



Fraunhofer

ITWM

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR TECHNO- UND WIRTSCHAFTSMATHEMATIK ITWM



JAHRESBERICHT 2012/13

IMPRESSUM

© Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM 2013

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 86, 87
Fotolia: Seite 59
iStockPhoto: Seite 56, 58
MEV: Seiten 50, 67
Fotos: Fraunhofer ITWM, Gesa Ermel

Druck Kerker Druck GmbH, Kaiserslautern

JAHRESBERICHT
2012/13



INHALTSVERZEICHNIS

4	Vorwort	84	Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC
6	Rückblick	92	Vorträge
8	Felix-Klein-Zentrum für Mathematik	98	Lehrtätigkeiten
10	Das Fraunhofer ITWM	98	Publikationen
13	Organigramm	104	Graduierungsarbeiten
14	Das Institut in Zahlen	106	Messe- und Konferenzteilnahmen
16	Kunden und Kooperationspartner	107	Ehrungen und Preise
18	Kuratorium	108	Eigene Veranstaltungen
18	Vernetzung und Kooperationen	108	Gäste
19	Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick	109	Mitarbeit in Gremien, Herausgebertätigkeit
20	Transportvorgänge	111	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		

Für das ITWM war das Jahr 2012 ein weiteres sehr erfolgreiches Jahr mit einem erneuten Wachstum von 18 % im Haushalt und 31 Neueinstellungen. Wesentlich dazu beigetragen hat die weitere Belebung des Marktes. Im Jahr 2012 wurde mit 9,5 Mio Euro der größte Industrieertrag seit Bestehen des ITWM erzielt, was insgesamt zu einem Wirtschaftsertragsanteil von 45,1 % am Gesamthaushalt von 21 Mio Euro führte. Der Garant für den anhaltenden wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Erfolg ist die hoch motivierte Mannschaft des Instituts. An dieser Stelle möchte ich mich für ihren großen Einsatz für die Ziele des ITWM und die starke Identifikation mit ihrer Arbeit bedanken.

Wachstum erzeugt Platzbedarf. 2012 konnten wir nach nur 19 Monaten Bauzeit unseren Anbau beziehen (mehr dazu auf Seite 6), der eine hervorragende Ausgangssituation schafft für die Erweiterung der Kompetenzen und Geschäftsfelder des ITWM. Anlässlich der feierlichen Einweihung betonte auch unsere Wissenschaftsministerin Doris Ahnen die Bedeutung der Erweiterung des Instituts für die Profilbildung des Wissenschaftsstandortes Kaiserslautern.

Alle Abteilungen des ITWM verzeichnen 2012 ein positives operatives Ergebnis, einige von ihnen mit einem großen überdurchschnittlichen Wachstum. So hat z. B. das Competence Center High Performance Computing seinen Betriebshaushalt um 45 % gesteigert. Dazu beigetragen haben zum ersten Mal in wesentlichem Umfang Projekte wie mySmartGrid und myPowerGrid, die sich mit dem optimierten Einsatz von PV-Strom in Haushalten befassen. Die Softwareprodukte Pre-StackPRO und Fraunhofer File System FhGFS haben sich weiter exzellent entwickelt. Durch die zunehmende Akzeptanz der Softwarewerkzeuge für die Entwicklung paralleler Software konnte die Position als kompetenter HPC-Spezialist im Öl- und Gas-Markt deutlich ausgebaut werden.

Die Abteilung Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit hat 2012 die Technologieentwicklung zur Simulation der Fahrzeug-Umwelt-Mensch-Interaktion im gleichnamigen Innovationscluster weiter vorangetrieben. So wurde das neue georeferenzierte System für die Fahrzeugentwicklung Virtual

Measurement Campaign erstmals bei den Industriepartnern DAF, Daimler, MAN, Scania und Volvo installiert. Die Software IPS Cable Simulation zur virtuellen Montageplanung deformierbarer Kabel und Schläuche wird seit 2012 von der Ausgründung fleXstructures GmbH vertrieben.

Die Abteilung Optimierung steht mit einer Ertragssteigerung von über 25 % gegenüber dem Vorjahr und mit einem Wirtschaftsanteil von über 50 % finanziell außerordentlich solide da. Die Höhepunkte des Jahres waren die Fortsetzung eines Projektes zum optimalen Layout von Photovoltaikkraftwerken im Auftrag der Siemens AG, die Fortführung des Projektes zur mehrkriteriellen Optimierung des Designs von chemischen Prozessen und die Überführung der langjährigen Kooperation auf dem Gebiet der Radiotherapieplanung von Siemens Health Care zu RaysearchLabs, Stockholm.

Die Abteilung Transportvorgänge hat im Umfeld der Projekte zur Filament- und Vliesstoffproduktion erhebliche Fortschritte erzielt. Davon zeugen einerseits drei höchst erfolgreiche Promotionen zum Jahreswechsel, andererseits konnte die Kernsoftware dieses Bereichs FIDYST (Fiber Dynamics Simulation Tool) auf eine komplett neue Grundlage gestellt werden und gestattet die Abbildung komplexer Szenarien zur Vliesstoffproduktion. Im Bereich der Gitterfreien Methoden zeigt die FPM-Software zunehmend ihre hervorragenden Qualitäten als allgemeines Simulationstool für kontinuumsmechanische Problemstellungen.

Die Abteilung Strömungs- und Materialsimulation hat ihre Vorreiterrolle im Bereich der Entwicklung industriell tauglicher Multiskalen- und Multiphysics-Methoden weiter ausgebaut. Zusätzlich konnte ein Durchbruch im Bereich Mikromechanik mit dem robusten FFT-basierten Löser FeelMath erzielt werden, der im Vergleich zu kommerziellen FE-Paketen um Größenordnungen effizienter arbeitet. Erstmals konnten so genannte FE²-Ansätze, die die Simulation und Optimierung von porösen Bauteilen und Verbundstrukturen unter voller Berücksichtigung ihrer lokalen Mikrostruktureigenschaften durchführen, industriell anwendbar gemacht werden.



In der Abteilung Bildverarbeitung wurden 2012 so viele Projekte bearbeitet wie noch in keinem Jahr zuvor. Der Trend zur hundertprozentigen Qualitätskontrolle erfordert insbesondere in der Bildverarbeitung immer neue innovative Lösungen. Dabei sind die Applikationen nicht auf den visuellen Bereich beschränkt, auch die Bildgebung mittels Röntgen-Computertomografie, Ultraschall und anderer Techniken wird zunehmend nachgefragt. Die Kernkompetenz liegt dabei auf der Entwicklung industrietauglicher Algorithmen und Software, die einerseits in Systemen zur Anwendung kommen, aber auch als Programmpakete verfügbar sind.

Die Abteilung Finanzmathematik konnte 2012 ihre Kompetenzen ausbauen und neue innovative Forschungsprojekte starten. Hierzu zählen die Entwicklung eines vollständig neuen Strompreismodells, das auf den stark von regenerativen Energien beeinflussten deutschen Markt zugeschnitten ist, die Konzeption und Umsetzung eines umfassenden Risikomanagementsystems zum Asset Management sowie die Kooperation mit Firmen und Forschern bei der Erstellung einer energiesparenden Hardware-Implementation von Monte Carlo-Algorithmen mit Anwendungen im Finanzbereich.

Die Bearbeitung anspruchsvoller Modellierungs- und Simulationsfragestellungen im Umfeld der Hardware-in-the-Loop-Testung von Steuergeräten für komplexe technische Systeme eröffnete der Abteilung Systemanalyse, Prognose und Regelung ein neues, vielversprechendes industrielles Betätigungsfeld. Überdies wurde mit »Design« ein eigenes Softwaretool für die datenbasierte Prognose und Analyse der Wechselwirkung von Einstellparametern mit verschiedenen Produktqualitäten als Stand-alone Tool weiterentwickelt und erstmalig zur Verhaltensmodellgenerierung für elektrische Schaltungen eingesetzt.

Gestatten Sie mir zum Schluss meines Vorworts einen kleinen Blick über den Tellerrand des ITWM hinaus. In meiner Funktion als Vorsitzender des Wissenschaftlich-Technischen Rates der Fraunhofer-Gesellschaft stehe ich im kontinuierlichen Gedankenaustausch mit den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern unserer

Institute und der Zentralverwaltung in München, mit meinen Kolleginnen und Kollegen in den Institutsleitungen und den Vorständen der Fraunhofer-Gesellschaft. Natürlich gibt es dabei immer wieder unterschiedliche Vorstellungen darüber, wie Grundfinanzierung verteilt werden sollte, wie eine Wachstumsstrategie auszusehen hat, was die Leitthemen von Fraunhofer sind, wie geeignete Instrumente der Personalführung auszusehen haben und viele andere Themen mehr, in denen es auch zu Interessenskonflikten kommt. Das ist manchmal mühsam, aber was mich für meine Arbeit immer wieder stark motiviert, ist eine ausgesprochen lösungsorientierte Kultur des Diskurses und der konstruktiven Auseinandersetzung, die Bereitschaft Kompromisse einzugehen, eine gefühlte und belastbare Corporate Identity mit einer extrem hohen Identifikation mit den Zielen und der Mission der Fraunhofer-Gesellschaft und – last not least – der Stolz darauf, Teil dieser starken Gemeinschaft zu sein. Ich möchte mich bei meinen Kolleginnen und Kollegen in der Fraunhofer-Gesellschaft für die vertrauensvolle und konstruktive Zusammenarbeit in den vergangenen Jahren ganz herzlich bedanken.

Ich wünsche Ihnen jetzt viel Vergnügen bei der weiteren Lektüre unseres Jahresberichtes und möchte mich bei allen Projektpartnern des ITWM für die konstruktive und angenehme Zusammenarbeit bedanken.

Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters
Institutsleiter



1 Kern des neuen Atriums ist das RoboLab, hier noch ohne Kuppel

2 Alle Festredner auf einen Blick: Die rheinland-pfälzische Wissenschaftsministerin Doris Ahnen umgeben von OB Klaus Weichel, TU-Präsident Helmut Schmidt, ITWM-Leiter Dieter Prätzel-Wolters, BMBF-MinR Paul Hocks, Fraunhofer-Vorstand Alfred Gossner und dem Architekten Horst Ermel (v.l.n.r.)



ERWEITERUNGSBAU EWINGEWEIHT

19 Monate Bauzeit, 2000 Quadratmeter Nutzfläche, 110 neue Arbeitsplätze, 11,6 Millionen Euro – das sind die nüchternen Eckdaten des ITWM-Erweiterungsbaus. Dahinter steht ein hoher Zugewinn an Arbeitsqualität, denn der Anbau beherbergt neue Labore, moderne Büros und eine beispielhafte IT-Infrastruktur. Der vom Land Rheinland-Pfalz, der Fraunhofer-Gesellschaft (jeweils 25 Prozent) und dem Europäischen Strukturfonds für regionale Entwicklung EFRE (50 Prozent) finanzierte Anbau ergänzt die drei Riegel des Instituts um einen weiteren Baukörper, der harmonisch durch ein zusätzliches Atrium mit dem Hauptgebäude verbunden ist. Durch einen in Glas gehaltenen zweistöckigen Aufbau wird ein architektonischer Akzent als Abschluss des ITWM-Gebäudes zur Stadt hin gesetzt. Im Mai konnten die ITWM-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeiter ihre neuen Büros beziehen, die offizielle Einweihungsfeier folgte im August.

Der Institutsleiter Prof. Dieter Prätzel-Wolters hob die exzellenten Arbeitsbedingungen und die hervorragende Ausgangssituation für die Erweiterung der Kompetenzen und Geschäftsfelder des ITWM hervor und sagte: »Wir sind uns bewusst, dass solche Investitionen in Forschung und Innovation in schwierigen wirtschaftlichen Zeiten, wo in vielen europäischen Ländern Universitäten und Forschungsinstitute massiv unter dem Sparzwang leiden, keine Selbstverständlichkeit sind. Wir profitieren davon und sind dankbar dafür, dass die Bundesregierung und das Land Rheinland-Pfalz solche Investitionen mit hoher Priorität fördern und die Fraunhofer-Gesellschaft durch ihre erfolgreiche Arbeit in der Lage ist, umfangreiche Mittel für den Ausbau ihrer Institute bereitzustellen.«

Die rheinland-pfälzische Wissenschaftsministerin Doris Ahnen betont die Bedeutung der Erweiterung des Instituts für die Profilbildung des Wissenschaftsstandortes Kaiserslautern. »Ich bin überzeugt, dass die Investitionen in den Neubau gut angelegt sind. Das ITWM kann mit den neuen Arbeitsmöglichkeiten die vielen innovativen Entwicklungen in der anwendungsorientierten Mathematik, die über die Grenzen des Landes hinaus beachtet werden, weiter ausbauen.

Prof. Dr. Alfred Gossner, Mitglied des Vorstands der Fraunhofer-Gesellschaft, dankte allen am Projekt »ITWM-Erweiterungsbau« Beteiligten und hob die Bedeutung des Fraunhofer-Innovationsclusters »Digitale Nutzfahrzeugtechnologie DNT« hervor: »Ein wesentliches Ziel dieses Innovationsclusters ist die Stärkung der regionalen Forschungs- und Entwicklungskompetenzen im Nutzfahrzeug-Bereich. Der Cluster verbessert die Wettbewerbsposition der beteiligten Unternehmen auf europäischen und weltweiten Märkten und leistet damit einen Beitrag zur nachhaltigen Sicherung von Arbeitsplätzen in der Region.«



Einen entscheidenden Beitrag zu den Forschungsarbeiten dieses Innovationsclusters leistet das Herzstück des neuen Atriums, das RoboLab – bestehend aus Schaltzentrale und schwenkbarer Baggerkabine in Originalgröße. In einer darüberliegenden Kuppel wird das mögliche Arbeitsumfeld simuliert, typischerweise Arbeitsszenarien von Baumaschinen. Im Mittelpunkt steht aber der Mensch als Bediener, der mit seinem Verhalten großen Einfluss hat auf die Lebensdauer von Maschinen – und das ist das Alleinstellungsmerkmal des Lauterer RoboLabs, denn bisher wurde der Mensch in der Simulation vernachlässigt. Auch die Ultraschall Imaging-Gruppe des ITWM profitiert vom Anbau. Die neuen Räumlichkeiten mit deutlich vergrößerter Laborfläche bieten bessere Rahmenbedingungen für ihre Forschungsarbeiten zur Prüfung großer und schwer prüfbarer Bauteile, wie zum Beispiel große Schiffsschrauben.

1 *High-Tech-Produkt im Feldeinsatz*

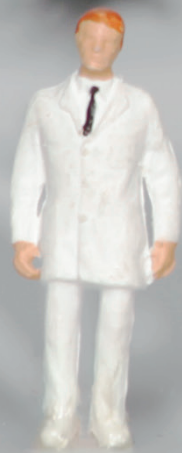
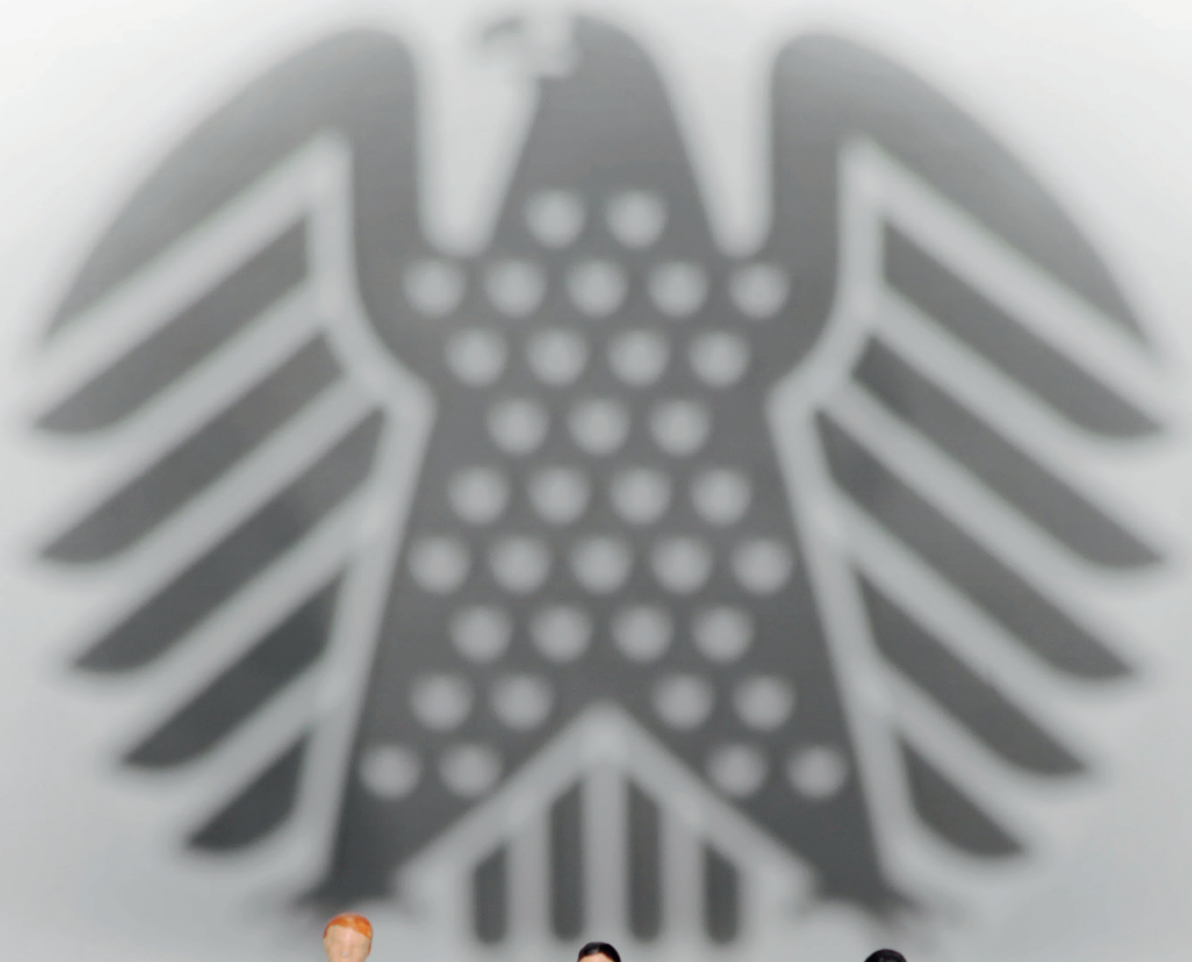
2 *Nachwuchsdiskonten bei der Auftragsvergabe: Wer kann besser planen als der Computer?*

2. INTERNATIONALES NUTZFAHRZEUG-SYMPOSIUM

Im März gehörte das ITWM zu den Mitveranstaltern des Internationalen Nutzfahrzeug-Symposiums, das zum 2. Mal an der TU Kaiserslautern stattfand und die Bedeutung des Forschungsstandorts für die technologische Entwicklung der Nutzfahrzeugindustrie unterstreicht. Vertreter aus Forschung und Industrie waren sich einig: Lkws, Land- und Baumaschinen sind mittlerweile Hightech-Produkte mit vielen anspruchsvollen Aufgaben für Ingenieure, Informatiker oder Mathematiker. Ein Kernthema des Symposiums war die Fahrzeug/Umwelt/Mensch-Interaktion; hier trägt das ITWM vor allem durch sein RoboLab dazu bei, den Arbeitsplatz Nutzfahrzeug optimal auszulegen und zu unterstützen. Weitere Themen waren die Verbesserung der Energie- und Ressourceneffizienz sowie Gewährleistung von Sicherheit und Zuverlässigkeit.

ITWM BEIM IDEENPARK IN ESSEN

Wie lassen sich Wartezeiten im Krankenhausalltag und damit Unmut bei Patienten wie Transporteuren vermeiden? Das zeigte das Fraunhofer ITWM bei der Technik-Erlebniswelt IdeenPark in den Messehallen Essen mit dem »Patienten-Navi«, der Spielvariante der Optimierungssoftware Opti-TRANS. Die realitätsnahe Simulation des Krankenhausalltags lockte viele Besucherinnen und Besucher an den Stand, wo mit viel Engagement versucht wurde, besser zu disponieren als der Computer. Als eines von mehreren Hundert Exponaten konnte auch das »Patienten-Navi« die überwiegend jugendlichen Besucher davon überzeugen, dass Technik und Naturwissenschaften sehr spannend sein können. In den knapp zwei Wochen im August besuchten rund 320.000 Menschen den IdeenPark.





BLICK ÜBER DEN TELLERRAND – EINE INTERDISZIPLINÄRE VORTRAGSREIHE DES FELIX-KLEIN-ZENTRUMS

Einmal im Monat lädt das Felix-Klein-Zentrum, ein institutioneller Zusammenschluss zwischen dem Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik und der TU Kaiserslautern, zu einem Blick über den Tellerrand ein. Gemeint ist hier der wissenschaftliche Tellerrand und gewagt wird der Blick in Form eines Vortrags aus ganz unterschiedlichen Disziplinen; Ziel ist die beiderseitige Horizonterweiterung: die Mitglieder des Felix-Klein-Zentrums sollen nach »draußen« schauen, die Menschen, die »draußen« leben, über den Rand in die Arbeit und die Denkweise des Felix-Klein-Zentrums blicken können.

Für die Reihe konnten bisher sowohl renommierte Historiker, Philosophen, Erziehungswissenschaftler, Soziologen wie auch Mathematiker, die Laien Eindrücke vom Innenleben des Felix-Klein-Zentrums geben können, gewonnen werden. Zu den Referenten gehörte beispielsweise Prof. Dr. Michael Hassemer vom Lehrstuhl für Zivilrecht, Wirtschaftsrecht, Geistiges Eigentum der TU Kaiserslautern, der sich mit der Ökonomisierung des Geistigen Eigentums beschäftigte, speziell mit der Frage, wie unser Urheberrecht im digitalen Zeitalter noch funktionieren kann. Auch die Freiheit der Forschung aus Sicht von Journalisten wurde diskutiert; hier lenkte der Wissenschaftsjournalist Volker Stollorz den Blick der Zuhörer auf das Spannungsfeld zwischen dem Recht der Öffentlichkeit auf Information und dem Wunsch der Wissenschaft nach uneingeschränkter Forschung. Prof. Horst Ermel, dessen Büro das Kaiserslauterer Fraunhofer-Zentrum geplant hat, beschäftigte sich unter dem Motto: Wissen schafft Architektur! mit Entwurfsstrategien für Forschungs- und Wissenschaftsbauten. Aber natürlich gehören auch Vorträge, die sich mit der Mathematik beschäftigen, zum Programm: »Mathematik zwischen Forschung, Anwendung und Vermittlung« (Prof. Dr. Gert-Martin Greuel, TU Kaiserslautern), »Mathematik – ein polarisierendes Schulfach! Welche Rolle kann und soll Mathematik in einem zeitgemäßen Schulunterricht spielen?« (Prof. Dr. Gabriele Kaiser, Universität Hamburg) oder »Der Mathematiker als CEO – Segen oder Fluch?« (Dr. Frank Gropengießer, Mathematiker und Ex-CEO).

Die ausgewählten Vorträge zeigen exemplarisch die große Bandbreite der Themen, für die sich ein Blick über den Tellerrand immer wieder lohnt – egal aus welcher Richtung man schaut. Die Reihe wird fortgesetzt.

1 Politik steuert Wissenschaft: Ein Mythos?
(Prof. Dr. Frieder Meyer-Krahmer, Staatssekretär im Bundesministerium für Bildung und Forschung a. D.)

2 Genom-Forschung zwischen Ethik und Kommerz am Beispiel des CCR5-Gens
(Professor Myles W. Jackson, New York University)

3 Mit allem rechnen – Zur Philosophie der Computersimulation
(Dr. Johannes Lenhard, Universität Bielefeld)



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 Hochleistungsrechner-technologie 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.



ORGANIGRAMM

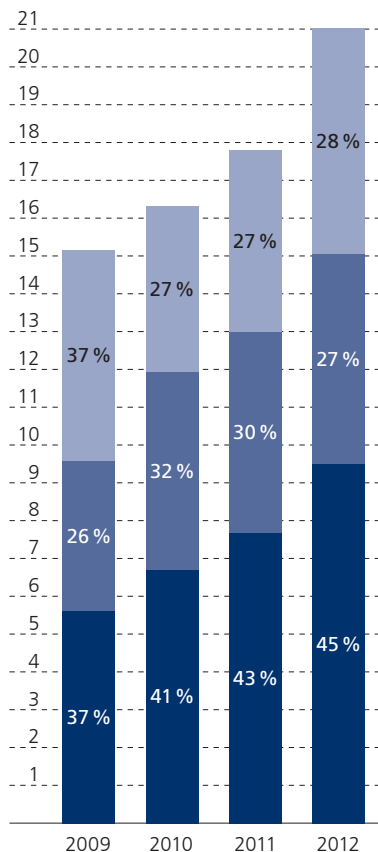
Institutsleitung	Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters
Scientific Advisory Board	Prof. Dr.-Ing. Hans Hasse Prof. Dr. Axel Klar Prof. Dr. Ralf Korn Prof. Dr. Helmut Neunzert Prof. Dr. Stefan Nickel
Verwaltung	Dr. Marion Schulz-Reese
IT	Dr. Elmar Gerwalin
Presse und Öffentlichkeitsarbeit	Dipl.-Math. Steffen Grützner
Competence Center High Performance Computing	Dr. Franz-Josef Pfreundt
Transportvorgänge	Dr. Raimund Wegener
Strömungs- und Materialsimulation	Dr. Konrad Steiner
Bildverarbeitung	Dr. Ronald Rösch
Systemanalyse, Prognose und Regelung	Dr. Patrick Lang
Optimierung	Prof. Dr. Karl-Heinz Küfer
Finanzmathematik	Prof. Dr. Ralf Korn
Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit	Dr. Klaus Dreßler

Martin Braun, Christian Peter, Dieter Eubell, Gabi Gramsch, Tino Labudda, Martin Vogt, Mirko Spell, Eva Schimmele, Dr. Elmar Gerwalin, Erik Schnabel, Dominic Schunk, Alexander Basler, Gesa Ermel, Ilka Blauth, Steffen Grützner, Sylvia Gerwalin, Viktoria Hieb, Waltraud Dully

Klaus Linck, Michael Mannweiler, Michaela Grimberg-Mang, Markus Pfeffer, Anja Nitschky, Katharina Parusel, Manuela Hoffmann, Dr. Marion Schulz-Reese, Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters, Prof. Dr. Helmut Neunzert, Elke Münch, Brigitte Williard, Claudia Nickel, Sabine Müller, Prof. Dr. Axel Klar, Prof. Dr. Stefan Nickel

Betriebshaushalt in Mio. €

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



HAUSHALT

Wie es sich bereits früh angedeutet hat, wurde das Jahr 2012 für das ITWM wieder ein außerordentlich erfolgreiches Jahr. Der neue Institutsanbau konnte bezogen werden, der Betriebshaushalt stieg um über 18 Prozent und der Industrieertragsanteil war mit 45,2 Prozent einer der höchsten der letzten zehn Jahre. Die Industrieerträge stiegen gegenüber 2011 um sagenhafte 23,6 Prozent auf über 9,5 Mio. €. Dabei ist der Anteil von Aufträgen von ausländischen Firmen weiter gestiegen. Er liegt mittlerweile bei 36 Prozent der Gesamtindustrieerträge. Insgesamt konnte das ITWM dabei nicht nur auf seine »Stammkunden« zählen, sondern erhielt Aufträge von erfreulich vielen Neukunden. Zu den größten Auftraggebern 2012 zählten Statoil, Daimler, Siemens und BASF. Bei den öffentlichen Erträgen war gegenüber 2011 ein leichter Rückgang zu verzeichnen. Dabei verringerten sich die BMBF-Erträge um über 20 Prozent. Diese Lücke konnte 2012 noch durch gestiegene Landesmittel geschlossen werden. Angesichts der Schuldenbremse in den öffentlichen Haushalten sind hier die Prognosen für die nächsten Jahre eher ungünstig. Auch bei den Zuwendungen aus den Fraunhofer-internen Programmen war ein Minus gegenüber von 2011 von 14 Prozent zu verzeichnen.

Die Aussichten für 2013 sind allerdings sehr positiv. Bereits im März lag der Auftragsbestand für 2013 bei 72 Prozent in Bezug auf die geplanten Erträge, so dass weiteres Wachstum insbesondere auch im Personalbereich zu erwarten ist.

Haushaltsentwicklung*	2009	2010	2011	2012
Betriebshaushalt	15170	16315	17810	21034
Investitionshaushalt	894	550	2567	1042
Gesamt	16064	16865	20377	22076

*Tausend €

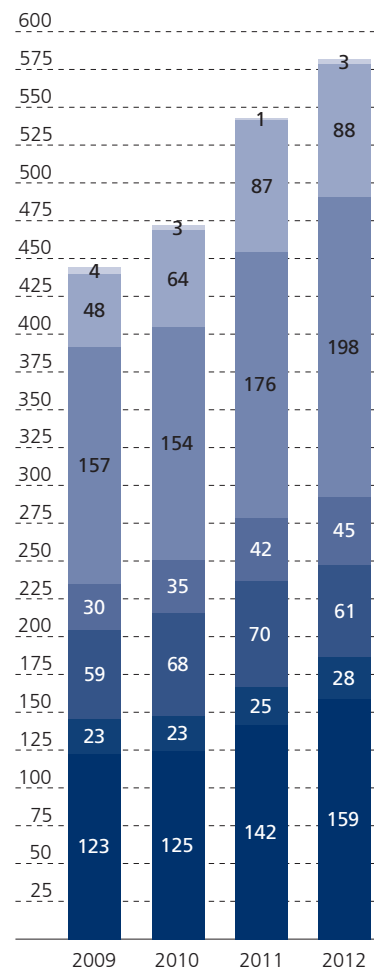
PERSONALENTWICKLUNG

Angesichts der exzellenten Auftragslage ging auch im Jahr 2012 das starke Personalwachstum am ITWM weiter. Es wurden 31 neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter eingestellt, 14 verließen das ITWM. Bemerkenswert ist, dass fast die Hälfte derjenigen, die aus dem ITWM ausschieden, in Spin-Offs des ITWM wechselte. Auch der Frauenanteil am ITWM steigt, fast 40 Prozent der Neueinstellungen im Wissenschaftsbereich waren Frauen.

Ein sehr erfreulicher Trend aus dem Jahr 2011 hielt an, denn von den neuen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern stammt mehr als die Hälfte aus dem eigenen Nachwuchs. Immer mehr zeigt sich, dass die vielfältigen Projekte im Schulbereich und die intensive Förderung von Studierenden am Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern durch das ITWM mittel- und langfristig ein außerordentlich wichtiger Bestandteil der Personalrekrutierung sind. Hier sind auch die erfolgreichen strategischen Allianzen, die mit der TU Kaiserslautern eingegangen wurden, wie die »Mathematikinitiative«, das Kaiserslauterer Innovationszentrum »Science meets Engineering« oder das »Felix-Klein-Zentrum für Mathematik« für das ITWM entscheidende Faktoren für die Personalrekrutierung.

Außerordentlich wichtig für das starke Wachstum des ITWM im Personalbereich war die Fertigstellung des neuen Anbaus im Mai 2012. Die sehr beengten Arbeitsbedingungen der letzten Jahre gehören nun glücklicherweise der Vergangenheit an. Die neuen Flächen sind allerdings bereits heute gut ausgelastet und es deutet sich bereits jetzt an, dass bei einem sehr wahrscheinlichen weiteren Wachstum in naher Zukunft eine weitere Vergrößerung des ITWM notwendig wird.

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



KUNDEN UND KOOPERATIONSPARTNER AUSWAHL 2012

- Abbott GmbH & Co. KG, Ludwigshafen
- Accenture CAS GmbH, Kaiserslautern
- Aixprocess GmbH, Aachen
- ante-holz GmbH, Bromskirchen
- AUDI AG, Ingolstadt
- AUTEFA, Linz (A)
- Avid Technology GmbH, Kaiserslautern
- BASF SE, Ludwigshafen
- Bayerisches Staatsministerium der Finanzen, München
- BMW Group, München
- BPW Bergische Achsen Kommanditgesellschaft, Wiehl
- Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung, Berlin
- Centre de Recherche en Automatique de Nancy, Nancy (F)
- ClusterVision, Amsterdam (NL), München
- Continental, Frankfurt/Main
- DAF Trucks N. V., Eindhoven (NL)
- Daimler AG, Stuttgart
- Delta Computer, Reinbek bei Hamburg
- Demac, Wolkenstein (I)
- Det Norske Oljeselskap, Oslo (N)
- Deutsche Apotheker Bank, Düsseldorf
- Deutscher Sparkassen- und Giroverband, Berlin
- Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg
- EKF diagnostic GmbH, Barleben
- ESI Group, Paris (F)
- evico GmbH, Dresden
- Fachhochschulen: Darmstadt, Emden, Kaiserslautern, Mainz, Mannheim, Saarbrücken, Südwestfalen, Westküste,
- First Quality Nonwoven Inc., Hazle Township (USA)
- FLSmidth Wadgassen GmbH, Wadgassen
- Forschungszentrum Jülich, Jülich
- Fujitsu / ICT, Aachen
- Grau Data, Schwäbisch Gmünd
- Heidelberger Ionen Therapie GmbH, Heidelberg
- Heimbach GmbH & Co. KG, Düren
- Hilite International, Nürtingen
- Hubert Stüken GmbH & Co. KG, Rinteln
- Hüttenwerke Krupp Mannesmann, Duisburg
- IBS FILTRAN GmbH, Morsbach-Lichtenberg
- Intel / BMW, München
- John Deere, Mannheim und Kaiserslautern
- Johns Manville Europe GmbH, Bobingen
- Juwi Holding AG, Wörrstadt
- K+S Kali, Phillipsthal
- Keiper GmbH & Co. KG, Kaiserslautern, Rockenhausen
- Kliniken und Krankenhäuser: Bremen, Dachau, Essen, Frankfurt-Höchst, Heidelberg, Homburg
- KTM-Sportmotorcycle AG, Mattighofen (A)
- Leder- und Gerberschule Reutlingen e.V., Reutlingen
- Liebherr, Kirchdorf, Colmar (F)
- LKC Wirtschaftsprüfer, Rechtsanwälte, Steuerberater, München
- MAN Truck & Bus Deutschland GmbH, München
- Mann+Hummel GmbH, Ludwigsburg

- Marathon Oil, Houston (USA)
- Massachusetts General Hospital (MGH) / Harvard Medical School, Boston (USA)
- Math2Market GmbH, Kaiserslautern
- Megware, Chemnitz
- Micobuss Software GmbH, Essen
- Mines Paris Tech, Paris / Fontainebleau (F)
- MTU Aero Engines GmbH, München
- MVZ Dres. Englmaier, Waldkraiburg
- Neoperl GmbH, Müllheim
- NOGRID GmbH, Mainz
- Oerlikon Neumag, Neumünster
- Paul Wild OHG, Kirschweiler
- Pfalzwerke, Ludwigshafen
- Porsche AG, Weissach
- proALPHA Software AG, Weilerbach
- Procter & Gamble, Schwalbach; Euskirchen, Cincinnati (USA)
- Progress Rail Inspection & Information Systems, Bad Dürkheim
- R+V Versicherung, Wiesbaden
- Reckitt Benckiser Produktions GmbH, Ludwigshafen
- Repsol, Houston (USA)
- Robert Bosch GmbH, Stuttgart
- Roche Pharma AG, Grenzach-Wyhlen, Pensberg
- Rock Solid Images, Houston (USA)
- Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG, Oberursel
- Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Duisburg
- Scania CV AB, Södertälje (S)
- Schmitz Cargobull AG, Altenberge
- Schott AG, Mainz
- Seismic City, Houston (USA)
- SIEDA GmbH, Kaiserslautern
- Siemens AG, Energy Sector, Nürnberg
- Siemens AG, Oncology Care Systems, Heidelberg
- Spring Energy, Oslo (N)
- Stadtwerke Kaiserslautern, Kaiserslautern
- Statoil, Stavanger (N), Trondheim (N)
- Stryker GmbH & Co KG, Freiburg
- Transtec, Tübingen
- T-Systems Solutions for Research GmbH, Stuttgart
- Tucher Beratende Ingenieure Projektmanagement, München
- Universitäten: Bordeaux (F), Erlangen, Freiberg, Kaiserslautern, Karlsruhe, Kassel, Linz (A), Mainz, Mannheim, Nancy(F), Saarbrücken, Thuwal (KSA), Ulm
- Vaillant, Remscheid
- Vesuvius GmbH, Borken
- Voith Paper Fabric & Roll Systems, Heidenheim
- Volkswagen AG, Wolfsburg
- Volkswagen-Stiftung, Hannover
- Volvo CE, Konz, Göteborg (S)
- VR Automotive Dichtsysteme GmbH, Auengrund
- Westinghouse Electric Germany GmbH, Mannheim
- Wipotec GmbH, Kaiserslautern
- Woltz GmbH, Wertheim
- Zaunwelt GmbH, Duhlwiesen

August Altherr, JOHN DEERE European Technology Innovation Center

Dr.-Ing. Erwin Flender, MAGMA Gießereitechnologie 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, Chalmers Tekniska Högskola

Dr. Wilhelm Krüger, Blue Order AG

Prof. Dr. Volker Mehrmann, Technische Universität Berlin

Prof. Dr. Helmut Neunzert, Fraunhofer ITWM

Barbara Ofstad, Siemens AG

MR Richard Ortseifer, Ministerium für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung des Landes Rheinland-Pfalz

RD Ingo Ruhmann, Bundesministerium für Bildung u. Forschung

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

Prof. Dr. Helmut J. Schmidt, TU Kaiserslautern

Dr. Mattias Schmidt, Procter & Gamble Service GmbH

Prof. Dr. Wolfgang Wahlster, DFKI GmbH

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

Dr. Christof M. Weber, Daimler AG

Das ITWM ist eingebunden in ein Netz nationaler und internationaler Kooperationen und Mitglied mehrerer Zusammenschlüsse innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft:

- Fraunhofer-Verbund »IuK-Technologie«
- Fraunhofer-Verbund »Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS (Gaststatus)«
- Fraunhofer-Allianz »Automobilproduktion«
- Fraunhofer-Allianz »Batterien«
- Fraunhofer-Allianz »Cloud Computing«
- Fraunhofer-Allianz »Leichtbau«
- Fraunhofer-Allianz »Numerische Simulation von Produkten, Prozessen«
- Fraunhofer-Allianz »Verkehr«
- Fraunhofer-Allianz »Vision«
- Fraunhofer-Innovationscluster »Digitale Nutzfahrzeug-technologie«

Weitere Kooperationen

- **Innovationszentrum »Applied System Modeling«**
Im ASM arbeiten die Fraunhofer-Institute IESE, ITWM, IPM (Abteilung Terahertz-Messtechnik) sowie die Fachbereiche Informatik und Mathematik der TU Kaiserslautern eng zusammen, um schneller hochtechnisierte Produkte zu entwickeln.
- **Center for Mathematical and Computational Modeling (CM)²** am Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern hat seinen Fokus auf mathematischen Anwendungen in den Ingenieurwissenschaften.
- **Felix-Klein-Zentrum für Mathematik**
Das FKZM ist eine institutionelle Verbindung zwischen Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern und Fraunhofer ITWM, mit Schwerpunkt auf der Nachwuchsförderung, u. a. in Form von Modellierungswochen für Schulen, Stipendien und einem Mentorenprogramm für Mathematik-Studierende.
- **Science Alliance Kaiserslautern**
Zusammenschluss der Studien- und Forschungseinrichtungen am Standort Kaiserslautern.

DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT AUF EINEN BLICK

Forschen für die Praxis ist die zentrale Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft. Die 1949 gegründete Forschungsorganisation betreibt anwendungsorientierte Forschung zum Nutzen der Wirtschaft und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 66 Institute und selbstständige Forschungseinrichtungen. Rund 22 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,9 Milliarden Euro. Davon fallen 1,6 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Über 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Niederlassungen sorgen für Kontakt zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mit ihrer klaren Ausrichtung auf die angewandte Forschung und ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien spielt die Fraunhofer-Gesellschaft eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas. Die Wirkung der angewandten Forschung geht über den direkten Nutzen für die Kunden hinaus: Mit ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Sie fördern Innovationen, stärken die technologische Leistungsfähigkeit, verbessern die Akzeptanz moderner Technik und sorgen für Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft. Studierenden eröffnen sich aufgrund der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung an Fraunhofer-Instituten hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

Namensgeber der als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft ist der Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787–1826). Er war als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich.





TRANSPORTVORGÄNGE

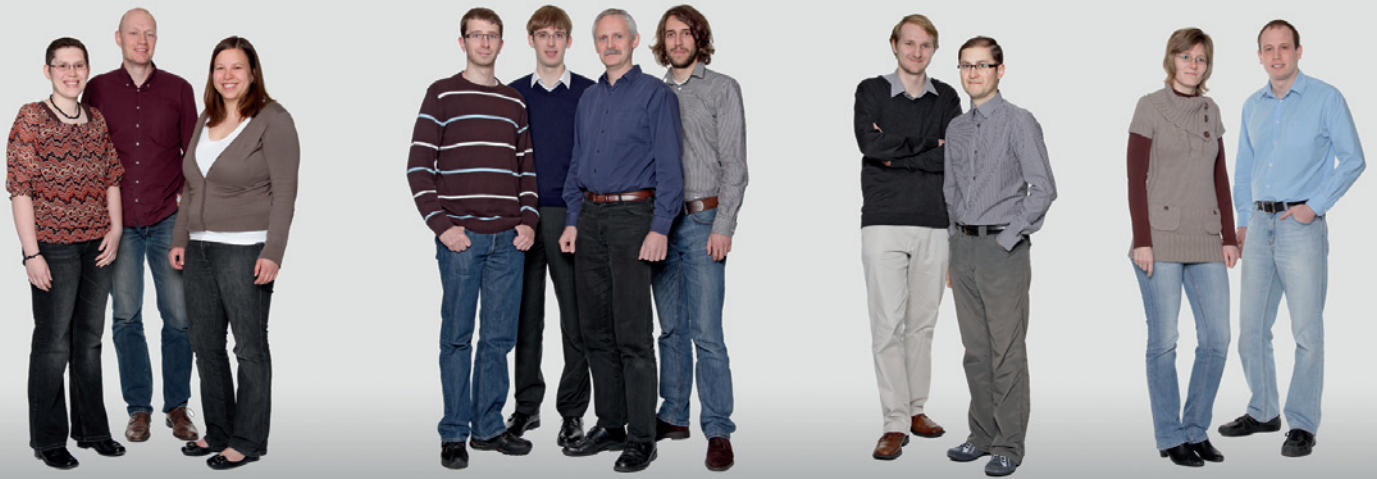
- FLEXIBLE STRUKTUREN
- STRÖMUNG
- GITTERFREIE METHODEN
- OPTIK, STRAHLUNG, WÄRME
- MODELLREDUKTION

Abteilungsleiter

Dr. Raimund Wegener

T. 0631/3 1600-4231

raimund.wegener@itwm.fraunhofer.de



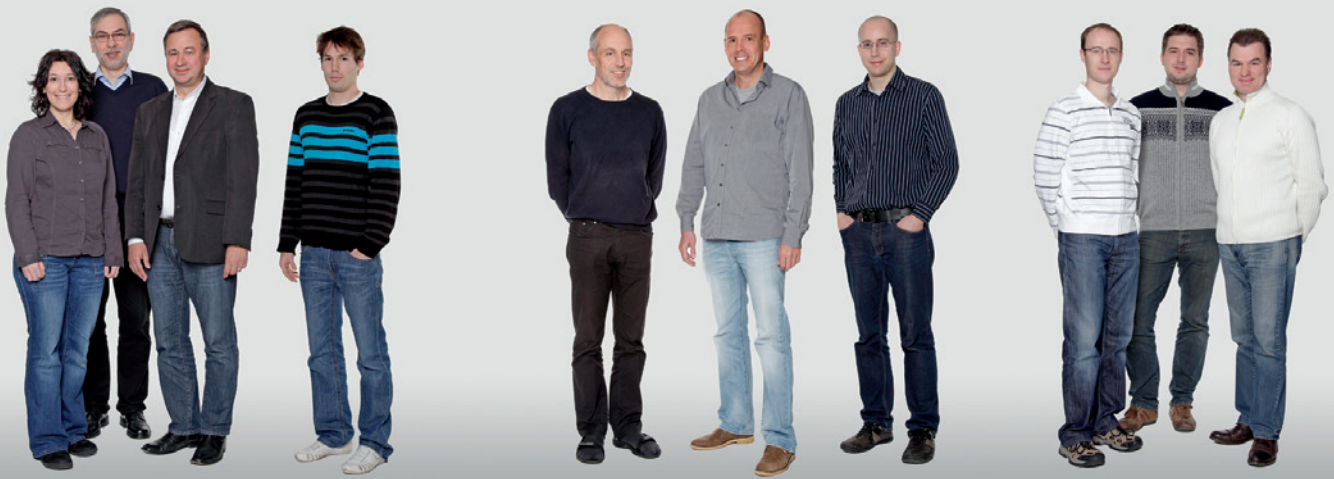
Kernkompetenz der Abteilung Transportvorgänge ist die mathematische Modellierung komplexer industrieller Problemstellungen und die Entwicklung effizienter Algorithmen zu ihrer numerischen Lösung (Simulation). Die bearbeiteten Problemstellungen in den nachfolgend skizzierten Bereichen sind im technisch-naturwissenschaftlichen Kontext (Strömungsdynamik, Strahlungstransport, Optik, Akustik, Strukturmechanik etc.) angesiedelt und führen aus mathematischer Sicht auf partielle Differentialgleichungen, die meist als Transportgleichungen zu charakterisieren sind. Aus Sicht der industriellen Kunden geht es typischerweise um die Optimierung von Produkten und die technische Auslegung von Produktionsprozessen. Das Angebotsspektrum der Abteilung umfasst Kooperationsprojekte mit den ingenieurwissenschaftlich ausgerichteten FuE-Abteilungen der Partnerfirmen, Studien mit Auslegungs- und Optimierungsvorschlägen, Konzeptentwicklungen sowie Softwarelösungen. Das Jahr 2012 verlief für die Abteilung in allen Bereichen wirtschaftlich und wissenschaftlich höchst erfolgreich.

Flexible Strukturen

Der Schwerpunkt Flexible Strukturen beschäftigt sich mit der Modellierung und numerischen Simulation beweglicher (elastischer, viskoser oder viskoelastischer) Objekte, insbesondere mit der Dynamik von Fäden in (turbulenten) Strömungen. 2012 wurde der über viele Jahre entwickelte Simulator FIDYST (Fiber Dynamics Simulation Tool) einem kompletten Redesign unterzogen und besitzt nun einen neuen hocheffizienten algorithmischen C++-Kern, eine moderne Benutzerführung sowie flexible Schnittstellen zu kommerziellen Strömungssolvern. FIDYST wird in zahlreichen Projekten zur systematischen Prozessauslegung und Prozessoptimierung im Bereich Technischer Textilien (z. B. Vlieslegung, Spinnprozesse) erfolgreich eingesetzt. Speziell für Vlieslegungsprozesse wurde der eigentliche Simulator zur FIDYST-Suite erweitert und umfasst stochastische Modelle zur Fadenablage und virtuellen Vliesgenerierung.

Strömung

Die Kompetenz dieses Schwerpunkts überdeckt die verschiedenen Bereiche der Strömungsdynamik auf Basis der Navier-Stokes-Gleichungen, d. h. die ganze Bandbreite hinsichtlich der Kennzahlen wie Reynolds- oder Machzahl sowie verschiedenartige Materialmodelle. Häufig werden auch Fluid-Struktur-Kopplungen oder die Wärmestrahlung einbezogen. Zur Lösung der Problemstellungen stehen Standardwerkzeuge wie FLUENT oder CFX zur Verfügung, die mit eigenen spezifischen Routinen erweitert und ergänzt werden. Einen Forschungsschwerpunkt bildet die optimale Geometrieauslegung für Schmelzeströmungen auf Basis gewünschter Wandschubspannungsverteilungen.



Gitterfreie Methoden

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

Optik, Strahlung, Wärme

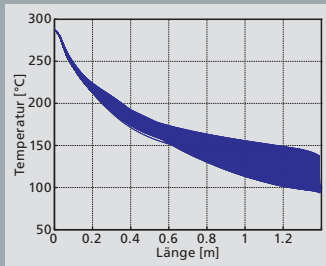
Freiformlinsen oder -reflektoren können zur gezielten Ausleuchtung von Flächen gemäß einer fixen Vorgabe benutzt werden. Da keine weiteren Elemente zum Projizieren oder Abblenden erforderlich sind, erreicht man mit Freiformoptiken eine optimale Lichtausbeute mit einer minimalen Optik. Aber wie muss die Oberfläche einer Linse oder eines Reflektors aussehen, um das Licht entsprechend zu verteilen? Die Abteilung Transportvorgänge hat dazu einen sehr schnellen, robusten Algorithmus entwickelt und darauf basierend die Software LODTa (Light Optimal Distribution Tool) implementiert, die insbesondere die Kompetenz des Schwerpunkts zur Lösung sogenannter inverser Fragestellungen demonstriert. Neben Optikdesign und Strahlung im sichtbaren Bereich beschäftigt sich der Schwerpunkt mit dem Strahlungstransport im infraroten Bereich, der Wärmestrahlung und mit Wärmeleitung.

