



Fraunhofer

ITWM

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR TECHNO- UND WIRTSCHAFTSMATHEMATIK ITWM



JAHRESBERICHT
2009

IMPRESSUM

© Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM 2010

Adresse Fraunhofer-Platz 1
67663 Kaiserslautern

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

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

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

Internet www.itwm.fraunhofer.de

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

Dieser Jahresbericht erscheint auch in englischer Sprache.

Redaktion Ilka Blauth
Steffen Grützner
Marion Schulz-Reese

Gestaltung Gesa Ermel

Fotografie Der Herausgeber bedankt sich bei allen Kooperationspartnern für die Bereitstellung der entsprechenden Bilder.
FCC Göteborg: Seiten 84, 87
MEV: Seite 58
iStockPhoto: Seite 59 links
Fotos: Fraunhofer ITWM, Gesa Ermel
Die Gebäudebilder entstanden während der Ausstellung »Begegnungen«
von Ingo Bracke und Jochen Dewerth

Druck KerkerDruck GmbH, Kaiserslautern

JAHRESBERICHT
2009



INHALTSVERZEICHNIS

| | | | |
|----|--|-----|--|
| 4 | Vorwort | 97 | Lehrtätigkeit |
| 6 | Rückblick | 98 | Publikationen |
| 10 | Das Fraunhofer ITWM | 103 | Graduierungsarbeiten |
| 13 | Organigramm | 104 | Messe- und Konferenzteilnahmen |
| 14 | Das Institut in Zahlen | 105 | Eigene Veranstaltungen |
| 16 | Kunden und Kooperationspartner | 105 | Gäste |
| 18 | Kuratorium | 107 | Mitarbeit in Gremien, Herausgebereätigkeit |
| 19 | Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick | 108 | Patente |
| 20 | Transportvorgänge | | |
| 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 | | |
| 84 | Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC | | |
| 92 | Vorträge | | |

Trotz Wirtschaftskrise ist das ITWM weiter gewachsen und hat das Jahr 2009 mit einem positiven operativen Ergebnis im Haushalt abgeschlossen. Rückläufige Wirtschaftserträge konnten insbesondere durch Projekterlöse aus Forschungsförder- und Konjunkturprogrammen der Bundesregierung und des Landes Rheinland Pfalz kompensiert werden. Viele der neu eingeworbenen Projekte sind längerfristig angelegt und wir gehen trotz anhaltender Wirtschaftskrise davon aus, dass auch 2010 für das ITWM wieder ein erfolgreiches Jahr werden wird.

Erfolg bedeutet hierbei nicht notwendig ein weiteres Wachstum des Instituts. Unser vorrangiges Ziel ist es, bis Ende 2011 eine signifikante Steigerung der Wirtschaftserträge zumindest auf das Niveau des Jahres 2008 zu erreichen. Dies erfordert zusätzliche Anstrengungen in der schwieriger gewordenen Einwerbung von Industrieprojekten, darüber hinaus aber auch strategische Maßnahmen, die mittel- und längerfristig hinsichtlich der Wirtschaftserträge stabilisierend wirken sollen. Dazu gehören insbesondere der Ausbau bestehender und der Aufbau neuer Geschäftsfelder durch Erweiterung unseres Kompetenzspektrums. In diesem Kontext kommt der Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Kaiserslautern eine wesentliche Rolle zu. Fünf neue Lehrstühle in der Mathematik mit direktem Bezug zu Anwendungsfeldern des ITWM sind ausgeschrieben und zum Teil bereits besetzt worden. Darüber hinaus wurde durch die Gründung des »Felix-Klein-Zentrums für Mathematik« eine institutionelle Verbindung in Forschung und Lehre zwischen dem Fraunhofer ITWM und dem Fachbereich Mathematik geschaffen.

Ein weiterer Baustein in der strategischen Verzahnung mit der TU Kaiserslautern ist das neugegründete »Innovationszentrum für Applied System Modeling«. In diesem von der Fraunhofer-Gesellschaft und dem Land Rheinland Pfalz paritätisch geförderten Zentrum werden leistungsstarke anwendungsorientierte Forschungsrichtungen der Technischen Universität mit den Fraunhofer-Instituten am Standort vernetzt. Es führt die Kompetenzen der Mathematik/Informatik und der Ingenieurwis-

senschaften in gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsprojekten zusammen. Mittelfristig entstehen daraus neue Geschäftsfelder, die auch die Wettbewerbsfähigkeit des ITWM nachhaltig verstärken werden.

Eine Maßnahme zur längerfristigen Erschließung neuer Geschäftsfelder bilden auch unsere 2009 aufgesetzten Zukunftsthemen, die ITWM Futures. Unter dem Motto »Innovation durch Mathematik – Mathematik für Innovation« sollen fünf gesellschafts- und wirtschaftsrelevante Themen beworben und vorangetrieben werden, zu denen es im Institut bereits viele Vorarbeiten gibt, die aber bisher im Institutsprofil nicht deutlich wurden, weil sie quer zu den Abteilungen liegen. Der ITWM-Fokus liegt dabei auf der Rolle der Mathematik als Innovationstreiber für:

Personalisierte Medizin: Das Thema adressiert die Verbesserung der Wirksamkeit von Therapien sowie Kosteneinsparungen durch den Einsatz optimierter Medikamente im Rahmen stärkerer Individualisierung von Therapien. Um dies zu erreichen, müssen möglichst viele gesundheitlich relevante Daten eines Patienten – biotechnologische, geometrische, historische, Genotyp und Genexpressionsprofil – in Beziehung zu Behandlungsplänen gesetzt werden. Durch die Aufdeckung von Mustern in solchen klinischen Daten und durch die Modellierung, Simulation und Optimierung der Therapieprozesse kann die Mathematik wesentliche Beiträge zu diesem Thema leisten.

Robuste und sichere Finanzmärkte: Die Finanzkrise im Jahr 2008 hat gezeigt, wie empfindlich die globalen und nachfolgend die nationalen Finanzmärkte und Volkswirtschaften auf Unsicherheiten reagieren können. Im Rahmen dieses ITWM Futures sollen zur Erkennung und Vermeidung von Risiken geeignete mathematische Modelle und Algorithmen sowohl für solche Prozesse als auch für die effiziente Berechnung von Risikoindikatoren und -kennzahlen entwickelt werden. Dies ist ein Thema, dem eine Schlüsselrolle für die Stabilität der Finanzmärkte zukommt, das aber auch höchste Relevanz für



das persönliche Finanzmanagement von Anlegern besitzt. Hier können Risiken durch solche Verfahren früher erkannt und durch neue Schutzprodukte effektiver abgesichert werden.

Erneuerbare Energien: Der Anteil erneuerbarer Energien an unserer Energieversorgung steigt kontinuierlich an. Wind, Sonne, Wasserkraft und Geothermie sowie der Einsatz nachwachsender Rohstoffe werden die Energieversorgung radikal verändern. So wichtig wie eine umweltgerechte Erzeugung von Energie ist auch ihr effektiver Einsatz zur Erbringung der gewünschten Dienstleistungen: Mobilität, Licht, Wärme, Produktion, Unterhaltung. Das ITWM-Future adressiert aus mathematischer Sicht die Erzeugung, Speicherung, Distribution und Steuerung des Verbrauchs erneuerbarer Energien. Das sind Themen, für die mathematische Modellbildung, Simulation, Prognose und Optimierung unverzichtbar sind.

Fahrzeugtechnologie: Moderne Kraft- und Nutzfahrzeuge sind komplexe Systeme, die in einer großen Zahl unterschiedlicher Modellvarianten produziert und sehr vielfältig und heterogen genutzt werden. Diese Varianten- und Nutzungsvielfalt gilt es im Entwicklungsprozess hinsichtlich teilweise konkurrierender Eigenschaften wie Fahrdynamik, Komfort, Leistung, Wirtschaftlichkeit zu optimieren. Angesichts ständig verkürzter Entwicklungszeiten und -zyklen kommt den mathematischen Methoden in der virtuellen Produktentwicklung von Fahrzeugen eine Schlüsselrolle zu.

Stochastik und Homogenität in Prozessen und Materialien: Dass sehr geordnete Strick- oder Webprozesse sehr regelmäßige Textilien hervorbringen, wundert niemanden, aber dass turbulente, sehr unregelmäßig wirkende Strömungen besonders homogene Vliese erzeugen helfen, ist weniger evident. Beton, faserverstärkte Kunststoffe oder Schäume sind Beispiele für Mischprodukte, von denen man eigentlich nur die Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Komponenten kennt, die aber eine sehr gleichmäßige bzw. homogene Struktur aufweisen. Zufällige Schwankungen können Prozesse auch stabilisieren und dadurch Ordnung erzeugen. Im ITWM-Future sollen sto-

chastische Modelle für Produktionsprozesse und Produktverhalten klären helfen, wie aus scheinbarer Zufälligkeit in der Praxis Ordnung entsteht.

Unser dringend benötigter Erweiterungsbau hat im Jahre 2009 das Genehmigungsverfahren durch alle Instanzen erfolgreich durchlaufen und wir können davon ausgehen, dass die Baumaßnahme am Ende des Jahres 2011 abgeschlossen sein wird. An dieser Stelle möchte ich mich insbesondere bei der Fraunhofer-Gesellschaft und dem Land Rheinland-Pfalz dafür bedanken, dass sie, obwohl erst vier Jahre seit dem Einzug in das neue Fraunhofer-Zentrum vergangen sind, unserem außergewöhnlichen Wachstum Rechnung getragen und die Weichen für den Erweiterungsbau gestellt haben.

In unserem Jahresbericht 2009 erscheint das ITWM in »neuem« Licht: mal mystisch, mal ultramodern, mal kryptisch. Die beiden Künstler Ingo Bracke und Jochen Dewerth haben im ITWM bleibende und vergängliche Raumbilder installiert, die dieses Mal unseren Jahresbericht effektiv bebildern.

Ich wüsche Ihnen jetzt eine anregende und informative Lektüre und möchte mich bei allen Partnern des ITWM für die gute Zusammenarbeit und das uns entgegengebrachte Vertrauen herzlich bedanken.

Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters
Institutsleiter



1 *Abschlussdiskussion
beim Mathematik-Kongress
in der Hauptstadt-
Repräsentanz der Deutschen Telekom*

MATHEMATIK-KONGRESS IN BERLIN

Mit dem Kongress »Mathematik in der Praxis« am 24. März in Berlin knüpften die Fraunhofer-Institute ITWM und SCAI an ihre erfolgreichen Aktivitäten im Jahr der Mathematik 2008 an; Cornelia Quennet-Thielen, Staatssekretärin im Bundesministerium für Bildung und Forschung, und Prof. Hans-Jörg Bullinger, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, eröffneten die Veranstaltung, bei der auch hochkarätige Industrievertreter deutlich machten, welchen Stellenwert die moderne Mathematik als Querschnittstechnologie für die Wirtschafts- und Innovationskraft hat. Trotz der enormen Relevanz der Mathematik für Technik und Gesellschaft fristet sie in der allgemeinen Öffentlichkeit und der Schule oft ein Schattendasein. Um dem entgegenzuwirken, waren auch viele Schüler zu dem Kongress eingeladen und konnten in Modellierungs-Workshops ihr mathematisches Wissen anwenden.

SIAM FELLOW

Die Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM) wählte Prof. Helmut Neunzert in ihr Fellows Program; mit dieser Auszeichnung würdigt die SIAM seinen herausragenden Leistungen im Bereich der angewandten Mathematik. Er gehört zu den 183 Fachleuten, die während des Jahresmeetings in Denver ernannt wurden. Die US-amerikanische Gesellschaft für angewandte Mathematik wurde 1951 von in der Industrie tätigen Mathematikern gegründet und hat heute weltweit über 11000 Mitglieder: Mathematiker, Informatiker, Ingenieure, Mathematiklehrer und Studierende.

BERTHOLD-PREIS

Hans Rieder und Dr. Martin Spies aus der Abteilung Bildverarbeitung wurden von der Deutschen Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüftechnik (DGZfP) in Münster mit dem Berthold-Preis geehrt. Mit der Auszeichnung honoriert die DGZfP die jahrelange Arbeit der beiden ITWM-Wissenschaftler an der Entwicklung eines leistungsfähigen Ultraschallverfahrens zur zerstörungsfreien Prüfung von komplexen Bauteilen am Beispiel von Schiffspropellern, die aufgrund ihrer Krümmung und Materialbeschaffenheit schwer prüfbar sind. Hans Rieder und Martin Spies verfolgten dabei einen »ganzheitlichen Ansatz«: Modellierung und Simulation der Prüfanwendung sind nur ein Teil des Ganzen, hinzu kommen die Prüfung an sich sowie die Bewertung der Ergebnisse. Ähnlich wie in der medizinischen Computer-Tomographie lassen sich die Rohdaten in einem zwei- oder dreidimensionalen Bild aufbereiten, um so Fehler im Material oder an Schweißnähten zu erkennen und einem etwaigen Materialversagen vorzubeugen.



FRAUNHOFER-VISION-TECHNOLOGIETAG

Die Fraunhofer-Allianz Vision veranstaltete am 8. und 9. Oktober am Fraunhofer ITWM ihren zweiten Technologietag. Innovative Technologien für die industrielle Qualitätssicherung mit Bildverarbeitung spielen im modernen Fertigungsprozess eine wichtige Rolle; je nach Aufgabenstellung werden unterschiedliche Verfahren eingesetzt. Materialeigenschaften des Prüflings, Produktionsumgebung, messtechnische Anforderungen – dies sind Parameter, die bei der Auswahl der richtigen Technologie berücksichtigt werden müssen. Der Technologietag gab in Kurzvorträgen einen Überblick über mögliche Verfahren und den aktuellen Stand der Technik. Im Mittelpunkt standen die Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen, die optische 3D-Messtechnik und Objekterkennung sowie verschiedene bildgebende Verfahren wie Röntgen, Thermographie, Ultraschall, Terahertz, Mikrowelle und Shearographie.

1 *Besser als Kino: Wissenschaft in 3D beim Technologietag*

2 *Der Fraunhofer-Truck*

FRAUNHOFER-TRUCK

Der große Lkw war ein ganz besonderes Highlight: Zwei Tage lang konnte man den Fraunhofer-Truck auf dem Parkplatz des Zentrums besichtigen. Im geräumigen Innenraum des Trucks wurden anlässlich des 60jährigen Bestehens der Fraunhofer-Gesellschaft die neusten Entwicklungen aus den Bereichen Gesundheit, Umwelt, Energie, Sicherheit und Kommunikation präsentiert und auf große Deutschland-Reise geschickt. Vor allem bei Schulklassen stieß der Fraunhofer-Truck auf großes Interesse: Die angebotenen Führungen waren nach wenigen Tagen ausgebucht.

AUSGEWÄHLTER ORT DER IDEEN

Ausgezeichnet wurde die innovative Fachkonferenz mit angegliederter Fachausstellung »Digitale Nutzfahrzeugtechnologie« im Fraunhofer-Zentrum. Schwerpunkt dieser Konferenz ist der Erfahrungsaustausch zwischen Forschern und Anwendern. Die Konferenz ist Bestandteil des Innovationsclusters »Digitale Nutzfahrzeugtechnologie«, in dem das Fraunhofer ITWM und das Fraunhofer IESE gemeinsam mit den Cluster-Partnern aus der Industrie das digitale Innenleben von Traktoren, Lkws oder Baggern analysieren und optimieren. Ziel des Clusters ist es, das Wissen der High-Tech-Experten aus Forschung und Industrie praxisnah zu erweitern. Aber auch der Öffentlichkeit brachten die beiden Fraunhofer-Institute das digitale Innenleben der schweren Maschinen näher, nämlich mit einem Tag der offenen Tür, der Ende Oktober zeitgleich mit dem anstehenden Festakt zur Verleihung des Preises am 28. Oktober veranstaltet wurde und mehrere hundert Besucher ins Fraunhofer-Zentrum lockte.



1



2

TAG DER OFFENEN TÜR IN ITWM UND IESE

1 *Der Künstler und sein Werk: Doug Fitch im »Listening Chair«*

2 *Licht an! Vernissage zu den Installationen von Ingo Bracke*

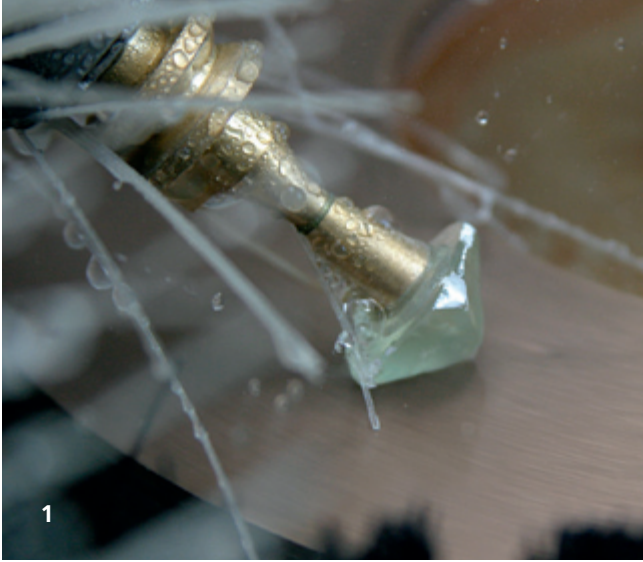
Neben Gebäudeführungen, Filmen und Vorträgen gab es am Tag der offenen Tür eine Reihe von Ausstellungen in den Atrien beider Institute: Das ITWM wartete etwa mit Fehlersuche auf Leder, Hochwassersimulationen oder Visualisierung multidimensionaler Daten auf; das IESE öffnete seine Laborwohnung für Lebensassistenzsysteme und bot Roboterworkshops an. An Nutzfahrzeugen, wie einer Landmaschine von John Deere oder einem Autokran konnten die Besucher selbst einen Blick in das technisch aufwändige Innenleben von Nutzfahrzeugen werfen. Ein kleiner Miniaturbagger lud die Besucher zudem zum Baggern ein. Auch die Kultur kam nicht zu kurz, denn im ITWM wurden zwei weitere Skulpturen des New Yorker Künstlers Doug Fitch enthüllt: »Listening Chair« und »Library Chair«, die der Künstler als »applied sculptures« bezeichnet: Objekte, die hergestellt wurden, um benutzt zu werden und darüber hinaus eine anregende Atmosphäre zu schaffen. Die Schauspieler Hannelore Bähr und Reinhold Weiser weihten die beiden Sessel mit einer szenischen Lesung ein.

LICHTINSTALLATION

Zwei Monate lagen auf Fassaden und in den Atrien des Fraunhofer-ITWM in Kaiserslautern die Lichtzeichnungen von Ingo Bracke. Die Architektur wurde Malgrund und Bildraum, über die der Lichtkünstler seine Liniengewebe warf und in denen er seine Schriftspuren hinterließ. Der Betrachter sah sich unversehens als Teil dieser in den Raum greifenden und ihn verwandelnden Lichtbilder Brackes. Ihm zur Seite war, gleichsam in Kontrast wie in Kongruenz, der Maler Jochen Dewerth. Seine Malerei setzt wie Brackes Lichtzeichnungen auf Schriftgesten, die er im Gegensatz dazu in Dunklräumen entwickelte und ansiedelte: Beides nicht unähnlich den im Institut erzeugten Makroaufnahmen oder 3D-Modellierungen von Schwammgeweben.

PREIS FÜR GREEN HPC

Bei der Auftaktveranstaltung zur International Conference for High Performance Computing SC2009 in Portland bekam das Fraunhofer ITWM einen besonderen Preis verliehen: Mit einem der HPCwire Readers' and Editors' Choice Awards wurde das Engagement des Instituts für die Nutzung umweltverträglicher Computertechnologie honoriert. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der nachhaltigen Nutzung der Hochleistungsrechentechologie. Die jährlich verliehenen HPCwire Awards stellen Produkterfolg und Bekanntheitsgrad innerhalb der weltweiten HPC-Community heraus.



1



2

© Dirk Mahler

JOSEPH-VON-FRAUNHOFER-PREIS 2009

Erst der Facettenschliff macht aus einem unregelmäßig geformten Rohedelstein ein funkelndes Juwel – und steigert den Wert um ein Vielfaches. Allerdings nur dann, wenn die Geometrie jeder Facette stimmt und beim Schliff möglichst wenig des kostbaren Steins abgetragen wird. Der am Fraunhofer ITWM entwickelte, völlig neue Industrieprozess GemOpt kann die Steine nun optimal schleifen und bis zu 30 Prozent mehr Edelstein aus dem Rohling herausarbeiten. Für diese Forschungsleistung wurde die Arbeitsgruppe um Peter Klein und Anton Winterfeld im Juni mit dem Josef-von-Fraunhofer-Preis ausgezeichnet.

Am Anfang stand die Frage nach einer mathematischen Lösung für das sehr komplexe Problem der Volumenoptimierung von Farbsteinen. Eine Diplom- und Doktorarbeit sowie viele Konstruktionszeichnungen später waren die Wissenschaftler des ITWM in der Lage, optimale Schliffe zu berechnen und in einer Maschine umzusetzen. Und seit Anfang 2008 bewährt sich das neue Verfahren in der Praxis und hat manchen Schleifer geschlagen, wenn es darum ging, möglichst viel Karat aus einem Stein herauszuholen – der dann auch noch perfekt geschliffen ist.

Anders als bei Diamanten gibt es für farbige Edelsteine unzählige Kombinationen von Schliff-Formen und -proportionen sowie Facettenmustern. Richtig gewählt, sorgt das Zusammenspiel für das Feuer im Stein, sein Leuchten. Manchmal reichen wenige Facetten aus, um einen Stein zu beleben, manchmal sind es mehrere hundert. Der mathematische Ansatz, der schließlich zur Lösung führte, stammt aus dem Gebiet der allgemeinen semi-infiniten Optimierung – eine neuartige Algorithmik, die bis dato nur in der Theorie definiert war. Das Team am ITWM hat diesen Ansatz weiterentwickelt und für die konkrete Fragestellung umgesetzt. Der zweite wesentliche Teil von GemOpt ist die Prozesssteuerung, die Peter Klein erarbeitet hat. Dafür hat er sehr genau erkundet, wie sich die Rohsteine beim Bearbeiten verhalten und seine Erkenntnisse in die Steuerung der Maschine übertragen. Die Anlage läuft vollautomatisch. Als erstes wird der Stein vermessen. Aus den Rohsteindaten berechnet der Computer optimale Einbettungen, Proportionen und Facettenmuster für verschiedene Grundformen. Der Kunde entscheidet sich dann für einen der Lösungsvorschläge und die Maschine beginnt mit dem Schliff. Die Prozesssteuerung ist fein austariert, damit die Maschine die Steine beim Schleifen nicht zerbricht. Nahtlos geht es mit dem Polieren weiter. Die 17 Achsen sorgen dafür, dass der Stein sich auf jeder beliebigen Bahn bewegen kann. Die Anlage schleift die Facetten auf zehn Mikrometer genau – die Steine werden also perfekt geometrisch. Weiterer Vorteil: Mit der Maschine lassen sich identische Steine herstellen – ideal für Colliers.



1 *Schleifen eines Tsavorits*

2 *Die Preisträger:
Dr. Anton Winterfeld und
Dr. Peter Klein*



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



ORGANIGRAMM

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

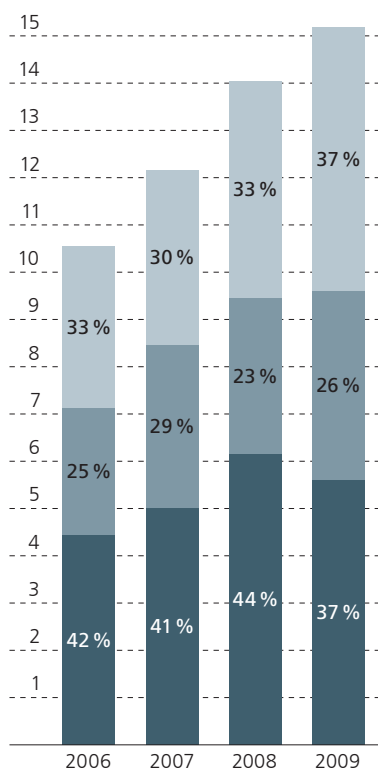
Gesa Ermel, Ilka Blauth, Steffen Grützner, Sylvia Gerwalin, Michael Mannweiler, Klaus Linck, Dieter Eubell, Christian Peter, Mirko Spell, Ira Janßen, Martin Braun, Gabi Gramsch, Dr. Elmar Gerwalin

Manuela Hoffmann, Prof. Dr. Ralf Korn, Katharina Parusel, Markus Pfeffer, Brigitte Williard, Michaela Grimberg-Mang, Anja Nitschky, Prof. Dr. Helmut Neunzert, Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters, Dr. Marion Schulz-Reese, Prof. Dr. Axel Klar, Prof. Dr. Stefan Nickel

HAUSHALT

Betriebshaushalt in Mio. €

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



Natürlich ist die weltweite Konjunkturkrise auch am ITWM nicht spurlos vorüber gegangen. So gingen die Industrieerträge im Vergleich zum Haushaltsjahr 2008 um neun Prozent zurück, lagen aber immer noch weit über den Zahlen aus 2007. Insbesondere im Bereich des Fahrzeugs- und Maschinenbaus war 2009 ein nicht unerheblicher Auftragsrückgang zu verzeichnen. Insgesamt hat das ITWM jedoch wieder einmal von seinen breit gestreuten Geschäftsbereichen profitiert, so dass Defizite in krisengeschüttelten Branchen kompensiert werden konnten durch Neuaufträge in anderen Bereichen. Besonders erfreulich war, dass der hohe Anteil der Wertschöpfung aus Aufträgen von ausländischen Unternehmen im Jahr 2008 auch 2009 nahezu gehalten werden konnte. Bemerkenswert ist auch, dass mittlerweile über 47 Prozent der Industrieerträge von kleinen und mittelständischen Unternehmen stammen. Jedoch wird erst das Jahr 2010 zeigen, ob die Krisensituation mittelfristig für das ITWM zu meistern ist. Verglichen mit vielen anderen Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft lag das ITWM mit einem Industrieertragsanteil von 37 Prozent bezogen auf den Betriebshaushalt 2009 noch weit über dem Durchschnitt.

Insgesamt betrachtet kann man daher durchaus von einem erfolgreichen Jahr für das ITWM reden. Der Betriebshaushalt stieg 2009 um weitere acht Prozent und der Rückgang bei den Industrieerträgen könnte durch die Steigerung der Erträge im öffentlichen Bereich mehr als kompensiert werden. Die Erträge aus öffentlichen Projekten stiegen gegenüber 2008 um über 30 Prozent. Es ist zu hoffen, dass die in diesen Projekten erzielten Ergebnisse sich mittelfristig auch auf eine Steigerung der Industrieaufträge auswirken werden.

Nach wie vor ist das ITWM mit seinem breiten Kompetenzspektrum ein gesuchter Kooperationspartner für andere Fraunhofer-Institute, so dass 2009 ein weiterer Anstieg der Fördermittel aus internen Programmen zu verzeichnen war. Das ITWM blickt trotz allem optimistisch in die Zukunft und

versucht durch Aufbau neuer Kompetenzfelder und Intensivierung der mathematischen Forschung in aussichtsreichen Anwendungsbereichen weiterhin konkurrenzfähig zu bleiben und seine erfolgreiche Marktposition zu behaupten.

| Haushaltsentwicklung* | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Betriebshaushalt | 10550 | 12163 | 14035 | 15170 |
| Investitionshaushalt | 332 | 1720 | 383 | 894 |
| Gesamt | 10882 | 13883 | 14418 | 16064 |

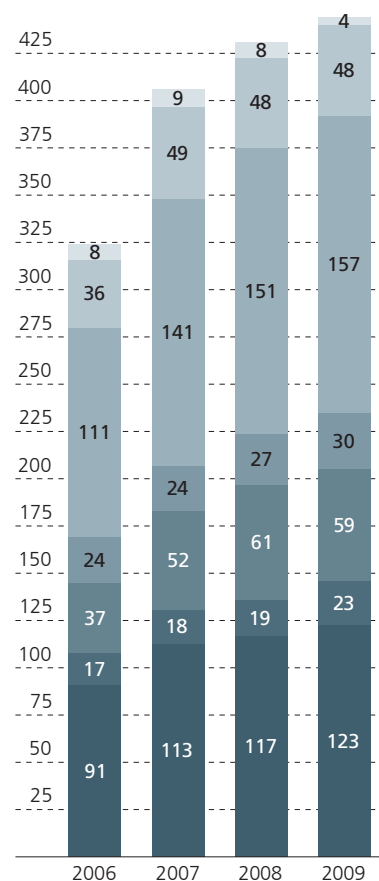
*Tausend €

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

PERSONALENTWICKLUNG

Angesichts der Wirtschaftskrise wurde der Personalaufbau im ITWM zumindest in einigen Abteilungen vorsichtiger angegangen als in den vergangenen Jahren. Insgesamt war im Personalbereich ein Wachstum von etwas über acht Prozent zu verzeichnen. 2009 wurden im ITWM zwölf neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter eingestellt, sechs schieden aus. Die hohe Zahl von 59 Doktoranden ist weiterhin ein Indiz für die Attraktivität und die hohe wissenschaftliche Exzellenz des ITWM.

Weitere strategische Allianzen mit der TU Kaiserslautern, die 2009 auf den Weg gebracht wurden, sollen auch die Nachwuchsförderung weiter intensivieren. Zu erwähnen ist hier das von Fraunhofer und dem Land Rheinland-Pfalz mit 12,8 Millionen Euro geförderte »Kaiserslauterer Innovationszentrum für Applied System Modeling«. Das gemeinsam mit dem IESE aufgebaute Zentrum wurde im Januar 2010 offiziell eröffnet und zunächst für vier Jahre eingerichtet. Im Innovationszentrum sollen gemeinsame Strategien und Projekte effizienter vorangetrieben werden, die letztendlich zur Schaffung neuer Geschäftsfelder in innovativen Bereichen der angewandten Mathematik und Informatik führen sollen. Mit dem neuen Innovationszentrum tragen die Mathematik und die Informatik zur weiteren Profilstärkung des Standorts Kaiserslautern bei.



