und ihre Bewertung in Theorie und Praxis
Inhouse-Workshop bei der R+V, Wiesbaden, September

Korn, Ralf
Zinsmodellierung und Bewertung von Zinsprodukten in der Praxis
ITWMM-Praktiker-Workshop, Kaiserslautern, Juni

Krüger, Jens
The Green Wave Project
Universität Mannheim, Dezember

Krüger, Jens
The Green Wave Project – A semi custom design for RTM and beyond
SEG, Denver (USA), Oktober

Küfer, Karl-Heinz
Decision support systems based on multicriteria optimization
Jyväskylä (SF), September

Küfer, Karl-Heinz
Patientenindividuelle medizinische Therapieplanung
Kaiserslautern, Juni

Küfer, Karl-Heinz; Klein, Peter; Süß, Philipp
Multicriteria Optimization – integration of simulation and optimization
Schwalbach, April

Küfer, Karl-Heinz; Monz, Michael
Fraunhofer ITWM and radiotherapy planning
Stockholm, Februar

Küfer, Karl-Heinz; Welke, Richard; Hasse, Hans
Entscheidungsunterstützung in der Chemieanlagenplanung
Ludwigshafen, Mai

Kühn, Martin
Parallelization of an Edge- and Coherence-Enhancing Anisotropic Diffusion Filter with a Distributed Memory Approach based on the Fraunhofer Virtual Machine
CIHPC Status Conference of the Gauß-Allianz, Schwetzingen, Juni

Kuhnert, Jörg
Finite Pointset Method (FPM): a Purely Meshfree Simulation Tool for Airbag deployment
CAE Grand Challenge, Hanau, März

Kuhnert, Jörg
Finite Pointset Method (FPM): Meshfree numerical solution of Population Balance Equations
ECMI 2010, Wuppertal, Juli

Kuhnert, Jörg; Tramecon, Alain
Méthode sans maillage FPM (Finite Points Method) et applications aux problématiques d'interaction fluide structure
séminaire NAFEMS Méthodes Avancées de Simulation Numérique, Paris (F), Juni

Lagemann, Christian; Hüper, Knut; Helmke, Uwe; Lang, Patrick
LQG Balancing: Intertwining Balancing and Sign Iterations
49th IEEE Conference on Decision and Control, Atlanta (USA), Dezember

Lang, Patrick
From Data Analysis to Biomarker Identification
Workshop Mathematik für Personalisierte Medizin, Fraunhofer-Zentrum, Kaiserslautern, Juni

Lang, Patrick
Modellreduktion für Design und Analyse elektronischer Schaltungen

Mathematisch-technisches Kolloquium, Fachhochschule Koblenz / RheinAhrCampus Remagen, Juni

Latz, Arnulf
Modellierung und Simulation komplexer fließfähiger Stoffe für industrielle Anwendungen: Schüttgüter, Fasersuspensionen und Elektrolyte
Institut für Verfahrenstechnik Kaiserslautern, Dezember

Latz, Arnulf; Niedziela, Dariusz; Strautins, Uldis; Hosdez, Valerie; Kech, Armin
Improved Fiber Orientation modeling in injection molding of short fiber reinforced thermoplastics: Simulation and Experiment
1st International Conference Multiphysics Simulation, Bonn, Juni

Latz, Arnulf; Zausch, Jochen
Electro-thermal Modeling and Simulation of Li-Ion Batteries
ISE Nizza (F), September

Latz, Arnulf; Zausch, Jochen
Mesosopic Modeling and Simulation of charge and ion transport in Li-Ion Battery cells
Dechema Materials and Energy, Karlsruhe, Juli

Leithäuser, Christian
Supremum Norm Shape Optimization
Summer School: Optimal Control of Partial Differential Equations, Cortona (I), Juli

Lemke, Tatjana
Inference for Autoregressive Time Series with Asymmetric Alpha-Stable Innovations
University of Cambridge (GB), Dezember

liev, Oleg; Lakdawala, Zahra; Rief, Stefan; Schmidt, Kilian; Steiner, Konrad; Wiegmann, Andreas
Multiskalensimulation von Filtermedien und Filtersystemen
ITWM Kuratoriumsitzung, Kaiserslautern, Februar

Lorenz, Stefan
Aspekte des 2-Faktor-Hull-White Modells
Inhouse-Workshop R+V, Wiesbaden, Oktober

Maasland, Mark
Oberflächeninspektion in Kombination mit weiteren Messverfahren
Fraunhofer Vision Seminar Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung, Karlsruhe, Dezember

Marheineke, Nicole; Marburger, Jan
Optimization Strategies with Mesh-less Methods for PDEs
ECCM 2010, Paris (F), Mai

Marheineke, Nicole; Wegener, Raimund
Stochastic PDAE-Model and Associated Monte-Carlo Simulations for Elastic Threads in Turbulent Flows
ECMI 2010, Wuppertal, Juli

Michel, Dominik
Mit Gewinn Sparen – Energie Effizient Nutzen
IHK-Zetis, Green IT, Landau

Michel, Dominik; Amirbekyan, Abel; Etrich, Norman; Merten, Dirk; Osen, Are; Foss, Stig-Kyrre
Seismische Beam-Migration zur schnellen Erzeugung von strukturellen Untergrundabbildungen
Jahrestagung der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft, Bochum, März

Monz, Michael
Mehrkriterielle IMRT-Planung unter Berücksichtigung der Einstrahlrichtungen
Freiburg, Oktober

Nam, Alexander; Orlik, Julia
Simulation of the Effective Properties of Heterogeneous Textile Layer by Asymptotic Approach
GAMM-Jahrestagung: Multiscales and Homogenization, Karlsruhe, März

Neundorf, Alexander; Götz, Tobias
Pre-Stack PRO – A High-Performance Seismic Data Processing Solution
CiHPC Status Conference of the Gauß-Allianz, Juni

Neunzert, Helmut
Joseph von Fraunhofer Inner Wheel, Kaiserslautern, Juni

Neunzert, Helmut
Kinetic Schemes in Fluid Dynamics
Jerusalem (IL), April

Neunzert, Helmut
Mathematical Modeling of Industrial Problems
Drukininkai (LV), Mai

Neunzert, Helmut
Models for industrial problems: How to find and how to solve them – in industry and education
Bedlewo (PL), Oktober

Neunzert, Helmut
Wieviel Mathematik steckt in einem MP3-Player?
Mainz, November

Nickel, Stefan
A Multi-stage Stochastic Supply Chain Network Design Problem with Financial Decisions and risk
Austin (USA)

Nickel, Stefan
Location-Problems in Supply Chain Management
Montreal (CDN)

Nickel, Stefan
Multiperiod Location Problems for Supply Network Planning
Dagstuhl

Nowak, Uwe
Rotation Optimization of Connected Circles
Aveiro (P), Juli

Obermaier, Harald
On Moving-Least Squares Based Flow Analysis
2nd IRTG Kick-Off Meeting, Bodega Bay (USA), März

Obermaier, Harald
Time-Surface Maps
VisWeek Workshop: Foundations of Topological Analysis, Salt Lake City (USA), Oktober

Obermayr, Martin; Öngün, Yekta; Dreßler, Klaus
Simulation of soil behaviour in virtual product development
1st Commercial Vehicle Technology Symposium, Kaiserslautern, März

Obermayr, Martin; Öngün, Yekta; Dreßler, Klaus
Simulation of Soil-Machine Interaction in Agricultural Engineering
VDI-Tagung Landtechnik, Braunschweig, Oktober

Olawsky, Ferdinand
Numerical Treatment of Fiber-Fiber and Fiber-Obstacle Contacts in Technical Textile Manufacturing
ECMI 2010, Wuppertal, Juli

Pfreundt, Franz-Josef
Die Zukunft Performance-kritischer IT-Infrastrukturen
CxO Dialog Dynamic IT, Berlin, April

Pfreundt, Franz-Josef
FhgFS – Entwicklungen und Erfahrungen
ZKI-Arbeitskreis Supercomputing Universität Hamburg, März

Pfreundt, Franz-Josef
FVM – the Fraunhofer parallel Programming Modell for todays and future HPC Systems
T-Systems Solutions for Research GmbH, HPCN-Workshop 2010 Braunschweig, Mai

Pfreundt, Franz-Josef
HPC Technologies for Interactive Processing
Basic HPC requirements and tools for Pre-stack Interpretation EAGE, Barcelona (E), Juni

Pfreundt, Franz-Josef
mySmartGrid – ein Projekt des Fraunhofer ITWM
Tagung der Betriebsleiter und Betriebsingenieure Stromversorgung der Pfalzenergie, Speyer, März

Pfreundt, Franz-Josef
SDPA – How to program large scale parallel geophysics applications?
Stanford University, (USA), Oktober

Pfreundt, Franz-Josef
Smart Grids – The future of electrical power generation and consumption
S.A.M.E., Ramstein, Januar

Pfreundt, Franz-Josef
The Global Address space programming interface GPI and our approach to autoparallelization
Lawrence Berkeley National Laboratory (USA), Oktober

Pfreundt, Franz-Josef; Rahn, Mirko
SDPA – A Seismic Processing Architecture
SEG, Denver (USA), Oktober

Rahn, Mirko
FVM instead of MPI
CiHPC Status Conference of the Gauß-Allianz, Juni

Rahn, Mirko
GPI – Global Address Space Programming Interface
SEPARS, Stuttgart, Dezember

Rauhut, Markus
Typischer Aufbau eines Online-Oberflächeninspektionssystems
Fraunhofer Vision Seminar »Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung«, Karlsruhe, Dezember

Rauhut, Markus; Spies, Martin; Taebner, Kai
Detektion und Auffindwahrscheinlichkeit von Oberflächenfehlern in Metallen mittels optischer Inspektionsverfahren
DGZfP-Jahrestagung, Erfurt, Mai und VDI/VDE Forum Bildverarbeitung, Regensburg, Dezember

Rauhut, Markus; Spies, Martin; Taebner, Kai
Probability of Detection of Surface Defects in Metals Using Optical Inspection Techniques
Review of Progress in Quantitative NDE 2010, San Diego (USA), Juli

Redenbach, Thomas; Spies, Martin; Wagner, Björn; Wirjadi, Oliver
X-Ray and Ultrasonic Imaging of Structural Materials for Aerospace Applications
International Symposium on NDT in Aerospace, Hamburg, November

Rieder, Hans; Spies, Martin; Dillhöfer, Alexander; Kapteijn, Louwrens; van Kooij, Adri; Leever, Sylvia; Junglewitz, Andreas
Schweißen und Prüfen statt Verschrotten – Zerstörungsfreie sicherheitstechnische Be-

wertung der Reparatur eines Schiffspropellers
DGZfP-Jahrestagung, Erfurt, Mai

Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander; Spies, Martin; Graff, Alfred; Orth, Thomas; Kersting, Thomas
SAFT- und TOFD-Auswertung für die Ultraschall-Schweißnahtprüfung von längsnahtgeschweißten Großrohren
DGZfP-Jahrestagung, Erfurt, Mai

Ronald Rösch
Innovation durch Algorithmik
Bildverarbeitung – Quo Vadis? – Kolloquium anlässlich der Verabschiedung von Dr. Norbert Bauer, Erlangen, März

Rösch, Ronald
Fehlerdetektion in texturierten Oberflächen im praktischen Einsatz
Fraunhofer Vision-Technologietag 2010, Stuttgart, September