Modellreduktion

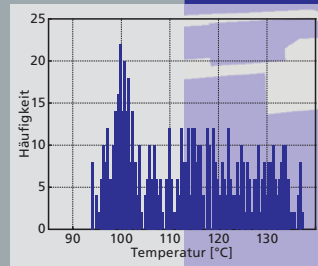
Dank hochentwickelter Software und starker Rechnerleistung lassen sich technische Produkte und Prozesse sehr detailliert simulieren. In der Regel genügt dies dem Entwickler jedoch nicht: Er möchte Varianten erproben, schnell bewerten und optimieren. Schlüsseltechnologie hierfür ist die parametrische Modellreduktion, bei der Ausgangsobjekte, z. B. große Finite-Elemente-Modelle, in parametrische, reduzierte Zustandsraummodelle überführt werden. Diese können dann erheblich schneller ausgewertet werden als die Ursprungsmodelle. Mit dem hierzu neu entwickelten parametrischen Ansatz kann ein klassisches Problem der Modellreduktion überwunden werden: Für neue Designparameter muss keine neue Reduktion mehr gestartet werden. Vielmehr wird aus wenigen, einmal vorab erstellten reduzierten Modellen dasjenige für den neuen Parametersatz per Interpolation erzeugt – oft in Bruchteilen einer Sekunde.

*Dr. Isabel Ostermann,
Dr. Jörg Kuhnert, Dr. Elisa Röhrig, Andre Schmeißer,
Dr. Christian Leithäuser,
Dr. Jan Mohring, Johannes Schnebele, Thomas Cibis,
Dr. Walter Arne, Maria Kobert, Simon Schröder*

*Dr. Simone Gramsch,
Dr. Dietmar Hietel,
Dr. Norbert Siedow, Florian Hübsch, Dr. Robert Feßler,
Dr. Raimund Wegener,
Johannes Maringer,
Dr. Jevgenij Jegorov,
Dr. Jalo Liljo, Sergey Antonov*



1



2

3

SIMULATION UND OPTIMIERUNG VON SPINNPROZESSEN

1 Temperaturverlauf aller Fäden in Stapelfaserspinnprozess (6.7 dtex) von ADVANSA

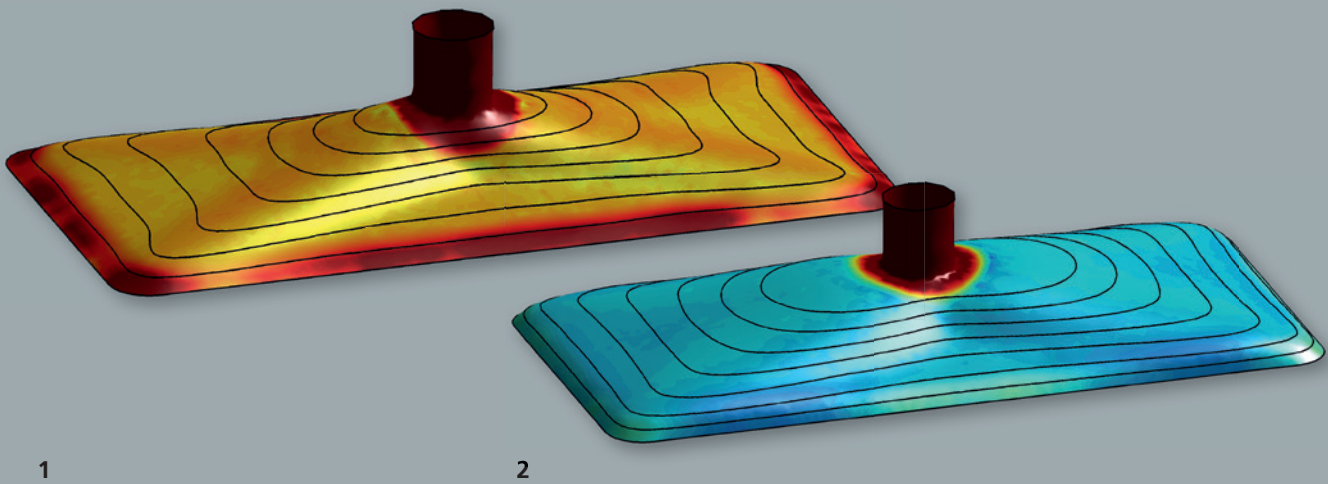
2 Verteilung der Temperatur an der Rolle im Stapelfaserspinnprozess von ADVANSA. Aufgrund der Abkühlung um etwa 150 Grad ist die Übereinstimmung zwischen Simulation und Messungen mit einem Mittelwert von 110 °C gegenüber 112 °C und Standardabweichung von 12 K gegenüber 14 K hervorragend.

3 Simulation des rotatorischen Spinnprozesses von Woltz zur Herstellung von Glaswolle

Nach dem Austritt der Schmelze aus dem Spinnpaket bildet der Spinnprozess den eigentlichen funktionsdeterminierenden Teil bei der Herstellung von Fasern und Filamenten. Deren Einsatzspektrum reicht von Stapelfasern über Vliesstoffe bis zu technischen Textilien. Im Spinnprozess werden die Fasern mechanisch oder aerodynamisch auf die gewünschte Spinnengeschwindigkeit beschleunigt. Entscheidend für die Prozessqualität ist dabei vor allem die Gleichmäßigkeit der Fasereigenschaften und die Produktivität.

In den letzten Jahren haben eine Reihe von Forschungsaktivitäten am Fraunhofer ITWM die Grundlage für eine umfassende Simulation solcher Spinnprozesse geliefert. Die aus der Cosserat-Theorie abgeleiteten Fadenmodelle beruhen auf der eindimensionalen Bilanzierung von Masse, Impuls und Energie entlang des Fadens für String-Modelle und zusätzlich des Drehimpulses für Rod-Modelle. Die umgebende Luftströmung erzeugt einerseits eine Kraft auf den Faden und bewirkt andererseits einen Wärmeaustausch mit dem Faden. Auf Basis analytischer und experimenteller Resultate ist die Luftkraft durch das ITWM zu einem universell einsetzbaren Modell entwickelt worden. Die Rückwirkung auf die Strömung beruht auf dem allgemeinen Prinzip »actio gleich reactio«. Durch Homogenisierung führt dieses auf Impuls- und Energiequellen in der Strömung, die in Strömungstools wie FLUENT als UDF umsetzbar sind. Durch iterative Verknüpfung von Fadendynamik in MATLAB und Strömungsdynamik in FLUENT resultiert daraus ein Werkzeug zur Simulation der vollen Wechselwirkung im Spinnprozess.

Zusammen mit industriellen Partnern ist dieses Simulationsprinzip für unterschiedliche Spinnprozesse eingesetzt worden. Im mechanisch angetriebenen Stapelfaser-Spinnprozess der Firma ADVANSA werden höchste Ansprüche an die Gleichmäßigkeit der Fasern und damit der Abkühlung gestellt. Durch die Zusammenarbeit ist inzwischen ein modifizierter Spinnprozess mit verbesserter Gleichmäßigkeit etabliert worden. Der aerodynamische Spinnprozess der Firma Woltz dient zur Herstellung von Glaswolle. Dabei wird der Schmelzestrang zunächst in einer rotierenden Scheibe über einen Glasfilm verteilt und dann durch die Zentrifugalkraft aus zehntausenden Löchern herausgedrückt und in einem Luftstrom zerfasert, der aus einem scheibennahen Heißgasstrom und einem umgebenden kalten Schleierluftstrang resultiert. Diese Simulationen bedingen ein höchstes Maß an Kopplung aufgrund der aerodynamisch sich einstellenden Fadenkurven sowie der Kopplung zum Glasfilm im Inneren der Scheibe. Die Optimierung dieses Prozesses zielt vor allem auf die passende Verknüpfung der unterschiedlichen Lochdurchsätze der verschiedenen Lochreihen und der deutlich höheren Spinnengeschwindigkeit an den oberen im Vergleich zu den unteren Reihen.



OPTIMALE SCHMELZESTRÖMUNG

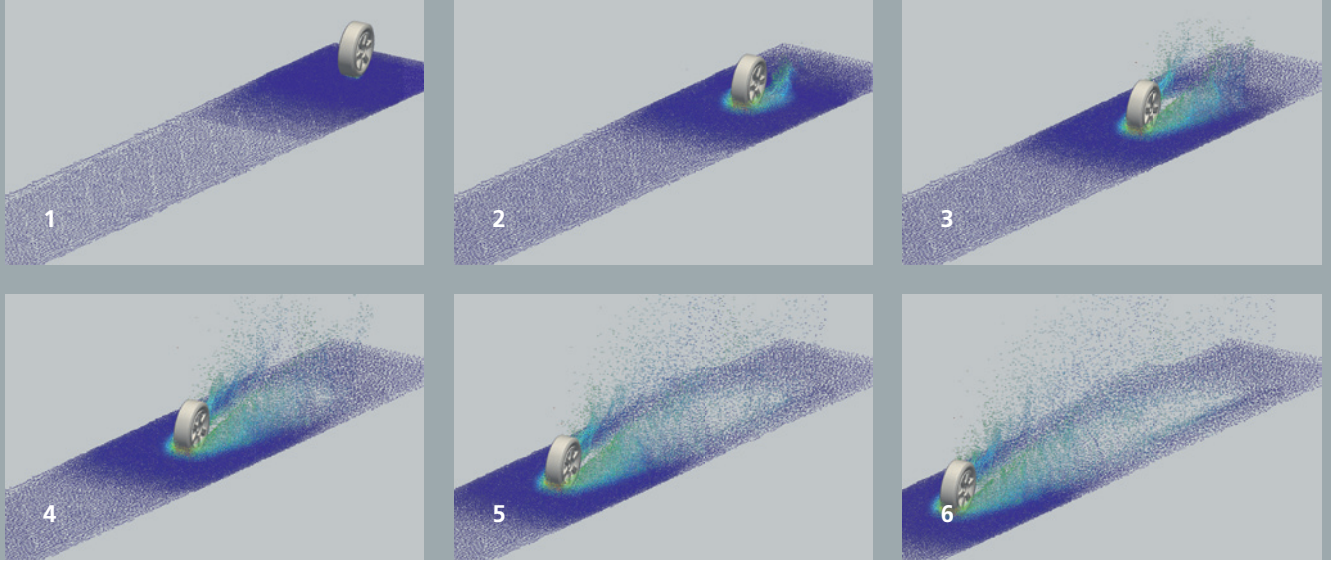
Spinnprozesse zur Herstellung von Vliesstoffen und Filamenten finden vielfältige Anwendungen in einem weiten Spektrum von Produkten. Typischerweise besteht die Prozesskette aus den Produktionsschritten Schmelzen, Spinnen, Verwirbeln und Ablegen. Hierbei wird Polymerschmelze durch eine Verteilergeometrie auf eine Spinnplatte gepresst. Die Spinnplatte besteht aus vielen feinen Kapillaren, aus denen Filamente gesponnen werden. Diese werden im nachfolgenden Prozess verwirbelt, auf ein Band abgelegt und durch verschiedene weitere Schritte zu einem Endprodukt verarbeitet. Die Produktqualität hängt dabei von einem optimalen Zusammenspiel aller Prozessschritte ab.

Die Forschungsaktivitäten zur optimalen Schmelzeströmung beschäftigen sich mit der Polymerströmung innerhalb eines solchen Schmelzeverteilers sowie dem Bereich um die Spinnplatte. Da reale Spinnprozesse häufig mit schnell degradierenden Polymeren arbeiten, ist es für die Produktqualität von entscheidender Bedeutung, die Verweilzeit innerhalb des Verteilers so kurz wie möglich zu gestalten. Zu lange Verweilzeiten führen zu Degradierungen oder vorzeitigem Abkühlen des Polymers und damit zu minderwertigen Filamenten sowie zu Faserabbrissen. Im schlimmsten Fall können einzelne Kapillaren oder Teile des Verteilers verstopfen.

Die optimale Auslegung der Verteilergeometrie entspricht mathematisch einem Geometrieoptimierungsproblem. Als Gütekriterium für einen Schmelzeverteiler bietet sich hierbei die Wandschubspannung an. Diese ist ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeitszunahme im Bereich einer Wand des Verteilers. Gibt es nun eine Region, in der die Wandschubspannung sehr gering ist, so bedeutet dies, dass in diesem Bereich die Strömungsgeschwindigkeit niedrig ist, was zu einer längeren Polymerverweilzeit führt. Daher ist es sinnvoll, die Verteilergeometrie frei von Regionen mit geringer Wandschubspannung auszulegen. Da aber auch zu hohe Wandschubspannungen zu Problemen führen können, zeichnet sich ein optimaler Schmelzeverteiler durch einen möglichst homogenen Wandschubspannungsverlauf aus.

Mit den entwickelten Methoden ist es möglich, individuelle Schmelzeverteiler und in Zukunft sogar ganze Spinnpakete für ein breites Spektrum von Prozessparametern auszulegen. Die am Rechner ausgelegten Geometrien können mit komplexen Strömungssimulationen vorab überprüft werden. So können die erwarteten Verbesserungen vor der eigentlichen Konstruktion verifiziert werden. Bereits erfolgte industrielle Umsetzungen dieser Herangehensweise haben deutliche Vorzüge gegenüber den bisher verwendeten Konstruktionen gezeigt.

1+2 *Zwei unterschiedlich ausgelegte Schmelzeverteiler mit homogener Wandschubspannung (über die Farbe dargestellt).*



REGENWASSERMANAGEMENT AN FAHRZEUG-KAROSSERIEN

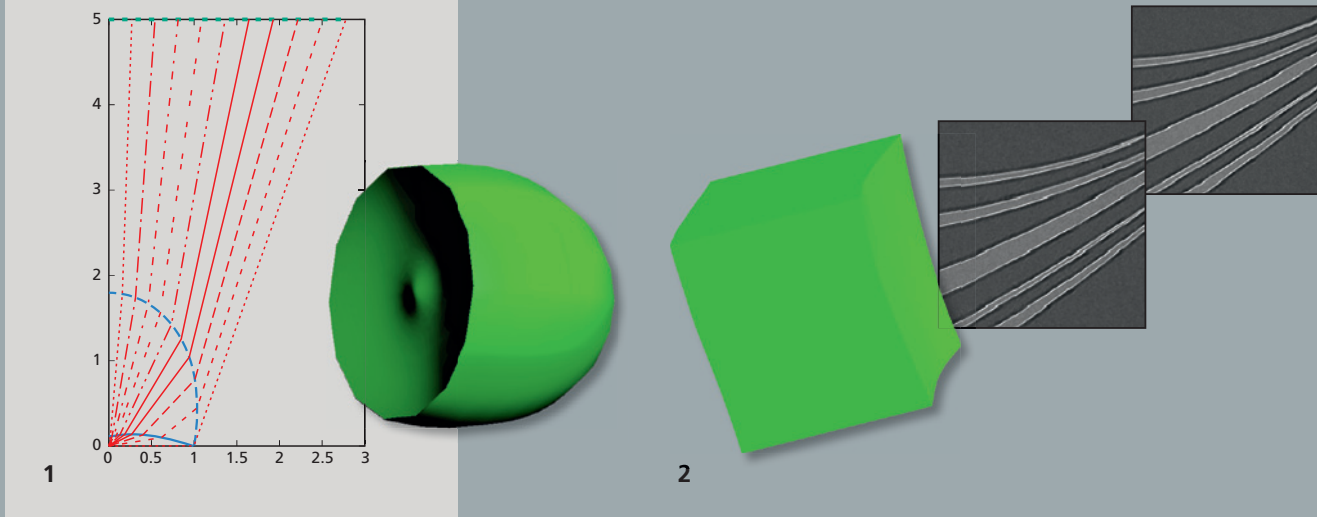
1 – 6 *Spraybildung bei Wasserdurchfahrt; Ausgangspunkt für Untersuchungen des (Regen-) Wassertransports an Fahrzeugen*

Regen ist der Motor unserer Natur. In einigen Situationen ist das Regenwasser aber nicht unser Freund; es führt zu Verärgerung oder kann Schaden anrichten. In solchen Fällen ist die Simulation von Regenwasser nicht nur ein »nice-to-have«, sondern ein sinnvolles Werkzeug bei der Entwicklung von Technologie, die durch Wasser beeinträchtigt werden kann.

Als Beispiel sei hier ein Fahrzeug herangezogen. Regenwasser kann schädigen, wenn es in Hohlräume, beispielsweise die der Türen, eindringt und die dort sehr zahlreich vorhandenen elektrischen und elektronischen Geräte angreift. Zu einem Risikofaktor wird Regenwasser, wenn es sich schmutzbeladen am Außenspiegel oder den Scheiben niederschlägt. Zu einem Ärgernis wird Regenwasser, wenn es immer wieder von der Klappe in den Kofferraum tropft. Simulation ist sinnvoll, wenn sie uns Schaden und Ärger erspart und Sicherheit gibt. Wir kennen Regenwasser in Form von dünnen Schichten (Pfützen, Wasserlachen) und in Form von Tropfen. Die eine Form kann in die andere übergehen, aus vielen Tropfen auf einer Kofferraumklappe bildet sich beim Öffnen ein Wasserschwall als Schicht aus. Ein Wasserschwall wird beim Strömen über eine Abrisskante stets Tropfen ausbilden. Die Dynamik wird dominiert von Oberflächenspannung und Benetzungswinkel des Wassers zur angrenzenden Oberfläche.

Ziel ist eine möglichst effiziente Simulation. Daher werden die dünnen Schichten nicht als 3D-Lösung, sondern mithilfe der Flachwassergleichungen abgebildet. Die Tropfen andererseits können nur als klassische 3D-Gebilde numerisch behandelt werden. Simulationsgrundlage für beide Fälle bildet die Finite-Pointset-Methode (FPM). Dieser gitterfreie Ansatz eignet sich besonders gut zur Simulation von Strömungen mit freien Oberflächen. Sehr sinnvoll ist die Anwendung der FPM, wenn das Strömungsgebiet a priori nicht eingegrenzt werden kann (wenn also nicht bekannt ist, wohin der Tropfen wirklich fallen wird).

Die Lösung der Flachwassergleichung erfolgt auf einer Punktwolke, die nur an den Geometrierändern existiert und dort ähnlich wie ein Wasserfilm entlanggleitet. Der FPM-Solver für Flachwasser ist eine Neuentwicklung im Jahr 2012; hier sind Filmdicke und -geschwindigkeit die hauptsächlichen Integrationsvariablen. Die Lösung der Tropfen erfolgt klassisch mit 3D-FPM. Eine Herausforderung besteht in der Kopplung dieser beiden Phasen. Im dem Maße, wie aus einer flachen Wasserschicht ein Tropfen entstehen kann, muss auch die FPM-Numerik eine 3D-Phase aus einer Flachwasserlösung erzeugen können. Dasselbe gilt umgekehrt.



FREIFORMOPTIKEN

Mit Freiformoptiken können Flächen entsprechend einer individuellen Vorgabe ausgeleuchtet werden. Die Lichtstrahlen werden an der Freiformfläche durch Brechung bzw. Reflexion so umgelenkt, dass diese Vorgabe realisiert wird. Dabei geht kein Licht verloren und es sind keine zusätzlichen optischen Komponenten erforderlich. Daher sind Freiformoptiken äußerst energieeffizient und ressourcenschonend.

Zusammen mit dem Fraunhofer IPT und dem Fraunhofer IOF arbeitet das Fraunhofer ITWM an der wirtschaftsorientierten strategischen Allianz »Design und Produktion von Freiformoptiken« (WISA FREIFORM). Die Vision dieser vom ITWM geführten Allianz ist es, die Anwendung komplexer optischer Freiformflächen in der mittelständischen Industrie durchzusetzen, indem eine individuelle Freiformfläche innerhalb von 30 Minuten ausgelegt, gemessen und gefertigt werden kann.

In der WISA FREIFORM arbeitet das Fraunhofer ITWM u. a. an der Entwicklung und Implementierung von mathematischen Methoden zum Design von Freiformoptiken. Mit der am ITWM entwickelten Software kann die Oberfläche von Freiformlinsen und -reflektoren in wenigen Sekunden berechnet werden. Die gewünschte Lichtverteilung wird als normale Bilddatei (*.bmp, *.png, *.tif, *.jpg) eingegeben; die berechnete Freiformoptik wird als iges-Datei ausgegeben und kann somit für andere Softwarepakete lesbar gemacht werden.

Durch das Design beider Linsenseiten können nun auch Linsen mit unendlicher Tiefenschärfe bestimmt werden. Während eine Seite so ausgelegt wird, dass sie das gewünschte Abbild realisiert, sorgt das Design der anderen Linsenseite dafür, dass dieses Abbild in beliebiger Entfernung des Bildschirms erhalten bleibt.


Neben dem Design von Freiformoptiken lag ein Schwerpunkt der Arbeiten 2012 auch auf der Berechnung rotationssymmetrischer Asphären. Das wesentliche Merkmal dieser Art von Freiformlinsen besteht darin, dass sie das von einer Punktlichtquelle ausgehende und auf die Linsenunterseite einfallende Licht gleichmäßig im Winkelraum verteilen. Neben dem theoretischen Konzept wurde eine neue Software entwickelt, mit der man diese Art von Linsen sehr schnell berechnen und als iges-Objekt speichern kann. Diese asphärischen Linsen können beispielsweise als Primäroptik für LEDs genutzt werden. Sie fangen das gesamte Licht der LED ein und verteilen es in einem gewünschten Winkelraum.


1 *Asphäre, die das Licht aus dem gesamten Halbraum in einen Konus von 20° bündelt*

2 *Freiformlinse mit unendlicher Tiefenschärfe und Bildern in 1 m bzw. 3 m Entfernung zur Linse*



Fraunhofer

 **Fraunhofer**
IESE

 **Fraunhofer**
ITWM

STRÖMUNGS- UND MATERIALSIMULATION

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

Abteilungsleiter

Dr. Konrad Steiner

T. 0631/3 1600-4342

konrad.steiner@itwm.fraunhofer.de



Die Abteilung Strömungs- und Materialsimulation beschäftigt sich mit der Multiskalenmodellierung und Entwicklung effizienter und robuster Simulationsmethoden und Softwaretools für ein in die Produktentwicklung integriertes virtuelles Materialdesign. Die Modellierung und Simulation der Herstellungsprozesse der komplexen Verbund- bzw. Hybridmaterialien wird dabei zusätzlich in den virtuellen Auslegungsprozess mit einbezogen. Typische Anwendungsbeispiele sind die Herstellung und Funktionalisierung von Filtermaterialien und technischen Filtern, von Batterie- bzw. Brennstoffzellen oder von faser- und partikelverstärkten Kompositen. Bei der Produkt- und Prozessauslegung ist in vielen Anwendungen das Verständnis und die Berücksichtigung von lokalen Struktur-Eigenschaftsbeziehungen der zugrundeliegenden Fluide und Materialien entscheidend. Die Alleinstellung der Abteilung ist gekennzeichnet durch Entwicklung, Bereitstellung und spezifische Anwendung von industriell tauglichen Multiskalen- und Multiphysics-Methoden und firmenspezifischen Softwarelösungen.

Mikrostruktursimulation und virtuelles Materialdesign

Virtuelles Materialdesign beschäftigt sich mit der Methoden- und Softwareentwicklung zur funktionalen Optimierung komplexer dreidimensionaler geometrischer Strukturen von porösen Materialien und Verbundwerkstoffen. Die Technologie wird aktuell besonders in Projekten zur Auslegung von Komponenten in Brennstoffzellen, Papiermaschinen und den verschiedensten Arten von Filtermedien angewendet. Die Vermarktung und Kommerzialisierung der Software GeoDict hat die aus der Abteilung heraus gegründete Firma Math2Market übernommen. 2012 wurde die Zusammenarbeit mit Math2Market auf vielen Feldern intensiviert und eine Kooperations- und Verwertungsvereinbarung für die nächsten zehn Jahre abgeschlossen.

Hydrodynamik und CFD-Methoden

Der Schwerpunkt der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten liegt im Bereich der Entwicklungsplattform FiltEST (Filter Element Simulation Toolbox), die kundenspezifische Entscheidungsunterstützung in der gesamten Breite der Auslegung von Filterelementen und -systemen ermöglicht, so dass weltweit großes Kundeninteresse besteht. Die Simulationstechnologie wird dabei aktuell auch erfolgreich für untypische Filtrationsprozesse eingesetzt, bei denen Partikeln strömungsgetrieben separiert bzw. gezielt zur Materialherstellung agglomeriert werden. Die Entwicklungen der Software CoPool zur effizienten, dreidimensionalen Strömungssimulation von Überflutungsstörfällen werden in einem Anschlussvorhaben fortgesetzt und optional als Modul an den Prozesssimulator COCOSYS zur Analyse schwerer Störfälle in Sicherheitsbehältern der Gesellschaft für Reaktorsicherheit gekoppelt.



Komplexe Fluide

Die korrekte numerische Beherrschung von granularen Stoffen in Fluiden durch eine konsistente Formulierung auch im Übergang zum Festkörperverhalten hat sehr viele Anwendungsmöglichkeiten eröffnet. Aktuelle Industrieprojekte beschäftigen sich mit der Simulation von Mischern, Mühlen und Feststofffiltern für verschiedenste Anwendungen. Allgemein stellt die numerische Strömungssimulation mit komplexem Materialverhalten neben der Modellierung hohe Anforderungen an die mathematischen Lösungsmethoden und die Flexibilität der Software. CoRheoS ist eine Entwicklungsumgebung zur Implementierung und Kombination spezialisierter Löser für verschiedenste komplexe Strömungsprozesse, auf deren Basis spezialisierte Anwendungssoftware für den industriellen Auslegungprozess entsteht. Beispiele hierfür sind GRAIN und BEST (Battery and Electrochemistry Simulation Tool).

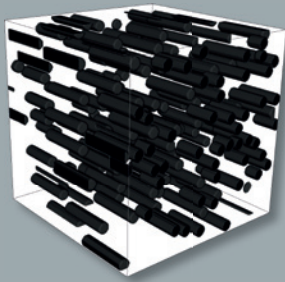
Festkörpermechanik

Die simulative mikromechanische Auslegung und Dimensionierung von Bauteilen aus heterogenen Materialien bildet einen Schwerpunkt der aktuellen Arbeiten. Insbesondere sind thermomechanische und akustische Eigenschaften von Leichtbaustrukturen aus Verbundwerkstoffen von Interesse. FeelMath ist ein hocheffizientes Berechnungsverfahren und leicht zu bedienendes mikromechanisches Strukturanalysetool für beliebige Mikrostrukturen, die durch Volumenbilder oder analytische Beschreibungen gegeben sind. Präzise Spannungsanalysen kombiniert mit der Vorhersage effektiver Materialparameter sind somit für reale Materialien möglich. Die Einbindung in eine voll gekoppelte Multiskalenanalyse von Bauteilen ist ebenfalls realisiert. Dabei wird die Materialroutine einer Finite-Elemente-Software (z. B. ABAQUS) durch eine mikromechanische Berechnung mittels FeelMath ersetzt. Aktuelle Arbeiten beschäftigen sich mit der Erweiterung der Multiskalenberechnung bezüglich Schädigung und Ermüdung.

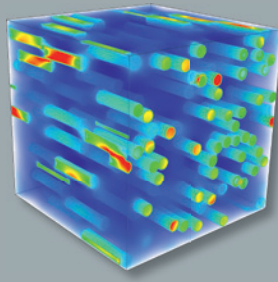
Das Jahr 2012 war aufgrund unvorhergesehener wie auch geplanter personeller Veränderungen äußerst turbulent. Insgesamt ist die Abteilung um zehn Köpfe geschrumpft, wobei zu den meisten Abgängern weiterhin intensive wirtschaftliche oder wissenschaftliche Kontakte bestehen bleiben – insbesondere zur Ausgründung Math2Market. Letztendlich hat sich die Abteilung personell konsolidiert und konnte die gesteckten wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Ziele erfüllen. Die internationalen Kontakte insbesondere über die mitgegründete Interpore Society verbreitern sich und führen zu gemeinsamen Forschungsprojekten, wie dem Center for Numerical Porous Media an der saudi-arabischen King Abdullah University of Science and Technology KAUST.

Edward Toroshchin, Tatiana Gornak, Galina Printsypar, Dr. Matthias Kabel, Dr. Liping Cheng, Sven Linden, Dimitar Iliev, Marco Buck, Johannes Spahn, Tobias Zangmeister, Maxim Taralov, Vassilena Taralova, Dr. Shiquan Zhang, Tigran Nagapetyan

Dr.-Ing. Sarah Staub, Dr. Ralf Kirsch, Christine Roth, Dr. Stefan Rief, Inga Shklyar, Dr. Konrad Steiner, Priv.-Doz. Dr. Heiko Andrae, Dr. Sebastian Schmidt, David Neusius, Dr. Dariusz Niedziela, Dr. Jochen Zausch, Dr. Zahra Lakdawala, Prof. Dr. Oleg Iliev, Dr. Aivars Zemitis



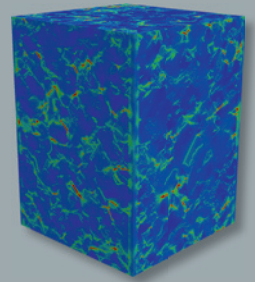
1



2



3



4

FEELMATH VOX

1 Kurzglasfaserverstärkter Kunststoff

2 Von-Mises-Spannungen unter Belastung in Faser-richtung

3 Berea-Sandstein

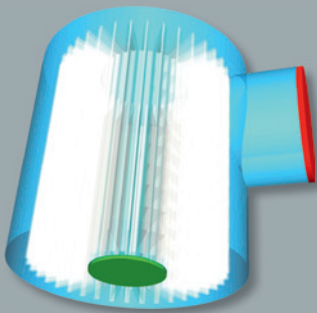
4 Von-Mises-Dehnungen unter Belastung in z-Richtung

Im Automobilbau geht man aus Gründen der Gewichtsersparnis immer mehr dazu über, Verbundwerkstoffe wie glasfaser- und kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe (GFK bzw. CFK) zu verwenden. Allerdings steckt deren Einsatz für die Serienproduktion immer noch in den Kinderschuhen, obwohl GFK und CFK für den Leichtbau sehr gut geeignet sind. Ein wesentlicher Grund hierfür ist die unzureichende Simulierbarkeit des Crashverhaltens. Es ist nämlich sehr schwierig, das mechanische Verhalten des Werkstoffs von seiner Mikrostruktur auf die makroskopische Ebene zu extrapolieren. Dies hat u. a. beim Crash Konsequenzen, weil dieser meist auf Mikrorisse zurückzuführen ist. Bisher eingesetzte Verfahren sind entweder mit hohen Rechenzeiten verbunden (Finite-Elemente-Methode) oder liefern keine ausreichende Genauigkeit (Mean-Field-Methoden).

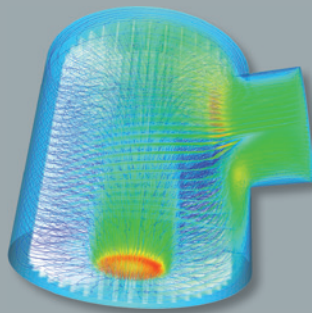
Im gemeinsam mit dem Fraunhofer IWM durchgeführten MEF-Projekt »Mikromechanische Modellierung des Crashverhaltens von kohlefaserverstärkten Kunststoffen ($\mu\text{C}^2\text{FK}$)« wurde ein numerisches Verfahren entwickelt, das die zuverlässige Berechnung des makroskopischen mechanischen Verhaltens aus der komplexen, heterogenen Faserstruktur des Werkstoffs ermöglicht und als »virtuelles Labor« aufwändige Experimente ersetzen kann.

Der Lösungsansatz basiert auf der schnellen Fourier-Transformation (FFT) zur Lösung einer Integralgleichung und überwindet durch geringen Speicherbedarf und kürzere Rechenzeiten die Hürden der herkömmlichen Methoden. Die Berechnung auf realistischen dreidimensionalen Mikrostrukturmodellen wird bei gleicher Genauigkeit um mehrere Größenordnungen beschleunigt. Somit sind Simulationen quasi über Nacht auf einem Standard-PC möglich und die kritische Lücke bei der Simulierbarkeit des Crashverhaltens ist geschlossen. Das entwickelte Programm (FeelMathVOX) ist u. a. als Modul in die am Fraunhofer ITWM entwickelte Software GeoDict (www.geodict.com) integriert und wird über die Ausgründung Math2Market GmbH vertrieben.

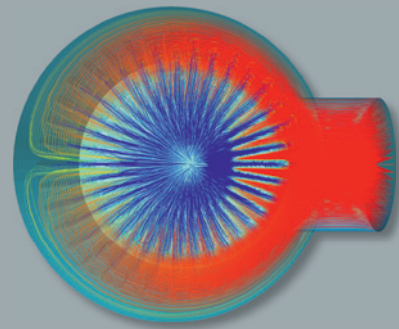
Da FeelMathVOX absolut robust ist bezüglich der Komplexität der Geometrie und auch der Materialeigenschaften der Mikrostruktur (hohe Materialkontraste, inkompressible Materialien sowie poröse Einschlüsse sind problemlos beherrschbar), kann es neben dem Einsatz zur Optimierung industrieller Werkstoffe und Bauteilgeometrien in der Luft- und Raumfahrt und Automobilindustrie auch zur Untersuchung natürlicher poröser Materialien wie Gesteinsformationen verwendet werden.



1



2



3

FILTEST – FILTER ELEMENT SIMULATION TOOLBOX

Moderne Filterelemente müssen in vielerlei Hinsicht effizient sein. Die Filtereffizienz im eigentlichen Sinne ist ein Maß für den erreichbaren Reinigungsgrad des zu filtrierenden Fluids. Um eine möglichst lange Standzeit des Bauteils zu gewährleisten, ist ein günstiges Verhältnis von Schmutzaufnahmekapazität zu Druckabfall erforderlich. Nicht zuletzt sind ökonomische Fertigung und ökologische Nachhaltigkeit zusätzlich zu den bereits genannten Merkmalen wichtige Kriterien bei der Auslegung der Konstruktion und der Auswahl der eingesetzten Materialien.

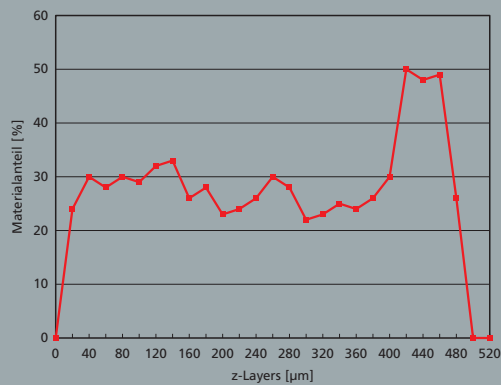
Wie in vielen Branchen erhöht sich auch im Bereich der Filterelemente die Notwendigkeit, Produktinnovationsprozesse zu beschleunigen. Gründe hierfür sind u. a. stetig wachsende Qualitätsanforderungen, neue bzw. wechselnde Einsatzgebiete und die rasanten Fortschritte bei der Entwicklung neuartiger Materialien, hier vor allem bei den Filtermedien. Die ausschließliche Evaluierung von Filterdesigns mithilfe von Prototypen ist jedoch sehr kosten- und vor allem zeitintensiv. Spezialisierte Simulationswerkzeuge haben sich als äußerst effektives Mittel zur Verkürzung der Entwicklungsphase erwiesen. Über zehn Jahre Erfahrung in der Modellierung und Simulation von Filtrationsprozessen werden in der »Filter Element Simulation Toolbox« FiltEST gebündelt. Den Kern dieser Softwarefamilie bilden die Module zur numerischen Simulation der Strömung durch Gehäuse und Filtermedium, des Transports der Schmutzpartikel sowie deren Abscheidung im Medium. Durch die so gewonnene Kenntnis von Geschwindigkeitsfeld, Druckverteilung, Partikelkonzentration und -abscheidung können wesentliche Qualitätsmerkmale eines Designs untersucht werden, ohne Prototypen anfertigen zu müssen.

Mit FiltEST lässt sich ein großer Teil der Prozesskette beim virtuellen Produktdesign realisieren. Es existieren Module zum Import von CAD-Geometrien und deren Umwandlung in geeignete Rechengitter. Für eine Reihe von Filtrationsmodellen können robuste Fittingmethoden eingesetzt werden, um die für die Simulation benötigten Parameter automatisch aus Messreihen zu gewinnen. Auch die Nachbearbeitung wird durch FiltEST erleichtert. Sowohl für die Analyse mit Tabellenkalkulationsprogrammen als auch zur Visualisierung werden die Ergebnisse in entsprechenden Datenformaten abgespeichert. Eine graphische Benutzeroberfläche erleichtert die Arbeit mit den einzelnen FiltEST-Modulen und bietet u. a. auch einen Batchmode zur Automatisierung umfangreicherer Simulationsprojekte. Trotz der Verwendung numerisch effizienter Gitter bleibt die Simulation komplexerer Geometrien ein rechenintensives Unterfangen. Ein für viele Anwender höchst relevantes Beispiel sind gefaltete Filtermedien, bei denen die Identifikation einer optimalen Faltenzahl ein wesentliches Designziel darstellt. Um die Anzahl der dazu notwendigen Simulationen zu reduzieren, bietet FiltEST analytische Module, mit denen vorab ein günstiger Parameterbereich eingegrenzt werden kann.

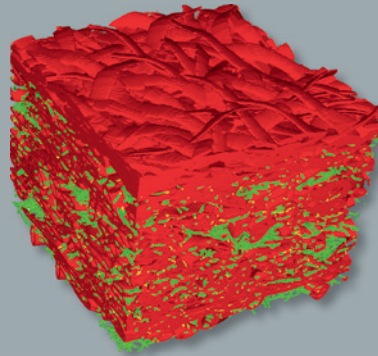
1 CAD-Darstellung des zu simulierenden Filterelements: Zylindrisches Gehäuse mit gefaltetem Medium, Einlass (rot) und Auslass (grün)

2 Stromliniendarstellung der Geschwindigkeit des Fluids (rot: hoch, blau: niedrig) hilft bei der Suche nach für die Strömung ungünstigen Engstellen.

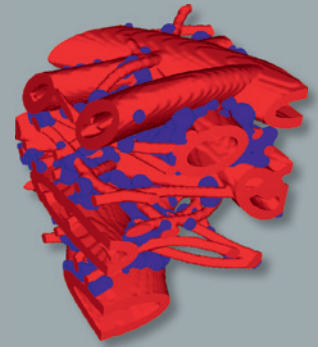
3 Stromliniendarstellung der Partikelkonzentration (rot: hoch, blau: niedrig); anhand der Simulationsergebnisse können ineffektive Bereiche des Filterelements erkannt werden.



1



2



3

PAPERGEO – VIRTUELLE STRUKTURGENERIERUNG FÜR PAPIERE UND KARTON

1 *Gemittelte Materialverteilung in Dickenrichtung*

2 *Zweilagiges Papiermodell*

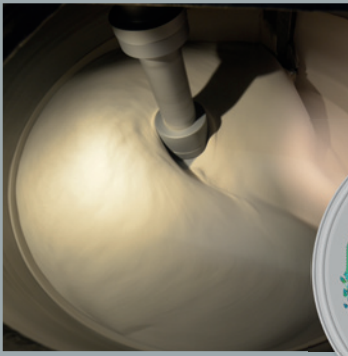
3 *Papiermodell mit Füllpartikeln*

Papier und Karton sind im Gegensatz zu ihrer homogenen Erscheinung komplexe Materialien, die auf der Mikroskala aus Zellulosefasern, Feinfaseranteilen und Füllstoffen bestehen. Bei Karton handelt es sich streng genommen auch um Papier, allerdings um Papier mit einem größeren Flächengewicht von mehr als 150 g/m². Die Faserstruktur mit Füllstoffen wollen wir mithilfe einer Mikrostruktursimulation virtuell generieren. Außerdem sollen Vorhersagen bezüglich der Materialeigenschaften getroffen werden. Durch diese Vorhersagen kann die Papierindustrie neuartige Ansätze entwickeln, die zur Optimierung der Herstellungsprozesse und der Produkte führen.

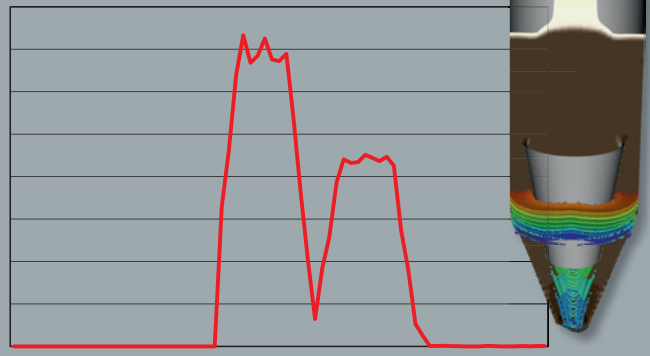
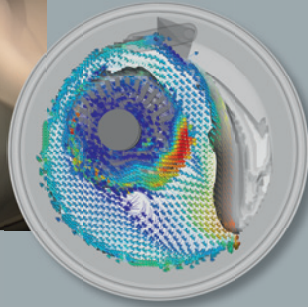
Am Fraunhofer ITWM wurde der neue virtuelle Strukturgenerator PaperGeo entwickelt, der den oben genannten Ansprüchen gerecht wird und ein Modul innerhalb der vorhandenen Software-Suite GeoDict ist. Mit dessen Hilfe können Papier-Mikrostrukturmodelle erstellt werden. Als Grundlage der Modellierung dienen Tomographie- und REM-Aufnahmen, wodurch die Materialverteilung, Faserquerschnitte und -orientierungen sowie Füllpartikelanteile etc. im Papier bestimmt werden können. Die unterschiedlichen Volumenanteile eines zweilagigen Papiers, die aus dieser Analyse hervorgehen, sind in Bild 1 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die obere Schicht einen höheren Faseranteil aufweist als die untere Schicht. Mit den gewonnenen Informationen erstellt PaperGeo ein Mikrostrukturmodell, das auch die Feinfasern berücksichtigt (Bild 2). Die groben Fasern sind rot und die Feinfasern grün dargestellt. Durch Variation der Parameter wurden unterschiedliche Papiereigenschaften, wie z. B. Durchströmungspermeabilität, untersucht, wobei wir besonders auf den Einfluss der möglichen Füllpartikel eingegangen sind. Ein Ergebnis davon ist in Bild 3 veranschaulicht, in dem die Füllpartikel blau dargestellt sind.

Inzwischen arbeiten mehrere renommierte Firmen mit PaperGeo. Dazu gehören Albany International, Eka Chemicals, Stora Enso, Tetra Pak Packaging Solutions AB und das Fraunhofer-Chalmers Centre FCC. In diesem Zusammenhang wird eine Schnittstelle entwickelt, die die gewonnenen Effektiv-Parameter anbietet, um Makrosimulationen zu Edge-Wicking (feuchtigkeitsbedingte Randwelligkeiten) durchzuführen.

Aufgrund der Allgemeinheit des Ansatzes der entwickelten Software ist es auch möglich, andere Faserprodukte wie Textilien und Nonwovens zu simulieren. Als Beispiel seien Meltblown-Medien genannt.



1



2



AUSLEGUNG GRANULARER PRODUKTE UND PROZESSE MIT GRAIN

Granulate und deren Verarbeitungsprozesse haben eine hohe wirtschaftliche Bedeutung und sind gleichzeitig ein spannendes Forschungsfeld innerhalb der Simulation komplexer Fluide. Allein ca. 60 % der Produkte der chemischen Industrie sind Granulate – weitere ca. 20 % der Produkte enthalten pulverförmige Bestandteile. Für deren effiziente Verarbeitung spielt das Prozessverhalten, d. h. das Zusammenwirken der physikalischen Eigenschaften eine wichtige Rolle. Auf der anderen Seite stellen genau diese physikalischen Eigenschaften hohe Anforderungen an die Strömungsmodellierung sowie an die numerischen Algorithmen zur Lösung der auftretenden nichtlinearen PDEs.

In gemeinsamen Entwicklungsvorhaben mit Industriepartnern hat sich gezeigt, dass neben den schon genannten Herausforderungen die Charakterisierung der granularen Materialien ein entscheidender Baustein für prädiktive Simulationen ist. Hierzu wurden im letzten Jahr sowohl ein erstes ZIM-Projekt zur einphasigen Charakterisierung granularer Materialien erfolgreich abgeschlossen, als auch ein MEF-Projekt zusammen mit dem Fraunhofer IKTS zur zweiphasigen Charakterisierung von Luft-Granulat Strömungen gestartet. Im Rahmen dieser wie auch aktuell laufender Projekte zur Simulation von luftgetriebenen Granulatströmungen, von Rührwerksmühlen, Mischern und Silos wurden und werden die vorhandenen Simulationslöser zu einer Simulationsinfrastruktur inklusive Charakterisierung ausgebaut. Mittelfristiges Ziel ist hierbei die Simulation mit charakterisierten Materialien des Industriepartners.

Dieser Ansatz wirkt sich besonders auf die Modellierung granularer Einphasen-, Mehrphasen-, sowie Suspensionsströmungen – einem neuen Modellierungsfeld – aus, da die Charakterisierung im Hinblick auf die zu lösenden Modelle durchgeführt werden muss, bzw. nur solche Modelle in Betracht gezogen werden sollten, welche ausschließlich experimentell charakterisierbare Parameter besitzen. Weiterhin sind besonders im Hinblick auf die Auswertung der Simulationen in der detaillierten Ortsauflösung sowie zur Untersuchung des Langzeit-Fließverhaltens im letzten Jahr neue Technologien innerhalb von Grain entwickelt und verfügbar gemacht worden. Zu ersterem sind nun lokale Gitterverfeinerungen auch in den granularen Strömungslösern verfügbar, was feinere Auflösungen besonders um z. B. bewegte Bauteile in Mischern oder Rührwerksmühlen möglich macht. Zur Auswertung des Langzeit-Fließverhaltens ist es nun möglich, basierend auf einer schon vorhandenen Detailsimulation eines Zeitausschnittes mit quasi-stationärem Verhalten einen statistisch relevanten langen Zeitraum mit Tracer-Partikeln zu simulieren. Dies ist sowohl in schnellen Prozessen (Mischer) als auch für Langzeit-Auslaufversuche mit Silos möglich.

1 Auslegung eines Versuchsmischers im Vergleich zwischen Experiment und Simulation (Geschwindigkeitsprofil im Inneren des Mischgutes)

2 Simulationsstudie der Verweilzeiten im Silo mittels Tracer: Verweilzeitverteilung mit zwei charakteristischen Spitzen wie im Experiment beobachtet und Schnitt durch das Silo mit Ansicht der Tracer



BILDVERARBEITUNG

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

Abteilungsleiter

Dr. Ronald Rösch

T. 0631/3 1600-4486

ronald.roesch@itwm.fraunhofer.de



Der weltweite Wachstumskurs der Branche der industriellen Bildverarbeitung hat sich auch auf die Abteilung positiv ausgewirkt. Sie bietet bildgebende Techniken im visuellen Bereich an, ebenso ist Bildgebung mittels Röntgen-Computertomografie und Ultraschall verfügbar. Im Jahr 2012 hat die Abteilung wieder in enger Zusammenarbeit mit Partnern aus Industrie und Forschung maßgeschneiderte Lösungen auf dem Gebiet der Bild- und Signalverarbeitung sowie des Ultraschall-Imagings entwickelt und implementiert. Auch 2012 können wir auf ein erfolgreiches Geschäftsjahr mit einem hohen Industrieanteil zurückblicken. In keinem Jahr zuvor wurden in der Abteilung so viele Projekte durchgeführt und industrielle Systeme installiert. Hinzu kommen eine Vielzahl wissenschaftlicher Publikationen, Graduierungsarbeiten und Konferenzbesuche.

Oberflächeninspektion

In der industriellen Produktion ist die Oberflächeninspektion, d. h. die Prüfung des optischen Erscheinungsbildes eines Produktes, eine der wichtigsten Qualitätssicherungsmaßnahmen geworden. Dabei werden nicht nur funktionale Fehler von Inspektionssystemen gefunden, sondern auch immer mehr ästhetische »Fehler«. Gerade die Detektion dieser Fehler ist eine Herausforderung, da es schwer ist, subjektive Fehlerbeschreibungen in mathematische Modelle zu überführen. Die Abteilung hat sich in den letzten Jahren vor allem auf solche komplexen Oberflächeninspektionssysteme mit hohem algorithmischem Aufwand konzentriert und war dieses Jahr besonders erfolgreich – nie zuvor wurden so viele Oberflächeninspektionssysteme installiert.