KUNDEN UND KOOPERATIONSPARTNER

- Abbott GmbH & Co. KG, Ludwigshafen
- Adam Opel AG, Rüsselsheim und Kaiserslautern
- Albany International, Saint-Junien (F)
- Assenagon GmbH, München
- AUDI AG, Ingolstadt
- Ballard Corporation, Burnaby (CDN)
- BASF SE, Ludwigshafen
- Bayer Technology Services, Leverkusen
- Biffar GmbH & Co. KG, Edenkoben
- Blue Order AG, Kaiserslautern
- BMW AG, München
- Bomag, Boppard
- BPW Bergische Achsen Kommanditgesellschaft, Wiehl
- Finanzagentur GmbH, Frankfurt/Main
- Burgmann Industries GmbH & Co KG, Wolfratshausen
- Commissariat à l'Énergie Atomique, Saclay (F)
- Corning GmbH, Kaiserslautern
- Cortronik GmbH & Co KG, Rostock
- Daimler AG, Stuttgart
- Deutsche Investitions- und Entwicklungsgesellschaft, Köln
- Det Norske, Trondheim (N)
- Deutsche Apotheker- und Ärztebank, Düsseldorf
- Deutsche Bahn AG, Frankfurt/Main
- Deutsches Krebsforschungszentrum, Heidelberg
- DEVnet GmbH & Co KG, Grünwald
- DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Braunschweig, Göttingen und Stuttgart
- Donaldson Corporation, Bloomington (USA)
- E.ON Anlagenservice GmbH, Gelsenkirchen
- EADS Deutschland GmbH, Ottobrunn
- EKF diagnostic sales GmbH, Barleben
- ESI Group, Paris (F)
- Eurofilters NV, Overpelt (B)
- Evico GmbH, Dresden
- Fachhochschulen: Darmstadt, Emden, Kaiserslautern, Westküste, Südwestfalen
- Fleetguard Filters Private Limited, Pune (IND)
- Freudenberg & Co. KG, Weinheim
- Fugro, London (UK)
- GE Transportation Systems, Bad Dürkheim
- Geo Imaging Solutions, Houston (USA)
- Gesellschaft für Reaktorsicherheit, Köln
- GKD Gebrüder Kufferath AG, Düren
- Görlitz AG, Koblenz
- Hamberger Sanitary GmbH, Rosenheim
- HegerGuss, Enkenbach
- Hochschule der Sparkassen-Finanzgruppe, Bonn
- Honda R&D Co., Tochigi (J)
- IBM Deutschland, Böblingen
- IBS Filtran GmbH, Morsbach
- Indian Institute of Technology, New Delhi (IND)
- Infineon Technologies, München
- J. Eberspächer GmbH & Co. KG, Esslingen
- John Deere, Mannheim und Zweibrücken

- Johns Manville Europe GmbH, Bobingen und Wertheim
- Julius Glatz GmbH, Neidenfels
- Keiper GmbH & Co. KG, Kaiserslautern und Rockenhausen
- Küttner Automation GmbH, Trier
- Leder- und Gerberschule Reutlingen e.V., Reutlingen
- Magma Gießereitechnologie GmbH, Aachen
- MAN Truck & Bus Deutschland GmbH, München
- MANN+HUMMEL GmbH, Ludwigsburg
- Maschinen- und Anlagenbau Eirich , Hardheim
- Massachusetts General Hospital, Boston (USA)
- MeVis Medical Solutions AG, Bremen
- Mines Paris Tech, Paris/Fontainebleau (F)
- MTU Aero Engines GmbH, München
- NOGRID GmbH, Mainz
- Nonwovens Cooperative Research Center, NC State University, Raleigh (USA)
- Oerlikon Neumag, Neumünster und Linz
- Paul Wild OhG, Kirschweiler
- Polysius AG, Beckum
- Pöyry GWK GmbH, Mannheim
- proALPHA Software AG, Weilerbach
- Procter & Gamble, Schwalbach
- R+V Versicherung, Wiesbaden
- Reckitt Benckiser Produktions GmbH, Ludwigshafen
- RJL Micro & Analytic GmbH, Karlsdorf-Neuthard
- Robert Bosch GmbH, Stuttgart
- Roche Diagnostics GmbH, Ponsberg
- Rock Solid Images, Houston (USA)
- Rockwool International, Hedehusene (DK)
- Saint-Gobain High Performance Materials, Northboro (USA)
- Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH, Duisburg
- Schmitz Cargobull AG, Altenberge
- Schottel Schiffsmaschinen GmbH, Wismar
- SIEDA GmbH, Kaiserslautern
- Siemens AG, Energy Sector, Singapur (SGP)
- Siemens AG, Heidelberg
- Spree Hybrid- & Kommunikationstechnik GmbH, Berlin
- Statoil, Stavanger und Trondheim (N)
- Stryker GmbH & Co KG, Duisburg
- Universitäten: Augsburg, Bayreuth, TU Berlin, Bonn, Bordeaux, Cambridge, Chemnitz, Dresden, Frankfurt/Main, Göttingen, Halle-Wittenberg, Kaiserslautern, Karlsruhe, Linz, Marseille, Oldenburg, Ulm, Universität für Bodenkultur, Wien
- Voith Paper Fabrics, Heidenheim
- Volkswagen AG, Wolfsburg
- Volume Graphics GmbH, Heidelberg
- Volvo CE, Konz und Göteborg (S)
- Wärtsilä Propulsion Netherlands, Drunen (NL)
- WashTec Ag, Augsburg
- Westinghouse Electric Germany GmbH, Mannheim
- WestLB, Düsseldorf
- Wipotec GmbH, Kaiserslautern
- WVE GmbH, Kaiserslautern
- Wyatt Technology Europe GmbH, Dernbach

August Altherr, John Deere Werke

Dr.-Ing. Erwin Flender, MAGMA Gießertechnologie GmbH

Dr. Werner Groh, Johns Manville Europe GmbH

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

Johannes Heger, HegerGuss GmbH

Prof. Dr. Peter Jagers, Matematiska Vetenskaper Chalmers

Dr. Wilhelm Krüger, Blue Order AG

Kurt Lechner, Mitglied des Europäischen Parlaments

Prof. Dr. Helmut Neunzert, Fraunhofer ITWM

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

Ingo Ruhmann, Bundesministerium für Bildung und Forschung

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

Prof. Dr. Helmut J. Schmidt, TU Kaiserslautern

Dr. Mattias Schmidt, Procter & Gamble Service GmbH

Hans-Joachim Strüder, Landesbank Baden-Württemberg

Prof. Dr. Wolfgang Wahlster, DFKI GmbH

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

Dr. Christof M. Weber, Daimler AG

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

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

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist die größte Organisation für angewandte Forschung in Europa. Als gemeinnützige Einrichtung betreibt sie derzeit rund 80 Forschungseinrichtungen – darunter 59 Institute – an über 40 Standorten in ganz Deutschland. Rund 17 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,6 Milliarden Euro. Mehr als die Hälfte der Industrieerlöse stammt von kleinen und mittleren Unternehmen.

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

Felder der Fraunhofer-Forschung

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



Die zentrale Anschrift

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

Hansastraße 27 c

80686 München

Telefon: 089/12 05-0

Fax: 089/12 05-75 31

www.fraunhofer.de



TRANSPORTVORGÄNGE

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

Abteilungsleiter

Dr. Raimund Wegener

T. 0631/3 1600-4231

raimund.wegener@itwm.fraunhofer.de



Die mathematische Modellierung komplexer technisch-naturwissenschaftlicher Problemstellungen und die Entwicklung effizienter Algorithmen zu ihrer numerischen Lösung charakterisieren die Arbeit der Abteilung. Die behandelten Aufgabenstellungen in Gebieten wie Strömungsdynamik, Strahlungstransport, Akustik und Strukturmechanik führen aus mathematischer Sicht auf partielle Differentialgleichungen. Aus Kundensicht geht es um die Optimierung von Produkten, die technische Auslegung von Produktionsprozessen oder um simulationsbasierte Messmethoden. Das vergangene Jahr stand zunächst im Zeichen der Wirtschaftskrise. In der zweiten Jahreshälfte gab es aber eine enorme Belebung der Auftragsforschung. Die Abteilung blickt sehr optimistisch in das kommende Jahr.

Mit dem Softwaretool FIDYST (Fiber Dynamics Simulation Tool) und den zugehörigen Arbeiten zur Filament- und Fadedynamik spricht der Abteilungsschwerpunkt Flexible Strukturen hauptsächlich Kunden im Bereich der technischen Textilien und dem zugehörigen Maschinenbau an. Dadurch ergeben sich aber auch neue Aufgabenstellungen wie die nachfolgend ausführlich dargestellte Optimierung von Nadelbildern in der Vliesstoffverarbeitung.

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

Die Abteilung entwickelt im Schwerpunkt Gitterfreie Methoden mit FPM (Finite Pointset Method) ihren eigenen Solver für ein breites Feld kontinuumsmechanischer Problemstellungen im Bereich der Strömungsdynamik. FPM ist ein gitterfreies Verfahren und damit ausgezeichnet zur Lösung von Problemen mit zeitlich veränderlichem Rechengebiet (Mehr-

phasenströmungen, freie Oberflächen) geeignet. Die Software wird durch die Firma NOGRID GmbH vertrieben. Aus dem Spektrum der Arbeiten des vergangenen Jahres stellen wir die Simulation spanabhebender Fertigungsverfahren vor.

Der Schwerpunkt Wärme, Diffusion, Strahlung hat seine Wurzeln in Projekten zur Abkühlung von Glas durch Wärmestrahlung und Wärmeleitung. Begleitet wurden diese Arbeiten stets von Projekten zur Parameteridentifikation zumeist im Umfeld der Glasindustrie, die wesentlich zum Aufbau mathematischer Kompetenzen im Bereich Inverser Probleme beigetragen haben. Als neues, strategisch für die gesamte Abteilung weitreichendes Thema wird das Design von Freiformlinsen verfolgt. Hier wurde eine völlig neuartiger, den existierenden Lösungen weit überlegender algorithmischer Ansatz entwickelt.

Zentrales Ziel der Arbeiten im Bereich Modellreduktion ist der Aufbau einer Matlab-Toolbox zur Modellreduktion für große Multiphysics-FE-Systeme, die sich besonders durch ihre Fähigkeiten zur parametrischen Modellreduktion auszeichnet. Die Gruppe verfolgt zudem den weiteren Aufbau eines audiovisuellen VR-Systems, mit dem die akustischen Verhältnisse von Innenräumen (Gebäude, Maschinenhallen, Fahrzeuge) bereits in der Planungsphase erfahrbar gemacht werden können.



DESIGN VON FREIFORMLINSEN

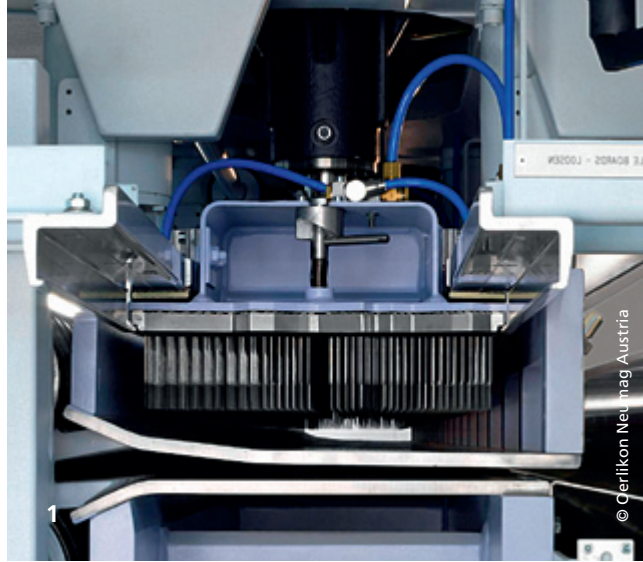
Mit Freiformoptiken können Flächen gemäß einer individuellen Vorgabe ausgeleuchtet werden. Ausgehend von einer gewünschten Lichtverteilung am Bildschirm und einer vorgegebenen Lichtquelle werden die einfallenden Lichtstrahlen an der Freiformoberfläche derart gebrochen bzw. reflektiert, dass am Bildschirm das gewünschte Bild entsteht. Da keine zusätzlichen Elemente zum Abblenden oder Projizieren erforderlich sind und nur der Bereich ausgeleuchtet wird, der wirklich beleuchtet werden soll, wird durch Freiformoptiken eine energetisch optimale Performance in einem kompakten Design erreicht.

Freiformoptiken können vielfältig eingesetzt werden. In der optischen Messtechnik können Freiformlinsen zur Erzeugung von Streifenmustern, die man zur Vermessung dreidimensionaler Objekte benötigt, verwendet werden. Im Gegensatz zu den derzeit verwendeten DOEs, die aufgrund von Interferenzen unerwünschte Inhomogenitäten (Speckle) erzeugen, liefern Freiformlinsen vollkommen homogen ausgeleuchtete Linien. In der Bildverarbeitung können Freiformoptiken zur gleichmäßigen Ausleuchtung von Flächen, die nur unter einem extrem ungünstigen Winkel zu sehen sind, genutzt werden. Der Bereich mit dem größten Anwendungspotenzial für Freiformoptiken ist die Allgemeinbeleuchtung mit LED-Lichtquellen. Die Vorteile der LED lassen sich erst dann wirtschaftlich optimal nutzen, wenn sie mit Freiformoptiken kombiniert werden, um das Licht ausschließlich nur dorthin zu bringen, wo es auch wirklich benötigt wird: In einer Ausstellung soll ein Gemälde beleuchtet werden und nicht große Teile der Wand, an der es hängt; eine Straßenlaterne soll die Straße homogen ausleuchten, nicht aber die angrenzenden Häuser. Im Automobilbereich gehört dem Elektroauto die Zukunft; um möglichst wenig Energie zu verbrauchen, werden auch hier LEDs eingesetzt. In Kombination mit Freiformoptiken lässt sich beispielsweise das Abblendlicht auch ohne Abblendtechnik verlustfrei auf die Straße bringen.

Das ITWM hat in den letzten Jahren einen Algorithmus zum Design von Freiformoptiken entwickelt und in Software implementiert, mit dem es möglich ist, Freiformen in wenigen Sekunden zu berechnen. War früher das Design der zeitintensive Teil zur Herstellung einer Freiformoptik, so ist es heute die Produktion selbst. Deshalb hat sich das Fraunhofer ITWM mit dem Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie und dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik zu der wirtschaftsstrategischen Allianz FREIFORM zusammengetan, um ausgehend von den speziellen Kompetenzen der drei Institute komplexen optischen Freiformoptiken auch in der mittelständischen Industrie zum Durchbruch zu verhelfen. Die Vision der WISA FREIFORM ist es, individuelle Freiformoptiken innerhalb von 30 Minuten auszulegen, zu fertigen und zu vermessen.

*Christian Leithäuser,
Sabine Repke, Dr. Robert
Feßler, Dr. Jörg Kuhnert,
Dr. Raimund Wegener,
Maike Lorenz, Dr. Matthias
Schäfer, Jan Marburger,
Simon Schröder, Dr. Martin
Hering-Bertram*

*Dr. Jevgenijs Jegorovs,
Dr. Norbert Siedow,
Oliver Tse, Walter Arne,
Dr. Ferdinand Olawsky,
Dr. Simone Gramsch,
Johannes Maringer,
Sergey Antonov,
Dr. Dietmar Hietel,
Dr. Jan Mohring*



OPTIMIERUNG VON NADELBILDERN IN DER VLIESTOFFVERARBEITUNG

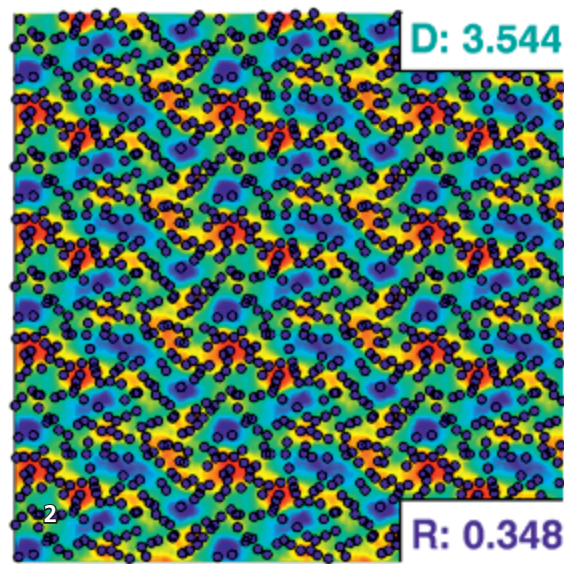
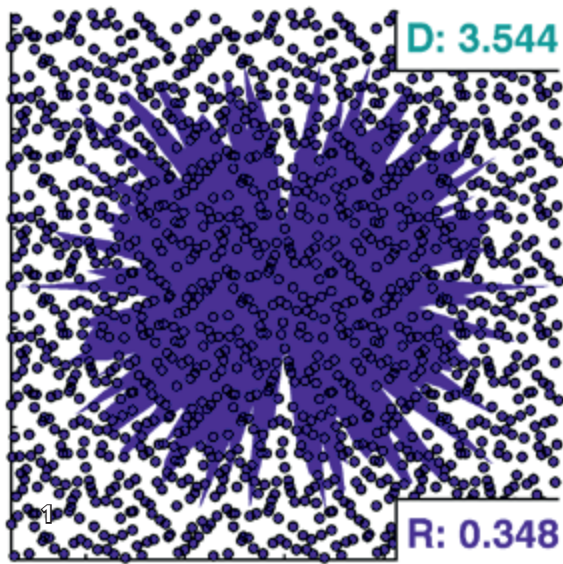
1 *Nadelmaschine der Firma Oerlikon Neumag Austria*

Die Vernadelung von Vliesstoffen ist ein bewährtes Verfahren zur mechanischen Vliesverfestigung. Das Vernadelungsverfahren beruht darauf, dass Nadeln mit Kerben senkrecht zur Vliesebene in das Material eingestochen werden. Dabei wird ein Teil der Fasern im Vlies in Richtung der Nadeleinstichrichtung umorientiert, so dass es zu einer Verriegelung der Fasern kommt. Die Eigenschaften des Vliesstoffes hängen entscheidend von den Anlagen- und Prozessparametern ab: Nadelzahl je Meter Arbeitsbreite, Hubfrequenzen bzw. Vorschub pro Hub, Abzugsgeschwindigkeit und Arbeitsbreiten.

Eine wichtige Produkteigenschaft ist die Einstichdichte, die definiert ist als Anzahl der Einstiche pro Fläche Vliesstoff. Wünschenswert sind homogene Einstichdichten, da diese die Festigkeits- und Dehnungseigenschaften des Vliesstoffes bestimmen. Vermieden werden sollen hingegen Streifen oder Muster auf der Materialoberfläche. In enger Zusammenarbeit mit Oerlikon Neumag Austria hat das Fraunhofer ITWM ein Verfahren zur automatischen konstruktiven Anordnung und Optimierung der Nadeln in Abhängigkeit der Anlagen- und Prozessparameter entwickelt, das auf der Simulation und Bewertung des Nadeleinstichbildes basiert.

Die Simulation des Einstichmusters im Vlies ohne Verzug ist einfach beschreibbar. Von jeder Nadel im Nadelbrett sind die Koordinaten in Quer- und Maschinenrichtung bekannt. Ohne Verzug übertragen sich diese direkt auf die Einstiche im Vlies. Dabei wird in Maschinenrichtung noch der Vorschub pro Hub multipliziert mit der entsprechenden Anzahl von Hüben dazu addiert. Da in der Praxis durch die Vernadelung das Material einspringt und durch den Transport mittels Walzen sich auch in Maschinenrichtung verzieht, hat das ITWM zur realistischen Simulation des Nadelbildes diese einfache Beschreibung durch die Hinzunahme eines Verzugsmodells erweitert und in einem Softwaretool zur Simulation von Nadelbildern implementiert. Der Vergleich der mit Verzug simulierten Nadeleinstichbilder im Vlies mit vernadelten Vliesstoffen von Oerlikon Neumag Austria zeigte eine sehr hohe Übereinstimmung.

Aufgrund der innovativen Erweiterung der Simulation von Nadeleinstichbildern mit einem realistischen Verzugsmodell können Nadelbretter für unterschiedliche Prozessbedingungen vor allem für verschiedene Arbeitspunkte des Vorschubs pro Hub bewertet und verglichen werden. Dazu hat das ITWM multiple Bewertungskriterien entwickelt, die die Wahrnehmungen des menschlichen Auges und damit die subjektive Bewertung des Nadelbildes in quantifizierbare Größen abbilden. Besonders hervorzuheben sind dabei das Verfahren der Dichteverteilung, das die Gleichmäßigkeit der Vernadelung beurteilt, und das Bewertungskriterium der Richtungsverteilung, das der Analyse von Streifen im Einstichmuster dient. Diese zwei Methoden bilden



die Grundlagen zur automatisierten Optimierung von bestehenden Nadelteilungen und zur automatischen Konstruktion von neuen Nadelbrettern mit kundenspezifischen Anforderungen. Weitere Methoden zur Beurteilung der Einstichmuster im Vlies stammen aus der Statistik und der Fourieranalyse.

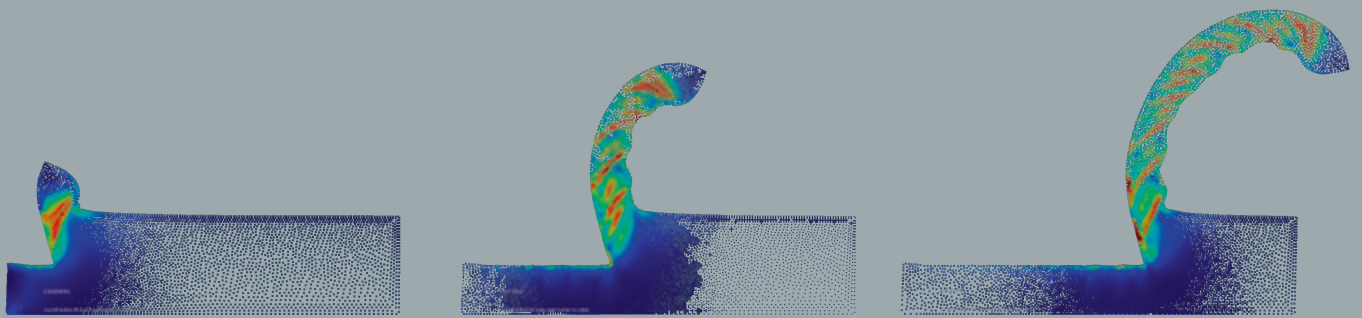
Die bisherige Vorgehensweise zur Konstruktion von Nadelbrettern besteht in der manuellen Platzierung von Nadeln auf dem Brett. Dabei fließen in hohem Maße die Erfahrungen des Konstrukteurs in die Entwicklung der Nadelteilung ein. Durch die Simulation von Nadeleinstichbildern und die Implementierung von Bewertungsverfahren kann die manuelle Konstruktion von Nadelteilungen erheblich unterstützt werden. Die Bewertungen geben dem Konstrukteur Aufschluss über die Zonen im Vliesstoff, die ungleichmäßige Einstichdichten oder Markierungen aufweisen. Weiterhin bietet das Simulationstool die Möglichkeit, durch eine sogenannte inverse Suche diejenigen Nadeln zu identifizieren, die diese Probleme verursachen. Damit wird der Konstrukteur bei der Entscheidung unterstützt, welche Nadeln in ihrer Position auf dem Nadelbrett modifiziert werden müssen, um ein verbessertes Einstichbild zu erreichen. Dieses Konzept kann in natürlicher Weise verallgemeinert und erweitert werden, um ein Nadelbrett gänzlich automatisiert zu designen. Dabei werden Nadeln sukzessive unter Einhaltung der Konstruktionsbedingungen wie beispielsweise Bohrungsdurchmesser oder Stegbreite auf dem Brett platziert. Dazu wird jede neue Nadel so hinzugefügt, dass das erzeugte Vlies optimale Eigenschaften hat. Die Güte einer Nadelposition wird immer mittels der oben genannten Bewertungsverfahren ermittelt.

Dieser Ansatz ermöglicht es, zur Bewertung nicht nur ein simuliertes Einstichbild zu verwenden. Vielmehr ist es möglich, mehrere Einstichbilder (zum Beispiel für verschiedene Vorschübe oder Verzüge) aus demselben Nadelbrett zu erzeugen und die daraus resultierenden verschiedenen Bewertungszahlen zu einer zu kombinieren. Die Vorgehensweise bietet den Vorteil, Nadelbretter zu konstruieren, die zu verschiedenen Prozessparametern gleichzeitig ein gutes Nadeleinstichbild im Vlies erzeugen.

Die erfolgreiche Entwicklung von simulationsbasierten Bewertungsverfahren für Nadeleinstichbilder als Basis für automatisierte Nadelbrettkonstruktionen sowie deren Implementierung als Software mit bedienerfreundlicher Benutzeroberfläche ermöglicht es nun Oerlikon Neumag Austria, in kürzeren Zeiträumen als bisher Nadelteilungen mit kundenspezifischen Prozess- und Anlagenparametern und mit verbesserten Vliesstoffeigenschaften zu entwickeln.

1 Vernadelter Vliesstoff-
Ausschnitt:
Richtungsverteilung

2 Vernadelter Vliesstoff-
Ausschnitt:
Dichteverteilung



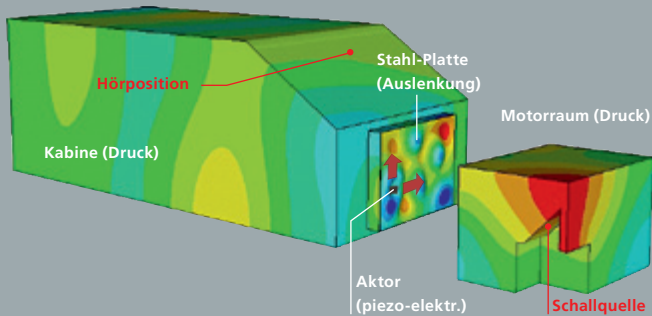
1

FPM – GITTERFREIE SIMULATION SPANENDER FERTIGUNGSVERFAHREN

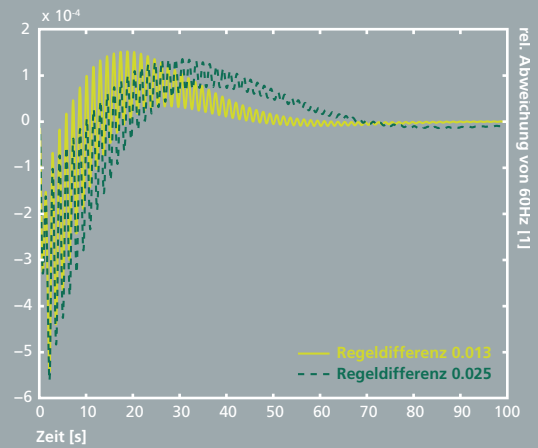
1 *Spanentstehung an einem nickel-basislegierten Stahl (Konturen plastischer Deformation)*

Die Finite Pointset Methode (FPM) ist ein numerisches Simulationsverfahren, das seit über zehn Jahren am ITWM entwickelt wird. FPM erlaubt es, Strömungsprobleme kompressibler oder inkompressibler Art sehr effizient zu lösen. Die besondere Attraktivität des Verfahrens resultiert aus der gitterfreien Arbeitsweise, die es ermöglicht, qualitativ hochwertige Rechenergebnisse ohne zugrunde liegende Vernetzung nur mithilfe einer einfach zu handhabenden numerischen Punktwolke zu erzielen. Eine wesentliche Rolle spielt die Formulierung der Methode als Lagrange-Verfahren, d. h. die Punktwolke bewegt sich mit der Strömung und transportiert physikalische Informationen auf natürliche Art und Weise. Der Verzicht auf Vernetzung erlaubt es dem Benutzer, sich vollständig auf die Physik des Problems zu konzentrieren. Ganz besonders effizient lässt sich FPM für Strömungen freier Oberflächen und Mehrphasenströmungen einsetzen. Hier führt der Lagrange-Ansatz zur korrekten Beschreibung der Dynamik der freien Flächen, ohne zusätzlichen algorithmischen Aufwand.

Wesentlich ist das Einbinden von Materialgesetzen in die FPM-Methodik. Wendet man z. B. FPM auf klassische Strömungsprobleme an, so wird in der Regel Newtonsches Materialverhalten vorausgesetzt, eine lineare Abhängigkeit der viskosen Kräfte von der Scherrate. Für reale Materialien reicht der Newtonsche Ansatz häufig nicht. Zusätzlich zu den viskosen Spannungen treten auch Festkörperspannungen auf, die elastisches und plastisches Materialverhalten widerspiegeln. Metallische Werkstoffe beispielsweise zeichnen sich durch ihr Fließverhalten aus. Beim Überschreiten eines Schwellenwertes der Spannungen beginnt das Material lokal zu fließen. Das Fließen stellt eine Mischung aus viskosen, elastischen und plastischen Vorgängen dar. Die FPM-Entwicklungen befassen sich derzeit mit dem Einbinden der Beschreibungen metallischer Werkstoffe. Im Fokus stehen dabei die Materialmodelle nach Johnson-Cook und Zerilli-Armstrong. Ziel ist die Simulation von Spanbildungsprozessen. Hintergrund sind Bestrebungen, aus Effizienzgründen möglichst hohe Zerspangeschwindigkeiten in der industriellen Fertigung fahren zu können. Das bedeutet technologische Problemstellungen, die ohne Simulationsansatz nur sehr schwer lösbar erscheinen. FPM kann beim Zerspanen einige seiner Vorteile voll entfalten. Der Zerspanungsvorgang weist dynamische freie Oberflächen auf. Der gitterfreie Ansatz erlaubt es, das Problem in sehr natürlicher Art und Weise zu diskretisieren. Es gibt keine Abhängigkeiten der numerischen Lösung von der Gittertopologie. Darüber hinaus lässt sich der Einfluss von Kühlmitteln optimal in das Modell einbinden. Letztlich bilden Werkstück, Werkzeug und Kühlmittel miteinander interagierende Phasen, da sie zwar von unterschiedlichen Materialeigenschaften geprägt, aber durch Impuls und Energieaustausch stark miteinander verzahnt sind.



1



2

PARAMETRISCHE MODELLREDUKTION

Bei der simulationsgestützten Auslegung von Maschinen oder Anlagen müssen in der Regel auf mehreren Detaillierungsebenen unterschiedliche physikalische Effekte aus Strukturmechanik, Akustik, Wärmetransport oder Elektronik erfasst werden (Multiphysics). Um eine elektrische Schaltung oder ein mechanisches Getriebe zu simulieren, wird man z. B. auf kommerzielle Programme wie PSpice oder SIMPACK® zurückgreifen. Diese beschreiben ein System durch differential-algebraische Gleichungen (DAE) und eine einzelne Komponente typischerweise durch weniger als 100 Freiheitsgrade. Um genaue Vorhersagen zu treffen, wie sich Änderungen von Geometrie oder Materialeigenschaften auf ein Bauteil auswirken, ist hingegen eine Beschreibung durch partielle Differentialgleichungen unvermeidlich. Die resultierenden Finite-Elemente-Modelle enthalten oft viele Hunderttausend Freiheitsgrade. Um sie in eine Gesamtsimulation einzubetten, müssen die großen FE-Modelle daher durch kleine DAE-Systeme mit möglichst ähnlichem Ein-/Ausgabeverhalten, aber viel weniger Zustandsgrößen ersetzt werden. Für wichtige Entwurfsaufgaben wie Geometrieoptimierung und Sensitivitätsanalyse oder die Identifikation von Modellparametern aus Messungen müssen diese reduzierten Modelle zudem parametrisch sein. D. h. für geänderte Parameter, z. B. eine Bauteildicke, sollte das entsprechende reduzierte Modell rasch erzeugt werden können, ohne wieder von Grund auf ein volles FE-Modell aufbauen und zeitaufwändig reduzieren zu müssen.

Zu diesem Zweck wurde am ITWM ein neues Verfahren zur parametrischen Reduktion, das Matrix Matching, entwickelt und in die Fraunhofer-Modellreduktions-Toolbox (MRT) eingebaut. Es löst viele Probleme, an denen herkömmliche Methoden scheitern: Zur Geometrieoptimierung kann z. B. zwischen reduzierten Modellen interpoliert werden, deren ursprüngliche FE-Modelle unterschiedlich vernetzt sind. Weitere herausragende Eigenschaften der Matlab®-Toolbox, die ursprünglich zum Import und zur Reduktion von ANSYS®-Modellen entwickelt wurde, sind eine flexible Bibliothek problemangepasster Moden-, Momenten- oder Singulärwert-basierter und Struktur erhaltender Reduktionsverfahren. Damit können insbesondere FE-Modelle behandelt werden, die bei Fluid-Struktur- oder Struktur-Wärme Kopplung auftreten und durch unsymmetrische Matrizen, nicht proportionale Dämpfung oder viele Eingangskanäle gekennzeichnet sind. Mittlerweile besteht auch eine Schnittstelle zum Analysetool PSAT für Stromversorgungssysteme und es können auch Modelle interpoliert werden, die nicht aus größeren abgeleitet, sondern aus Messungen identifiziert wurden.

Die Arbeiten waren eingebettet in ein größeres Industrieprojekt, das Marie-Curie-Netzwerk Smart Structures, eine Kooperation mit Fraunhofer LBF und das BMBF-Projekt NetMod.

1 *Optimale Positionierung eines Piezo-Patches zur aktiven Lärmreduktion anhand eines parametrischen reduzierten Mehrfeldmodells*

2 *Sensitivitätsanalyse für elektrisches Transportnetz mithilfe eines parametrischen reduzierten Modells; Frequenzschwankung an Generator 3 durch Störung an Bus 12*



STRÖMUNGS- UND MATERIALSIMULATION

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

Abteilungsleiter

Dr. Konrad Steiner

T. 0631/3 1600-4342

konrad.steiner@itwm.fraunhofer.de



Die Abteilung beschäftigt sich mit der Multiskalenmodellierung und Entwicklung effizienter und robuster Simulationsmethoden und Softwaretools für ein in die Produktentwicklung integriertes virtuelles Materialdesign. Bei der Produkt- und Prozessauslegung ist mittlerweile in vielen Anwendungen das Verständnis und die Berücksichtigung von lokalen Struktureigenschaftsbeziehungen der zugrunde liegenden Fluide und Materialien entscheidend. Die Entwicklung, Bereitstellung und spezifische Anwendung von industriell tauglichen Multiskalen- und Multiphysicsmethoden kennzeichnet die Alleinstellung der Abteilung. Das Jahr 2009 war in jeder Hinsicht das erfolgreichste seit Gründung der Abteilung vor zehn Jahren und führte zu einem deutlichen Personalwachstum. Entgegen dem allgemeinen wirtschaftlichen Trend konnten die Projekte und Kooperationen mit der Industrie deutlich ausgebaut werden und resultieren in einer weiteren, absoluten wie prozentualen Steigerung der Erträge. Die breite Vernetzung in der Wissenschaft wurde fortgeführt, durch den Ausbau der fächerübergreifenden Kooperationen am Wissenschaftsstandort Kaiserslautern wie auch durch internationale Kooperationen.

In unserer mittlerweile von vielen Kunden genutzten und international vertriebenen Software GeoDict sind alle wesentlichen heterogenen Materialstrukturen wie Schüttungen, Packungen, Faservliese, textile Gewebe und Verbundmaterialien realitätsgetreu generierbar und kombinierbar. Darüber hinaus lassen sich Struktureigenschaftsbeziehungen von offenporigen Materialien und von Verbund- oder Hybridmaterialien mit verschiedenen Modulen (Permeabilität, Filtereffizienz, Diffusionskoeffizienten, Wärmeleitfähigkeit, Elastizitätseigenschaften) standardisiert schnell und effizient berechnen. Neben breiten materialwissenschaftlichen Anwendungen gibt es spezifische Tools zur Auslegung von Filtermedien, Brennstoffzellen und Pressfilzen für Papiermaschinen.