Ruckdeschel, Peter
Sektionsleitung »Statistik dynamischer Prozesse«
Statistische Woche in Nürnberg (Jahrestagung Deutsche Statistische Gesellschaft), September

Ruckdeschel, Peter; Horbenko, Nataliya
Breakdown point properties for estimators in Generalized Pareto Models
DAGStat2010, Statistik unter einem Dach, Dortmund, März und Stochastiktag, (Fachgruppe Stochastik der DMV) Leipzig, April

Ruckdeschel, Peter; Horbenko, Nataliya
Robust Estimation in Generalized Pareto Distributions
ICORS 2010, Prag, Juni

Ruckdeschel, Peter; Korn, Ralf; Kohl, Matthias; Spangl, Bernhard
Robust Risk Estimation
Projektvorstellung Extreme Events: Modeling, Analysis, and Prediction, VW Stiftung, Hannover, Oktober

Ruckdeschel, Peter; Ursachi, Irina; Spangl, Bernhard
Robustifications of the EM Algorithm for State Space Models
Statistische Woche Nürnberg, September und 3rd international

Conference of the ERCIM, Workshop Computing and Statistics, London (GB), Dezember

Sarishvili, Alex
Optimale Versuchsplanung (DOE) in ausgewählten Problemszenarien
Workshop: Data-Mining in der verfahrenstechnischen Industrie, Kaiserslautern, Juni

Sarishvili, Alex
Probleme bei der Anwendung der klassischen optimalen Versuchsplanung und mögliche Lösungsansätze
9. Kongress: Design of Experiments, Kassel, November

Schäfer, Matthias
STRING – Intuitive Animation von Gewässerströmungen
9. SPRING Conference, Witten, November

Scherrer, Alexander
Entscheidungsunterstützung in der virtuellen Produkt- und Prozessentwicklung
Rapperswil (CH), April

Scherrer, Alexander
Schlüsselqualifikation Mathematik
Landstuhl, Juni

Schladitz, Katja
Analyse von 3D-Bildern der Mikrostruktur von Werkstoffen
Seminar des Instituts für Technische Mechanik, KIT, Karlsruhe, Mai

Schladitz, Katja
Mikrostrukturanalyse anhand von 3D-Bilddaten
6. Thüringer Geometrietag, FSU, Jena, Dezember

Schladitz, Katja
The curse of discretization - lessons from image analysis
Felix-Klein-Sommerschule, Kaiserslautern, September

Schladitz, Katja
Quantitative analysis of materials structures based on 3D image data
Microscopy and Microanalysis 2010, Portland (USA), August

Schladitz, Katja
Partikelcharakterisierung in 3D
Industrielle Computertomografie, FHOÖ, Wels (A), September

Schmidt, Oliver
Coupled symbolic-numerical model reduction using the hierarchical structure of nonlinear electrical circuits
Model Reduction for Complex Dynamical Systems, Berlin, Dezember

Schmidt, Oliver
Structure-exploiting symbolic-numerical model reduction of nonlinear electrical circuits
16th European Conference on Mathematics for Industry, Wuppertal, Juli

Schröder, Michael
Decision support systems in supply chain management
Worms, November

Schröder, Michael
Der Software-Cluster – Regionale Stärke durch Innovation
Kaiserslautern, November

Schröder, Michael
Forschung im BMBF-Spitzencluster »Softwareinnovationen für das digitale Unternehmen«
Kaiserslautern, November

Schröder, Michael
Opti-TRANS – optimierungsgestützte Transportdisposition im Krankenhaus
Cottbus, Februar und Pirmasens, Mai

Schwientek, Jan
A bi-level method for solving GSIPs using entropic regularization
Karlsruhe, September

Schwientek, Jan
Multi-Body Design Centering
Erice (I), Juli

Siedow, Norbert; Hering-Bertram, Martin; Tse, Oliver; Wegener, Raimund; Plontke, Stefan
Simulation der Pharmakokinetik im Innenohr; Vorhersage der Aufnahme und Verteilung von Wirkstoffen mittels Computersimulation
BIOTECHNICA, Hannover, Oktober

- Siedow, Norbert
Inverse Problems
Felix-Klein-Sommerschule, Kaiserslautern, September
- Smaga, Marek; Eifler, Dietmar; Zangmeister, Tobias; Andrä, Heiko; Zhang, Xingxing
Modeling and experimental investigation of microstructure, residual stresses and monotonic deformation behavior of aluminum matrix composites
5th Conference on Multiscale Materials Modeling, Freiburg, Oktober
- Speckert, Michael; Dreßler, Klaus; Ruf, Nikolaus; Müller, Roland; Weber, Christof
Customer Usage Profiles, Strength Requirements and Test Schedules in Truck Engineering
1st Commercial Vehicle Technology Symposium, Kaiserslautern
- Spies, Martin
Model-Based Optimization of Carbon-Fiber Component Ultrasonic Inspections
International Symposium on NDT in Aerospace, Hamburg, November
- Spies, Martin
Model-Based Simulation for Imaging and Evaluation of Materials Properties and Irregularities
INM-Kolloquium, Institut für Neue Materialien, Saarbrücken, Dezember
- Spies, Martin
Ultraschall-Imaging – Simulationsgestützte Inspektion komplexer Bauteile
Ausschuss Industrie des Deutschen Kupferinstituts, Düsseldorf, März
- Spies, Martin; Redenbach, Thomas; Rieder, Hans; Herkt, Sabrina
Bestimmung von Strukturmerkmalen und Materialeigenschaften von stahlfaserverstärkten Reifen
DGZfP-Jahrestagung, Erfurt, Mai
- Spies, Martin; Rieder, Hans
SAFT Ultrasonic Imaging and Sizing of Stress Corrosion Cracks in the Heat-Affected Zone of Welded Austenitic Pressurized Components
8th International Conference on NDE in Relation to Structural Integrity for Nuclear and Pressurised Components, Berlin, September
- Spies, Martin; Rieder, Hans
Der Einfluss der Schallschwächung in Guss- und Verbundwerkstoffen auf die Schallfelder von Standard- und Gruppenstrahler-Prüfköpfen
DGZfP-Jahrestagung, Erfurt, Mai
- Spies, Martin; Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander
On-site Evaluation of Large Components Using SAFT and TOFD Ultrasonic Imaging
Review of Progress in Quantitative NDE 2010, San Diego (USA), Juli
- Spies, Martin; Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander
Simulation-Based Ultrasonic Testing and Imaging of Welds and Components
CIVA2012 UT Workshop, Commissariat à l'Énergie Atomique, Saclay (F), Oktober
- Spies, Martin; Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander
Verbesserung der Fehlerauffindwahrscheinlichkeit mit SAFT bei der Ultraschallprüfung von schwer prüfbareren Werkstoffen
DGZfP-Jahrestagung, Erfurt, Mai
- Spies, Martin; Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander
Zerstörungsfreie Ultraschallprüfung zur Bewertung der Reparatur eines 100 Tonnen schweren Schiffspropellers
HochschulKupferSymposium HKS 2010, Saarbrücken, November
- Steiner, Konrad
Flow problems in industrial porous media
Interpore, Texas (USA), März
- Steiner, Konrad
Multiskalenintegrierende Struktureigenschaftssimulation der Faserorientierung für faserverstärkte Kunststoffe im Automobil- und Flugzeugbau
Fraunhofer Netzwerkwert, München, Dezember
- Steiner, Konrad
Simulation techniques for the design process of fibrous materials
Fibres & Fabrics – P&G, Schwalbach, November
- Stephan, Thomas; Hoefft, Frank; Hermanns, Oliver
Eine neue Methode zur vergleichenden örtlichen Beanspruchungsanalyse für Kabel und Schläuche
SIMVEC-Berechnung und Simulation im Fahrzeugbau, Baden-Baden
- Stephani, Henrike
Hyperspectral Terahertz Image Analysis – extracting chemical content with feature reduction and hierarchical clustering
Machine Vision Fachbereich der Universität Bremen, Oktober
- Süss, Philipp
Imrt Solver – roles & attributes
Heidelberg, Oktober
- Trinkaus, Hans L.
Information Retrieval
Control Theory, Seminar, TU Kaiserslautern, Januar
- Trinkaus, Hans L.
knowCube for Exploring Decision Spaces: Sandwiches, Foams and Drugs
International Conference on Knowledge Management and Knowledge Technologies 2010, Graz (A), September
- Venturi, Alberto
Symbolic model order reduction for circuits with parameter variations
The 16th European Conference on Mathematics for Industry (ECMI 2010), Wuppertal, Juli
- Wagner, Andreas
Populäre Short Rate-Modelle und ihre Eigenschaften
Inhouse-Workshop R+V, Wiesbaden, Oktober
- Weibel, Thomas; Daul, Christian; Wolf, D.; Rösch, Ronald, Ben-Hamadou, A.
Endoscopic bladder image registration using sparse graph cuts
ICIP 2010, Hongkong, September
- Weigel, Nicolas; Weihe, Stefan; Speckert, Michael; Feth, Sascha
New Approaches for Efficient Statistical Fatigue Validation
1st Commercial Vehicle Technology Symposium, Kaiserslautern
- Welke, Richard; Küfer, Karl-Heinz
Entscheidungsunterstützung in der Chemieanlagenplanung
Kaiserslautern und Aachen, März
- Wenzel, Jörg
Bewertung exotischer Zinsprodukte im LIBOR model
Inhouse-Workshop R+V, Wiesbaden, Oktober
- Wenzel, Jörg
Generic interest rate pricing in a two-factor Hull-White model
Fraunhofer-OptiRisk Workshop London (GB), September
- Wenzel, Jörg
Scenario generation for a Swedish pension fund
Fraunhofer-OptiRisk Workshop London (GB), September
- Wiegmann, Andreas
Microstructure Simulation and Virtual Material Design
1st International Conference Multiphysics Simulation, Bonn, Juni
- Wiegmann, Andreas; Iliev, Oleg
Modelling and prediction of percolation and conductivity properties of CNT-polymer compounds
3rd International Workshop: 3D Imaging, Analysis, Modeling and Simulation of Macroscopic Properties, Fontainebleau (F), April
- Wiegmann, Andreas; Cheng, Liping; Rief, Stefan
Filtration simulation on the nano scale – the influence of slip flow
European Conference On Fluid-Particle Separation, Lyon (F)
- Wiegmann, Andreas; Cheng, Liping; Rief, Stefan
Simulation of nano fibers and filter efficiency
American Filtration & Separations Annual Conference, San Antonio (Texas, USA), März
- Winterfeld, Anton
Mehrskriterielle Optimierung von Warmwalzprozessen in der Stahlindustrie
Bremen, Februar

Wirjadi, Oliver
3D-Characterization and Modeling of Composite Materials
 Workshop Image Processing: Trends and Applications, Kaiserslautern, März

Wirjadi, Oliver
3D-Characterization of Fibre-Reinforced Composites
 GE High Resolution X-ray CT Symposium, Dresden, August

Wirjadi, Oliver
3D-Image Analysis for Fibre-Reinforced Composites
 Composites Forum 2010, Essen, September

Wirjadi, Oliver
Geometrische 3D-Porenraumcharakterisierung für Materialien und Verbundstoffe
 Fraunhofer Vision-Technologietag 2010, Stuttgart, September

Wirjadi, Oliver
Gradient-based algorithms for computing the volume-weighted fiber direction distribution
 IV European Congress on Computational Mechanics, Paris (F), Mai