Analyse und Modellierung von Mikro- und Nanostrukturen

Die Mikrostruktur moderner Werkstoffe bestimmt maßgeblich deren makroskopische Materialeigenschaften. Die Abteilung entwickelt Algorithmen zur Charakterisierung und stochastischen Modellierung solcher Mikrostrukturen anhand von 3D-Bilddaten. Unsere Produkte dienen dem tieferen Verständnis der räumlichen Geometrie und der Struktureigenschaftsbeziehungen in Werkstoffen und eröffnen so neue Möglichkeiten wie Optimierung von Materialeigenschaften durch virtuelles Materialdesign. 2012 waren die Analyse der Strukturmerkmale von keramischen Schäumen, die die Filtereigenschaften maßgeblich bestimmen, sowie die Schätzung der Charakteristika zufälliger Faser- und Schaumstrukturen aus REM-Bildern Arbeitsschwerpunkte.

Ultraschall-Imaging

Der Bereich Ultraschall-Imaging erschließt eine weitere bildgebende Technologie und eröffnet neue Möglichkeiten der Inspektion und Visualisierung industriell relevanter Materialien und Bauteile. Ziele sind dabei das Erfassen und Qualifizieren von Materialeigenschaften, die Simulation und Optimierung von Ultraschall-Sensoren, die Fehlererkennung und -klassifikation in kom-



plexen Bauteilen, die Ermittlung der Fehlerauffindwahrscheinlichkeit (Probability of Detection, POD) sowie die Optimierung von Inspektionsprozeduren. Ein weiteres Augenmerk war im letzten Jahr die Entwicklung innovativer Lösungen durch die Verbindung mit der klassischen optischen Prüftechnik.

Signalanalyse im Eisenbahnbereich

In der nun schon 20-jährigen Kooperation mit der Firma Progress Rail Inspection and Information Systems entwickelt und verbessert das Fraunhofer ITWM eine Software zur frühzeitigen Erkennung heißgelaufener Achsenlager und feststehender Bremsen an Personen- und Güterzügen. Dies geschieht durch Aufnahme der Temperaturdaten über Infrarotprofile und einer hochkomplexen nachgeschalteten Umrechnung und Auswertung. Aktuell wurde ein Redesign der Software und Hardware durchgeführt, so dass seit 2012 ein neues Produkt am Markt verfügbar ist.

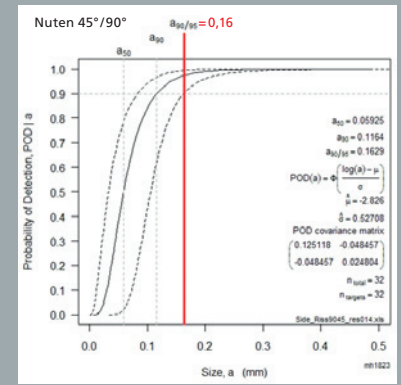
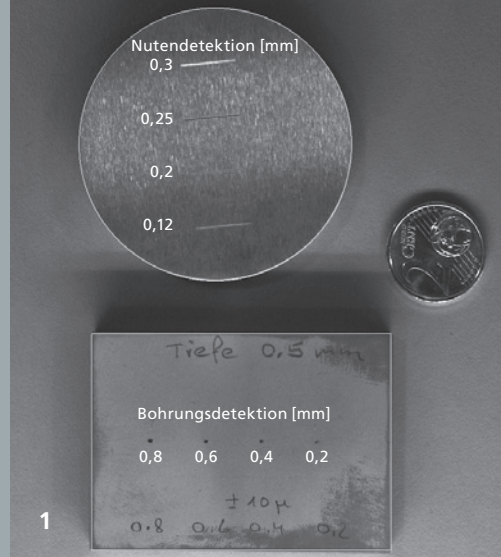
Software-Pakete

Das Fraunhofer ITWM lizenziert zwei seiner Bildverarbeitungs-Softwarepakete – MAVI und ToolIP – für kommerzielle Anwendungen sowie für Ausbildung und Lehre. Im Jahr 2012 wurden diese Produkte näher zueinander geführt, sodass sowohl ToolIP innerhalb von MAVI genutzt werden kann wie auch die Algorithmen von MAVI direkt in ToolIP verwendet werden können. MAVI ist ein Softwaresystem für die Analyse von Volumenbildern komplexer Mikrostrukturen, wie z. B. von offen- und geschlossenzelligen Schäumen oder Faserverbundwerkstoffen. Aufgrund seines modularen Aufbaus ist MAVI jedoch auch für dreidimensionale Bilder anderer Strukturen wie Schnee oder Bartflechten sofort anwendbar. MAVIs Kern sind Funktionen zur Charakterisierung der komplexen Geometrie von Mikrostrukturen. Volumen, Oberfläche, Krümmungsintegrale und die Eulerzahl werden für die vollständige Struktur oder für einzelne Objekte bestimmt. MAVI bietet lokale Analysemethoden, z. B. für lokale Porositäts-, Dicken- oder Orientierungsanalyse. Für faserverstärkte Kunststoffe können lokale Faserorientierungstensoren bestimmt werden. Darüber hinaus gibt es eine eigene Partikelanalyse-Software, MAVIparticle.

ToolIP ist eine Entwicklungsumgebung, mit der komplexe Bildverarbeitungslösungen grafisch intuitiv programmiert werden können. Die zugrundeliegende Bildverarbeitungsbibliothek enthält ca. 300 verschiedene Algorithmen zur Bildverbesserung, Kantendetektion, Objekterkennung, Registrierung, Segmentierung, Featureberechnung und Klassifikation, aber auch Matrixoperationen, Basisoperationen und Bildtransformationen. Der Bildursprung ist hierbei von untergeordneter Bedeutung, d. h. es können sowohl Bilder aus dem sichtbaren Bereich als auch Röntgen-, Ultraschall-, Infrarot- oder andere Bilddaten bearbeitet werden.

Martin Braun, Michael Arnold, André Liebscher, Priv.-Doz. Dr. Martin Spies, Tony Valier-Brasier, Alexander Dillhöfer, Hans Rieder, Kai Taeubner, Christine Roth, Sebastian Hubel, Henrike Stephani, Andreas Fink, Björn Wagner, Behrang Shafei, Dr.-Ing. Janis Keuper, Dr.-Ing. Christoph Fünfzig, Thomas Redenbach

Torben Prill, Thomas Weibel, Dr. Katja Schladitz, Rebekka Malten, Dr. Ali Moghiseh, Dr. Oliver Wirjadi, Franz Schreiber, Dr. Ronald Rösch, Markus Rauhut, Dascha Dobrovolskij, Irene Vecchio, Andreas Jablonski, Dr. Julie Escoda, Erwin Kraft, Michael Godehardt, Mark Maasland



POD-ANALYSE IM BILDGEBENDEN ULTRASCHALL UND DER BILDVERARBEITUNG

1 Prüfkörper

2 + 3 Die POD-Kurven zeigen, dass bei optimaler Beleuchtung (linker Plot) die POD steigt (von 0,16 mm auf 0,12 mm). Diese Grafik zeigt, dass die POD ein geeignetes Werkzeug zur Beurteilung eines Beleuchtungskonzepts ist.

(Parameter: Seitenlicht, Auflösung=0,14 mm)

4 + 5 In dieser Abbildung ist zu sehen, dass durch Verwendung eines besseren Algorithmus (Variante 2, rechter Plot) die POD ebenfalls steigt (von 0,21 mm auf 0,19 mm). Somit kann die POD bei der Beurteilung von Bildverarbeitungsverfahren helfen. (Parameter: Nuten, Auflösung=0,12 mm)

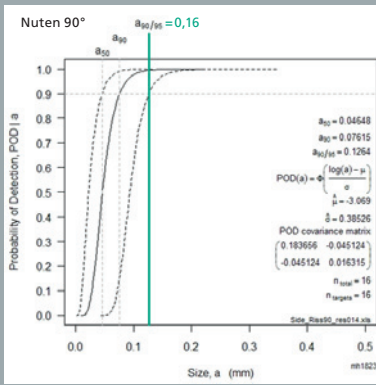
Das Konzept der Fehlerauffindwahrscheinlichkeit (Probability of Detection, POD) stellt einen wichtigen ergänzenden Teil der Untersuchung und Evaluierung der Integrität eines Bauteils dar. Die POD bezeichnet die Wahrscheinlichkeit, einen Fehler im Bauteil zu finden; sie wird dann als Funktion der Fehlergröße a bestimmt. Die resultierende POD-Kurve liefert zusammen mit den auferlegten Konfidenzintervallen die Fehlergröße, die mit einer »vernünftigen« Wahrscheinlichkeit detektiert werden kann. Diese Fehlergröße wird dann mit den Anforderungen an die Bauteilintegrität verglichen. Der prinzipielle Verlauf der POD-Kurve zeigt, dass mit zunehmender Fehlergröße auch die Detektionswahrscheinlichkeit ansteigt. An der Größe $a_{90/95}$ schneidet die untere 95 %-Konfidenzgrenze das 90 %-POD-Niveau. Diese Größe wird üblicherweise als die Fehlergröße betrachtet, die sicher zu detektieren ist.

Im Laufe der letzten Jahre hat sich die POD-Analyse vor allem in der Röntgen- und Ultraschallanalyse durchgesetzt und in vielen Prüfsystemen wird inzwischen von Kunden eine bestimmte POD gefordert. In der Bildverarbeitung hingegen ist die POD-Analyse noch fast unbekannt. Während die Messung eines Antwortsignals \hat{a} mit Ultraschall-Verfahren mit vertretbarem Aufwand durchgeführt werden kann, ist dies in der Bildverarbeitung wesentlich komplexer. Denn hier muss je nach Fehlerart eine Metrik für das Antwortsignal \hat{a} entwickelt werden. Vor allem bei Oberflächeninspektionssystemen entscheidet hauptsächlich das Erreichen der vom Endanwender vorgegebenen Detektionsrate und Auffindwahrscheinlichkeit darüber, ob ein solches System in der Praxis einsetzbar ist. Typischerweise werden diese Parameter in Form einer Vorstudie empirisch festgestellt, d. h. anhand von Musterteilen wird entschieden, ob die Kundenanforderungen erfüllbar sind.

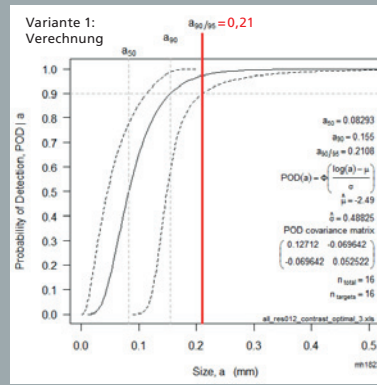
Die POD-Analyse ist somit ein wichtiges Werkzeug, um quantitative Aussagen wie z. B. »dieses Prüfsystem detektiert garantiert Fehler der Größe 0,1 mm« zu generieren. Aktuelle Fragestellungen betreffen die Modellierung der POD sowie deren Einsatz in Bildverarbeitungssystemen.

Die Modellierung der POD

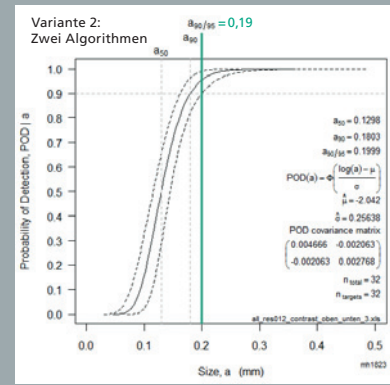
Eine international anerkannte Vorgehensweise zur POD-Analyse wird in dem vom US-Department of Defense herausgegebenen Handbuch MIL-HDBK-1823 definiert. Diese basiert auf der Annahme einer Standard-Normalverteilung der Messwerte. Dabei wird von einer linearen Abhängigkeit des Antwortsignals von der Fehlergröße und von einer konstanten Streuung/Varianz der Messwerte ausgegangen. Diese Annahmen entsprechen aber nicht immer der Wirklichkeit. Wir haben deshalb die POD-Analyse um zwei erfolgversprechende Modelle erweitert.



3



4



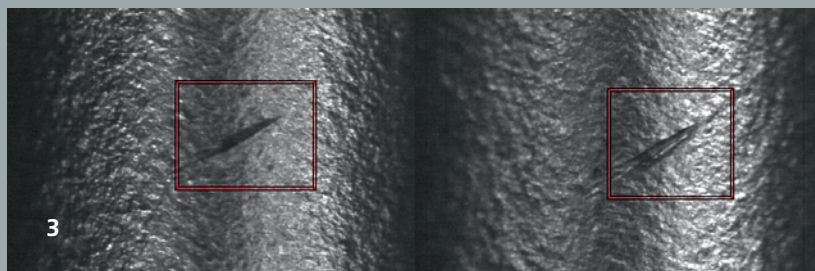
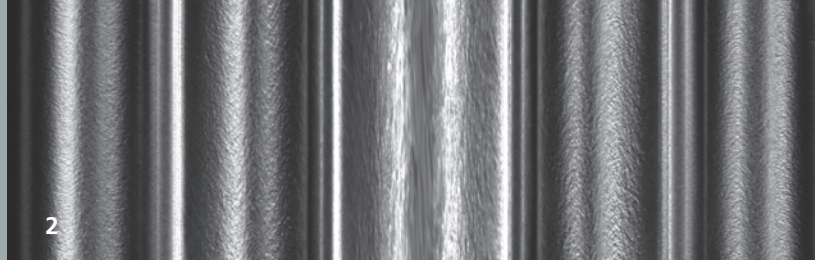
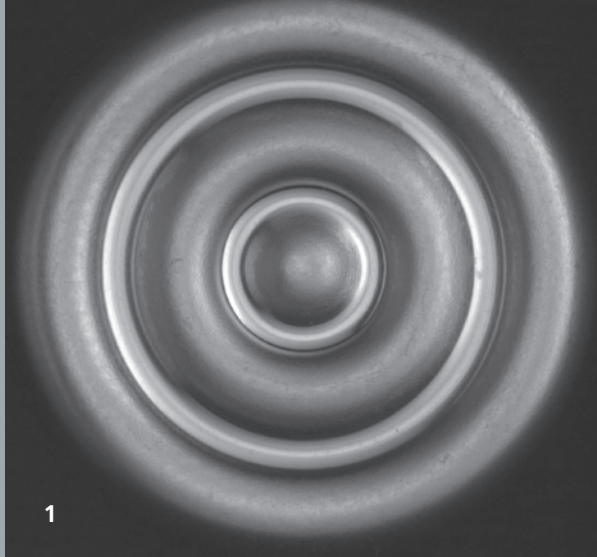
5

Diese berücksichtigen normal-verteilte Messwerte unterschiedlicher Streuung/Varianz sowie nichtlineare Verläufe der Amplitude-versus-Fehlergröße-Abhängigkeiten. Anhand von Beispielen aus dem Bereich der optischen Oberflächeninspektion und der Ultraschallprüfung schwerprüfbarer Werkstoffe untersuchen wir unter anderem den Einfluss der Modellerweiterungen auf den charakteristischen POD-Kennwert $a_{90/95}$. Weitere Untersuchungen betreffen den Zusammenhang zwischen dem Fehlerdetektions-Schwellwert, der resultierenden POD-Kurve sowie der Wahrscheinlichkeit für Falschanzeigen (Probability of False Indication).

Einsatz der POD in der Bildverarbeitung

Der Einsatz der POD-Analyse in der Bildverarbeitung erfordert die Entwicklung geeigneter Metriken für die jeweils relevante Fehlerart (Riss, Loch etc.). Die von uns abgeleiteten Metriken sollten dabei einfach zu berechnen sein, damit schon in einer Vorstudie eine quantitative Aussage zur Detektionswahrscheinlichkeit ermittelt werden kann. Die Metriken sollten auch unabhängig von den verwendeten Algorithmen sein, aber dennoch die Eigenschaften typischer Analyseverfahren berücksichtigen. Wir konnten zeigen, dass die POD-Analyse ein gutes Werkzeug ist, um Aufnahme-Setups und Algorithmen in der Bildverarbeitung quantitativ zu bewerten und zu vergleichen. Es hat sich aber auch gezeigt, dass bei komplexeren Defekten die Metrik abhängig von dem verwendeten Algorithmus ist. Um verschiedene, in der Praxis eingesetzte Systeme quantitativ bewerten zu können, haben wir die \hat{a} versus a -Analyse zur Bestimmung der Fehlerauffindwahrscheinlichkeit an Testkörpern mit Bohrungen und Nuten unterschiedlicher Dimensionierung und Orientierung durchgeführt und verschiedene Algorithmen mittels der POD quantitativ beurteilt.

Die POD-Analyse stellt in den Bereichen Ultraschall-Imaging und Oberflächeninspektion ein aktuell stark nachgefragtes Forschungsthema dar und wird auch als Dienstleistung für Industriekunden angeboten.



OBERFLÄCHENINSPEKTION VON DEHNZELLEN FÜR KFZ-BREMSANLAGEN

1 Originalansicht Dehnzelle

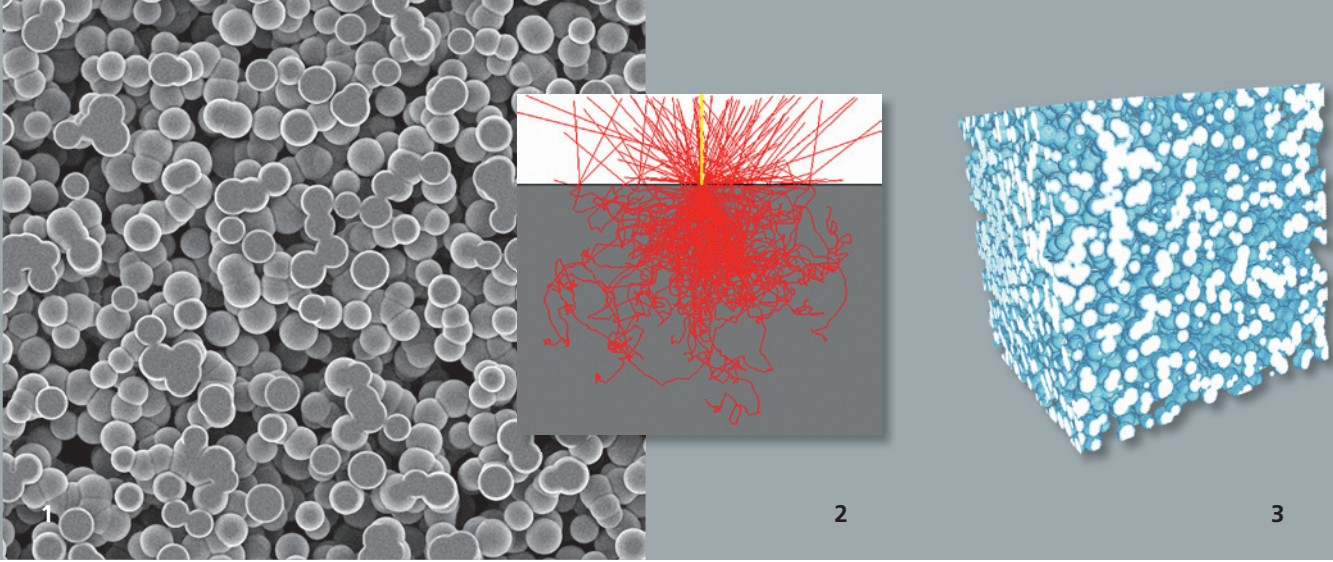
2 abgewinkelte Aufnahme mit hochauflösender Zeilenkamera

3 Beispiele für Schlagstellen

An Massenprodukte für die Automobilindustrie werden immer höhere Qualitätsanforderungen gestellt. Dies betrifft insbesondere Bauteile, die aus Metallcoils tiefgezogen werden und besonders schwierige Oberflächeneigenschaften aufweisen. Dem ITWM ist es gelungen, gemeinsam mit den Firmen Continental sowie Hubert Stücken, einem Spezialisten für Tiefziehtechnik, ein robustes und gleichzeitig hochpräzises Inspektionssystem für Dehnzellen zu entwickeln, das stabil im industriellen Umfeld eingesetzt wird.

Dehnzellen werden in der Dämpfungskammer von Kfz-Bremsanlagen verbaut und unterliegen besonderen Qualitätssicherungsmaßnahmen, da sie sicherheitsrelevant sind. Bei der Herstellung der Dehnzellen können produktionsbedingt auf den noch ungehärteten Bauteilen Oberflächenfehler, speziell Schlagstellen, entstehen. Eine automatisierte Detektion dieser Fehler ist notwendig, um die Dichtigkeit der Komponenten im verbauten Zustand zu gewährleisten. Gefordert ist eine maximale Prüfzeit von drei Sekunden pro Bauteil. Die Dehnzellen bestehen aus Ober- und Unterschale, die miteinander verschweißt werden. Auf definierten Bereichen müssen beidseitig Schlagstellen ab einer Länge von 0,3 mm sicher detektiert werden. Die besonderen Herausforderungen an eine automatisierte Prüfung liegen einerseits in der Geometrie der Dehnzellen, da es sich um Freiformteile handelt. Die andere Herausforderung ergibt sich durch die notwendige besonders hohe optische Auflösung. Dadurch verringert sich der Tiefenschärfebereich ganz erheblich, während gleichzeitig die Oberflächenrauigkeiten des Grundmaterials in den Vordergrund treten. Hier muss ein Kompromiss zwischen gewünschter Auflösung und Tiefenschärfe gefunden werden.

Das Prüfsystem besteht aus drei Stationen mit jeweils einer monochromen hochauflösenden Zeilenkamera (4096 Pixel) und drei Highpower-LED-Ringlichtern. Durch den Einsatz der Zeilenkameras wird von den Dehnzellen der komplette Durchmesser abgebildet, sodass die Schlagstellen sowohl in Richtung der seitlichen Bestrahlung als auch von ihr weg in einer Umdrehung aufgenommen werden. Dadurch werden auch Schlagstellen gefunden, deren Kanten auf einer Seite abgeflacht, bzw. nicht stark ausgeprägt sind. Die Bewertung der Dehnzellen erfolgt objektiv und die Prüfergebnisse werden dokumentiert. Das System, das eine 100%-Kontrolle ermöglicht, ist von geschultem Personal ohne Kenntnisse in Bildverarbeitung einfach zu bedienen. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass sicher kein niO-Teil weiterverarbeitet wird, das zu späteren Reklamationen führen kann. Durch die komplexe, geschickt parallelisierte Algorithmik ist es möglich, schnell und zuverlässig fehlerhafte Bauteile frühzeitig aus dem Produktionsprozess herauszunehmen, was zu einer erheblichen Zeit- und damit Kostenersparnis führt.



SIMULATION VON REM-BILDERN UND FIB-TOMOGRAMMEN HOCHPORÖSER MIKROSTRUKTUREN

Entwicklung neuer und Einsatz bekannter Werkstoffe erfordern tiefes Verständnis des Zusammenhangs zwischen Mikrostruktur und Materialeigenschaften. Ist die Mikrostruktur sehr komplex, fein oder porös, reicht klassische Charakterisierung auf der Basis lichtmikroskopischer Aufnahmen nicht aus. Rasterelektronenmikroskopie (REM) erreicht hohe Auflösungen und vermittelt einen guten räumlichen Eindruck. FIB-Tomografie – sukzessives Abtragen der Struktur mithilfe eines fokussierten Ionenstrahls und REM-Aufnahmen der Schnitte – erzeugt sogar 3D-Bilder mit Auflösungen bis zu 10 nm. REM- und FIB-REM-Bilder hochporöser Strukturen verschließen sich jedoch der Analyse weitgehend, da REM-Bilder die Projektion einer Schicht unbekannter Dicke zeigen. Bei der FIB-Tomografie ist zudem die Probe gegen den REM-Strahlengang verkippt, sodass tieferliegende Bereiche teilweise heller als die tatsächliche Vordergrundstruktur erscheinen. Diese Durchscheinartefakte verhindern die automatische Segmentierung der festen Komponente im Bild, die aber Voraussetzung für Strukturanalyse und numerische Simulation von Materialeigenschaften im 3D-Bild ist.

Manuelle Segmentierung ist für FIB-Tomogramme aus mehreren Hundert REM-Bildern schon wegen des immensen Aufwands kein Ausweg. Simulation des Abbildungsverfahrens kann hingegen signifikant zur Lösung beitragen, da Bilder generiert werden können, für die das korrekte Segmentierungsergebnis bekannt ist. Abbildungsartefakte in REM-Bildern entstehen vor allem durch die Diffusion der Elektronen durch die Probe, daher wird der Elektronentransport mit einer Monte-Carlo-Methode besonders genau simuliert. Eine Vielzahl zufälliger Pfade werden generiert, von denen jeder ein Elektron repräsentiert, das in die Probe eindringt und von den Atomen bzw. Molekülen im Material gestreut wird, wobei MONSEL II die quantenphysikalischen Effekte simuliert. Der Aufwand für die Simulation eines FIB-Tomogramms realitätsnaher Größe ($500^3 - 1000^3$ Pixel) einer Probe aus ca. 10.000 Primärkörnern übersteigt jedoch praktikable Grenzen, da Milliarden von Trajektorien verfolgt werden müssen. Daher wurden Beschleunigungstechniken entwickelt und mit etablierten kombiniert, sodass ein FIB-Tomogramm auf dem Cluster des ITWM nun in wenigen Minuten simuliert werden kann.

Die Simulation führte auch zur Entwicklung einer Segmentierungsmethode, die erfolgreich auf FIB-Tomogramme der mikroporösen Schicht einer Brennstoffzelle angewendet werden konnte. Validierung mithilfe simulierter Daten zeigt, dass dieser Algorithmus der beste derzeit beschriebene ist.

1 *Simuliertes Sekundärelektronenbild eines Booleschen Modells aus 25 835 überlappenden Kugeln. Es wurden 10 000 Elektronen je Pixel simuliert. (Parameter: 5 kV Beschleunigungsspannung, 50 nm Spotsize).*

2 *100 simulierte Elektronenbahnen*

3 *Volumerendering des Booleschen Modells aus Bild 1*



SYSTEMANALYSE, PROGNOSE UND REGELUNG

- SYSTEMANALYSE UND REGELUNG
- DATA MINING UND ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG
- MULTISKALEN-STRUKTURMECHANIK

Abteilungsleiter

Dr. Patrick Lang

T. 0631/3 1600-4639

patrick.lang@itwm.fraunhofer.de



Ausgehend von ihren Kompetenzen im Umfeld der mathematischen System- und Kontrolltheorie, des Data Mining und der multivariaten Statistik sowie multiskaliger Analysemethoden beschäftigt sich die Abteilung in ihren drei Methodenfeldern mit der Modellierung, Analyse, Prognose und Steuerung beziehungsweise Regelung komplexen Systemverhaltens.

Systemanalyse und Regelung

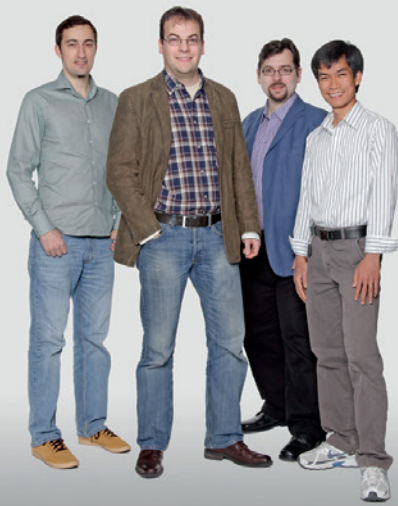
Eine typische Aufgabenstellung in vielen Anwendungen ist die Entwicklung modellbasierter Prognosesysteme und Regelungsstrategien sowie deren Hardware-Integration. Neben den in der Abteilung entwickelten Partikelfiltermethoden spielen beim Reglerdesign robuste Kontrollstrategien, lernende iterative Regelungsansätze, Model Predictive Control und neuronale Regler eine wichtige Rolle. Wichtige methodische Komponenten im Umgang mit der Komplexität der zugrundeliegenden Modelle stellen geeignete Verfahren zur Modell- und Dimensionsreduktion dar. Neben Standardtechniken kommen hierbei auch spezielle Abteilungskompetenzen im Bereich der symbolischen Modellreduktion insbesondere bei der Systemanalyse heterogener Netzwerke, wie z. B. Energieverteilnetzen, zum Einsatz.

Data Mining und Entscheidungsunterstützung

Das Treffen von Entscheidungen bei komplexer Datenlage kann mit mathematischen Methoden und durch aussagekräftige Visualisierung der Daten unterstützt werden. Hierzu kommen Methoden der multivariaten Statistik, der Zeitreihenanalyse, des Data Mining, der Fuzzy-Logik und grafische Explorationstechniken zum Einsatz. Zur 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.

Multiskalen-Strukturmechanik

In diesem Arbeitsgebiet werden Verfahren zur numerischen Berechnung mikroskopischen Spannungs-Dehnungs-Verhaltens und effektiver Materialeigenschaften von Textilien oder Verbundwerkstoffen entwickelt. Grundlage sind Homogenisierungsverfahren, die unter Berücksichtigung der Mikrostruktur sowie der unterschiedlichen Materialgesetze die Berechnung von mittleren elastischen, viskoelastischen und plastischen Materialeigenschaften sowie von freier Temperatur-Verzerrung, freier Schwellung oder freiem Schwund ermöglichen. Weiterhin werden ebenfalls mit Homogenisierungsmethoden Kontaktprobleme mit mikrorauen Oberflächen be-



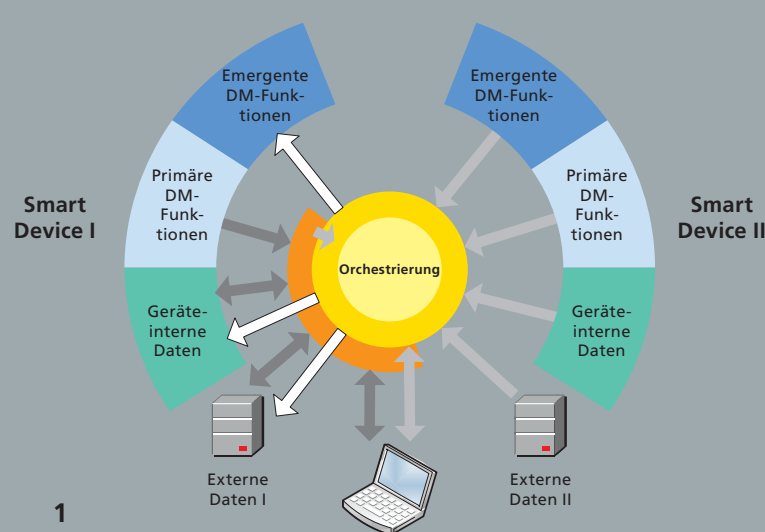
handelt. Darüber hinaus werden zeitliche Prozesse für Verbundbauteile betrachtet, deren Makrofestigkeit und Lebensdauer unter Ermüdung, Kriechen, schlagartiger Belastung und Verschleiß untersucht werden.

Gemeinsam werden von den drei Methodenfeldern sowohl Beratungsdienstleistungen als auch kundenspezifische Softwareentwicklung sowie eigene Produkte in den Anwendungsgebieten Energiesysteme, Elektronik – Mechatronik, Biologie und Medizin, Material und Produktdesign sowie Produktions- und Geschäftsprozesse angeboten. Typische Fragestellungen im Bereich Energiesysteme sind das Condition Monitoring und die Überwachung von Kraftwerksturboätzen, die Modellierung, Analyse und Stabilisierung von Energieübertragungsnetzwerken sowie die Erhöhung der Energieeffizienz von industriellen Produktionsprozessen. Die Aspekte der zunehmenden Integrationsdichte hin zu nanoskaligen Halbleiterschaltungen und der Anbindung vielfältiger Sensorik und Aktorik steigern die Komplexität und Sensitivität des Systemverhaltens vieler elektronischer und mechatronischer Anwendungen signifikant. In diesem Umfeld werden systemtheoretische Modelle sowohl von mechanischen und elektronischen Bauteilen als auch von gekoppelten mechatronischen Systemen aufgestellt, deren Systemverhalten analysiert oder durch Simulation (Software/Hardware in the Loop) verifiziert. Neue Entwicklungen in den Life Sciences gerade auch bei der Bestimmung geeigneter Omics-Daten lassen die Vision einer auf geeigneten Biomarkern basierenden personalisierten Medizin zunehmend in greifbare Nähe rücken. Hierzu liefert die Abteilung vielfältige Beiträge: Mathematische Modellierung in Verbindung mit Simulations- und Optimierungswerkzeugen verbessert biotechnologische Prozesse und hilft bei der Erzeugung hochwirksamer und hochspezifischer Medikamente; leistungsstarke Datenanalysewerkzeuge unterstützen die Diagnose und Entscheidungsfindung; interaktive Software erleichtert die Durchführung individueller Beratungsgespräche. In Anwendungen im Bereich Material- und Produktdesign werden mittels mess- und simulationsdatenbasierter Methoden Modelle zur Vorhersage, Klassifikation und Simulation von Produkt- und Materialverhalten entwickelt, auf deren Basis sich entsprechende Entscheidungen für das Material- und Produktdesign ableiten lassen. Um die Zahl kostspieliger Versuche zur Datenbeschaffung möglichst gering zu halten, spielen Methoden des Design of Experiment hier eine wichtige Rolle.

Produktions-, Fertigungs- und Geschäftsprozesse zeichnen sich vielfach durch eine hohe Komplexität resultierend aus Verkettung und Interaktion vieler Komponenten aus. Die systematische Analyse dieser Prozesse mit modernen systemtheoretischen modellbasierten Ansätzen oder mit Methoden des Data Mining auf Grundlage der vielfach verfügbaren aber oftmals ungenutzten Prozessdaten birgt vielfältige Möglichkeiten: Optimierung von Prozessen im Hinblick auf Qualität oder Energieeffizienz, Entdeckung von Schwachpunkten und daraus resultierend dem Design neuer Produkte, um nur einige Beispiele zu nennen.

Dr. Anna Shumilina, Dr. Jan Hauth, Andreas Barthlen, Achim Faßbender, Dr. Alex Sarishvili, Dr. Hagen Knaf, Hans Trinkaus, Matthias Hauser, Mohammed Ali Khozoei, Carmelo Vicari

Dr. Dominik Stahl, Dr. Christian Salzig, Dr. Alexander Dreyer, Thanh Hung Nguyen, Tjorben Groß, Dr. Patrick Lang, Dr. Andreas Wirsén, Vladimir Shiryayev, Dr. Julia Orlik, Daniel Zoufine Bare Contreras



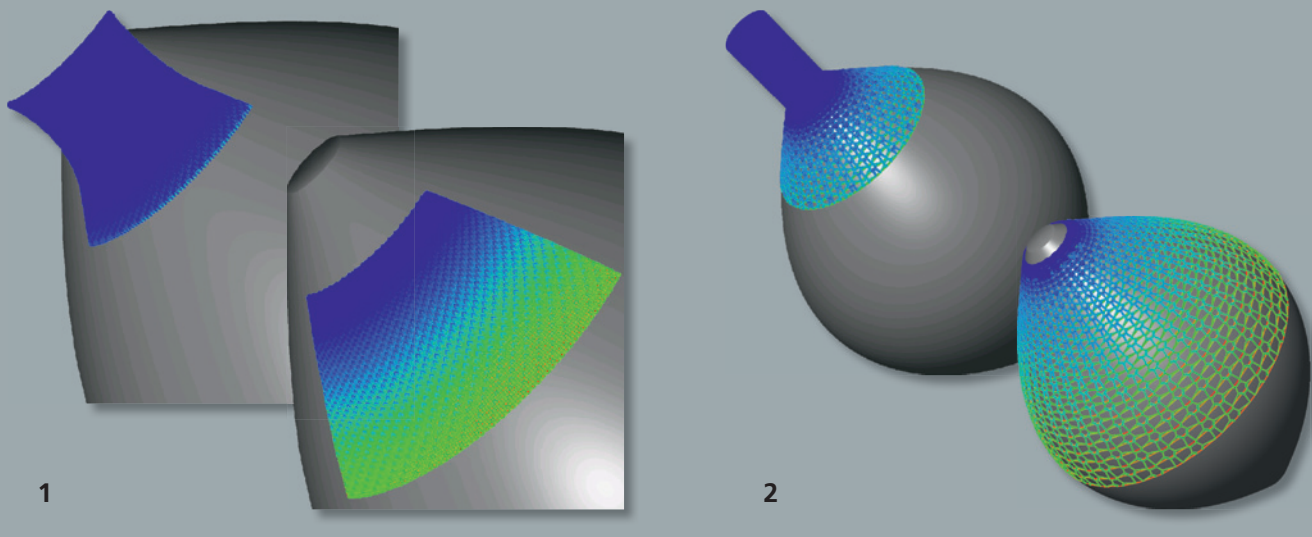
EMERGENT – GRUNDLAGEN EMERGENTER SOFTWARE

1 Interaktion zweier Smart Devices über eine Orchestrierungskomponente

Das Studium der Grundlagen eines neuen Softwaretyps für Unternehmen – der emergenten Software – ist der Inhalt des vom BMBF geförderten Projektes Emergent.

»Emergenz ist die spontane Herausbildung von Phänomenen oder Strukturen auf der Makroebene eines Systems auf der Grundlage des Zusammenspiels seiner Elemente. Dabei lassen sich die emergenten Eigenschaften des Systems nicht offensichtlich auf Eigenschaften der Elemente zurückführen, die diese isoliert aufweisen.« (Wikipedia) Übertragen auf Unternehmenssoftware kombiniert emergente Software dynamisch und flexibel eine Vielzahl von Komponenten unterschiedlicher Hersteller, um die hochkomplexen Anforderungen digitaler Unternehmen zu erfüllen. Emergente Software passt sich dynamisch an die Anforderungen aus dem Markt und im Geschäftsumfeld an, unterstützt komplexe und dynamische Unternehmensnetzwerke, und ermöglicht innovative Dienstleistungen auf den Märkten des zukünftigen Internet. U. a. können solche Dienstleistungen leicht kombiniert und Geschäftsprozesse schneller, dynamischer und flexibler umgesetzt werden. Gleichzeitig kann die Kombination von leistungsstarken Lösungsansätzen die Funktionalität der Dienste erweitern.

Als Beitrag zu Emergent wird in der Abteilung in Kooperation mit dem DFKI (SmartFactory) und der Firma mineway GmbH ein Konzept für sogenannte Smart Devices entwickelt. Hierbei handelt es sich zunächst um Geräte mit integrierten, die Gerätefunktion unterstützenden Data-Mining-Komponenten wie etwa eine Präzisionspumpe mit einer Komponente zur Prognose der zukünftigen Fördergenauigkeit. Letztere kann genutzt werden, um Wartungen oder den Austausch der Pumpe rechtzeitig zu planen. Die in einer Anlage verbauten Smart Devices können nun zusätzlich über eine Orchestrierungskomponente Daten oder Programme austauschen, wobei durch Kombination von Softwaremodulen neue, emergente Data-Mining-Funktionalität entstehen kann. Besitzt zum Beispiel eine der oben erwähnten Förderpumpen eine Komponente zur Klassifikation von Daten, so kann diese im Zusammenspiel mit den verfügbaren Fördergenauigkeiten von Pumpen verschiedener Hersteller für einen Herstellervergleich genutzt werden, obgleich dies nicht dem ursprünglichen Zweck entspricht: Die Orchestrierungskomponente »erkennt« solche Möglichkeiten anhand der Metadaten der Förderpumpen und schlägt sie dem Nutzer vor. Emergente Software muss in erheblich höherem Maß als gewöhnliche Software in ihrer Funktion für den Nutzer transparent sein. Deshalb besteht ein weiterer Projektbeitrag in der Untersuchung einer grafikbasierten Methode zur Festlegung bestimmter Verfahrensparameter in der Clusteranalyse. Das Projekt Emergent selbst wird im Rahmen des Exzellenzclusters Softwareinnovationen für das digitale Unternehmen (www.software-cluster.com) durchgeführt, in dem das ITWM Partner ist.



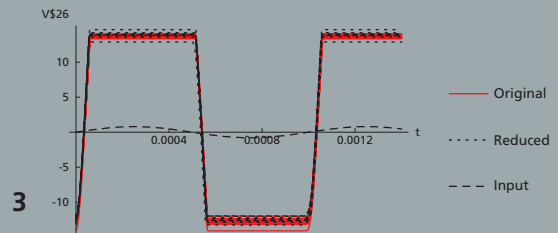
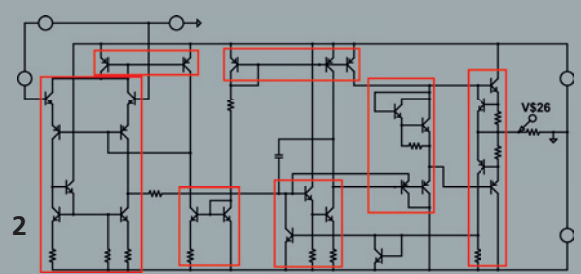
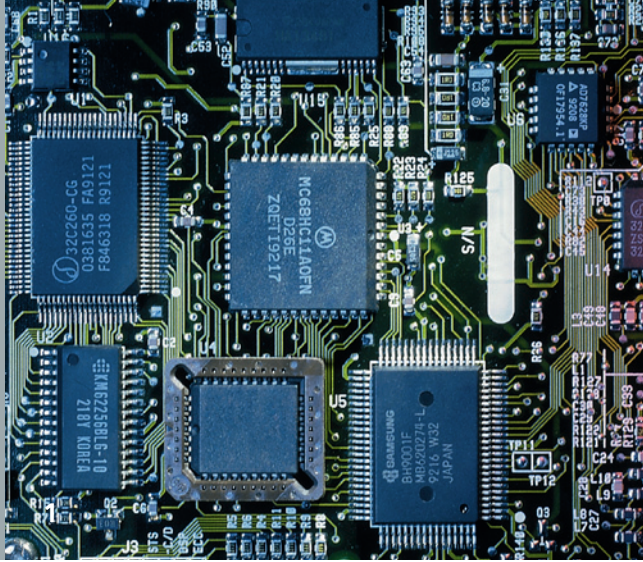
MODELLIERUNG UND SIMULATION VON FASER- STRUKTUREN UND TECHNISCHEN TEXTILIEN

Im Fokus stehen die Mehrskalenmodellierung und Simulation von gewebten oder gestrickten Textilien, von 3D-Gewirken und Fasermaterialien mit heterogener Mikrostruktur unter besonderer Berücksichtigung des Kontakts zwischen den einzelnen Fäden oder Fasern. Auch die Textilveredelung von Oberflächen wird hierbei betrachtet. Die Kontaktbetrachtungen führen auf ein nichtlineares Problem und die unterschiedlichen geometrischen Längenskalen machen eine direkte numerische Simulation sehr aufwändig. Für eine effektive Berechnung wird deshalb ein Mehrskalenzugang verwendet, der eine Dimensionsreduktion des Problems erlaubt. Das Problem hat zwei Kleinparameter, wobei der erste das Verhältnis zwischen periodischem oder repräsentativem Textilmuster und den Gesamttextilabmessungen und der zweite die Relation zwischen Faser- bzw. Garndurchmesser und seiner Länge darstellt. Mathematische asymptotische Methoden werden entsprechend Homogenisierung bzw. Dimensionsreduktion genannt. Bei der Homogenisierung wird eine Skalenseparation angestrebt, sodass aus Hilfsproblemen auf einer Periodizitäts- oder repräsentativen Strukturelementarzelle das effektive Materialverhalten für das Gesamttextil abgeleitet werden kann. Die Dimensionsreduktion bildet das Textil auf ein Balkennetzwerk ab, wobei sich die Gesamtverformung als Superposition von Zug, Biegung und Torsion eindimensionaler Balken berechnen lässt. Dabei ist aber der mechanische Kontakt zwischen den Balken explizit zu berücksichtigen.

In beiden Ansätzen stellt die Berücksichtigung des Kontaktes eine Innovation dar und erforderte eine neue Analyse, die im DFG-Projekt »Modellierung und Simulation von Faserstrukturen und technischen Textilien« zusammen mit dem Lehrstuhl Technische Mechanik der Universität Erlangen durchgeführt wurde; die Ergebnisse sind in einigen mathematischen und mechanischen Zeitschriften veröffentlicht. In ersten Arbeiten wurde ein effektives elasto-plastisches Materialverhalten für Textilien hergeleitet, während die weiteren Arbeiten sich der Herleitung von Kontaktbedingungen für Balken aus der bekannten Reibungskraft und Faserquerschnittsdaten widmen. Bei der numerischen Umsetzung der entsprechenden Berechnungsalgorithmen wurde als Werkzeug die Finite-Element-Methode mit Balkenelementen gewählt, die auf die Kontaktprobleme erweitert wurde. Neben der Berechnung der effektiven mechanischen Materialeigenschaften für eine Vielzahl bereits existierender gewebter und gestrickter Textilien aus technischen und medizinischen Anwendungen bietet der Ansatz auch das Potenzial zur gezielten Auslegung neuer Textilien mit vorgegebenem mechanischem Eigenschaftsprofil. Weiterhin kann auch der Textilveredelungsprozess verschiedener Oberflächen simuliert und analysiert werden. Hierdurch lässt sich vorab die Qualität der resultierenden Textiloberfläche bewerten, um so die Entstehung von Falten und sonstigen optischen Inhomogenitäten zu vermeiden.

*1 Simulation des Anzie-
hens einer Kompressions-
ware*

*2 Evolution eines einseiti-
gen Kontakts eines Textils
mit komplett aufgelöster
Mikrostruktur*



MODELLREDUKTION ZUR SCHNELLEN SIMULATION NEUER HALBLEITERSTRUKTUREN

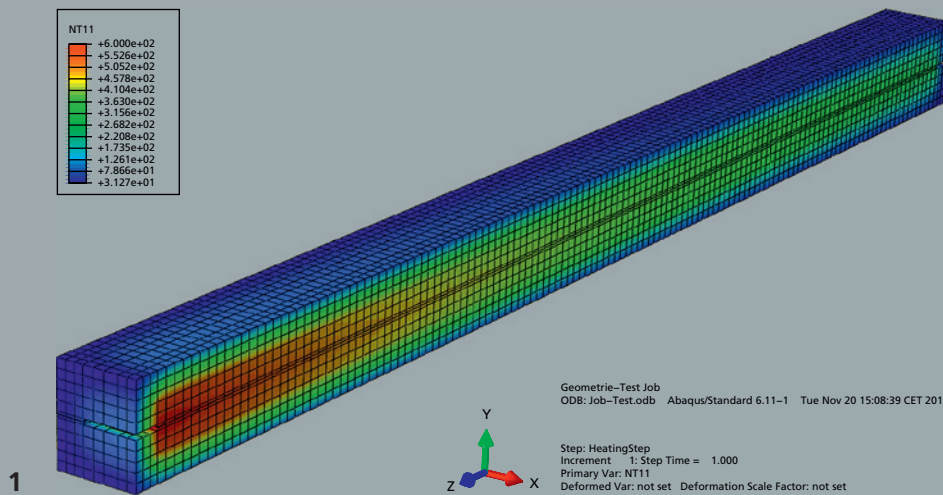
1 Hierarchisch aufgebaute Schaltung

2+3 Schematik des Operationsverstärkers OP741, der aus 7 Teilschaltungen besteht, und das Ergebnis einer Monte-Carlo-Simulation am Ausgang des originalen und reduzierten Systems

Mit dem Übergang von der Mikro- zur Nanoelektronik stößt die herkömmliche Modellierung analoger Schaltungen mittels Nominalsystemen an ihre Grenzen. Die wachsenden relativen Prozessschwankungen in Produktion und Betrieb von Halbleiterbauelementen führen zu einem erhöhten Anteil an Schaltungen mit einem Systemverhalten außerhalb der gewünschten Spezifikationen. Um diesem Trend entgegenzuwirken, ist es notwendig, robuste Schaltungen zu entwerfen. Das Ziel des ITWM im BMBF-Projekt »MoreSim4Nano« ist es daher, durch die Generierung von reduzierten nichtlinearen Verhaltensmodellen analoger Schaltungen unter Parametervariationen den Entwickler beim Entwurf von robusten Schaltungen zu unterstützen und somit den Ausschuss zu minimieren. Dabei arbeiten wir mit dem Chip-Hersteller X-FAB zusammen, um die entwickelten Methoden mithilfe industrieller Schaltungen zu verifizieren.

Die Herausforderung bei der Erzeugung solcher reduzierter Verhaltensmodelle ist die stetig wachsende Größe moderner Schaltungen, für deren Simulation und Modellordnungsreduktion (MOR) immense Rechenzeiten benötigt werden. Hier soll das im BMBF-Projekt »SyreNe« entwickelte Konzept zur hierarchischen MOR auf Systeme mit Parameterschwankungen erweitert werden. Dabei wird die Struktur einer hierarchisch aufgebauten Schaltung genutzt, um eine beschleunigte MOR auszuführen. Die Idee hierbei ist, die bestehenden Algorithmen zur MOR von Systemen mit Parameterschwankungen, wie sie z. B. im Projekt »HIESPANA« entwickelt wurden, auf die einzelnen Teilsysteme anzuwenden, um danach die daraus resultierenden Versionen zu einem reduzierten Gesamtsystem zusammenzufügen. Somit wird die Simulation großer Systeme vermieden, was neben der Parallelisierbarkeit des neuen Ansatzes entscheidend für die Beschleunigung des MOR-Prozesses ist. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit zur Nutzung verschiedener Reduktionsmethoden, die so gewählt werden können, dass jedes Teilsystem bestmöglich reduziert wird.