Die Entwicklungen im Bereich Hydrodynamik konzentrieren sich auf effiziente numerische Verfahren und Software zur Strömungssimulation und Upscalingmethoden zur Beherrschung lokaler Phänomene. Die Weiterentwicklungen unserer

Filterauslegungssoftware SuFiS wurden durch eine langfristige Kooperation mit IBS Filtran verstetigt. Die korrekte Vorhersage lokaler Partikelkonzentrationen ist sowohl bei der Filtration von Schmutzpartikeln als auch bei der Auslegung von Trennsystemen mittels Feldflussfraktionierung numerisch anspruchsvoll. Für Überflutungssimulation entwickeln wir neben RisoSim zur Risikobewertung der Überflutungssicherheit von Abwassersystemen eine spezielle Softwarelösung CoPool zur Bewertung von Überflutungsstörfällen in Kernreaktoren.

Die Simulation von Stoffgemischen, Granulaten, Faser- oder Partikelsuspensionen bis hin zum Festkörperverhalten kann durch geeignete Modellierung der Strukturwechselwirkungen zwischen den Fluiden und Partikeln und adäquate numerische Verfahren der Kontinuumsmechanik realisiert werden. Dabei handelt es sich immer um dichte Suspensionsströmungen, bei denen neben der komplexen Rheologie weitere physikalische Effekte zu betrachten sind. In der Softwareplattform CoRheoS sind multiphysikalische Phänomene einfach kombinierbar und erweiterbar. Das Transportieren und Mischen von Pulvern und Granulaten, pulvertechnische Spritzgussverfahren sind genauso wie die Produktion faserverstärkter Kunststoff- bzw. Betonbauteile aktuelle Simulationsanwendungen.

Ein weiterer Schwerpunkt ist die thermomechanische und akustische Auslegung komplexer Verbundstrukturen und poröser Werkstoffe in ihrem spezifischen Einsatzverhalten. Die effiziente Behandlung der Multiskalenmodelle basiert auf robusten adaptiven 3D-Gittergenerierungsalgorithmen für große Volumendaten (TopMesh), effizienten nichtlinearen Finite-Elemente-Implementierungen (FeelMath) und gradientenbasierten Topologieoptimierungsverfahren (TopLevel). Neben Materialauslegungsfragen wie die Entwicklung und Dimensionierung innovativer Türmaterialien handelt es sich meistens um multifunktionale Auslegungsfragen in gruppenübergreifenden Kooperationen, z. B. thermomechanische Eigenschaften von Radstahlgefügen, Deformationsverhalten von Filtermedien und Filtertaschen, biomechanisches Verhalten von Geweben und Implantaten.



ENTWICKLUNG NEUER MATERIALIEN FÜR TÜREN UND PORTALE

Bei der Auswahl von Türmaterialien müssen mehrere Kriterien, ähnlich wie in anderen Branchen wie z. B. dem Fahrzeugbau, und Verbünde aus Materialien, die spezielle Funktionen erfüllen, bewertet werden. Dabei haben Simulationstechniken den großen Vorteil gegenüber Mess- und Prüfverfahren, dass die Bewertung ohne Herstellung von Prototypen möglich ist. Im Projekt wurden Simulationstechniken und Bewertungsmethoden speziell für die Auswahl von Türmaterialien entwickelt, die für die Dimensionierung und Optimierung von Türen hinsichtlich Wärmedämmung, Brandschutzverhalten und Einbruchhemmung eingesetzt werden können.

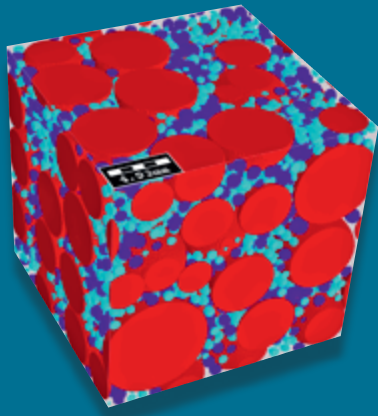
Ausgangspunkt der Optimierung war die Bündelung länderspezifischer Anforderungen in einem Kriterienkatalog. Zu diesen Anforderungen zählen neben Normen wie der deutschen Energieeinsparverordnung (EnEV) auch Handelsschranken, wie Einfuhrzölle in außereuropäische Staaten. Anschließend wurde ein korrespondierender Leistungs- und Bedarfskatalog für die Materialanforderungen erstellt, der seinerseits den Aufbau einer problemangepassten Materialdatenbank mit neuen und herkömmlichen Türmaterialien ermöglichte.

Durch Anwendung der entwickelten Simulationstechniken konnten anschließend sehr schnell die Eigenschaften von neuen und herkömmlichen Materialien ausgewertet und verglichen werden. Dabei ergab sich, dass neuartige Materialien (Dämmstoffe, Brandschutzmaterialien, faserverstärkte Kunststoffe, Verbundplatten) ein großes Potenzial bezüglich der Herstellung innovativer Türen besitzen.

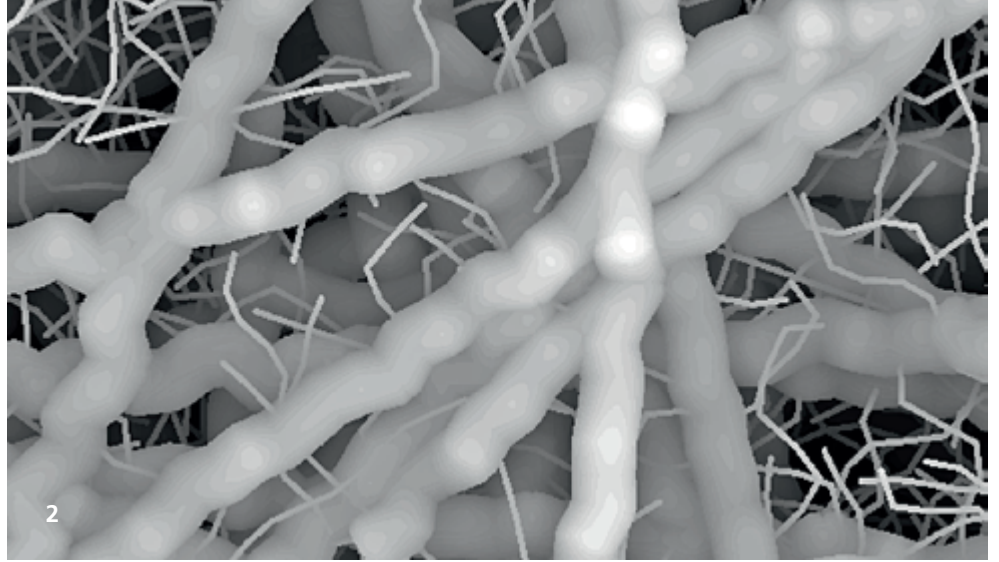
Um die Firma Biffar auch auf sich ändernde Anforderungen bzw. neue Märkte vorzubereiten, wurden ihr die am Fraunhofer ITWM entwickelten Softwaretools zur Verfügung gestellt und ihre Mitarbeiter im Umgang mit diesen geschult. Konkret befindet sich nun ein Softwaretool im Einsatz, das ausgehend vom Türdesign (Türhöhe, -breite, -rahmen) und dem Aufbau des Türblattes den U-Wert der Tür vollautomatisch gemäß DIN EN ISO 6949 berechnet. Auf diese Weise kann bereits während des Designprozesses sichergestellt werden, dass die aktuellen Anforderungen an die Wärmeisolierung erfüllt werden.

Kilian Schmidt, Dr. Ralf Kirsch, Konrad Bartkowski, Dr. Jochen Zausch, Dr. Sebastian Schmidt, Dr. Katrin Roberts, Dr. Jürgen Becker, Xingxing Zhang, Marco Buck, Priv.-Doz. Dr. Heiko Andrä, Dr. Liping Cheng, Dr. Erik Glatt, Dr. Andreas Wiegmann

Ulrich Egger, Cornelia Tillmanns, Dr. Aivars Zemitis, Dr. Zahra Lakdawala, Dr. Uldis Strautins, Dr. Dariusz Niedziela, Priv.-Doz. Dr. Arnulf Latz, Clement Zemerli, Dr. Konrad Steiner, Dr. Stephan Rief, Dr. Matthias Kabel, Inga Shklyar, Tobias Zangmeister, Iuliana Matei



1



2

MIKROSTRUKTURSIMULATION VON PAPIEREN UND DICHTEN PACKUNGEN

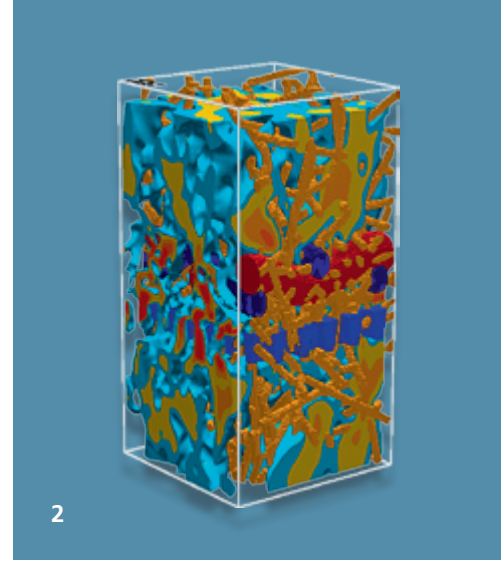
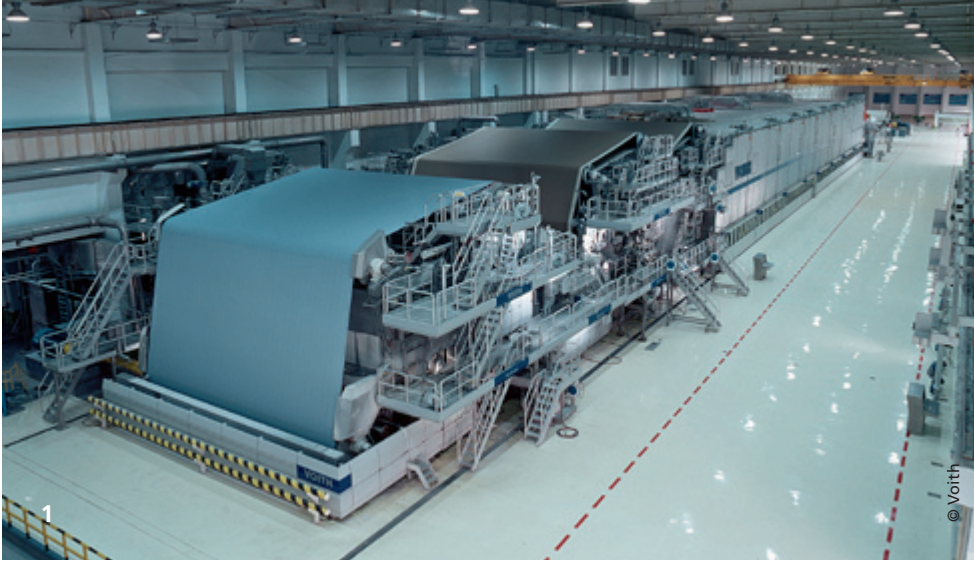
1 *Dreidimensionale Visualisierung der Kugelpackung*

2 *Visualisierung der virtuellen Papier-CT als vREM*

Existierende Materialien können durch Theorien beschrieben, durch Experimente vermessen oder durch Computertomographische 3D-Bilder (CTs) und deren Eigenschaftssimulationen charakterisiert werden. Für neue Materialien ist dabei die Gültigkeit der Theorien manchmal fraglich und die Entwicklung über Experimente an Prototypen aufwändig und teuer. Daher besteht großes Interesse, neue Materialien mittels Computersimulationen zu entwickeln. Für dieses virtuelle Materialdesign benötigt man realitätsnahe Strukturmodelle, deren zu untersuchende Variationen mit wenigen Parametern beschrieben werden. Diese Modelle können in virtuelle CTs (vCTs) umgewandelt werden.

Neben den schon länger verwendeten Modellen für Glasfasern und Sinterstrukturen wurde im letzten Jahr das Modell für Kugelpackungen verbessert und ein neues Modell für Papierfasern entwickelt. Eine Schwierigkeit bei Kugelpackungen sind starke Größenvariationen, die in der Realität, beispielsweise bei Baustoffen, gezielt zum Design von Eigenschaften eingesetzt werden, bzw. in realen Medien wie dem Füllmaterial von Staudämmen oder im natürlich auftretenden Erdreich vorkommen. Diese Größenvariationen führen dazu, dass gegebene Größenverteilungen nur mit sehr großen Kugelanzahlen nachgebildet werden. Um für diese großen Kugelanzahlen hohe Packungsdichten, d. h. Feststoffanteile von über 60 Volumenprozent zu erhalten, waren in der Vergangenheit inakzeptabel lange Rechenzeiten notwendig. Durch verbesserte Algorithmen konnten diese Zeiten auf wenige Stunden für realistische Beispiele gesenkt werden. Das Modell für Papierfasern wurde entwickelt, weil das existierende Modell gerader Fasern mit konstantem Querschnitt reale Medien aus Zellulosefasern nur ungenügend nachbilden konnte. Bei Papierfasern kommt es zu starken Schwankungen der Faserbreite, unregelmäßigen Querschnittsformen und starken lokalen Krümmungen, die im neuen Modell genau nachgebildet werden können. Auch die in Filtermedien oder auch Schreibwaren auftretenden relativ hohen Dichten sind erst durch eine Änderung des Strukturgenerierungsmechanismus möglich geworden.

Für alle vCTs, ob von Kugelpackungen, Zellulosefasern oder von anderen Materialien, sind die sich durch die Geometrie ergebenden Eigenschaften wichtig. Da sich reale CTs und vCTs im Rechner genau gleich verwenden lassen, sind alle Eigenschaftsberechnungen problemlos miteinander vergleichbar. Die einheitliche Darstellung als vCTs ermöglicht es auch, alle Eigenschaften auf allen Materialtypen auszurechnen. Alle Strukturen und Eigenschaften lassen sich mit der GeoDict-Software simulieren. Damit können alle Berechnungen auch bei unseren Partnern durchgeführt werden.



ANALYSE UND OPTIMIERUNG VON PAPIERMASCHINENBESPANNUNGEN

Die Grundprinzipien des Papierherstellungsprozesses sind heutzutage noch dieselben wie vor fast 500 Jahren. Nur sind Schöpfen, Pressen und Trocknen heute optimierte und schnelle Prozesse innerhalb moderner Papiermaschinen. Beginnend mit einer Faserstoffsuspension (1 % Feststoffgehalt) wird die entstehende Papierbahn mit einer Geschwindigkeit von bis zu 2000 m/min (120 km/h) auf Besspannungen durch die Papiermaschinen transportiert. Diese meist textilen Strukturen haben neben dem reinen Transport der Papierbahn auch die wichtige Aufgabe, die Entwässerung des Papiers zu unterstützen.

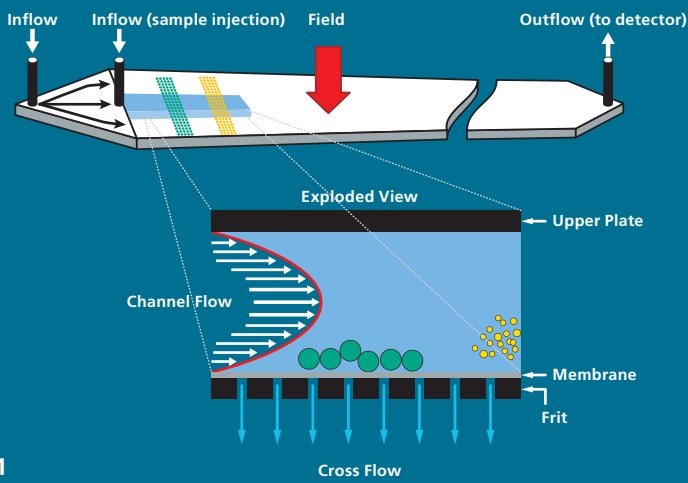
Gemeinsam mit der Firma Voith Paper Fabric and Roll Systems wird am Fraunhofer ITWM das Verhalten von Pressfilzen analysiert und simuliert. Diese Art von Besspannungen ist essenzieller Bestandteil der mechanischen Entwässerung innerhalb der Pressensektion der Papiermaschine. Die optimierte Entwässerung innerhalb der Presse reduziert den Einsatz von thermischer Energie in der Trockenpartie, was die Energiekosten deutlich senkt und die Umwelt schont.

Die mechanische Entwässerung ist ein komplexer strömungsdynamischer Vorgang, der von Effekten auf einer mikroskopischen Skala (textile Struktur) bis zur Makroskala (Presswalzen mit über 1 m Durchmesser) beeinflusst wird. Dementsprechend ist die Umsetzung auch durch eine Multiskalensimulation realisiert. Ausgangspunkt für die mikroskopische Analyse ist eine Strömungssimulation mittels der am Fraunhofer ITWM entwickelten Software GeoDict. Dabei bietet GeoDict die Möglichkeit, reale sowie auch virtuell erzeugte Pressfilzstrukturen zu analysieren.

Mit der Software NipDict kann dann auf der Makroskala eine Vielzahl von Maschinenparametern mit den aus der Mikrosimulation gewonnenen Daten kombiniert werden. Neben der reinen Entwässerungsleistung bietet diese Simulation auch einen besseren Einblick in die Dynamik der mechanischen Entwässerung, um Neuentwicklungen zu unterstützen. Die Simulation bietet neben der Analyse von existierenden Pressfilzen und Papiermaschinen auch die Möglichkeit, Innovationen im Vorfeld zu testen. Dabei gewährleistet die künstliche Generierung virtueller und neuartiger Strukturen mit der dazugehörigen Entwässerungssimulation einen technologischen Vorsprung.

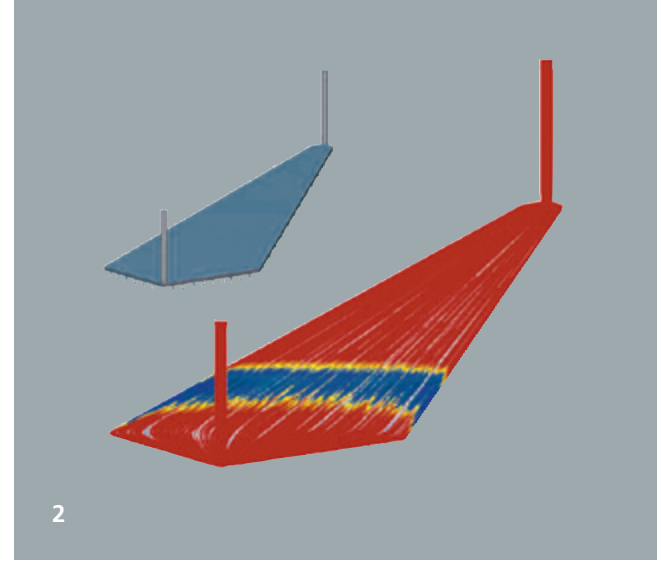
1 In den verschiedenen Sektionen einer Papiermaschine wird die Papierbahn schrittweise entwässert. Hierbei gewährleisten moderne Besspannungen eine optimale Performance.

2 Simulation einer Durchströmung eines virtuellen Pressfilzes; der Pressfilz ist dabei aus einer Faserlage (gelb), einem Gewebe (dunkelrot und dunkelblau) und einer Membran (blau) aufgebaut. In der Membran und der Gewebelage sieht man in der Darstellung deutlich die höhere Strömungsgeschwindigkeiten (rot) bedingt durch die geringere Porosität.



1

© PWyatt



2

ASYMMETRISCHE FLUSS-FELDFLUSS-FRAKTIONIERUNG

1 *Eine Skizze der Vorrichtung und des Trennungsvorgangs*

2 *Simulierter Bereich mit Darstellung der Patchlines in einer der Simulationen*

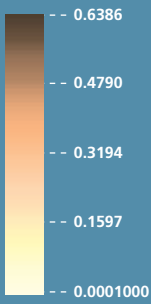
Die asymmetrische Fluss-Feldfluss-Fraktionierung, AFFFF, ist ein einfaches und robustes Verfahren zur Trennung von Nano- und Mikropartikeln in Lösungen und Dispersionen. Diese Technologie ist ausgereift und wird in großen und kleinen Unternehmen der pharmazeutischen Industrie häufig eingesetzt. Ein führendes Produkt in diesem Bereich ist ECLIPSE von der Wyatt Technology Europe GmbH. Die Konzeption des Trennsystems ECLIPSE beruht auf einer sorgfältigen analytischen Studie der Strömungsverhältnisse und der Trennung in einem Mikrokanal.

Eine weitere Verbesserung der Leistung dieser Geräte ist mithilfe mathematischer Modelle und Computersimulationen möglich. Dreidimensionale Strömungssimulationen liefern eine detaillierte Ansicht der Strömungen im Inneren des Spacers und der Partikelbewegung. Im Vergleich zu analytischen Verfahren liefern Strömungssimulationen (CFD, Computational Fluid Dynamics) bei komplexen Geometrien detailliertere Informationen. Diese Informationen ergänzen den analytischen Ansatz bei der Optimierung der Strömungsverhältnisse und helfen bei der weiteren Entwicklung des Geräts. Insbesondere erlauben Simulationen mit verschiedenen Größen und Anordnungen des Injektionsrohrs eine Untersuchung des Einflusses, den diese Parameter auf den Fokussierbereich haben.

Ein weiterer wichtiger Parameter, der den Fokussierbereich beeinflusst, ist das Verhältnis der Durchflussraten bei der Einspritzung über ein separates Rohr. In diesem Fall erlauben die CFD-Simulationen eine Untersuchung der Position des Fokussierbereichs bei allen praktikablen Verhältnissen der Durchsatzraten und den verschiedenen Formen und Größen des Spacers. Größe und Form des Fokussierbereichs beeinflussen ganz wesentlich die Trennung der Partikel in der Elutionsphase. Ihre Untersuchung ist daher für die weitere konstruktive Verbesserung der Fraktionierungseinrichtung von besonderer Bedeutung. CFD-Simulationen ermöglichen die Bewertung und Vorauswahl verschiedener Konstruktionen, ohne dass hierzu teure Prototypen gebaut werden müssen.

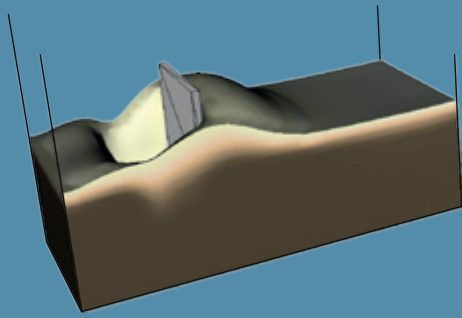
Mit CFD-Simulationen lässt sich nicht nur der Fokussierbereich, sondern auch der zeitliche Ablauf der Fraktionierung während der Elutionsphase untersuchen. Auf diese Weise kann die Flussregulierung am Einlass während der Elutionsphase optimiert werden.

Pseudocolor
Var: grainphase_density

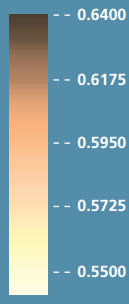


Max. 0.6386
Min. 0.0001000

1

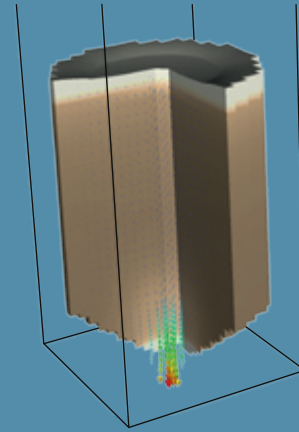


Pseudocolor
Var: grainphase_density



Max. 0.6261
Min. 0.001000

2



SIMULATIONSMETHODEN FÜR GRANULARE STRÖMUNGEN: CORHEOGRAIN

Fließende granulare Materialien sind die Grundlage vieler industrieller Verfahren. Allerdings stellen sie wegen ihrer komplexen physikalischen Eigenschaften hohe Anforderungen an die Simulation, also Modellierung und numerische Lösung. In der Modellierung ergeben sich die Schwierigkeiten aus der Notwendigkeit, physikalische Effekte wie z. B. die Stagnation und eine maximalen Packungsdichte in ein hydrodynamisches Modell zu integrieren. Die numerischen Schwierigkeiten ergeben sich aus der Komplexität und Nichtlinearität eines Modells dieser Art.

Die Gruppe Komplexe Fluide hat ein solches Modell entwickelt und im Rahmen mehrerer erfolgreicher Projekte die industrielle Nutzbarkeit aufgezeigt. Zur numerischen Lösung wurden verschiedene nichtlineare Finite-Volumen-Verfahren entwickelt. Modellierung und numerische Verfahren sind in der Software CoRheoGrain – ein Modul der CoRheoS Software Plattform – implementiert. Vom Einlesen beliebiger Geometrien bis zur Visualisierung deckt CoRheoGrain so die Simulation granularer Strömungen ab. Ein bedeutender Vorteil von CoRheoGrain im Vergleich zu partikelbasierten Verfahren wie z. B. DEM ist die Behandlung des granularen Materials als Kontinuum. Dies erlaubt die Simulation langsamer wie auch schneller granularer Prozesse mit industriell relevanten Stoffvolumen und realistischen Partikelgrößen verschiedener Granulate und Pulver im üblichen CFD-Kontext mit ähnlichen Rechenzeiten. Die mikroskopische Interaktion der Partikel wird hier Teil der Kontinuumsmodellierung. Des Weiteren ist die Parallelisierbarkeit von CFD-Verfahren sehr effektiv möglich und intensiv erforscht. Diese Ergebnisse können zur weiteren Reduktion der Simulationszeiten auf die Verfahren in CoRheoGrain direkt angewendet werden.

Im vergangenen Jahr wurde das Anwendungsfeld für CoRheoGrain noch einmal stark um die Interaktion bewegter Bauteile mit granularen Medien erweitert. Aufbauend auf ersten Erfolg versprechenden Versuchen (Bild 1) ist ein Industrieprojekt zur Simulation von Mischmaschinen mit schnell bewegten Bauteilen erfolgreich abgeschlossen worden. Hierdurch ergaben sich auch Erweiterungen für die Simulation des Strömungsverhaltens in Silos, deren Auslegung häufig noch immer hochgradig vereinfachten Zusammenhängen unterliegt. Oft werden zur Verbesserung oder Steuerung des Fließverhaltens Einbauten verwendet. Zum Beispiel bei der Optimierung der Art und Position solcher Einbauten kann die Software CoRheoGrain eine wichtige Rolle spielen. In Bild 2 wird ein einfache Variante eines solchen Silos mit Einbau gezeigt. Dieser Ansatz, sowie die vollständige Parallelisierung und die genauere Modellierung des Verhaltens von Granulaten an festen Wänden werden im nächsten Jahr die Nutzbarkeit und die Güte von CoRheoGrain Simulationen weiter verbessern.

1 Testprozess zur Visualisierung der Interaktion bewegter Bauteile mit einem granularen Medium; die Schaufel wird horizontal mit konstanter Geschwindigkeit durch das Granulat bewegt.

2 Zwischenstadium der Simulation der Leerung eines Silos durch einen unteren Auslass; das Schüttgut befindet sich zum Anfang der Simulation homogen verteilt im Silo.



BILDVERARBEITUNG

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

Abteilungsleiter

Dr. Ronald Rösch

T. 0631/3 1600-4486

ronald.roesch@itwm.fraunhofer.de



Dank der kontinuierlichen und verlässlichen Arbeit der Abteilung wird Kaiserslautern mittlerweile als wichtiger Bildverarbeitungsstandort wahrgenommen. Davon zeugen nicht nur die Berufungen des Abteilungsleiters in den Koordinationsrat der Fraunhofer-Allianz Vision und in den Beirat des Heidelberger Bildverarbeitungsforums; auch Anwender innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft wenden sich mit Bildverarbeitungsfragen vermehrt an die Abteilung; so ist das ITWM die erste Adresse für BV-Fragen in der Fraunhofer-Allianz Leichtbau.

Besonders erfreulich ist, dass im vergangenen Jahr zukunftsfähige Projekte mit mehreren lokalen Unternehmen zustande kamen; dazu zählen Wipotec Wägetechnik, Keiper, Blue Order und Glatz Feinpapiere. Damit eröffnen sich mehrere Möglichkeiten, mithilfe moderner Bildverarbeitungsmethoden die regionale Industrie zu stärken. Langjährige Erfahrung in der Entwicklung von Algorithmen und Software für die industrielle Bildverarbeitung und hier insbesondere für die Qualitätssicherung kombiniert mit neuen mathematischen Methoden fließen in die Lösung verschiedenster Prüfaufgaben ein. Klassische Bildverarbeitung wie Kantenverstärkung oder Kovarianzanalyse wird ebenso angewendet wie effiziente Algorithmen zum Bestimmen von Extrema in hochdimensionalen Räumen oder zum Bewerten der Ähnlichkeit von Bildern und Bildfolgen.

Neben den Arbeitsgruppen Signalanalyse im Bahnbereich, Oberflächeninspektion und Mikrostrukturanalyse hat sich der bildgebende Ultraschall als jüngster Arbeitsschwerpunkt der Abteilung etabliert, die methodische Vernetzung mit den anderen Schwerpunkten ist im vergangenen Jahr deutlich enger geworden. Für einen besonderen Höhepunkt sorgte diese Arbeitsgruppe mit dem Gewinn des Berthold-Preises 2009. Dieser Wissenschaftspreis der Deutschen Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e. V. wurde an Hans Rieder und Martin Spies verliehen für Entwicklung und Einsatz eines leistungsfähigen Ultraschallverfahrens zur zerstörungsfreien Prüfung u. a. von Schiffspropellern.

Mit der Analyse orts aufgelöster Spektren, primär im Kontext der Terahertztomografie, sowie der Analyse rasterelektronenmikroskopischer, elektronentomografischer und FIB-tomografischer Bilder erschloss sich die Abteilung neue Anwendungsfelder, die natürlich auch neue Problemstellungen z. B. bei der Segmentierung der für eine Analyse relevanten Bildkomponenten aufwerfen.

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

Die wichtigste Neuerung des vergangenen Jahres für die Organisation der Arbeit innerhalb der Abteilung war die Einführung des selbstentwickelten grafischen Algorithmenentwurfswerkzeugs ToolIP, das schon jetzt Entwurf, Erprobung und Optimierung von Algorithmenketten für Oberflächeninspektionsaufgaben deutlich vereinfacht. Darüber hinaus wird ToolIP aber vor allem den Methodenaustausch zwischen den Arbeitsgruppen Mikrostrukturanalyse und Oberflächeninspektion erleichtern.



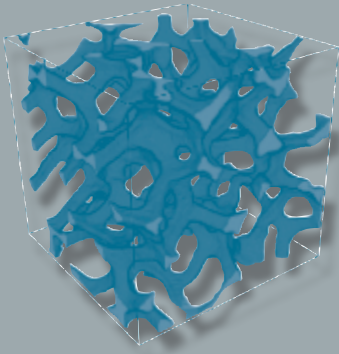
QUANTET – QUANTITATIVE ELEKTRONEN- TOMOGRAPHE

Die Mikro- bzw. Nanostruktur von Werkstoffen bestimmt maßgeblich ihre Eigenschaften. Klassische 2D-Gefügeanalyse auf der Basis lichtmikroskopischer Aufnahmen ebener Schnitte oder Anschliffe kann gerade für neue Werkstoffe oft nicht die nötige Strukturinformation liefern, da die hohe Komplexität der Gefüge nicht abgebildet wird. Auch mit der hohen räumlichen Auflösung im Rasterelektronenmikroskop (REM) oder Transmissionselektronenmikroskop (TEM) ist eine eindeutige Charakterisierung komplexer Gefüge nur bedingt möglich. Auf Basis einer Serie transmissionselektronenmikroskopischer (TEM) bzw. raster-transmissionselektronenmikroskopischer (STEM) Abbildungen in unterschiedlichen Durchstrahlungsrichtungen liefert die (S)TEM-Nanotomografie (oder Elektronentomografie) an elektronentransparenten Proben 3D-Bilddaten mit Auflösungen im Nanometer-Bereich. Damit wird quantitative Strukturanalyse für Nanopartikel, mesoporöse Materialien, Sol-Gel-Materialien, Kohlenstoffnanoröhren-Systeme, Blockcopolymere u. a. möglich. Voraussetzung ist jedoch, dass Probenpräparation und Aufnahmetechnik mit einer speziell auf diese Technik abgestimmten Bildanalyse kombiniert werden.