Wirjadi, Oliver
Volume Image Segmentation and Analysis
 ESRF Seminar, Grenoble (F), März

Wirsen, Andreas; Mohring, Jan
Methods for H2 optimal actuator placement and controller design for high dimensional parametric structures
 IV European Conference on Computational Analysis, Paris (F), Mai

Witschas, Michael; Hietel, Dietmar
Optimisation of a Staple Fibre Spinning Process by Simulations
 49th Dornbirn Man-Made Fibers Congress, Dornbirn (A), September

Zemitis, Aivars
Some Insights into Multiscale Simulations and Industrial Applications
 15th International Conference Mathematical Modelling and Analysis, Druskininkai (LT), Mai

Zemitis, Aivars; Iliev, Oleg; Lakdawala, Zahra; Starikovicius, Vadimas
On a Subgrid Approach for Simulating Industrial Filtration Processes
 Fifth European Conference on Computational Fluid Dynamics, Lissabon (P), Juni

Andrä, Heiko
Einführung in die Boundary-Element-Methode
 TU Kaiserslautern, Sommersemester 2010

Andrä, Heiko
Festigkeitslehre
 Duale Hochschule Baden-Württemberg Mannheim, Wintersemester 2010/11

Bitsch, Gerd
Mechatronische Systeme
 FH Kaiserslautern, Wintersemester 2010/11

Erlwein, Christina
Markov Switching Models and their applications in Finance
 TU Kaiserslautern, Wintersemester 2010/11

Iliev, Oleg
PDE based multiscale problems and numerical approaches for their solution
 TU Kaiserslautern, Wintersemester 2009/10

Klar, Axel
Professur für Technomathematik
 TU Kaiserslautern, Fachbereich Mathematik

Knaf, Hagen
Unüberwachtes Lernen – eine Einführung
 TU Kaiserslautern, Sommersemester 2010

Korn, Ralf
Professur für Stochastische Steuerung und Finanzmathematik
 TU Kaiserslautern, Fachbereich Mathematik

Küfer, Karl-Heinz
Theorie von Scheduling-Problemen
 TU Kaiserslautern, Sommersemester 2010

Küfer, Karl-Heinz; Schröder, Michael
Seminar zur Optimierung für industrielle Anwendungen
 TU Kaiserslautern, Sommer- und Wintersemester 2010/11

Küfer, Karl-Heinz
Probability and Algorithms
 TU Kaiserslautern, Wintersemester 2010/11

Nickel, Stefan
Professur für Diskrete Optimierung und Logistik
 KIT Karlsruhe, Institut für Operations Research

Orlik, Julia
Homogenisierung
 TU Kaiserslautern, Wintersemester 2010/11

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

Rieder, Hans
Simulation and Hardware Implementations of Digital Algorithms and Systems (Part: Implementations of Signal Processing Algorithms based on embedded DSP Technology)
 Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes, Labor für Hochfrequenztechnik, Wintersemester 2010/11

Spies, Martin
Electromagnetic waves, their interaction with matter and some general principles used in NDT
 Université Bordeaux I, Master CNDMS, November 2010

- Ackermann, Heiner; Briest, Patrick; Fanghänel, Alexander; Vöcking, Berthold
Who should pay for forwarding packets?
 Internet Mathematics, Vol. 5, Number 4 / 2010, Seite 459-475, Februar 2010
- Ackermann, Heiner; Goldberg, Paul W.; Mirrokni Vahab S.; Röglin, Heiko; Vöcking, Berthold
A Unified Approach to Congestion Games and Two-Sided Markets
 Internet Mathematics, Vol. 5, Number 4 / 2010, Seite 439-457, Februar 2010
- Ackermann, Heiner; Röglin, Heiko; Schellbach, Ulf; Schweer, Nils
Analysis of Algorithms
 Algorithm Engineering – Bridging the Gap between Theory and Practice, Springer, Seite 127-193
- Ackermann, Heiner; Skopalik, Alexander
Complexity of Pure Nash Equilibria in Player-Specific Network Congestion Games
 Internet Mathematics, Vol. 5, Number 4/2010, Seite 323-342, Februar 2010
- Adorf, Hendrik
Parallel Molecular Dynamics without MPI: A PGAS Approach
 CiHPC Status Conference of the Gauß-Allianz e.V. 2010
- Almqvist, Joacim; Lang, Patrick; Prätzel-Wolters, Dieter; Deitmer Joachim W.; Jirstrand, Mats; Becker, Holger M.
A Kinetic Model of the Monocarboxylate Transporter MCT1 and its Interaction with Carbonic Anhydrase II
 Journal of Computer Science & Systems Biology, Volume 3(5), 2010, pp. 107-116
- Altendorf, Hellen; Didas, Stephan; Batt, Till
Automatische Bestimmung von Faserradienverteilungen
 In: F. Puente Leon, M. Heizmann (Hrsg.): Forum Bildverarbeitung, KIT Scientific Publishing, 59-70 (2010)
- Arne, Walter; Marheineke, Nicole; Meister, A.; Wegener, Raimund
Numerical Analysis of Cosserat Rod and String Models for Viscous Jets in Rotational Spinning Processes
 Mathematical Models and Methods in Applied Sciences, 20 (10), 1941-1965 (2010)
- Attarakih, Menwer; Jaradat, Moutasem; Bart Hans-Jörg; Kuhnert, Jörg
Solution of the population balance equation using the Cumulative Quadrature Method of Moments (CQMOM)
 Proceedings: 4th International Conference on Population Balance Modelling, Berlin, 2010
- Attarakih, Menwer; Jaradat, Moutasem; Bart, Hans-Jörg; Kuhnert, Jörg; Drumm, Christian; Tiwari, Sudarshan; Sharma, Vikash K.; Klar, Axel
A multivariate Sectional Quadrature Method of moments for the Solution of the Population Balance Equation
 20th European Symposium on Computer Aided Process Engineering – ESCAPE20, Elsevier, 2010
- Becker, Jürgen; Wiegmann, Andreas
Numerical Determination of Effective Material Properties of Porous Media
 Proceedings of the Fifth International Conference on Multiscale Material Modelling, P. Gumbusch and E. van der Giessen, Eds., Freiburg, 2010, pp 365-368
- Becker, Urs; Damm, Tobias
A State-Space Implementation of Anti-Causal Iterative Learning Control
 PAMM Volume10, Issue 1, pp: 599-600 (2010)
- Berger, Martin; Schröder, Michael; Küfer, Karl-Heinz
Multiobjective Optimization for Decision Support in Automated 2.5D System-in-Package Electronics Design
 Classification as a Tool for Research, Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization, 2010, Part 3, Seiten 783-791
- Bortz, Michael; Asprion, Norbert; Blagov, Sergej; Ryll, Oliver; Welke, Richard; Winterfeld, Anton; Dittel, Agnes; Küfer, Karl-Heinz; Burger, Jakob; Scheithauer, Andreas; Hasse, Hans
Pareto-Navigation in Chemical Engineering
 Proceedings 21st European Symposium on Computer Aided Process Engineering – ESCAPE 21
- Bortz, Michael; Eggert, Sebastian; Schneider, Christian; Stübner, Robert; Stolze, Joachim
Dynamics and decoherence in the central spin model using exact methods
 Physical Review B, Vol.82, No.16, Oktober 2010
- Bos, Peter; Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander; Spies, Martin
Entwicklung eines RubyOnRails-Servers für die Web-basierte Fernsteuerung von bildgebenden Aus- und Bewertungsmethoden in der ZfP
 DGZfP Berichtsband BB 122-CD DGZfP-Jahrestagung, P42 (2010)
- Brickenstein, Michael; Dreyer, Alexander
Network-driven Boolean Normal Forms
 in: Becker, Bernd; Cardelli, Luca; Hermanns, Holger; Tahar, Sofiene, Verification over discrete-continuous boundaries, Dagstuhl Seminar Proceedings 10271, Schloss Dagstuhl, Leibniz-Zentrum für Informatik, 2010
- Burger, Michael; Speckert, Michael; Dreßler, Klaus
Optimal Control of Multibody Systems for the Calculation of Invariant Input Loads
 Proceedings of the 1st Commercial Vehicle Technology Symposium, pp: 387-396, Shaker Verlag, 2010
- Burger, Michael; Speckert, Michael; Dreßler, Klaus
Optimal Control Methods for the Calculation of Invariant Excitation Signals for Multibody Systems
 The First Joint International Conference on Multibody System Dynamics (IMSD 2010), CD-ROM (ISBN: 978-952-214-778-3), 2010
- Carrillo, J. A.; Klar, Axel; Martin, S.; Tiwari, Sudarshan
Self-propelled interacting particle systems with roosting force
 MMMAS 20, Suppl., 1533-1552, 2010
- Cheng, Liping; Rief, Stefan; Wiegmann, Andreas
Simulation of nano fibers and filtration processes
 10. Symposium »Textile Filter«, Chemnitz, 2010
- Correia, I.; Nickel, Stefan; Saldanha-da-Gama, F.
Single-assignment hub location problems with multiple capacity levels
 Transportation Research Part B: Methodological, 44 (8-9), pp. 1047-1066 (2010)
- Correia, I.; Nickel, Stefan; Saldanha-da-Gama, F.
The capacitated single-allocation hub location problem revisited: A note on a classical formulation
 European Journal of Operational Research, 207 (1), pp. 92-96. (2010)
- Craft, David; Monz, Michael
Simultaneous navigation of multiple Pareto surfaces, with an application to multicriteria IMRT planning with multiple beam angle configurations
 Medical Physics, Volume 37, Issue 2, Seite 736-741, Februar 2010
- Desmettre, Sascha
Optimal portfolios for executive stockholders with exponential utility
 Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 196, Kaiserslautern
- Desmettre, Sascha; Gould, John; Szimayer, Alexander
Own-company stockholding and work effort preferences of an unconstrained executive
 Mathematical Methods of Operations Research, 72 (3), pp 347-378, 2010
- Desmettre, Sascha; Szimayer, Alexander
Work effort, consumption and portfolio selection: When the occupational choice matters
 Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 188, Kaiserslautern