Dennoch ist anfangs unklar, wie sich die Reduktion einzelner Teilsysteme auf den Fehler eines nichtlinearen Gesamtsystems auswirkt. Zur Abschätzung wurde eine heuristische und eine adaptive, auf Sensitivitäten basierende Methode zur Fehlersteuerung entwickelt. Als Beispiel eines Systems mit Parametertoleranzen wird hier ein Operationsverstärker OP741 betrachtet, der das 1 kHz Sinussignal am Schaltungseingang auf ± 14 V verstärken soll. Dabei sind die Dimensionierungen der Transistoren sowie die Widerstände toleranzbehaftet. Die hierarchische MOR liefert nach fast fünf Stunden ein um rund 70% reduziertes System mit 87 nichtlinearen Gleichungen, die die physikalischen Schaltungsparameter noch enthalten. Damit ist die neue Methode etwa 2,5-mal schneller als der nichthierarchische Ansatz bei gleicher Fehlerschranke.



INNOVATIVES REGLERDESIGN FÜR EINEN ENERGIEEFFIZIENTEN KÜHLOFEN

Mit dem Ziel der Energieeinsparung im Glasherstellungsprozess befasst sich die Schott AG mit der Entwicklung neuer Konzepte für Kühl- und Temperöfen. Hierzu sollen entscheidende Teilsysteme dieser Anlagen wie Beheizung und Regelung der Temperaturführung durch innovative Lösungen modifiziert werden, um die Wirtschaftlichkeit und Energieeffizienz maßgeblich zu steigern. Im BMWI-Projekt »Entwicklung eines energieeffizienten Ofenkonzeptes zur Wärmebehandlung von Glas« erarbeitet das Fraunhofer ITWM im Auftrag der Schott AG einen modellbasierten Regler zur Minimierung des Energieeintrags eines Kühlrofens unter Einsatz innovativer Aktorik.

1 Abaqus-Modell eines Kühlrofens

Ziel der Modellierung ist es, den realen Kühlrofen inklusive der verwendeten Aktorik und Temperatursensoren in seinem dynamischen Verhalten möglichst genau abzubilden. Mittels Simulation dieses Referenzmodells kann dann das zu entwickelnde Regelkonzept validiert werden – die Zahl der notwendig werdenden experimentellen Kühlrofenaufbauten wird deutlich reduziert. Zusätzlich wird ein Modell geringer Komplexität als Grundlage eines echtzeitfähigen modellbasierten Reglers benötigt. Hierzu wird zunächst ausgehend von dem Referenzmodell ein vereinfachtes lineares, jedoch hochdimensionales Ersatzmodell generiert, das den Kühlrofen in seinen Arbeitspunkten gut abbildet. Zur Generierung der für die Regelung benötigten Echtzeitfähigkeit wird dieses Modell in Kühlrofensegmente zerlegt, auf Segmentebene eine Modellordnungsreduktion durchgeführt und die reduzierten Modelle wieder zum Gesamtofenmodell zusammengesetzt. Dabei wurde bei einer Temperaturabweichung im Glas von $0,0001^{\circ}\text{C}$ eine Dimensionsreduktion um den Faktor 20 erreicht.

Um eine hohe Glasqualität zu erzielen, muss eine exakte Temperierung des Glases während des gesamten Durchlaufs durch den Kühlrofen eingehalten werden, d. h. die Glastemperatur im Kühlrofen muss durch Aktoren auf eine vorgegebene Solltemperaturkurve über den Ofenverlauf eingestellt werden. Zunächst wurden dazu die von der Schott AG entwickelte Aktorik im Hinblick auf ihre Eignung zur Temperatursteuerung analysiert und überdies mittels neuer Algorithmen optimale Sensorpositionen im Ofen ermittelt. Beim Reglerdesign sind die Dynamik des ofenweiten Wärmeausgleichsprozesses, die lange Laufzeit des Glases durch den Gesamtofen, die Aktordynamik sowie physikalische Restriktionen zu berücksichtigen. Darum wurde für die Regelung ein modellprädiktives Regelkonzept ausgewählt, das neben Totzeiten auch physikalische Nebenbedingungen berücksichtigen kann und sich industriell bereits bewährt hat. Für die Lösung des zugrundeliegenden Optimierungsproblems werden derzeit innovative Optimierungsstrategien unter Ausnutzung der Temperaturdynamik im Kühlrofen entwickelt.



OPTIMIERUNG

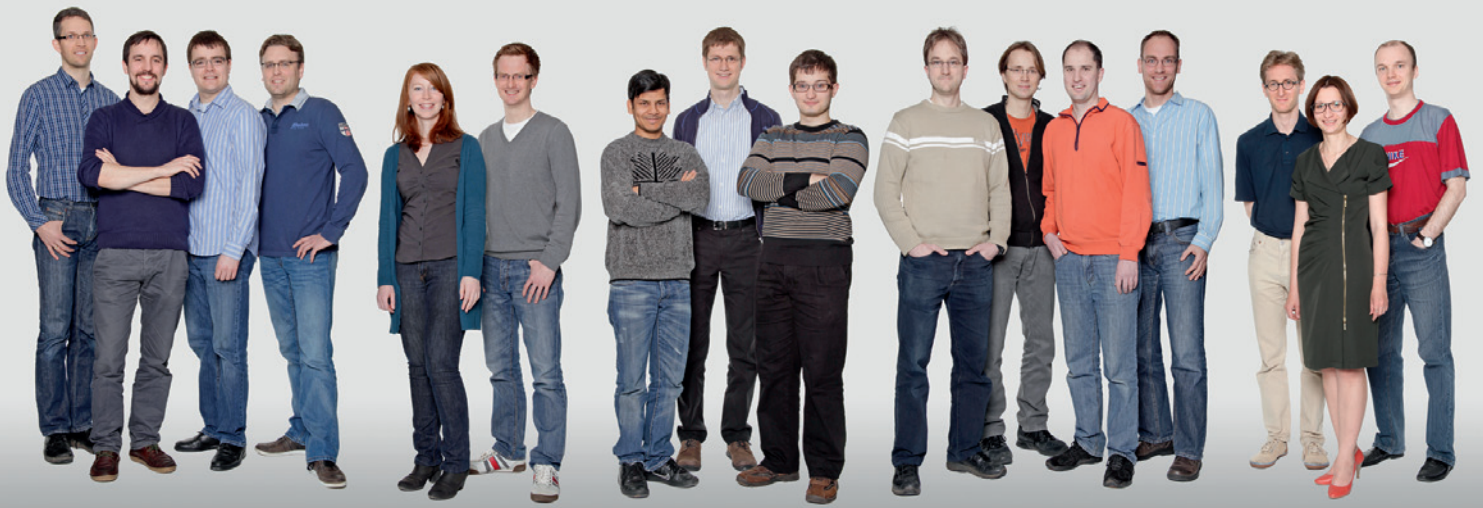
- MEDIZINISCHE THERAPIEPLANUNG
- OPTIMIERUNG IM VIRTUAL ENGINEERING
- OPTIMIERUNG VON UNTERNEHMENSSTRUKTUREN UND -PROZESSEN

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. Methodisch ist die Arbeit durch die enge Verzahnung von Simulation, Optimierung und Entscheidungsunterstützung geprägt. Unter Simulation wird dabei die Bildung mathematischer Modelle unter Einbeziehung von Design-Parametern, Restriktionen und zu optimierenden Qualitätsmaßen und Kosten verstanden. Die Entwicklung und Implementierung von anwendungs- und kundenspezifischen Optimierungsmethoden zur Berechnung bestmöglicher Lösungen für das Design von Prozessen und Produkten sind Kernkompetenzen der Abteilung. Alleinstellungsmerkmale sind die enge Verzahnung von Simulations- und Optimierungsalgorithmen unter spezieller Berücksichtigung mehrkriterieller Ansätze sowie die Entwicklung und Implementierung interaktiver Entscheidungsunterstützungswerkzeuge. Optimierung wird weniger als mathematische Aufgabenstellung verstanden, sondern als kontinuierlicher Prozess, den die Abteilung durch adäquate Werkzeuge unterstützt.

Optimierung von Unternehmensstrukturen und -prozessen

Das Portfolio umfasst Beratung und Unterstützung bei der Modellierung logistischer und organisatorischer Planungssysteme sowie die Entwicklung individueller Softwarekomponenten. Mit Optimierungsmethoden in eigenen Softwaretools werden Lösungsvorschläge zur Entscheidungsunterstützung erstellt, die den besten Kompromiss zwischen den konkurrierenden Planungszielen »Minimierung der Kosten« versus »Maximierung der Servicequalität« bieten. Methodisch basiert auf ereignisdiskreter Simulation und kombinatorischer Optimierung beschäftigt sich dieser Schwerpunkt mit effizienten Strategien für die Transportlogistik, mit Layoutfragen, mit Planung und Steuerung von Produktions- und F&E-Prozessen, mit Modellen und Algorithmen zur Planung und Disposition von Prozessabläufen im Krankenhaus und im Gesundheitswesen sowie mit der mathematischen Modellierung von Planungsaufgaben im öffentlichen Personenverkehr.

Optimierung in der medizinischen Therapieplanung

Die Abwägung zwischen der Aussicht auf Heilung von schwerer Krankheit und der Vermeidung von Nebenwirkungen bei der Therapieplanung stellt Mediziner vor schwere Planungsaufgaben. Der Forschungsschwerpunkt medizinische Therapieplanung entwickelt für die klinische Therapieplanung neue Methoden auf Basis mehrkriterieller Optimierung. Die Gruppe entwickelt im Verbund mit dem Massachusetts General Hospital (im Forschungsverbund der Harvard Medical School), dem Deutschen Krebsforschungszentrum, Fraunhofer MEVIS und dem kommerziellen Partner Siemens Health Oncology Care Systems innovative Planungskomponenten für die ioni-



sierende Strahlentherapie, die Ultraschalltherapie und die Radiofrequenzablation, welche medizinischen Physikern und behandelnden Ärzten in einer besonders einfachen Weise die Abwägung zwischen Chancen und Risiken der Behandlung gestattet. Mit den Kliniken Essen-Mitte wird an einem Assistenzsystem zur Entscheidungsunterstützung und Qualitätssicherung bei der Chemotherapie in der Senologie gearbeitet.

Optimierung im Virtual Engineering

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). Die Optimierung unterstützt Ingenieure dabei, Produkte und Prozesse so auszulegen, dass sie Zielvorstellungen bezüglich Qualität und Kosten bestmöglich erfüllen. Derzeit wird an Projekten aus den Bereichen Edelsteinschliff, Auslegung chemischer Prozesse, an der Optimierung von Trocknungsprozessen bei der Lackierung, an der optimalen Planung von Photovoltaikkraftwerken und an der bestmöglichen Auslegung von Prüfständen zur mechanischen Prüfung von Fahrzeugteilen gearbeitet. Dabei entstehen jeweils Softwarekomponenten zur simulationsgestützten Optimierung, welche die hochdimensionalen Aufgabenstellungen unter Nutzung speziell entwickelter Integrationstechniken von Simulations- und Optimierungsalgorithmen lösen. In Simulationsurrogaten werden interessante Parameterbereiche identifiziert, bevor dann mittels der Vollsimulation eine detailgetreue Optimierung erfolgt. Dieses hierarchische Vorgehen erlaubt die Untersuchung großer Bereiche des Entscheidungshorizonts und spart Zeit.

Das Jahr 2012 war für die Abteilung von hervorragendem wirtschaftlichem Erfolg geprägt; besonders hervorzuheben sind die Fortsetzung des Entwicklungsauftrages für die Software SIEMENS PV Planet zum Layout von Photovoltaikkraftwerken, die Weiterentwicklung der Software ChassisPack zum Engineering von Lkw-Chassis-Bestückungen für Volvo GTS in Göteborg, die Erarbeitung einer multikriteriellen Planungsplattform für verfahrenstechnische Prozesse in der chemischen Industrie im Auftrag der BASF sowie die Beauftragung einer Entscheidungsunterstützungsplattform für die Chemotherapieplanung bei Brustkrebs durch die Kliniken Essen-Mitte. Im wissenschaftlichen Bereich sind neben drei abgeschlossenen Promotionen die Genehmigung der BMBF- bzw. BMWi-Projekte MasterCraft, SINDIUM und NanoPur, die Förderempfehlung der BMBF- bzw. BMWi-Skizzen ViLoMa, SPARTA und SkaSIM und die institutionalisierte Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Thermodynamik der TU Kaiserslautern zur Modellierung, Simulation und Optimierung verfahrenstechnischer Prozesse hervorzuheben.

*Dr. Heiner Ackermann,
Dr. Martin Berger,
Dr. Richard Welke,
Dr. Sebastian Velten, Tabea
Grebe, Dr. Philipp Süß,
Chhitiz Buchasia, Dimitri
Nowak, Alexander Belyaev,
Dr. Kai Plociennik,
Dr. Ingmar Schüle, Dr. Uwe
Nowak, Dr. Hendrik Ewe
Dr. Jonas Haehnle,
Dr. Veronika Dick,
Dr. Maksym Bereznyi*

*Bastian Bludau, Dr. Neele
Leithäuser, Dr. Peter Klein,
Dr. Jan Schwientek, Katrin
Stöbener, Dr. Volker Maag,
Andreas Dinges, Prof. Dr.
Karl-Heinz Küfer, Grete
Kaffenberger, Andreas
Meyer, Sandra Keth,
Dr. Michael Bortz,
Dr. Alexander Scherrer,
Jasmin Kirchner,
Dr. Michael Schröder*



MODELLIERUNG, SIMULATION UND OPTIMIERUNG IN DER VERFAHRENSTECHNIK

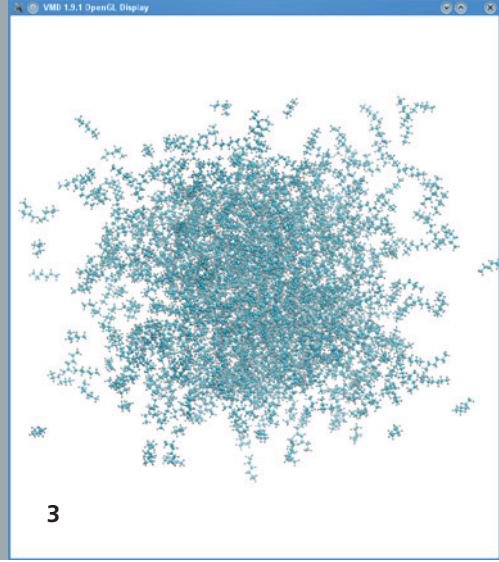
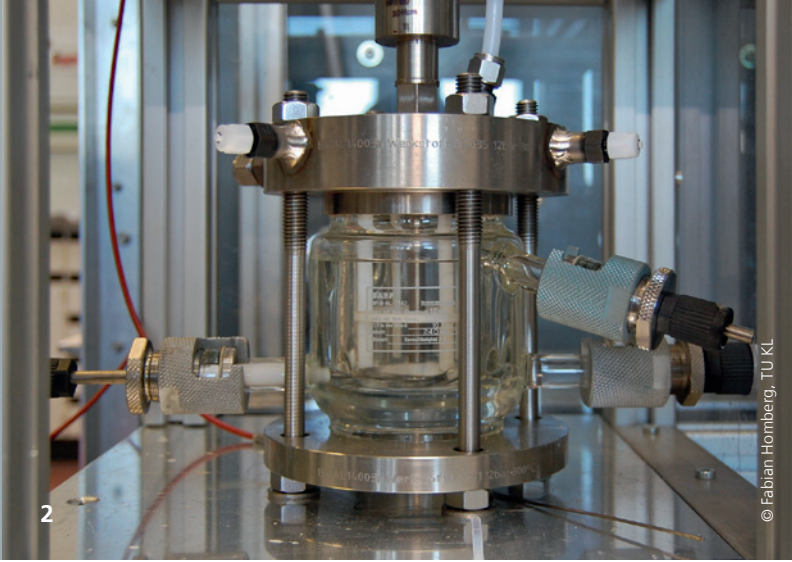
1 Überwachung des Betriebs einer chemischen Produktionsanlage

Die Arbeitsgruppe Modellierung, Simulation, Optimierung (MSO) in der Verfahrenstechnik wurde im Jahr 2012 als Kooperation zwischen dem Lehrstuhl für Thermodynamik an der TU Kaiserslautern und der Abteilung Optimierung institutionalisiert. Mit einer umfangreichen Labor- und Technikausstattung und einer leistungsstarken Infrastruktur deckt diese Arbeitsgruppe weite Bereiche in der Prozessplanung ab.

Die datenunterstützte Modellbildung aus dem Experiment, die sich daran anschließende modellgestützte Simulation und Optimierung unter Einbeziehung von Unsicherheiten und der erneute Vergleich mit dem Experiment einschließlich der Planung weiterer geeigneter Versuche sind wichtige Werkzeuge der modernen Prozessplanung. Es geht dabei immer um eine möglichst gute Trennung oder Synthese von Stoffen, wobei »gut« im jeweiligen Kontext definiert wird. In diesem Vorgehen lassen sich zwei Bereiche identifizieren, bei denen MSO eine tragende Rolle spielt:

- Modellerstellung, -verifikation und -validierung
Hierzu gehört auf der Stoffmodellseite die Anpassung molekularer Stoffparameter, so dass makroskopisches Verhalten, das experimentell beobachtet wird, möglichst gut wiedergegeben wird. Auf der Anlagenseite zählt die geeignete Beschreibung von Apparaten mittels Gleichgewichtsstufenmodellen dazu. Dies sind multikriterielle Probleme, da im Allgemeinen die genaue Wiedergabe aller experimentellen Befunde mit nur einem Satz von Simulationsparametern nicht möglich ist.
- Bestimmung optimaler Betriebspunkte von Anlagen zur möglichst guten Erreichung nutzerdefinierter KPIs (Key Performance Indicator)
Auch dieses Problem ist multikriteriell, typische KPIs stehen in Konkurrenz zueinander, wie etwa Qualitäts- und Kostenmaße.

Der Workflow für beide Aufgabenstellungen wird innerhalb der Arbeitsgruppe MSO mit einem breiten Methodenspektrum unterstützt. Dieser Workflow startet üblicherweise mit den Fragen nach dem geeigneten Modell und den geeigneten Parametersätzen, die die Freiheitsgrade des Modells adäquat beschreiben. Ein gutes Modell soll dabei einerseits die vorhandenen und als zuverlässig eingestuften Daten möglichst gut beschreiben, andererseits von hohem prädiktivem Nutzen für das Verhalten des Systems in Bereichen sein, in denen noch keine Versuche durchgeführt wurden. Daher stehen hier zu Beginn statistische Methoden des Data Mining und Hypothesentests. Dem Ingenieur wird die Möglichkeit gegeben, durch verschiedene Visualisierungstechniken und -optionen Abhängigkeiten zwischen den Daten zu erkennen. Es werden



relevante Variablen identifiziert; der Nutzer hat die Möglichkeit, verschiedene Modelle miteinander zu vergleichen, wobei die Modelle sowohl auf ihre deskriptive als auch prädiktive Qualität hin untersucht werden. Bezogen auf die oben genannten Bereiche werden für den ersten Punkt typischerweise Korrelationsfunktionen zur Modellierung nicht-idealer Stoffe herangezogen. Beim zweiten Punkt ist es die geeignete Verschaltung von idealisierten Gleichgewichtsstufen zur Modellierung realer Kolonnen.

Dieses Modell bildet den Ausgangspunkt für eine simulationsgetriebene Optimierung, in der Einzellösungen in den Gesamtkontext der Lösungsvielfalt eingebettet werden. Damit wird – bei konkurrierenden Zielfunktionen – die Planung nicht nur auf die Menge der besten Kompromisse sinnvoll eingeschränkt. Zusätzlich erhält der Planer Einblick in die Nachbarschaft einer Lösung, also insbesondere in die Trade-Offs, die mit der Verbesserung eines Ziels verbunden sind.

Für beide oben genannten Bereiche hat sich eine Modellhierarchie etabliert. Diese Modellhierarchie erlaubt es, sich zunächst auf hohem Niveau so zu orientieren, dass man interessante Regionen im Design- und Zielraum identifiziert und diese dann mit einer detailgetreuen aufwändigen Simulation in aller Tiefe exploriert. Diese hierarchische Herangehensweise spart nicht nur Zeit und ermöglicht die Analyse großer Bereiche der Design- und Entscheidungsräume, sondern ist unter Umständen die einzige Möglichkeit, sinnvolle Ausgangspunkte für die Optimierung mit der Vollsimulation zu finden.

Für die praktische Entscheidungsunterstützung von ebenso großer Relevanz wie die Kenntnis der besten Kompromisse ist die Information über deren Robustheit gegenüber Unsicherheiten in den Eingangsparametern. Der Planer wird bereit sein, Kompromisse in den KPIs zu machen, wenn dadurch die Auslegung der Anlage robuster gegenüber Unsicherheiten in den Stoffparametern ist. Eine sinnvolle Quantifizierung des Fehlers, der aus der Parameteranpassung an Experimente resultiert und die verlässliche Angabe von Konfidenzintervallen der optimierten Größen sind hier von zentraler Bedeutung. Kommt der Planer zu dem Schluss, dass diese Konfidenzintervalle zu groß sind, so müssen die Steuergrößen der Experimente so adjustiert werden, dass die Messungen dort stattfinden, wo die Unsicherheit möglichst weit reduziert wird. Mit dieser Versuchsplanung wird der Kreis zum Experiment geschlossen. Das iterative Durchlaufen dieses Workflows bietet die Chance, verlässliche und praktisch relevante Lösungen zu den beiden Aufgabenbereichen zu finden.

*2 Rührkesselreaktor zur
Stoffsynthese am Lehrstuhl
für Thermodynamik, TU
Kaiserslautern*

*3 Bestimmung von thermo-
dynamischen Stoffdaten
und Transportgrößen*



1

Luminal A ER/PR positiv, Her2neu negativ, Ki-67 unter 14%

Endokrine Therapie

Luminal B ER/PR positiv, Her2neu negativ, Ki-67 mind, 14%

Endokrine Therapie mit/ohne CTX (Anthrazyklin- und Taxan-haltig)

Luminal B ER/PR positiv, Her2neu negativ, jedes Ki-67

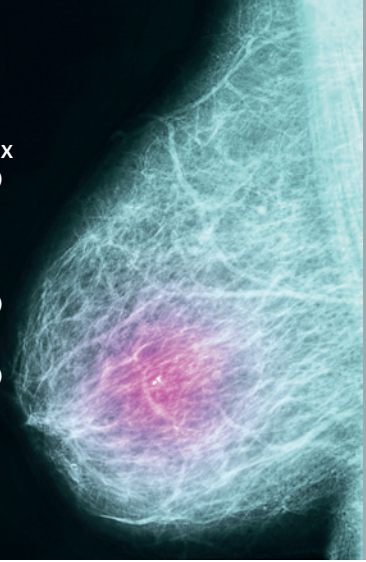
Endokrine Therapie mit CTX und Anti-Her2-Therapie (Anthrazyklin- und Taxan-haltig)

Her2neu positiv (nicht luminal) ER/PR negativ, Her2neu überexprimiert

CTX mit Anti-Her2-Therapie (Anthrazyklin- und Taxan-haltig)

Triple negativ ER/PR negativ, Her2neu negativ

CTX (Anthrazyklin-, Taxan- und Cyclophosphamid-haltig)



SENOLOGIEASSISTENZ

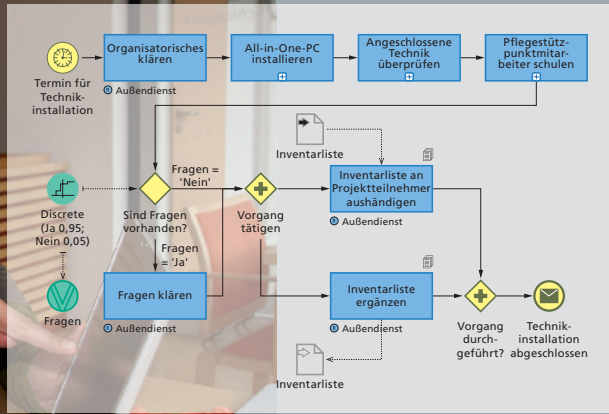
1 *Prototypische Benutzeroberfläche von SenoAssist*

2 *Tumorklassen und Therapieansätze gemäß St. Gallen-Studie 2011*

Brustkrebs ist die häufigste Krebserkrankung bei Frauen. Die Behandlung erfolgt in der Regel durch eine passende Kombination aus Operation sowie Chemo-, Hormon- und Strahlentherapie. Der behandelnde Arzt plant solche Therapien gemäß seiner medizinischen Expertise auf Basis standardisierter Leitlinien und klinischer Erfahrungswerte. Dazu muss eine große und stetig wachsende Menge relevanter Information zunächst datentechnisch erfasst und anschließend effizient zur Gestaltung einer bestmöglichen patientenindividuellen Therapie genutzt werden. Nur so kann eine konstant hohe Behandlungsqualität gewährleistet werden, was jedoch aufgrund des enormen Zeitdrucks im Klinikalltag schwer umsetzbar ist.

Im Projekt Senologieassistenz entwickelt die Abteilung Optimierung für das Brustzentrum der Kliniken Essen-Mitte die neuartige Planungssoftware SenoAssist. Dafür werden zunächst geeignete Datenmodelle konzipiert, auf deren Basis die therapielevanten Informationen passend aufbereitet und für die weitere Verwendung bereitgestellt werden. Daneben werden die medizinischen Planungsabläufe auf ihre Struktur analysiert und mit Verfahren aus der mathematischen Entscheidungsunterstützung in praxisgerechter Form nachgebildet. Das Datenmodell und die darauf aufsetzenden mathematischen Verfahren bilden die Grundlage für die Entwicklung der Planungssoftware SenoAssist. Deren zentrale Merkmale sind die einfache Administration und Bearbeitung laufender Patientenfälle, die automatische Suche nach zum aktuellen Patientenfall passenden Untersuchungen, Behandlungsoptionen usw. in den aufbereiteten Informationen sowie deren intuitive grafische Darstellung zur weiteren Verwendung für die Therapiegestaltung.

Auf diese Weise entlastet SenoAssist den behandelnden Arzt von zeitaufwändigen Routinearbeiten, sodass dieser sich mit ganzer Kraft der eigentlichen Behandlungsplanung widmen kann. Für diese anspruchsvolle Aufgabe liefert die Planungssoftware ihm eine transparente Entscheidungsgrundlage für die Festlegung der nächsten therapeutischen Schritte. Der klinische Routineeinsatz von SenoAssist lässt daher signifikante Verbesserungen in der Brustkrebstherapie sowohl beim Zeitaufwand für die Behandlungsplanung als auch hinsichtlich der erzielten Therapiequalität erwarten.



2

SICHERHEIT UND UNTERSTÜTZUNG VON SENIOREN IN DEN EIGENEN VIER WÄNDEN – SUSI TD

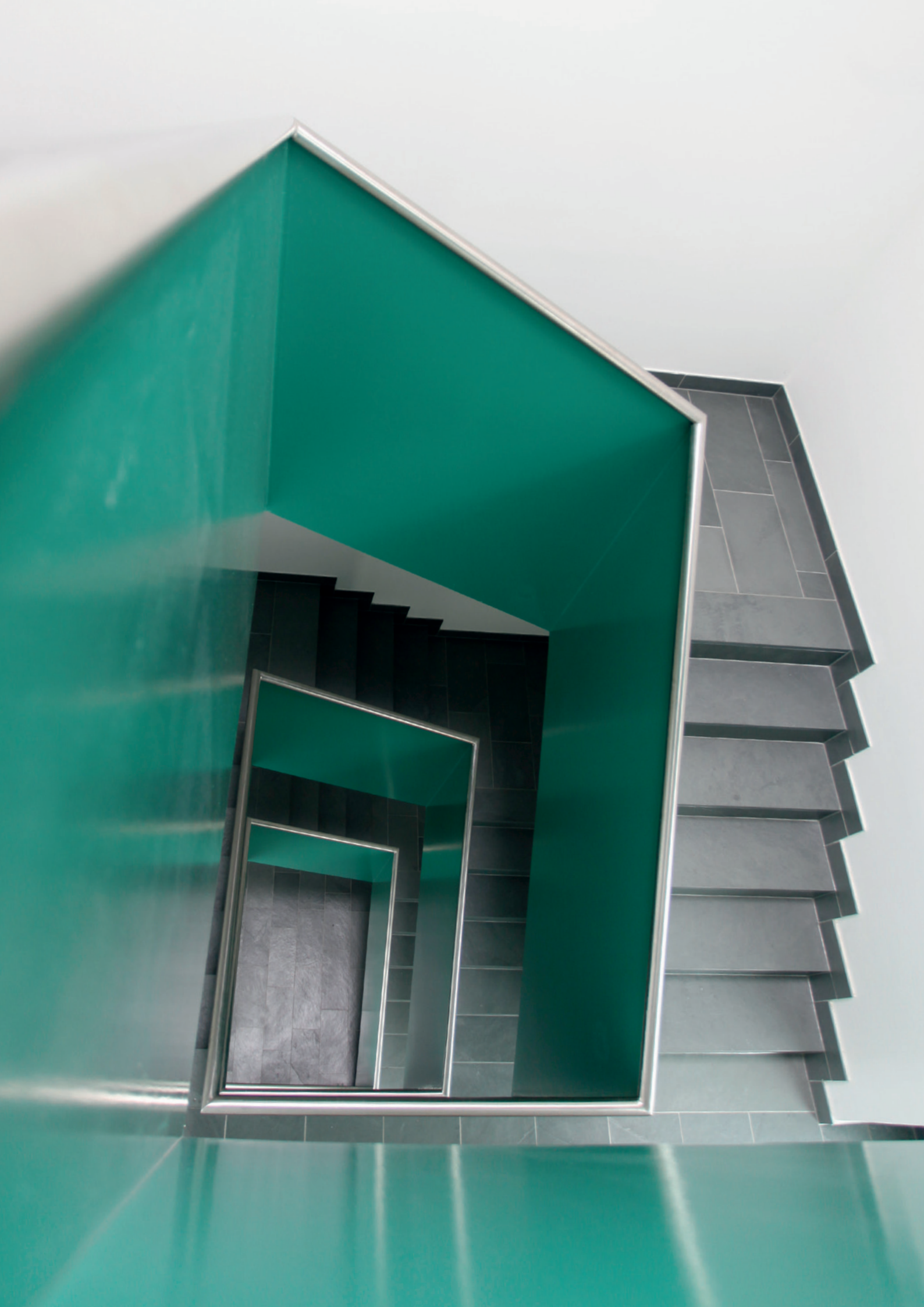
Das Projekt »Sicherheit und Unterstützung von Senioren durch Integration von Technik und Dienstleistung« SUSI TD erprobt ein spezielles Angebot aus Technik und Dienstleistung für ältere Menschen, damit diese möglichst lange und selbstständig zuhause leben können. Das Angebot soll Senioren mehr Sicherheit in den eigenen vier Wänden geben, den Austausch mit anderen Menschen unterstützen und den Zugang zu Hilfs- und Pflegeleistungen erleichtern. SUSI TD ist ein Landesleitprojekt der Initiative Gesundheitswirtschaft Rheinland-Pfalz des Ministeriums für Soziales, Arbeit, Gesundheit und Demografie und des Ministeriums für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung. Gemeinsam mit 30 Senioren ab 70 Jahren aus Trier und der Verbandsgemeinde Konz wird der Nutzen von SUSI TD für den Lebensalltag erprobt.

Zum einen betreuen die Berater der Pflegestützpunkte Trier und Konz die Senioren vor Ort. Zum anderen wird ihnen ein All-in-One-PC zur Verfügung gestellt und moderne unauffällige Technik (ca. 20 Sensoren) in die Wohnung eingebaut, die es ermöglicht, jederzeit Hilfe zu holen und Hilflosigkeitssituationen zu erkennen. Bei den Sensoren handelt es sich um mit dem PC in Funkkontakt stehende Bewegungsmelder und Kontaktsensoren, welche an den Türen und Schränken z. B. in der Küche befestigt werden. Der PC verarbeitet laufend die empfangenen Daten und kann bei erkannter Gefahr für den Senior eine vertraute Person oder die Hausnotrufzentrale informieren. Außerdem werden die Daten genutzt, um schleichende Verhaltensänderungen des Seniors festzustellen, die dann vertraulich mit dem Berater abgeklärt werden können. Schleichende Erkrankungen können so möglichst frühzeitig erkannt werden.

Die Integration von Technologie des AAL (Ambient Assisted Living) und innovativer Beratung in bestehende ambulante Pflegestrukturen erfordert eine grundlegende Anpassung der vorhandenen Prozesse. Die Abteilung Optimierung nimmt deshalb die Wirtschaftlichkeit des Ansatzes von SUSI TD in den Blick. Um die Veränderung messbar zu machen, erhebt das ITWM bestehende Prozesse in Form eines Prozessmodells, welches Prozesse aller beteiligten Dienstleister (z. B. Pflegestützpunkte oder Technikdienstleister) erfasst. Anhand des Prozessmodells des ITWM werden Hochrechnungen in Form von Prozesssimulationen auf zukünftige innovative Pflegestrukturen erstellt und diese für die zukünftige strategische Gestaltung von Pflege zu Rate gezogen. So lassen sich z. B. verschiedene Prozessvarianten simulieren und anhand Prozesszeiten und -kosten analysieren. Das Prozessmodell erlaubt es zudem, Prozesse und Kennzahlen im Verlauf des Projektes zu erfassen, zu strukturieren und dient damit auch als qualitätssicherndes Instrument des Forschungsvorhabens. Außerdem dient es als Grundlage für betriebswirtschaftliche Modelle für innovative Pflegestrukturen und sichert somit deren nachhaltige Wirtschaftlichkeit.

1 *Seniorin wird im Umgang mit moderner Kommunikationstechnik beraten*

2 *schematische Darstellung eines Installationsprozesses der SUSI TD-Technik*



FINANZMATHEMATIK

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

Abteilungsleiter

Prof. Dr. Ralf Korn

T. 0631/3 1600-4658

ralf.korn@itwm.fraunhofer.de



Die Ereignisse der großen Finanzkrisen der letzten Jahre spiegeln sich auch in den Projekten und Forschungsgebieten der Abteilung wider. Dies sogar deutlicher, als es der vorliegende Jahresbericht erlaubt, da über manche aktuellen Projekte nicht oder noch nicht berichtet werden darf. Diese beinhalten Themen wie Messung des Liquiditätsrisikos, Management der Risiken kompletter Firmenportfolios oder aber die Untersuchung auf Verdachtsmomente von Unregelmäßigkeiten. Konsequenzen aus der Finanzkrise wie die Besicherung von bisher als risikolos geltenden Zinsgeschäften haben sowohl in der Praxis als auch in der Forschung zu neuen Herausforderungen geführt, denen sich die Abteilung stellt. So ist der überaus erfolgreiche Workshop zu Basis-Spreads und OIS-Discounting als ein Beispiel zu nennen. Auch konnten 2012 nicht nur der Kundenkreis, sondern auch unser Forschungs- und Beratungsportfolio erheblich erweitert werden. So bilden die Modellierung von Strompreisen unter vermehrtem Einfluss erneuerbarer Energiequellen und die energieeffiziente Berechnung von Risikokennzahlen zukunftssträchtige Themen. Zudem wurden in der Abteilung vier Promotionen abgeschlossen.

Optionsbewertung

Derivate stellen sowohl eine Risikoquelle als auch ein Mittel zum Management von Risiken am Finanzmarkt dar. Trotz der Finanzkrise sind sie für Banken, Asset-Manager oder Versicherer unverzichtbare Finanzinstrumente. Ihre zunehmend komplexere Gestalt als auch der Bedarf nach realistischeren Aktienpreis- und Zinsmodellen produzieren fortwährend neue Herausforderungen an Bewertungsalgorithmen und -software. So wurden auch 2012 wieder neue und bewährte Varianten des stochastischen Volatilitätsmodells nach Heston in Industrieprojekten eingesetzt. Neu entwickelte Baumverfahren zur Optionspreisbestimmung im Heston-Modell werden wichtige Bestandteile zukünftiger Forschungs- und Beratungsprojekte in diesem Bereich sein.

Kreditrisiko und Statistik

Außer einigen Workshops und Industrieprojekten in den Bereichen Kreditrisiko, Abrechnungsbetrug und Extremwertrisiken in Banken und Versicherungen standen die beiden Forschungsprojekte NORM (News Optimized Risk Management) im Bereich News Analytics (EU-Projekt gemeinsam mit dem niederländischen Unternehmen Semlab und OptiRisk Systems aus England) und das von der VW-Stiftung geförderte Projekt »Robust Risk Estimation« (mit der TU Kaiserslautern und weiteren externen Partnern) im Fokus der Forschungen innerhalb dieses Schwerpunkts. Nataliya Horbenko und Peter Ruckdeschel wurde (gemeinsam mit Co-Autor



Taehan Bae) der Operational Risk and Regulation Innovation Award für das Paper of the Year 2012 verliehen, eine Arbeit auf dem Gebiet der robusten Schätzung des Operational Value at Risk.

Portfolio-Optimierung

Die Bestimmung von Risikokennzahlen und das Risikomanagement von großen Portfolios bekommen unter dem Eindruck der Finanzkrise der letzten Jahre mittlerweile ein weitaus größeres Augenmerk als die eigentliche Optimierung des Portfolios. Die Berechnung von Risikokennzahlen wie z. B. Value at Risk oder Expected Shortfall erfordert für große Portfolios hocheffiziente numerische Methoden, damit sie in einer angemessenen Zeit mit einer vorgegebenen Genauigkeit durchgeführt werden kann. Hier kann das unten beschriebene Projekt der energieeffizienten Berechnung eine zukunftsweisende Möglichkeit sein. Ein anderer Bereich von großem Interesse liegt in den Garantiestrategien wie z. B. der sogenannten CPPI-Strategie, deren Vorgehen eine untere Grenze der Vermögensentwicklung sicherstellt.

Zinsmodelle

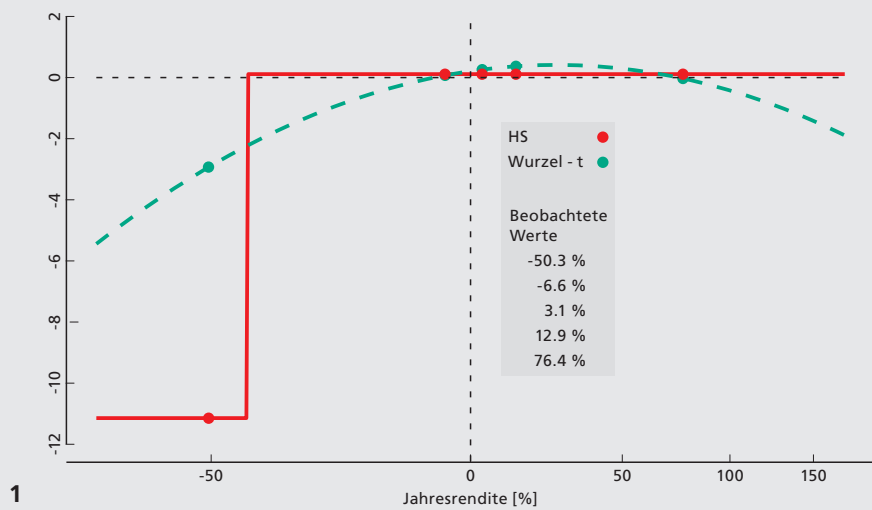
Wie bereits oben erwähnt, wurde 2012 Know-how zum Thema Basis-Spreads und OIS-Discou-nting aufgebaut, um mit den hochaktuellen Entwicklungen am Zinsmarkt Schritt zu halten. Im von der DGVFM ausgerufenen Jahr der Zinsgarantie wurden verstärkt und erfolgreich Work-shops zum Thema Zins veranstaltet. Des weiteren wurde die Pflege und Vermarktung der am ITWM implementierten Mehr-Faktor-Modelle (speziell des Zweifaktor-Hull-White-Modells) auch 2012 betrieben. Seine Bausteine konnten als Bewertungsverfahren und -routinen flexibel in verschiedenen Industrieprojekten eingesetzt werden. Mit den Zinsmodellen verwandt ist auch die Modellierung von Energiepreisen, die in einem separaten Beitrag beschrieben wird.

Versicherungsmathematik

In der Versicherungsmathematik war die Abteilung 2012 schwerpunktmäßig in den Bereichen der Zinsmodellierung für Versicherer gerade im Hinblick auf Garantien in der gegenwärtigen Niedrigzinsphase und im Asset-Liability-Management tätig. Hier wird 2013 angestrebt, unter den Mitgliedern des Europäischen Instituts für das Qualitätsmanagement finanzmathematischer Produkte und Verfahren EI-QFM Forschungs- und Beratungsaufträge zu akquirieren. Mögliche Bereiche hierfür sind die Zertifizierung aktueller Software oder von Altersvorsorgeprodukten.

*Dr. Gerald Kroisandt,
Giles-Arnaud Nzouankeu
Nana, Tatjana Lemke,
Dr. Johannes Leitner,
Dr. Roman Horsky, Dr. Jörg
Wenzel, Andreas Wagner,
Stefanie Grimm, Dr.
Alexandra Kochendörfer*

*Dr. Johan de Kock,
Dr. Bernhard Kübler, Nora
Imkeller, Dr. Peter
Ruckdeschel, Dr. Sascha
Desmettre, Prof. Dr. Ralf
Korn, Dr. Christina
Erlwein-Sayer, Dr. Tilman
Sayer*



MESSUNG VON MARKTPREISRISIKEN BEI LANGEM ANLAGEHORIZONT

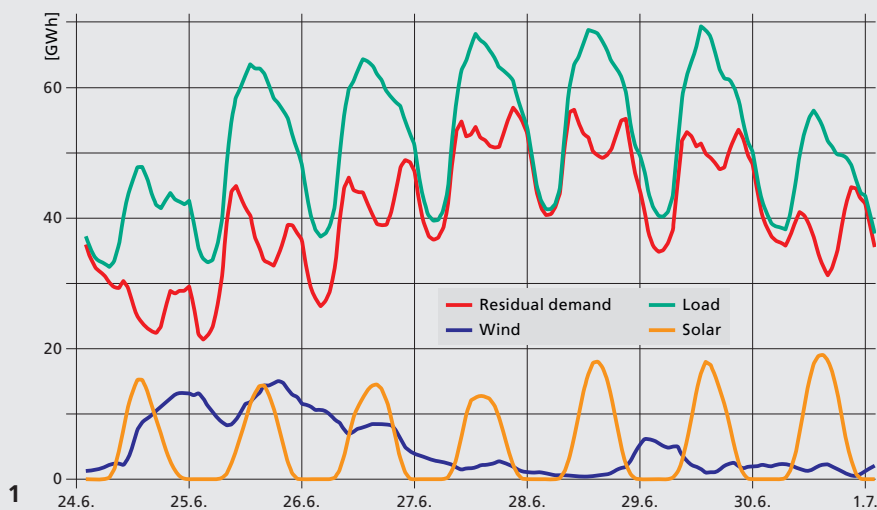
1 Einfluss einzelner Beobachtungen auf 99% VaR bei 10,5% Rendite und 30% Volatilität

Das Risiko einer Investition in ein Wertpapier hängt maßgeblich vom Anlagehorizont ab – in der Regel nimmt das Risiko mit wachsender Haltedauer zu. Verschärft wird diese Situation dadurch, dass mit zunehmendem Anlagehorizont auch Schätzrisiken zunehmen: Risikoprognosen sind relativ einfach, wenn sie sich auf üblicherweise vorliegende Haltedauern von einem Tag oder einer Woche beziehen. Die Mindestanforderungen an das Risikomanagement (MaRisk) zielen jedoch auf längere Haltedauern ab – im vorliegenden Projekt beträgt diese ein Jahr.

Als Maß für das Risiko eines Wertpapiers dient der seit den 90er Jahren verwendete Value at Risk (VaR), welcher typischerweise als 95%- oder 99%-Quantil der Verlustverteilung definiert ist. Zur Schätzung dieses VaR stehen zwei Verfahren zur Debatte: Zum einen lässt sich dieser modellbasiert unter der Annahme der Normalverteilung mit einer einfachen Formel aus der geschätzten Volatilität gewinnen. Diese wiederum lässt sich mithilfe der sog. Wurzel-t-Regel von einem kurzen Betrachtungshorizont auf einen längeren skalieren. Alternativ hierzu bestimmt die sog. historische Simulation (HS) nicht-parametrisch das empirische Quantil ausgehend von den historisch beobachteten jährlichen Wertänderungen. Im Unterschied zur üblichen Quantilschätzung haben wir es hier mit abhängigen Beobachtungen zu tun. Genauer treten Autokorrelationen auf drei Ebenen auf: in den Daten selbst, bei der Schätzung des Risikos sowie der Ex-post-Validierung.

Trotz Autokorrelationen weisen beide Verfahren asymptotisch keine systematische Verzerrung auf, allerdings variieren die Ergebnisse gegenüber der Situation unabhängiger Beobachtungen stärker. HS macht weniger Annahmen als die Wurzel-t-Regel, aber wenn deren Annahmen zutreffen, ist diese notwendigerweise präziser. Zudem haben bei der HS einzelne extreme Beobachtungen einen hohen Einfluss.

Zur Absicherung dieser asymptotischen Aussagen wurde eine empirische Untersuchung auf Basis von Simulationen und an Marktdaten kalibrierten Modellparametern durchgeführt. Dabei stellen wir zunächst Modelle für die täglichen Renditen auf, mit denen insbesondere autokorrelierten Volatilitäten Rechnung getragen wird. Aus diesen können wir mit einer Monte-Carlo-Simulation viele Pfade entsprechender Länge generieren und daraus den VaR auf Basis der gewünschten Haltedauer von einem Jahr ermitteln. Obwohl die Autokorrelationseffekte auf Tagesebene sich durch die Aggregation zu Jahreswertänderungen sichtbar nivellieren, pflanzt sich die Autokorrelation doch signifikant bis in die Jahres-VaRs fort. Auf Basis der empirischen Ergebnisse kann man allerdings nicht allgemein entscheiden, ob HS oder Wurzel-t-Regel vorzuziehen ist – in einigen Situationen ist erstere, in anderen letztere besser.



STROMPREISMODELLIERUNG IN STRUKTURELLEN MODELLEN

Im Projekt »Applied System Modeling für erneuerbare Energien« untersuchen wir die Auswirkungen der Energiewende aus finanzmathematischer Sicht und entwickeln neue Ansätze für die Modellierung von Strompreisen (www.applied-system-modeling.de).

Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen (insbesondere Wind und Photovoltaik) ist in Deutschland in den letzten Jahren rasant gewachsen. Nach dem EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz) muss derart produzierter Strom in das Stromnetz eingespeist werden (Einspeisevorrang), und der Produzent erhält eine fixierte Einspeisevergütung. Dies hat erheblichen Einfluss auf die Großhandelspreise für Strom, der für Deutschland an der EEX und EPEX gehandelt wird.

Generell führt das System des EEG zu sinkenden Börsenpreisen. In Zeiten von kurzfristig hoher Einspeisung aus Erneuerbaren Energien (meist aufgrund der sehr volatilen Winderzeugung) treten sogar negative Preise auf. Die Einspeisung aus Photovoltaik hingegen führt zu einer Neuordnung und Reduktion der Lastspitzen. Entsprechend ändert sich die Preisstruktur des gehandelten Stroms, welche der Struktur der Residuallast folgt. Die Residuallast ergibt sich aus der totalen Nachfrage abzüglich der Einspeisung aus erneuerbaren Energien. Die Strompreise folgen der Residuallast, welche in bestehenden Modellen nur schlecht abgebildet wird.

Bestehende Strompreismodelle können das Risiko, das sich aus der stark volatilen Einspeisung der Erneuerbaren Energien ergibt, nicht adäquat abbilden. Im Rahmen einer Promotion wurde eine Erweiterung für die Klasse der strukturellen Strompreismodelle entwickelt, die eine explizite Berücksichtigung der Erzeugung aus Wind und Photovoltaik erlaubt. In strukturellen Modellen werden die Angebots- sowie die Nachfrageseite getrennt modelliert. Der Marktpreis ergibt sich als Schnittpunkt der beiden Kurven. Da sich Stromerzeugung und -verbrauch zu jedem Zeitpunkt ausgleichen müssen, eignet sich diese Modellklasse sehr gut für den Strommarkt. Die Struktur ermöglicht des weiteren die Analyse zukünftiger Effekte, die aus einem wachsenden Anteil erneuerbarer Energien resultieren.