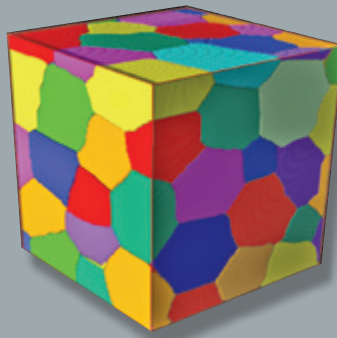
Gemeinsam mit Fraunhofer IFAM und ISC wurden die Einflüsse von Aufnahmeparametern, Rekonstruktionsverfahren, Bildverarbeitung und Segmentierung auf die Genauigkeit quantitativer Analyseergebnisse erstmals systematisch untersucht, um elektronentomografische Bilddaten von Materialstrukturen quantitativ analysieren zu können. Die speziellen Eigenschaften der mittels Elektronentomografie gewonnenen 3D-Bilddaten – geringes Signal-zu-Rausch-Verhältnis, Artefakte durch den fehlenden Kippwinkelbereich, anisotropes Gitter – stellen wider Erwarten kein großes Hindernis für die korrekte quantitative Auswertung der Bilddaten dar. Als Hauptschwierigkeit auf dem Weg zu einem weitgehend automatisierten Verfahren wurde die Segmentierung identifiziert, da die gängigsten Rekonstruktionsverfahren – gewichtete Rückprojektion und der iterative SIRT (Simultaneous Iterative Reconstruction Technique)-Algorithmus zu einer größenabhängigen Grauwertverteilung führen, wie in einer aufwändigen Simulationsstudie bewiesen werden konnte: Kleine Partikel erscheinen im Mittel dunkler als große. Dieser Effekt wird nur wenig von den Abbildungs- und Rekonstruktionsparametern beeinflusst und kann z. B. bei der Bestimmung von Partikelanzahl, Partikelgrößenverteilungen u. ä. zu systematischen Fehlern führen. Daher wurde zunächst ein Segmentierungsverfahren entwickelt, das auf Linienschnitten in manuell ausgewählten Kandidatenregionen und der Bestimmung lokaler Signal-zu-Rausch-Verhältnisse für Vorder- und Hintergrund beruht. Die korrekte quantitative Analyse auf Basis dieser manuellen Segmentierung ist mit dem 3D-Bildanalysesystem MAVI (Modular Algorithms for Volume Images) problemlos möglich. Die Segmentierung ist jedoch zeit- und damit kostenintensiv und durch den subjektiven Einfluss nur bedingt reproduzierbar. Sie muss daher durch ein automatisches Verfahren ersetzt werden.

Thomas Eckert, Rebekka Malten, Dr. Stephan Didas, Dr. Claudia Redenbach, André Liebscher, Hellen Altendorf, Hans Rieder, Priv.-Doz. Dr. Martin Spies, Franz Schreiber, Björn Wagner, Michael Godehardt, Thomas Redenbach

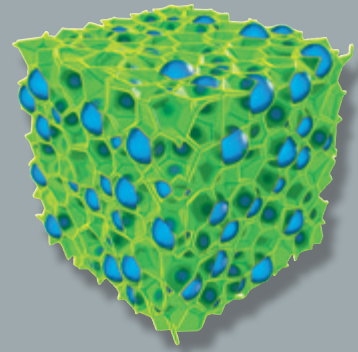
Thomas Weibel, Erwin Kraft, Henrike Stephani, Martin Braun, Dr. Oliver Wirjadi, Dr. Ali Moghiseh, Kai Taeubner, Mark Maasland, Dr. Katja Schladitz, Dr. Ronald Rösch, Markus Rauhut, Irene Vecchio, Falco Hirschenberger



1



2



3

ANALYSE UND MODELLIERUNG VON SCHAUMSTRUKTUREN

1 Ausschnitt aus der CT-Aufnahme eines offenzelligen Nickel-Chrom-Schaums der Firma Recemat

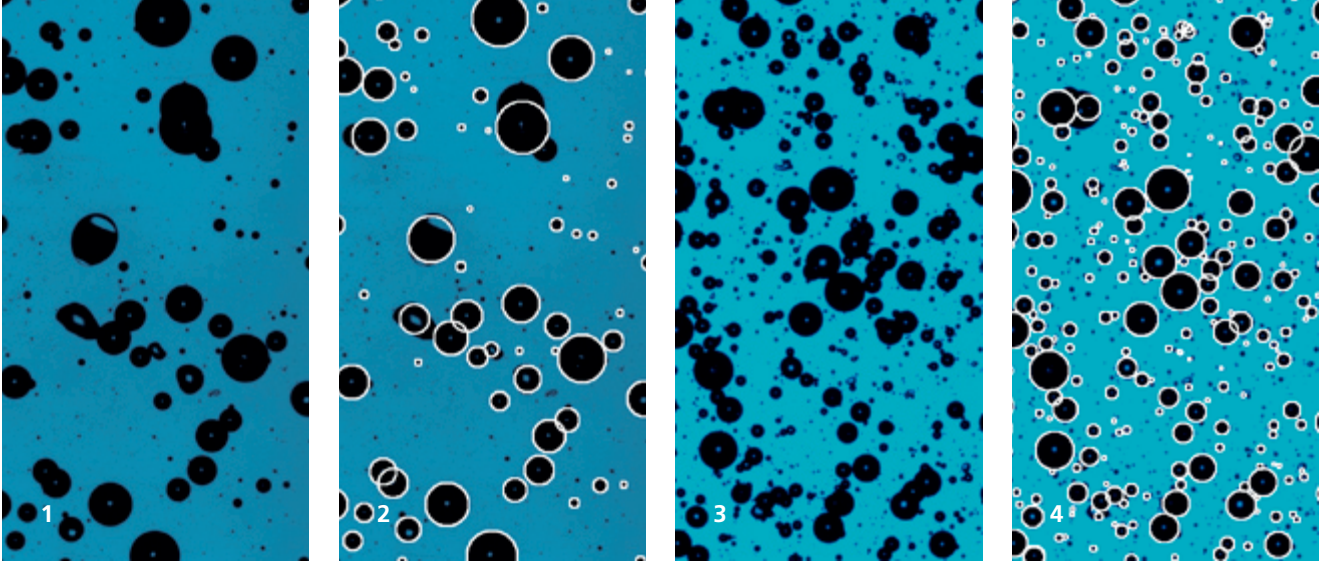
2 Rekonstruierte Schaumzellen

3 Visualisierung eines Laguerre-Mosaiks, wie es zur Modellierung von offenzelligen Schäumen verwendet wird; der erzeugende Punktprozess ist blau dargestellt, wobei die markierten Punkte als Kugeln interpretiert werden.

Poröse Materialien wie offenzellige Schäume bilden die Grundlage für viele moderne Anwendungen. Aus der Automobilindustrie sind Keramikschäume beispielsweise als Träger von Katalysatoren oder Metallschäume als leichte Stoßfänger – vor allem aus ökologischen Aspekten – nicht mehr wegzudenken. Ein weiteres großes Anwendungsfeld, unabhängig vom Material, ist der Einsatz als Filter. All diese Anwendungen profitieren von den komplexen Mikrostruktureigenschaften von Schäumen. Die daraus gefertigten Bauteile weisen eine große spezifische Oberfläche und eine hohe Verwindungssteifigkeit auf. Für die Entwicklung neuer Bauteile ist ein grundlegendes Verständnis der geometrischen Kenngrößen, wie das mittlere Zellvolumen oder die mittlere Stegdicke, notwendig. Besonders für das virtuelle Materialdesign, d. h. die Optimierung von Bauteilen durch Simulationsrechnung an Geometriemodellen, sind mittlere Kenngrößen zur Charakterisierung von Schäumen interessant. Ausgehend von einem homogenen Material erlauben sie die Generierung entsprechender stochastischer Geometriemodelle.

Die große Variabilität der Mikrostruktur von Schäumen stellt hohe Anforderungen an die Analyseverfahren. Klassische zweidimensionale Bildanalysemethoden sind nur in der Lage, einen kleinen Ausschnitt des Materials abzubilden und führen so zu verfälschten Aussagen. Als Alternative hat sich in den letzten Jahren die dreidimensionale Bildanalyse von hochaufgelösten mikrotomografischen Aufnahmen etabliert. Der erste Schritt zur quantitativen Erfassung eines Schaums stellt die modellbasierte Bestimmung der mittleren geometrischen Kenngrößen dar. Darüber hinausgehende Verteilungsgrößen können durch die Segmentierung der einzelnen Zellen, beispielsweise mittels der Wasserscheidentransformation, ermittelt werden. Erzeugt man einen markierten Hard-Core-Punktprozess, dessen Marken der Volumenverteilung des segmentierten Schaums entsprechen und verwendet ihn als Generatormenge für ein Laguerre-Mosaik, erhält man ein Geometriemodell des untersuchten Schaums. Die Eigenschaften des Modells entsprechen dabei im Mittel den Eigenschaften der untersuchten Mikrostruktur.

Viele der heute verfügbaren Methoden zur Auswertung und Modellierung von Schaumstrukturen wurden am Fraunhofer ITWM entwickelt oder verbessert. Die in der annähernd zehnjährigen Tätigkeit des Instituts auf dem Gebiet der bildbasierten Materialanalyse gesammelten Erfahrungen bilden die Grundlage für die Entwicklung der Bildanalysesoftware MAVI (Modular Algorithms for Volume Images). Speziell für die Analyse und Modellierung von Schaumstrukturen hebt sich MAVI durch die Bereitstellung eigens entwickelter Module hervor. Das grafische Entwicklungswerkzeug ToolIP erlaubt darüber hinaus die intuitive Kombination der in MAVI enthaltenen Algorithmen anhand einfacher Flussdiagramme zu neuen leistungsfähigen Methoden und vereinfacht die automatische Anwendung verschiedener Algorithmen.



BILDANALYSE VON BLASEN- UND TROPFEN-STRÖMUNGEN

Industrielle chemische Herstellungsverfahren unterliegen einer Vielzahl von Prozessparametern wie etwa Temperatur, Druck, Strömungsgeschwindigkeit etc., deren genaue Regelung einen starken Einfluss auf die Qualität des Endproduktes haben kann. Die zuverlässige Erfassung von Partikelgrößen stellt den ersten Schritt dar, um Prozessparameter so regeln zu können, dass bestimmte vorgegebene Größenverteilungen im laufenden Prozess eingestellt und garantiert werden können. An dieser Aufgabenstellung setzt das Projekt ILBAS (Inline-Bildanalyse von Blasen- und Tropfenströmungen) der Abteilung zusammen mit der BASF SE in Ludwigshafen und dem Lehrstuhl für Thermische Verfahrenstechnik der TU Kaiserslautern an: Projektziel ist die Erfassung von Partikelgrößenverteilungen von Blasen, Tropfen und Feststoffen mit Bildverarbeitung.

Am Lehrstuhl für Thermische Verfahrenstechnik wurde hierzu ein Versuchsaufbau konstruiert, der die Erstellung von Aufnahmen für unterschiedliche Stoffe, Stoffkonzentrationen, Durchflussgeschwindigkeiten und Aufnahmebedingungen ermöglicht. Zahlreiche Versuche mit Wasser und Öl lieferten große Mengen an Aufnahmen im Auf- und Durchlicht. Im Durchlicht werden Tropfen mit sehr hohem Kontrast und großer Schärfe abgebildet. Allerdings eignet sich dieses Aufnahmeverfahren nur für Öl-Konzentrationen bis ca. 10 %, da höhere Konzentrationen dazu führen, dass nahezu der komplette Bildbereich mit schwarzen Tropfen überdeckt ist. Im Auflicht kann man auch bei höheren Konzentrationen auswertbare Aufnahmen machen, die dann jedoch ungleich höhere Herausforderungen für die Bildverarbeitung darstellen. Am Fraunhofer ITWM wurden Algorithmen entwickelt, die für Durchlichtaufnahmen eine Schätzung der Radienverteilung nahezu kreisförmiger Partikel erlauben. Hierzu wurden mehrere Vorgehensweisen zur Kreisdetektion genutzt, etwa mittels einer Distanztransformation oder der sogenannten Hough-Transformation. Beiden Verfahren ist gemeinsam, dass potenzielle Kreismittelpunkte sich als Maxima in einem aus den Aufnahmen berechneten Datensatz zeigen. Damit ist in einem gewissen Rahmen auch die robuste Behandlung und Detektion überlappender Kreisformen möglich. Um je nach bekannten Prozessparameter möglichst realistische Ergebnisse liefern zu können, wurden für kleinere und mittlere Konzentrationen zwei verschiedene Algorithmen entwickelt. Bei der Implementierung und Evaluation konnte sich das ITWM dabei auf die hauseigene umfangreiche Algorithmenbibliothek stützen und diese auf spezielle Anwendungen hin erweitern. Mittels der graphischen Repräsentation mit dem Programm ToolIP konnten schnell entsprechende Prototypen entwickelt werden.

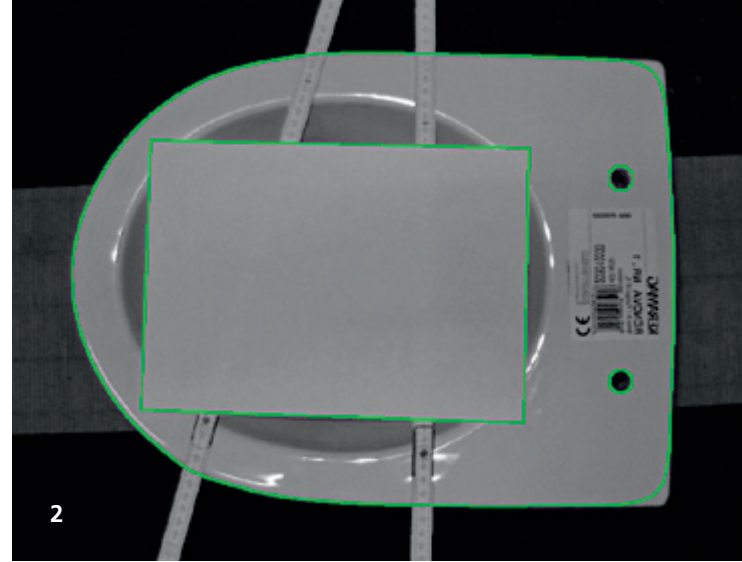
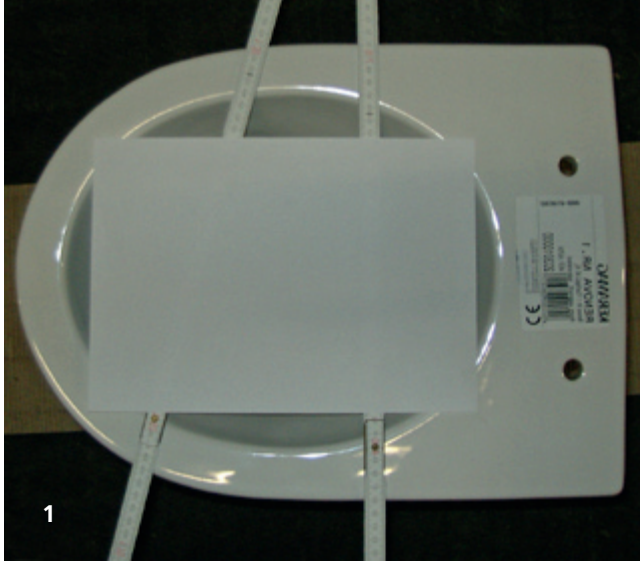
Das Projekt wird im Center for Mathematical and Computational Modelling mit dem Lehrstuhl für Thermische Verfahrenstechnik weitergeführt. Ziel der weiteren Arbeiten ist die Evaluation von Auflicht-Aufnahmen und die Betrachtung allgemeinerer Formen als der Kreisform.

1 *Aufnahme mit niedriger Konzentration*

2 *Resultat zu 1*

3 *Aufnahme mit mittlerer Konzentration*

4 *Resultat zu 3*



PASSFORMGENAUE WC-SITZE

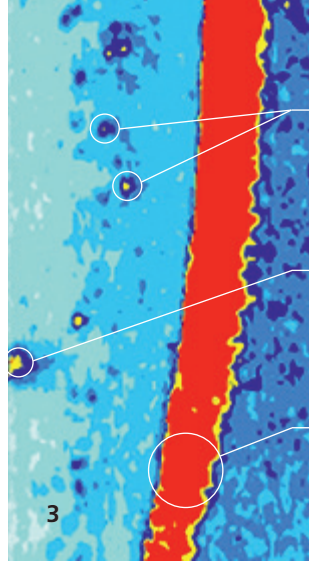
1 *Ideales Foto zur Berechnung der Kontur der Keramik*

2 *Keramik mit gefundenen Blatt-Kanten, den Löchern und der äußeren Kontur*

Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung einer Software für die Firma Hamberger Sanitary, die durch ein digitales Foto von einer Toilettenkeramik passende WC-Sitze in einer Datenbank findet. Toilettenkeramiken werden in Tonformen gebrannt und unterliegen produktionsbedingt starken Formschwankungen. Dies erschwert den Kauf eines passenden WC-Sitzes. So können im Abstand der Befestigungslöcher Abweichungen von bis zu 2 cm vorkommen, da die Löcher manuell in die noch nicht ausgekühlte Keramik gestochen werden. Eine weitere Hürde sind die unterschiedlichen Designs: So gibt es rechteckige, runde oder auch spitze Keramik-Grundformen. Die Zielsetzung geht also dahin, den Kunden beim Kauf eines WC-Sitzes zu unterstützen. Das umständliche Vermessen von Länge, Breite und Lochabstand der Keramik entfällt dabei auf Seiten des Kunden vollständig. Er muss lediglich ein digitales Foto der Keramik ohne Sitz mit einer gewissen Mindestauflösung und einem aufgelegten A4-Blatt zur Verfügung stellen.

Ausgehend eines solchen Bildes der Keramik werden die beiden Löcher sowie die Kanten des A4-Blattes mittels spezieller Hough-Transformationen gefunden. Das gesamte Bild wird nun unter Nutzung der bekannten Längenverhältnisse und Winkel des A4-Blattes geometrisch transformiert, so dass idealerweise eine perfekte Aufsicht abgebildet wird. Die größte Herausforderung liegt in diesem Projekt bei der korrekten Lokalisierung der äußeren Keramikkontur, da Licht- und Kontrastverhältnisse sowie die genaue Position und Orientierung der Keramik grundsätzlich nicht bekannt sind. Hier werden bestehende Symmetrien und Eigenschaften der Keramikkontur – wie z. B. deren Krümmungsrichtung – ausgenutzt. Für die abschließende Auswahl eines WC-Sitzes wird dann ein Abgleich zwischen der gefundenen Kontur und Konturen aus der Datenbank durchgeführt.

Die Applikation wird zunächst von den Mitarbeitern der Firma Hamberger Sanitary genutzt, die somit durch ein einfaches (Handy-)Foto einer Keramik entscheiden können, ob und welche ihrer WC-Sitze geeignet sind. Der größte Nutzen ergibt sich jedoch aus der Einbindung der Software auf der Firmen-Webseite. Die bisherige Version der Firma Hamberger Sanitary präsentierte nach der Eingabe von Länge und Breite der Keramik und des Lochabstandes eine dementsprechend grobe Auswahl passender WC-Sitze. Dieses Angebot wird durch die entwickelte Software stark verbessert, indem die Kontur der Keramik in die Suche mit einbezogen wird.



Anzeige von Einschlüssen, unkritisch

Ankoppelfehler

Rückwandanzeige

BILDGEBENDE ULTRASCHALLPRÜFUNG AN SCHIFFSPROPELLERN

Viele Propellerschäden entstehen ohne direkte äußere Einwirkungen, sondern resultieren aus Produktions- und Reparaturfehlern. Während des Abgusses der Rohlinge, die ein Gewicht von bis zu 160 Tonnen erreichen, können beispielsweise Turbulenzen zu Sandeinschlüssen und Poren führen. Der heutige Stand der Technik besteht in der Überwachung und strikten Befolgung einer bewährten Schweißprozedur sowie der anschließenden Farbeindringprüfung, um Oberflächenfehler sichtbar zu machen. Liegen Fehlstellen jedoch innerhalb des Werkstückes, sind andere effektive zerstörungsfreie Prüfverfahren gefragt.

Gemeinsam mit der Germanischen Lloyd AG in Hamburg als Klassifikationsgesellschaft und mit dem Propellerhersteller Wärtsilä Propulsion Netherlands in Drunen hat der Bereich Ultraschall-Imaging ein leistungsfähiges bildgebendes Ultraschallverfahren zur zerstörungsfreien Prüfung solch komplexer Bauteile zur Einsatzreife gebracht. Das zur Prüfung von Schiffspropellern entwickelte Konzept kann auch an anderen komplexen Bauteilen aus schwer prüfbaren Werkstoffen eingesetzt werden, wie z. B. an Off-Shore-Komponenten aus Duplexstählen. Im Hinblick auf die spezifischen Material- und Bauteileigenschaften und deren Einfluss auf die Ultraschallausbreitung musste das tomographische Verfahren SAFT (Synthetische Apertur Fokus Technik) modifiziert werden: SAFT++ nutzt die während des Scan-Vorgangs mittels mechanischem Weggeber oder per Luftultraschall abgetastete Oberflächenkontur zur korrekten Bestimmung des Rekonstruktionsvolumens; darüber hinaus wird der Schallschwächung im Rahmen einer Vorverarbeitung der HF-Daten Rechnung getragen. Dieses weiterentwickelte bildgebende Verfahren zur Fehlerabbildung wurde an einer ganzen Reihe von Wärtsilä Propulsion Netherlands zur Verfügung gestellten Testkörpern und -flügeln experimentell validiert. Das Verfahren nutzt eine mobile Scan-Einrichtung und ein applikationsspezifisch entwickeltes Ultraschall-Prüfsystem mit getrennten Programmen für Datenerfassung, Rekonstruktion, Visualisierung und Manipulation. Im Hinblick auf Praktikabilität optimiert, wurde die Effizienz des Verfahrens in einer ganzen Reihe von Vor-Ort-Prüfungen bei Propellerherstellern, auf Deck und im Trockendock mit einer Gesamtzahl von bisher 36 Propellerflügeln unter Beweis gestellt. Eine große Herausforderung stellten dabei die gegenüber den Messungen im Labor wesentlich schwierigeren Arbeitsbedingungen und Umwelteinflüsse an den verschiedenen Einsatzorten dar: Bronze- und Silikatstäube in der Gießerei; Feuchtigkeit, Spritzwasser, Chemikalien und Farnebel von Lackiereinrichtungen bei der Überholung von Schiffen im Trockendock.

Die im Bereich Ultraschall-Imaging zur Verfügung stehenden Simulationsmethoden und Verfahren zur Ultraschall-Tomographie werden am ITWM in ähnlicher Weise zur Verbesserung der Fehlerprüfung an einer Vielzahl von Bauteilen und Materialien eingesetzt.

1 + 2 Prüfung eines montierten Propellers im Trockendock mit der senkrecht fixierten Scan-Einheit

3 Ein repräsentatives Ergebnis der SAFT-Rekonstruktion, in dem die Rückwand und mehrere kleinere Einschlüsse zu erkennen sind



SYSTEMANALYSE, PROGNOSE UND REGELUNG

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

Abteilungsleiter

Dr. Patrick Lang

T. 0631/3 1600-4639

patrick.lang@itwm.fraunhofer.de



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

Der Themenschwerpunkt Dynamische heterogene Netzwerke beschäftigt sich mit der Modellierung und Analyse komplexer vernetzter Systeme. Fehlerkontrollierte gemischt symbolisch/numerische Modellreduktionsverfahren bilden hierbei den Schlüssel für ein tieferes Systemverständnis und eine effiziente Simulation. Derzeit werden diese Methoden für die explizite Berücksichtigung von Parameterschwankungen weiterentwickelt – ein Feature, das gerade beim Design nanoelektronischer Anwendungen zunehmend an Bedeutung gewinnt.

Im Bereich Monitoring und Regelung steht der modellbasierte Regler- bzw. Beobachterentwurf im Zentrum der Aktivitäten. Methodisch spielen robuste Kontrollstrategien, lernende iterative Regelungsansätze, Model Predictive Control und neuronale Regler eine wichtige Rolle. Aktuelle Anwendungen liegen in der Reglerauslegung zur aktiven Schwingungsdämpfung und dem Conditional Monitoring großer technischer Anlagen.

Mission der Entscheidungsunterstützung in Medizin und Technik ist die Hilfestellung bei komplexen Diagnose- und Entscheidungsfindungsprozessen. Hierzu kommen Methoden der multivariaten Statistik, der Zeitreihenanalyse, des Data Mining, der Fuzzy-Logik und grafische Explorationstechniken zum Einsatz. Ein aktueller Schwerpunkt ist die Entwicklung einer Data Mining Suite, die eine einfache Anpassung und Handhabung für unterschiedliche industrielle Produktionsprozesse erlaubt.

Im Bereich Prognose von Produkt- und Materialeigenschaften werden mittels messdatenbasierter Methoden Modelle zur Vorhersage, Klassifikation und Simulation bestimmt. Mittels geeigneter Analyseansätze lässt sich aus den identifizierten Modellen ein erweitertes Systemverständnis generieren, wobei neben experimentellen Versuchsdaten zunehmend auch Simulationsdatenbanken für die Modellerstellung verwendet werden. Eingesetzt werden diese Verfahren unter anderem bei der Vorhersage von Lebensdauer kennwerten von Automobilbauteilen und der Prognose des Restfehlergehaltes von Softwarebausteinen.

Der Schwerpunkt Multiskalen-Strukturmechanik befasst sich mit der Entwicklung und Umsetzung numerischer Algorithmen für Festkörpermechanische Probleme bei Materialien, die neben einer komplexen multiskaligen Struktur auch komplizierte zeitvariante Stoffgesetze aufweisen. Durch Anwendung asymptotischer Homogenisierungstechniken lassen sich Festigkeit und Lebensdauer unter Ermüdung, Kontaktprobleme bei mikrorauen Oberflächen, Kriechen, schlagartige Belastungen und Verschleiß berechnen. Ein aktueller Anwendungsschwerpunkt ist die Berechnung mechanischer Eigenschaften für textile Gewebestrukturen.

Die Finanzkrise hat die industrielle Projektakquisition gerade bei kleinen und mittelständischen Unternehmen erschwert, insgesamt konnte das Berichtsjahr aber durchaus erfolgreich abgeschlossen werden. Die Abteilungsaktivitäten im Umfeld der Computational Biology und der personalisierten Medizin wurden durch neue Projektaktivitäten und neu begonnene Promotionsthemen weiter verstärkt.



AUTOMATISIERTES ROBUSTES REGLERDESIGN ZUR AKTIVEN SCHWINGUNGSDÄMPFUNG

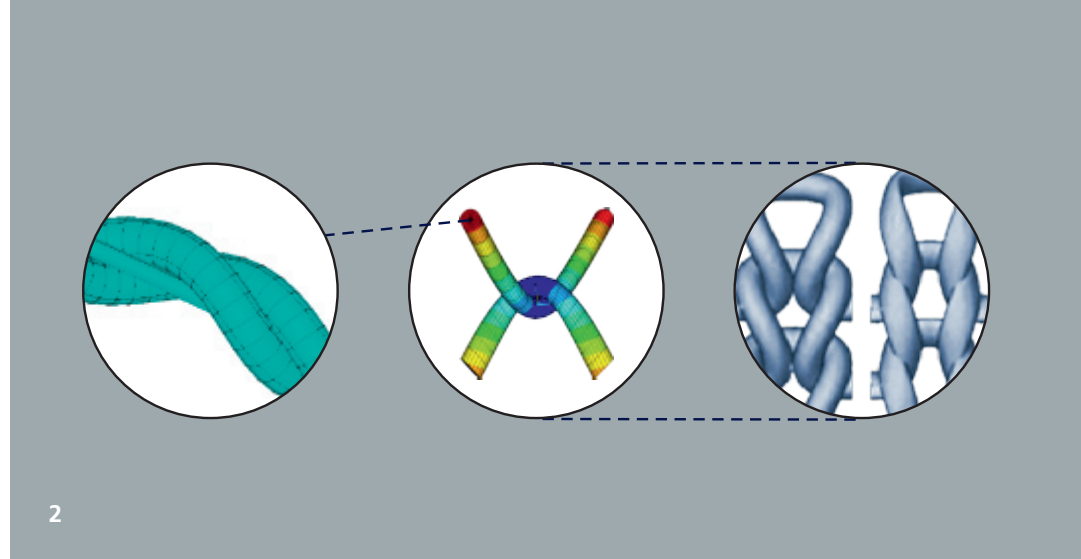
Das Reglerdesign spielt bei der Auslegung eines aktiven Schwingungsdämpfungssystems eine wesentliche Rolle. Nur im optimalen Zusammenspiel zwischen Struktur und Regler kann die bestmögliche Dämpfung erzielt werden. Das führt in der Designphase zu einem Wechselspiel zwischen Strukturoptimierung und Reglerauslegung für die jeweilige Struktur. So sind bei der iterativen Optimierung der aktiven Struktur z. B. geänderte Aktor- oder Sensorpositionen zu berücksichtigen. Während für die Strukturmodellierung Tools wie z. B. ANSYS oder ADAMS zum Einsatz kommen, eignet sich für das Reglerdesign das CAE-Tool Matlab. Es stellt u. a. eine Vielfalt an universell einsetzbaren Funktionen für verschiedenste Regelkonzepte zur Verfügung. Für das jeweilige Kontrollproblem sind geeignete Funktionen auszuwählen und die jeweilige Regelkreisbeschreibung in jeder Iteration an diese anzupassen.

Im Auftrag der Volkswagen AG wurde eine Matlab-Toolbox für automatisiertes Reglerdesign zur aktiven Schwingungsdämpfung unter Berücksichtigung nichtlinearen Aktorverhaltens entwickelt. Während die Nichtlinearität mit einem Präkompensator invertiert wird, erfolgt die eigentliche aktive Schwingungsdämpfung mit einem für die jeweilige mechanische Struktur zu optimierenden modellbasierten linearen Regler. Um die Arbeit des Entwicklers auf die wesentlichen Arbeitsschritte der Strukturoptimierung und das Design des linearen Reglers zu begrenzen, werden die für das Reglerdesign in Matlab notwendigen Systemanpassungen gesteuert über eine grafische Benutzeroberfläche (GUI) im Hintergrund automatisiert durchgeführt.

Zunächst wird das Systemmodell aus dem bei Volkswagen eingesetzten Modellierungstool exportiert. Aus den Datenfiles werden Simulinkmodelle des offenen und geschlossenen Regelkreises erstellt sowie die Parameter eines Zustandsraummodells des linearen physikalischen Teilsystems ermittelt. Zur Modellvalidierung können Simulationen des ursprünglichen Simulators, des Simulinkmodells des offenen Regelkreises und des vereinfachten Zustandsraummodells miteinander verglichen werden. Anschließend können Aktor- und Sensorpositionen sowie die zu dämpfenden Schwingungsgrößen ausgewählt und das resultierende Übertragungsverhalten analysiert werden. Unter Berücksichtigung der in Form von Gewichtungsmatrizen vom Benutzer einstellbaren gewünschten Frequenzbereichseigenschaften für die Regelenergie und das Schwingungsdämpfungsverhalten wird dann ein modellbasierter Regler berechnet. Zeit- und Frequenzbereichsanalysen des geschlossenen Regelkreises des linearen Teilsystems sowie Simulationen des geregelten nichtlinearen Gesamtsystems, gesteuert und visualisiert über die GUI, liefern dann dem Entwickler die wesentlichen Informationen über das Dämpfungsverhalten der ausgelegten aktiven Struktur.

*Oliver Schmidt,
Dr. Alexander Dreyer,
Alberto Venturi, Matthias
Hauser, Alexander Nam,
Dr. Julia Orlik, Anna
Shumilina, Annette
Krengel, Dr. Jan Hauth*

*Dr. Alex Sarishvili, Richard
K. Avuglah, Christian
Salzig, Dr. Andreas Wirsen,
Dr. Patrick Lang, Dominik
Stahl, Hans Trinkaus,
Dr. Hagen Knaf*



MODELLIERUNG UND SIMULATION EFFEKTIVER MECHANISCHER EIGENSCHAFTEN VON FASERSTRUKTUREN UND TECHNISCHEN TEXTILIEN

1 Mikrostruktur einer Bandage

2 Multiskalen-Simulation für gestrickte Textilien

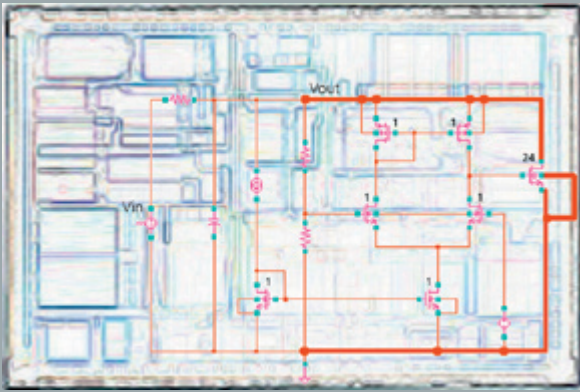
Im Fokus dieser Forschung und Entwicklung steht die mechanische Mehrskalmodellierung und -simulation von Textilien und Fasermaterialien mit heterogener Mikrostruktur unter besonderer Berücksichtigung des Kontakts zwischen den einzelnen Fäden. Das Problem wird dabei durch die unterschiedlichen geometrischen Längenskalen so komplex, dass eine direkte numerische Simulation nicht mehr möglich ist. Für eine effektive Berechnung ist stattdessen ein Mehrskalenzugang erforderlich.

Die zur Anwendung kommende asymptotische Homogenisierungsmethode wurde daher für die mechanische Analyse von Kontaktproblemen in einer textilen Mikrostruktur erweitert und leitet nun hierfür ein effektives phänomenologisches Materialgesetz her. Dieses effektive Konstitutivgesetz wird über eine Reihe von periodischen Hilfskontaktproblemen auf einer Einheitszelle aus der Textilmikrostruktur ermittelt und ist aufgrund des Kontaktes zwischen den Fäden elasto-plastisch und nichtlinear.