- Devroye, Luc; Karasozen, Bulent; Kohler, Michael; Korn, Ralf
Recent Developments in Applied Probability and Statistics: Dedicated to the Memory of Jürgen Lehn
235 Seiten, Springer, 2010
- Didas, Stephan; Steidl, Gabriele; Weickert, Joachim
Integrodifferential Equations for Multiscale Wavelet Shrinkage: The Discrete Case
International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems, 1(1), 5-22 (2010)
- Engelhardt, Lilli; Bitsch, Gerd; Schindler, Christian
Online Condition Monitoring based on Real-Time System Simulation
Proceedings of the 1st Commercial Vehicle Technology Symposium, pp: 529-538, Shaker Verlag, 2010
- Engelhardt, Lilli; Burger, Michael; Bitsch, Gerd
Real-Time Simulation of Multi-body Systems for On-Board Applications
The First Joint International Conference on Multibody System Dynamics (IMSD 2010), CD-ROM (ISBN: 978-952-214-778-3), 2010
- Erlwein, Christina; Benth, Fred Espen; Mamon, Rogemar
HMM filtering and parameter estimation of an electricity spot price model
Energy Economics, 32 (5), pp 1034-1043, 2010
- Eymard, Robert; Printsypar, Galina
A proof of convergence of a finite volume scheme for modified steady Richards' equation describing transport processes in the pressing section of a paper machine
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 184, 2010
- Fell, Stefan; Steiner, Konrad; Latz, Arnulf; Zausch, Jochen; Less, Greg; Seo, J. H.; Han, S.; Sastry, Ann Marie
Porous materials of electrochemical cells in the CAE design process
SIMVEC Berechnung und Simulation im Fahrzeugbau, VDI-Berichte 2107, 549-568 (2010)
- Fernández, E.; Kalcsics, Jörg; Nickel, Stefan; Ríos-Mercado, R. Z.
A novel maximum dispersion territory design model arising in the implementation of the WEEE-directive
Journal of the Operational Research Society, 61 (3), pp. 503-514 (2010)
- Foss, Stig Kyrre; Ettrich, Norman; Merten, Dirk; Hartvigsen, K. O.; Osen Are; Sollid, Anders
True-amplitude angle migration in the presence of noise
EAGE Annual Conference, Expanded Abstracts Barcelona Spanien, 2010
- Frank, Martin; Klar, Axel
Radiative Heat Transfer and Applications for Glass Production Processes
CIME Lecture notes, Mathematical models in the manufacturing of glass, ed. A. Fasano, Lecture Notes in Mathematics 2010, 57-134, Springer 2011
- Frank, Martin; Klar, Axel; Pinnau, Rene
Optimal Control of Glass Cooling Using Simplified PN Theory
Transport Theory and Statistical Physics, 39 (2), 282,2010
- Frass, Nina; Korn, Ralf; Vorgrimler, Stephan; Schnabl, Jan
Adressrisikomodelle: Die Risikoeinschätzung verbessern
Die Bank, 02, 2010
- Gelareh, S.; Nickel, Stefan; Pisinger, D.
Liner shipping hub network design in a competitive environment
Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 46 (6), pp. 991-1004 (2010)
- Glatt, Erik; Becker, Jürgen; Rief, Stefan; Wiegmann, Andreas
Calculation of material properties and modelling of material geometries based on CT-scans
Proceedings Industrielle Computertomografie Fachtagung 2010, Wels (A), 117-122 (2010)
- Godehardt, Michael
Mathematische Morphologie für die Segmentierung von Mikrostrukturen
in: Leitfaden zur industriellen
- Röntgentechnik (Vision Leitfaden 11), 36-40, Fraunhofer Verlag, 2010
- Gramsch, Simone; Hietel, Dietmar; Schäfer, Matthias
Optimized Needle Boards Based on Simulated Needle Punch Patterns
Proceedings Nonwovens Research Academy (2010)
- Hable, Robert; Ruckdeschel, Peter; Rieder, Helmut
Optimal robust influence functions in semiparametric regression
J. Statist. Planning and Inference, 140(1), 226-245
- Hermanns, Oliver; Stephan, Thomas; Lang, Holger; Linn, Joachim
Optimale Pfadplanung und interaktive Simulation flexibler Kabel und Schläuche
6. ATZproduktion Fachtagung: Zukunft Automobilmontage, Wolfsburg, Konferenz-CD-ROM, 2010
- Herty, Michael; Mohring, Jan; Sachers, Veronica
A new model for gas flow in pipe networks
Mathematical Methods in the Applied Sciences, 33 (7), 845-855 (2010)
- Hijazi, Younis; Bechmann, Dominique; Cazier, David; Kern, Cyril; Thery, Sylvain
Fully-automatic branching reconstruction algorithm: application to vascular trees
Shape Modeling International (SMI'10), IEEE Conference Publishing Services, pp. 221-225, 2010
- Iliev, Oleg; Lakdawala, Zahra; Starikovicius, Vadoimas
On a numerical subgrid upscaling algorithm for Stokes-Brinkman equations
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 187, Kaiserslautern, 2010
- Iliev, Oleg; Lazarov, Raytcho; Willems, Joerg
Discontinuous Galerkin Subgrid Finite Element Method for Approximation of Heterogeneous Brinkman's Equations
Lecture Notes in Computer Science, vol.5910, pp.14-26, 2010
- Iliev, Oleg; Lazarov, Raytcho; Willems, Joerg
Fast numerical upscaling of heat equation for fibrous materials
J. Comput. Visual. Sci., vol.13, pp.275-285, 2010
- Iliev, Oleg; Lazarov, Raytcho; Willems, Joerg
Variational multiscale Finite Element -Method for flows in highly porous media
Tech. Report Fraunhofer ITWM, No.187, 2010
- Ilyasov, Maxim
Seismic Data Processing in Terms of Locally Supported Wavelets
Proceedings: Days on Diffraction 2010
- Ilyasov, Maxim; Ostermann, Isabel; Punzi, Alessandro
Modeling Deep Geothermal Reservoirs: Recent Advances and Future Problems
In: W. Freeden, Z. Nashed, T. Sonar (Eds.) Handbook of Geomathematics, Springer, 2010
- Jegorovs, Jevgenijs
On Hidden Potentials of the Wave Based Method
Proceedings of ISMA2010, International Conference on Noise and Vibration Engineering, 2361-2370 (2010)
- Jung, Pascal; Leyendecker, Sigrid; Linn, Joachim; Ortiz, Michael
A discrete mechanics approach to Cosserat rod theory - Part 1: static equilibria
International Journal of Numerical Methods in Engineering, DOI: 10.1002/nme.2950, 2010
- Kalcsics, Jörg; Nickel, Stefan; Puerto, J.; Rodríguez-Chia, A. M.
Distribution systems design with role dependent objectives
European Journal of Operational Research, Volume 202, S. 491-501, Elsevier (2010)
- Kalcsics, Jörg; Nickel, Stefan; Puerto, J.; Rodríguez-Chía, A. M.
The ordered capacitated facility location problem
TOP, 18 (1), pp. 203-222 (2010)

Kirsch, Ralf; Rjasanow, Sergej
The uniformly heated inelastic Boltzmann equation in Fourier space
Kinetic and Related Models 3, no. 3, 445-456 (2010)

Kohl, Matthias; Ruckdeschel, Peter
R Package distrMod: Object-Oriented Implementation of Probability Models
J. Statist. Software 35(10), 1-27

Kohl, Matthias; Ruckdeschel, Peter, Rieder, Helmut
Infinitesimally Robust Estimation in General Smoothly Parametrized Models
Stat. Methods Appl. 19, 333-354

Korn, Ralf
Financial Mathematics: Between Stochastic Differential Equations and Financial Crisis
Recent Developments in Applied Probability and Statistics, 223-228, 2010

Korn, Ralf; Korn, Elke; Kroisandt, Gerald
Monte Carlo Methods and Models in Finance and Insurance
480 Seiten, 2010, Chapman & Hall/CRC Financial Mathematics Series

Korn, Ralf; Müller, Stefanie
Binomial Trees in Option Pricing – History, Practical Applications and Recent Developments
Recent Developments in Applied Probability and Statistics, 59-78, 2010

Korn, Ralf; Sezgin Alp, Özge
Continuous-Time Mean-Variance Portfolio Optimization in a Jump-Diffusion Market
Decisions in Economics and Finance, DOI: 10.1007/s10203-010-0106-7

Kraus, K.; Nickel, Stefan; Richter, R.; Schilling, M. K.; Schmidt, U.-A.; Schulz, J.
Klinische Behandlungspfade - Integration logistischer Planungsaufgaben
Professional Process, Zeitschrift für modernes Prozessmanagement im Gesundheitswesen, Volume 2, S. 12-15 (2010)

Krebs, J.; Nickel, Stefan
Extensions to the continuous ordered median problem
Mathematical Methods of Operations Research, 71 (2), pp. 283-306 (2010)

Küfer, Karl-Heinz; Prätzel-Wolters, Dieter
Analysieren, simulieren, optimieren - Zur Effizienz mit mathematischen Modellen
Wissenschaftsstandort Rheinland-Pfalz, Band 2, Seite 126-131, Mai 2010

Latz, Arnulf ; Zausch, Jochen; Iliev, Oleg
Modeling of species and charge transport in Li-Ion Batteries based on non-equilibrium thermodynamics
Lecture Notes in Computer Science 6046, (2010)

Latz, Arnulf; Niedziela, Dariusz; Schmidt, Sebastian
A new simulation ansatz for industrial granular flows from the dilute into the solidified regime
Proceedings of The World Congress on Particle Technology (WCPT6), Nuremberg, Germany 26.-29. April 2010

Latz, Arnulf; Schmidt, Sebastian
Hydrodynamic Modeling of Dilute and Dense Granular Flow
Granular Matter 12, pp. 387-397 (2010)

Latz, Arnulf; Strautins, Uldis; Niedziela, Dariusz
Comparative numerical study of two concentrated fiber suspension modles
Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics, Vol. 165, Issues 13-14, pp. 764-781, 2010

Latz, Arnulf; Zausch, Jochen
Mesoscopic Modeling and Simulation of charge and ion transport in Li-Ion Battery cells
Proceedings First International Conference on Materials for Energy, B590 - 592 (2010)

Lefteriu, Sanda; Antoulas, Athanasios C.
A new approach to modeling multi-port systems from frequency domain data

IEEE Transactions on Computer Aided Design of Integrated Circuits and Systems, 29 (1), 14-27 (2010)

Lefteriu, Sanda; Mohring, Jan
Generating Parametric Models from Tabulated Data
Proceedings of IEEE/ACM Design Automation Conference, 679-682 (2010)

Leithäuser, Christian; Feßler, Robert; Pinnau, Rene
Shape Optimization for Stokes Flows using Conformal Metrics
PAMM, 10, 581-582 (2010)

Maasland, Mark
Oberflächeninspektion in Kombination mit weiteren Messverfahren
Fraunhofer Vision Seminar »Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung«, Karlsruhe, Tagungsband (2010)

Machado, Rui
GPI instead of MPI
CiHPC Status Conference of the Gauß-Allianz e.V. 2010

Marburger, Jan
On Optimal Control Using Particle Methods
PAMM, 9, 605-606 (2010)

Marburger, Jan
Optimisation of Free Flows Using Particle Methods
PAMM, 10, 703-704 (2010)

Marheineke, Nicole; Wegener, Raimund
General String Theory for Dynamic Curved Viscida with Surface Tension
Progress in Industrial Mathematics at ECMI 2008, Springer, 591-596 (2010)

Marin, A.; Nickel, Stefan; Velten, Sebastian
An extended covering model for flexible discrete and equity location problems
Mathematical of Operations Research, 71 (1), pp. 125-163 (2010)

Maringer Johannes; Klar Axel; Wegener, Raimund
A Three-Dimensional Model for Fiber Lay-Down Processes
PAMM, 10, 701-702 (2010)

Markus Wedler, Markus; Pavlenko, Evgeny; Dreyer, Alexander; Seelisch, Frank; Stoffel, Dominik; Greuel, Gert-Martin; Kunz, Wolfgang
Solving hard instances in QF-BV combining Boolean reasoning with computer algebra
in: Becker, B.; Bertacco, V.; Drechsler, R.; Fujita, M., Algorithms and Applications for Next Generation SAT Solvers, Dagstuhl Seminar Proceedings 09461, Schloss Dagstuhl - Leibniz-Zentrum für Informatik, 2010