1 Gesamte Stromnachfrage und Erzeugung aus Wind und Photovoltaik in der letzten Juniwoche 2012



ESR – ENERGIEEFFIZIENTE SIMULATIONSBECHLEUNIGUNG FÜR RISIKOMESSUNG UND -MANAGEMENT

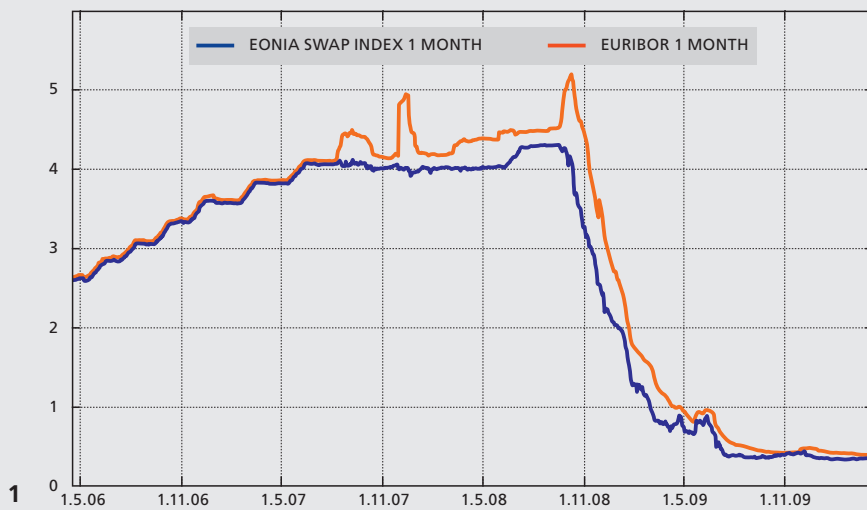
1 Blick in einen der energieeffizienten Serverräume des ITWM

Im BMBF-Projekt ESR entwickeln wir gemeinsam mit Industrie- und Universitätspartnern aus Deutschland einen Demonstrator zur Beschleunigung ausgewählter praxisrelevanter finanzmathematischer Algorithmen, der die Grundlage für eine kommerzielle Plattform bietet. Unsere Hauptkooperationspartner sind unser langjähriger Kunde Assenagon Asset Management SA (München) und der Lehrstuhl Entwurf Mikroelektronischer Systeme der TU Kaiserslautern. Die Projektlaufzeit beträgt drei Jahre.

Die Finanzkrise im Jahr 2008 und ihre weltweiten Folgen hat die Bedeutung adäquater Risikomanagementverfahren erneut veranschaulicht. Als Folge der Krise haben Gesetzgeber und Bankenaufsichten die Anforderung an das Risikomanagement von Banken und Versicherungen deutlich verschärft (z. B. durch die geplanten Reformen Basel III oder Solvency II). Die sich hieraus ergebende Forderung nach genauen und möglichst schnell verfügbaren Risikokenngrößen bedeutet zwangsläufig die Entwicklung von adäquaten finanzmathematischen Bewertungsmodellen sowie deren effiziente Implementierung. In den meisten Fällen handelt es sich dabei um rechen- und rechnerintensive numerische Verfahren. Nach heutigem Stand der Technik beanspruchen diese Verfahren oftmals Rechenzeiten von bis zu mehreren Stunden oder Tagen, selbst auf dafür vorgesehenen CPU- oder GPU-Rechnerverbunden, sogenannten Clustern.

Ein neben der Zeitdauer der Berechnung ebenfalls entscheidender Aspekt ist der erhebliche Energieaufwand, mit dem die Simulation von Risikoszenarien mit vordefinierten oder stochastisch erzeugten Variationen der Risikoparameter einhergeht. Vorarbeiten an der TU Kaiserslautern haben hierzu bereits gezeigt, dass sich durch massiven Einsatz von energieeffizienten Beschleunigerarchitekturen (z. B. durch rekonfigurierbare Field Programmable Gate Arrays, sogenannte FPGAs) im Risikomanagement in Kombination mit intelligenter Auswahl der Bewertungsverfahren weit über 90 % der benötigten Energie einsparen lässt.

Im Rahmen des Projektes wird aktuelle FPGA-Technologie für Anwender im Finanz- und Versicherungssektor zugänglich gemacht. Hierfür wird ein anwendungsspezifisches Benutzerinterface zur Verfügung gestellt, das sich an den Bedürfnissen von Risikomanagern und Quants orientiert. Hierbei liegen die technischen Herausforderungen im Besonderen im Erhalten von stets benötigter Flexibilität in den Produktbeschreibungen, Modellen und Algorithmen bei gleichzeitigem Einsatz effizienter und daher dedizierter Beschleunigerarchitekturen.



WORKSHOP-SERIE »MODERNE FINANZMATHEMATIK FÜR DIE PRAXIS«

Auf den Erfahrungen des Vorjahres aufbauend wurde auch 2012 eine aus 9 Veranstaltungen bestehende Workshopserie »Moderne Finanzmathematik in der Praxis« am ITWM angeboten, die gut nachgefragt und von uns durch Workshops in London in Kooperation mit der Firma Opti-Risk-Systems flankiert wurde. Um unserem Anspruch größtmöglicher Aktualität der Vermittlung aktueller Forschungsergebnisse in die Praxis der Finanz- und Versicherungsindustrie gerecht zu werden, wurden die vorhandenen Workshops überarbeitet sowie z. T. vollständig neu konzipierte Vortragsserien angeboten. Besonderen Anklang fanden Workshops zu aktuellen Themen der Finanzindustrie wie z. B. die Workshops zu Zinsmodellen oder der Workshop Basis-Spreads und OIS Discounting.

Der zweiteilige Workshop zum Thema Zinsmodelle präsentiert dabei zunächst verschiedene parametrische Modelle für die Entwicklung der Kassazinsrate (Short-Rate-Zinsmodelle), die in der Praxis weit verbreitet sind. Sie haben den Vorteil, dass sie oft niedrig dimensional parametrisiert sind und die Herleitung vieler expliziter Preisformeln für einfache Zinsprodukte erlauben. Des Weiteren existieren Varianten, die die heutige Zinsstrukturkurve perfekt erklären können. Gleichzeitig haben Short-Rate-Modelle aber auch Nachteile, denen man sich bewusst sein sollte. So liefern sie in einfachen Varianten oft unrealistische Zinsstrukturkurven, sind nicht immer stabil kalibrierbar oder täuschen bei perfekter Kalibrierung eine perfekte Modellierung vor. Der zweite Teil behandelt dann Mehrfaktor-Zinsmodelle, wie z. B. das weit verbreitete LIBOR-Marktmodell oder das am ITWM implementierte 2-Faktor-Hull-White-Modell.

Beim Thema Basis-Spreads und OIS-Discounting zeigt sich eine Auswirkung der Finanzkrise seit 2007. Seither liefern früher äquivalent scheinende Anlageformen verschiedene Renditen. Die Abbildung zeigt exemplarisch den Spread zwischen dem 1-Monats-EURIBOR und dem 1-Monats-EONIA-Swap-Index (Overnight Index Swap). In der Praxis bedeutet dies, dass voll besicherte Anleihen (EONIA-Swaps) weniger Rendite liefern als Anlagen bei einer Bank mit erstklassiger Bonität (EURIBOR). Hierdurch haben sich in der Bewertung von Derivaten zwei wichtige Paradigmenwechsel vollzogen. Einerseits hat sich OIS (Overnight Index Swap) Discounting zum Standard bei der Bewertung besicherter Derivate entwickelt. Andererseits können klassische Zinsstrukturmodelle die Preise von Swaps und anderen Zinsinstrumenten nicht mehr hinreichend abbilden. Am Markt haben sich hier Modelle mit mehr als einer Zinskurve (sogenannte Multi-Kurven Modelle) durchgesetzt. Um marktnahe Preise für Derivate und Zinsprodukte zu erhalten, ist daher für Praktiker heute ein tieferes Verständnis von OIS-Discounting und Multi-Kurven-Modellen essentiell.

1 *Basis-Spread-Kurve*
EONIA-EURIBOR



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 von Nutzungsvariabilität, Beanspruchung und Energieeffizienz von Fahrzeugen und Maschinen. Dabei kommen einerseits statistische Methoden und Optimierungsverfahren zur Modellierung von Nutzungs- und Variantenvielfalt sowie 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. Im Fraunhofer-Innovationscluster »Digitale Nutzfahrzeugtechnologie/Fahrzeug-Mensch-Umwelt« (www.nutzfahrzeugcluster.de) trägt die Abteilung die Gesamtkoordination und bearbeitet mit den Industriepartnern Bosch, BPW, Daimler, John Deere, Liebherr und Volvo die Teilprojekte Nutzungsvariabilität, Energieeffizienz, On-board-Simulation, Reifen- und Bodensimulation und Strukturmechanik. Unser neues georeferenziertes Informationssystem für die Fahrzeugentwicklung »Virtual Measurement Campaign VMC« wurde 2012 erstmals bei den Industriepartnern DAF, Daimler, MAN, Scania und Volvo installiert und wird derzeit evaluiert.

Statistische Modellierung von Nutzungsvielfalt und Zuverlässigkeit

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. Hierzu wird in der Abteilung das Software-System Jurojin zum statistisch abgesicherten Nachweis der Bauteilfestigkeit entwickelt. Zur Planung und Auswertung von Messkampagnen zur Ermittlung von Betriebsbeanspruchungen sowie deren Übertragung auf Zuverlässigkeitsziele und Bemessungsgrundlagen entwickeln wir Lösungen auf Basis unserer Software USIM (Usage Simulation).

Simulation mechatronischer Systeme

In der System- und Fahrzeugentwicklung ist es entscheidend, die physikalischen Systemeigenschaften frühzeitig und in verschiedenen Phasen des Entwicklungsprozesses rechnerisch zu simulieren, um Konstruktionsstände bewerten, verbessern und absichern zu können. So berechnet man z. B. Motordynamik, Fahrdynamik, Schwingungskomfort, Betriebsfestigkeit und das Verhalten von Assistenz- und Sicherheitssystemen. Für verschiedene Aufgabenstellungen und in verschiedenen Entwicklungsphasen sind dabei unterschiedliche Modellkomplexitäten und Rechengeschwindigkeiten erforderlich. Immer wichtiger wird die Möglichkeit der hybriden und



interaktiven Simulation, um elektronische Steuergeräte und den Fahrer realistisch in die Berechnung einbeziehen zu können. Wir arbeiten am ITWM an der Weiterentwicklung und Anwendung von Methoden der Mehrkörpersimulation (MKS) und der Simulation gekoppelter physikalischer Systeme. Ein besonderer Schwerpunkt unserer Methodenentwicklung zur Systemsimulation ist das Thema der invarianten Systemanregung. Ferner wird an verbesserten Modellierungsmethoden für den mechanischen Außenkontakt (z. B. Reifen, digitale Straße, Bagger, Pflug) gearbeitet.

CAE-Betriebsfestigkeit

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 insbesondere Methoden und sogenannte virtuelle Prüfstände zur MKS-basierten Lastpfadsimulation und zur Lebensdauerberechnung von Strukturen mit nichtlinearem Verhalten und wenden diese in Industrieprojekten an.

Nichtlineare Strukturmechanik

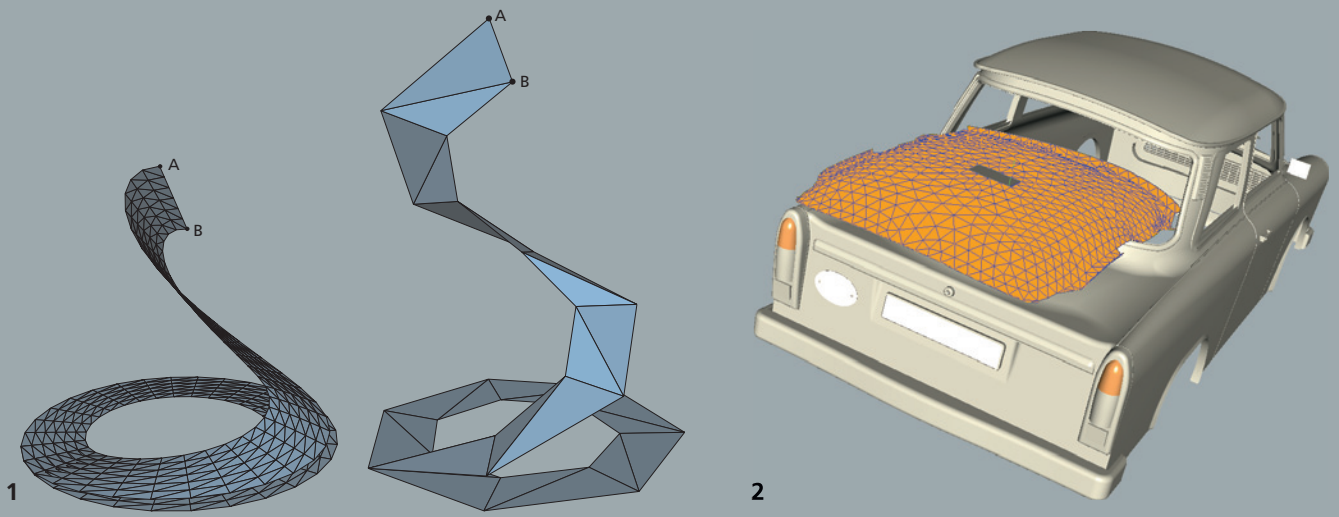
Die Abteilung beschäftigt sich mit nichtlinearer Strukturmechanik stark deformierbarer Komponenten und Strukturen wie Reifen, Elastomer- und Hydrolager, Luftfedern, Kabel und Schläuche. Dabei wird auf verschiedenen Modellierungsebenen gearbeitet, von kontinuumsmechanisch detaillierten FE-Modellen bis hin zu vereinfachten makroskopischen Modellen.

Unsere Reifensimulationssoftware CDTire3D unterstützt den Entwicklungsingenieur im Kontext kommerzieller MKS-Programme in allen Analyseszenarien. Besonderes Augenmerk auf der Gürteldynamik und Interaktion mit 3D-Fahrbahnoberflächen erlauben eine gute Vorhersagegenauigkeit – sowohl der transienten Amplituden als auch im Frequenzbereich, ohne dabei statische und stationäre Reifeneigenschaften zu vernachlässigen.

Virtuelle Montageplanung deformierbarer Komponenten wie Kabel und Schläuche erfordert eine schnelle und physikalisch korrekte Modellierung. In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC wurde das Softwarepaket IPS Cable Simulation entwickelt, das die interaktive Simulation des Kabelverhaltens in Echtzeit erlaubt.

Michael Roller, Dr. Eder Annibale, Jan Kleinert, Dr. Andrey Tuganov, Steffen Polanski, Sonja Baumann, Michael Kleer, Michael Horcicka, Dr. Clément Zémerli, Christian Goldmann, Fabio Schneider, Thorsten Weyh, Thomas Stephan, Dietmar Weber, Axel Gallrein, Dr. Manfred Bäcker, Dr. Andrey Gizatullin

Dr.-Ing. Lilli Müller, Dr. Michael Burger, Oliver Hermanns, Christine Rauch, Sebastian Seifen, Dr. Nikolaus Ruf, Michael Lübke, Alexander Lemken, Dr.-Ing. Joachim Linn, Dr. Anja Streit, Dr. Klaus Dreßler, Dr. Michael Speckert, Oliver Weinhold, Martin Obermayr, Dr. Stefan Steidel, Ekaterina Kruglova, Thomas Halfmann, Dr. Sascha Feth



MONTAGESIMULATION MIT FLEXIBLEN FLÄCHEN

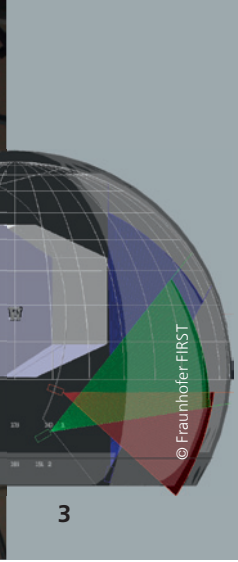
1 Große Deformationen diskreter flexibler Flächen; Beispiel einer geschlitzten Kreisscheibe – die Verformung kann auch bei sehr grober Diskretisierung noch qualitativ korrekt simuliert werden.

2 Diskrete flexible Flächen in der Praxis (GeoMec-Anwendungsbeispiel): Simulation der Verformung einer typischen Dachhimmelgeometrie mit dem von FCC und ITWM entwickelten Software-Prototyp »IPS Shell Simulator«

Die Absicherung von Montageprozessen ist ein wichtiger Bestandteil der virtuellen Produktentwicklung. Die gemeinsamen FuE-Arbeiten des ITWM und des Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC konnten in den letzten Jahren maßgeblich dazu beitragen, dass Montagesimulationen nicht nur mit starren CAD-Geometrien, sondern auch mit flexiblen Strukturen möglich sind. Für kabel- bzw. schlauchartige (d. h. lange und dünne) Strukturen ist die interaktive Handhabung in der virtuellen Montage mittlerweile Stand der Technik.

Für flexible flächige Strukturen, wie sie häufig bei der Innenraumausstattung im Fahrzeug (Dachhimmel, Verkleidungen der A-, B- und C-Säule, Türverkleidungen, Fußmatten) auftreten, ist dies jedoch noch nicht der Fall. Im BMBF-Forschungsprojekt GeoMec hat das ITWM in Zusammenarbeit mit dem Institut für Numerische und Angewandte Mathematik der Universität Göttingen mathematische Grundlagenarbeit geleistet, um flexible Flächen unter Erhaltung ihrer wesentlichen geometrischen Eigenschaften zu diskretisieren. Mit Methoden aus der diskreten Differentialgeometrie gelingt es, das Deformationsverhalten flexibler Flächen im Diskreten auch auf sehr groben Netzen qualitativ korrekt abzubilden (Abbildung 1). Die quantitative Übereinstimmung einer diskreten Fläche mit dem Verhalten des kontinuierlichen Grenzmodells (geometrisch exakte Schale) kann dann je nach Bedarf über die Netzfeinheit reguliert werden.

Dies entspricht genau den Anforderungen an die Modellierung flexibler Flächen für Anwendungen in der Montagesimulation – einem der Praxisthemen, die in GeoMec vom ITWM zusammen mit der Volkswagen AG als assoziiertem Industriepartner bearbeitet werden. Ziel ist es, die in GeoMec entwickelten methodischen Grundlagen in Bezug auf ihre Anwendbarkeit in der industriellen Praxis zu qualifizieren. Mit der Implementierung in einem zusammen mit dem FCC entwickelten Software-Prototyp können bereits anwendungsnahe Beispiele simuliert werden (Abbildung 2). Die Rechenzeiten zeigen, dass mit einer Verbesserung des zur Berechnung des mechanischen Gleichgewichts eingesetzten numerischen Verfahrens die interaktive Deformation flexibler Flächen auf leistungsfähigen Desktop-Rechnern auch für diskrete Modelle mit mehreren tausend Freiheitsgraden absehbar in Reichweite ist.



HUMAN IN THE LOOP-SIMULATOR

Die Simulation von Fahrzeugen aller Art und speziell die Simulation von Nutzfahrzeugen hat unter anderem das Ziel, Attribute wie Energieeffizienz, Produktivität, Betriebsfestigkeit und Zuverlässigkeit zu untersuchen. Diese Eigenschaften haben hinsichtlich der simulativen Berechnung gemeinsam, dass zeitlich ausgedehnte instationäre Vorgänge zu simulieren sind. Dazu müssen alle äußeren Einflüsse auf das Fahrzeug berücksichtigt und möglichst gut abgebildet werden. Zu den äußeren Einflüssen zählen hierbei nicht nur die am Fahrzeug angreifenden Lasten, sondern auch explizit die Einwirkungen, die durch den Bediener oder Fahrer der Maschine entstehen.

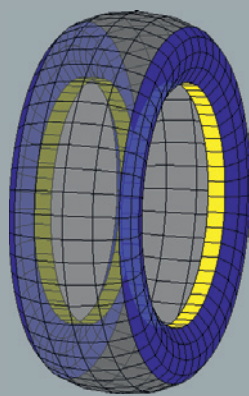
Idealerweise müsste die gesamte Lebensdauer einer Maschine anhand einer statistisch aussagekräftigen Anzahl von Prototypen unter realen Bedingungen und für alle möglichen Bediener und Nutzungsarten analysiert werden. Dass dies nicht umsetzbar ist, erklärt sich von selbst, weshalb nur ausgewählte Situationen berücksichtigt werden können. Der Einsatz von Prototypen ist in frühen Entwicklungsphasen wegen der Modularität der Entwicklung häufig nicht möglich. Die beste Lösung sowohl aus technischer als auch finanzieller Perspektive stellt daher ein interaktiver Simulator dar. Hierdurch lassen sich komplexe Situationen zusammen mit dem Fahrereinfluss detailliert und risikolos untersuchen. Aus diesem Grund wurde am ITWM ein interaktiver Bewegungssimulator auf Basis eines Industrieroboters konzipiert. Innerhalb eines sphärischen Projektionsdomes mit 10 m Durchmesser wird eine nahtlose Projektion einer interaktiven Szene erzeugt. Die dafür verantwortlichen 18 Projektoren sind so synchronisiert und in ihrem Bild angepasst, dass eine aktive Stereoprojektion eine möglichst realistische Wahrnehmung gewährleistet. In enger Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer FOCUS in Berlin wurde das Projektionssystem ausgewählt, die Anordnung innerhalb der Kuppel geplant und schließlich aufgebaut.

In einer weiteren Zusammenarbeit – mit dem Fraunhofer IGD in Darmstadt – entstand die Programmierung des Szenegraphen, der die dreidimensionale Szene für das eingesetzte Visualisierungscluster berechnet. Abhängig von den gewählten Szenarien können unterschiedliche virtuelle Welten aufgebaut werden. Zusammen mit den Benutzerschnittstellen und dem Vibrations- und Akustik-Feedback beinhaltet die Simulorkabine eine vollständige Ankopplung an die Simulatoranlage. Bei der Kabine handelt es sich um eine Volvo Radbaggerkabine aus der laufenden Serie, mit welcher das virtuelle Modell gefahren und bewegt werden kann. Anfang 2013 war das komplette Visualisierungssystem installiert und konnte die Arbeit aufnehmen. Ein Projektschwerpunkt wird auf der Entwicklung von Fahrer- und Bedienermodellen von Nutzfahrzeugen sowie Land- und Baumaschinen liegen.

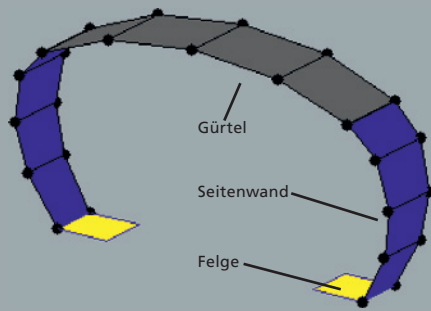
1 *Baggerkabine*

2 *Blick in die Kuppel des RoboLabs*

3 *Visualisierung des RoboLabs*

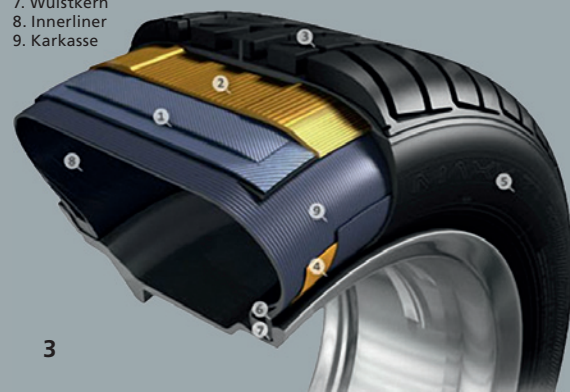


1



2

1. Stahlgürtel
2. Gürtelabdecklage
3. Lauffläche und Profil
4. Verstärkerstreifen
5. Seitenwand
6. Kernreiter
7. Wulstkern
8. Innerliner
9. Karkasse



3

© 2009 Goodyear Dunlop

CDTire3D BESCHLEUNIGT SIMULATIONSSPROZESSE VON REIFENMODELLEN

1 + 2 Aufbau des Reifenmodells CDTire3D:

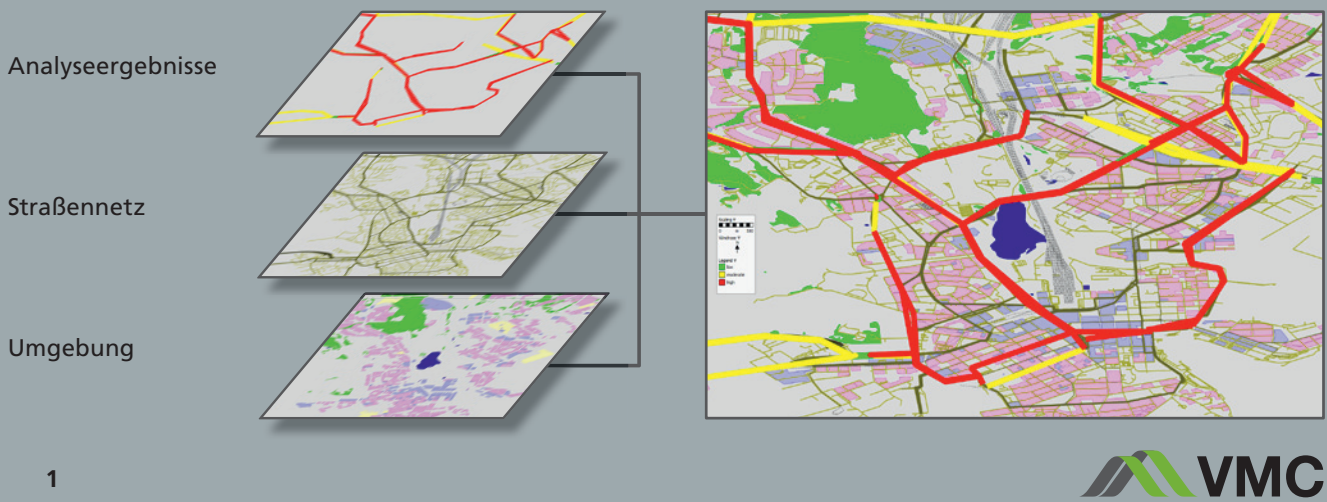
Gesamtreifen mit diskreter Massenpunktverteilung, Modellaufbau des Reifenquerschnitts, Schichtenmodell zur Modellierung der funktionalen Reifenkomponenten

3 Aufbau des realen Gürtelreifens

Die Methoden der virtuellen Fahrzeugentwicklung durchdringen zunehmend den Entwicklungsprozess der Automobilindustrie, insbesondere Betriebsfestigkeitsbewertung und -optimierung. Hierbei fahren virtuelle Fahrzeugmodelle über digitalisierte Straßenprofile der Teststrecken, gelenkt von virtuellen Fahrermodellen. Die Bewertung und Optimierung von Fahrwerk und Fahrzeugstruktur basiert auf den über die Reifen in das Fahrwerk eingeleiteten Kräften, welche sich ihrerseits aus der Fahrbahnebenheit und der Fahrdynamik ergeben. Bei der Lastübertragung bildet der Reifen eine der wesentlichen Komponenten. Die Vorhersagegüte des virtuellen Fahrzeugs wird somit entscheidend von der Qualität des verwendeten Reifenmodells bestimmt. Alle gängigen Reifenmodelle, inklusive des FhG-eigenen Reifenmodells CDTire, stammen aus einer Zeit, in der die verfügbare Rechenleistung um ein Vielfaches unter der heutigen lag. Modellvereinfachungen mussten damals in Kauf genommen werden, um die Anwendbarkeit im produktiven Entwicklungsprozess zu gewährleisten. Damit waren aber auch Anwendungsbereich und Vorhersagegüte der Modelle limitiert. Nun versucht man die Anwendungsbereiche der simulationsgestützten Entwicklungsmethoden immer mehr zu erweitern. Das geht einher mit steigenden Anforderungen an die Simulationsgenauigkeit. Diesen begegnet das ITWM mit der Entwicklung eines neuen strukturerweiterten Reifenmodells.

Bei diesem Modell werden die Seitenwände und der Gürtel des Reifens als Finite-Differenzen-Diskretisierung einer Schalenmodellierung realisiert, wobei jeder Diskretisierungspunkt drei dynamische Freiheitsgrade besitzt. Der Membranteil ist anisotrop elastisch modelliert, für die Biegung wird die »Kirchhoff-Love-Hypothese« angenommen. Die Anisotropie des Reifens ist eine direkte Konsequenz der Reifenstruktur. Der reale Reifen besteht aus unterschiedlichen Lagen wie Innerliner, Karkasse, Stahlgürtellagen, Bandage und Laufstreifen. Diese Komponenten bestehen meist aus fadenverstärkten Gummischichten. Die verstärkten Einzelschichten haben allesamt eine eindeutige Fadenrichtung. All diese funktionalen Einzelschichten finden eine separate Repräsentation im Reifenmodell. Dabei können die Struktureigenschaften der Lagen separat und auch örtlich lokal parametrisiert werden. Durch die Nähe der kordverstärkten Lagen untereinander ist die Projektion der Reifeneigenschaften auf eine »Fläche der tragenden Struktur« im Spannungsfeld aus Rechenaufwand und Genauigkeit gerechtfertigt.

In ersten Studien konnte gezeigt werden, dass das neue Reifenmodell das lokale Deformationsverhalten eines realen Reifens in der tragenden Struktur ähnlich gut wiedergeben kann wie detaillierte FEM-Reifenmodelle. Dabei liegen die Rechenzeiten im Bereich derzeit in der Mehrkörperdynamik verwendeter Reifenmodelle und somit um Größenordnungen unter denen der FEM-Modelle.



VIRTUAL MEASUREMENT CAMPAIGN – MODELL DER WELT FÜR DIE FAHRZEUGENTWICKLUNG

Seit mehreren Jahren beschäftigt sich die Abteilung verstärkt mit dem Thema globale geo-referenzierte Daten, um die bisher eingesetzten Methoden zur statistischen Absicherung von Bemessungsgrundlagen in der Fahrzeugentwicklung zu ergänzen bzw. mit vom Fahrzeug unabhängigen Datenmaterial zu unterstützen. Hintergrund ist dabei die große Nutzungsvervielfältigung insbesondere im Bereich von Nutzfahrzeugen und die sich daraus ergebende Streuung der Beanspruchung.

Viele Einflussparameter auf die Beanspruchung können auf die Umgebung des Fahrzeugs im weiteren Sinne zurückgeführt werden. Kennt man etwa das Straßennetz inklusive Kurven und Steigungen, Ampeln und Verkehrsschildern, Geschwindigkeitsbeschränkungen und Verkehrsinfos, so können daraus wichtige Daten für Belastung und Verbrauch eines Fahrzeugs berechnet bzw. simuliert werden. Zum einen werden Fahrzeug-unabhängige Daten wie Verteilungen von Kurven oder Steigungen ermittelt, um Regionen zu charakterisieren und mit anderen vergleichen zu können. Zum zweiten können mithilfe einfacher Fahrzeuersatzmodelle auch Informationen über zu erwartende Längs-, Quer- und Vertikaldynamik in der jeweiligen Umgebung simuliert werden, welche sowohl für die Betriebsfestigkeit und Zuverlässigkeit als auch für den Verbrauch nutzbar sind. Dabei liegt der Schwerpunkt nicht auf den Fahrzeugmodellen selbst, sondern es sollen für eine bestimmte Fahrzeugklasse, etwa Pkw oder schwere Lkw, charakteristische Daten ermittelt werden, die einerseits zur Beurteilung und dem Vergleich von Märkten oder Regionen dienen und andererseits zur zielgerichteten Planung echter Messkampagnen eingesetzt werden können.

VMC stellt dazu eine umfangreiche Methodensammlung und Datenbank bereit, die solche Informationen beinhaltet und auswertet. Methodische Fragestellungen und Vorarbeiten wurden seit 2007 im Innovationscluster »Digitale Nutzfahrzeugtechnologie« geleistet. Eine konkrete Umsetzung der Idee für Anwendungen im Nutzfahrzeugbereich wird seit 2010, unterstützt durch Projekte mit den Lkw-Herstellern DAF-Trucks, Daimler, MAN, SCANIA und Volvo, beschleunigt vorangetrieben. Die Datenbank und die Auswertemethoden werden von einer modernen graphischen Benutzeroberfläche aus angesprochen. Aufgrund der schnell wachsenden Verfügbarkeit von relevanten Daten, etwa Verkehrsinfos, sowie neuer Anforderungen für spezifische Anwendungen werden Datenbank und Methodensammlung ständig weiterentwickelt und erweitert. Darüber hinaus steht VMC natürlich für die Durchführung spezifischer Projekte jederzeit zur Verfügung.

1 Aus den Umgebungsdaten und dem digitalen Kartenmaterial werden Analyseergebnisse abgeleitet und dargestellt.



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

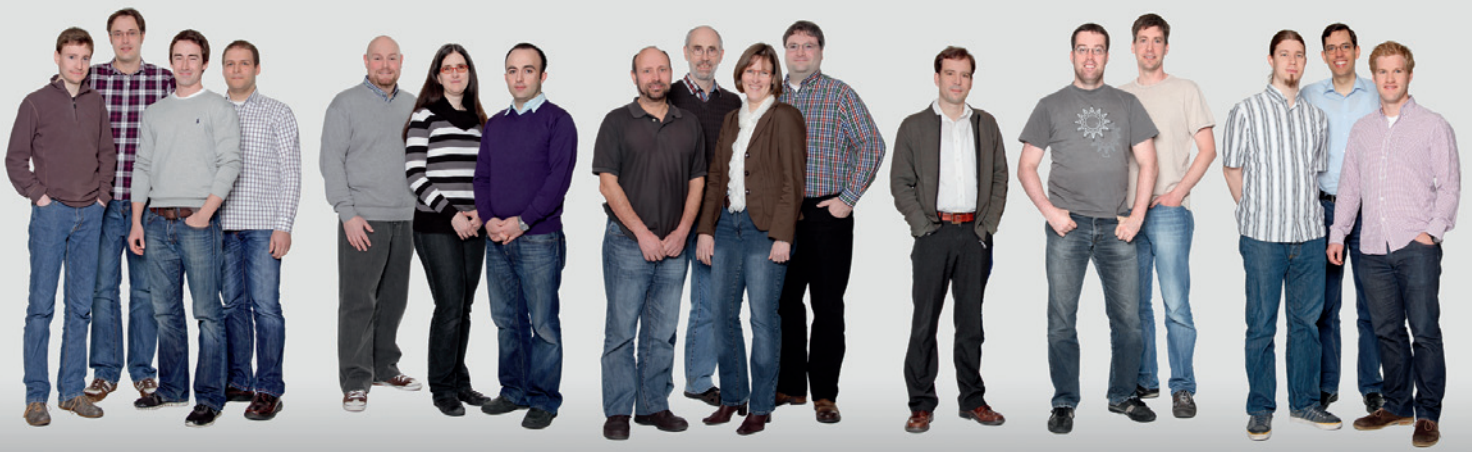


Leistungsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit der deutschen und der europäischen Industrien hängen mehr und mehr davon ab, effizient immer detailliertere Simulationsrechnungen durchführen zu können. Die Entwicklung neuer Funktionsmaterialien, die Optimierung von Maschinen und Abläufen, die Steuerung komplexer Systeme oder das Erkennen von Strukturen in großen Netzwerken: Praktisch kein Wirtschaftszweig kann auf den Einsatz leistungsfähiger Rechner verzichten. Dabei steigen die Anforderungen ständig: Immer genauere Modelle fordern umfangreichere Rechnungen und immer mehr und immer genauere Sensoren erzeugen immer mehr Daten.

Gleichzeitig hat sich die Hardware in den letzten Jahren wieder stark diversifiziert. Der typische Supercomputer besteht heute aus einer großen Zahl von Komponenten: Angefangen bei Multicore CPUs finden sich Grafikkarten, Intel Xeon PHI und spezialisierte FPGAs, manchmal alles gleichzeitig in einer einzelnen Maschine. Zur Speicherung der Daten stehen neben flüchtigen dynamischen Speichern und herkömmlichen Festplatten auch statische halbleiterbasierte Speicher in verschiedenen Ausprägungen zur Verfügung. Die Bestrebungen, bis 2020 die theoretische Leistungsfähigkeit um den Faktor 1000 gegenüber dem Beginn des Jahrzehnts auf ein ExaFlop/s zu steigern, laufen auf Maschinen mit vielen Millionen von Komponenten hinaus, die durch komplexe Netzwerke miteinander verbunden sein werden.

Ist heute die parallele Programmierung unumgänglich bereits bei Smartphones und Tabletcomputern, so generieren diese riesigen Maschinen wesentlich schwierigere Probleme: Wie lassen sich Millionen von Komponenten dazu bringen, gemeinsam ein Problem effizient zu lösen? Welche Algorithmen sind dafür geeignet und welche Algorithmen müssen grundlegend überdacht werden? Welche Anforderungen stellen im Umkehrschluss die zu lösenden Probleme an den Aufbau der Maschine und die zugehörige Systemsoftware? Wie können die Daten schnell und effizient zu den Recheneinheiten gebracht werden? Was passiert, wenn einzelne Komponenten versagen?

Das Competence Center für High Performance Computing beschäftigt sich in enger Zusammenarbeit mit verschiedenen industriellen und akademischen Partnern schon lange intensiv mit der Beantwortung solcher Fragen und stellt neben Werkzeugen zum Umgang mit Supercomputern auch komplette Softwarelösungen her. Das Global address space Programming Interface (GPI) folgt einem Programmiermodell, das sehr gut für die Programmierung skalierender paralleler Software geeignet ist, also Software, die ein Problem bei Bereitstellung von mehr Ressourcen tatsächlich schneller löst. Kritische Teile großer relevanter Applikationen aus verschiedenen



Bereichen der Industrie profitieren stark vom Umstieg auf das durch GPI geförderte Modell eines globalen Speichers und asynchroner Kommunikation. Die internationalen Experten setzen mittlerweile verstärkt auf dieses Modell. GPI wurde im letzten Jahr für das Netzwerk der Supercomputer der Firma CRAY zur Verfügung gestellt und hat sich dadurch einem neuen Kreis geöffnet.

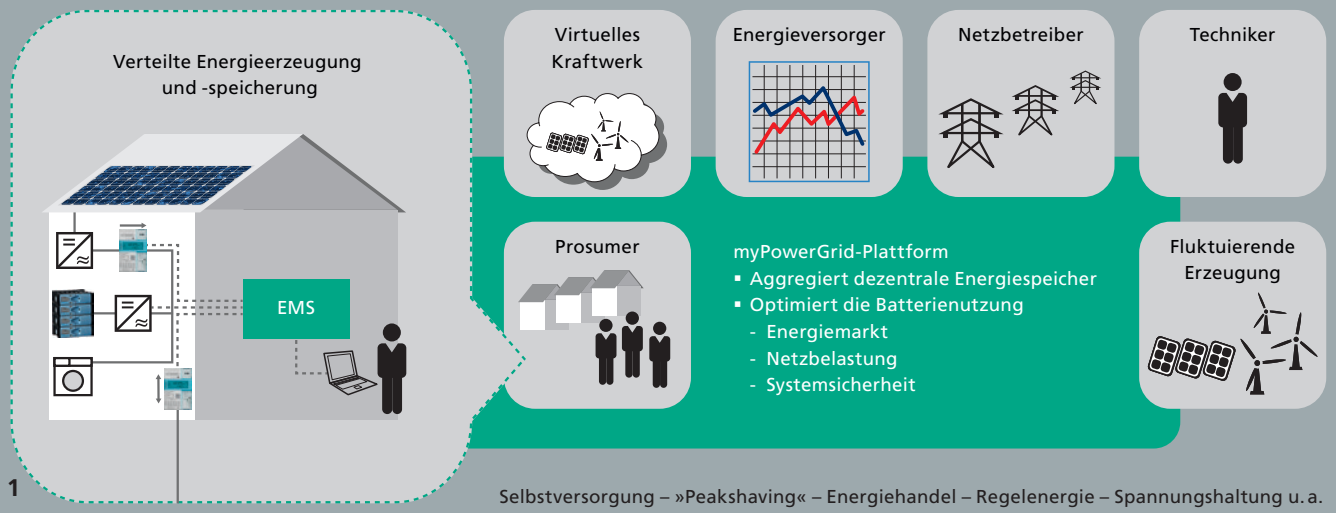
Der Einsatz von GPI bei der Anwendungsentwicklung in der Seismik hat sich auch in diesem Jahr als vorteilhaft erwiesen. Gemeinsam mit Kooperationspartnern entwickelt das CC HPC bereits seit mehreren Jahren Softwarepakete für die Winkelmigration (GRT) und für die Visualisierung und Analyse von Prestack-Daten (PreStackPro). Diese Pakete erfüllen zuverlässig im produktiven Einsatz höchste Ansprüche und heben sich von sämtlichen anderen verfügbaren Lösungen bei Geschwindigkeit und/oder Leistungsumfang ab. Wesentlich dafür ist nicht nur der Einsatz des High Performance Computing Know-how, sondern auch der Einsatz exzellenter Algorithmen. Die Seismik-Gruppe hat 2012 die strahlenbasierten Migrationsverfahren um neue Verfahren zur Wellenfeldmodellierung ergänzt (Reverse Time Migration). Das Fraunhofer RTM-Verfahren ist dabei wie alle Implementierungen des CC HPC hochoptimiert und skalierbar.

Ein weiteres Thema ist die Unterstützung der Endanwender bei der Entwicklung und Ausführung von Clusterapplikationen. Aufbauend auf GPI und unter Berücksichtigung und Weiterentwicklung von Paradigmen aus dem Cloud-Umfeld entwickelt das CC HPC die Entwicklungsplattform und Laufzeitumgebung GPI-Space. Es handelt sich dabei um ein Werkzeug, das die Entwicklung und fehlertolerante Ausführung paralleler Software erheblich vereinfacht und somit zur Steigerung der Produktivität beiträgt. Sowohl Seismik-Anwendungen als auch GPI-Space nutzen zur Datenspeicherung bevorzugt das ebenfalls am CC HPC entwickelte parallele Dateisystem FhGFS. Es zeichnet sich durch einfache Bedienbarkeit und überlegene Performance und Skalierbarkeit aus. Die Nutzerbasis hat sich erneut vergrößert und sowohl Leistungsumfang als auch Geschwindigkeit wurden im letzten Jahr nochmals verbessert.

Last but not least beschäftigt sich das CC HPC mit dem Management der Energiewende. Prinzipielles Ziel ist dabei, die fluktuierende Produktion der erneuerbaren Energien zu managen. In den Projekten mySmartGrid und myPowerGrid werden Themen wie die zeitliche Entkoppelung von Energieerzeugung und Energieverbrauch, Verbrauchsprognose und -verlagerung, Optimierung des Eigenverbrauches sowie das netzdienliche Management verteilter Batteriesysteme behandelt. Viel Wissen über die Konstruktion und die Steuerung komplexer IT-Systeme fließt ein in die Verfolgung des Ziels einer sicheren, ökologischen und wirtschaftlichen Energieversorgung. Green by IT ist so zu einem neuen wachsenden Geschäftsfeld der Abteilung geworden.

Sven Breuner, Frank Kautz, Christian Mohrbacher, Bernd Schubert, Dr. Javier Lechuga Garcia, Clemens Koch, Bernd Lörwald, Lena Oden, Rui Mário da Silva Machado, Dr. Jefferson Stafusa Elias Portela, Monika Schappert, Kai Krüger, Ely Wagner Aguiar de Oliveira, Egor Derevenetc, Alexander Petry, Dr. Mirko Rahn, Dr. Tiberiu Rotaru

Dr. Matthias Balzer, Dr. Daniel Grünewald, Jens Krüger, Dr. Leo Neseemann, Tobias Götz, Kathrin Fuchss Portela, Dr. Abel Amirbekyan, Dr. Dimitar Stoyanov, Dr. Franz-Josef Pfreundt, Frauke Santacruz, Dr. Martin Kühn, Dr. Norman Ettrich, Dr. Dominik Michel Dr. Dirk Merten, Bernd Lietzow, Dr. Alexander Klauer, Matthias Klein



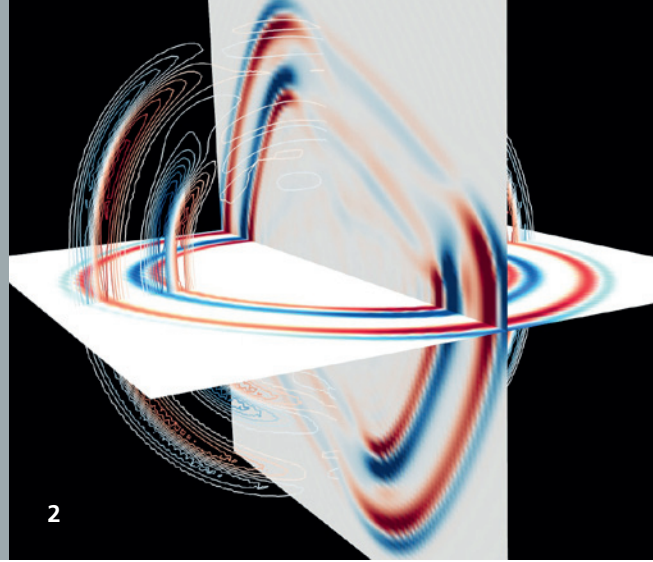
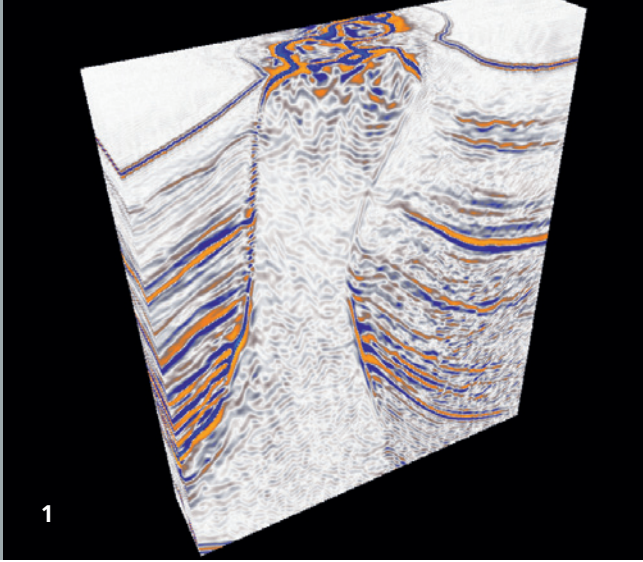
myPowerGrid – KOORDINIERT DEZENTRALE STROMSPEICHERUNG

1 *myPowerGrid kombiniert dezentrale Speichertechnologie zu einem virtuellen Großspeicher*

Die volatile Erzeugung der Wind- und Solarenergie steht im Gegensatz zu der Notwendigkeit des Gleichgewichts von Erzeugung und Verbrauch innerhalb des Stromnetzes und stellt im Bezug auf Netzstabilität und Versorgungssicherheit erhebliche Herausforderungen an die Betriebsführung der Energieerzeugung. Eine Option zum Ausgleich der zukünftig immer stärker werdenden Schwankungen ist die kurzfristige Zwischenspeicherung von Energie z. B. in Pumpspeicherkraftwerken oder chemischen Speichern, etwa Lithium-Ionen-Batterien.

Darüber hinaus entwickelt sich momentan auch ein Markt für Energiespeicher in Kombination mit häuslichen Fotovoltaikanlagen. Bei sinkenden Einspeisevergütungen und steigenden Strompreisen wird die Eigennutzung des Solarstroms wirtschaftlicher als die Einspeisung. Speichersysteme sollen dabei zur Steigerung der Selbstversorgung und somit zur Senkung der Stromkosten für den Besitzer führen. Eine Nutzung von Stromspeichern nur unter Berücksichtigung eines einzelnen Haushalts – d. h. ausschließlich zur Steigerung der Selbstversorgung mit vor Ort erzeugter PV-Energie – schöpft jedoch die Möglichkeiten der Speicher nicht voll aus und kann zuweilen sogar kontraproduktiv für die Netzstabilität sein, etwa wenn Windkraftanlagen abgeregelt werden müssen, weil der Stromspeicher zur falschen Zeit entladen wird. Wird umgekehrt bei Strommangel die gespeicherte Energie nicht zur Stabilisierung ins Netz eingespeist, müssen unnötigerweise andere, meist konventionelle Kraftwerke angefahren werden. Das Potenzial dieser Speicher kann sinnvoller genutzt werden, indem man sie nicht ausschließlich zur Steigerung der Selbstversorgung einsetzt, sondern entsprechend dem Netzzustand koordiniert ansteuert.

myPowerGrid ist ein System, das frühzeitig den Schritt zur koordinierten dezentralen Stromspeicherung ermöglicht und unter Verbindung von Gemein- und Individualnutzen eine optimal ausgelastete Betriebsführung der Speicher gewährleistet, um eine möglichst vollständige Versorgung mit erneuerbaren Energien zu erreichen. Der gemeinschaftliche Betrieb der Speicher erlaubt eine sichere, ökologisch sinnvolle und gleichzeitig wirtschaftlich optimierte Betriebsführung durch Bereitstellung vieler verschiedener Dienstleistungen für Energieversorger, Netzbetreiber und Betreiber von virtuellen Kraftwerken. Dazu gehören u. a. die Kappung von Last- und Erzeugungsspitzen (Peak-Shaving), die Anpassung der Erzeugung an Leistungsprognosen, die Einbindung des Speichers in regenerative Kombikraftwerke zur Bereitstellung von Ausgleichsenergie und die Einbeziehung des Stromhandels an der EEX und der Regelernergiemärkte.