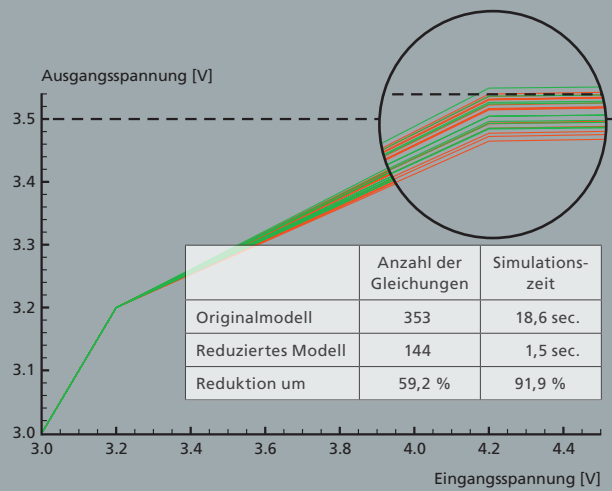
Bei der numerischen Umsetzung der entsprechenden Berechnungsalgorithmen für die Mehrskalprobleme wird ausgenutzt, dass der Quotient aus Durchmesser und Länge der Fasern und Garne in den Textilstrukturen sehr kleine Werte annimmt. Zusammen mit der Einführung weiterer asymptotischer Betrachtungen hinsichtlich des Garndurchmessers lassen sich die ursprünglich dreidimensionalen periodischen Hilfskontaktprobleme auf der Textilmikrostruktur in der Dimension reduzieren und die Gesamtverformung lässt sich letztlich als Superposition von Zug, Biegung und Torsion eindimensionaler Balken berechnen.

Als Werkzeug zur Simulation einer repräsentativen Strukturzelle eines Textils kann die Finite-Element-Methode dienen, die mit Balkenelementen umgesetzt und für die Behandlung von Fadenkontaktproblemen in dem speziell am ITWM entwickelten Softwarepaket FiberFEM erweitert und implementiert wurde. Als Eingangsgrößen benötigt FiberFEM neben der Mikrostrukturbeschreibung des betrachteten Textils die Faserquerschnittsgeometrie sowie mechanische Faserparameter, wie Zugsteifigkeit, Festigkeit, Lebensdauer und Reibung. Als Output werden die effektiven mechanischen Textilgrößen zurückgegeben.

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.



1



2

HIERARCHISCHE SIMULATION NANOELEKTRO- NISCHER SYSTEME ZUR BEHERRSCHUNG VON PROZESSSCHWANKUNGEN

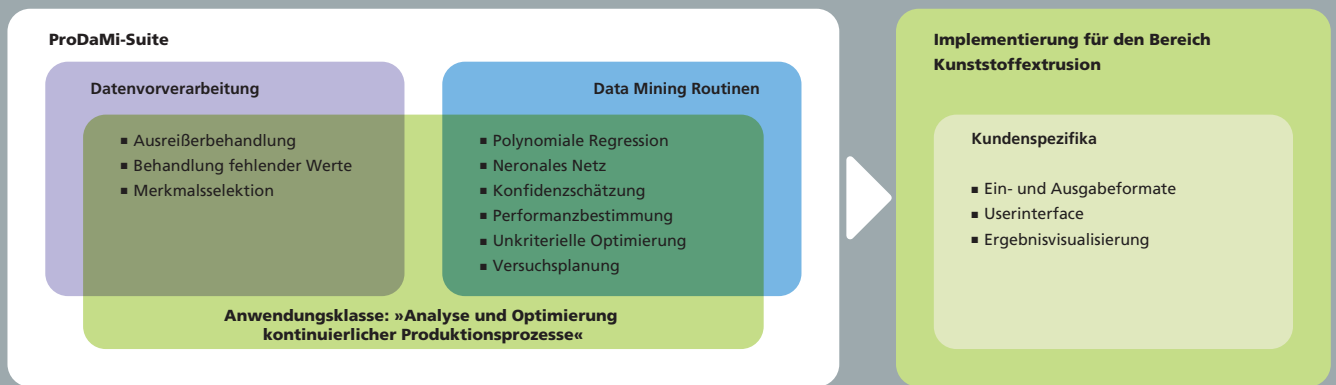
Mit dem Übergang von der Mikro- zur Nanoelektronik kann die Kontrolle von Produktionstoleranzen mit der Verringerung der Halbleiterbauteilgrößen nicht mehr Schritt halten. Dies führt zu einem drastischen Anstieg der relativen Parameterschwankungen im System und zu einem erhöhten Anteil an Schaltungen mit einem Systemverhalten außerhalb gewünschter Spezifikationen. Das Ziel der MAVO HIESPANA ist daher die Unterstützung des Entwicklers beim Entwurf robuster Schaltungen, um so den Ausschuss an defekten Schaltungen zu minimieren. Dabei ist die Aufgabe des ITWM die Behandlung statistischer Prozessschwankungen auf Systemebene, um entscheidende Beiträge zur Optimierung nanoelektronischer Systeme zu liefern.

Zur Erstellung eines symbolischen Verhaltensmodells mit Parametertoleranzen auf Systemebene müssen neben Netzlisten und Parametern auch deren Verteilungen aus den Bauteil- und Schaltungsinformationen extrahiert werden. Das wurde durch eine Erweiterung der Schnittstelle zwischen dem EDA-Tool Cadence und der ITWM-eigenen Software Analog Insydes erreicht. Diese Schnittstelle ermöglicht die Handhabung stetiger und diskreter Verteilungen aus Messungen von korrelierten und unkorrelierten Parametern. Die generierten symbolischen Modellgleichungen mit Parameterunsicherheiten können zur Großsignal-, Kleinsignal- sowie zur Transientsimulation oder Sensitivitätsanalyse genutzt werden. Des Weiteren bietet Analog Insydes die Möglichkeit, die Modellgleichungen unter Berücksichtigung der Parameterverteilungen mit symbolisch-numerischen Verfahren zu reduzieren. Dazu werden Daten aus einer Sensitivitätsanalyse verwendet, um zeitaufwändige Monte-Carlo-Simulationen zu vermeiden. Außerdem stehen statistische Fehlerfunktionen zur Verfügung, die einen Vergleich von Verteilungen statt einzelner Nominalwerte ermöglichen und somit eine gute Approximation des Originalsystems garantieren. Dabei bleibt die symbolische Form sowie das statistische Verhalten des Modells erhalten. Das gewonnene Verhaltensmodell ermöglicht wegen der stark reduzierten Komplexität eine effizientere Bearbeitung, signifikant schnellere Simulationen und zusätzliche Einsicht in die Auswirkungen von Schwankungen der relevanten Parameter auf das Systemverhalten.

Als Beispiel eines Systems mit Parametertoleranzen wird hier ein Spannungsbegrenzer betrachtet, der die Ausgangsspannung auf 3,5 Volt begrenzen soll. Dabei sind die Dimensionierungen der sieben MOSFET-Transistoren sowie die zwei Widerstände des Spannungsteilers toleranzbehaftet. Durch die symbolisch-numerische Reduktion wurden im System 69 % aller Terme und 59 % der Gleichungen gestrichen. Dies verkürzte die Simulationszeit auf weniger als ein Zwölftel, ohne das Verhalten der Ausgangsgröße erkennbar zu verändern oder Systemparameter zu verlieren.

1 *Schaltung eines Spannungsbegrenzers*

2 *Das Ergebnis einer Monte-Carlo-Simulation des Referenzmodells (grün) und des reduzierten Modells (rot) zeigt, dass beide Modelle bei steigender Eingangsspannung die Ausgangsspannung auf etwa 3.5 Volt begrenzen*



1

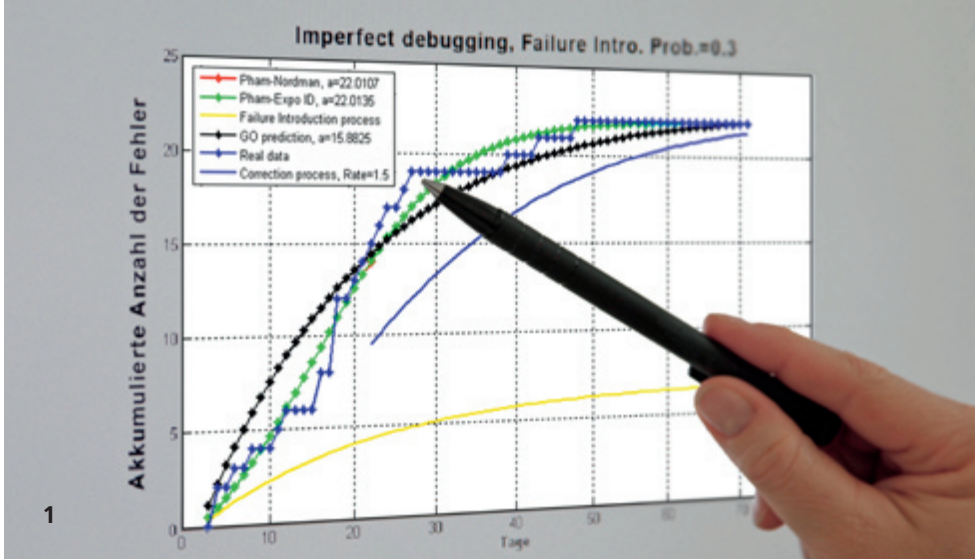
PRODAMI: DATA-MINING-WERKZEUGE FÜR DEN EINSATZ IN PRODUKTION UND FERTIGUNG

1 Realisierung eines Data-Mining-Werkzeugs aus der ProDaMi-Suite

In modernen Produktions- und Fertigungsanlagen werden heute in großem Umfang Betriebs- und Qualitätsdaten erfasst. Vor dem Hintergrund wachsender Anlagenkomplexität sowie einem Trend zu dynamischen Anlagenstrukturen, der durch häufigeren Produktwechsel verursacht wird, stellen Data-Mining-Verfahren eine leistungsfähige Unterstützung beim Fällen operativer oder planerischer Entscheidungen dar. Trotzdem nutzen nach Umfragen von KDnuggets nur etwa 10 % der befragten Unternehmen regelmäßig Methoden des Data Mining zur technischen oder betriebswirtschaftlichen Analyse und Interpretation ihrer Anlagendaten. Gründe hierfür sind sicher in den hohen fachlichen Anforderungen zu finden, die das Data Mining an die jeweiligen Anwender stellt, aber auch in der Komplexität der erfassten Daten selbst. Dies hat im Bereich der Software einen Trend weg von Data-Mining-Workbenches hin zu sogenannten Packaged Solutions ausgelöst – maßgeschneiderten Werkzeugen, deren Nutzung nur geringes, klar begrenztes Spezialwissen erfordert.

Das Projekt ProDaMi der drei Fraunhofer-Institute IOSB, IPK und ITWM adressiert diesen Trend: Die Zusammenstellung einer Bibliothek von im Produktionsumfeld relevanten und z. B. hinsichtlich Robustheit oder Bedienbarkeit gut geeigneten Mining-Routinen soll die Projektpartner in die Lage versetzen, effizient maßgeschneiderte Lösungen für den Einsatz in Fertigung und Produktion zu entwickeln. Hierzu deckt die Bibliothek den Mining-Prozess von der Datenvorverarbeitung bis zur Gütebewertung der Ergebnisse algorithmisch ab, umfasst aber zusätzlich auch eine detaillierte Dokumentation z. B. praxisrelevanter Parametrierungen der Routinen. Implementierungen einer konkreten Applikation können in verschiedenen Programmiersprachen erfolgen. Aktuell sind C++, Matlab und Java möglich.

Die Entwicklung der Bibliothek selbst erfolgt auf der Basis von sechs ausgewählten Demonstratoranwendungen: Optimierung des Glasziehprozesses, Analyse von Kennwertkorrelationen in Fertigungsanlagen, Condition Monitoring chemischer Produktionsanlagen, Unterstützung in der Stammdatenerfassung und Prozessführung von Aquifergasspeichern. Die Abteilung steuert einen Demonstrator für den Anwendungsbereich Analyse und Optimierung kontinuierlicher Produktionsprozesse bei; in diesem Bereich ist etwa die Kunststoffextrusion angesiedelt. Der Demonstrator selbst erlaubt die Analyse der Abhängigkeit zwischen Prozess- und Qualitätsparametern des betrachteten Prozesses und ermöglicht damit eine Verbesserung der Produktqualität. Weiter unterstützt er die effiziente Planung von Messungen zur Erstellung von Prozessmodellen hoher Güte bei beschränktem Datenvolumen.



ZUVERLÄSSIGKEITSANALYSE UND DIE OPTIMALE PLANUNG EINES SOFTWARE-TESTPROZESSES

Softwareproduzierende Unternehmen benötigen eine Antwort auf die Frage: Wie muss die Qualitätssicherung einer zu erstellenden Software geplant und durchgeführt werden, um ein betriebswirtschaftlich optimales Produkt zu liefern? Betriebswirtschaftlich optimal bedeutet hier, dass die Summe aus den Kosten für Qualitätssicherungsmaßnahmen und den Kosten für die Folgen nicht gefundener Fehler möglichst klein ist. Die Beantwortung dieser Frage war Gegenstand des BMBF-Projektes Testbalance; das Konsortium bestand aus den Industriepartnern T-Mobile, SAP, Imbus AG und den beiden Fraunhofer-Instituten IESE und ITWM.

1 *Vorhersage des Restfehlergehalts bzw. der Zuverlässigkeit eines Softwareprodukts während des Testprozesses*

Ein wesentlicher Beitrag für die Lösung des oben beschriebenen Optimierungsproblems und Hauptaufgabe des ITWM in dem Projekt war die Abschätzung des Restfehlergehalts bzw. der Zuverlässigkeit eines Softwareprodukts während des Testprozesses. Hierzu können prinzipiell sowohl auf den Fehlerauftrittszeiten basierende dynamische Fehlermodelle als auch auf Softwaremetriken basierende statische Fehlerprognosemodelle eingesetzt werden. Insbesondere wurden auch Möglichkeiten zur Kopplung der statischen mit den verlaufdatenbasierten dynamischen Prognosemodellen (Software Reliability Growth Modelle, SRG) untersucht.

Trotz einer Vielzahl existierender Zuverlässigkeitswachstumsmodelle ist es in der Praxis nur schwer möglich, a priori zu entscheiden, welches Modell eine gute Vorhersage liefern wird. Auch die zeitliche Konstanz der Vorhersageperformance ist meist nicht gegeben. Die subjektiven Entscheidungen, die letztlich zur Auswahl eines bestimmten Prognosemodells führen, erweisen sich aufgrund der Komplexität der zugrunde liegenden Ausfallprozesse häufig als suboptimal. Dieses Modellwahlproblem lässt sich mit dem Bayesian Model Averaging (BMA)-Ansatz angehen. Dabei werden die Einzelmodellvorhersagen der SRG mit den jeweiligen a posteriori-Modellwahrscheinlichkeiten gewichtet und dynamisch zu einer BMA-Modellvorhersage aufsummiert. Die SRG-Modelle aus der implementierten Modellbibliothek und der BMA-Algorithmus wurden auf Testdaten angewendet, die vorab nach der Schwere der Fehler in mehreren Klassen eingruppiert waren. Die Resultate haben eindeutig die bessere Prognoseperformance des BMA-Ansatzes gegenüber der ausgewählten Einzelmodellperformance gezeigt.

Im Projekt wurden neben den oben erwähnten Modellen auch sogenannte Environmental Factors-Modelle untersucht. Diese Modellklasse erlaubt es, Inhomogenitäten in den Testprozessen wie die Änderung der Testaufwände oder die Änderung der Testmethodik modellbasiert zu berücksichtigen. Die entwickelten mathematischen Algorithmen wurden in einem Matlab-basierten Prototypen mit graphischer Bedienoberfläche umgesetzt und an realen Daten aus industriellen Anwendungen validiert.



OPTIMIERUNG

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

Abteilungsleiter

Priv.-Doz. Dr. Karl-Heinz Küfer

T. 0631/3 1600-4491

karl-heinz.kuefer@itwm.fraunhofer.de



Zentrale Aufgabe der Abteilung ist die Entwicklung von individuellen 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. Alleinstellungsmerkmal ist die enge Verzahnung von Simulations- und Optimierungsalgorithmen durch optimierungsgetriebene Diskretisierungsmuster unter Berücksichtigung mehrkriterieller Ansätze sowie die Entwicklung und Implementierung interaktiver Entscheidungsunterstützungswerkzeuge. Insgesamt wird Optimierung weniger als mathematische Aufgabenstellung verstanden, sondern als kontinuierlicher Prozess, den die Abteilung durch die Entwicklung adäquater Werkzeuge unterstützt.

Das Portfolio des Schwerpunkts Optimierung von Unternehmensstrukturen und -prozessen umfasst Beratung und Unterstützung bei der Modellierung logistischer Konzepte sowie die Entwicklung individueller Softwarekomponenten. Der Schwerpunkt beschäftigt sich mit effizienten Strategien für die Transportlogistik, mit Layout und Load Balancing für Produktionsprozesse, mit Modellen und Algorithmen zur Planung und Disposition von Prozessabläufen im Krankenhaus wie Patiententransport und OP-Scheduling und mit der mathematischen Modellierung von strategischen und operativen Planungsaufgaben im öffentlichen Personenverkehr.

Der Schwerpunkt Interaktive Therapieplanung entwickelt für die klinische Radiotherapieplanung neue Methoden auf Basis mehrkriterieller Optimierung. Die Forschungsgruppe entwickelt im Verbund mit Massachusetts General Hospital, Deutschem Krebsforschungszentrum, Fraunhofer MEVIS und dem

kommerziellen Partner Siemens Oncology Care Systems, Concord (USA), ein neuartiges Optimierungs- und Evaluierungstool für die Radiotherapieplanung, welches medizinischen Physikern und behandelnden Ärzten in einer besonders einfachen Weise die Abwägung zwischen Chancen und Risiken der Radiotherapie gestattet.

Der Einsatz mathematischer Optimierungsmethoden in den Ingenieursdisziplinen setzt auf einer Modellierung von physikalischen Zusammenhängen und technischen Prozessen und ihrer Abbildung in Computerprogrammen auf (Virtual Engineering). Derzeit wird an Projekten aus den Bereichen Elektronikentwurf, Edelsteinschliff, Auslegung chemischer Prozesse, Layout von Adsorptionskältemaschinen und an der Optimierung von Walzprozessen der Stahlindustrie gearbeitet. Mehrkriteriell optimierte Produkt- bzw. Prozesslayouts werden den Entscheidern in interaktiven Entscheidungsunterstützungswerkzeugen zur Begutachtung und Auswahl vorgestellt.

Das Jahr 2009 war trotz der Wirtschaftskrise von Wachstum geprägt; besonders hervorzuheben sind die Etablierung eines vollautomatischen Industrieprozesses für die Farbedelsteinproduktion mit der Paul Wild GmbH Kirschweiler im täglichen Routinebetrieb, die Arbeiten zur Unterstützung der BASF SE bei der Pflege ihrer Algorithmik zur Simulation von chemischen Prozesslayouts, die Fortführung der Zusammenarbeit mit ABB Västerås und Fraunhofer-Chalmers Center bei der Optimierung von Heißwalzprozessen, die Zusammenarbeit mit der SIEDA GmbH Kaiserslautern an einer neuen Release der Krankentransportsoftware Opti-Trans, die Gewinnung von Corning GmbH und DB Schenker AG als Neukunden und die Fortführung der Arbeiten an der Chassisconfiguration von Lkw mit Volvo 3P (Göteborg). Im wissenschaftlichen Bereich zählen neben drei Promotionen die Genehmigung zweier größerer BMBF-Projekte ADiWa und DOT-MOBI zu den Glanzlichtern sowie die Würdigung der mathematischen Algorithmik und der Prozessmodellierung zur volumenoptimalen Edelsteinverwertung mit dem Josef-von-Fraunhofer-Preis für die Projektgruppe um Dr. Anton Winterfeld und Dr. Peter Klein.



ADIWA – ALLIANZ DIGITALER WARENFLUSS

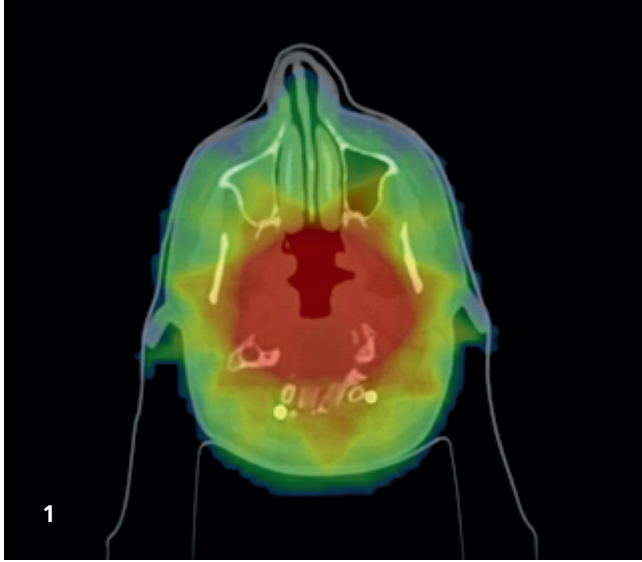
In der vom BMBF im Programm IKT 2020 geförderten »Allianz digitaler Warenfluss (ADiWa)« haben sich Softwareunternehmen und Forschungseinrichtungen zusammengeschlossen, um die Potenziale des Internets der Dinge für zukünftige intelligente Geschäftsprozesse zu erforschen und zu demonstrieren. Produkt- und warenorientierte Datenströme werden zu komplexen Ereignissen verdichtet, die wiederum zur Modellierung, Konfiguration und Ausführung von Geschäftsprozessen genutzt werden.

Das ITWM ist mit den Abteilungen Optimierung sowie Systemanalyse, Prognose und Regelung in ADiWa vertreten. Im Fokus stehen Konkretisierungen der ADiWa-Konzepte im Bereich der Logistik, wobei DB Schenker als Anwendungspartner fungiert. Im ersten Projektjahr wurde das besonders komplexe Szenario der Luftfracht ausgewählt. An einer Luftfracht-gestützten Transportkette von Versender zu Empfänger, oft in verschiedenen Kontinenten angesiedelt, können durchaus zehn verschiedene Erbringer von Logistikdienstleistungen mitwirken, vom regionalen Frachtunternehmen über Speditionen im In- und Ausland hin zur Airline. Um die IT-Vernetzung entlang der Transportkette zu ermöglichen, gibt es umfangreiche internationale Standardisierungsprozesse (Cargo2000), deren Umsetzung bei weitem nicht abgeschlossen ist.

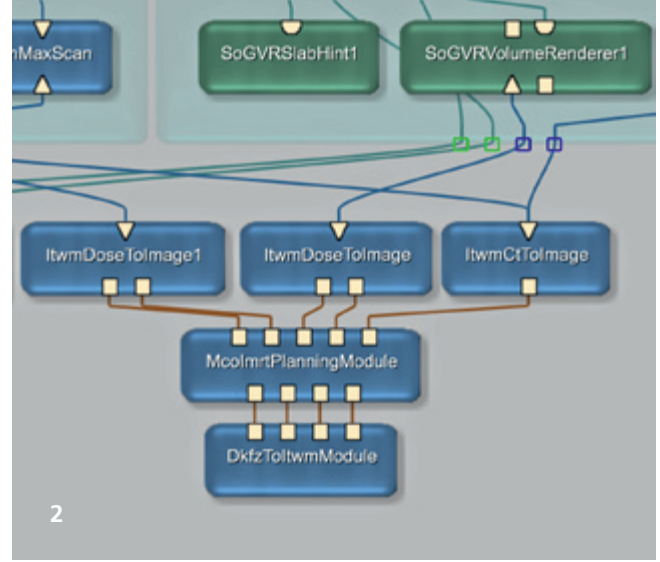
Die Planung von Logistik-Prozessen ist seit langem ein Haupteinsatzfeld mathematischer Optimierungsmethoden. Das klassische Problem des Handlungsreisenden (kürzeste Rundreise durch eine zu besuchende Menge an Städten) oder die Generierung optimaler Ausführungspläne (Scheduling) sind bekannte Fragestellungen. Im Kontext von ADiWa treten Merkmale von Logistikprozessen hinzu, die neue mathematische Herausforderungen mit sich bringen. Erstens sind Prozesse auf der Informationsgrundlage des Internets der Dinge hochdynamisch. Der geplante Standardablauf ist nur ein mögliches Szenario, jederzeit kann aus den unterliegenden Kontrollschichten ein komplexes Ereignis generiert werden, das ein möglicherweise komplexes Reagieren erfordert, bis hin zur kompletten Umkonfiguration des logistischen Prozesses. Ein einfaches Beispiel hierfür ist die Umfahrung eines Staus mit Unterstützung des Navigationsgerätes; allerdings fehlt in diesem Beispiel die unterliegende Informationsschicht des Internets der Dinge und die Vielzahl der am Prozess beteiligten Akteure. Letzteres bedingt eine zweite Charakteristik, welche die mathematische Modellierung in ADiWa prägt: Es gibt keine zentral planende Instanz, sondern dezentral planende Akteure müssen sich im Sinne des gemeinsamen Kunden zur Erbringung der Transportkette abstimmen. Die Berechnung von Prozessketten muss die Entscheidungshoheit der Akteure adäquat berücksichtigen, und sie kann nicht von einer zentralen Datenbank mit allen relevanten Informationen ausgehen. Kooperierende dezentrale Entscheidungsunterstützungsverfahren sind deshalb die Leitlinie zur Entwicklung mathematischer Modelle und Verfahren für die in ADiWa untersuchten Logistikszenerien.

Andreas Dinges, Dr. Peter Klein, Dr. Sebastian Velten, Ingmar Schüle, Jorge Ivan Serna Hernandez, Hendrik Ewe, Dr. Heiner Ackermann, Dr. Agnes Dittel, Neele Hansen, Bastian Bludau, Jasmin Kirchner, Uwe Nowak, Katrin Teichert, Christina Erben

Dr. Michael Monz, Dr. Michael Bortz, Richard Welke, Dr. Alexander Scherrer, Dr. Philipp Süß, Dr. Martin Pieper, Dr. Volker Maag, Tabea Grebe, Priv.-Doz. Dr. Karl-Heinz Küfer, Dr. Michael Schröder, Dr. Anton Winterfeld, Farid Derradji, Sabine Proll, Jan Schwientek, Dr. Martin Berger



1



2

SOFTWAREPLATTFORM DOT-MOBI

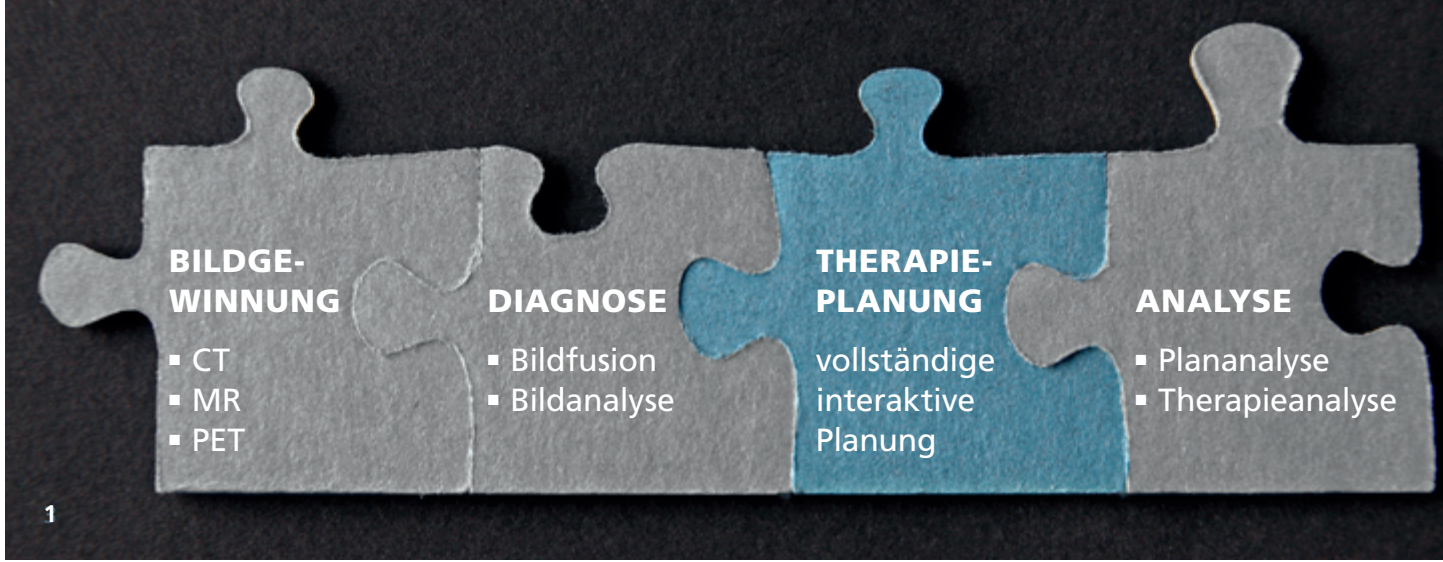
1 Darstellung der zum aktuellen Plan gehörenden Dosisverteilung auf einem zweidimensionalen Schnittbild

2 Aufbau der mehrkriteriellen IMRT-Planungskomponente in Rondo als MeVisLab-Netzwerk

Das 2009 gestartete Kooperationsprojekt DOT-MOBI – Softwareplattform für die multimodale Diagnostik onkologischer Erkrankungen und Therapieoptimierung durch molekulare Bildgebung, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung finanziert wird, soll die Krebsdiagnose und Therapieplanung in bisher einzigartiger Weise miteinander verknüpfen. Neueste bildgebende Verfahren wie beispielsweise die Positronen-Emissions-Tomographie sollen in die Diagnose eingebracht werden. Die verschiedenen diagnostischen Bilder werden so aufbereitet, dass der Arzt die Kombination der Informationen für die Diagnose und Therapieplanung nutzen kann. Dabei soll die gesamte Prozesskette inklusive einer möglichen, nachträglichen Plananalyse innerhalb der erweiterbaren Software-Plattform Rondo ablaufen.

Die Abteilung Optimierung ist für die Therapieplanungskomponente von Rondo verantwortlich. Sie soll eine neue Form der Planung für die intensitätsmodulierte Strahlentherapie (IMRT) ermöglichen – die vollständig interaktive Planung: Alle vorhandenen Informationsebenen können interaktiv genutzt werden, um den Plan nach den Vorstellungen des Planers zu gestalten. Strahlentherapie und damit auch die IMRT ist eine Therapieform, die individuell auf den Patienten zugeschnitten wird. Dabei werden üblicherweise Computertomographieaufnahmen und, wenn sie zur Verfügung stehen, Magnetresonanz- oder Positronen-Emissions-Tomographieaufnahmen genutzt, um einen Bestrahlungsplan zu finden, der das Risiko von Nebenwirkungen mit dem Risiko einer Unterbestrahlung des Tumors abwägt. Durch die Intensitätsmodulation bietet die IMRT eine Fülle von klinisch sinnvollen Plänen, die verschiedene Kompromisse zwischen den betrachteten Risiken darstellen. Im Planungsprozess wird nun der aus Sicht des behandelnden Arztes beste Kompromiss für den Patienten gesucht. Da bereits die Berechnung eines guten Kompromisses einige Minuten braucht, kann in schwierigen Fällen die Planung mehrere Tage in Anspruch nehmen.

Um den Prozess systematischer und schneller zu gestalten, wurde das Problem als mehrkriterielles Optimierungsproblem angegangen. Nach der Festlegung der Planungsziele für den Tumor und die betroffenen Organe werden automatisiert die verschiedenen Möglichkeiten der Kompromissfindung zwischen diesen Zielen ermittelt. In einer intuitiven Darstellung wird danach die so gewonnene Planvielfalt und eingebettet darin der aktuelle Plan visualisiert. Gleichzeitig kann die Visualisierung zur Gestaltung des aktuellen Plans genutzt werden. Dabei können Pläne, die der Planer, nachdem die Möglichkeiten und Grenzen ausgelotet sind, als zu schlecht für eines der betroffenen Organe oder für den Tumor einstuft, ausgeschlossen werden. Außerdem kann die Qualität des Plans für die Organe oder den Tumor in Echtzeit austariert werden. Die Kombination aus direkter Einflussnahme und der globalen Übersicht erlaubt eine zielgerichtete und schnelle Kompromissbildung.



1 Schematischer Aufbau der im DOT-MOBI-Projekt angestrebten Software-Plattform »Rondo«

Ein aus Sicht des Planers gelungener Kompromiss zwischen den Risiken in den verschiedenen Organen bedeutet jedoch nicht, dass der Plan auch in allen Aspekten den Wünschen des Planers entspricht. So kann trotz einer akzeptablen Bewertung des Plans für ein Organ die Verteilung der Dosis im Organ nicht den Vorstellungen des Planers entsprechen. Aktuell kann in diesem Fall nur über eine Verbesserung der Bewertung für das gesamte Organ reagiert werden. Um präzisere Eingriffe in den Plan zu erlauben, sollen nun im Rahmen von DOT-MOBI die üblichen, bisher passiven Visualisierungen des Plans in Form von Dosis-Volumen-Histogramm (DVH) und 3D-Dosisverteilung mit interaktiven Planungswerkzeugen belebt werden.