Mohring, Jan; Lefteriu, Sanda
Fortschritte bei der parametrischen Modellreduktion per Matrix Matching
Tagungsband des GMA Fachauschusses 1.30 Modellbildung, Identifikation und Simulation in der Automatisierungstechnik, 238-251 (2010)

Niedziela, Dariusz; Strautins, Uldis; Hosdez, Valerie; Kech, Armin; Latz, Arnulf
Improved Multiscale Fiber orientation modeling in injection molding of short fiber reinforced thermoplastics: Simulation and Experiment
Proceedings of 1st Conference On Multiphysics Simulation - Advanced Methods for Industrial Engineering, Bonn, Germany 22-23 June 2010

Obermayr, Martin; Öngün, Yekta; Dreßler, Klaus
Simulation of soil behaviour in virtual product development
Proceedings of the 1st Commercial Vehicle Technology Symposium, pp. 340-352, Shaker Verlag, 2010

Obermayr, Martin; Öngün, Yekta; Dreßler, Klaus
Simulation of Soil-Machine Interaction in Agricultural Engineering
VDI-Berichte Nr. 2111, pp. 173-178, VDI-Verlag GmbH Düsseldorf, 2010

Olawsky, Ferdinand; Hietel, Dietmar; Antonov, Sergey; Wegener, Raimund
Modellierung und Simulation des Meltblownprozesses
Proceedings 25. Hofer Vliesstofftage, Hof, November 2010

- Orlik, Julia
Homogenization in elasto-plasticity
J. Composites and Structures, Vol. 92, Issue 7, June 2010, pp. 1581-1590
- Osen, Are; Foss, Stig Kyrre; Rhodes, Mark; Michel, Dominik; Lojewski, Carsten; Ettrich, Norman
Rapid salt model scenario testing with fast, pre-stack beam migration
EAGE Annual Conference, Expanded Abstracts Barcelona (E), 2010
- Panzer, Heiko; Mohring, Jan; Eid, Rudy; Lohmann, Boris
Parametric Model Order Reduction by Matrix Interpolation at – Automatisierungstechnik, Oldenbourg, 58 (8), 475-484 (2010)
- Persson, Mikael; Gomm, Daniela; Maasland, Mark; Otterstaetter, B.; Garcia-Ladona, Javier; Meyer, Axel; Mueller, Reinhold; Mueller, Bernhard K.; Packer, Jeremy; Schmidt, Martin
RNA Interference Based High Content Screening for Targets Involved in Neuroregeneration and Neurodegeneration
SAC 2010
- Pieper, Martin; Klein, Peter
Numerical solution of the heat equation with nonlinear, time derivative-dependent source term
Int. J. for Numerical Methods in Engineering, Vol. 84, Issue 10, S. 1205-1221, Dezember 2010
- Pizarro, Luis; Mrazek, Pavel; Didas, Stephan; Grewenig, Sven; Weickert, Joachim
Generalised nonlocal image smoothing
International Journal of Computer Vision, 90(1), 62-87, 2010
- Popov, Peter; Vutov, Yavor; Margenov, Svetozar; Iliev, Oleg
Finite Volume Discretization of Equations describing Nonlinear Diffusion in Li-Ion batteries
Lecture Notes in Computer Science 6046, (2010)
- Rauhut, Markus
Typischer Aufbau eines Online-Oberflächeninspektionssystems
Fraunhofer Vision Seminar »Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung«, Karlsruhe, Tagungsband (2010)
- Rauhut, Markus; Spies, Martin; Taeubner, Kai
Detektion und Auffindwahrscheinlichkeit (POD) von Oberflächenfehlern in Metallen mittels optischer Inspektionsverfahren
DGZfP Berichtsband BB 122-CD DGZfP-Jahrestagung, Mi.3.A.1 (2010)
- Rauhut, Markus; Spies, Martin; Taeubner, Kai
Detektion und Auffindwahrscheinlichkeit (POD) von Oberflächenfehlern
in: F. Puente Leon, M. Heizmann (Hrsg.): Forum Bildverarbeitung, KIT Scientific Publishing, 167-180 (2010)
- Redenbach, Claudia; Wirjadi, Oliver; Rief, Stefan; Wiegmann, Andreas
Modeling of Ceramic Foams for Filtration Simulation
Advanced Engineering Materials, 2010, doi: 10.1002/adem.201000222
- Redenbach, Claudia; Liebscher, A.
Computertomographie als Basis für virtuelles Materialdesign
in: Leitfaden zur industriellen Röntgentechnik (Vision Leitfaden 11), 51-54, Fraunhofer Verlag, 2010
- Repke, Sabine; Marheineke, Nicole
Adjoint Based Optimization of a Free Surface Flow for Film Casting
PAMM, 10, 589-590 (2010)
- Repke, Sabine; Marheineke, Nicole
On Optimal Control of a Free Surface Flow
PAMM, 9, 607-608 (2010)
- Rieber, Gunnar; Wirjadi, Oliver; Mitschang, Peter
Correlation of permeability values with flow channel diameters determined by 3D-image analysis of a woven textile
in: Proc. 10th Int. Conf. Flow Processes in Composite Materials (FPCM10), 2010
- Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander; Spies, Martin; Graff, Alfred; Orth, Thomas; Kersting, Thomas
SAFT- und TOFD-Auswertung für die Ultraschall-Schweißnahtprüfung von längsnahtgeschweißten Großrohren
DGZfP Berichtsband BB 122-CD DGZfP-Jahrestagg., Mi.2.A.1 (2010)
- Rieder, Hans; Spies, Martin; Dillhöfer, Alexander; Kapteijn, Louwrens; van Kooij, Adri; Leever, Sylvia; Junglewitz, Andreas
Schweißen und Prüfen statt Verschrotten – Zerstörungsfreie sicherheitstechnische Bewertung der Reparatur eines 100 Tonnen schweren Schiffspropellers
DGZfP Berichtsband BB 122-CD DGZfP-Jahrestagung, P67 (2010)
- Rösch, Ronald; Berndt, Dirk
Vorteilhaft kombiniert – 3D-Messung und Oberflächeninspektion in einem System
Qualität und Zuverlässigkeit (QZ) 02/2010, 36-38
- Rotaru, Tiberiu; Dalheimer Mathias; Pfreundt, Franz-Josef
Service-oriented middleware for financial Monte Carlo simulations on the cell broadband engine
Concurrency and Computation: Practice and Experience 22(5), 643-657 (2010)
- Ruckdeschel, Peter
Optimally Robust Kalman Filtering
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 185, Kaiserslautern
- Ruckdeschel, Peter
distrEllipse: S4 classes for elliptically contoured distributions
R-Paket Version 2.2.1 auf CRAN.R-project.org
- Ruckdeschel, Peter
startupmsg: Utilities for startup messages
R-Paket Version 0.7.1 auf CRAN.R-project.org
- Ruckdeschel, Peter
SweaveListingUtils: Utilities for Sweave together with TeX "listings" package
R-Paket Version 0.4.5 auf CRAN.R-project.org
- Ruckdeschel, Peter; Kohl, Matthias
distrEx: Extensions of Package distr
- Ruckdeschel, Peter; Horbenko, Nataliya
Robustness Properties of Estimators in Generalized Pareto Models
Fraunhofer ITWM, Nr. 182, Kaiserslautern
- Ruckdeschel, Peter; Kohl, Matthias
distrMod: Object-oriented implementation of Probability Models
R-Paket Version 2.2.1 auf CRAN.R-project.org
- Ruckdeschel, Peter; Kohl, Matthias
RobAStBase: Robust Asymptotic Statistics
R-Paket Version 0.7.1 auf CRAN.R-project.org
- Ruckdeschel, Peter; Kohl, Matthias
ROptEst: Optimally Robust Estimation
R-Paket Version 0.7 auf CRAN.R-project.org
- Ruckdeschel, Peter; Kohl, Matthias; Hüller, Anja; Feist, Eleonara
distrTeach: Extensions of Package distr for Teaching Stochastics/Statistics in Secondary School
R-Paket Version 2.2.1 auf CRAN.R-project.org
- Ruckdeschel, Peter; Kohl, Matthias; Stabla, Thomas; Camphausen, Florian
distr: Object oriented implementation of distributions
R-Paket Version 2.2.1 auf CRAN.R-project.org
- Ruckdeschel, Peter; Kohl, Matthias; Stabla, Thomas; Camphausen, Florian
distrDoc: Documentation for Package distr
R-Paket Version 2.2.1 auf CRAN.R-project.org
- Ruckdeschel, Peter; Kohl, Matthias; Stabla, Thomas; Camphausen, Florian
distrSim: Simulation Classes Based on Package distr
R-Paket Version 2.2.1 auf CRAN.R-project.org

Ruckdeschel, Peter; Kohl, Matthias; Stabla, Thomas; Camphausen, Florian
distrTEst: Estimation and Testing Classes Based on Package distr
R-Paket Version 2.2.1 auf
CRAN.R-project.org

Ruckdeschel, Peter; Rieder, Helmut
Fisher Information of Scale
Statist. Probab. Lett. 80, 1881-1885

Salzig, Christian; Hauser, Matthias
Design of robust electronic circuits for yield optimization
Xlth International Workshop on Symbolic and Numerical Methods, Modeling and Applications to Circuit Design (SM2ACD), Oktober 2010, Tunis-Gammarth (TN), pp. 1-5

Schladitz, Katja
Analyse von Zell- und Kornstrukturen
in: Leitfaden zur industriellen Röntgentechnik (Vision Leitfaden 11), 42-47, Fraunhofer Verlag, 2010

Schmidt, Sebastian; Latz, Arnulf; Niedziela, Dariusz; Weiler, Rouven; Ripperger, Siegfried
Comparison of the discrete element method with a Finite Volume approach for predicting bulk flows and for designing silos
Proceedings of The World Congress on Particle Technology (WCP76), Nürnberg, April 2010

Schnell, J.; Schladitz, Katja; Schuler, F.
Richtungsanalyse von Fasern in Betonen auf Basis der Computer-Tomographie
Beton- und Stahlbetonbau 105(2), 72-77 (2010)

Schüle, Ingmar
Fahrplansynchronisierung im öffentlichen Nahverkehr – Mathematische Optimierung zur Verbesserung komplexer Abstimmungsprozesse
VGSV Verlag, Optimierung in Verkehr und Transport, Heureka, Oktober 2010

Sharma, V. K.; Tiwari, Sudarshan; Attarakih, Menwer M.; Jaradat, Moutasem; Klar, Axel; Kuhnert, Jörg; Bart, Hans-Jörg

A spatially meshfree population balance model for the simulation of liquid extraction columns
Proceedings: 4th International Conference on Population Balance Modelling, Berlin, 2010

Speckert, Michael; Dreßler, Klaus; Ruf, Nikolaus; Müller, Roland; Weber, Christof
Customer Usage Profiles, Strength Requirements and Test Schedules in Truck Engineering
Proceedings of the 1st Commercial Vehicle Technology Symposium, pp: 298-307, Shaker Verlag, 2010

Speckert, Michael; Ruf, Nikolaus; Dreßler, Klaus
Undesired drift of multibody models excited by measured accelerations or forces
J. Theor. Appl. Mech., No. 48, 3, pp: 813-837, 2010

Spies, Martin; Redenbach, Thomas; Rieder, Hans; Herkt, Sabrina
Bestimmung von Strukturmerkmalen und Materialeigenschaften von stahlfaserverstärkten Reifen mittels Röntgen- und Ultraschallverfahren
DGZfP Berichtsband BB 122-CD DGZfP-Jahrestagung, P21 (2010)