SKALIERBARE REVERSE TIME MIGRATION FÜR ELASTISCH ANISOTROPE ERDUNTERGRÜNDE

Seismische Tiefenmigrationsverfahren berechnen aus den gemessenen und vorbearbeiteten reflexionsseismischen Daten ein Abbild des Erduntergrundes, das es dem Geowissenschaftler erlaubt, Erdöl-/Erdgasvorkommen zu entdecken. Dank gesteigener Computerleistung kommt heutzutage das Verfahren der Reverse Time Migration (RTM) verstärkt zur Anwendung. Im Gegensatz zu strahlenbasierten Migrationsverfahren, wie die bislang standardmäßig eingesetzte Kirchhoff-Migration, beruht RTM auf Wellenfeldmodellierung durch Lösen der Wellengleichung. Aus den gemessenen Daten wird dazu errechnet, wie sich das Wellenfeld in den Gesteinsschichten des Untergrundes ausgebreitet hatte, bevor es an den Hydro- oder Geophonen an der Oberfläche registriert wurde. Dort, wo Quell- und Empfängerwellenfelder phasengleich vorhanden sind, ergibt sich als Migrationsantwort ein Signal, das einen Materialkontrast und damit eine Änderung der Gesteinsart oder der Porenfüllung anzeigt.

Der Nutzen der RTM in der Praxis ist heutzutage noch dadurch eingeschränkt, dass mit der akustischen Wellengleichung gerechnet wird. Gerade für Erduntergründe mit anisotropen Gesteinsschichten stellt dies eine unzureichende Näherung dar. Die Umstellung auf die Verwendung der korrekten elastischen Bewegungsgleichung ist Ziel unserer aktuellen Forschung. Da nicht nur ein Druckwellenfeld, sondern ein dreikomponentiges Vektorwellenfeld für die Partikelverschiebung zu berechnen ist, ferner die Anzahl der Modellparameter wesentlich höher als bei akustischer RTM ist, kann die Berechnung der Wellenfeldpropagation nicht mehr auf einem Rechnerknoten pro seismischer Quelle erfolgen. Durch Gebietszerlegung erhalten wir eine skalierbare RTM, bei der mehrere Rechnerknoten eine Quelle bearbeiten. Optimale Teilgebietsgrößen sowie die Überlagerung der Kommunikation mit der Berechnung der Wellenfelder sorgen für eine perfekte Lastverteilung ohne Zeitverlust beim Austausch der Überlappungsbereiche zwischen den Teilgebieten. Als Parallelisierungssoftware wurde hierzu das GPI erneut vorteilhaft eingesetzt. Der Rahmen für eine zukunftsfähige elastische RTM konnte damit bereits geschaffen werden. Mathematisch-geophysikalische Problemstellungen, wie eine verbesserte Abbildungsbedingung bei der Korrelation der Quell- und Empfängerwellenfelder, kompaktere FD-Stencils oder Finite-Elemente-Methoden zur exakteren Modellierung der Wellenfelder und die Berechnung der Migrationsresultate in Abhängigkeit der Reflexionswinkel können nun bearbeitet und nicht nur separat, sondern in ihrer Auswirkung auf das finale Migrationsresultat getestet werden.

1 *RTM-Image für ein synthetisches Salzstockmodell*

2 *Simulierte Druckwellenfront in einem orthorhombischen elastischen Material*



GLOBAL ADDRESS SPACE PROGRAMMING INTERFACE

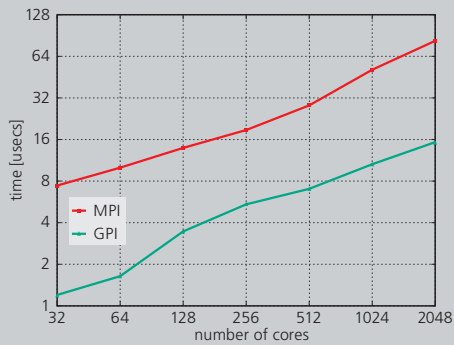
1 CRAY Hermit am Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart

Supercomputer sind heutzutage in nahezu allen wissenschaftlichen Disziplinen unverzichtbar geworden. Sie werden als eine der wichtigen treibenden Kräfte für den Erkenntnisgewinn und damit für den Fortschritt und die Wettbewerbsfähigkeit unserer Gesellschaft gesehen. Der Hunger nach immer mehr Rechenleistung ist quasi unersättlich. Gründe hierfür sind der Wunsch bzw. die Notwendigkeit von komplexeren Modellen und größeren Eingabedatensätzen, um eine größere Realitätsnähe zu erreichen.

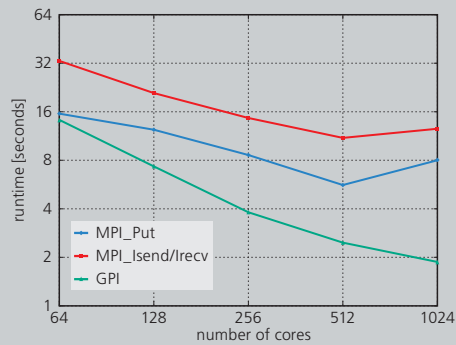
Die geforderte Rechenleistung wird dadurch erzeugt, dass immer mehr Recheneinheiten über schnelle Netzwerke miteinander verbunden werden. Dabei zeigt der Trend klar in Richtung heterogener Systeme, in denen nicht nur CPUs ihren Dienst versehen, sondern auch sogenannte Beschleunigerkarten wie Intels Xeon Phi oder Nvidias Grafikkarten. Ein Beispiel hierfür ist Titan, der aktuell schnellste Supercomputer der Welt (TOP 500 List, Nov 2012). Er besteht aus jeweils 18688 CPUs und Grafikkarten. Die Notwendigkeit einer effizienten Aufteilung eines gegebenen Problems in kleinere Teilprobleme, die von den einzelnen Recheneinheiten bei optimaler Lastverteilung gelöst werden können, ist evident. Kommunikation und Synchronisierung zwischen den einzelnen Recheneinheiten ist unerlässlich, ist aber für die Effizienz und Skalierbarkeit eines Algorithmus gemessen in den erreichbaren Rechenoperationen pro Sekunde eher kontraproduktiv.

Nicht zu vernachlässigen sind bei dieser Systemgröße auch potenzielle Ausfälle der Hardware. Selbst wenn die Ausfallwahrscheinlichkeit eines einzelnen Gerätes relativ gering ist, ist die Gesamtwahrscheinlichkeit bei der Masse an benutzten Recheneinheiten doch signifikant. Schnelle, auf potenziell ausfallende Ressourcen vorbereitete Kommunikation ohne große Interferenz mit der Berechnung ist also eine notwendige Bedingung für skalierbaren, effizienten und produktiven Code, nicht nur in industriellem Umfeld. Das CC HPC bietet schon seit Jahren seine Kommunikationsbibliothek Global address space Programming Interface (GPI) an, die sich diesen Herausforderungen stellt und stetig weiterentwickelt wird.

GPI implementiert einen partitionierten globalen Adressraum. Jeder Prozess beherbergt einen Teil des globalen Speichers und macht diesen für die anderen Prozesse direkt zugänglich. Dabei ist irrelevant, ob der darunterliegende physikalische Speicher einer CPU assoziiert ist oder ob es sich um den Speicher einer Beschleunigerkarte handelt. Die einzigartige Performance von GPI basiert auf einseitiger und asynchroner Kommunikation, die von der Recheneinheit auf die eigentliche Netzwerkinfrastruktur ausgelagert wird. Die Asynchronität ermöglicht dem aufrufenden Prozess während des Datentransfers weiterzuarbeiten und der Kommunikationspartner wird nicht während seiner eigenen Berechnung unterbrochen, da er nicht in den einseitigen Aufruf



2



3

involviert ist. Durch die vollständige Auslagerung der Kommunikation auf die Netzwerk-Hardware interferiert die Kommunikation nicht mit Berechnungen. Mechanismen zur minimal invasiven paarweisen Synchronisation runden die Kommunikation ab. All dies führt dazu, dass die Zeit für die Kommunikation minimiert und die Performance der eigentlichen Berechnung nicht gestört wird, der Algorithmus also optimal skalieren kann.

Die überlegene Performance gegenüber anderen Kommunikationsmodellen zeigt sich in vielen Anwendungen aus ganz unterschiedlichen Bereichen. Algorithmen mit Datenabhängigkeiten nur zu den Nachbarn (sogenannte Stencil) auf strukturierten und unstrukturierten Gittern profitieren genauso von dem Programmiermodell wie auch schwierige Lastbalancierungsprobleme, wie sie zum Beispiel bei Algorithmen auftauchen, die auf dem Traversieren sehr großer Graphen basieren.

Im vom BMBF geförderten GASPI-Projekt etabliert das CC HPC gemeinsam mit seinen Projektpartnern aus Industrie und Forschung eine Standardisierung des GPI Interfaces, die sich auf eine breite Basis von Industrieanwendungen stützt.

Neben Infiniband und RoCE Ethernet wird nun auch das Cray Gemini Netzwerk-Interface von GPI unterstützt, sodass auch die Software auf dem Hermit Cluster des HLRS von GPI profitiert, ein System, das zu den 30 schnellsten Supercomputern der Welt gehört (TOP 500 List, November 2012).

2 Scalable Barrier – GPI vs. CRAY MPI, 2×AMD Opteron™ 6276 (Interlagos), Gemini

3 2D-FFT: $N = 2^{15}$ – GPI vs. CRAY MPI: 2D-FFT: $N = 2^{15}$, 2×AMD Opteron™ 6276 (Interlagos), Gemini



FRAUNHOFER-CHALMERS RESEARCH CENTER FOR INDUSTRIAL MATHEMATICS FCC

- GEOMETRIE UND BEWEGUNGSPLANUNG
- COMPUTATIONAL ENGINEERING UND DESIGN
- SYSTEM- UND DATENANALYSE

Leiter des FCC

Dr. Uno Nävert

T. +46 (0) 31/772-42 85

uno.navert@fcc.chalmers.se

Leiter des FCC ab März 2013

Dr. Johan Carlson

T. +46 (0) 31/772-42 89

johan.carlson@fcc.chalmers.se



Das Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC hat seit seiner Einweihung 2001 über zweihundert industrielle und öffentliche Projekte abgeschlossen und dabei erfolgreich mit über hundert Unternehmen aus verschiedenen Branchen zusammengearbeitet. Nachdem die deutsche Bundesländer-Kommission und der Haushaltsausschuss des Bundestages 2012 eine dauerhafte Finanzierung genehmigten, wollen die Gründer Chalmers und Fraunhofer-Gesellschaft den Umfang der Zusammenarbeit noch ausweiten. Gemeinsam mit unseren Partnern, der Chalmers-Universität und dem Fraunhofer ITWM, decken wir einen weiten Anwendungsbereich ab; 2012 haben wir unsere Zusammenarbeit weiter verstärkt. Dazu gehören gemeinsame Aktivitäten mit vier ITWM-Abteilungen sowie dem Chalmers Wingquist Laboratory, Chalmers Systems and Synthetic Biology, Fluid Dynamics, Biomedical Engineering und Chalmers e-Science Centre CheSC. Aus der Zusammenarbeit mit dem ITWM gingen 2012 die beiden Spin-offs »Industrial Path Solutions AB« und »fleXstructures GmbH« hervor: Diese übernehmen Marketing, Wartung, Support und Anpassung der von FCC und ITWM entwickelten Software, um Kundenanforderungen noch gezielter zu erfüllen.

Das Jahr 2012 war trotz eines fünfprozentigen Rückgangs im Gesamteinkommen wieder ein erfolgreiches Jahr, denn die Industrieerlöse sind gestiegen und liegen nun wieder bei fast vierzig Prozent. Unsere Industriekunden kommen in erster Linie aus Schweden, wir haben aber auch internationale Kunden in Europa, den Vereinigten Staaten und Japan. Darüber hinaus konnten wir unsere Verbindung zum neuen Swedish-Brazilian Research and Innovation Association CISB mit Sitz in São Bernardo do Campo intensivieren.

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. Im vergangenen Jahr hat die Abteilung vier mehrjährige öffentliche Projekte fortgeführt, einschließlich eines Projekts

zur virtuellen Lackierung und eines Projekts zu sich intelligent bewegenden Gliederpuppen. 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. Diese Abteilung kooperiert eng mit der ITWM-Abteilung Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit; aus dieser Zusammenarbeit sind im vergangenen Jahr die bereits erwähnten Spin-offs hervorgegangen.

Die Abteilung Computational Engineering und Design arbeitet verstärkt an der Entwicklung neuer numerischer Methoden und Simulationstools für Anwendungen auf den Gebieten Hydrodynamik, Strukturdynamik und Elektromagnetismus und kooperiert mit den ITWM-Abteilungen Optimierung, Strömungs- und Materialsimulation und Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit. Hier geht es vor allem um Multiphysics-Anwendungen im Zusammenhang mit den Wechselwirkungen von Flüssigkeiten und festen Körpern sowie Flüssigkeiten und elektromagnetischen Feldern. Dazu gehört auch das Sechsjahres-Projekt mit der schwedischen Papier- und Verpackungsindustrie zur Entwicklung innovativer Simulationsverfahren für Papier. In einem medizintechnischen Projekt mit Chalmers S2 und dem Sahlgrenska Universitätsklinikum befasst sich die Abteilung mit der Lokalisation von Epilepsiezentren. Auch im Virtual Paint-Projekt spielt die Abteilung Computational Engineering und Design eine tragende Rolle.

Die Kompetenz der Abteilung System- und Datenanalyse liegt in den Schwerpunkten Dynamische Systeme, Prognose und Kontrolle, Bild- und Videoanalyse, Statistik und Quality Engineering. 2012 hat die Abteilung ihre Forschungsarbeiten im Bereich Systembiologie fortgesetzt, als Partner in verschiedenen EU-Projekten und in Zusammenarbeit mit der ITWM-Abteilung Systemanalyse, Prognose und Regelung. Die Arbeiten zur interaktiven Pharmakokinetik und Pharmakodynamik haben zur Entwicklung der Software Maxsim2 für die Pharmaindustrie geführt; derzeit wird ein dreijähriges Industrieprojekt zu



spezifischen pharmakologischen Anwendungen bearbeitet. Ein weiteres Industrieprojekt in Zusammenarbeit mit dem mathematischen Institut der Chalmers Universität befasst sich mit der Modellierung und Analyse von multi-axialen stochastischen Lasten, die bei der Bodenbearbeitung an landwirtschaftlichen Geräten auftreten.

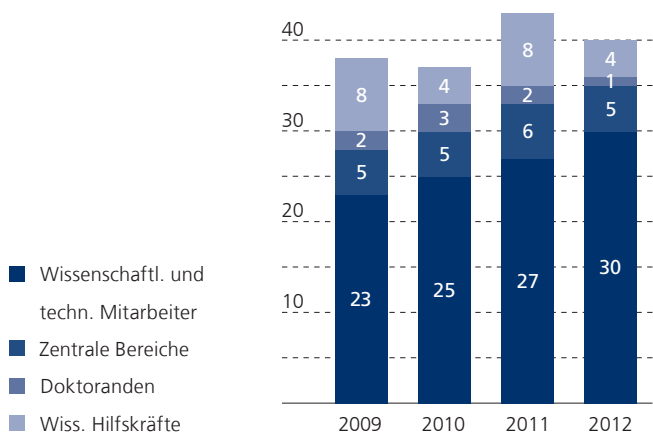
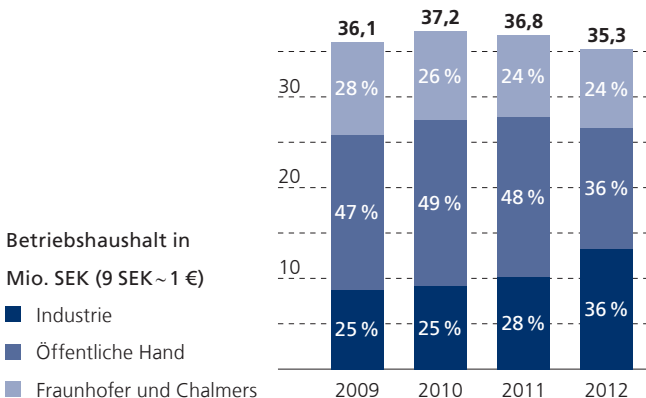
2012 konnten wir neun neue Mitarbeiter einstellen. Unser Team von Wissenschaftlern aus dem Bereich der angewandten Forschung ist eine Mischung aus PhDs und Masters of Science. In unserem Betreuungsmodell arbeiten die Master-Studenten zwei bis fünf Jahre lang an industriellen und öffentlichen Projekten. Während dieses Zeitraums halten wir sie dazu an, an Konferenzen teilzunehmen und Arbeiten zu veröffentlichen, um sich im Bereich der Forschung zu profilieren. Auch unsere jährliche Informationsveranstaltung »Earn Money on Mathematics« für Master-Studenten aus internationalen Programmen von Chalmers und der Universität Göteborg war wieder sehr fruchtbar. Darüber hinaus wurden drei unserer Master-

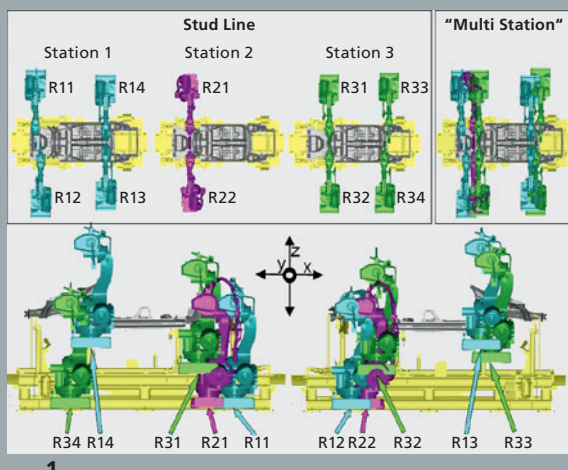
Absolventen für das Chalmers-Programm »Advanced Engineering Mathematics« ausgewählt.

Ich danke meinen Mitarbeitern am FCC für ihre hervorragende Arbeit und meinen Kollegen bei Chalmers und am Fraunhofer ITWM für unsere fruchtbare Zusammenarbeit. Seit Beginn hat das Zentrum über 30 Millionen Euro erwirtschaftet, davon mehr als zehn Millionen Euro Industrieerlösen. Dies ist nun mein letzter Bericht und ich will die Gelegenheit nutzen, Ihnen allen für die tolle Zeit und die großen Erfolge danken – es war mir eine Ehre und ein Privileg, mit Ihnen zu arbeiten. Ich wünsche Ihnen alles Gute für die Zukunft und ich gratuliere meinem Nachfolger Dr. Johan Carlson zu seiner neuen spannenden Position!

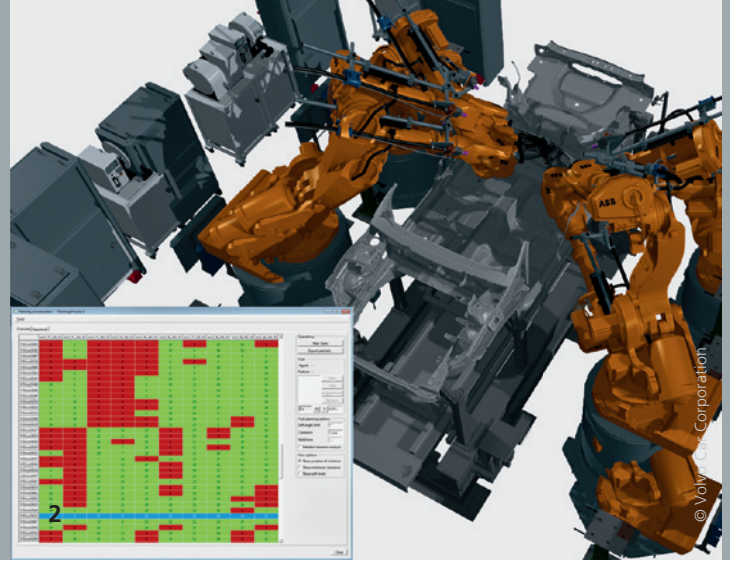
Uno Nävert

Dr. Uno Nävert
Leiter des FCC





1



© Volvo Corporation

AUTOMATISCHE PFADPLANUNG UND LINE BALANCING

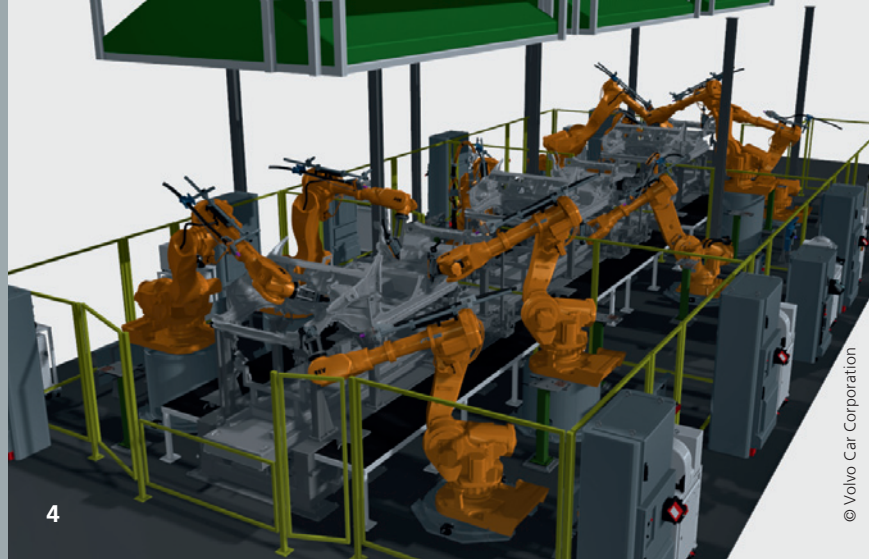
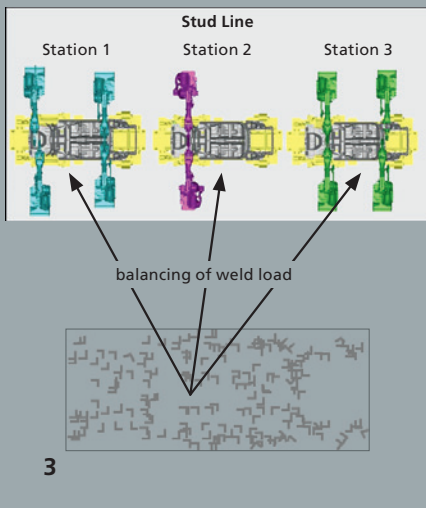
1 *Erzeugung einer Multi-Station durch Überlagerung der Szenen und Geometrien der Linienstationen*

2 *Task-Plan zur Berechnung von kollisionsfreien Alternativen bei Schweißvorgängen in der Multi-Station*

In der heutigen Automobilindustrie laufen nahezu alle Entwicklungsschritte virtuell ab. Dennoch mangelt es bei manchen Entscheidungen an einer soliden mathematischen Basis. Um den Fertigungsprozess effizienter zu gestalten, arbeiten das FCC und das Wingquist Laboratory eng mit Volvo Cars, Volvo Trucks, Saab Automobile und Scania CV in Vinnova-finanzierten Projekten zusammen. Auf diese Weise werden neue Methoden und Tools zur automatischen Aufteilung von Schweißarbeiten bei Schweißlinien, auch Line Balancing genannt, entwickelt.

Die Gewinnmargen der Automobilhersteller sind sehr gering und der Wettbewerb ist hart. Zusätzlich ist die Industrie mit einigen Paradigmenwechseln konfrontiert, sowohl was die Antriebstechnik als das Design betrifft; hinzu kommen die allgegenwärtigen Umweltaforderungen. Eine schnelle und effektive Umsetzung von Produkten ist daher sehr wichtig. Betrachtet man nun die Fahrzeugkarosserie, also den Teil, der das Auto im wesentlichen definiert und der auch einen bedeutenden Einfluss auf Sicherheit, Ästhetik, Fahrverhalten, Benzinverbrauch und die Höchstgeschwindigkeit hat, so ist es möglich, bei der Produktionseffizienz und der Auslastung der Produktionsanlagen erhebliche Verbesserungen zu erreichen.

Eine typische Automobilkarosserie besteht aus etwa 300 verschiedenen Blechteilen, die von über 4000 Schweißverbindungen zusammengehalten werden. Typische Verbindungstechniken sind Punktschweißen, Bogenschweißen, Kleben und Bolzenschweißen. In Karosseriefertigungsanlagen ist das Schweißen auf mehrere hundert industrielle Schweißroboter verteilt, an bis zu hundert Stationen. Das Zusammenfügen von Blechteilen ist kostenintensiv und bedarf hoher Investitionen. Aus diesem Grund muss das volle Potenzial kostenintensiver Anlagen möglichst ausgeschöpft werden. Die Aufteilung der Schweißarbeiten zwischen den ausführenden Stationen und Robotern, das sogenannte Balancing, hat einen signifikanten Einfluss auf die Produktionsleistung und erreichbare Auslastung der Produktionsanlagen. Das Balancing von Roboterlinien ist insbesondere dann ein komplexes Problem, wenn mehrere Schweißroboter in einer Vielzahl von Stationen für einen bestimmten Gesamtbedarf an Schweißvorgängen vorhanden sind. Jede Schweißung muss einer spezifischen Station bzw. Roboter zugeordnet werden, um die Taktzeit der Linie zu minimieren. Die Effizienz des Line Balancings hängt ab von der Auslastung der Station selbst, der Reihenfolge der Schweißroboter, der Pfadplanung und von der Effizienz der Roboter-Koordinierung, die für eine kollisionsfreie Ausführung innerhalb des Bau-raums sorgt. Im Allgemeinen hat die Koordinierung der Roboter erhebliche Auswirkungen auf die Taktzeit, da Wartepositionen und -signale eingefügt werden müssen.



Bis dato wurde für das Balancing von Schweißarbeiten einer gesamten Produktionslinie kein automatisches simulationsbasiertes Verfahren eingesetzt. Vielmehr ist es industrielle Praxis, das Balancing von Schweißarbeiten manuell durchzuführen, d. h. man verlässt sich auf seine Erfahrung und zeitraubende Trial-und-Error-Analysen mit CAE-Tools. Das FCC konzentriert sich auf die Entwicklung automatischer simulationsbasierter Methoden für das Balancing von Schweißarbeiten für komplette Produktionslinien, um die Auslastung der Anlagen zu maximieren und die Maßhaltigkeit der Karosserie zu kontrollieren. Insbesondere die Maßhaltigkeit ist von den Taktzeiten und folglich von der Anlagenauslastung abhängig, deswegen wird diese als zweites Kriterium betrachtet.

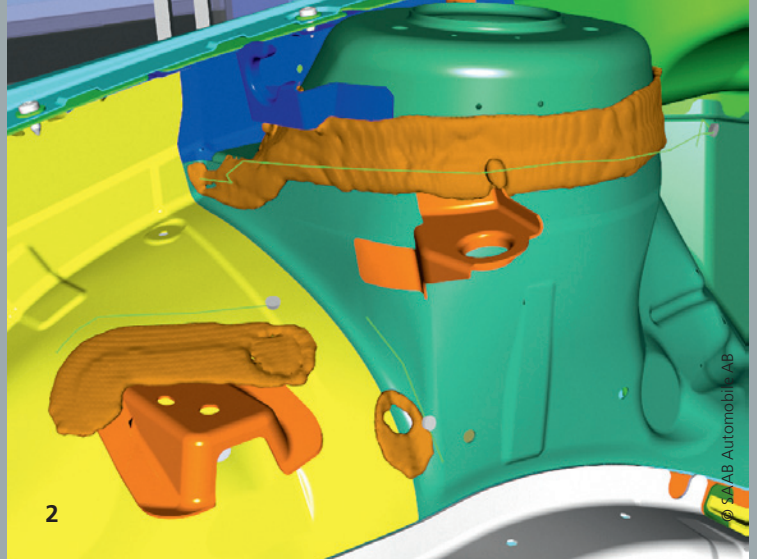
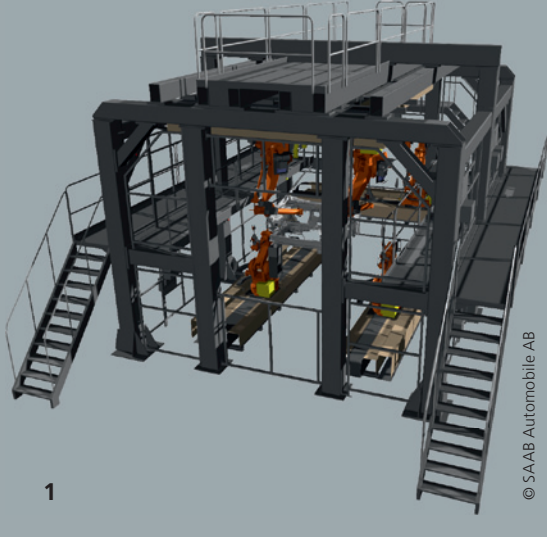
Die Strategie beim Balancing von Schweißarbeiten war, Stationsentwurfsparameter zu identifizieren und zusammen zu behandeln, insbesondere in Hinblick auf einen chronologischen Rahmen bei der virtuellen Montageplanung von Blechteilen – basiert auf der Auslastung der Anlagen – und auf Maßhaltigkeit. Des weiteren wurde eine automatische Pfadplanung mit diskreten Optimierungstechniken kombiniert und weiterentwickelt, um so das Balancing, die Ablaufreihenfolge und kollisionsfreie Bewegungen automatisch zu berechnen. Weiterhin wurden die Ergebnisse fortwährend in die vom FCC entwickelte IPS-Software integriert und den Projektpartnern zugänglich gemacht. Diese Arbeitsweise hat sich als nützlich für die Ergebnisse während und nach dem Projekt erwiesen. Schließlich wurden noch reale Industrie-Fallstudien verwendet, um den Erfolg auch messen zu können.

Die automatische Simulation ist nun weltweit erstmals Realität geworden. Das neue Verfahren wurde erfolgreich bei Fahrzeugprogrammen angewendet und kommt in Zukunft bei allen Fahrzeugprogrammen und in der Karosseriefertigung bei Volvo Cars zum Einsatz. Das Verfahren wurde in fünf bedeutenden wissenschaftlichen Publikationen beschrieben. Das Projekt mündete ebenfalls in eine Dissertation im Bereich Produkt- und Produktionsentwicklung bei Chalmers und gewann den Volvo Cars Technology Award in der Kategorie Forschung.

Die Anwendung des automatischen Balancings zeigt eine um 25 Prozent bessere Auslastung der Anlagen und eine Reduktion von 75 Prozent der Kosten der Offline-Programmierung und Inbetriebnahme. Das Verfahren ermöglicht die Parallelarbeit von Manufacturing Engineering und Produktentwicklung, eine erhöhte Unempfindlichkeit bei späten Änderungen sowie Backup-Lösungen bei Roboterfällen.

3 Aufteilung der Schweißvorgänge auf die Stationen und Roboter, um die Taktzeit zu minimieren

4 Minimale Taktzeiten durch Integration von Balancing, Ablaufreihenfolge, Pfadplanung und Koordination der Verteilung der Schweißarbeiten



VIRTUAL PAINT SHOP: SPRITZVERSIEGELUNG

1 In der IPS Virtual Sealing Software modellierte Versiegelungsstation bei SAAB Automobile

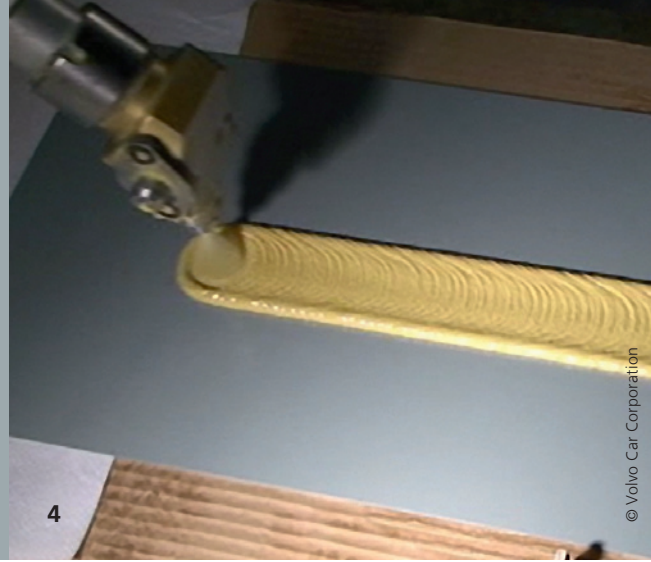
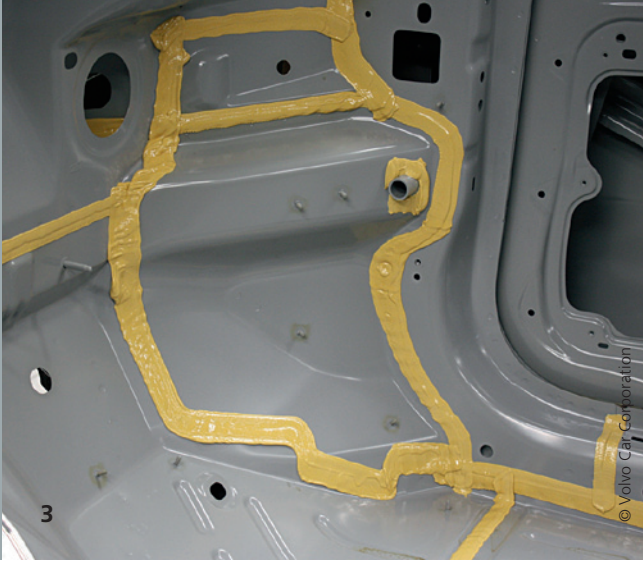
2 Simulation der Nahtversiegelung im Motorraum mit der IPS Virtual Sealing Software

Ziel dieses fortlaufenden Projekts ist die Entwicklung neuer Methoden, Algorithmen und Simulations-Werkzeuge für Lackierung und Oberflächenbehandlung in der Automobilindustrie. Das Projekt ist Teil des FFI-Programms von Vinnova im Bereich nachhaltiger Produktionstechnologien; die Forschungspartner sind die Volvo Car Corporation, die Scania AB, AB Volvo, Swerea IVF und General Motors Nordamerika.

Die Hauptprozesse in Lackierereien der Automobilindustrie sind die KTL-Beschichtung, Versiegelung, Hohlraumkonservierung, Spritzlackierung und die Ofenaushärtung. Die Komplexität der Prozesse, die durch mehrphasige und freie Oberflächenströmungen, multiphysikalische Mehrskaleneffekte und große, sich verändernde Geometrien charakterisiert sind, stellt für die mathematische Modellierung und Simulation eine große Herausforderung dar. Aus diesem Grund verlässt man sich derzeit in der Automobilindustrie eher auf individuelle Erfahrungen und eine praktische Überprüfung zur Verbesserung der Lackierprozesse und Oberflächenbehandlung. Bei der Offline-Programmierung der Roboter sind Werkzeuge, die die automatische Wegoptimierung mit einer schnellen und effizienten Simulation der Prozesse verbinden, von Vorteil; die Zeit zur Markteinführung neuer Modelle wird reduziert, umweltschädigende Einflüsse werden vermindert und die Produktqualität wird gesteigert. Die Entwicklung derartiger Tools ist das Ziel von Virtual Paint Shop.

Zur Abdeckung von Vertiefungen und Nähten wird Versiegelungsmaterial auf die Karosserie aufgebracht, um Korrosion in feuchten Umgebungen zu verhindern und um Schall zu dämmen. Für ein Auto wird Material in der Größenordnung von rund 50 m benötigt. Dies ist eine komplexe mehrphasige Strömungsanwendung, bei der der Materialfluss in der Luft und auf dem Zielobjekt berücksichtigt werden muss. Das Füllmaterial ist eine Nicht-Newtonsche Flüssigkeit, die stark strukturviskos ist, d. h. die Viskosität hängt von den Schergefällen ab. Zur Modellierung der Rheologie des Materials kann ein Bingham-Fluid-Modell verwendet werden; hierbei werden die Fließspannungs- und plastischen Viskositätsparameter aus Rotations-Rheometerversuchen ermittelt.

Es gibt verschiedene Arten von Düsen, um das Material aufzubringen, u. a. die Hohlkegeldüse, mit der ein Vorhang von Versiegelungsmaterial auf das Zielobjekt gesprüht wird, und die Raupendüse. Zur Überprüfung der Simulationsergebnisse wurden die resultierende Breite, Dicke und Form des auf Prüfplatten aufgetragenen Materials als Funktion von Zeit und Spritzabstand experimentell ermittelt. Die Ergebnisse stimmen im Großen und Ganzen sehr gut mit der Simulation überein. Dabei wurden auch komplexere Geometrien erfolgreich simuliert. Die effiziente



Implementierung der Simulation auf einen Standard-PC benötigt weniger als eine Stunde Rechenzeit für einen Meter Versiegelungsmaterial. Aus diesem Grunde ist es möglich, detaillierte Simulationen und die Offline-Programmierung der Roboter in den Produktionsvorbereitungsprozess aufzunehmen.

Um diesen Durchbruch bei der Simulationsgeschwindigkeit im Vergleich zu früheren Simulationen zu erreichen, wurde die FCC-Software IBOFlow verwendet. IBOFlow ist eine nicht-komprimierbare Navier-Stokes-Gleichung, deren Funktionsweise auf einer Diskretisierung des finiten Volumens in einem kartesischen Octree-Flow Solver beruht. Der Octree-Solver kann dynamisch verfeinert oder gröber gemacht werden; es werden besondere Immersed-Boundary-Methoden zur Modellierung von Objekten in der Flüssigkeit verwendet. Das vereinfacht Vorberechnungen und die Modellierung bewegter Objekte erfordert so nahezu keinen weiteren Rechenaufwand. Die Mehrphasen-Strömungen werden in IBOFlow durch das neuartige VOF-Modul (Volume of Fluids) simuliert.

Die IBOFlow-Software wurde in die hauseigene numerische Software IPS zur virtuellen Produkt- und Produktionsrealisierung integriert. Im IPS Virtual Sealing Module kommen Algorithmen zum Einsatz, um Kurvenverläufe kollisionsfrei zu folgen und automatisch Roboterwege zu berechnen. Die automatische Planung der Roboterwege umfasst eine Aufgabenplanung, um Konfigurationen und Bewegungen zu finden, die jedem Kurvenverlauf des Versiegelungsmaterials folgen können, eine Optimierung des Ablaufs sowie der Bewegungsplanung, um eine Lösung für jede Naht auszuwählen, sie mit effizienten Bewegungen zu verbinden und eine Minimierung der Taktzeit zu erzielen.

Die erste Version der IPS Virtual Sealing Software wurde im Frühjahr 2013 an unsere Forschungspartner ausgeliefert. Aktuell arbeiten wir auch an Simulationstools für andere Prozesse von Lackierereien der Automobilindustrie, zum Beispiel KTL-Beschichtung, Spritzlackierung und Aushärtung im Ofen. Insbesondere wurde die IPS-Anwendung für die Spritzlackierung bei mehreren Messeinsätzen im Jahr 2012 erfolgreich getestet. Eine kommerzielle Version wird 2013 verfügbar sein.

3 Nahtversiegelung bei Volvo Cars in Torslanda

4 Dichtungsauftrag mit einer Hohlkegeldüse. Der Applikator bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit von rechts nach links

Amirbekyan, Abel
Seismic Reflection Tomography: Theory and Implementation
 Universität Siegen, Februar

Andrä, Heiko; Iliev, Dimitar; Iliev, Oleg; Kabel, Matthias; Kirsch, Ralf
Fluid-Porous Structure Interaction (FPSI) in the Context of Simulations of Filtration Processes
 NAFEMS European Conference: Multiphysics Simulation, Frankfurt, Oktober

Andrä, Heiko; Iliev, Oleg; Kabel, Matthias; Kirsch, Ralf; Lakdawala, Zahra

Models and methods for the simulation of filter elements
 11th World Filtration Congress, Graz (A), April

Andrä, Heiko; Kabel, Matthias; Spahn, Johannes; Staub, Sarah; Steiner, Konrad
Schnelles Lösungsverfahren der Lippmann-Schwinger-Gleichungen für die Multiskalensimulation von Composites
 NAFEMS Konferenz, Mai, Bamberg

Arne, Walter; Marheineke, Nicole; Meister, Andreas; Wegener, Raimund
Finite Volume approach for in-stationary Cosserat rod model describing viscous jets
 17th Europ. Conference on Mathematics for Industry, Lund (S), Juli

Arnold, Michael
Automatic plant identification by bag of visual words
 Joint Workshop CMM – ITWM, Kaiserslautern, Oktober

Bare, Zoufine
Asymptotic dimension reduction for linearized contact of thin fibers and simulation of textiles based on 1d models including large deformation
 Seminarvortrag, Universität Erlangen-Nürnberg, Mai

Bare, Zoufine
Asymptotic dimension reduction of a unilateral contact problem of a beam including friction
 Second international workshop on Multiscale Modelling and Methods, Universität-Jean-Monet, St. Etienne (F), Oktober

Bare, Zoufine
Asymptotics for thin elastic fibers in contact
 GAMM-Jahrestagung, TU-Darmstadt, März

Bayrasy, P.; Burger, Michael; Dehning, C.; Kalmykov, I.; Speckert, Michael
Applications for MBS-FEM-coupling with MpCCI using automotive simulation as example
 Kaiserslautern, März

Becker, Jürgen
Computer aided material engineering of porous transport layers used in PEFC
 19th World Hydrogen Energy Conference, Toronto (CAN), Juni

Becker, Jürgen; Zamel, Nada; Wiegmann, Andreas
Computer based design study of porous transport layers of PEFC
 9th Symposium on Fuel Cell Modeling and Experimental Validation, Sursee (CH), April

Becker, U.; Simeon, Bernd
On Rosenbrock methods for singular singularly perturbed problems and their application to nearly incompressible materials
 Halle, September

Becker, Jürgen; Cheng, Liping; Rief, Stefan; Wiegmann, Andreas
Simulation of Particle Filtration using GeoDict
 11. Symposium Textile Filter, Chemnitz, März

Berger, Martin
Multicriteria Decentralized Decision Making in Collaborative Air Freight Forwarding
 Informatikertag der Hochschule Mittweida, Oktober

Bludau, Bastian; Velten, Sebastian; Küfer, Karl-Heinz
Multicriteria Rolling Wave Planning and Scheduling
 25th European Conference on Operational Research, Vilnius (LT), Juli

Bouajjani, Ahmed; Derevenet, Egor; Meyer, Roland
Enforcing robustness against Total Store Ordering
 D-CON, Kaiserslautern, März

Buck, Marco; Iliev, Oleg; Andrä, Heiko
Domain decomposition preconditioners for the multiscale analysis of linear elastic composites
 21st Int. Conf. on Domain Decomposition Methods, Rennes (F), Juni

Buck, Marco; Iliev, Oleg; Andrä, Heiko
Two-level domain decomposition preconditioners for multiphase elastic composites
 25. Chemnitz FEM Symposium, September

Burger, Michael
Optimal Control of Delay-Differential-Algebraic Equations
 Halle, September

Burger, Michael; Dreßler, Klaus; Speckert, Michael
Calculating Input Data for Multi-body System Simulation by Solving an Inverse Control Problem
 Enschede (NL), Februar

Cheng, Liping; Rief, Stefan; Wiegmann, Andreas
Simulation of Soot Filtration on the Nano-, Micro- and Meso-scale
 11th World Filtration Congress, Graz (A), April

Cibis, Thomas; Marheineke, Nicole; Wegener, Raimund
Asymptotic modeling framework for fiber-flow interactions in a two-way coupling
 The 17th European Conference on Mathematics for Industry 2012, Lund (S), Juli

De Kock, Johan; Korn, Ralf
Volatility Misspecification in Option Pricing Models
 APMOD 2012, Paderborn, März

Desmettre, Sascha; Korn, Ralf; Ruckdeschel, Peter; Seifried, Frank
Robust Worst Case Optimal Investment
 6th R/Rmetrics Meielisalp Workshop & Summer School 2012 on Computational Finance and Financial Engineering, Meielisalp-Thuner See (CH), Juni und Statistische Woche, Wien (A), September

Dillhöfer, Alexander; Rieder, Hans; Spies, Martin; Kreier, Peter
Einsatz der Phased-Array-Technik mit Matrix-Sensoren bei stark schallschwächenden Werkstoffen
 DACH-Tagung 2012, Graz (A), September

Dobrovolskij, Dascha; Spies, Martin; Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander
Simulation of ultrasonic propagation considering attenuation in solid materials
 Joint Workshop CMM - ITWM, Kaiserslautern, Oktober

Dressler, Klaus
Reifenmodellierung in der Fahrzeugentwicklung
 Essen, September

Dreyer, Alexander
Applying Boolean Gröbner Basis to Cryptography and Formal Verification
 KTH, Stockholm (S), November

Dreyer, Alexander
Basics on Boolean Gröbner Basis and Algebraic SAT solving
 KTH, Stockholm (S), November

Dreyer, Alexander
Fast Model-order Reduction for Mechatronic Systems
 Challenge-Workshop MSO-Tools 2012 »Modeling, Simulation and Optimisation Tools«, TU Berlin, September

Eberle, Sarah; Ostermann, Isabel
3D-Modellierung des Wärmetransports in tiefen hydrothermalen Systemen
 Geothermiekongress 2012, Karlsruhe, November

Escoda, Julie; Wirjadi, Oliver
Textile composites modeling based on Markov process
 Joint Workshop CMM – ITWM, Kaiserslautern, Oktober

Eulering, Georg; Ruckdeschel, Peter
Autokorrelationen im Marktpreisrisikomanagement
 Arbeitskreis bei DSGV-Fachtagung Risikocontrolling, Berlin, Dezember

Ewe, Hendrik; Küfer, Karl-Heinz; Plociennik, Kai; Schüle, Ingmar
Multicriterial Decision Support for Photovoltaic Power Plant Design

25th European Conference on Operational Research, Vilnius (LT), Juli

Föhst, Sonja; Konerding, M. A.; Houdek, J. P.; Schladitz, Katja; Wagner, W.; Wirjadi, Oliver
Geometric modeling of lung growth in mice

Joint Workshop CMM - ITWM, Kaiserslautern, Oktober

Galliani, Silvano

Getting depths with shading
Joint Workshop CMM - ITWM, Kaiserslautern, Oktober

Gallrein, Axel; Bäcker, Manfred
CDTire: State-of-the-Art tire models for full vehicle simulation
Detroit (USA), Mai

Gallrein, Axel; Bäcker, Manfred
Spreading the application range of the Digital Road approach: New CDTire model developments
München, April

Gramsch, Simone
Mit Mathematik vom Kunststoff zur Alcantara-Couch
Universität Siegen, Juni

Grünewald, Daniel
The Fraunhofer GPI Programming Model – How it Works? Scalability & Failure Tolerance
ISC.12, Hamburg, Juni

Hack, M.; Hagestedt, B.; Weyh, Thorsten
New developments for improved fatigue prediction of welded joints
Kaiserslautern, März

Hauser, Matthias
Hierarchical Model-order Reduction for Robust Design of Parameter-varying Systems
International Conference on Synthesis, Modeling, Analysis and Simulation Methods and Applications to Circuit Design (SMACD), Sevilla (E), September

Horbenko, Nataliya; Kohl, Matthias; Ruckdeschel, Peter
New LD estimators for LOS
CFE-ERCIM 2012, Oviedo (E), Dezember

Horbenko, Nataliya; Kohl, Matthias; Ruckdeschel, Peter

“Bed at Risk” – How long must we stay robust(ly)?

Emeritierungskolloquium von Prof. Dr. Marazzi, Université de Lausanne (CH), November

Horbenko, Nataliya; Kohl, Matthias; Ruckdeschel, Peter; Otto, Gordon
Robust Extreme Value Statistics for Hospital Length of Stay
Kolloquium Universität Heidelberg, Dezember

Horbenko, Nataliya; Ruckdeschel, Peter
Robust Operational Risk Quantification
Stochastiktage Mainz, März

Horbenko, Nataliya; Ruckdeschel, Peter; Bae, Taehan
Robust Quantile Regression with Application to Scaling of OpRisk Loss Data
Statistische Woche, Wien, September

Horbenko, Nataliya; Ruckdeschel, Peter; Bae, Taehan
Severity Scaling of Operational Losses
Bachelier 2012, Sydney, Juni

Hubel, Sebastian; Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander; Spies, Martin; Bamberg, Joachim; Hessert, Roland; Preikszas, Christine
Basic Investigations to Establish an Ultrasonic Stress Evaluation Technique for Aero Engine Materials
4th Internat. Symposium on NDT in Aerospace, Augsburg, November

Hubel, Sebastian; Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander; Spies, Martin; Hessert, Roland; Bamberg, Joachim; Preikszas, Christine
Grundlegende Untersuchungen zur Spannungsmessung mittels Ultraschall an Triebwerkswerkstoffen
DACH-Tagung 2012, Graz (A), September

Hübsch, Florian; Marheineke, Nicole; Wegener, Raimund

Efficient sampling of random fields for fiber-fluid interactions in isotropic turbulence.