Für jedes Organ und potenziell mehrere Tumorteile wird im DVH je eine Kurve dargestellt. Für jeden Dosiswert wird das prozentuale Volumen des Gesamtorgans dargestellt, in dem mindestens diese Dosis erreicht wird. Statt auf Basis einer Zahl – wie im Falle der obigen Planungsziele – kann die Qualität des aktuellen Plans für jedes Organ auf Basis einer Kurve beurteilt werden. Nun soll auch direkt in diese Kurven eingegriffen werden. Das stellt aus mathematischer Sicht eine Herausforderung dar, da die resultierenden Problemformulierungen potenziell viele lokale Optima enthalten, also schwer zu lösen sind.

Mathematisch einfacher lösbare Probleme können für die direkte Beeinflussung der 3D-Dosisverteilung eingesetzt werden. Jedoch kann eine lokale Anpassung dazu führen, dass ein neuer unerwünschter Effekt an anderer Stelle auftritt. Ohne eine gute Kontrolle dieser Nebeneffekte sind Planungswerkzeuge zu Gestaltung der 3D-Dosisverteilung von geringem Nutzen, da sie nach einer Anpassung weiter nach sich ziehen. Die Herausforderung ist hier also, ein mathematisches Modell zu finden, dass effektive Anpassungen erlaubt und gleichzeitig die Nebeneffekte kontrolliert.

Eine gelungene Realisierung der oben beschriebenen Planwerkzeuge ergibt allerdings noch keine gelungene Realisierung der vollständig interaktiven Planung. Dazu müssen die entwickelten Werkzeuge noch untereinander harmonisieren. So soll der Plan bei kleinen Anpassungen an einer DVH-Kurve möglichst stabil bleiben. Die durch ein Werkzeug verursachten Veränderungen des Plans müssen also mit den in den anderen Informationsebenen auftretenden Änderungen ausbalanciert werden. Zusätzlich müssen die Probleme in kürzester Zeit gelöst werden, um eine interaktive Nutzung zu ermöglichen. Nicht zuletzt ist eine gelungene Gestaltung der Benutzerinteraktion gefragt. Die Herausforderung, eine unter diesen verschiedenen Aspekten gelungene Synthese aus Entscheidungsunterstützung und darunter liegenden mathematischen Verfahren zu entwickeln, soll in DOT-MOBI umgesetzt werden.



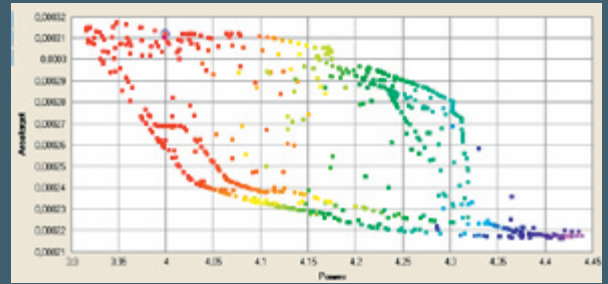
ALGORITHMEN ZUR ERSTELLUNG VON PRODUKTIONS- UND ABLAUFPLÄNEN

1 *Optimierte Produktionsplanung trägt dazu bei, Lagerbestände zu reduzieren und somit gebundenes Kapital zu vermeiden.*

In vielen Unternehmen stehen gestiegene Kundenanforderungen (kurze Lieferzeiten, flexible Produktgestaltung) anderen wirtschaftlichen Interessen (hohe Ressourcenauslastung, geringe Lagerbestände) gegenüber. Um den Unternehmenserfolg dennoch langfristig zu sichern, kommt der Erstellung von optimierten Produktions- und Ablaufplänen eine entscheidende Bedeutung zu.

Im Allgemeinen muss bei der Erstellung eines solchen Plans eine Menge von Produktionsaufträgen, welche häufig aus einer Vielzahl einzelner Aktivitäten bestehen, zeitlich gegen limitierte Ressourcen eingeplant werden. Die Ziele, anhand derer die Qualität eines Plans gemessen wird, sind vielfältig und orientieren sich an den genannten Anforderungen. Eine möglichst geringe Verspätung der Fertigstellung der Produktionsaufträge wird meist als wichtigstes Kriterium angesehen. Weiterhin spielen eine geringe Verfrühung, eine kurze Durchlaufzeit und die Stabilität des Plans eine große Rolle. Auftraggeber des Projektes ist die proALPHA Software AG aus Weilerbach. Das zentrale Produkt dieses Unternehmens ist ein ganzheitliches ERP-System für den industriellen Mittelstand, welches die Komponente Advanced Planning and Scheduling (APS) enthält. Die Aufgabe dieser Komponente ist die automatische Erstellung von Produktions- und Ablaufplänen mit dem Ziel Verspätung, Verfrühung und Durchlaufzeit zu minimieren.

In der ersten Phase des Projekts wurde ein neuer Planungsalgorithmus für APS entwickelt und anhand realer Kundendaten getestet. Dabei wurde die in der Abteilung entwickelte Klassenbibliothek SchedulerLab verwendet, auf deren Basis Scheduling-Algorithmen implementiert und getestet werden können. Der neue Algorithmus basiert auf einem List-Scheduling-Verfahren und verwendet Methoden des Constraint Programming zur Verwaltung zulässiger Lösungen. Weiterhin kann mithilfe dieser Methoden ein Produktionsauftrag so eingeplant werden, dass er möglichst nahe an einem bestimmten Termin endet. Dadurch wird die Stabilität der erstellten Pläne deutlich verbessert und die Verspätung der Produktionsaufträge reduziert. Darüber hinaus können nun größere Probleminstanzen gelöst werden, ohne sie in mehrere Teilprobleme aufzuspalten. Eine weitere wichtige Anforderung bei der Planerstellung ist die gezielte Verwendung von Überlastkapazitäten. Diese sollen allerdings nur eingesetzt werden, wenn sie tatsächlich zu einer Verbesserung des Plans führen. Durch die Möglichkeit, Überlastkapazitäten selektiv zuzulassen, erhöht sich die Komplexität des Problems deutlich. Die Anpassung des Algorithmus, mit dem der Einsatz von Überlastkapazitäten optimiert werden kann, ist Gegenstand der laufenden zweiten Phase des Projektes.



2

MULTIKRITERIELLE OPTIMIERUNG VON WARMWALZANLAGEN

Im Auftrag von ABB Corporate Research und in Zusammenarbeit mit dem FCC in Göteborg wurde 2008 ein Forschungsprojekt zur multikriteriellen Optimierung von Warmwalzanlagen in der stahlverarbeitenden Industrie gestartet. Beim Warmwalzen wird das metallische Werkstück zunächst über seine Rekristallisationstemperatur erhitzt und anschließend beim Durchlaufen mehrerer rotierender Walzenpaare (bestehend aus sogenannten Stütz- und Arbeitswalzen) in die gewünschte Form gebracht.

In modernen Walzwerken kommen komplexe, elektronisch gesteuerte Walzanlagen zum Einsatz. Bei der Auslegung und Steuerung dieser Anlagen müssen mehrere Kriterien, wie z. B. der Energieverbrauch, die Prozessgeschwindigkeit und die Qualität des Endprodukts berücksichtigt werden. Da keine Lösung gefunden werden kann, die alle diese Kriterien gleichzeitig optimal erfüllt, handelt es sich um ein klassisches multikriterielles Optimierungsproblem. Zu den Optimierungsparametern gehören sowohl kontinuierliche Größen, wie die Temperatur des Metalls oder der einstellbare Walzspalt zwischen der Stütz- und der Arbeitswalze, als auch diskrete Parameter, wie die Anzahl der zu verwendenden Walzenpaare. In einer ersten Vorstudie ging es um den Use Case des Operators einer Walzanlage, der den Walzprozess überwacht und mithilfe der Messdaten und seiner Erfahrung die Parameter im laufenden Betrieb adaptiert, um den Durchsatz zu erhöhen, eine besonders gute Produktqualität zu erreichen oder Energie zu sparen. Als Hilfswerkzeug bei diesen Überlegungen dient dabei die von ABB entwickelte Software ADM™ Tool, die eine Simulation des Walzvorgangs sowie die Möglichkeit einer einkriteriellen Optimierung in Matlab bietet. Durch die Entwicklung und Integration multikriterieller Algorithmen in ADM™ Tool sowie durch die Bereitstellung geeigneter Interaktionstools sollte die Entscheidungsfindung für den Benutzer erleichtert und intuitiver gemacht werden.

Im Laufe des Projekts wurde ADM™ Tool um eine Komponente zur Berechnung von Pareto-optimalen Lösungen sowie zur automatischen Erzeugung von Pareto-Mengen ergänzt, die auf dem sogenannten Pascoletti-Serafini-Ansatz beruht. Dieser Ansatz zeichnet sich gegenüber anderen Skalarisierungsmethoden durch eine hohe numerische Robustheit aus und wurde an einem realen Beispiel mit 15 Walzenpaaren und fünf verschiedenen Zielfunktionen erfolgreich getestet. Ferner wurde für die Bewertung der berechneten Lösungen sowie für die Navigation der Pareto-Menge eine GUI-Komponente entwickelt, die es dem Operator ermöglicht, seine Präferenzen zu ändern, ohne sich mit den Details der dahinter liegenden mathematischen Umformulierung befassen zu müssen. Die Software ist sowohl für die Analyse und Verbesserung von Walzanlagen als auch für die Schulung neuer Mitarbeiter geeignet, da sich damit die Korrelationen der unterschiedlichen Zielfunktionen interaktiv demonstrieren lassen.

1 *Bleche und Bänder werden durch Walzen von sogenannten Brammen hergestellt.*

2 *Benutzeroberfläche zur interaktiven Navigation einer vorberechneten Pareto-Menge für eine Warmwalzanlage*



FINANZMATHEMATIK

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

Abteilungsleiterin

Prof. Dr. Marlene Müller

T. 0631/3 1600-4346

marlene.mueller@itwm.fraunhofer.de



Die Abteilung Finanzmathematik beschäftigt sich mit der Entwicklung von Modellen und Algorithmen zur Bewertung von Finanzderivaten, zur Bewertung, Optimierung und Risikoabschätzung von Portfolios, sowie der Analyse spezieller Risiken (z. B. des Kreditausfallrisikos). Ergänzt wird dieses Spektrum um die Anwendung moderner Methoden der Finanzmathematik für Fragestellungen der Versicherungswirtschaft, insbesondere im Asset-Liability-Management. Die fachlichen Schwerpunkte der Abteilung liegen in der (finanz-) mathematischen Modellierung, der numerischen Umsetzung von Bewertungsmethoden, der statistischen Datenanalyse und der Entwicklung von entsprechenden Softwaretools. Typischerweise umfassen die Projekte Entwicklung, Untersuchung und Vergleich finanzmathematischer Modelle sowohl aus theoretischer als auch aus praktischer Sicht. Die Industriepartner der Abteilung kommen z. B. aus dem Investmentbanking und Asset-Management, aus Landesbanken und Spezialbanken, Versicherungen und Pensionsfonds und auf den Banken- und Versicherungsbereich spezialisierten Beratungsunternehmen.

Im Schwerpunkt Optionsbewertung werden innovative Marktmodelle untersucht, die vorliegende Marktpreise sehr gut abbilden, aber auch den Kursverlauf der zugrunde liegenden Wertpapiere hinreichend realistisch modellieren. Gegenstand der Portfolio-Optimierung ist die Bestimmung einer optimalen Investmentstrategie. In der Praxis basieren Investitionsentscheidungen von Fondsmanagern oft noch auf Varianten des Ein-Perioden-Modells von Markowitz. Die Entwicklung der modernen zeitstetigen Portfolio-Optimierung ist mittlerweile jedoch soweit fortgeschritten, dass sich viele Algorithmen zur praktischen Anwendung und Implementierung anbieten. Im Bereich Kreditrisiko unterstützen wir Kreditinstitute bei der Umsetzung der neuen Eigenkapitalrichtlinien (Basel II) aus statistischer Sicht. Beim Credit Rating oder Scoring geht es um die Validierung existierender bankinterner Ratingsysteme, aber auch um deren Neukonzeption und Neukalibrierung. Wichtig bei der Umsetzung ist die Anpassung an das Portfolio des jeweiligen Kreditinstituts und die Unterstützung beim späteren Back- und Stresstesting. Kreditderivate stellen als mitverant-

wortliche Auslöser für die Finanzkrise eine besondere Herausforderung hinsichtlich ihrer Bewertung dar. Im Gegensatz zum Aktienmarkt hat sich hier noch kein Standardmodell herausgebildet. Gerade bei der Bewertung komplexer Produkte und Portfolios mit mehreren unterliegenden ausfallrisikobehafteten Finanztiteln besteht weiterhin ein großer Bedarf an entsprechender mathematischer Modellierung. Im Schwerpunkt Versicherungsmathematik wurde zur Unterstützung von Versicherungsunternehmen bei der Umsetzung der Solvabilitätsrichtlinien (Solvency II) die Software ALMSim entwickelt, die sowohl die individuelle Modellierung von Assets und Liabilities als auch deren Kopplung erlaubt. Im Bereich Zinsmodelle beschäftigen wir uns mit generischen Bewertungsverfahren, die der großen Vielfalt komplexer Zinsderivate Rechnung tragen.

2009 wurde die Zusammenarbeit mit der Universität Cambridge weiter vertieft. Neben regelmäßigen Workshops nutzten viele Mitarbeiter und Doktoranden die exzellenten Arbeitsmöglichkeiten an der Universität Cambridge für zwei- bis vierwöchige Forschungsaufenthalte, um konzentriert neue Forschungsprojekte zu initiieren und voranzutreiben. Im Hinblick auf die Wirtschaftserträge haben wir bei den Industriepartnern unser Kundenportfolio erneut erweitert, spüren jedoch deutlich die aufgrund der Finanzkrise erschwerten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Bei den öffentlich finanzierten Projekten wurden unsere Mitarbeit im BMBF-Verbundprojekt Alternative Investments: Modellierung, Statistik, Risikomanagement und Software und das mittelstandsorientierte Eigenforschungsprojekt (MEF) zur Bewertung von Aktienoptionsprogrammen erfolgreich fortgesetzt. Das von der Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation geförderte Projekt »Umsetzung moderner Methoden der Portfolio-Optimierung in die Praxis« wurde Ende 2009 erfolgreich abgeschlossen.



ASSET-LIABILITY-MANAGEMENT

Nach erfolgreichen Industrieprojekten im Asset-Liability-Management in den vergangenen Jahren liegt der aktuelle Fokus auf der Weiterentwicklung des Simulationswerkzeugs ALMSim und der Erstellung einer Referenzanwendung. Im Vordergrund stehen dabei die Kundenwünsche, die bisher noch nicht realisiert sind. Dazu zählen insbesondere die parallele Simulation auf mehreren Rechnern und die Möglichkeit, Formeln aus einem Textdokument zu extrahieren.

Die neu erstellte Referenzanwendung soll Interessenten die vielfältigen Möglichkeiten unserer Software ALMSim demonstrieren. Hier betrachten wir auf der Assetseite ein Portfolio von sieben Anlageklassen und als Versicherungsprodukt eine lebenslange Rente mit garantierter Mindestverzinsung. Wichtig ist, dass nicht nur ein Auslaufen des Versicherungsgeschäfts simuliert wird (wie dies üblicherweise gemacht wird), sondern dass auch das Neukundengeschäft modelliert wird. Dabei hängt die Kundenanzahl von der erzielten Rendite ab, d. h. eine hohe Rendite führt zu einer hohen Neukundenanzahl und eine niedrige Rendite zu einer Abwanderung von Kunden.

Um eine zu risikoreiche Anlagestrategie zu vermeiden, werden zusätzlich Solvency-II-Regeln implementiert, d. h. bei einer Unterschreitung des Solvenzkapitals wird ein Strafterm von der Zielfunktion, die die Rendite bewertet, abgezogen. Die Solvenzregeln sehen ein Crash-Szenario für die Assetklassen vor sowie eine Absenkung bzw. Anhebung des Zinsniveaus, was auch eine Auswirkung auf die Bewertung der Liabilities hat. Eine Anhebung des Zinsniveaus hat eine größere Auswirkung auf die Bilanz als eine Absenkung des Zinsniveaus, da bei der Bilanz nur die Neubewertung der Assets, nicht aber die der Liabilities eingeht. Eine weitere Kopplung zwischen der Asset- und Liability-Seite entsteht durch die Modellierung der Prämien. Diese wurden als fester Prozentsatz des Einkommens festgelegt, wobei das Einkommen über die Inflation indirekt vom Zinsniveau abhängt.

Die Optimierung der Handelsstrategie in unserem Referenzbeispiel zeigt, dass die Crash-Szenarien für Aktien und Immobilien zu einer sehr konservativen Anlagestrategie führen, wobei das langfristige Zinsniveau höher angesetzt wurde als die Garantieverzinsung. Wählt man das langfristige Zinsniveau unterhalb der Garantieverzinsung, so ist die optimale Anlagestrategie wesentlich risikoreicher, wobei eine Vermeidung des Unterschreitens des Solvenzkapitals fast unmöglich ist.

*Dr. Johannes de Kock,
Roman Horsky, Melanie
Hollstein, Dr. Jörg Wenzel,
Prof. Dr. Marlene Müller,
Dr. Christina Erlwein,
Dr. Peter Ruckdeschel,
Sascha Desmettre*

*Dr. Stefan Lorenz, Andreas
Wagner, Tilman Sayer,
Nataliya Horbenko,
Dr. Kalina Natcheva-Acar,
Prof. Dr. Ralf Korn,
Dr. Georgi Dimitroff,
Dr. Sarp Kaya Acar*



MODERNE METHODEN DER PORTFOLIO-OPTIMIERUNG

1 Screenshot des ITWM-Portfolio-Optimierungs-Prototypen

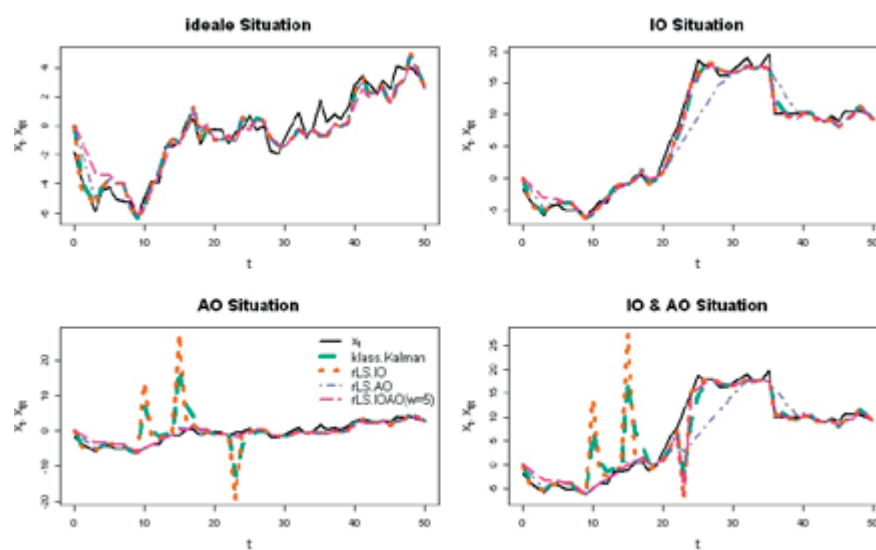
Die Arbeiten von Harry Markowitz gelten als Startpunkt der modernen Portfolio-Optimierung in den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts. Als zweiten Meilenstein in diesem Gebiet werden die Arbeiten von Robert C. Merton Ende der sechziger Jahre angesehen. Während Markowitz ein Ein-Perioden-Modell mit einem Handelszeitpunkt nur am Anfang betrachtet, sind im zeitstetigen Modell von Merton kontinuierlicher Handel und kontinuierliche Preisentwicklung möglich.

Weder das Ein-Perioden-Modell noch das zeitstetige Modell sind unmittelbar für den Einsatz in der Praxis geeignet. Es ist klar, dass bei einer realen Handelsstrategie zu verschiedenen diskreten Zeitpunkten gehandelt werden muss. Ein realistisches Modell sollte somit zwischen den Ansätzen von Markowitz und Merton liegen. Ein Durchbruch im Hinblick auf die Anwendbarkeit der Merton-Strategie gelang Chris Rogers. Dessen Ansatz zeigt, dass man mit einer zeitdiskreten Handelsstrategie, die nur leicht von der zeitstetigen Merton-Strategie abweicht, ähnlich gute Ergebnisse wie im zeitstetigen Idealfall erzielen kann.

Ein wichtiger Aspekt in einer realistischen Portfolio-Optimierung besteht in der Berücksichtigung von Transaktionskosten. Bei kontinuierlichem Handeln – wie im Modell von Merton – würde die stetige Umschichtung zum sicheren Ruin des Anlegers führen. Am ITWM wurde deshalb ein praxistaugliches Modell für die Berechnung guter Strategien bei proportionalen Transaktionskosten entwickelt, das zum ersten Mal auch das Behandeln von Investmententscheidungen mit einer beliebigen Anzahl von Aktien erlaubt.

Gerade in jüngster Gegenwart hat sich gezeigt, dass es für ein gutes Risikomanagement unabdingbar ist, explizit die Möglichkeit von Crash-Szenarien zu berücksichtigen. Hier ist am ITWM der Ansatz der Worst-Case-Portfolio-Optimierung entwickelt worden und wird noch weiter untersucht, um einen innovativen Beitrag zur modernen Portfolio-Theorie zu liefern.

In dem von der Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation geförderten Forschungsprojekt »Umsetzung moderner Methoden der Portfolio-Optimierung in der Praxis« hat das Fraunhofer ITWM die oben erwähnten Ansätze für die Portfolio-Optimierung praktisch untersucht und einen Softwareprototyp erstellt, in dem moderne und klassische Methoden implementiert wurden und der Anleger bei ihrer Investmententscheidung beraten soll.



FILTERN VON FINANZZEITREIHEN

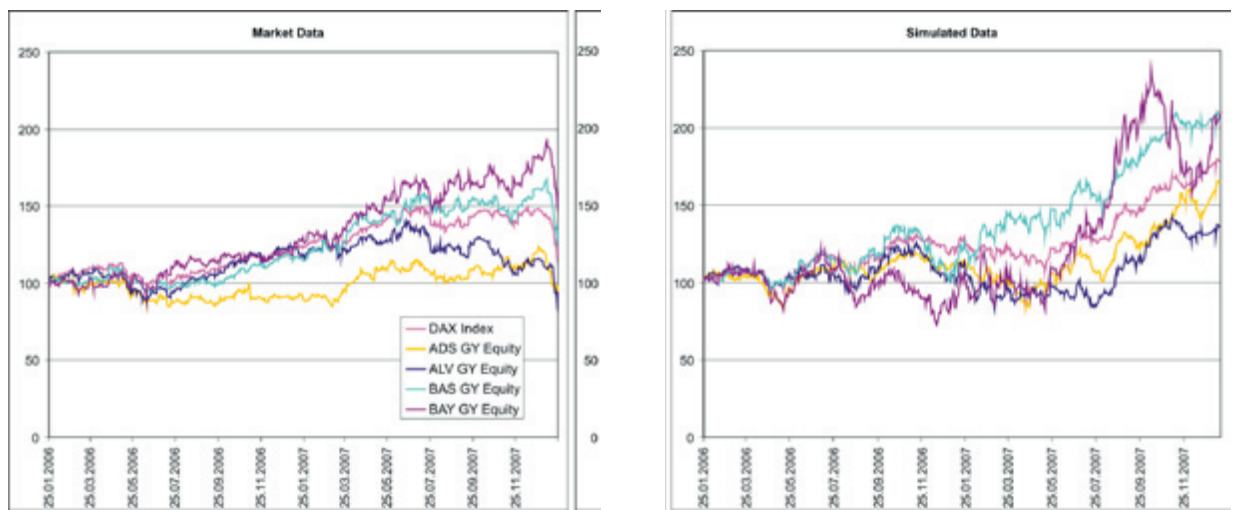
Wichtige Problemstellungen bei der Modellierung von Finanzzeitreihen sind das Einbinden charakteristischer statistischer Merkmale in das Zeitreihenmodell und die Schätzung von Modellparametern. Zur Lösung dieser Probleme sind Filtertechniken zum Schätzen verrauschter Signale ein geeignetes Werkzeug.

Die hier verwendeten Modelle sind Zustandsraummodelle, bei denen ein unbeobachtbarer Zustand die Zeitdynamik des Modells steuert, den der Statistiker nur indirekt beobachten kann. Genauer werden sogenannte Hidden-Markov-Modelle verwendet, bei denen der Zustand einer unbeobachtbaren Markovkette in einem diskreten Beobachtungsprozess verborgen ist. Informationen zu dieser Markovkette können durch Filtertechniken aus dem Beobachtungsprozess gewonnen werden. Die Parameterschätzung nutzt die gefilterten Prozesse zur adaptiven Parameterbestimmung. Diese erfolgt iterativ mithilfe des Expectation-Maximization (EM)-Algorithmus. Wir entwickeln und verwenden Hidden-Markov-Modelle, um Probleme in der Zeitreihenmodellierung auf dem Finanzmarkt zu lösen, z. B. die Modellierung von Datenreihen alternativer Investments oder auch die Modellierung optimaler Handelsentscheidungen für ein Portfolio, die aufgrund vorhergesagter Renditeentwicklungen getroffen werden.

In unseren Anwendungen müssen wir dabei realistischerweise mit Ausreißern rechnen, also mit Daten, die nicht aus dem modellierten Verhalten erklärbar sind. Daher verwenden wir zusätzlich Techniken der robusten Statistik, um den Einfluss einzelner Beobachtungen auf die zu ziehenden Schlüsse zu beschränken. Im Zustandsraummodell können Ausreißer auf beiden Modellebenen auftreten, also endogen (in ihrer Wirkung sich fortpflanzend, in der Zustandsebene = IO) und exogen (nur einzelne Beobachtungen betreffend, auf der Beobachtungsebene = AO). Robustifizierungen müssen daher einen Kompromiss suchen aus einer schnellen Signalverfolgung (IO) und einer Dämpfung bei erratischen Beobachtungen (AO). Hier konnte im letzten Jahr ein Hybridverfahren entwickelt und in der Statistiksoftware R implementiert werden, das beide Ziele – wenn auch mit kurzer Zeitverzögerung – simultan berücksichtigt.

In Wirtschaftsanwendungen muss man für diese Verfahren typischerweise die Modellparameter (Zustandsübergangsmatrix, Fehlerkovarianzen) simultan aus den Beobachtungen schätzen, was man üblicherweise durch den EM-Algorithmus erreicht. Auch für diesen Algorithmus konnte (zunächst nur für den euklidischen Zustandsraum) eine Robustifizierung entwickelt werden. In Fortsetzung dieser Arbeit soll nun wieder die Brücke zu den Hidden-Markov-Modellen geschlagen werden, indem diese Techniken auch für diskrete Zustandsräume verallgemeinert werden.

1 *Typische Zeitreihenverläufe mit den genannten Ausreißertypen sind in der Grafik zu sehen.*



DAS MULTI-ASSET-HESTON-MODELL

1 Realisierung von simulierten Pfaden, die die Korrelationsstruktur der Originaldaten wiedergibt

Zur Bewertung von mittel- und langfristigen Aktienoptionen ist das Heston-Modell für den zugrunde liegenden Aktienpreisprozess als stochastisches Volatilitätsmodell aufgrund seiner Vielfältigkeit und Einfachheit in der Praxis weit verbreitet. Dieses Modell passt sich gut an die Krümmung und Schiefe von Volatilitätsflächen an. Außerdem sind die Parameter sehr gut ökonomisch interpretierbar. Letzteres ist besonders dann von Vorteil, wenn der Bereich, in dem eine Option liquide gehandelt wird und in dem dadurch zuverlässige Preise verfügbar sind, nicht den Bereich abdeckt, für den die Option bewertet werden soll.

Seit einiger Zeit ist jedoch innerhalb der Finanzindustrie der Bedarf entstanden, auch mittel- und langfristige Multi-Asset-Optionen zu handeln, denen zwei oder mehr Aktien (Assets) zugrunde liegen. Solche Optionen spielen in zahlreichen Produkten von Banken, Versicherungen und Rentenfonds eine wichtige Rolle, z. B. findet man sie implizit in kapitalgarantierenden Anleihen, bei Mindestverzinsungen in Lebensversicherungsverträgen und in Portfolioversicherungen.

Das Fraunhofer ITWM hat diesen Bedarf erkannt und ein Multi-Asset-Heston-Modell entwickelt, um solche mittel- und langfristigen Multi-Asset-Optionen zu bewerten. Dieses Modell kann bezüglich der benötigten Datenmenge als besonders sparsam bezeichnet werden und daher auch dann eingesetzt werden, wenn nur wenige Marktdaten verfügbar sind. Darüber hinaus wurde ein generisches Monte-Carlo-Verfahren zur Bewertung dieser Optionen entwickelt.

Der sparsame Kalibrierungsalgorithmus, welcher die echte Neuerung unseres Ansatzes darstellt, ist theoretisch gerechtfertigt und entsprechend implementiert. Er wurde insbesondere für Marktsituationen entwickelt, in denen Multi-Asset-Optionen nicht liquide gehandelt werden und von denen daher keine Korrelationsparameter abgeleitet werden können. Hier wurde ein Hybridansatz entwickelt, um die Modellparameter passend zu den Options- und Aktienpreisdaten zu identifizieren. Insbesondere können Informationen aus Optionspreisen für die Kalibrierung der einzelnen einfachen Heston-Modelle mit Informationen aus Aktienpreisen zur Kalibrierung der Korrelationsstruktur kombiniert werden, um noch bessere Bewertungen zu erzielen.



DIE CAMBRIDGE-KAISERSLAUTERN-FINANZALLIANZ

Im zweiten Jahr der durch ein Fraunhofer ICON-Projekt auf der ITWM-Seite und durch ein CERF-Projekt auf der Seite der Universität Cambridge geförderten Partnerschaft im Bereich der Finanzmathematik wurde die wissenschaftliche Zusammenarbeit intensiviert. Neben der Arbeit auf den vier Hauptgebieten Weiterentwicklung und praktische Umsetzung zeitstetiger Portfolio-Optimierungsmethoden, Asset-Liability-Management/Dynamische Bayes-Verfahren, neue Aktienpreismodelle sowie neue Methoden des Risikomanagements in Banken und Versicherungen wurde eine ganze Reihe neuer Forschungsprojekte gestartet, die großteils zu ersten Arbeitspapieren geführt haben. Gearbeitet wurde insbesondere auf den Gebieten

- Faktormodellierung mit Levy-Prozessen
- Analyse von Variable Annuities
- Monte-Carlo-Simulation im einfachen und im Multi-Asset-Heston-Modell
- Bewertung Amerikanischer Call-Optionen bei stochastischen Dividenden
- Modellbildung für die Bewertung von Aktienoptionsprogrammen
- Filtermethoden und robuste Parameterschätzung für Finanzzeitreihen
- Bewertung von Optionen auf hoch volatile Underlyings

Weitere gemeinsame Aktivitäten waren drei Workshops in Cambridge und zwei in Kaiserslautern, wobei besonders der Vorstellungsworkshop der Cambridge-Kaiserslautern-Finanzallianz im Mai 2009 in Kaiserslautern mit zahlreichen Besuchern aus Industrie und Forschung als großer Erfolg gewertet werden kann. Der rege Austausch zwischen beiden Partnern wird auch durch zwölf teils mehrwöchige Forschungsaufenthalte von ITWM-Mitarbeitern und -Doktoranden in Cambridge dokumentiert. Es ist 2009 auch gelungen, ein international hochrangiges wissenschaftliches Kuratorium einzusetzen, für das mit Mark Davis (London), Phil Dybvig (Washington) und Nizar Touzi (Paris) herausragende Finanzmathematiker gewonnen werden konnten.

Im Jahr 2010 sollen gemeinsame Projektanträge mit den Firmen Cambridge Systems Associates und teckpro AG (Kaiserslautern) gestellt werden, um den sich aus der Partnerschaft ergebenden Knowhow-Gewinn verstärkt in Industrieprojekte einzubringen. Des Weiteren wird eine verstärkte Präsenz am englischen Finanzmarkt durch Weiterbildungsseminare angestrebt. Schließlich soll die Cambridge-Kaiserslautern-Finanzallianz als eines der Pilotprojekte der geplanten Fraunhofer-Aktivitäten in Großbritannien etabliert werden.

1 Eingangsbereich des
Centre for Mathematical
Sciences in Cambridge

2 Prof. Chris Rogers beim
Vorstellungsworkshop der
Finanzallianz im ITWM



MATHEMATISCHE METHODEN IN DYNAMIK UND FESTIGKEIT

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

Abteilungsleiter

Dr. Klaus Dreßler

T. 0631/3 1600-4466

klaus.dressler@itwm.fraunhofer.de



Die Abteilung beschäftigt sich mit der Modellierung und Simulation dynamisch beanspruchter mechanischer und mechatronischer Systeme. Methodisch kommen dabei vor allem statistische Methoden und Optimierungsverfahren zur Modellierung von Nutzungs- und Variantenvielfalt sowie 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 in der Fahrzeugindustrie.