Spies, Martin; Rieder, Hans
Der Einfluss der Schallschwächung in Guss- und Verbundwerkstoffen auf die Schallfelder von Standard- und Gruppenstrahler-Prüfköpfen
DGZfP Berichtsband BB 122-CD DGZfP-Jahrestagung, P40 (2010)

Spies, Martin; Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander
Verbesserung der Fehlerauffindwahrscheinlichkeit (POD) mittels SAFT bei der Ultraschallprüfung von schwer prüfbar Werkstoffen
DGZfP Berichtsband BB 122-CD DGZfP-Jahrestagung, P39 (2010)

Spies, Martin; Rieder, Hans
Enhancement of the POD of Flaws in the Bulk of Highly Attenuating Structural Materials by Using SAFT Processed Ultrasonic Inspection Data
Materials Testing, 52(3), 160-165 (2010)

Spies, Martin; Rieder, Hans
Synthetic Aperture Focusing of Ultrasonic Inspection Data to Enhance the Probability of Detection of Defects in Strongly Attenuating Materials
NDT&E International, 43(5), 425-431 (2010)

Stephan, Thomas; Hoeft, Frank; Hermanns, Oliver
Eine neue Methode zur vergleichenden örtlichen Beanspruchungsanalyse für Kabel und Schläuche
VDI-Berichte Nr. 2107, pp: 297-309, VDI Verlag GmbH Düsseldorf, 2010, ISBN 978-3-18-092107-5

Stephani, Henrike; Herrmann, Michael; Bauer, Frank; Heise, Bettina
Wavelet-Based Dimensionality Reduction for Hyperspectral THz Imaging
Terahertz Science and Technology, ISSN 1941-7411, 3(3), September 2010

Stephani, Henrike; Jonuscheit, Joachim; Robine, Christoph; Heise, Bettina
Automatically Detecting Peaks in Terahertz Time-Domain Spectroscopy
in: Proc: 20th International Conference on Pattern Recognition (ICPR), 2010

Tiwari, Sudarshan; Klar, Axel
Coupling of the Navier-Stokes and the Boltzmann equations with a meshfree particle and kinetic particle methods for a micro cavity
Lecture Notes in computational Science and engineering 79, 155, eds. M. Griebel, M.A. Schweitzer, Springer 2011

Trinkaus, Hans L.
knowCube for Exploring Decision Spaces: Sandwiches, Foams and Drugs
Journal of Universal Computer Science; pp. 267-278

Trinkaus, Hans L.; Gaisser, Andrea E.
SACA: Software Assisted Call Analysis – An interactive tool supporting content exploration, online guidance and quality improvement of counseling

dialogues
Elsevier J., Patient Education and Counseling, Vol. 80, 2010, pp. 410-416

Wagner, Björn
Softwarekonzepte für die Verarbeitung und Analyse von Volumenbildern
in: Leitfaden zur industriellen Röntgentechnik (Vision Leitfaden 11), 32-35, Fraunhofer Verlag, 2010

Weibel, Thomas; Daul, Christian; Wolf, D.; Rösch, Ronald; Ben-Hamadou, A.
Endoscopic bladder image registration using sparse graph cuts
ICIP 2010

Weigel, Nicolas; Weihe, Stefan; Speckert, Michael; Feth, Sascha
New Approaches for Efficient Statistical Fatigue Validation
Proceedings of the 1st Commercial Vehicle Technology Symposium, pp: 59-67, Shaker Verlag, 2010

Wenzlau, F.; Zemitis, Aivars; Andrä, Heiko; Latz, Arnulf
Elastic microscale simulation of fiber-reinforced polymers
Proc. NAFEMS NORDIC seminar »Simulating Composite Materials and Structures«, Esbjerg (DK), 2010

Wiegmann, Andreas; Iliev, Oleg; Schindelin, Andreas
Computer aided development of hydraulic filter elements – From theory to patent and products
Commercial Vehicle Technology 2010, Proceedings of the 1st Commercial Vehicle Technology Symposium (CVT 2010), K. Berns, C. Schindler, K. Dreßler, B. Jörg, R. Kalmar, J. Hirth (Eds.), pp 68 - 75

Wiegmann, Andreas; Iliev, Oleg; Schindelin, Andreas
Computer aided Engineering of Filter Materials and pleated Filters
Global Guide of the Filtration and Separation Industry by E. v. d. Luehe. VDL-Verlag, 2010, pp. 191-198

Wiegmann, Andreas; Cheng, Liping; Rief, Stefan
Simulation of nano fibers and filter efficiency

- American Filtration & Separations Annual Conference, San Antonio, Texas USA, 2010
- Wiegmann, Andreas; Cheng, Liping; Rief, Stefan
Filtration simulation on the nano scale – the influence of slip flow
 European Conference On Fluid-Particle Separation, Lyon (F), 2010, pp. 69-70
- Winterfeld, Anton
Mehrkriterielle Optimierung von Warmwalzprozessen in der Stahlindustrie
 Tagungsband Symposium Simulation für robuste Produkte und Prozesse, Bremen, 2010
- Winterfeld, Anton; Stein, Oliver
A feasible method for generalized semi-infinite programming
 Journal of Optimization Theory and Applications, Vol. 146, Nr. 2, pp. 419-443, 2010
- Wirjadi, Oliver
3D-Bildanalyse für Faserverbundwerkstoffe
 in: Leitfaden zur industriellen Röntgentechnik (Vision Leitfaden 11), 48-50, Fraunhofer Verlag, 2010
- Zamel, Nada; Xianguo, Li; Shen, Ju; Becker, Jürgen; Wiegmann, Andreas
Estimating effective thermal conductivity in carbon paper diffusion media
 Chemical Engineering Science 65, 3994-4006 (2010)
- Zeidan, Dia; Attarakih, Menwer; Bart, Hans-Jörg; Kuhnert, Jörg; Drumm, Christian; Tiwari, Sudarshan; Sharma, Vikash K.
On a High-Resolution Godunov Method for a CFD-PBM Coupled Model of Two-Phase Flow in LIQUID-LIQUID Extraction Columns
 International Journal of Computational Methods, 7 (3), 421-442 (2010)
- Bare Contreras, Daniel Zoufine
Asymptotics for a thin elastic fiber in contact with a rigid body
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Bösinger, Johannes
Optimierung der Absatzplanung im KFZ-Ersatzteilmarkt auf Basis von SAP-APO-Prognosemodellen am Beispiel der Robert Bosch GmbH
 Diplomarbeit, KIT Karlsruhe, Wirtschaftswissenschaften
- Braun, Hans
Boundary Conditions and Perfectly Matched Layers for the Wave Equation
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Desmettre, Sascha
Optimal portfolios for executive stockholders
 Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Dobrovolskij, Dascha
Optimierungsmethoden für geometrische Mikrostrukturmodelle
 Bachelorarbeit, Beuth-Hochschule für Technik Berlin, FB II Mathematik-Physik-Chemie
- Eberle; Gerrit
Adjustment of Acoustic Parameters to Measurements
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Informatik
- Erben, Christina
Simulation-Based Analysis of the Value of Information for Passengers in Public Transport
 Diplomarbeit, TU Bergakademie Freiberg, Fakultät für Mathematik und Informatik
- Ermakov, Konstantin
On the Multiscale Finite Volume Method for Flow in Porous Media
 Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Hacioglu, Neslihan
News Analytics for Risk Measures, News Aware Volatility Models
 Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Heib, Christian
Kostenorientierte Optimierung komplexer Fertigungssysteme mithilfe von Simulationsmodellen
 Dissertation, KIT Karlsruhe, Wirtschaftswissenschaften
- Hollstein, Melanie
Option valuation, optimization and excursions of commodity indices
 Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Jelev, Iavor
Preprocessing of Documents for Emergent Trend Detection in Text Collections
 Diplomarbeit, FU Berlin, FB Informatik und Fraunhofer ITWM
- Kaltenbacher, Nico
Effiziente Lösungsansätze für lineare Netzwerkflussprobleme und ihre Implementierung
 Bachelorarbeit, KIT Karlsruhe, Wirtschaftswissenschaften
- Kauen, David
Modellierung und modellbasierte prädiktive Regelung eines Haushaltskühlschranks
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Klein, Jasmina
Value at Risk and Expected Shortfall von Macro Hedgefonds
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Kohler, Raphael
Stochastic Models for Electricity Markets
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Lahres, Christian
CFD-Simulations of a Simplified Plunger-Model in Container-Glass Production
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Lakdawala, Zahra
On numerical simulation of filtration processes
 Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Lemke, Tatjana
Sequential Monte Carlo Method
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Lenz, Christian
Asymptotic and Numerical Limits for Elastic Cosserat Rods
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Linden, Sven
Hexaeder- und Tetraederunterteilungen für die Simulation von Flüssigkeiten
 Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Informatik
- Maleshkov, Dimo
The Interceder: A Communication Framework to Monitor and Steer
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, Fachbereich Informatik
- Meier, Stefan
Multigrid methods for efficient image enhancement
 Diplomarbeit, Hochschule Darmstadt, FB Mathematik und Naturwissenschaften
- Miltz, Michael
Thermische Analyse von gesinterten und geklebten Hohlkörperstrukturen mit Hilfe von GeoDICT
 Bachelorarbeit, Hochschule für Technik und Wirtschaft Aalen, FB Maschinenbau
- Peters, Stefanie
Automatischer Entwurf und Autokonfiguration von Bildverarbeitungssystemen für die industrielle Oberflächeninspektion
 Dissertation, Technische Universität Kaiserslautern, Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik
- Ries, Marc
Indextracking
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik
- Rinder, Christian
Multikriterielle Optimierung der Wärmeleitung in beschichteten Aluminiumstrukturen
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, Fachbereich Mathematik

Ruckdeschel, Peter
Optimally Robust Estimation and Filtering: Concepts, Enhancements and Implementations
 Habilitationsschrift, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Sautner, Philipp
Mehrperiodische Optimierungsansätze zur Vertriebs- und Wahlkreisplanung
 Bachelorarbeit, KIT Karlsruhe, Wirtschaftswissenschaften

Schmidt, Oliver
Structure-Exploiting Coupled Symbolic-Numerical Model Reduction For Electrical Networks
 Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Schnebele, Johannes
Numerical and Statistical Analysis of the Conveyor Belts' Impact on Fiber Lay Down Processes
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Schröder, Simon
Surface Reconstruction from 3D Point Clouds with Associated Image Correspondences
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Informatik

Schüle, Ingmar
RLT Approaches to QSAPs - Applied to Timetable Synchronization in Public Transport
 Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Tombrink, Tobias
Aggregation Techniques for Large-Scale Assignment Problems in Marketing Models
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Ursachi, Irina
The Cheyette Model in Theory and Practise
 Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Walter, Martin
Analyse, Optimierung und Implementierung der Distributionsstruktur eines Nutzfahrzeugherstellers dargestellt am Beispiel der innereuropäischen LKW-Chassisüberführung der MAN Nutzfahrzeuge

Diplomarbeit, KIT Karlsruhe, Wirtschaftswissenschaften

Zanter, Christian
Untersuchung zur Ermittlung von Planier- und Schneidkräften im Erdbau
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Bauingenieurwesen

Zürker, Moritz
Arbitragefreie Modellierung von Volatilitätsflächen
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