17th European Conference on Mathematics for Industry 2012, Lund (S), Juli

Iliev, Oleg; Kabel, Matthias; Kirsch, Ralf; Lakdawala, Zahra; Toroshchin, Edward; Dederling, Michael
Mathematical modeling and numerical simulation of filter elements
ACHEMA Kongress 2012, Frankfurt, Juni

Iliev, Oleg; Latz, Arnulf; Schmidt, Sebastian; Zausch, Jochen; Zhang, Shiquan; Steiner, Konrad
On modeling and simulation of porous electrodes in Lithium-Ionen-Battery
4th International Conference on Porous Media of the International Society for Porous Media; Purdue University, West Lafayette (USA), Mai

Iliev, Oleg; Lazarov, Raytcho; Willems, Jörg
On upscaling heat conductivity for a class of industrial problems
Multi-scale computational methods for solids and fluids, ECCOMAS Thematic Conference, Paris (F), November

Iliev, Oleg; Zemitis Aivars, Gornak Tatjana, Steiner Konrad
CoPool – a tool for the liquid and heat simulation in containment
German CFD network meeting, Garching, März und 4th COCOSYS workshop Garching, März

Jablonski, Andreas; Moghiseh, Ali
Visual Programming for Image Processing
IPOL 2012 Meeting on Image Processing Libraries, Paris (F), Juni

Kabel, Matthias; Andrä, Heiko
Fast Numerical Computation of Precise Bounds of Effective Elastic Moduli
25th International Workshop Research in Mechanics of Composites, Bad Herrenalb, Dezember

Kabel, Matthias; Andrä, Heiko
Optimization of microstructured multilayer acoustic trims
NAFEMS Seminar »Generation and propagation of sound in solids and fluids - Modern analysis methods in acoustics«, Wiesbaden, November

Kabel, Matthias; Andrä, Heiko
Predicting effective elastic properties with FeelMath-VOX Part I
GeoDict User Meeting 2012, Kaiserslautern, Oktober

Kabel, Matthias; Andrä, Heiko
Fast numerical computation of the effective mechanical properties of materials with complex microstructure
Seminarvortrag Fraunhofer IWM, Freiburg, November

Kang, S. H.; Shafei, Behrang; Steidl, G.
Supervised multi-class segmentation using p-Laplacians and RKHS methods
Joint Workshop CMM - ITWM, Kaiserslautern, Oktober

Kleer, Michael; Hermanns, Oliver; Müller, S.
Konzeption eines Fahrsimulators für die Nutzfahrzeugindustrie auf Basis eines Industrieroboters
Kaiserslautern, März

Kleer, Michael; Hermanns, Oliver; Müller, S.; Dreßler, Klaus
Driving simulations for commercial vehicles - A technical overview of a robot based approach
Paris (F), September

Klein, Matthias
myPowerGrid – Speicher für grüne Energie
B-Beirat der Pfalzwerke AG, Neuhofen, Oktober

Knaf, Hagen
Ein innovatives Konzept für die Aufzeichnung von Prozessdaten: Analytische Datenbank mit eingebetteten Data Mining Komponenten
Fachausschüsse Glasschmelztechnologie und Umweltschutz der Deutschen glastechnischen Gesellschaft, Fraunhofer ISC, Würzburg, September

- Korn, Ralf
Advances in Financial Mathematics with Applications to Engineering
University of Texas, Austin (USA), September
- Korn, Ralf
Die Zukunft der Zinsgarantie in der Lebensversicherung – Wissenschaftliche Sicht
Akademitag der DAA, Köln, November
- Korn, Ralf
Optimal Portfolios for an Investor with a Benchmark
CKFA-Meeting, Kaiserslautern, März
- Korn, Ralf
Optimale Portfolios – Bekanntes und Neues
Fakultätskolloquium Mathematik, Universität Magdeburg, Juni
- Korn, Ralf
Recent Advances in Option Pricing via Binomial Trees
Computational Stochastics Workshop, Annweiler, März
- Korn, Ralf
The Adjoint Approach for calculating Greeks of Bermudan Swaptions
DMV-Tagung, Saarbrücken, September
- Korn, Ralf
The Future of the Interest Rate Guarantee in German Life Insurance
10th Anniversary IAM-Meeting, METU Ankara (TR), Oktober und 1. EAJ-Meeting, Univ. Lausanne (CH), September
- Korn, Ralf
Was kosten die Garantien?
2. FaRis und DAV-Symposium, Köln, Mai
- Korn, Ralf
Wie finde ich die beste Wohnung in London?
Tag der Mathematik, TU Kaiserslautern, Juni
- Korn, Ralf
Wie viel Zins braucht die Praxis?
Versicherungsmathematisches Kolloquium, LMU München, Mai
- Küfer, Karl-Heinz
What and how can we learn from Pareto fronts and sets?
Dagstuhl Seminar »Learning in Multiobjective Optimization«, Dagstuhl, Januar
- Küfer, Karl-Heinz; Gramsch, Simone
Fraunhofer ITWM - das Institut für Industriemathematik in Kaiserslautern
DMV-Jahrestagung 2012, Saarbrücken, September
- Lakdawala, Zahra; Iliev, Oleg; Kirsch, Ralf
An overview on filtration activities
Bologna (I), Oktober
- Lakdawala, Zahra; Iliev, Oleg; Kirsch, Ralf
Filter element simulations using FiltEST based on GeoDict results
Kaiserslautern, Oktober
- Lakdawala, Zahra; Ströbener, Katrin; Jarosch, Jermeias; Klein, Peter
Membrane performance testing and modelling: Mesoscopic level simulation
Nanopur Meeting, Bologna (I), Oktober
- Lang, Holger; Linn, Joachim
On the Effect of the Discretisation Scheme on the Eigenfrequencies and Modes of Shear Flexible Rods
Stuttgart, Mai
- Lang, Patrick
Von der Datenanalyse zur Biomarkeridentifikation
6. Biotech-Tag, Fachhochschule Bingen, April
- Latz, Arnulf; Zausch, Jochen
Full 3D Modeling and Simulation of Li ion Batteries with BEST
Advanced Automotive Battery Conference Europe, Mainz, Juni
- Latz, Arnulf; Zausch, Jochen
Thermodynamically derived model and simulation of intercalation for a microscopic transport model of Li-ion batteries
63rd Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Prag (CZ), August
- Leithäuser, Neele; Krumke, Sven O.; Merkert, Maximilian
Approximating Infeasible 2VPI-Systems
38th International Workshop on Graph Theoretic Concepts in Computer Science, Ramat Rachel, Jerusalem (IL), Juni
- Leithäuser, Neele; Schüle Ingmar; Krumke, Sven O.
Optimierte Abstimmung der Umsteigebeziehungen im ungetakteten ÖPNV unter Berücksichtigung der Umlaufplanung
Multikonferenz der Wirtschaftsinformatik, Braunschweig, März
- Lemke, Tatjana
Inference in CAR models driven by alpha-stable Levy processes
SMC workshop, Coventry (GB), September
- Lemke, Tatjana
Linear Gaussian computations for near-exact Bayesian MC inference in skewed alpha-stable time series models
International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Kyoto (J), März
- Lemke, Tatjana
Markov chain Monte Carlo methods
PhD Seminar, TU Kaiserslautern, November
- Lemke, Tatjana
Monte Carlo inference for alpha-stable processes
Seminar, Cambridge (GB), April, TU KL-TUM Research Seminar, Lambrecht, August und PhD Seminar, TU Kaiserslautern, September
- Liebscher, André; Redenbach, Claudia
Modelling the local strut thickness of open foams based on 3D image data
Joint Workshop CMM - ITWM, Kaiserslautern, Oktober
- Linden, Sven; Wiegmann, Andreas; Hagen, Hans
The LIR Space Partitioning System applied to Cartesian Grids
8th International Conference on Mathematical Methods for Curves and Surfaces, Oslo (N), Juni
- Linn, Joachim
Discrete models for flexible structures – Nonlinear structural mechanics meets Discrete Differential Geometry
17th European Conference on Mathematics for Industry, Lund (S), Juli
- Linn, Joachim
Viscoelastic Cosserat rods of Kelvin-Voigt and generalized Maxwell type
Erlangen, September
- Linn, Joachim; Lang, Holger; Tuganov, A.
Geometrically exact Cosserat rods with Kelvin-Voigt type viscous damping
Stuttgart, Mai
- Lorenz, Maike; Marheineke, Nicole; Wegener, Raimund
On die swell simulations in spinning processes with a stationary one-dimensional upper convected Maxwell model
17th European Conference on Mathematics for Industry, Lund (S), Juli
- Machado, Rui
Parallel Constraint-based Local Search - Experiments with Adaptive Search and GPI
NIL Shonan Meeting on Parallel Methods for Constraint Solving and Combinatorial Optimization, Shonan (J), Mai
- Malten, Rebekka
Blick über den Tellerrand der klassischen Oberflächeninspektion
Vision Seminar »Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung« am Fraunhofer IOSB, Karlsruhe, November
- Malten, Rebekka
ToolIP – A graphical Tool for Image Processing
15. SpectroNet Collaboration Forum, Stemmer Imaging, Puchheim, Dezember
- Malten, Rebekka
ToolIP – Tool for Image Processing
IZFP Saarbrücken, Januar
- Maringer, Johannes; Klar, Axel; Wegener, Raimund
Modeling of nonwoven structures generated by fiber lay-down as 3d stochastic processes

The 17th European Conference on Mathematics for Industry, Lund (S), Juli und DMV-Jahrestagung 2012, Saarbrücken, September

Mohrbacher, Christian
FhGFS – Parallel file system performance at the maximum
Supercomputing-12, Salt Lake City (USA), November

Müller, Lilli; Bitsch, Gerd
Simulationsgestütztes Monitoring der Betriebsbeanspruchung
Baden-Baden, November

Müller, Lilli; Bitsch, Gerd; Schindler, C.
Online Condition Monitoring based on Real-Time Multibody System Simulation
Kaiserslautern, März

Neunzert, Helmut
Forschung und Wissenstransfer – wie eine Universität eine Region verändert
Pfälzische Gesellschaft für zur Förderung der Wissenschaften, Kaiserslautern, Oktober

Neunzert, Helmut
Mathematics – a modern key technology
TU Hugo Steinhaus Center, Wroclaw (PL), Oktober

Neunzert, Helmut
Mathematik ist (fast) überall
MINT-EC, Berlin, Januar

Neunzert, Helmut
Mathematische Modellierung – ein »Curriculum Vitae«
Tagung »Geschichte und Modellierung«, Jena, Februar

Neunzert, Helmut
Stufen
Verabschiedung Prof. Trottenberg, Bonn, Mai

Neunzert, Helmut
The early days of ECMI
17th European Conference on Mathematics for Industry, Lund (S), Juli

Neunzert, Helmut
What is industrial mathematics and why should we do it?
TU Hugo Steinhaus Center, Wroclaw (PL), Oktober

Neunzert, Helmut
Wie wirklich ist die Wirklichkeit?
Festveranstaltung »50 Jahre Rotary Club«, Idar-Oberstein, Oktober

Nickel, Stefan
A multi-stage stochastic supply network design problem with financial decisions and risk management
Tagung Coral, Benicassim Castellón (S), Mai

Nickel, Stefan
How to publish in COR – Ask the editor
Convex nondifferentiable optimization and resource allocation, Zinal (CH), September

Nickel, Stefan
Operations Research in Health Care Logistics
YAEM Jahrestagung, Istanbul (TR), Juni

Nowak, Dimitri; Küfer, Karl-Heinz
Solving uniform coverage problems in industrial production with Abel Inversion
3rd International Conference of Engineering Optimization EngOpt 2012, Rio de Janeiro (BR), Juli

Nowak, Uwe; Bortz, Michael; Küfer, Karl-Heinz
Efficient Approximation of Pareto-Frontiers with Application to Chemical Process-Optimization
25th European Conference on Operational Research, Vilnius (LT), Juli

Obermayr, Martin; Elbel, G.
Simulation of the Soil-Tool Interaction for Hydraulic Excavators
Kaiserslautern, März

Orlik, Julia
Homogenization via unfolding in periodic elasticity with contact on closed and open cracks
GAMM-Microstructures, Universität Essen-Duisburg, Januar und International Workshop on Evolution problems in damage, plasticity and fracture: mathematical models and numerical analysis, University of Udine (I), September

Orlik, Julia
Homogenization via unfolding in periodic elasticity with contact on oscillating interface

GAMM-Jahrestagung, TU Darmstadt, März

Orlik, Julia
Simulation of textiles based on the asymptotic homogenization and dimension reduction
25th International Workshop Research in Mechanics of Composites, Bad Herrenalb, Dezember

Orlik, Julia
Simulation of woven, knitted and spacer fabrics based on multi-scale models with large deformations
Fourth world conference on 3D fabrics and their applications, RWTH Aachen, September

Orth, Thomas; Schmitte, Till; Spies, Martin; Rieder, Hans; Kersting, Th.
Simulation und Validierung eines optimierten Phased-Array-Verfahrens zur Querfehlerprüfung von SAWL-Schweißnähten in ferri-schen Rohren
DACH-Tagung 2012, Graz (A), September

Ostermann, Isabel
STRING – Ein Visualisierungstool für beliebige Geschwindigkeitsfelder
10. SPRING Conference and User's Meeting 2012, Witten, Dezember

Pfreundt, Franz-Josef
A parallel file system made in Germany
IEEE Conference on Massive Data Storage, Pacific Grove (USA), April

Pfreundt, Franz-Josef
Big Data and Cloud File Systems
ISC Cloud'12, Mannheim, September

Pfreundt, Franz-Josef
FhGFS – HSM – and tiered storage
11th HLRS/hww- Workshop on Scalable Global Parallel File Systems, Stuttgart, Mai

Pfreundt, Franz-Josef
Interaktive fotorealistische Produktvisualisierung am Beispiel eines Automobilherstellers
Hewlett Packard, Frankfurt, März

Pfreundt, Franz-Josef
Pros & Cons of File Systems for HPC Systems
ISC.12, Hamburg, Juni

Plociennik, Kai
A probabilistic PTAS for shortest common superstring
21st International Symposium on Mathematical Programming, Berlin, August

Prill, Torben
Morphological segmentation of FIB-SEM data
Joint Workshop CMM - ITWM, Kaiserslautern, Oktober

Prill, Torben
Segmentation of FIB/SEM Data
7th Int. Conf. Stereology, Spatial Statistics and Stochastic Geometry, Prag (CZ), Juni

Prill, Torben
Simulation of FIB-SEM Images for Segmentation of Porous Microstructures
International Conference on 3D Materials Science 2012, Seven Spring (USA), Juli

Pupashenko, Daria; Franke, Jürgen; Ruf, Nikolaus; Ruckdeschel, Peter
Robust Kalman smoothing for dynamic vehicle data
Workshop Robust Methods for Dependent Data, Witten, Februar

Pupashenko, Daria; Ruckdeschel, Peter; Spangl, Bernhard
RobKalman – a package for robust filtering
6th R/Rmetrics Meielisalp Workshop & Summer School 2012 on Computational Finance and Financial Engineering, Meielisalp (CH), Juni

Pupashenko, Daria; Ruckdeschel, Peter; Spangl, Bernhard
Robust Multivariate extended Kalman Filtering and its implementation in R
TU München, TU Kaiserslautern Seminar, August und Statistische Woche, Wien, September

Rahn, Mirko
The Limitations of MPI
ISC.12, Hamburg Juni

Rauhut, Markus; Spies, Martin; Täubner, Kai
Auslegung und Performance von berührungslosen Verfahren zur Inline-Oberflächeninspektion
DACH-Tagung 2012, Graz (A), September

- Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander; Spies, Martin
ZfP in der maritimen Industrie – zwischen Ökonomie, Human Factor und Ökologie
DACH-Tagung 2012, Graz (A), September
- Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander; Spies, Martin; Rieder, Isabell; Holstein, Ralf
Präsentation von E-Learning Modulen für den Kurs UT1 der DGZfP
DACH-Tagung 2012, Graz (A), September
- Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander; Spies, Martin; Rieder, Isabell; Holstein, Ralf
Umsetzung eines Blended Learning Konzepts für die ZfP am Beispiel eines Ultraschallkurses
DACH-Tagung 2012, Graz (A), September
- Rief, Stefan; Glatt, Erik; Wiegmann, Andreas; Kabel, Mathias; Andrä, Heiko
Deformation and the Change of Filtration Properties of Weaves – A Computational Approach
World Filtration Congress, Graz (A), April
- Ruckdeschel, Peter
Minmax Entropy – Where did all the information go?
Workshop Cambridge-Kaiserslautern Finance Alliance, März
- Ruckdeschel, Peter; Erlwein-Sayer, Christina
Robust HMM-based Online Filtering for Investment Strategies
Stochastiktage Mainz, Mainz, März
- Ruckdeschel, Peter; Erlwein-Sayer, Christina
Robustification of HMM-Based Investment Strategies for Asset Allocation
APMOD 2012, Paderborn, März
- Ruckdeschel, Peter; Spangl, Bernhard; Erlwein-Sayer, Christina
Optimally-Robust Filtering
Mathematisches Kolloquium Universität Bayreuth, Februar und Workshop Robust Methods for Dependent Data, Witten, Februar
- Sayer, Tilman; Ruckdeschel, Peter; Szimayer Alexander
Pricing employee stock options in the Heston model: a close look on incorporating correlation
APMOD 2012, Paderborn, März
- Scherrer, Alexander
Mathematische Methoden in der Therapieplanung
Science-Alliance, Diemerstein, November
- Schladitz, Katja
µCT von Papier
PTS-Seminar »Moderne analytische Methoden in der Papiertechnik«, Heidenau, Oktober
- Schladitz, Katja
3D-Bildanalyse der Mikrostruktur komplexer Materialien
Vision-Technologietag, Jena, Oktober
- Schladitz, Katja
Quantitative 3d analysis of microstructures
DocMASE Summer School, Saarbrücken, August
- Schladitz, Katja
Quantitative Mikrostrukturanalyse anhand von 3D Bilddaten
DGM-Fachausschuss Zelluläre Werkstoffe, Heuchelheim, April
- Schladitz, Katja
Simulation von FIB-REM-Tomografien poröser Mikrostrukturen
DGM-Arbeitskreis Quantitative 3D-Mikroskopie von Oberflächen, Karlsruhe, April
- Schmidt, Sebastian
CoRheoS – a framework for fast and flexible implementation of industrial, linear and nonlinear PDE solvers
PDEsoft, Münster, Juni
- Schmidt, Sebastian; Latz, Arnulf; Jäger, Magnus
Simulation of complex microfluidics for biotechnology applications
ACHEMA, Bioprocesses - Measurement and modelling, Frankfurt, Juni
- Schmidt, Sebastian; Niedziela, Dariusz; Zausch, Jochen; Latz, Arnulf
CoRheoS: Multiphysics Solver Framework and Simulation Infrastructure for Complex Rheologies
- NAFEMS Multiphysics, Frankfurt, Oktober
- Schmitte, Till; Orth, Thomas; Spies, Martin; Kersting, Thomas
Schallfelder von Phased-Array Prüfköpfen: Vergleich von photoelastischen Messungen und Simulationen
DACH-Tagung 2012, Graz (A), September
- Schröder, Michael; Guenster, Lucienne
The Impact of Navigational Services on Public Transportation Networks
International Annual Conference of the German OR Society 2012, Hannover, September
- Schüle, Ingmar
Perspectives of PV in Germany and Europe
IASS International Workshop „Renewable Energy Perspectives in Latin America in the international context“, Potsdam, Oktober
- Schüle, Ingmar; Ewe, Hendrik; Plociennik, Kai
Multi-Objective Planning of Large-Scale Photovoltaic Power Plants
International Annual Conference of the German OR Society 2012, Hannover, September
- Schulze, M.; Dietz, S.; Tuganov, Lang, Holger; Linn, Joachim
Integration of nonlinear models of flexible body deformation in Multibody System Dynamics
Stuttgart, Mai
- Shafei, Behrang
Supervised and Transductive Multi-Class Segmentation Using p-Laplacians and RKHS Methods
Workshop on Advances in Mathematical Image Processing, Göttingen, September
- Spahn, Johannes; Andrä, Heiko; Kabel, Matthias; Müller, Ralf
A Multiscale Damage Model for Composite Materials an Numerical Computations by Using a FFT-Based Method
8th European Solid Mechanics Conference, Graz (A), Juli
- Spahn, Johannes; Andrä, Heiko; Müller, Ralf
A Multiscale Damage Model for Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Materials
LTM Skiseminar 2012, Val d’Illiez (CH), März
- Spahn, Johannes; Andrä, Heiko; Staub, Sarah; Kabel, Matthias; Müller, Ralf
A Micromechanical Damage Model for Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Materials
11th GAMM-Seminar on Microstructures, Essen, Januar
- Spies, Martin
3D-Schallfeldsimulation in Echtzeit und Modell-basierte POD-Bestimmung – Aktuelle Entwicklungen in der simulationsunterstützten Ultraschallprüfung
Seminar »Grundlagen und Anwendungen der zerstörungsfreien Prüfverfahren«, Vst.-Nr. 65074, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Dezember
- Spies, Martin
Verbesserung der Fehlerauffindwahrscheinlichkeit (POD) durch den Einsatz von Modellierungs- und Bildgebungsalgorithmen am Beispiel von schwer prüfbar Schiffpropellerwerkstoffen
DGZfP-Arbeitskreis Stuttgart, Juni
- Spies, Martin
Zerstörungsfreie Prüfung mit Ultraschall und Tomographie an schwer prüfbar Werkstoffen
Kolloquium Maschinenbau, Duale Hochschule Mannheim, Januar
- Spies, Martin; Jablonski, Andreas; Rauhut, Markus; Rieder, Hans
Erweiterte Modelle für die ZfP zur Ermittlung der Auffindwahrscheinlichkeit (POD) von Oberflächen- und Volumenfehlern
DACH-Tagung 2012, Graz (A), September
- Spies, Martin; Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander; Schmitz, Volker; Müller, Wolfgang
Synthetic aperture focusing and time-of-flight diffraction ultrasonic imaging – past and present
18th World Conference on NDT, Durban (ZA), April

Spies, Martin; Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander
Modell-basierte Bestimmung der Auffindwahrscheinlichkeit (POD) von Volumenfehlern in schwerprüfbaren Bauteilen
DACH-Tagung 2012, Graz (A), September

Spies, Martin; Dillhöfer, Alexander; Rieder, Hans; Dobrovolskij, Dascha
Real-time 3D-Simulation Tool for Ultrasonic Transducers Used in Aeroengine Component Inspections
4th International Symposium on NDT in Aerospace, Augsburg, November

Stahl, Dominik
Parameterization of all (1,2,3)-generalized inverses with an application to scattered data approximation
GAMM-Jahrestagung, TU-Darmstadt, März

Steidel, Stefan
Gröbner Bases of Symmetric Ideals
St. Petersburg (RUS), April

Steidel, Stefan
Standard Bases
Lahore (PK), Februar

Steiner, Konrad
Image Analysis of Microstructures of Industrial Materials and Computation of Effective Properties of Composite Materials based on their microstructure
KAUST SRI Center on Numerical Porous Media; Jeddah (KSA), Juni

Steiner, Konrad
Simulations supporting the design and selection of filter media
KAUST SRI Center on Numerical Porous Media; Jeddah (KSA), Juni

Stephani, Henrike
Including Spatial Similarities into Hierarchical Clustering of Hyperspectral Terahertz Images
SIAM Conference on Imaging Science (ISI2), Philadelphia (USA), Mai

Stephani, Henrike
Typischer Aufbau eines Online-Oberflächeninspektionssystems
Vision Seminar »Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung«, Fraunhofer IOSB, Karlsruhe, November

Süss, Philipp
Multicriteria Optimization of Therapy Planning for Cancer Diseases
Beyond basic science – Mathematics today, Bialka Tatrzenska (PL), Februar

Taffe, Alexander; Spies, Martin; Recknagel, Jörg
Schulung zur zuverlässigen Ortung von Bewehrung in Stahlbetonbauteilen von Kraftwerken
DGZfP Fachtagung Bauwerksdiagnose, Berlin, Februar

Trinkaus, Hans L.
Multi Criteria Decision Support in Real-Time. Integration of Project, Process and Knowledge Management
21st International Symposium on Mathematical Programming, TU Berlin, August

Trinkaus, Hans L.
Talk, "touch", tell – intelligent tablets assist health care consultations and services
International Conference on Communication in Healthcare, St. Andrews University, St. Andrews (GB), September

Vecchio, Irene
Fitting Laguerre Tessellations to the Microstructure of Cellular Materials
International Conference on 3D Materials Science 2012, Seven Spring (USA), Juli

Vecchio, Irene
Laguerre tessellations: fitting a model to rigid closed-cell polymer foams
CellMat 2012, Dresden, November

Vecchio, Irene
Modeling rigid closed-cell foams by random Laguerre tessellations
7th Int. Conf. Stereology, Spatial Statistics and Stochastic Geometry, Prag (CZ), Juni

Vecchio, Irene; Schladitz, Katja; Redenbach, Claudia
Fitting random Laguerre tessellations to the microstructure of rigid closed-cell foam
Joint Workshop CMM - ITWM, Kaiserslautern, Oktober

Velasco-Forero, Santiago; Angulo, Jesus
On non-local mathematical morphology
Joint Workshop CMM - ITWM, Kaiserslautern, Oktober

Wagner, Andreas
Electricity Pricing in a Market with Renewables
International Ruhr Energy Conference 2012, Essen, März

Wagner, Andreas
Residual Demand Modelling and an Integrated Spot/Forward Model
Workshop on Electricity Price Modelling (EdF), Paris (F), Dezember

Wagner, Andreas
Residual Demand Modelling and Application to Electricity Pricing
12th IAEE European Energy Conference, Venedig (I), September; TU Kaiserslautern - RWE Workshop, Kaiserslautern, September und Energy Finance Conference 2012, Trondheim (N), Oktober

Weber, Dietmar; Obermayr, Martin; Bäcker, Manfred
Deformierbarer Boden in MKS-Reifensimulationen
Karlsruhe, November

Wegener, Raimund
Engineering stochastischer Prozesse
Evaluierung des Innovationszentrums Applied System Modeling, Kaiserslautern, März

Weibel, Thomas
Contrast-enhancing seam detection and blending using graph cuts
21st International Conference on Pattern Recognition (ICPR), Tsukuba (J), November

Weigel, N.; Sing, V.; Bitsch, Gerd; Streit, Anja; Dreßler, Klaus; Grieshofer, O.; Kaltenbrunner, M.
Ableitung von Konzepten und Lastdaten für vereinfachte Betriebsfestigkeitserprobungen mittels Mehrkörpersimulation
Kaiserslautern, März

Weischedel, Clarisse; Tuganov, A.; Hermansson, T.; Linn, Joachim; Max, W.
Construction of discrete shell models by geometric finite differences
Stuttgart, Mai

Wirjadi, Oliver
Algorithms for Computing Volume-Weighted Fiber Orientation Tensors
7th Int. Conf. Stereology, Spatial Statistics and Stochastic Geometry, Prag (CZ), Juni

Zangmeister, Tobias; Andrä, Heiko; Müller, Ralf
On the micromechanical modelling of metal matrix composites
LMS-ITWM Kooperationstreffen, Kaiserslautern, Juni

Zangmeister, Tobias; Smaga, Marek; Müller, Ralf; Eifler, Dietmar; Andrä, Heiko
Thermomechanical Simulations of MMCs using XFEMs
6. GAMM-Seminar on Multiscale Material Modelling, Magdeburg, September

Zangmeister, Tobias; Smaga, Marek; Steiner, Konrad; Andrä, Heiko; Wolf, Matthias; Balle, Frank
Modellierung der mechanischen Eigenschaften mehrphasiger metallischer Werkstoffe (CM)²
Klausurtagung, Kaiserslautern, Mai

Zausch, Jochen
Simulation of batteries: From cell to system
Battery+Storage, Stuttgart, Oktober

Zausch, Jochen; Latz, Arnulf
Not only for electromobility: Physics based 3D simulations of Li-ion batteries
Achema, Frankfurt, Juni

Zemitis Aivars, Iliev Oleg
Mathematical models for heat and mass transfer in applications of reactor safety
9th Latvian Mathematical Conference, Jelgava (LV), März

Zemitis Aivars, Iliev Oleg
On domain decomposition based software tool for flow simulation in containment pools of nuclear reactors
 21th International conference on domain decomposition methods, Rennes (F), Juni

Andrä, Heiko
Einführung in die BEM-Methode
 TU Kaiserslautern, Sommersemester 2012

Andrä, Heiko
Kontaktmechanik
 TU Kaiserslautern, Wintersemester 2011/2012

Burger, Michael
Control of Mechanical Multi-body Systems
 TU Kaiserslautern, Sommersemester 2012

Burger, Michael
Dynamics of Mechanical Multi-body Systems
 TU Kaiserslautern, Wintersemester 2012/2013

Burger, Michael
Mathematical Methods of Classical Mechanics II - Dynamics of Mechanical Multibody Systems
 TU Kaiserslautern, Wintersemester 2011/2012

Dreßler, Klaus
Durability Load Data Analysis
 TU Kaiserslautern, Sommersemester 2012

Feth, Sascha
Statistische Zuverlässigkeitstheorie in der Betriebsfestigkeit
 Felix-Klein-Sommerschule, September 2012

Fünzig, Christoph
Einführung in algorithmische Geometrie und geometrische Modellierung
 HTW Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes, Wintersemester 2012/2013

Iliev, Oleg
Mathematical Modeling
 King Abdullah University of Science and Technology KAUST (KSA), Wintersemester 2012/2013

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

Küfer, Karl-Heinz
Probability and Algorithms
 TU Kaiserslautern, Wintersemester 2011/2012 und 2012/2013

Küfer, Karl-Heinz
Theory of Scheduling Problems
 TU Kaiserslautern, Sommersemester 2012

Kuhnert, Jörg
Simulationstechniken im Product-Lifecycle-Management
 DHBW Mannheim, 2012

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

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

Rieder, Hans
Signalverarbeitung mittels digitaler Signalprozessoren
 HTW Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes, Wintersemester 2012/2013

Schmidt, Sebastian
CAE im PLM
 DHBW Mannheim, November 2012

Schmidt, Sebastian
Simulationstechnik
 DHBW Mannheim, Januar/Februar 2012

Schröder, Michael
Logistik im Krankenhaus – Anforderungen, Konzepte und IT-Systeme
 FH Pirmasens, Mai 2012

Stahl, Dominik
Mathematik 1 für WI
 FH Kaiserslautern, Wintersemester 2012/2013

Wirjadi, Oliver
3D-Bildverarbeitung
 Hochschule Darmstadt, Sommersemester 2012

Ackermann, Heiner; Ewe, Hendrik; Küfer, Karl-Heinz, Schröder, Michael
Ladungsaustausch zwischen Transportdienstleistern – ein gemeinsames Auftragsportfolio zur Effizienzsteigerung
 Praxishandbuch Logistik, Aktualisierungsauslieferung Nr. 48, 99-108 (2012)

Albareda-Sambola, Maria; Fernández, Elena; Nickel, Stefan
Multiperiod location-routing with decoupled time scales
 European Journal of Operations Research, 217, (2), pp. 248-258 (2012)

Alumur, Sibel, A.; Nickel, Stefan; Saldanha-Da-Gama, Francisco
Hub location under uncertainty
 Transportation Research Part B: Methodological, 46 (4), pp. 529-543 (2012)

Andrä, Heiko; Grzhibovskis, Richards; Rjasanow, Sergej
Boundary Element Method for Linear Elasticity with Conservative Body Forces
 In Th. Apel, O. Steinbach (Eds.): Advanced Finite Element Methods and Applications; Lecture Notes in Appl. Comp. Mechanics, vol. 66. Springer, Berlin, 2012, 275-297

Andrä, Heiko; Iliev, Oleg; Kabel, Matthias; Kirsch, Ralf; Lakdawala, Zahra; Dederling, Michael
CAE zur Simulation von Filterelementen
 NAFEMS Magazin 3/2012 Ausgabe 23 (2012), 64-71

Andrä, Heiko; Iliev, Oleg; Kabel, Matthias; Kirsch, Ralf; Lakdawala, Zahra
Models and methods for the simulation of filter elements
 Proceedings of the 11th World Filtration Congress (2012), ISBN 978-3-941655-05-8, G24-02

Andrä, Heiko; Kabel, Matthias; Staub, Sarah; Krzikalla, Fabian; Schulz, Volker
Numerische Homogenisierung für viskoelastische Faserverbundwerkstoffe
 NAFEMS, Online-Magazin, Nr. 1/2012, 21. Ausgabe, 61-69

- Arne, Walter; Marheineke, Nicole; Wegener, Raimund
Asymptotic Cosserat models for viscous jets in rotational spinning
Proc. Appl. Math. Mech., 12, 747-748 (2012)
- Arne, Walter; Marheineke, Nicole; Wegener, Raimund
Asymptotic models of different complexity for viscous jets and their applicability regimes.
Buchbeitrag zu Progress in Industrial Mathematics at ECMI 2010, Springer, 349-356 (2012)
- Augustin, Matthias; Freeden, Willi; Gerhards, Christian; Möhringer, Sandra; Ostermann, Isabel
Mathematische Methoden in der Geothermie
Mathematische Semesterberichte, 59 (1), 1-28 (2012)
- Banyamin, M.; Pfister, Gerhard; Steidel, Stefan
About the computation of the signature of surface singularities $z^N + g(x,y) = 0$
Central European Journal of Mathematics 10(1), 271-276, 2012
- Bare, Zoufene; Orlik, Julia
Asymptotics for thin elastic fibers in unilateral contact with a rigid foundation
PAMM, 2012, S. 449-450; DOI: 10.1002/pamm.201210213
- Bayrasy, P.; Burger, Michael; Dehning, C.; Kalmykov, I.; Speckert, Michael
Applications for MBS-FEM-coupling with MpCCI using automotive simulation as example
Proceedings of the 2nd Commercial Vehicle Technology Symposium (CVT 2012), pp: 375-384, März 2012
- Beier, H.; Vogel, Chr.; Haase, J.; Hunger, M.; Schmalz, E.; Sauer-Kunze, M.; Bergmann, L.; Lieberenz, K.; Fuchs, H.; Frijlink, J.J.; Schmidt, G.; Wiesmann, A.; Durst, M.; Best, W.; Burmeister, A.; Wiegmann, Andreas; Latz, Arnulf; Rief, Stefan; Steiner, Konrad
Vliesstoffe für technische Anwendungen
Vliesstoffe: Rohstoffe, Herstellung, Anwendung, Eigenschaften, Prüfung; DOI: 10.1002/9783527645862.ch14; WILEY-VCH Verlag, Weinheim 2012
- Berger, Martin; Schröder, Michael
Dezentrale Entscheidungsunterstützung in unternehmensübergreifenden Logistiknetzen – innovative und übertragbare Konzepte demonstriert am Beispiel der Luftfrachtlogistik
Praxishandbuch Logistik, Aktualisierungsauslieferung Nr. 48, 6.10.16 (2012)
- Berger, Martin; Webel, Christian; Hülsmann, Stephan; Schütte, Judith; Schreiber, Torsten; Teutsch, Joachim; Trops, Bernd
Allianz Digitaler Warenfluss – Luftfrachtlogistik im digitalen Zeitalter
Deine Bahn 3/2012, ISSN: 0948-7263, 35-41 (2012)
- Bischoff, Martin; Plociennik, Kai; Ewe, Hendrik; Schüle, Ingmar
Multi-Objective Planning of Large-Scale Photovoltaic Power Plants
Operations Research Proceedings 2012, Selected Papers of the International Conference on Operations Research (OR 2012)
- Bischoff, Martin; Schüle, Ingmar
Photovoltaik-Kraftwerke besser planen
BWK – Das Energie-Fachmagazin, ISSN: 1618-193X, 6, 22-24 (2012)
- Böhm, J.; Decker, W.; Laplagne, S.; Pfister, G.; Steenpaß, A.; Steidel, Stephan
Parallel Algorithms for Normalization
Journal of Symbolic Computation, 2012
- Brickenstein, Michael; Dreyer, Alexander
Gröbner-free normal forms for Boolean polynomial
Gröbner-free normal forms for Boolean polynomials, Journal of Symbolic Computation, Volume 48, January 2013, pp. 37-53, available online 4 May 2012
- Buck, Marco; Iliev, Oleg; Andrä, Heiko
Multiscale finite element coarse spaces for the analysis of linear elastic composites
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 212 (2012)
- Burger, Michael
Invariant Loading for full Vehicle Simulation
Progress in Industrial Mathematics at ECMI 2010, pp: 581-586, 2012
- Cardoso, Teresa; Oliveira, Mónica Duarte; Barbosa-Póvoa, Ana; Nickel, Stefan
Modeling the demand for long-term care services under uncertain information
Health Care Management Science, 15 (4), pp. 385-412 (2012)
- de Schryver, Christian; Schmidt, Daniel; Wehn, Norbert; Korn, Elke; Marxen, Henning; Kostiuk, Anton; Korn, Ralf
A Hardware Efficient Random Number Generator for Nonuniform Distributions with Arbitrary Precision
International Journal of Reconfigurable Computing 2012, Article ID 675130, 11 pages; doi:10.1155/2012/675130
- Cibis, Thomas; Marheineke, Nicole; Wegener, Raimund
On the modeling of slender heat sources
Proc. Appl. Math. Mech., 12, 581-582 (2012)
- Cioranescu, Doina; Damlamian, Alain; Orlik, Julia
Homogenization via unfolding in periodic elasticity with contact on closed and open cracks
Asymptotic Analysis, 2012
- Cornelius, S.; Traub, M.; Bernard, C.; Salzig, Christian; Lang, Patrick; Möhlmann, T.
Nucleoside transport across the plasma membrane mediated by equilibrative nucleoside transporter 3 (ENT3) influences metabolism of Arabidopsis seedlings
Plant Biology 14, No. 5 (2012), pp. 696-705
- Damm, Tobias; Stahl, Dominik
Linear least squares problems with additional constraints
Linear Algebra and its Applications, available online 25 September 2012
- Dillhöfer, Alexander; Rieder, Hans; Spies, Martin; Kreier, Peter
Einsatz der Phased-Array-Technik mit Matrix-Sensoren bei stark schallschwächenden Werkstoffen
DGZfP-Berichtsband BB-136-CD DACH-Jahrestagung 2012, DGZfP, Berlin, P4
- Dresky, C. v.; Georgii, J.; Jakobsson, S.; Scherrer, Alexander; Demedts, D.; Schumann, C.; Meier, S.; Preusser, T.
Efficient Computation of Optimal Treatment Plans for High Intensity Focused Ultrasound Therapy of Liver Tumors
Current and Future Applications of Focused Ultrasound 2012, 3rd International Symposium, Program and Abstract Book, P-137-LP, 171 (2012)
- Drezner, Zvi; Nickel, Stefan; Ziegler, Hans-Peter
Stochastic analysis of ordered median problems
Journal of the Operational Research Society, 63 (11), pp. 15778-1588 (2012)
- Efendiev, Y.; Iliev, Oleg; Kronsbein, Cornelia
Multi-level Monte Carlo methods using ensemble level mixed MsFEM for two-phase flow and transport simulations
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 217 (2012)
- Fallet, A.; Lhuissier, P.; Salvo, L.; Martin, C.L.; Wiegmann, Andreas; M. Kabel; Matthias
Multifunctional optimization of random hollow sphere stackings
Scripta Materialica, Volume 68, Issue 1, http://dx.doi.org/10.1016/j.scriptamat.2012.07.039
- Frei, Stefan; Andrä, Heiko; Pinnau, Rene; Tse; Oliver
An adjoint-based gradient-type algorithm for optimal fiber orientation in fiber-reinforced materials
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 223 (2012)
- Fütterer, Thorsten; Klar, Axel; Wegener, Raimund
An Energy Conserving Numerical Scheme for the Dynamics of Hyperelastic Rods

- International Journal of Differential Equations 2012, 718308:1-15, doi:10.1155/2012/718308 (2012)
- Godehardt, Michael; Krebs, Holger
Analyse der Porengrößenverteilung in einer μ CT-Aufnahme eines Sprengstoffes
Sprenginfo 34(2012)1
- Gornak, Tatiana; Guermond, J. L.; Iliev, Oleg; Minev, P. D.
A direction splitting approach for incompressible Brinkmann flow
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 216 (2012)
- Götz, Tobias; Neundorff, Alexander
Pre-Stack PRO: A High-Performance Seismic Data Processing Solution
C. Bischof, H.-G. Hegering, W. E. Nagel, G. Wittum (Eds.): Competence in High Performance Computing 2010, pp 39-49, Springer 2012, ISBN: 978-3-642-24024-9
- Grünewald, Daniel
BQCD with GPI – A case study
Proceedings of the 2012 International Conference on High Performance Computing & Simulation (HPCS12), Madrid (E), pp. 388-394
- Haase, Sabrina; Süß, Philipp; Schwientek, Jan; Teichert, Katrin; Preusser, Tobias
Radiofrequency ablation planning: An application of semi-infinite modelling techniques
European Journal of Operational Research 218, 856-864 (2012)
- Hack, M.; Hagedstedt, B.; Weyh, Thorsten
New developments for improved fatigue prediction of welded joints
Proceedings of the 2nd Commercial Vehicle Technology Symposium (CVT 2012), pp: 103-113, März 2012
- Hauser, Matthias; Salzig Christian
Hierarchical Model-order Reduction for Robust Design of Parameter-varying Systems
In: Synthesis, Modeling, Analysis and Simulation Methods and Applications to Circuit Design (SMACD), 2012, Proceedings of SMACD, pp.113-116, (2012)
- He, Yanyan; Hussaini, M. Yousuff; Ma, Jianwei; Shafei, Behrang; Steidl, Gabriele
A new fuzzy c-means method with total variation regularization for segmentation of images with noisy and incomplete data
Pattern Recognition, Volume 45, Issue 9, September 2012, Pages 3463-3471
- Heese, Christian; Breit, Wolfgang; Schuler, Frank; Niedziela, Dariusz; Latz, Arnulf
Simulation of the flow and form filling behavior of UHPC with fibers
fib Symposium Stockholm 2012, Concrete Structures for Sustainable Community, Proceedings (Bager, D. H.; Silfwerbrand, J. (Ed.)), Stockholm, 2012, S. 535-538
- Helmke, U.; Kurniawan, I.; Lang, Patrick; Schönlein, M.
Sensitivity optimal design of networks of identical linear systems
In: 20th International Symposium on Mathematical Theory of Networks and Systems, Melbourne, Australia, 2012
- Hietel, Dietmar; Batt, Till
»Nano«-Meltblown-Fasern: Technologieentwicklung durch Verknüpfung von Simulation und Experiment
27. Hofer Vliesstofftage, Hof (2012)
- Hietel, Dietmar; Mohring, Jan, Schnebele, Johannes; Wegener, Raimund; Woltz, Sebastian
Modelling, simulation and optimization of rotational glass wool process
Proc. International Glass Fiber Symposia, Aachen (2012)
- Hietel, Dietmar; Witschas, Michael
Detailed analysis of polyester spinning process: coupled model, simulation and comparison to experimental data
51st Dornbirn Man-made Fibers Congress, Dornbirn/Austria (2012)
- Horbenko, Nataliya
Robuste Ansätze für Operationelle Risiken von Banken.
Verlag Dr. Hut, ISBN 978-3-8439-0340-0
- Horsky, Roman
Barrier Option Pricing and CPPI-Optimization
Verlag Dr. Hut, ISBN: 978-3-8439-0615-9
- Hubel, S.; Dillhöfer, Alexander; Rieder, Hans; Spies, Martin; Bamberg, J.; Hessert, R.; Preikszas, C.
Basic Investigations to Establish an Ultrasonic Stress Evaluation Technique for Aero Engine Materials
DGZfP-Berichtsband BB-138-CD 4th International Symposium on NDT in Aerospace (2012), Th.1.B.3
- Hubel, S.; Dillhöfer, Alexander; Rieder, Hans; Spies, Martin; Bamberg, J.; Hessert, R.; Preikszas, C.
Grundlegende Untersuchungen zur Spannungsmessung mittels Ultraschall an Triebwerkswerkstoffen
DGZfP-Berichtsband BB-136-CD DACH-Jahrestagung 2012, DGZfP, Berlin, Di.1.B.2
- Iliev, Oleg; Lakdawala, Zahra; Starikovicius, Vadimas
On a numerical subgrid upscaling algorithm for Stokes-Brinkman equations
Journal of Computers and Mathematics with Applications, published online: dx.doi.org/10.1016/j.camwa.2012.05.011
- Iliev, Oleg; Latz, Arnulf; Zausch, Jochen; Zhang, Shiguan
An overview on the usage of some model reduction approaches for simulations of Li-ion transport in batteries
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 214 (2012)
- Iliev, Oleg; Printsypar, Galina; Rief, Stefan
On Mathematical Modeling and Simulation of the Pressing Section of a Paper Machine Including Dynamic Capillary Effects: One-Dimensional Model
Transport in porous media, Volume 92, Number 1, 41-59, DOI: 10.1007/s11242-011-9890-y (2012)
- Iliev, Oleg; Printsypar, Galina; Rief, Stefan;
A two-dimensional model of the pressing section of a paper machine including dynamic capillary effects
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 211 2012
- Iliev, Oleg; Steiner, Konrad; Zemitis, Aivars; Gornak, Tatiana
CoPool: Merhdimensionales Containment Pool-Modell. Entwicklung eines COCOSYS-Moduls zur orts aufgelösten Simulation großer Wasservorlagen
Reaktorsicherheitsforschung: Vorhaben Nr.: 1501369, November 2012
- Ito, Takehiro; Nishizeki, Takao; Schröder, Michael; Uno, Takeaki; Zhou, Xiao
Partitioning a Weighted Tree into Subtrees with Weights in a Given Range
Algorithmica, 62, 823-841 (2012)
- Klar, Axel; Maringer, Johannes; Wegener, Raimund
A 3d Model for fiber lay-down in nonwoven production processes
Mathematical Models and Methods in Applied Sciences, 22(9), 1250020:1-18 (2012)
- Klar, Axel; Maringer, Johannes; Wegener, Raimund
A smooth 3d model for fiber lay-down in nonwoven production processes
Kinetic and Related Models, 5(1), 97-112 (2012)
- Kleer, Michael; Hermanns, Oliver; Müller, S.
Konzeption eines Fahrsimulators für die Nutzfahrzeugindustrie auf Basis eines Industrieroboters
Proceedings of the 2nd Commercial Vehicle Technology Symposium (CVT 2012), pp: 49-58, März 2012
- Kleer, Michael; Hermanns, Oliver; Müller, S.; Dreßler, Klaus
Driving simulations for commercial vehicles – A technical overview of a robot based approach
Proceedings of the driving simulation conference europe 2012, pp: 223-232, September 2012