Im Jahr 2009 konnte trotz der Wirtschaftskrise die Zusammenarbeit mit Industriepartnern aus der Fahrzeugindustrie auf hohem Niveau ausgebaut werden. Der Ausbau des Fraunhofer-Innovationsclusters Digitale Nutzfahrzeugtechnologie (www.nutzfahrzeugcluster.de), bei dem die Abteilung die Gesamtkoordination und wesentliche Projektanteile bestreitet, ging erfolgreich weiter. Hier wurden unter unserer Federführung mit den Industriepartnern Bosch, Daimler, John Deere, Keiper, Schmitz Cargobull und Volvo die bestehenden Aktivitäten zu Bemessungsgrundlagen, Systemsimulation, On-board-Simulation und Strukturmechanik durch neue Initiativen zu den Themen Energieeffizienz und „Boden- und Wechselwirkungssimulation“ ergänzt. Dabei konnten mit Bomag, BPW, Liebherr und EvoBus namhafte neue Partner für den Innovationscluster gewonnen werden.

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. Dies beginnt mit der Festlegung der Bemessungsgrundlagen und endet mit der Auswertung der Versuche zum Nachweis der Festigkeit mit statistisch abgesicherten Verfahren.

Bei der Systemsimulation geht es uns darum, komplette Fahrzeuge, Achsen oder Prüfsysteme in optimaler Komplexität so zu modellieren, dass nicht nur die Kinematik und der Bewegungsablauf, sondern gerade auch die Kraftübertragung richtig vorausberechnet werden. Dabei ist sowohl das Zusammenwirken sehr vieler beweglicher Bauteile als auch das Verhalten komplexer Kräftelemente und Aktuatoren zu modellieren. Andererseits sind der Modellierungstiefe aufgrund begrenzter Zeit- und Hardwareressourcen und im Hinblick auf die Parametrierbarkeit der Modelle Grenzen gesetzt. Ein Schwerpunkt unserer Methodenentwicklung zur Systemsimulation ist das Thema der invarianten Systemanregung. Dabei werden sowohl Identifikationsverfahren (iterativ lernende Regelung) und Optimalsteuerungsverfahren als auch geeignete Modellierungsmethoden für den mechanischen Außenkontakt (Reifen, digitale Straße, Baggern, Pflügen) entwickelt und angewandt.

Aus einer solchen 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 zur Lebensdauerberechnung von Strukturen mit nichtlinearem Verhalten und wenden diese in Industrieprojekten an. Einen immer wichtiger werdenden Schwerpunkt bildet die Simulation stark deformierbarer Strukturen wie Kabel, Schläuche, Elastomer- und Hydrolager, Luftfedern und Reifen. Dabei wird auf verschiedenen Modellierungsebenen gearbeitet, von kontinuumsmechanisch detaillierten FE-Modellen bis hin zu vereinfachten makroskopischen Modellen.

Gießereien wie HegerGuss und Gienanth nutzen in Kooperationen unsere Kompetenz im Bereich der Gießprozesssimulation. Für die Aachener MAGMA GmbH sind wir nicht nur Anwender ihrer Software, sondern auch Entwicklungspartner. Schwerpunkt unserer Forschungsaktivitäten ist hier die Frage, wie man aus Ergebnissen der Gießprozesssimulation systematisch auf Bauteileigenschaften schließen kann.



JUROJIN

Die Absicherung mechanisch beanspruchter Bauteile gegen Ausfall ist eine zentrale Aufgabe im Entwicklungsprozess. Insbesondere bei sicherheitskritischen Bauteilen oder Subsystemen wie z. B. Radträgern oder ganzen Achsen kann ein Ausfall im Betrieb nicht toleriert werden. Um sicherzustellen, dass auch bei ungünstigen bzw. harten Betriebsbedingungen keine Ausfälle zu erwarten sind, werden Versuche an Prototypen durchgeführt. Da der Produktionsprozess streut, zeigen nominell gleiche Bauteile bei gleichen Betriebsbedingungen unterschiedliche Lebensdauern. Ein statistisch signifikanter Betriebsfestigkeitsnachweis bedarf daher immer mehrerer Versuche.

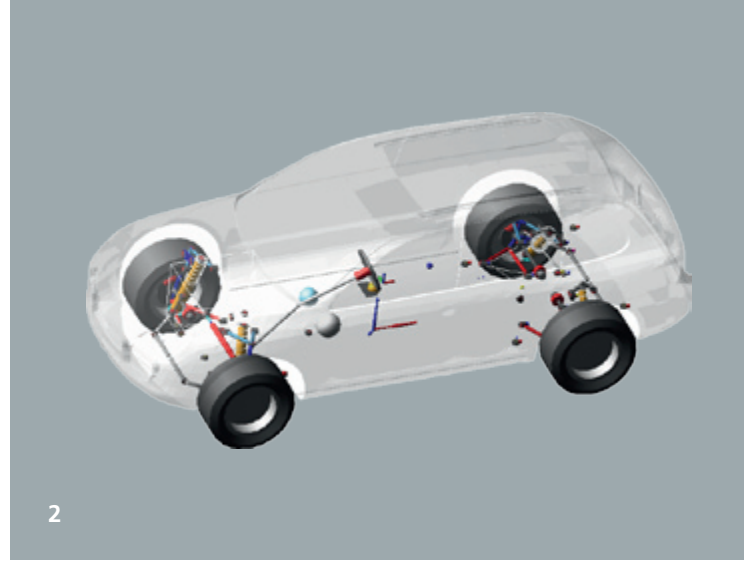
In der Praxis hat man bei diesem Prozess mit zwei großen Herausforderungen zu kämpfen: Versuche sind teuer und können in der Regel nicht in großer Zahl durchgeführt werden; in vielen Fällen werden Bauteile nicht bis zum Versagen geprüft, sondern die Testreihe nach einer gewissen Zeit beendet. Diese beiden Punkte, also wenige Versuchsergebnisse und dabei teilweise sogar Versuche ohne Bauteilversagen, schaffen Rahmenbedingungen, bei denen viele klassische statistische Verfahren im Umfeld der Lebensdauervorhersage nicht mehr anwendbar sind. Um diesen Bedingungen gerecht zu werden, wurden am Fraunhofer ITWM spezielle statistische Verfahren zur Planung und Auswertung von Lebensdauerversuchen entwickelt. Die Methodenentwicklung wurde und wird ständig durch Anwendungsprojekte mit Industriepartnern ergänzt. Besonders hervorzuheben ist dabei eine langjährige und fruchtbare Zusammenarbeit mit Daimler.

Eine typische Aufgabestellung ist dabei z. B. die Beantwortung der Frage, ob der Nachweis besser mit vielen kurzen oder aber mit wenigen langen Prüfungen durchgeführt werden soll. Auch die Berechnung von Konfidenzintervallen für die Ausfallwahrscheinlichkeiten – auch bei geringen Prüflingsstückzahlen – steht im Fokus. Die am ITWM entwickelten Verfahren wurden im Softwarepaket JURAJIN implementiert. JURAJIN, das bei mehreren Automobil und Nutzfahrzeugherstellern im praktischen Einsatz ist, unterstützt den Anwender bei

- Planung von Lebensdauerversuchen
- Auswertung der Daten mit ausgewählten Methoden
- grafischer Datenaufbereitung
- Berücksichtigung kleiner Stichprobenumfänge
- Nutzung aller Informationen aus Durchläufern
- Berechnung weiterführender Versuchspläne bei frühzeitigen Ausfällen
- Variantenvergleichen verschiedener Chargen/Zulieferer
- Prognose noch ausstehender Bauteilausfälle

*Oliver Weinhold,
Dr. Dominik Jung,
Reinhard Pribner,
Dr. Albert Marquardt,
Michael Burger, Ilker
Nikelay, Thorsten Weyh,
Lilli Engelhardt, Dr. Anja
Streit, Dr. Michael
Speckert, Sonja Baumann,
Dr. Nikolaus Ruf*

*Sebastian Seifen,
Dr.-Ing. Gerd Bitsch,
Steffen Polanski, Sascha
Feth, Dr.-Ing. Joachim Linn,
Clarisse Weischedel,
Thomas Halfmann,
Dr. Bernd Büchler,
Dr. Klaus Dreßler, Martin
Obermayr, Dr. Sabrina
Herkt, Yekta Öngün,
Michael Kleer, Kerstin
Gerding, Thomas Stephan,
Oliver Hermanns*



INVARIANTE ANREGUNGEN FÜR DIE SIMULATION VON GELÄNDEFahrTEN MIT EINEM SUV

1 Porsche Cayenne

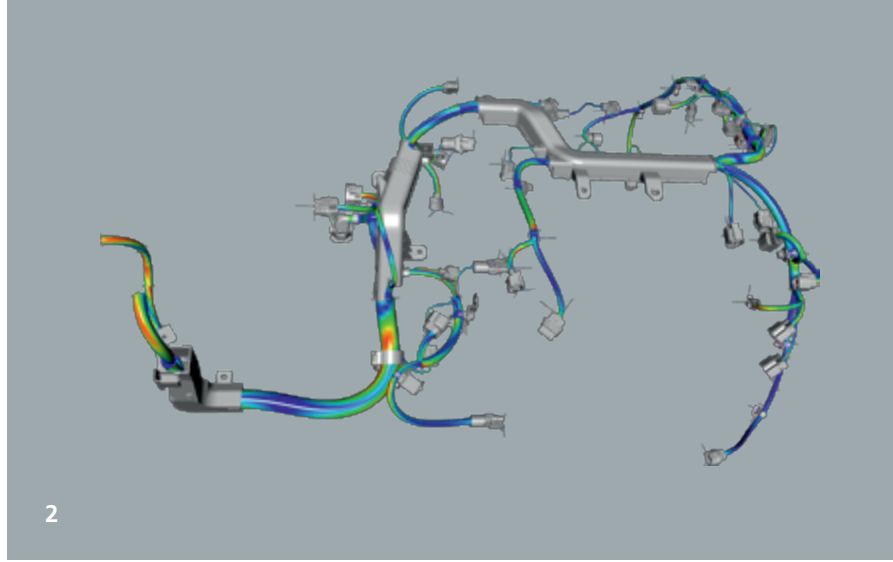
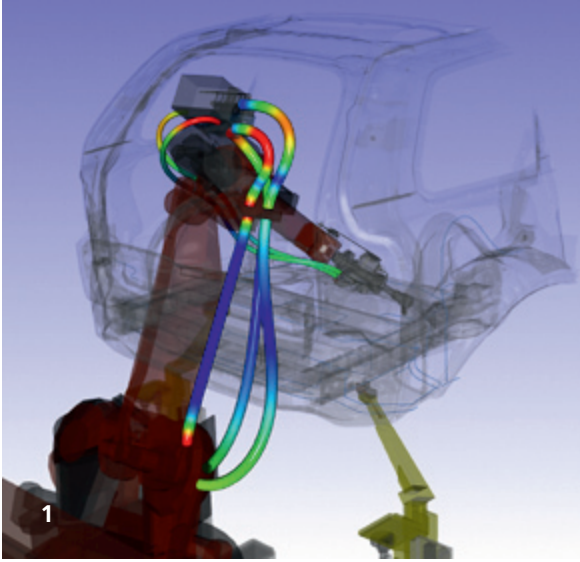
2 Simulationsmodell des Porsche Cayenne

In der virtuellen Produktentwicklung wird das dynamische Verhalten von Kraftfahrzeugen rechnerisch simuliert. Dazu werden feste und flexible Körper mit Gelenken und Kraftelementen zu einem Mehrkörpersystem (MKS) verbunden und mit den realen physikalischen Eigenschaften parametrisiert. Der Ingenieur kann dann quasi in das Fahrzeug hineinschauen und an jeder beliebigen Stelle verschiedene physikalische Lastgrößen berechnen. Ein prinzipielles Problem der Simulation von Fahrzeugen stellt die richtige Anregung der Systeme dar. Grundsätzlich kann man das Bodenprofil digital vermessen und in der Simulation mit dem Vollfahrzeug inklusive Reifen darüberfahren. Die Parametrierung und die Simulation von korrekten Reifenmodellen ist oft so aufwändig, dass das Fahrzeug an den Radnaben freigeschnitten und mittels gemessenen Radkräften angeregt wird.

In der Fahrzeugentwicklung ist es aber auch nötig, Berechnungen an neuen Varianten durchzuführen, bevor ein Prototyp zur Verfügung steht. Da aber Radkräfte von der Fahrzeugvariante abhängen, lassen sie sich nicht direkt auf ein anderes Fahrzeug übertragen. Man sucht daher eine Anregung, die sich rechnerisch ermitteln lässt und als fahrzeugunabhängig betrachtet werden kann. Das stellt insbesondere bei Geländefahrten, die sich durch große Nick- und Wankwinkel auszeichnen, eine besondere Herausforderung dar.

Zur Bestimmung fahrzeugunabhängiger, also invarianter Anregungen muss im Allgemeinen von gemessenen (inneren) Größen auf äußere Lasten zurückgerechnet werden. Hierzu wurden am ITWM Verfahren entwickelt, die die Kenntnis der Gleichungssysteme ausnutzen und die dazu korrekte Numerik zum Bestimmen der Lösung verwenden. Die mathematischen Verfahren stammen aus dem Bereich der Optimalsteuerungstheorie für Differential-Algebraische Gleichungssysteme.

In diesem Projekt wurde ein Reifenersatzmodell parametrisiert, das die wichtigsten dynamischen Eigenschaften eines Reifens enthält, aber leicht zu simulieren ist. Im zweiten Schritt wurde als Anregung ein virtuelles Verschiebungsprofil berechnet, das zusammen mit dem Reifenersatzmodell die gemessene Geländeüberfahrt erzeugt. Diese dynamische Anregung wird dann auf eine Fahrzeugvariante übertragen, indem die Anregungspositionen gemäß der Fahrwerksgeometrie angepasst werden. Die Ersatzreifen werden praktisch am neuen Fahrzeug montiert. Dieses Verfahren wurde für die Geländefahrt eines Porsche Cayenne durchgeführt. Es ist nun möglich, das Fahrzeugverhalten ähnlicher Fahrzeuge oder nach Änderung einzelner Komponenten vor der Prototypenphase zu simulieren.



MONTAGESIMULATION MIT FLEXIBLEN KABELN UND SCHLÄUCHEN IN ECHTZEIT

Bei der Produktion von Fahrzeugen werden Hunderte von Baugruppen auf engstem Raum montiert. Der zur Verfügung stehende Bauraum ist bei steter Zunahme von Komponenten und verbindenden Kabeln und Schläuchen beschränkt. Gleichzeitig müssen, um wettbewerbsfähig produzieren zu können, die Taktzeiten möglichst gering gehalten werden.

Die Herausforderung für den Konstrukteur besteht darin, in einem frühen Entwicklungsstadium sowohl die Funktion als auch die Montage von Komponenten zu gewährleisten und Fehlfunktion oder Defekt in der Serienproduktion auszuschließen. Bisher war eine Simulation der Montage unter Berücksichtigung von flexiblen Leitungen nicht möglich bzw. zu zeitaufwändig.

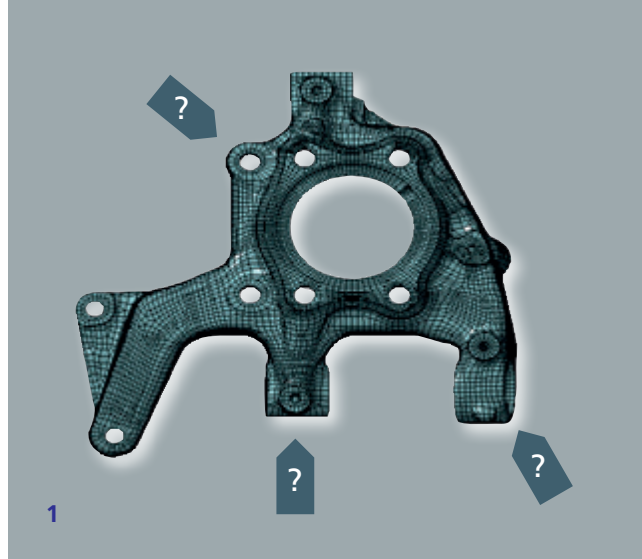
Das Fraunhofer ITWM hat in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Chalmers Research Center for Industrial Mathematics und der Fahrzeugindustrie die Software Industrial Path Solutions (IPS) entwickelt, die es erstmals ermöglicht die Pfad- und Montageplanung mit der Simulation von flexiblen Bauteilen wie Kabeln und Schläuchen zu kombinieren. Bei der Entwicklung wurden hohe Anforderungen sowohl an physikalische Korrektheit und Genauigkeit der Simulationsergebnisse als auch an die Rechengeschwindigkeit gestellt. Damit ist es gelungen, die Bewegung von Kabeln und Schläuchen in Echtzeit zu berechnen, so dass interaktives Arbeiten und eine sofortige Auswertung möglich sind.

In Projekten mit der Fahrzeugindustrie wurden so ideale Form, Länge und Verlegung von Bremsschläuchen, Kühler- und Luftansaugschläuchen sowie unterschiedlichste Kabelsätze für elektrische Komponenten ausgelegt. Können an Leitungen Millimeter oder gar Zentimeter gekürzt werden, ohne die Lebensdauer zu beeinträchtigen, so ist die Einsparung immens. Hingegen würde ein zu kurzes Kabel die Gewährleistungskosten in die Höhe treiben. Jetzt ist es erstmals möglich, optimale Kabellängen für die jeweilige Einbausituation zu bestimmen. Gleichzeitig erhält man als Ergebnis die zur Montage notwendigen Wege und Kräfte. Damit beantwortet sich für die Produktionsplaner die Frage, ob Montagehilfen oder spezielle Werkzeuge für den Zusammenbau zur Verfügung gestellt werden müssen.

Die Anwendbarkeit der Software ist nicht auf den Automobil- und Nutzfahrzeugsektor begrenzt, sondern kann beliebig im Luftfahrzeug-, Maschinen- und Anlagenbau sowie in der Fabrikation von elektronischen und elektrischen Geräten zum Einsatz kommen.

1 *Simulation von Versorgungsleitungen am Roboter*

2 *Simulation des elektrischen Leitungssatzes eines Pkw-Motors*



ABLEITUNG VEREINFACHTER PRÜFUNGEN FÜR FAHRWERKSBAUTEILE

1 Finite-Elemente-Modell eines Radträgers

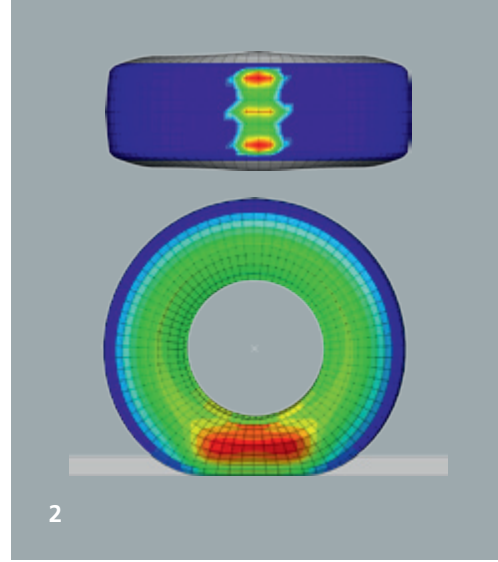
Bei der Erprobung von Komponenten oder Teilsystemen eines Fahrzeugs auf servohydraulischen Prüfständen hat man generell das Problem, dass Fesselung und Anregung des Teilsystems nicht exakt dem Freischnitt im fahrenden Fahrzeug entsprechen kann. Zudem soll ein möglichst einfacher Prüfaufbau (d. h. möglichst wenige Anregungszyylinder) gewählt werden. Dadurch wird die Erzeugung realitätsgetreuer Beanspruchungen weiter erschwert.

Zur Ermittlung einer optimalen Prüfstandskonfiguration können die Einspannung des Bauteils, die Angriffsstellen der Prüfzylinder sowie die zugehörige Anregung variiert werden. Simulationen erfordern daher häufig sowohl eine Mehrkörper- als auch eine Finite-Elemente-Berechnung für jeden neuen Aufbau und jede neue Anregung. Sie sind deshalb im Allgemeinen sehr zeit- und arbeitsaufwändig. Vor dem Aufbau des realen Prüfstands kann deshalb nur eine begrenzte Anzahl an möglichen Aufbauten berechnet werden.

Zur Reduktion dieses Berechnungsaufwands wurde vom ITWM in Zusammenarbeit mit VW ein Verfahren entwickelt, mit dem eine (unter gewissen Voraussetzungen) optimale Prüfstandskonfiguration mit zugehöriger Anregung ermittelt werden kann. Das Verfahren wird dabei auf Fahrwerksbauteile wie Radträger und Verbundlenkerachsen angewandt.

Statisch bestimmte Einspannungen des Bauteils werden dabei durch die Überlagerung von Inertia Relief Moden abgebildet. Dadurch entfällt der Aufwand für wiederholte Mehrkörpersimulationen und Finite-Elemente-Berechnungen, der ansonsten für jede neue Einspannung notwendig wäre. Für jede Prüfstandsvariante werden optimale Anregungszeitreihen berechnet und miteinander verglichen. In der Bewertung wird dabei berücksichtigt, ob im Prüfstand dieselben Stellen hoher Beanspruchung wie im Fahrzeug auftreten. Zusätzlich muss in der Optimierung verhindert werden, dass neue unerwünschte kritische Stellen erzeugt werden.

Durch die automatisierte Berechnung und Bewertung einer Vielzahl verschiedener Prüfstandsaufbauten kann so ein guter Kompromiss zwischen Komplexität des Prüfstands und realitätsnahen Belastungen gefunden werden. Der verwendete Ansatz ist dabei insbesondere für die Ableitung von Prüfungen mit wenigen Anregungszyindern geeignet.



BESTIMMUNG VON REIFENEIGENSCHAFTEN MIT FINITE-ELEMENTE-SIMULATIONEN

Der Entwicklungsprozess von Landmaschinen erfordert innerhalb kurzer Zeit die Bewertung unterschiedlicher Fahrzeugkonfigurationen, wofür der Einsatz verschiedener Simulationsmethoden unerlässlich ist. Die Ergebnisgüte der Simulation hängt dabei deutlich von der korrekten Beschreibung wichtiger Systemkomponenten ab.

Bei John Deere wird unter anderem die Methode der Mehrkörpersimulation (MKS) zur Analyse des Gesamtsystems angewendet. Dabei spielt die Modellierung der Reifen eine zentrale Rolle, da diese das Bindeglied zwischen Fahrzeug und Boden darstellen und bei Landmaschinen zusätzlich den wesentlichen Anteil zur Federung des Fahrzeugs beitragen.

Reifenmodelle in der MKS basieren vorwiegend auf Feder-Dämpfer-Beschreibungen. Die zugehörigen Parameter erfordern die Bestimmung verschiedener Reifenkenngrößen, die aus Messungen an speziellen Reifenprüfständen abgeleitet werden. Bei Traktorreifen erweisen sich solche Messungen als äußerst schwierig und kostspielig – wenn nicht sogar unmöglich – da gewöhnliche Reifenprüfstände aufgrund der Reifendimension und der betriebstypischen hohen Belastung nicht genutzt werden können. Eine Alternative zu Versuchen an realen Reifen stellen Simulationen auf der Basis hochaufgelöster kontinuumsbasierter Modelle dar, mit denen virtuelle Versuche durchgeführt werden. Mit der am Fraunhofer ITWM entwickelten Software TireTool können effizient detaillierte Finite-Elemente-Reifenmodelle erstellt werden. Diese berücksichtigen den inneren Aufbau, wie Gürtel- und Karkassenlagen, sowie unterschiedlich geartete Gummimischungen der Reifenteile.

Die Validierung der Modelle erfolgt anhand einfach zu ermittelnder Messdaten, wie statische Steifigkeiten, Eigenmoden oder Fußabdrücke. Weitgehend automatisiert werden daraufhin verschiedene Belastungsszenarien, wie z. B. statische Felgenverschiebungen, Handling oder Schwellenüberfahrten virtuell durchlaufen. Diese Ergebnisse werden anstelle von Messdaten genutzt, um Parameter für MKS-Reifenmodelle zu bestimmen. TireTool ermöglicht dabei die effiziente Auswertung der Simulationsergebnisse. Die so identifizierten Reifenkennwerte werden in einem MKS-Fahrzeugmodell verwendet und die Simulationsergebnisse mit Messdaten des Gesamtfahrzeugs abgeglichen. Zur Anpassung einzelner Parameter kommen Optimierungsverfahren zum Einsatz, um die Messergebnisse möglichst gut zu approximieren.

In einem gemeinsamen Projekt mit John Deere wurde die Software an die speziellen Anforderungen für Landmaschinen angepasst. TireTool trägt hier wesentlich zur Systematisierung der simulationsgestützten Entwicklung bei.

1 John Deere Acker-schlepper

2 Berechnungsergebnisse des Traktorreifens bei vertikaler Belastung: Gesamtdeformation und Druckverteilung im Kontaktbereich (hier ohne explizite Modellierung der Stollen)



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



Entwicklung und Einsatz numerischer Simulationsverfahren sind Kern der Forschung am Fraunhofer ITWM und die Basis für alle technisch komplexen Entwicklungen in der Industrie. In vielen Bereichen ist zudem auch eine hohe Rechenleistung der Verfahren gefordert, um entweder besonders große Probleme zu lösen (seismische Exploration, Molekulardynamik) oder um interaktiv und damit effizienter zu entwickeln. Das High Performance Computing befasst sich mit den Problemen, die mit der Entwicklung und Ausführung hochperformanter Software verbunden sind und sitzt damit an der Schnittstelle zwischen konkreter Rechnerhardware, Softwaretechnologie und numerischen Algorithmen. An dieser Schnittstelle hat sich in den letzten Jahren ein Paradigmenwechsel vollzogen, der noch weitestgehend nicht in der Praxis angekommen ist.

Seit 2005 ändern sich die Taktraten nicht mehr, die Chips werden zu heiß. Gleichzeitig kann jedoch die Anzahl der Transistoren pro Fläche im bisherigen Rhythmus weiter gesteigert werden, so dass es nahe lag, die Anzahl der Prozessoren pro Chip zu erhöhen. Dies hat mittlerweile zu einem Wettrennen um die höchste Core-Anzahl geführt. Grafikkarten waren schon immer Multicore-Prozessoren, wenn auch mit stark vereinfachten Prozessoren. Diese Richtungsänderung auf der Hardware-Seite hat für die Entwicklung leistungshungriger Software erhebliche Konsequenzen. Eine Leistungssteigerung ist nur noch durch Parallelisierung zu erzielen. Parallelisierung bedeutet heute immer auch die zugrunde liegenden Algorithmen neu zu analysieren und gegebenenfalls zu verbessern oder neu zu gestalten. Durch diesen Übergang zur Multicore-Technologie sind Verhaltensmuster der Vergangenheit, die z. B. die Anzahl der Operationen im Fokus hatten, über Bord zu werfen und ein neues Denken muss hier Einzug halten.

Der Transport von Daten innerhalb von Chips und Rechnern spielt heute die dominante Rolle. Das Competence Center für High Performance Computing hat sich frühzeitig auf diesen Paradigmenwechsel eingestellt und innovative neue Softwarewerkzeuge für die Entwicklung paralleler Software in den Markt gebracht. Der Kern dieser Werkzeuge ist eine effiziente

Bibliothek zur Entwicklung komplexer Multithreaded Programme (Multicore Thread Package, MCTP) sowie die Fraunhofer Virtual Machine FVM, die das bisherige MPI-Programmiermodell ablöst. Darauf aufbauend werden aktuell neue parallele Programmierplattformen für große parallele Rechnersysteme entwickelt. Die Seismic Development and Processing Architecture SDPA implementiert ein fehlertolerantes System, bei dem die Anwendungsentwicklung vor allem graphisch erfolgt und eine semiautomatische Parallelisierung stattfindet. Das System ist für große parallele Systeme gedacht und wird zunächst in der Ölindustrie eingesetzt und dann auch in anderen industriellen Bereichen. Im BMBF-Projekt IMEMO wird das patentierte Parallelisierungsframework GraPA an die Anforderungen zukünftiger Hardwaresysteme inklusive GPUs angepasst. GraPA automatisiert die Parallelisierung weitestgehend und baut auf einem Graphen-basierten Ansatz auf. Diese Entwicklung innovative Werkzeuge für die Entwicklung paralleler Anwendungen wird auch in den nächsten Jahren Schwerpunkt der Abteilung bleiben.

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

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



IMEMO – INNOVATIVE HPC-METHODEN UND EINSATZ FÜR HOCHSKALIERBARE MOLEKULARE SIMULATION

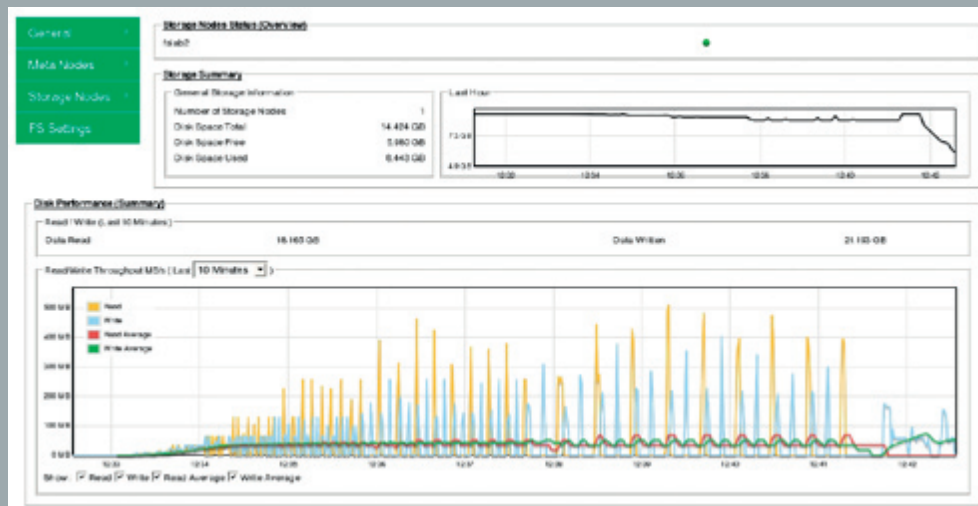
Molekulardynamische (MD-) Simulationen erlangen zunehmend größere Bedeutung in Verfahrenstechnik und Materialwissenschaft sowie in den Biowissenschaften. Von Interesse sind hier beispielsweise thermodynamische Eigenschaften und Transportkoeffizienten von Stoffgemischen an beliebigen Zustandspunkten, die Dynamik von Phasenumwandlungen oder Transportprozesse an Membranen.

Gemessen an dem enormen Potenzial der molekularen Methoden werden sie in industrieller Forschung und Entwicklung bisher nur eingeschränkt eingesetzt. Ursache hierfür ist, dass die für die Praxis benötigten Zeit- und Größenskalen auch unter Einsatz massiv parallel rechnender Systeme nicht erreichbar sind, insbesondere auch nicht mit der für die ingenieurwissenschaftlichen Felder nötigen Genauigkeit. Darüber hinaus liegen die Antwortzeiten der MD-Simulationen im Bereich von Tagen und damit nicht im anvisierten (semi-) interaktiven Zeitmaß. Um hier Abhilfe zu schaffen, hat sich das CC HPC mit Partnern von den Universitäten Kaiserslautern (Lehrstuhl für Thermodynamik), Paderborn (Lehrstuhl für Thermodynamik und Energietechnik), München (Lehrstuhl für Informatik mit Schwerpunkt Wissenschaftliches Rechnen) und dem Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart im BMBF-Projekt IMEMO zusammengeschlossen. Ziel ist es, eine nächste Generation hochskalierender und physikalisch potenter MD-Codes zur Verfügung zu stellen sowie Programmierwerkzeuge für die Implementierung molekularer Simulationen zu entwickeln. Wesentlich ist hierbei, den Kommunikationsoverhead in den traditionell mit MPI parallelisierten Codes deutlich zu reduzieren. Dafür wird die am CC HPC entwickelte Fraunhofer Virtual Machine (FVM) eingesetzt, die ein PGAS (Partitioned Global Address Space)-Speichermodell realisiert und mit der Bereitstellung von DMA (Direct Memory Access)-Zugriffen die Überdeckung von Kommunikation ermöglicht. Auf diese Weise wird die Skalierbarkeit der Codes erheblich verbessert.

Eine zweite Zielsetzung des Projekts ist die Bereitstellung von Programmierwerkzeugen für die Entwickler von MD-Simulationen. Diese sollen in die Lage versetzt werden, Simulationscodes zu schreiben, die einerseits portabel sind und andererseits zur Verfügung stehende Hardware effizient ausnutzen. Das CC HPC baut in dieser Domäne auf seinem patentierten GraPA-Framework auf. Das Framework wird erweitert, um in Zukunft auch die Implementierung und effiziente Ausführung partikelbasierter Simulationen zu unterstützen. Außerdem wird die Palette von unterstützten Hardware-Plattformen deutlich vergrößert. Das so erweiterte Framework wird genutzt, um einen hochskalierbaren MD-Kernel zu implementieren.