3D IMS 2010, 2nd Conference on 3D-Imaging of Materials and Systems 2010
 Hourtin (F), September

American Filtration and Separation Society – Annual Conference 2010
 San Antonio (USA), März

Analog 2010: 11. ITG / GMM - Fachtagung
 Erfurt, März, Aussteller und Vorträge

6. ATZproduktion Fachtagung - Zukunft Automobilmontage
 Wolfsburg, September, Aussteller

42. Bildverarbeitungsforum »Lernende Bildverarbeitung – Neuroinformatische und statistische Ansätze«
 Frankfurt, März

43. Bildverarbeitungsforum »Hardwarearchitekturen für die Bildverarbeitung«
 Herrenberg, Juli

44. Bildverarbeitungsforum »Bildverarbeitung und Computergrafik«
 Saarbrücken, Oktober

CARNOT 2010 – Forschungsmesse
 Lyon (F), Mai, Aussteller

1. Commercial Vehicle Technology Symposium Kaiserslautern
 Kaiserslautern, März, Aussteller, Vorträge, Koorganisation

Composite2010 – 23rd International Workshop Research in Mechanics of Composites
 Bad Herrenalb, November, Vortrag

Composites Europe 2010
 Essen, September, Aussteller

1st Conference on Multiphysics Simulation
 Bonn, Juni

CONTROL 2010 – Internationale Fachmesse für Qualitätssicherung
 Stuttgart, Mai, Aussteller

CVC-Jahrestagung 2010: Commercial Vehicle Industry – CO₂-optimiert und energieeffizient
 Mannheim, November, Aussteller und Vorträge

DATE 10 – Design, Automation & Test in Europe
 Dresden, März, Aussteller

DVM-Arbeitskreis Betriebsfestigkeit
 München, Oktober, Aussteller

EAGE 2010 – 72th European Association of Geoscientists and Engineers Conference and Exhibition
 Barcelona (E), Juni, Aussteller und Vorträge

ECMI – 16th European Conference on Mathematics for Industry
 Wuppertal, Juli, Vorträge

European Congress on Computational Mechanics (ECCM IV)
 Paris (F), Mai, Vorträge

Fachtagung für Industrielle Computertomografie
 Wels (A), September, Vortrag

FILTREX 2010
 Köln, Oktober, Aussteller und Vorträge

17th Forecasting Financial Markets Conference 2010
 Hannover, Mai, Aussteller und Vorträge

FPS2010 – European Conference On Fluid-Particle Separation
 Lyon (F), Oktober

Fraunhofer Vision Seminar: Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung
 Karlsruhe, Dezember, Aussteller und Vorträge

Fraunhofer Vision-Technologie-tag 2010
 Stuttgart, September, Aussteller und Vorträge

3rd Fraunhofer-Carnot Workshop: 3D Imaging, Analysis, Modelling and Simulation of Macroscopic Properties
 Fontainebleau (F), April, Vorträge, Poster, Koorganisation

GE High Resolution X-ray CT Symposium
 Dresden, August, Vortrag

Graduate School "Physics and Mechanics of Random Media"
Paris (F), November

Hannover Messe – Digital Factory
Hannover, April, Aussteller

HochschulKupferSymposium HKS 2010
Saarbrücken, November, Poster

25. Hofer Vliesstofftage
Hof, November, Aussteller und Vorträge

IAA Nutzfahrzeuge 2010
Hannover, September, Aussteller

ICIP 2010
Hong Kong (HK), September, Vortrag

IFAT 2010 – 16. Internationale Fachmesse für Wasser, Abwasser, Abfall und Recycling
München, September, Aussteller

IMSD–First Joint International Conference on Multibody System Dynamics
Lappeenranta (FI), Mai

InnoTrans 2010 - Internationale Fachmesse für Verkehrstechnik, Innovative Komponenten, Fahrzeuge, Systeme
Berlin, September, Aussteller

1. Int. Definiens Symposium
Madrid (S), Oktober

20th Interantional Conference on Pattern Recognition (ICPR)
Istanbul (TR), August, Poster

INTERFILTRA 2010
Lyon (F), Oktober, Aussteller und Vorträge

8th International Conference on NDE in Relation to Structural Integrity for Nuclear and Pressurised Components
Berlin, September, Vorträge

International Symposium on NDT in Aerospace
Hamburg, November, Vortrag, Poster

4th International Workshop on Terahertz Technology
Kaiserslautern, April, Poster

68. Internationale Tagung Landtechnik
Braunschweig, Oktober

ISC'10 – International Supercomputing Conference
Hamburg, Mai, Aussteller und Vorträge

it&business – Fachmesse für Software, Infrastruktur und IT-Services
Stuttgart, Oktober, Aussteller

IWAP – 5th International Workshop on Applied Probability
Madrid (S), Juli, Vorträge

Jahrestagung 2010 der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V. (DGZfP)
Erfurt, Mai, Poster und Vorträge

33ème journée ISS France
Paris (F), Februar, Vortrag

MathFinance Conference
Frankfurt, März

NAFEMS
Wiesbaden, April

PharmaForum 2010
Mainz, November, Aussteller

POWTECH 2010 – Internationale Fachmesse für Mechanische Verfahrenstechnik und Analytik
Nürnberg, April, Aussteller

Review of Progress in Quantitative NDE 2010
San Diego (USA), Juli, Vorträge, Teilnehmer

SC10 – International Conference for High Performance Computing
New Orleans (USA), November, Aussteller

Science Alliance Technologieausstellung auf der Gartenschau in Kaiserslautern
Kaiserslautern, August, Aussteller

SEG 2010 – International Exposition and 80th Annual Meeting
Denver (USA), Oktober, Aussteller und Vorträge

Simulation in der Werkstofftechnik
Nürnberg, Oktober

SIMULIA
Heidelberg, September

SIMVEC 2010 – Berechnung und Simulation
Baden-Baden, November, Aussteller und Vorträge

10. Symposium »Textile Filter«
Chemnitz, März, Aussteller und Vorträge

Symposium: SIMULATION für robuste Produkte und Prozesse
Bremen, Februar, Aussteller und Vorträge

TER@TEC 2010 Forum
Palaiseau, Paris area (F), Juni, Aussteller

Transpore 2010
Villigen (CH), August

VDI/VDE Forum Bildverarbeitung
Regensburg, Dezember, Poster

VISION 2010 – Internationale Fachmesse für Bildverarbeitung
Stuttgart, November, Aussteller

Workshop Morphologie Mathématique – 70ème Anniversaire Jean Serra
Paris (F), April

Siu, Tak Kuen; Erlwein, Christina; Mamon, Rogemar
Annual Prize for the best paper published:
The pricing of Credit Default Swaps under a Markov-modulated Merton's structural model
North American Actuarial Journal April

Rieder, Hans; Spies, Martin; Dillhöfer, Alexander
Best Poster Award, DGZfP-Jahrestagung 2010: Schweißen und Prüfen statt Verschrotten – Zerstörungsfreie sicherheitstechnische Bewertung der Reparatur eines 100 Tonnen schweren Schiffspropellers
Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung DGZfP
Mai

Jung, Pascal
Preis der Kreissparkassen-Stiftung für Diplomarbeit: A Discrete Mechanics Approach to Cosserat Rod theory – Static Equilibria
Kreissparkasse Kaiserslautern
Juli

EIGENE VERANSTALTUNGEN

Ausstellung »Begegnungen – Licht & Malerei von Ingo Bracke und Jochen Dewerth«
Januar

1st Commercial Vehicle Technology Symposium
Kaiserslautern, März

3rd Fraunhofer-Carnot Workshop: 3D Imaging, Analysis, Modelling and Simulation of Macroscopic Properties
Mines Paris Tech, Fontainebleau (F), April, Vorträge, Poster, Mitorganisator

EMS-Workshop in modeling
Bedlewo (PL), Oktober

Felix-Klein-Sommerschule
Kaiserslautern, September

MC-RTN Smart Structures: Training Course on Modeling and Controlling Smart Structures
Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern, Februar

Multiphysics Simulation – Advanced Methods for Industrial Engineering
Bonn, Juni

mySmartGrid – Projektvorstellung
Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern, April

Nacht, die Wissenschaft schafft
Kaiserslautern, Oktober

Seminar: Mehrkörpersimulation in der Betriebsfestigkeit
Kaiserslautern, Januar; München, September

Seminar: Statistische Methoden in der Betriebsfestigkeit
Kaiserslautern, Juni

Seminar: Lastdaten - Analyse, Bemessung und Simulation
München, November; Kaiserslautern, Dezember

Special Session: Simulation of Electrochemical Processes, within Numerical Methods and Applications
Borovetz (BG), August

Vortragsreihe des Arbeitskreises Bildanalyse und Mustererkennung Kaiserslautern (BAMEK)
Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern, Januar – Dezember

Workshop »elektro: camp (<<2010>>«: Open Source Smart Grid Components
Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern, Oktober

Workshop »Integer Valued Time Series« im Rahmen des Graduiertenkollegs Mathematik und Praxis
TU Kaiserslautern, September, Mitorganisator

Workshop Mathematik für Personalisierte Medizin
Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern, Juni

Workshop: Application of Hidden Markov Models and Filters to Financial Time Series
In Cooperation with OptiRisk and Carisma, Brunel University, West London (GB), November

Workshop: Data-Mining in der verfahrenstechnischen Industrie
Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern, Juni

Workshop: Image Processing – Trends and Applications
Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern, März

Workshop: R with Finance
In Cooperation with OptiRisk and Carisma, Brunel University, West London(GB), November

Workshop: Zinsmodellierung und Bewertung von Zinsprodukten in der Praxis
Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern, Juni

Workshops Fraunhofer-Innovationscluster DNT II »Fahrzeug – Umwelt – Mensch Interaktion«
Kaiserslautern, Oktober

GÄSTE

Arnold, Martin (Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg)
Numerik für Mehrkörpersysteme
März / August / Dezember

Attarakih, Menwer (Al-Balqa Applied University, Al-Salt (JOR))
Population Balance Equations (PBE), QMOM-Methods for PBE, Coupling QMOM to FPM
Februar/März

Böhlke, Thomas (KIT Karlsruhe)
Thermoelastic properties of pyrolytic carbon: Theory and identification based on microstructural data
Oktober

Bonfigli, Giuseppe (ETH Zürich (CH))
Multiscale Finite Volume Method, CFD
Oktober

Bortfeld, Thomas; Craft, David (Harvard Medical School (USA))
Workshop zur multikriteriellen Optimierung in der Radiotherapie
Oktober

Breuss, Michael (Universität des Saarlandes)
Morphology and Shape from Shading: Shape Analysis by Hyperbolic PDEs
November

Brox, Thomas (Universität Freiburg)
Dense point trajectories from optical flow for object segmentation in videos
November

Bruhn, Andreas (Universität des Saarlandes)
Bewegungsberechnung mit Optimierungsansätzen in Einzel- und Stereobildfolgen: Präzise Modellierung, effiziente Algorithmen und aktuelle Anwendungen
August

Callegaro, Giorgia (Paris (F))
Optimal consumption problems in discontinuous markets
Mai

Chen, An (Universität Bonn)
SAHARA-Nutzenfunktion
Januar

Ciegis, Raimondas (Technical University of Vilnius (LT))
Flows in porous media and parallelization
März

Efendiev, Yalchin (Texas A&M University (USA))
Multiscale problems, Numerical Methods For PDEs, Uncertainty
September-Dezember