- Klempert, Oliver; Schüle, Ingmar; Ewe, Hendrik; Plociennik, Kai
Effiziente Parks mit wenigen Mausclicks
Sonne, Wind & Wärme 17/18, 92, ISSN: 1861-2741 H 2607 (2012)
- Knaf, Hagen
Technologiekompas: Quantitativer Vergleich von Technologieentwicklungen
In: H.-J. Bullinger, Fokus Technologiemarkt, Carl Hanser Verlag, München 2012
- Kobert, Maria; Kuhnert, Jörg; Klar, Axel
Application of the Finite Point-set Method (FPM) to the kinetic BGK model
Proc. Appl. Math. Mech., 12, 657-658 (2012)
- Korn, Ralf; Menkens, Olaf; Steffensen, Mogens
Worst-case-optimal dynamic reinsurance for large claims
European Actuarial Journal 2 (1), 21-48 (2012)
- Kübler, Bernhard
Heterogenität in Kreditportfolien: Gilt $A=A$?
die bank 5, pp. 59-61 (2012)
- Kübler, Bernhard
Pro & Contra Unternehmensbewertung
BANKMAGAZIN 7, pp. 24-26 (2012)
- Kübler, Bernhard
Statistische Aspekte der Risikotragfähigkeit
Zeitschrift für das gesamte Kreditwesen 6, pp. 32-34 (2012)
- Kühn, Martin
Parallelization of an Edge- and Coherence-Enhancing Anisotropic Diffusion Filter with a Distributed Memory Approach Based on GPI
C. Bischof, H.-G. Hegering, W. E. Nagel, G. Wittum (Eds.): Competence in High Performance Computing 2010, pp 99-110, Springer 2012, ISBN: 978-3-642-24024-9
- Kulshreshtha, Kshitij; Marburger, Jan
Computing derivatives in a meshless simulation using permutations in ADOL-C
Buchbeitrag zu Recent Advances in Algorithmic Differentiation, Lecture Notes in Computational Science and Engineering 87, Springer, 321-331 (2012)
- Leithäuser, Christian; Feßler, Robert
Characterizing the image space of a shape-dependent operator for a potential flow problem
Applied Mathematics Letters, 25(11), 1959-1963 (2012)
- Leithäuser, Christian; Feßler, Robert; Pinnau, Rene
Shape optimization with state constraints
Proc. Appl. Math. Mech., 12, 685-686 (2012)
- Leithäuser, Neele
Berechneter Glanz – edle Steine, große Mathematik
Die Rheinpfalz, Nr. 256, 13 (2012)
- Leithäuser, Neele; Krumke, Sven O.; Merkert, Maximilian
Approximating Infeasible 2VPI-Systems
Graph-Theoretic Concepts in Computer Science, 7551/2012, 225-236, ISBN: 978-3-642-34611-8 (2012).
- Leithäuser, Neele; Schüle, Ingmar; Krumke, Sven
Optimierte Abstimmung der Umsteigebeziehungen im ungetakteten ÖPNV unter Berücksichtigung der Umlaufplanung
Tagungsband der Multikonferenz der Wirtschaftsinformatik 2012, 263-274, Braunschweig (2012)
- Lemke, Tatjana; Godsill, Simon J.
Linear Gaussian computations for near-exact Bayesian Monte Carlo inference in skewed alpha-stable time series models
The IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Kyoto, pp.3737-3740 (2012)
- Less, Greg; Seo, Jung Hwan; Han, S.; Sastry, Ann Marie.; Zausch, Jochen; Latz, Arnulf; Schmidt, Sebastian; Wieser, Christian; Kehrwald, Dirk; Fell, Stefan
Micro-Scale Modeling of Li-Ion Batteries: Parameterization and Validation
Journal of The Electrochemical Society, vol. 159, no. 6, p. A697, 2012
- Linn, Joachim; Lang, Holger; Tuganov, A.
Geometrically exact Cosserat rods with Kelvin-Voigt type viscous damping
Proceedings of the IMSD 2012: The 2nd Joint International Conference on Multibody System Dynamics, Mai 2012
- Lorenz, Maïke; Marheineke, Nicole; Wegener, Raimund
On an asymptotic upper-convected Maxwell model for a visco-elastic jet
Proc. Appl. Math. Mech., 12, 601-602 (2012)
- Machado, Rui
Parallel Local Search: Experiments with a PGAS-based Programming Model
12th International Colloquium on Implementation of Constraint and Logic Programming Systems, Budapest, Hungary, September 2012
- Manthey, Bodo; Plociennik Kai
Approximating Independent Set in Perturbed Graphs
Discrete Applied Mathematics, online dx.doi.org/10.1016/j.dam.2012.06.008 (2012)
- Marheineke, Nicole; Liljo, Jalo; Mohring, Jan; Schnebele, Johannes; Wegener, Raimund
Multiphysics and multimethods problem of rotational glass fiber melt-spinning
International Journal of Numerical Analysis and Modeling, Series B, 3(3), 330-344 (2012)
- Marheineke, Nicole; Wegener, Raimund
Stochastic PDAE-model and associated Monte-Carlo simulations for elastic threads in turbulent flows
Buchbeitrag zu Progress in Industrial Mathematics at ECMI 2010, Springer, 238-246 (2012)
- Maringer, Johannes; Klar, Axel; Stilgenbauer, Patrik; Wegener, Raimund
A smooth 3D model for fiber lay-down processes
Proc. Appl. Math. Mech., 12, 609-610 (2012)
- Mark, Andreas; Berce, Anton; Sandboge, Robert; Edelvik, Frederik; Glatt, Erik; Rief, Stefan; Wiegmann, Andreas; Fredlund, Mats; Amini, Junis; Rentzhog, Maria; Lai, Ron; Martinsson, Lars; Nyman, Ulf; Tryding, Johan
Multi-Scale Simulation of Paperboard Edge Wicking Using a Fiber-Resolving Virtual Paper Model
TAPPI JOURNAL, Vol. 11 No. 6, Juni 2012
- Melo, Maria Teresa; Nickel, Stefan; Saldanha-Da-Gama, Francisco
A tabu search heuristic for redesigning a multi-echelon supply chain network over a planning horizon
International Journal of Production Economics, 136 (1), pp. 218-230 (2012)
- Müller, Lilli; Bitsch, Gerd
Simulationsgestütztes Monitoring der Betriebsbeanspruchung
VDI-Berichte 2169, 16. Kongress SimVec – Berechnung, Simulation und Erprobung im Fahrzeugbau 2012, November 2012
- Müller, Lilli; Bitsch, Gerd; Schindler, C.
Online Condition Monitoring based on Real-Time Multibody System Simulation
Proceedings of the 2nd Commercial Vehicle Technology Symposium (CVT 2012), pp: 461-468, März 2012
- Nickel, Stefan; Saldanha-Da-Gama, Francisco; Ziegler, Hans-Peter
A multi-stage stochastic supply network design problem with financial decisions and risk management
Omega, 40 (5), pp. 511-524 (2012)
- Nickel, Stefan; Schröder, Michael; Steeg, Jörg
Mid-term and short-term planning for home health care services
European Journal of Operations Research, 219 (3), pp. 574-587 (2012)
- Nowak, Dimitri; Küfer Karl-Heinz
Solving uniform coverage problems in industrial production with Abel Inversion

- Proceedings of the 3rd International Conference of Engineering Optimization – EngOpt 2012 (2012)
- Obermayr, Martin; Dressler, Klaus; Vrettos, C.; Eberhard, P.
A bonded-particle model for cemented sand
Computers and Geotechnics, 2012
- Obermayr, Martin; Elbel, G.
Simulation of the Soil-Tool Interaction for Hydraulic Excavators
Proceedings of the 2nd Commercial Vehicle Technology Symposium (CVT 2012), pp: 275-285, März 2012
- Ohser, Joachim; Ferrero, Claudio; Wirjadi, Oliver; Kuznetsova, Alina; Düll, Jochen; Rack, Alexander
Estimation of the probability of finite percolation in porous microstructures from tomographic images
Int. J. Materials Research, Vol. 103, No. 2, pp. 184-191, 2012
- Orth, Thomas; Schmitte, Till; Spies, Martin; Rieder, Hans; Kersting, Thomas
Simulation und Validierung eines optimierten Phased-Array-Verfahrens zur Querfehlerprüfung von SAWL-Schweißnähten in ferritischen Rohren
DGZfP-Berichtsband BB-136-CD DACH-Jahrestagung 2012, DGZfP, Berlin, Mi.2.B.1
- Oster, Sebastian; Kohlmeyer, Christian; Shklyar, Inga; Andrä, Heiko
Adhesive Joints for Structural Elements of High Performance Concrete (HPC)
In H. S. Müller, M. Haist (Hrsg.): Proc. of the 9th fib International PhD Symposium in Civil Engineering, Karlsruhe, Germany, 22.-25. Juli, 2012, KIT Scientific Publishing, S. 335-340
- Paquet, Luc; El Cheikh, Raouf; Locheignies, D.; Siedow, Norbert
Radiative Heating of a Glass Plate
MathematicS in Action. Vol. 5 (2012), p. 1-30
- Prill, Torben; Schladitz, Katja
Simulation of FIB-SEM images for analysis of porous microstructures
Scanning. doi: 10.1002/sca.21047
- Printsypar, Galina; Ciegis, Raimondas
On convergence of a discrete problem describing transport processes in the pressing section of a paper machine including dynamic capillary effects: one-dimensional case
J. Comp. Appl. Math. 236(14): 3409-3425 (2012)
- Ralf Korn, Serkan Zeytun
Efficient basket Monte Carlo option pricing via a simple analytical approximation
Journal of Computational and Applied Mathematics, 243 (1), 48-59, dx.doi.org/10.1016/j.cam.2012.10.035
- Rauhut, Markus; Spies, Martin; Taeubner, Kai
Auslegung und Performance von berührungslosen Verfahren zur Inline-Oberflächeninspektion
DGZfP-Berichtsband BB-136-CD DACH-Jahrestagung 2012, DGZfP, Berlin, Mi.3.B.2
- Redenbach, Claudia; Rack, Alexander; Schladitz, Katja; Wirjadi, Oliver; Godehardt, Michael
Beyond imaging: on the quantitative analysis of tomographic volume data
Int. J. Materials Research, Vol. 103, No. 2, pp. 217-227, 2012
- Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander; Spies, Martin
ZfP in der maritimen Industrie – zwischen Ökonomie, Human Factor und Ökologie
DGZfP-Berichtsband BB-136-CD DACH-Jahrestagung 2012, DGZfP, Berlin, P58
- Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander; Spies, Martin; Rieder, Isabell; Holstein, Ralf
Präsentation von E-Learning Modulen für den Kursus UT1 der DGZfP
DGZfP-Berichtsband BB-136-CD DACH-Jahrestagung 2012, DGZfP, Berlin, P3
- Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander; Spies, Martin; Rieder, Isabell; Holstein, Ralf
Umsetzung eines Blended Learning Konzepts für die ZfP am Beispiel eines Ultraschallkurses
- DGZfP-Berichtsband BB-136-CD DACH-Jahrestagung 2012, DGZfP, Berlin, Mo.2.C.3
- Rückdeschel, Peter; Spangl, Bernhard; Pupashenko, Daria
Robust Kalman tracking and smoothing with propagating and non-propagating outliers
Statistical Papers, Special Issue on Robust Methods 2012. DOI: 10.1007/s00362-012-0496-4
- Salzig Christian; Hauser, Matthias; Venturi, Alberto
Using sensitivities for symbolic analysis and model order reduction of systems with parameter variation
In: Progress in Industrial Mathematics at ECMI 2010, 187-193, Springer Berlin Heidelberg (2012)
- Sayer, Tilman
Valuation of American-style derivatives within the stochastic volatility model of Heston
Verlag Dr. Hut, ISBN 978-3-8439-0462-9
- Schmidt, Kilian; Becker, Jürgen
Generating Validated 3D Models of Microporous Ceramics
Advanced Engineering Materials 2012, DOI: 10.1002/adem.201200097; WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim 2012
- Schmidt, Sebastian; Latz, Arnulf
Numerical simulation of traveling wave-induced electroconvection
Microfluidics and Nanofluidics, vol. 13, no. 3, pp. 421-428, March 2012
- Schmitte, Till; Orth, Thomas; Spies, Martin; Kersting, Thomas
Schallfelder von Phased-Array Prüfköpfen: Vergleich von photoelastischen Messungen und Simulationen
DGZfP-Berichtsband BB-136-CD DACH-Jahrestagung 2012, DGZfP, Berlin, Di.2.A.1
- Schmitz, A. V.; Mutlu, Y.S.; Glatt, Erik; Klein, St.; Nestler, B.
Flow simulation through porous ceramics used as a throttle in an implantable infusion pump
Biomed Tech 2012; 57 (Suppl. 1); DOI 10.1515/bmt-2012-4408; Walter de Gruyter, Berlin – Boston 2012
- Schnebele, Johannes; Hietel, Dietmar; Mohring, Jan; Wegener, Raimund
Coupled dynamics of melt, fibres and air with application to rotational glass wool process
Proc. Nonwovens Research Academy, Göteborg/Sweden (2012)
- Schulze, M.; Dietz, S.; Tuganov, Lang, Holger; Linn, Joachim
Integration of nonlinear models of flexible body deformation in Multibody System Dynamics
Proceedings of the IMSD 2012: 2nd Joint Internat. Conference on Multibody System Dynamics, 05.2012
- Shafei, Behrang; Steidl, Gabriele
Segmentation of images with separating layers by fuzzy c-means and convex optimization
Journal of Visual Communication and Image Representation, Volume 23, Issue 4, May 2012, p. 611-621
- Spies, Martin; Dillhöfer, Alexander; Rieder, Hans; Dobrovolskij, Dascha
Real-time 3d-Simulation tool for ultrasonic transducers used in aeroengine component inspections
DGZfP-Berichtsband BB-138-CD 4th International Symposium on NDT in Aerospace (2012), We.2.A.2
- Spies, Martin; Jablonski, Andreas; Rauhut, Markus; Rieder, Hans
Erweiterte Modelle für die ZfP zur Ermittlung der Auffindwahrscheinlichkeit (POD) von Oberflächen- und Volumenfehlern
DGZfP-Berichtsband BB-136-CD DACH-Jahrestagung 2012, DGZfP, Berlin, P38
- Spies, Martin; Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander
Modell-basierte Bestimmung der Auffindwahrscheinlichkeit (POD) von Volumenfehlern in schwerprüfbaeren Bauteilen
DGZfP-Berichtsband BB-136-CD DACH-Jahrestagung 2012, DGZfP, Berlin, Mi.3.B.1
- Spies, Martin; Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander; Schmitz, Volker; Müller, Wolfgang
Synthetic Aperture Focusing and Time-of-Flight Diffraction Ultrasonic Imaging – Past and Present

- Journal of Nondestructive Evaluation, Volume 31, Issue 4 (2012), 310-323
- Spies, Martin; Rieder, Hans; Orth, Thomas; Maack, Stefan
Simulation of Ultrasonic Arrays For Industrial and Civil Engineering Applications Including Validation
Review of Progress in Quantitative NDE 2011, Vol. 31, AIP Conference Proceedings 1430, 841-848 (2012)
- Stahl, Dominik; Damm, Tobias
Approximation of scattered data using the lifting scheme PAMM, 2012
- Staub, Sarah; Andrä, Heiko; Kabel, Mathias; Zangmeister, Tobias
Multi-scale simulation of viscoelastic fiber-reinforced composites
Technische Mechanik, 32, 1 (2012), 70-83
- Stöbl, Rainer; Wirjadi, Oliver; Godehardt, Michael; Schlachter, Anna-Lena; Liebscher, Andre
Analysis of inner fracture surfaces in CFRP based on μ -CT image data
Proc. iCT2012 - Conference on Industrial Computed Tomography, Wels, Österreich, September 2012
- Taffe, Alexander; Spies, Martin; Recknagel, Jörg
Schulung zur zuverlässigen Ortung von Bewehrung in Stahlbetonbauteilen von Kraftwerken
DGZfP-Berichtsband BB 134-CD DGZfP Fachtagung Bauwerksdiagnose (2012), V04
- Taralov, Maxim; Taralova, Vasilena; Popov, P.; Iliev, Oleg; Latz, Arnulf; Zausch, Jochen
Report on Finite Element Simulations of Electrochemical Processes in Li-ion Batteries with Thermic Effects
Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 221 (2012)
- Thieke, Christian; Suess, Philipp; Grebe, Tabea; Serna Hernandez, Jorge Ivan; Scherrer Alexander; Bortz, Michael; Rhein, Bernhard; Nicolay, Nils; Debus, Jürgen
A New Planning Tool For Fast Online Dose Optimization of IMRT Plans
- International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics Vol. 84, Issue 3, 785-786 (2012)
- Trinkaus, Hans L.
Entscheidungsunterstützung im Management mehrkriterieller dynamischer Prozesse
In: ADiWa. Allianz digitaler Warenflusses
- Trinkaus, Hans L.
Methoden-Cockpit. Intuitives Management dynamischer Innovationsprozesse
In: H.-J. Bullinger, Fokus Technologie-markt, Carl Hanser Verlag, München 2012
- Tse, Oliver; Pinnau, Rene; Siedow, Norbert
Identification of temperature-dependent parameters in laser-interstitial thermo therapy
Mathematical Models and Methods in Applied Science, 22(9), 1250019: 1-29 (2012)
- Vabishchevich, Peter; Iliev, Oleg
Numerical solution of unsteady problems for Nernst-Planck system of equations
(J) Mathematical modeling, vol.24. No.10, 2012
- Vecchio, Irene; Schladitz, Katja; Godehardt, Michael; Heneka, Markus
3D geometric characterization of particles applied to technical cleanliness
Image Analysis & Stereology, v.31, n.3, p.163-174, 2012
- Wächtler, Timo; Kuhnert, Jörg; Attarakih, Menwer; Klar, Axel
Counting droplets: A solver for the droplet population balance equation
Proc. Appl. Math. Mech., 12, 757-758 (2012)
- Wagner, Andreas
Residual Demand Modeling and Application to Electricity Pricing
Berichte des Fraunhofer ITWM, 213 (2012)
- Wagner, Andreas; Oktoviany, Prilly
Handelsstrategien am deutschen Minutenreservemarkt
Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 12 (2012)
- Weber, Dietmar; Obermayr, Martin; Bäcker, Manfred
Deformierbarer Boden in MKS-Reifensimulationen
Tagungsband der 70. Internationale Tagung LAND.technik 2012, November 2012
- Weibel, Thomas; Daul, Christian; Wolf, Didier; Rösch, Ronald
Contrast-enhancing seam detection and blending using graph cuts
21st International Conference on Pattern Recognition (ICPR), pages 2732-2735, 2012
- Weibel, Thomas; Daul, Christian; Wolf, Didier; Rösch, Ronald; Guillemin, Francois
Graph based construction of textured large field of view mosaics for bladder cancer diagnosis
Pattern Recognition, Vol. 45, Issue 12. Pages 4138-4160, December 2012
- Weigel, N.; Sing, V.; Bitsch, Gerd; Streit, Anja; Dreßler, Klaus; Grieshofer, O.; Kaltenbrunner, M.
Ableitung von Konzepten und Lastdaten für vereinfachte Betriebsfestigkeitserprobungen mittels Mehrkörpersimulation
Proceedings of the 2nd Commercial Vehicle Technology Symposium (CVT 2012), pp: 114-125, März 2012
- Weisedel, Clarisse; Tuganov, A.; Hermansson, T.; Linn, Joachim; Max, W.
Construction of discrete shell models by geometric finite differences
Proceedings of the IMSD 2012: 2nd Joint International Conference on Multibody System Dynamics, 2012
- Zamel, Nada; Becker, Jürgen; Wiegmann, Andreas
Estimating the thermal conductivity and diffusion coefficient of the microporous layer of polymer electrolyte membrane fuel cells
Journal of Power Sources, 207, pp. 70-80 (2012)
- Zemerli, Clement; Latz, Arnulf; Andrä, Heiko
Constitutive models for static granular systems and focus to the Jiang-Liu hyperelastic law
- Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 215 (2012)
- Zwick, Susanne; Feßler, Robert; Jegorov, Jevgenij; Notni, Gunther
Resolution limitations for tailored picture-generating freeform surfaces
Optics Express, 20, 3642-3653 (2012)
- Zwick, Susanne; Feßler, Robert; Jegorov, Jevgenij; Notni, Gunther
Wave-optical formation of the intensity distribution and diffraction limit of picture-generating freeform surfaces
Proc. of SPIE, 8429, 1-7 (2012)

Alsfasser, Lucas
Wahl von Optimierungsverfahren zur Kalibrierung eines Heston-Modells nach Prinzipien der Versuchsplanung
 Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Arne, Walter
Viskose Jets in rotatorischen Spinnprozessen
 Dissertation, Universität Kassel, FB Mathematik und Naturwissenschaften

Beck, Anastasia
Das KMV-Modell als Erweiterung der Firmenwertmodells von Merton
 Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Becker, Urs
Efficient time integration and nonlinear model reduction for incompressible hyperelastic materials
 Dissertation, TU Kaiserslautern

Biedert, Tim
FPM Postprocessing: Real-Time Ray Tracing of Point Set Surfaces in OptiX
 Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Informatik

Blauth, Marco
Detektion und Klassifikation von Verkehrszeichen
 Bachelorarbeit, FH Kaiserslautern, FB Angewandte Ingenieurwissenschaften

Bossong, Heiko
Charakterisierung und Simulation des nichtlinearen Verhaltens eingebetteter piezoelektrischer Keramiken
 Dissertation, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Cavar, Katarina
Wahl von Optimierungsverfahren zur Kalibrierung eines SABR-Modells nach Prinzipien der Versuchsplanung
 Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Filipyeva, Yauheniya
Arbitrage-free Interpolation of Volatility Surfaces
 Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Grimm, Stefanie
Aktienpreismodellierung im Hidden Markov Modell
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Grün, Sarah
Das Firmenwertmodell von Black und Cox
 Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Günster, Laura
Operational and Tactical Models and Algorithms for Optimisation of Patient Transport in Hospitals
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Günster, Lucienne
Models and Algorithms for Customer-Oriented Dynamic Schedule Synchronization in Regional Public Transport Networks
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Harutyunyan, Mané
Mathematical Modeling and Numerical Simulation of Fiber-Reinforced Materials
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern

Horsky, Roman
Barrier Option Pricing and CPPI-Optimization
 Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Keth, Sandra
Models and Methods for the Compliance with Deadlines in Production Plans by Accelerating Tasks
 Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Klein, Christian
Die Modellierung von Prozessen der Sensortechnik in innovativen Pflegedienstleistungen
 Bachelorarbeit, FH Kaiserslautern, Standort Zweibrücken

Klug, Alena
Path Planning and Table Pattern Design in Photovoltaic Power Stations
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Koch, Johannes
Vergleich und Analyse verschiedener Konzepte zur modellbasierten prädiktiven Regelung eines Haushaltskühlschranks
 Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Kochendörfer, Alexandra
Maximizing the Asymptotic Growth Rate under Fixed and Proportional Transaction Costs in a Financial Market with Jumps
 Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Kontak, Max
Indikatoren für die Gleichmäßigkeit gitterbasierter Daten – Entwicklung und Vergleich von Methoden zur Bewertung von Vliesstoffen
 Bachelorarbeit, Universität Siegen, Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät, Department Mathematik

Kovtaniuk, Aleksandra
Adaptive Iterative Sequence Realization of IMRT plans
 Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Koyoeu, Judith
Robust Regression in Generalized Linear Models
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Krengel, Annette
A Modified Particle Filter with Adaptive Stepsize for Continuous-Time Models with Measurement Time Uncertainties
 Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Kronenberger, Markus
Lokale Krümmungen aus Voxel-daten
 Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Informatik

Kronsbein, Cornelia
On selected efficient numerical methods for multiscale problems with stochastic coefficients
 Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Krüger, Jens
Green Wave: A Semi-Custom Architecture for Reverse Time Migration
 Dissertation, Universität Heidelberg, ZITI Department of Computer Engineering

Kruglova, Ekatarina
A lumped parameter model for the numerical solution of the pressure distribution in hydro-bushings
 Masterarbeit, TU Kaiserslautern

Leichner, A.
Parameteridentifikation am Beispiel von analytischen Reifenmodellen
 Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern

Leithäuser, Neele
Algorithms and Complexity of Timetable Synchronization and Vehicle Scheduling Problems in an Integrated Approach
 Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Linn, Dominik
Simulation und Analyse der durch Rotationssprühen erzeugten Tropfenbahnen und Flächenverteilung
 Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Lörwald, Bernd
Sortieren seismischer Daten in der Fraunhofer Entwicklungs- und Ausführungsumgebung GPI-Space
 Bachelorarbeit, DHBW Mannheim, Angewandte Informatik

Ludwig, C.
Untersuchung von diskreten Weingarten-Abbildungen auf triangulierten Flächen
 Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern

Marky, Karola
Algorithmische Prozessanalyse von Spunbondprozessen
Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Informatik

Massini, Eugen
A small comparison of variable selection methods on linear regression models
Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Meyer, Maximilian
Numerische Simulation interagierender Filamente
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Moll, Lilli
Optimal Placement Strategies for Block Planning in Photovoltaic Plants
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Müller, Lilli
Mehrkörpermodell-basiertes Online Monitoring der Betriebsbeanspruchung am Beispiel eines Nutzfahrzeug-Demonstrators
Dissertation, TU Kaiserslautern

Müller, Yvonne
Adjusting Overload Capacity in Production Planning
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Obermaier, Harald
Feature based visualization of gridless vector fields
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Informatik

Pfeiffer, Laura
Modellierung, Simulation und Optimierung der Filamentverteilung und der Prozessparameter beim Rotationsspinnen
Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Pfeiffer, Nicole
Optimization of Decomposed Intralogistics Processes at Air Cargo Transshipment Centers
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Pfirsching, Marion
Die Methode von Vladimir Olikier, Theorie und Implementierung
Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Plucik, Michael
A Study on the Efficiency of Direct and Iterative Solvers for Finite Element and Finite Volume Grids via Grid Adaption, Parallelization and Preconditioning and its Application to Press Nips of Paper Machines
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Printsypar, Galina
Mathematical Modeling and Simulation of Two-Phase Flow in Porous Media with Application to the Pressing Section of a Paper Machine
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Rauscher, Sonja
Anisotrope Punktprozesse
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Sayer, Tilman
Valuation of American-style derivatives within the stochastic volatility model of Heston
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Schlachter, Anna-Lena
Segmentierung und statistische Analyse des Wandsystems in Schäumen
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Schmidtman, Birte
Transfer of therapeutic agents, coupling free flow area and porous media
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Schneider, Linda-Sophia
Das Black-Litterman-Modell
Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Schöttle, Florian
Numerische Homogenisierung der elastischen Eigenschaften faserverstärkter Polymerwerkstoffe
Bachelorarbeit, KIT, Fakultät Maschinenbau,

Schüle, Laura
Das Erwartungswert-Varianz-Modell, CAPM und die Efficient Frontier
Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Schwarz, Gaby
Automatische bildanalytische Zellrekonstruktion für PMI-Hartschäume
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Schwientek, Jan
Modellierung und Lösung parametrischer Packungsprobleme mittels semi-infiniter Optimierung
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Stech, Frederik
Bilderkennung und Klassifizierung von Hirntumorzellen anhand medizinischer Daten
Diplomarbeit, FH Kaiserslautern, FB Angewandte Ingenieurwissenschaften

Steidel, Stephan
Parallel modular computation in commutative algebra
Dissertation, TU Kaiserslautern

Stephani, Henrike
Automatic Segmentation and Clustering of Spectral Terahertz Data
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik und Johannes-Kepler-Universität Linz, FB Mathematik

Tabatschnik, Igor
Analyse und Modellierung von Prozessen als Bestandteil eines Geschäftsmodells für Pflegedienstleistungen
Bachelorarbeit, FH Kaiserslautern, Standort Zweibrücken

Theresa Friedrich
Modellierung und Simulation von Filament-Spinnprozessen und Optimierung der Düsenanordnung
Bachelorarbeit, Universität Kassel, FB Mathematik und Naturwissenschaften

Weischedel, Clarisse
A discrete geometric view on shear-deformable shell models
Dissertation, Universität Göttingen

Welke, Richard
Mehrkriterielle Optimierung chemischer Prozesse
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Zeiler, Berta
Elliott's Filter-Algorithm For Hidden Markov Models With Correlated Observations
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Zemerli, Clement
Continuum mechanical modeling of granular systems
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Maschinenbau und Verfahrenstechnik

Zwiesler, Julia
Modellierung, Simulation und Optimierung der Fadenkreuzungsstruktur bei einem Rotationskopf
Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

MESSE- UND KONFERENZTEILNAHMEN

- ACHEMA 2012**
Frankfurt, Juni, Aussteller, Vortrag, Poster
- Advanced Automotive Battery Conference Europe**
Mainz, Juni, Vortrag
- AFS Annual Conference**
Boca Raton (USA), Juni, Aussteller, Vortrag
- 54th Annual Meeting of the American Society for Radiation Oncology ASTRO 2012**
Boston (USA), Oktober, Poster
- 63rd Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry**
Prag (CZ), August, Vortrag, Poster
- APMOD Conference**
Paderborn, März, Vortrag
- Beyond Basic Science – Mathematics Today**
Białka Tatrzańska (PL), Januar, Vortrag
- 48. Bildverarbeitungsforum »Bildgewinnung und -verarbeitung quer durch das elektromagnetische Spektrum«**
Heidelberg, März
- 49. Bildverarbeitungsforum »Kameranetzwerke«**
Langmeil, Juli
- 50. Bildverarbeitungsforum »Pantareis – Bildanalyse von Strömung, Bewegung und Ereignissen«**
Karlsruhe, Oktober
- 6. Biotech-Tag: Biotechnologie-Schlüssel für Chemie, Medizin, Pharma**
Bingen, April, Aussteller, Vortrag
- CCG – Tyre Models in Vehicle Dynamics: Theory and Application**
Wien (A), September
- CeBit**
Hannover, März, Aussteller
- CellMat 2012**
Dresden, November, Vortrag
- CFE-ERCIM 2012**
Oviedo (E), Dezember, Vortrag
- Challenge-Workshop »Modeling, Simulation and Optimisation Tools« 2012**
Berlin, September, Vortrag
- 2nd Commercial Vehicle Technology Symposium**
Kaiserslautern, März, Aussteller, Vortrag
- Composites Europe 2012**
Düsseldorf, Oktober, Aussteller
- Computational Stochastics Workshop**
Annweiler, März, Vortrag
- Conference in Energy Finance at WPI**
Wien (A), September
- Control 2012**
Stuttgart, Mai, Aussteller
- CVC-Jahrestagung**
Zweibrücken, November, Aussteller
- DAA-Akademietag**
Köln, November, Vortrag
- DACH-Tagung 2012**
Graz (A), September, Vortrag, Poster
- Dagstuhl Seminar "Learning in Multiobjective Optimization"**
Wadern, Januar
- Das Virtuelle Nutzfahrzeug**
Mannheim, November
- Deutschsprachige NAFEMS Konferenz**
Bamberg, Mai
- DGZfP Fachtagung Bauwerksdiagnose**
Berlin, Februar, Vortrag
- DMV-Tagung**
Saarbrücken, September, Aussteller, Vortrag
- DSGV-Fachtagung Risikokontrolling**
Berlin, Dezember, Vortrag
- DVM-Tagung: Werkstoffe und Fügeverfahren – Neue Herausforderungen für die Betriebsfestigkeit**
Paderborn, Oktober, Aussteller
- EAGE 2012**
Kopenhagen (DK), Juni, Aussteller
- ECCS'12**
Brüssel (B), September
- 8th International Conference on Mathematical Methods for Curves and Surfaces**
Oslo (N), Juni, Vortrag
- Embedded World 2012 Conference**
Nürnberg, Februar
- Energy Finance Conference 2012**
Trondheim (N), Oktober, Vortrag
- EU PVSEC – PV Solar Energy Conference and Exhibition**
Frankfurt, September
- European Actuarial Journal Conference**
Lausanne (CH), September, Vortrag
- 25th European Conference on Operational Research**
Vilnius (LT), Juli, Vortrag
- 8th European Solid Mechanics Conference**
Graz (A), Juli, Vortrag
- FaRis und DAV-Symposium**
Köln, Mai, Vortrag
- f-cell/battery+storage**
Stuttgart, Oktober, Aussteller, Vortrag
- Firmenkontaktmesse »Treffpunkt«**
Kaiserslautern, Mai, Aussteller, Vortrag
- Fraunhofer Vision-Technologie-tag 2012**
Jena, Oktober, Vortrag
- GAMM-Jahrestagung**
Darmstadt, März, Vortrag
- 11th GAMM-Seminar on Microstructures**
Essen, Januar, Vortrag, Poster
- 10th German Probability and Statistics Days**
Mainz, März, Vortrag
- Hannover-Messe**
Hannover, April, Aussteller
- Hofer Vliesstofftage**
Hof, November, Aussteller, Vortrag
- HPCS 2012**
Madrid (E), Juli, Vortrag
- IAA Nutzfahrzeuge**
Hannover, September, Aussteller
- 12th IAEE European Energy Conference**
Venedig (I), September, Vortrag
- IAM-Conference**
Ankara (TR), Oktober, Vortrag
- IASS International Workshop „Renewable Energy Perspectives in Latin America in the international context“**
Potsdam, Oktober, Vortrag
- IdeenPark 2012**
Essen, August, Aussteller
- Industriearbeitskreis Ressourceneffizienz in der NFZ-Branche**
Kaiserslautern, September
- Informatikertag der Hochschule Mittweida**
Mittweida, Oktober, Vortrag
- Infotag: EU-Förderungen für Forschung und Innovation**
Kaiserslautern, Oktober
- InnoMateria**
Köln, Mai, Aussteller
- Innovation 2012**
München, Oktober, Aussteller
- International Annual Conference of the German OR Society 2012**
Hannover, September, Vortrag
- 3rd International Conference of Engineering Optimization EngOpt 2012**
Rio de Janeiro (BR), Juli, Vortrag
- International Conference on 3D Materials Science 2012**
Seven Spring (USA), Juli, Vortrag
- International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing**
Kyoto (J), März, Poster
- 21st International Conference on Pattern Recognition 2012 (ICPR)**
Tsukuba (J), November, Vortrag

13th International Conference on Project Management and Scheduling
Leuven (B), April

International Conference on Synthesis, Modeling, Analysis and Simulation Methods and Applications to Circuit Design (SMACD)
Sevilla (E), September, Vortrag

7th International Conference: Stereology, Spatial Statistics and Stochastic Geometry
Prag (CZ), Juni, Vortrag

International Ruhr Energy Conference 2012
Essen, März, Vortrag

International Supercomputing Conference
Hamburg, Juni, Aussteller, Vortrag

3rd International Symposium on Focused Ultrasound MRgFUS 2012
Washington (USA), Oktober, Poster

21st International Symposium On Mathematical Programming
Berlin, August, Vortrag

4th International Symposium on NDT in Aerospace
Augsburg, November, Vortrag

International Workshop on Evolution problems in damage, plasticity and fracture: mathematical models and numerical analysis
Udine (I), September, Vortrag, Poster

38th International Workshop on Graph Theoretic Concepts in Computer Science
Ramat Rachel (IL), Juni, Vortrag

2nd International Workshop on Multiscale Modelling and Methods
St. Etienne (F), Oktober, Vortrag

Intersolar
München, Juni, Aussteller

Kraftwerk Batterie
Münster, März

MathFinance Conference 2012
Frankfurt, März

mtx – Internationale Fachmesse
Chemnitz, Mai, Aussteller

Multikonferenz Wirtschaftsinformatik
Braunschweig, Februar, Vortrag

Nacht, die Wissen schafft
Kaiserslautern, November, Aussteller

NAFEMS European Conference „Multiphysics Simulation“
Frankfurt, Oktober, Vortrag

Offener Campus der Fachhochschule Kaiserslautern
Kaiserslautern, Mai, Aussteller

PDESoft
Münster, Oktober, Vortrag

PGAS 2012
San Antonio (USA), Oktober, Vortrag, Poster

ProcessNet Jahrestagung
Karlsruhe, September

PV Power Plants Conference, Solarpraxis
Wien (A), März

6th R/Rmetrics Meielisalp Workshop & Summer School 2012 on Computational Finance and Financial Engineering
Meielisalp (CH), Juni, Vortrag

SEG 2012
Las Vegas (USA), November, Aussteller

Seminar »Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung«
Karlsruhe, November, Aussteller, Vortrag

SIAM Conference on Imaging Science (IS12)
Philadelphia (USA), Mai, Vortrag

SIMVEC 2012
Baden-Baden, November, Aussteller, Vortrag

Spring school on mathematics of multiscale problems
Kaiserslautern, April, Vortrag, Poster

Statistische Woche
Wien (A), September, Vortrag

Supercomputing'12
Salt Lake City (USA), November, Aussteller, Vortrag

Symposium »Textile Filter«
Chemnitz, März, Aussteller

Ter@Tec
Palaiseau (F), Juni, Aussteller

Textil Innovativ: Automobil – Sport – Mode
Fürth, Februar, Aussteller, Vortrag

Tire Technology Expo 2012
Köln, Februar

VDI Wissensforum: 70. Internationale Tagung LAND.TECHNIK 2012
Karlsruhe, November, Aussteller, Vortrag

Vision 2012
Stuttgart, November, Aussteller

Workshop Robust Methods for Dependent Data
Witten, Februar, Vortrag, Poster

6th World Bachelier Society Congress 2012
Sydney (AUS), Juni, Vortrag

4th World conference on 3D fabrics and their applications
Aachen, September, Vortrag, Poster

18th World Conference on NDT
Durban (ZA), April, Vortrag

World Filtration Congress 11
Graz (A), April, Aussteller, Vortrag

19th World Hydrogen Energy Conference
Toronto (CDN), Juni, Vortrag

Dobrovolskij, Dascha
DGZfP-Studentenpreis
Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e. V., Berlin
März

Horbenko, Nataliya; Ruckdeschel, Peter; Bae, Taehan
Paper of the Year
Operational Risk and Regulation (Innovation Award 2012)
März

Nickel, Stefan
Top Cited Article 2007 – 2011
Elsevier, European Journal of Operational Research
Juli

Nickel, Stefan
EURO Award 2012
EURO The Association of European Operational Research Societies
Juli

Wagner, Andreas
Best Paper Award
Energy Finance Conference 2012
Oktober

2nd Commercial Vehicle Technology Symposium
Kaiserslautern, März

Einweihung der Erweiterungsbau des Fraunhofer ITWM
Kaiserslautern, August

Fraunhofer-Innovationscluster
»Digitale Nutzfahrzeugtechnologie – Fahrzeug-Umwelt-Mensch«
Workshops: »Statistik und Nutzungsvielfalt« und »Simulation / Virtuelle Produktentwicklung«
Kaiserslautern, Oktober

GeoDict Training Workshop
KAUST SRI Center on Numerical Porous Media, Jeddah (KSA), Oktober

GeoDict User Meeting
Kaiserslautern, Oktober

Joint Workshop: Centre de morphologie mathématique CMM – ITWM (Deutsch-Französische Hochschule DFH)
Kaiserslautern, Oktober

Mathematics of Multiscale Problems
Kaiserslautern, April

Modellierung, Simulation und Optimierung in der Verfahrenstechnik
Annweiler, Juni

Nacht, die Wissen schafft
Kaiserslautern, November

OptiRisk Workshop: Application of Hidden Markov Models and Filters to Financial Time Series Data
London (UK), April

OptiRisk Workshop: Monte Carlo Methods in Finance: Basic Methods and Recent Advances
London (UK), Mai

Seminar: Lastdaten – Analyse, Bemessung und Simulation
Kaiserslautern, Juni

Seminar: Statistische Methoden in der Betriebsfestigkeit
Kaiserslautern, Mai

Sommertour der RHEINPFALZ
Kaiserslautern, August

Summer School des Felix-Klein-Zentrums für Mathematik
Kaiserslautern, September

Verbundseminar 2012: Produktion von Filamenten und Vliesstoffen – ProFil
Johns Manville, Bobingen, Mai

Verbundtreffen: Stochastische Produktionsprozesse zur Herstellung von Filamenten und Vliesstoffen - ProFil
Kaiserslautern, Oktober

Vortragsreihe »Blick über den Tellerrand«
Kaiserslautern, 9 Vorträge

Vortragsreihe des Arbeitskreises »Bildanalyse und Mustererkennung Kaiserslautern« (BAMEK)
Kaiserslautern, 4 Vorträge

Workshop: Application of Hidden Markov Models
Birkbeck/London, April (in Kooperation mit OptiRisk)

Workshop: Basis-Spreads and OIS-Discounting
Kaiserslautern, September

Workshop: Batteriesimulation
Kaiserslautern, April

Workshop: Cambridge-Kaiserslautern Finance Alliance
Kaiserslautern, März

Workshop: Computational Fluid dynamics and scientific computing
Lahore University of Management Sciences (LUMS), Lahore (PK), Dezember

Workshop: Das Hestonmodell – Theorie und praktische Implementation
Kaiserslautern, Februar

Workshop: Extremwertstatistik und operationelle Risiken
Kaiserslautern, Mai

Workshop: Finanzmathematik und R
Kaiserslautern, September

Workshop: Konzeptentwicklung Scheduling Framework
Annweiler, Februar

Workshop: Kredit Rating
Kaiserslautern, September

Workshop: Mehrfaktorzinssmodelle und ihre Implementation
Kaiserslautern, November

Workshop: Modeling and simulation of industrial processes in porous media
KAUST SRI Center on Numerical Porous Media; Jeddah (KSA), Juni

Workshop: Moderne Monte-Carlo Methoden mit Anwendungen in der Finanz- und Versicherungsindustrie
Kaiserslautern, Juni

Workshop: Multilevel Monte-Carlo Methoden und Simulation
Kaiserslautern, Juni

Workshop: Short-Rate-Zinsmodelle und ihre praktische Anwendung
Kaiserslautern, November

Abreu, Domingo Hernandez
(Universidad de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife (E))
Numerik stochastischer partieller Differentialgleichungen
Juli

Arnold, Martin (Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg)
Numerik für Mehrkörpersysteme
Februar

Bechet, Fabien
(Universität Valenciennes (F))
Formgebung von Glas
September

Betsch, Peter (Universität Siegen)
Modellierung von Reifen mit geometrisch exakten Schalenmodellen
Juni

Biere, Armin (Johannes-Kepler-Universität, Linz (A))
SAT-based Model-Checking
März

Busch, Michael (Finanzagentur Frankfurt)
Schuldenmanagement für die Bundesrepublik Deutschland – Die Aufgaben eines quantitativen Risikocontrollers
Dezember

Christensen, Sören (Universität Kiel)
Optimal stopping of strong Markov processes
Februar

Dreyer, Wolfgang (Weierstrass-Institut, Berlin)
Thermodynamische Modellierung und Analyse von Phasenübergängen
Februar

Eisenräger, Almut (University of Oxford, London (UK))
Mehr-Flüssigkeits-poroelastisches Modell der Gehirn-Rückenmarks-Flüssigkeit während eines Infusionstests
Oktober

Gerds, Matthias (Universität der Bundeswehr, München)
Echtzeitreifen für SNI-MoRed
April

MITARBEIT IN GREMIEN, HERAUSGEBERTÄTIGKEIT

Godsill, Simon
(Cambridge University (UK))
Computational Models for Continuous-Time non-Gaussian Time Series
März

Juhre, Daniel (DIK Hannover)
Nichtlinear viskoelastische Modellierung und Simulation von Elastomer-Werkstoffen
Januar

Kestel, Sevtap (METU Ankara (TR))
On longevity and the Turkish Pension System
November

Kohl, Matthias
(Hochschule Furtwangen)
R-Pakete zu Robuster Statistik
Juli

Krofljic, Ales
(University of Ljubljana (SLO))
Nichtlineare Strukturmechanik mit Cosserat-Balkenmodellen
November

Lacoursière, Claude
(Umea University (S))
Non-smooth multi-domain simulation
August

Lerch, Sebastian
(Universität Heidelberg)
Verification of probabilistic forecasts for rare and extreme events
Juli

Maas, Ramona (Friedrich-Alexander-Universität, Technische Fakultät, Erlangen-Nürnberg)
Muskelmodelle in biomechanischen MKS-Modellen
August

Michel, Volker (Universität Siegen)
Regularisierung tomographischer inverser Probleme in der Geophysik und der medizinischen Bildgebung mit Techniken der Konstruktiven Approximation
Januar

Müller, Gernot (TU München)
Are jumps in price and volatility correlated?
Juni

Niedziela, Maciej
(University Zielona Gora (PL))
Viscoelastic Materials
September

Oesting, Marco
(Universität Mannheim)
Conditional Modelling of Spatial Extremes
Juli

Panasenko, Grigory (Jean-Monet-Universität, St. Etienne (F))
Homogenization and shape optimization in thin periodic structures
April

Rentrop, Peter (TU München, M2-Zentrum Mathematik)
Wiener Calculus for Differential Equations with Uncertainties
Juli

Rogers, Chris
(University of Cambridge (UK))
Least Action Filtering
März

Scheuerer, Michael
(Universität Heidelberg)
Making and Evaluating Point Forecasts
Juli

Schlather, Martin
(Universität Mannheim)
Maxima of Gaussian Random Fields
Juli

Struckmeier, Jens
(Universität Hamburg)
Asymptotische Methoden der Angewandten Mathematik
September

Wardetzky, Max
(Universität Göttingen)
Diskrete nichtlineare Schalenmodelle
August

Zupan, Eva; Zupan, Dejan
(University of Ljubljana (SLO))
Nichtlineare Strukturmechanik mit Cosserat-Balkenmodellen
Juli

Andrä, Heiko
■ Journal Of Computational Physics JCOMP (Gutachter)
■ Structural and Multidisciplinary Optimization SMO (Gutachter)
■ Latvian Science Council (Gutachter)

Didas, Stephan
■ Image Processing On-Line (Editor)
■ Journal of Mathematical Imaging and Vision (Reviewer)
■ Pattern Recognition (Reviewer)
■ IEEE Transactions on Image Processing (Reviewer)
■ International Journal of Imaging (Reviewer)
■ International Journal of Imaging Systems and Technology (Reviewer)

Horbenko, Nataliya
■ Journal of Operational Risk (Reviewer)
■ Methods of Information in Medicine (Reviewer)
■ Conference on Operational Risk Measurement and Management (Scientific committee)

Iliev, Oleg
■ International Society for Porous Media (President)
■ Mathematical Modelling and Analysis (Editor)
■ SIAM Multiscale (Reviewer)
■ Transport in Porous Media (Reviewer)
■ J. Comp and Appl. Math (Reviewer)
■ Chemical Eng. Journal (Reviewer)
■ Computational Geoscience (Reviewer)

Korn, Ralf
■ Deutsche Gesellschaft für Versicherungs- und Finanzmathematik (stellv. Vorsitzender)
■ Wissenschaftlicher Beirat des DISC (TU Kaiserslautern)
■ European Actuarial Journal (Editor)
■ Mathematical Finance (Associate Editor)
■ Mathematical Methods of Operations Research (Associate Editor)
■ Imperial College Press/World Scientific: "Quantitative Finance Series" (Editor)
■ Springer Briefs in Mathematical Finance (Editor)
■ Scandinavian Statistical Journal (Associate Editor)
■ Gutachtertätigkeit u. a. für DFG, AQAS, Studienstiftung des Deutschen Volkes, Humboldt-Stiftung

Küfer, Karl-Heinz
■ Computers & Operations Research (Gutachter)
■ Medical Physics (Gutachter)
■ Physics in Medicine and Biology (Gutachter)
■ European Journal of Operations Research (Gutachter)

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

Maasland, Mark
■ Fraunhofer-Allianz Vision (Mitglied)

Neunzert, Helmut
■ Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC (Vice Chairman of Advisory Board)

- International Committee for Applied Mathematics in the European Mathematical Society (Member)
- Technologiebotschafter der Stadt Kaiserslautern
- ECMI-Series „Mathematics in Industry“ (Editor)

Ostermann, Isabel

- International Journal on Geomathematics (Reviewer)
- Numerical Functional Analysis and Optimization (Reviewer)

Pfreundt, Franz-Josef

- Unconventional High Performance Computing (UCHPC'12) (Mitglied Program Committee)
- ISC'12 Steering Committee (Mitglied)
- ISC Cloud'12 Panel (Mitglied)

Prätzel-Wolters, Dieter

- Forschungszentrum »Center of Mathematical and Computational Modeling (CM)²« der Technischen Universität Kaiserslautern (Mitglied)
- Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC (Boardmember)
- GAMM-Fachausschuss »Dynamik und Regelungstheorie« (Mitglied)
- Graduiertenkolleg »Mathematik und Praxis« der Technischen Universität Kaiserslautern (Mitglied)
- Präsidium und Senat der Fraunhofer-Gesellschaft (Mitglied)
- Rheinland-pfälzischer Landesforschungsschwerpunkt »Mathematik und Praxis« (Mitglied)
- Stiftungsrat »Fraunhofer-Zukunftsstiftung« (Mitglied)
- Wissenschaftlich-Technischer Rat und Hauptkommission der Fraunhofer-Gesellschaft (Vorsitz)

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

- BMBF Strategiekomitee für mathematische Modellierung, Simulation und Optimierung (KoMSO) (Mitglied)

Rieder, Hans

- Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e. V. (DGZfP, persönliches Mitglied)
- DGZfP Fachausschuss »Ultraschallprüfung« (Mitglied)
- DGZfP Unterausschuss »Phased Array« im Fachausschuss Ultraschallprüfung (Vorsitzender)

- VDE/VDI-Fachausschuss »Nichtlineare 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)
- Fraunhofer-Arbeitskreis Computertomographie (Mitglied)
- Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V. (DGM, Mitglied)
- DGM-Arbeitskreis »Tomographie« (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)
- Communications in Statistics – Theory and Methods (Reviewer)
- Journal for mathematical modeling and analysis (Reviewer)
- Statistical Papers (Reviewer)
- Journal of multivariate analysis (Reviewer)
- Technometrics (Reviewer)

Scherrer, Alexander

- Physics in Medicine and Biology (Gutachter)

Schladitz, Katja

- Fraunhofer-Allianz Leichtbau (Mitglied)
- International Society for Stereology (Vice-President for Europe)
- Metals (Gutachter)
- Journal of Microscopy (Gutachter)
- Image Analysis & Stereology (Editorial Board)

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)
- 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 the Acoustical Society of America (Gutachter)

- Journal of Computational Acoustics (Gutachter)

- Materials Evaluation (Gutachter)

- NDT&E International (Gutachter)

- Wave Motion (Gutachter)

- Ultrasonics (Gutachter)

- Acustica (Gutachter)

Stephani, Henrike

- International Conference on Pattern Recognition (ICPR, Reviewer)

Vecchio, Irene

- Bernoulli Society (Mitglied)
- Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V. (DGM, Mitglied)

Velten, Sebastian

- Computers & Operations Research (Gutachter)
- TOP (Gutachter)

Wagner, Andreas

- IEEE Transactions on Power Systems (Reviewer)

Wenzel, Jörg

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

Wirsen, Andreas

- Fraunhofer-Allianz Adaptionik (Mitglied)

Zemitis, Aivars

- Mathematical Modelling and Analysis (Editor)

PATENTE

Mammitzsch, Lars; Petasch, Uwe;
Adler, Jörg; Wiegmann, Andreas;
Cheng, Liping
Partikelfilter
Patentanmeldung 2012 gemeinsam
mit Fraunhofer IKTS

Shalf, John; Donofrio, David; Oliker,
Leonid; Krüger, Jens; Williams,
Samuel
**Multiple-core computer proces-
sor for reverse time migration**
Internationales Patent
WO002013063486A1



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