Eichfelder, Gabriele (Universität Erlangen)
Variable Ordnungsstrukturen im Kontext der mehrkriteriellen Optimierung
Juni

Eymard, Robert (Universität Paris (F))
Finite Volume Method
Februar

Gerds, Matthias (Universität der Bundeswehr München)
Optimalsteuerung
November

Iacus, Stefano (Universität Mailand (I))
On change point analysis for the volatility in discretely observed SDEs
September

Jackson, Myles (New York (USA))
Geschichte Josef von Fraunhofers
Juni

Köthe, Ullrich (Universität Heidelberg)
Towards Intuitive Large-Scale Image Segmentation for the Life Sciences
Juni

Lazarov, Raytcho (Texas A&M University (USA))
Numerical Methods For PDEs
Juni-Juli

Löhner, Rainald (Center for Computational Fluid Dynamics, George Mason University, Fairfax (USA))
Particle Methods for Modelling of Pedestrian Flow
September

Mallat, Stephan; Moice, Jeanpierre (Paris (F))
Bildverarbeitung
März

MITARBEIT IN GREMIEN, HERAUSGEBERTÄTIGKEIT

Miettinen, Kaisa (University of Jyväskylä (SF))
New interactive methods for multiobjective optimization
Oktober

Naess, Arvid (Norwegian University of Science and Technology (N))
The prediction of extreme values of sampled time series by the ACER method; System Reliability Analysis by Enhanced Monte Carlo Simulation
März

Ohlberger, Mario (Universität Münster)
Multiscale Problems, Model Reduction, Numerical Analysis
März

Ohser, Joachim (Hochschule Darmstadt)
Die Korrektur von Verschattungseffekten in CLSM-Bildern und ihre Anwendung in der Chromatographie
November

Paulus, Dietrich (Universität Koblenz)
Umgebungsexploration am Beispiel eines autonomen Haushaltsroboters
Dezember

Pfrang, Andreas (European Commission, DG JRC Institute for Energy, Petten)
Micro- and nanostructure analysis of PEM fuel cell components: From 2D to 3D imaging
Juli

Sauer, Mete (ETH Zürich (CH))
Liquidity effects in option pricing
Februar

Schied, Alexander
A robust strategy for order execution in the Almgren-Chriss framework
Dezember

Singh, R.C. (Sharda University, Delhi (IND))
Juni

Simeon, Bernd (TU München)
Wissenschaftliches Rechnen in der Festkörpermechanik
April

Spangl, Bernhard (Universität für Bodenkultur Wien (A))
Computing the nearest correlation matrix which is additionally Toeplitz
Mai

Starikovicius, Vadimas (Technical University of Vilnius (LT))
Numerics for CFD and for flow in porous media
April-Mai

Tasora, Alessandro (Università degli Studi di Parma (I))
Off-road vehicle dynamics: methods for deformable and granular soil
November

Wardetzky, Max (Universität Göttingen)
Differentialgeometrie
September

Willems, Joerg (Radon Institute, RICAM, Linz (A))
Multiscale Problems, Numerical Analysis, Numerics PDE
November

Wittum, Gabriel (Universität Frankfurt)
Scientific Computing, Mathematical Modeling, Multigrid, Multiscale Problems
Juli

Zheng Harry (Imperial College London (GB))
Regularity of value functions for nonsmooth utility maximization problems
November

Zwiesler, Hans-Joachim (Universität Ulm)
Mathematische Herausforderungen im Risikomanagement von Lebensversicherungen
Juni

Didas, Stephan
■ Image Processing On-Line (Editor)

- International Journal of Computer Vision (Reviewer)
- Journal of Mathematical Imaging and Vision (Reviewer)
- Pattern Recognition (Reviewer)
- Signal Processing (Reviewer)
- IEEE Transactions on Image Processing (Reviewer)
- International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems (Reviewer)
- SIAM Journal on Imaging Sciences (Reviewer)
- Asian Conference on Computer Vision ACCV 2010 (Reviewer)

Dreßler, Klaus
■ Proceedings of the 1st Commercial Vehicle Technology Symposium (Editor)

Iliev, Oleg
■ President-Elect of the International Society for Porous Media

- Math. Modelling and Analysis (Editorial Board)
- LNCS, Springer (Gutachter),
- SIAM Multiscale Modeling and Simulation (Gutachter)
- SIAM Geoscience (Gutachter)
- Physica D (Gutachter)
- Transport in Porous Media (Gutachter)
- J.Food Engineering (Gutachter)

- Appl. Math. and Mechanics (Gutachter)
- Austrian Academy of Sciences/DOC-fORTE (Gutachter)
- Dutch Technology Foundation STW (Gutachter)

Ilyasov, Maxim
■ ACQUIN (Gutachter)

Korn, Ralf
■ Dekan und Mitglied des Fachbereichsrats Mathematik der TU Kaiserslautern

- Mitglied des Senats der TU Kaiserslautern
- Sprecher des Forschungszentrums (CM)² der TU Kaiserslautern
- Vorsitzender des Felix-Klein-Zentrum für Mathematik e.V.
- Mitglied des Verwaltungsrats der Assenagon Asset Management SA, München/Luxemburg
- Stellv. Aufsichtsratsvorsitzender der Teckpro AG, Kaiserslautern
- Geschäftsführer des EI-QFM, Kaiserslautern

■ Herausgeber der Quantitative Finance Reihe von Imperial College Press / World Scientific

■ Editorial Board der Blätter der DGVMF

■ Associate Editor von Mathematical Finance

■ Associate Editor von Mathematical Methods of Operations Research

Küfer, Karl-Heinz
■ Mathematics of Operations Research (Gutachter)

- Medical Physics (Gutachter)
- Zentralblatt für Mathematik (Reviewer)
- Mathematical Programming (Gutachter)

Kuhnert, Jörg
■ Scientific Committee, ESI Group, Paris (F), (Mitglied)

Maasland, Mark
■ Fraunhofer-Allianz Vision (Mitglied)

Mohring, Jan

- GMA-Fachausschuss 1.30 Modellbildung, Identifikation und Simulation in der Automatisierungstechnik (Mitglied)

Neunzert, Helmut

- Fraunhofer-Carnot (Auswahlausschuss)
- Science Alliance (pers. Mitglied)
- Evaluierungskommission der SRG am Karlsruhe Institute for Technology KIT
- Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC (Vice Chairman of the Board)
- Technologie-Botschafter der Stadt und des Landkreises Kaiserslautern

Nickel, Stefan

- Computers & Operations Research (Editor-in-Chief)
- Gesellschaft für Operations Research, GOR (Vorstand)

Pieper, Martin

- Heat and Mass Transfer (Gutachter)

Prätzel-Wolters, Dieter

- Forschungszentrum »Center of Mathematical and Computational Modeling CM²« der TU Kaiserslautern (Mitglied)
- Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC (Boardmember)
- GAMM-Fachausschuss »Dynamik und Regelungstheorie (Mitglied)
- Präsidium und Senat der Fraunhofer-Gesellschaft (Mitglied)
- Stiftungsrat »Fraunhofer-Zukunftsstiftung« (Mitglied)
- Wissenschaftlich-technischer Rat und Hauptkommission der Fraunhofer-Gesellschaft (Vorsitzender)

- Rat für Technologie des Landes Rheinland-Pfalz (Mitglied)

- Felix-Klein-Zentrum für Mathematik Kaiserslautern (stellvertretender Vorsitzender)

Rieder, Hans

- DGZfP Unterausschuss, Phased Array' im Fachausschuss Ultraschallprüfung (Mitglied)
- VDE/VDI-Fachausschuss »Nicht-lineare Systeme« (Mitglied)

Rösch, Ronald

- Image Processing On-Line (Editor)
- Fraunhofer-Allianz Vision (Koordinationsrat)
- Fraunhofer-Allianz Leichtbau (Mitglied)
- Heidelberger Bildverarbeitungsforum (Beirat)
- IOP electronic Journals (Gutachter)
- GACR (Gutachter)
- Commercial Vehicle Cluster CVC (Mitglied)
- Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V. (DGM, Mitglied)
- DGM-Arbeitskreis »Tomographiek« (Mitglied)

- DGM-Fachausschuss »Strahllinien« (Mitglied)

- DGM-Arbeitskreis: Quantitative 3D-Mikroskopie von Oberflächen (Mitglied)

- Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V. (DGZfP, Mitglied)

Ruckdeschel, Peter

- Computational Statistics and Data Analysis (Reviewer)
- Canadian Journal of Statistics (Reviewer)
- Computational Statistics (Reviewer)

- Journal of Statistical Software (Reviewer)

- Journal of the American Statistical Association (JASA) (Reviewer)

- R News (Reviewer)

- Metrika (Reviewer)

- Journal of Statistical Planning and Inference (Reviewer)

Scherrer, Alexander

- Physics in Medicine and Biology (Gutachter)

Schladitz, Katja

- Leichtbau-Cluster (Mitglied)
- Journal of Microscopy (Gutachter)
- Image Analysis & Stereology (Editorial Board und Gutachter)
- Journal of the Royal Statistical Society (Gutachter)
- Scandinavian Journal of Statistics (Reviewer)
- IET Image Processing (Reviewer)
- Scandinavian Journal of Statistics (Reviewer)

Schröder, Michael

- Computers & Operations Research (Gutachter)

Spies, Martin

- Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V. - DGZfP, (persönliches Mitglied, Beiratsmitglied)
- DGZfP Fachausschuss Ultraschallprüfung (Mitglied)
- DGZfP Fachausschuss Hochschullehrer (Mitglied)
- DGZfP Unterausschuss »Modellierung und Bildgebung« im Fachausschuss Ultraschallprüfung (Vorsitzender)
- Journal of the Acoustical Society of America (Gutachter)

- DGZfP Unterausschuss »Ausbildung« im Fachausschuss Ultraschallprüfung (Mitglied)

- DGZfP Unterausschuss »Phased Array« im Fachausschuss Ultraschallprüfung (Mitglied)

- IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics & Frequency Control (Gutachter)

- Journal of Computational Acoustics (Gutachter)

- Materials Evaluation (Gutachter)

- NDT&E International (Gutachter)

- Wave Motion (Gutachter)

- Ultrasonics (Gutachter)

- Acustica (Gutachter)

Wenzel, Jörg

- Zentralblatt für Mathematik (Reviewer)
- Mathematical Reviews (Reviewer)

Wirjadi, Oliver

- IEEE Transactions on Image Processing (Reviewer)
- Image Analysis and Stereology (Reviewer)

Zemitis, Aivars

- Mathematical Modelling and Analysis, The Baltic Journal on Mathematical Applications, Numerical Analysis and Differential Equations (Editor)

PATENTE

Dalheimer, Mathias; Pfreundt,
Franz-Josef
Rechneranordnung mit auto-
matisierter Zugriffssteuerung
von einer und Zugriffskontrolle
auf eine Applikation sowie ent-
sprechendes Zugriffssteuerungs-
und Zugriffskontrollverfahren
Deutsches Patent
DE102008034492A1



Kontakt

Fraunhofer-Institut für Techno- und
Wirtschaftsmathematik ITWM

Fraunhofer-Platz 1
67663 Kaiserslautern

Telefon +49(0)631/3 1600-0
Telefax +49(0)631/3 1600-1099
E-Mail info@itwm.fraunhofer.de
www.itwm.fraunhofer.de