*Dr. Daniel Grünewald,
Bernd Lörwald, Dr. Hendrik
Adorf, Dr. Martin Kühn,
Dr. Dominik Michel,
Dr. Abel Amirbekyan,
Dr. Dirk Merten,
Dr. Norman Ettrich,
Bernd Klimm, Dr. Carsten
Lojewski, Alexander
Petry, Dr. Tiberiu Rotaru,
Dr. Dimitar Stoyanov,
Dr. Mirko Rahn*

*Nikolai Ivlev, Benedikt
Lehnertz, Alexander
Neundorf, Tobias Götz, Ely
Wagner Aguiar de Oliveira,
Gvidas Dominauskas,
Maxim Ilyasov, Mathias
Dalheimer, Kai Krüger,
Dr. Franz-Josef Pfreundt,
Christian Mohrbacher,
Frauke Santacruz, Sven
Breuner, Jens Krüger, Rui
Mário da Silva Machado*



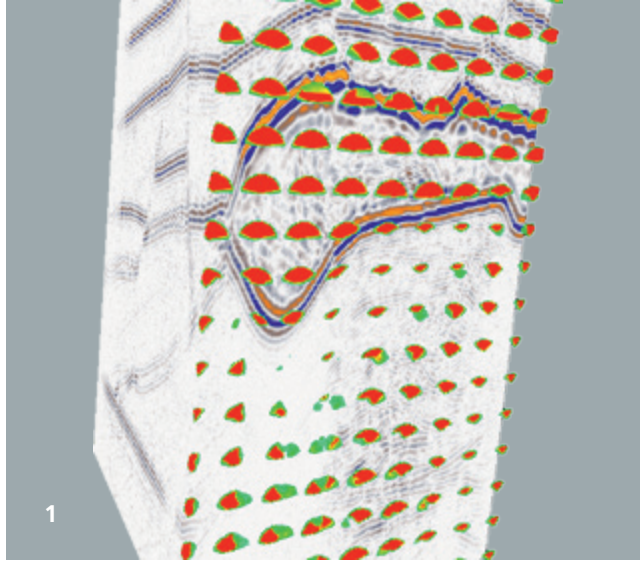
SKALIERBARER STORAGE MIT DEM FRAUNHOFER PARALLEL FILE SYSTEM

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

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

Um dem entgegenzuwirken, arbeitet das CC HPC seit einigen Jahren an dem parallelen Dateisystem FhGFS. Hierbei werden die einzelnen Dateien scheibchenweise auf mehrere Server verteilt und können dadurch parallel eingelesen bzw. geschrieben werden. Dieses Verfahren ermöglicht es, Datensätze mit einem Vielfachen der herkömmlichen Geschwindigkeit zu verarbeiten und wirkt sich so unmittelbar positiv auf die Dauer bis zum Berechnungsergebnis aus. Neben einer sehr guten Skalierbarkeit des Systems legt das Entwicklerteam außerdem großen Wert auf eine unkomplizierte Handhabung durch die Bereitstellung grafischer Management-Tools und ein hohes Maß an Flexibilität bei der Installation. So ist es beim FhGFS möglich, nicht nur separate Server als gemeinsamen parallelen Speicher in einem Cluster zu nutzen, sondern auch die Festplatten der Clusterknoten selbst auf diese Art zu verbinden. Daneben lassen sich die Verteilungsmuster der Daten flexibel an die Bedürfnisse der Nutzer, etwa geographisch getrennte Serverräume, anpassen, um die Zugriffszeit auf die Daten weiter zu reduzieren.

Bereits in den Vorjahren konnte in Kooperation mit Industriepartnern wie SGI gezeigt werden, dass das FhGFS bei typischen Workloads einen deutlich besseren Durchsatz liefern kann als vergleichbare kommerzielle Lösungen. Daher wird das Dateisystem auch zur Speicheranbindung des Fraunhofer Cell Clusters (bis November 2008 auf Platz 1 der weltweiten Green Top 500 Liste) genutzt, wo es einen Datendurchsatz von mehreren Gigabytes pro Sekunde ermöglicht. Auch in diesem Jahr wurde das System wieder auf Workshops und Messen live präsentiert und stieß dabei auf großes Interesse in der HPC-Community. Derzeit wird das Dateisystem bereits auf diversen Clustern in der Größenordnung mehrerer hundert Rechenknoten eingesetzt. Früh im kommenden Jahr sollen dann die Arbeiten am Hochverfügbarkeitsmodus fertiggestellt werden und später soll die Unterstützung für Windows hinzukommen. Dadurch wird das Dateisystem auch außerhalb des HPC-Bereichs interessant, beispielsweise als ausfallsicherer Projekt-Speicher oder für Home-Verzeichnisse. Das FhGFS kann kostenlos unter <http://www.fhgfs.com> heruntergeladen werden.



SEISMISCHE PRESTACK-TIEFEN- MIGRATIONSVERFAHREN

Die Verfahrensgruppe der seismischen Prestack-Tiefenmigration (PSDM) überführt die gemessenen und vorbearbeiteten seismischen Daten in strukturelle Abbildungen des Untergrundes, die hinsichtlich der Lage von Schichtgrenzen und der Gesteinseigenschaften interpretierbar sind. Am CC HPC existiert mittlerweile eine umfangreiche Palette an Softwareprodukten in diesem Bereich. Die auf Raytracing basierenden Verfahren bieten den Vorteil höherer Rechengeschwindigkeit und großer Flexibilität. Neben dem Standardverfahren der Kirchhoff-Migration verfügt das CC HPC über Implementierungen der generalisierten Radon-Transformation (GRT) und der ultraschnellen Beam-Migration. Die Vorteile der GRT beruhen auf der Parametrisierung des Abbildungsproblems durch die Abstrahlwinkel in jedem Punkt des diskretisierten Untergrundes. Das Ergebnis sind qualitativ hochwertige Untergrundabbildungen und Reflektionswinkelgather. Die Methodik erlaubt keine Vorsortierung der seismischen Daten, so dass die Implementierung erst durch die CC HPC-Lösung der virtuellen Maschine ermöglicht wird. In diesem Jahr gelang die signifikante Beschleunigung der sehr rechenzeitintensiven Methode, so dass die vorliegende GRT-Implementierung vermutlich die weltweit einzige produktiv einsetzbare ist. Eine ganz andere Zielsetzung verfolgen die Fast-Beam-Migrationen, die mit interaktiver Geschwindigkeit vergrößerte, aber geometrisch korrekte Untergrundabbildungen liefern, anhand derer die exakte Lage und Form von Salzkörpern festgelegt wird. Durch Erzeugung und Kompression von sogenannten Slantstacks werden die geschwindigkeitsunabhängigen Teile der Summationen aus der eigentlichen Migration herausgezogen, wodurch der mit jeder Änderung der seismischen Geschwindigkeiten zu wiederholende Migrationsanteil um derzeit zwei Größenordnungen schneller ist als bei konventioneller Kirchhoff-Migration. Ergänzt wird das CC HPC-Portfolio an strahlenbasierten 3D-Verfahren durch die Reflexionstomographie, die – unterstützt durch massiv parallele Implementierung aller ihrer Einzelkomponenten und durch die Visualisierung von Zwischen- und Endresultaten durch PSPRO – gute Tiefengeschwindigkeitsmodelle als Input für die PSDM liefern soll.

Die Wellengleichung direkt lösende Migrationen liefern in vielen Fällen nochmals bessere Abbildungsqualitäten als die diskutierten Strahlenverfahren. Sie sind allerdings auch wesentlich rechenzeitaufwändiger. Eine 2D-Implementierung der Reverse-Time-Migration liefert sehr gute Ergebnisse und stellt die Grundlage für Erweiterungen auf 3D und für die Full Waveform Inversion (FWI) dar. Als »Königsdisziplin« kann letztere die bestmöglichen Abbildungsqualitäten und Genauigkeiten der berechneten Geschwindigkeitsmodelle liefern. Aufgrund der methodischen Probleme und bei Datensatzgrößen im Multi-TByte-Maßstab bei Abbildungstiefen bis 15 km und Gebietsausdehnungen bis zu 1000 km² dürfte FWI in den kommenden Jahren das wichtigste Thema in der Explorationsseismologie sein.

1 *GRT-migriertes Abbild einer Salzstockstruktur, dargestellt mit Informationen zur Illumination des Untergrundes (Kugelsegment)*



FOTOREALISTISCHE BILDVERFAHREN: OFFLINE-QUALITÄT – ECHTZEIT-GESCHWINDIGKEIT

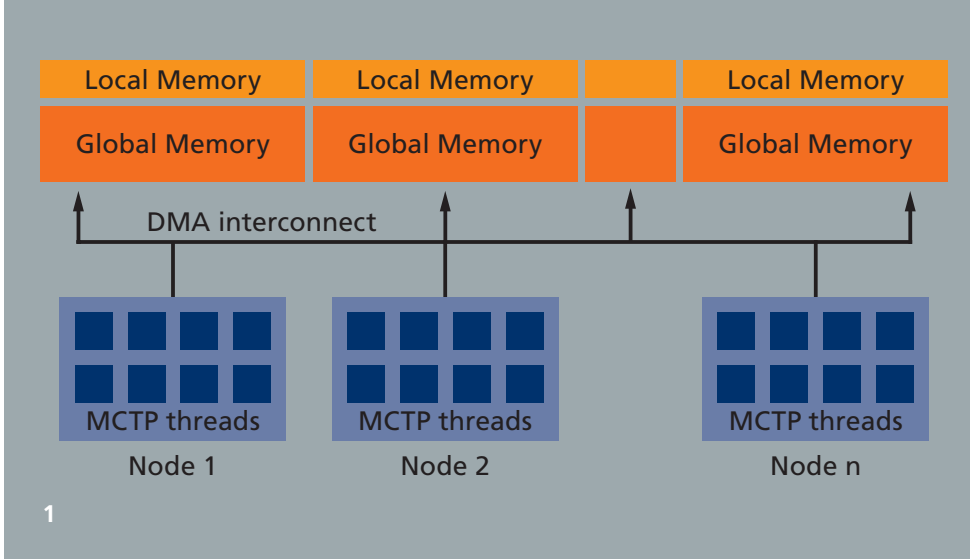
1 & 2 Texturfilterung und HQ Antialiasing (Lamborghini) 3D Objekt mit ~ 2 Mio. Dreiecken bei einer Auflösung von 2800 x 1050 Pixeln mit HQ Textur- und Normalmap-Filterung, unkomprimierten Texturen (bis 4.000 x 4.000 Pixel), 16-faches Antialiasing, Mitchell-Netravali Rekonstruktionsfilter > 50 Bilder/Sekunde im Durchschnitt

In den unterschiedlichsten Produktionsfeldern – angefangen bei der Automobilindustrie über Maschinenbau bis hin zur Unterhaltungsindustrie – hat der Einsatz künstlich erzeugter, fotorealistischer Bilder in den vergangenen Jahren stetig an Bedeutung gewonnen. Die Möglichkeit, ein Produkt virtuell am Bildschirm betrachten zu können, spart Unternehmen Zeit und Kosten für die Herstellung von realen Modellen, beispielsweise bei der Entwicklung neuer Fahrzeugmodelle. Die Erwartungshaltung der Nutzer an Spezialeffekte in Videospielen und Filmen macht auch hier immer realistischere Bilder erforderlich. Mit den Anforderungen steigen bei den bisher eingesetzten Verfahren aber auch die Rechenzeiten für den gewünschten Grad an Fotorealismus. Wartezeiten von mehreren Minuten bis hin zu Stunden für ein neues Bild sind derzeit die Regel. Echtzeitverfahren, die es ermöglichen, flüssig durch fotorealistisch dargestellte 3D-Szenen zu navigieren, waren bislang nicht verfügbar.

Das Competence Center High Performance Computing befasst sich schon seit einigen Jahren mit CPU-basierten Raytracing-Verfahren für sehr große triangulierte 3D-Szenen und Modelle. Mit den ebenfalls am CC HPC entwickelten Volume-Rendering-Verfahren konnten dadurch schon erfolgreiche kommerzielle Produkte entwickelt werden (u. a. PreStack-Pro oder Module für MAGMASOFT®).

Mit der neuesten Generation der PV-4D PBRT Engine gelingt es nun erstmals, Bilder in Produktionsqualität in Echtzeit auf den Bildschirm zu bringen und damit die Wartezeiten für den Benutzer auf – für diesen praktisch nicht wahrnehmbare – wenige Millisekunden zu reduzieren. Damit definiert die PV-4D PBRT Engine völlig neue Maßstäbe im Bereich fotorealistischer Raytracing-Verfahren und hebt sich deutlich von Konkurrenzprodukten sämtlicher Mitbewerber ab.

Die Verfahren zur Behandlung von Geometriedaten (z. B. Traversierung der Szene, Test auf Schnitte und Kollisionen) in der PV-4D PBRT Engine entsprechen ebenfalls dem absolut neuesten Stand der Technik. Eine vollständige HDR-Pipeline sowie Rekonstruktionsfilter, Texturfilter und Antialiasing-Verfahren, die höchsten Qualitätsansprüchen genügen, gehören ebenfalls zum Leistungsspektrum. Die Verwendung von CPUs eröffnet zusätzliche Vorteile. So gibt es keine Größenbegrenzung von Modellen, Szenen oder Texturen, wie sie bei GPU-basierten Verfahren häufig vorhanden ist. Eine spezielle Grafik-Hardware ist nicht erforderlich.



SOFTWARE-ENTWICKLUNG FÜR MULTIKERN-PROZESSOREN – MCTP UND FVM

Moderne Computerarchitekturen sind heutzutage Multikernarchitekturen, d. h. sie bestehen aus zwei oder mehr eigenständigen Rechenkernen. Dies leitet einen Paradigmenwechsel in der Softwareentwicklung ein, der Softwareentwickler dazu zwingt, Programme parallel auszuführen, um skalierbare Anwendungen zu erhalten. Im High Performance Computing werden kleinere Einheiten basierend auf diesen modernen Architekturen durch Hochleistungsnetzwerke, wie z. B. Infiniband, zu großen Computersystemen verknüpft. Große Multicore-Rechnersysteme erfordern neue Werkzeuge zur Entwicklung effizienter skalierbarer Programme. Das aktuell vorherrschende Programmiermodell basierend auf der MPI API ist dazu nicht mehr geeignet.

Um diese entscheidenden Punkte anzugehen, entwickelt das CC HPC zwei Softwarepakete, die Fraunhofer Virtual Machine (FVM) und das Many-Core Threading Package (MCTP). Die FVM stellt eine Kommunikationsbibliothek und eine Laufzeitumgebung für echtzeitparallele Anwendungen auf Rechenclustern zur Verfügung. Dazu stellt sie einen »Partitioned Global Address Space« (PGAS) bereit, über den die Anwendungen wahlfreien Zugriff auf einen verteilten globalen Speicher haben. Die Funktionalität umfasst Kommunikationsprimitiven, Umgebungstests zur Laufzeit und Synchronisationsprimitiven, wie z. B. schnelle Barrieren oder globale atomare Zähler. Diese Ausstattung erlaubt die Erstellung von gut skalierenden Anwendungen. Durch Nutzung moderner Network Interconnect-Hardware konsequent auf Leistung getrimmt (wire speed), erlaubt die FVM dem Programmierer die Kommunikation durch Überlappung mit Rechenschritten zu überdecken (asynchrone Kommunikation). Die FVM stellt eine einfache, zuverlässige Laufzeitumgebung zur Verfügung, um große Datenmengen in hochdynamischen und irregulären Algorithmen zu verarbeiten, die sowohl rechenintensiv als auch I/O-intensiv sind. Sowohl für die x86-Architektur als auch die IBM Cell/B.E.-Architektur steht eine Version für den Anwendungsentwickler bereit. Seit Jahren zeichnet sich ab, dass Softwareentwickler nicht mehr auf steigende Taktraten der Prozessoren vertrauen können, um die Leistung ihrer Anwendungen zu steigern. Stattdessen wird in Zukunft ein Multi-threaded Design unumgänglich sein, um die Leistung der modernen Computerarchitekturen auszuschöpfen. MCTP ist ein Paket, das dem Programmierer den »Multi-thread«-Ansatz zugänglicher machen soll. Es abstrahiert die nativen Threads der jeweiligen Plattform und stellt Funktionen zur Verfügung für die Handhabung von Threads, Threadpools und verwandten Themen, wie z. B. Synchronisation, die dem aktuellen Stand der Technik entsprechen. Das FVM und das MCTP-Paket zusammen erlauben paralleles Programmieren auf verschiedenen Ebenen, der Clusterebene und der Multikernerebene. Sie bilden die Bausteine für die parallele Softwareentwicklung des CC HPC, auf denen alle parallelen Algorithmen und Anwendungen basieren, allen voran PreStack Pro.

1 FVM- und MCTP-Architektur



FRAUNHOFER-CHALMERS RESEARCH CENTER FOR INDUSTRIAL MATHEMATICS FCC

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

Leiter des FCC

Dr. Uno Nävert

T. +46 (0) 31/772-4285

uno.navert@fcc.chalmers.se

Das Fraunhofer-Chalmers Research Center for Industrial Mathematics FCC hat seit seiner Einweihung 2001 über zweihundert industrielle und öffentliche Projekte abgeschlossen und dabei erfolgreich mit über siebzig Unternehmen aus verschiedenen Branchen zusammengearbeitet. Seine Mission ist die wissenschaftliche Forschung im Bereich der angewandten Mathematik, zugunsten der schwedischen und der europäischen Industrie, des Handels und öffentlicher Einrichtungen. Aus dieser Perspektive ist das Jahr 2009, angesichts einer Umsatzsteigerung von fast dreißig Prozent, das bisher bei weitem erfolgreichste.

Wir stellen einen starken Anstieg der öffentlichen Projekte in absoluten und relativen Zahlen fest. Gleichzeitig sind die Einnahmen aus direkten Industrieprojekten zurückgegangen, während die Industrie in großem Umfang als Vertragspartner in den öffentlichen Projekten beteiligt ist. Wir erwarten, dass es zwei bis drei Jahre dauern wird, um wieder den normalen Industrieanteil von rund vierzig Prozent zu erreichen. Hierzu veranstalten wir eine Kampagne, die darauf abzielt, im Bereich Industrie eine breitere Kundenbasis zu gewinnen, die auch kleine und mittlere Unternehmen einschließt. Zusammen mit unseren Partnern, der Chalmers-Universität und dem Fraunhofer ITWM decken wir einen weiten Anwendungsbereich ab; 2009 haben wir unsere Zusammenarbeit weiter verstärkt. Dazu gehören gemeinsame Aktionen mit allen Abteilungen des ITWM sowie dem Chalmers Wingquist Laboratory, Chalmers Systems Biology, Chalmers Fluid Dynamics und mit dem Gothenburg Mathematical Modelling Centre (GMMC).

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

Optimierung. 2009 haben wir uns bei vom GMMC vorgegebenen Forschungsszenarien mit Unsicherheit, Zuverlässigkeit und Qualität befasst. Das Research Proposal konzentrierte sich auf die VMEA (Variation Mode and Effect Analysis).

Die Abteilung Geometrie und Bewegungsplanung hat in enger Zusammenarbeit mit dem Chalmers Wingquist Laboratory die zweite Phase des zehnjährigen Wingquist Laboratory VINN Excellence Centre for Virtual Product Realization 2007 – 2016 erreicht. 2009 hat die Abteilung vier dreijährige oder längere öffentliche Projekte, einschließlich eines Projekts zur virtuellen Lackierung und eines Projekts zu sich intelligent bewegenden Gliederpuppen, begonnen. Die Softwareplattform IPS für die Bewegungsplanung starrer Körper, die Planung der Bewegung von Robotern und die Simulation flexibler Kabel ist durch Lizenzierungen industrieller Kunden in Europa, den Vereinigten Staaten und Japan anerkannt worden. Die Abteilung entwickelt gemeinsam mit der ITWM-Abteilung Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit.

Die Abteilung Computational Engineering und Design hat ihre Arbeit auf dem Gebiet der Multi-Physics-Anwendungen im Zusammenhang mit den Wechselwirkungen von Flüssigkeiten und festen Körpern sowie Flüssigkeiten und elektromagnetischen Feldern ausgebaut, insbesondere im Rahmen von Projekten mit schwedischen und europäischen Partnern in der Industrie und den ITWM-Abteilungen Optimierung, Strömungs- und Materialsimulation und Transportprozesse. 2009 hat die Abteilung ein Projekt zu einer innovativen Simulation von Papier mit der schwedischen Papier- und Verpackungsindustrie und ein damit zusammenhängendes Projekt zur dynamischen Simulation von Glasfasernetzwerken in einer Finite-Elemente-Umgebung von Seiten des Gothenburg Mathematical Modelling Centre in Angriff genommen. Die Abteilung ist ein wichtiger Partner beim später vorgestellten Projekt zur virtuellen Lackierung.

Die Abteilung Risikomanagement konzentriert sich auf Ermüdung, Lebensdauer und Lastanalyse mechanischer Struktu-

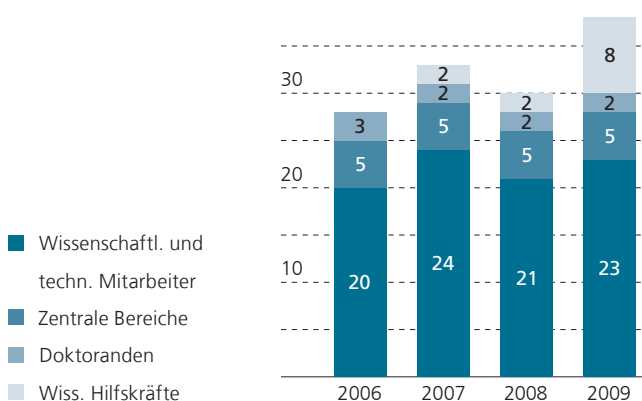
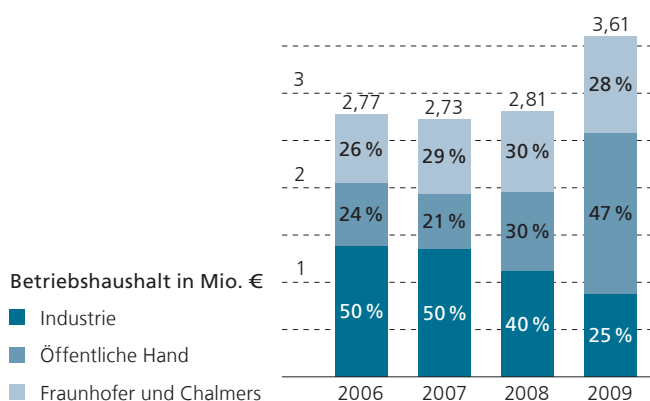


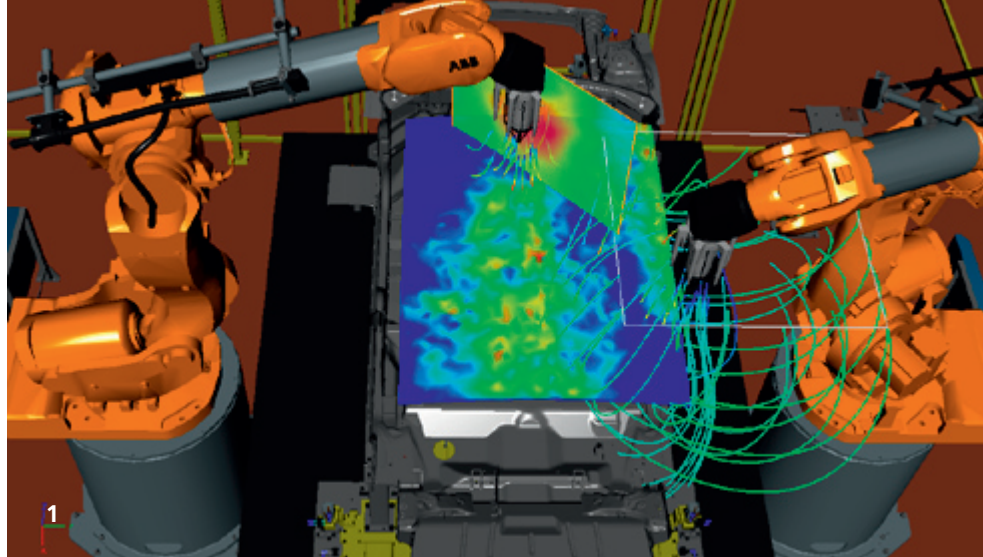
ren, z. B. in der Automatisierung und der Automobilindustrie. 2009 haben wir erfolgreich ein vierjähriges gemeinsames Projekt unter dem Titel »Guide to load analysis for automotive applications« (Leitfaden zur Belastungsanalyse im Automobilbau) mit dem Chalmers Stochastic Centre, der ITWM-Abteilung Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit, SP Technical Research Institute of Sweden und sechs Partnern aus der Industrie in Deutschland, Italien, den Niederlanden und Schweden zum Abschluss gebracht.

Die Abteilung Systembiologie und Bioinformatik wächst weiter und hat neben der langfristigen Förderung durch die Swedish Foundation for Strategic Research (SSF) erhebliche Einnahmen aus der pharmazeutischen Industrie sowie dem öffentlichen Bereich (EU und GMMC) hinzugewinnen können. Im vergangenen Jahr haben wir dem SSF unseren Abschlussbericht vorgelegt, in dem unsere Forschung beschrieben und die mithilfe dieser Fördermittel aufgebaute Abteilung vorgestellt wird. Unsere Zusammenarbeit mit der ITWM-Abteilung Systemanalyse, Prognose and Regelung ist im Rahmen eines strategischen Projekts zur Integration der Systembiologie, der Biotechnologie, der Mathematik und der Bildverarbeitung in der Produktion von tierischem Zellprotein intensiviert worden.

Im letzten Jahr konnten wir vier neue Mitarbeiter einstellen. Unser Team von Wissenschaftlern aus dem Bereich der ange-

wandten Forschung ist eine Mischung aus PhDs und Masters of Science. Wir glauben an ein Modell, bei dem ein MSc zuerst zwei bis fünf Jahre lang an industriellen und öffentlichen Projekten arbeitet. Während dieses Zeitraums halten wir sie dazu an, an Konferenzen teilzunehmen und Arbeiten zu veröffentlichen, um sich im Bereich der Forschung zu profilieren. Wenn sich anschließend ein geeignetes Projekt ergibt, in dem sich ein Doktorand unterbringen lässt, sind wir in der Lage, dem Projekt einen Kandidaten anzubieten, der von Beginn an einen wichtigen Beitrag leistet. Dem interessierten Mitarbeiter bietet sich die Möglichkeit, in seiner Ausbildung einen Schritt weiterzukommen. Sieben der bei uns angestellten MScs, darunter fünf im letzten Jahr, haben auf diese Weise mit ihren Arbeiten zur Promotion begonnen: fünf bei Chalmers und zwei im Ausland. Seit 2008 laden wir Master-Studenten aus einer Handvoll internationaler Programme von Chalmers und der Universität Göteborg mit einer mathematischen Ausrichtung zu Informationsveranstaltungen mit dem Titel »Earn Money on Mathematics« ein. Dabei erläutern wir das FCC und unsere Tätigkeit sowie die Möglichkeiten für begabte Studenten, eine Zehntel-Vollzeitstelle, entsprechend einem halben Tag pro Woche, für die Arbeit im Center zu erhalten und dort Projekte für ihre Master-Arbeit unter gemeinsamer Anleitung von Chalmers und dem FCC durchzuführen. 2009 hat die Anzahl der Studenten, die Auftragsarbeiten und Projekte für Master-Arbeiten ausgeführt haben, zehn Vollzeitäquivalente erreicht.





DIE VIRTUELLE LACKIEREREI – SPRITZLACKIEREN

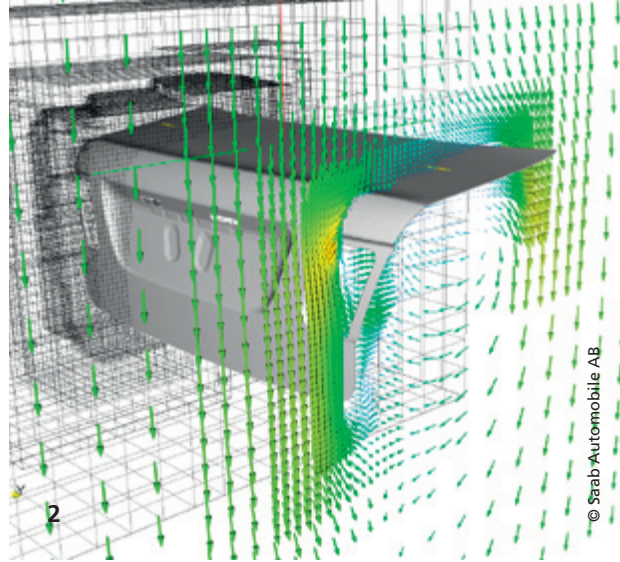
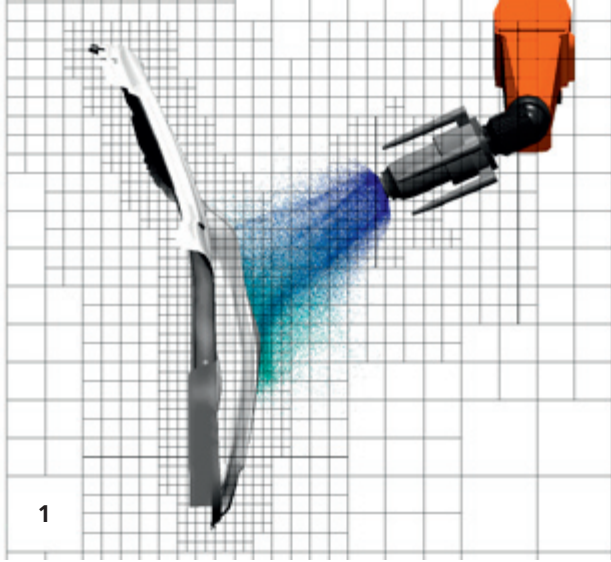
1 *Simuliertes Strömungsfeld zwischen Lackierwerkzeug und lackierter Fläche. Strömungslinien und -färbungen in der Schnittebene bezeichnen die Strömungsgeschwindigkeit der Luft; die Punkte sind Lackpartikel.*

Ziel dieses laufenden Projekts ist die Entwicklung neuer Simulationsalgorithmen und -werkzeuge für Lackierung und Oberflächenbehandlung in den Lackierereien der Automobilindustrie. Das Projekt ist Teil der Programme MERA und FFI der schwedischen Agentur für Innovationssysteme (Vinnova) zur Unterstützung der schwedischen Automobilindustrie; unsere Partner sind Volvo Cars, Saab Automobile, Scania, Volvo AB und Swerea IVF. Die Forscher des FCC sind für die Software und die Entwicklung neuartiger Algorithmen zuständig. Die erste Version des Werkzeugs für virtuelle Spritzlackierung ist 2009 veröffentlicht worden; unsere Partner in der Industrie sehen als positive Effekte vor allem eine Verkürzung der Zeit zur Einführung neuer Fahrzeugmodelle, geringere Auswirkungen auf die Umwelt und eine höhere Produktqualität.

Anstrich und Oberflächenbehandlung in den Lackierereien der Automobilindustrie sind weitgehend automatisiert und werden von Robotern ausgeführt. Ein Zugang zu Werkzeugen, die die Flexibilität der Wegoptimierung für Roboter mit einer schnellen und effizienten Simulation der Prozesse verbindet, ist besonders wichtig, da diese Werkzeuge einen Innovationsvorsprung ermöglichen. Der Schlüsselprozess in der Lackiererei, der gleichzeitig von der Modellierung her der anspruchsvollste Prozess ist, ist die Spritzlackierung der Karosserie. Die Kombination aus einer hohen physikalischen Komplexität, großen Bewegungsgeometrien und der Notwendigkeit, Ergebnisse nahezu in Echtzeit zu erhalten, stellt eine große Herausforderung dar. Zurzeit sieht es in der Automobilindustrie noch so aus, dass man sich zur Optimierung dieser Prozesse auf individuelle Erfahrung und eine praktische Überprüfung verlassen muss.

Bei der Spritzlackierung werden die Grundierung, die Farbschichten und der klare Decklack im elektrostatischen Verfahren mit Rotations-Glockenzerstäubern (ERBS) aufgebracht. Der Lack wird im Zentrum der rotierenden Glocke eingebracht, bildet an der Unterseite der Glocke einen Film und wird am Rand zerstäubt. Die Tröpfchen werden elektrostatisch aufgeladen und in Richtung der zu lackierenden Karosserie durch eine Kombination aus einem Luftstrom um die Glocke sowie einer Potenzialdifferenz im Bereich von 50 bis 100 kV zwischen Lackierwerkzeug und zu lackierender Fläche beschleunigt. Für eine genaue Vorhersage des Aufbaus der Lack-schicht müssen daher die Bahnen der Tröpfchen, auf die zwei Kräfte einwirken, nämlich der Flüssigkeitsstrom und das elektrostatische Feld, von der Glocke zur lackierten Fläche verfolgt werden.

Um diesen komplexen Vorgang effizient zu simulieren, haben wir einen Octree-Flow-Solver nach der Immersed-Boundary-Methode, IBOFlow, entwickelt. Dieser Solver basiert auf Algorithmen zur kombinierten Simulation von Mehrphasen-Strömungen und Strömungen mit freier Oberfläche, elektromagnetischer Felder und der Partikelverfolgung.



© Saab-Automobile AB

In IPS Virtual Paint ist der IBOFlow-Solver im In-House-Package für die automatische Wegplanung (IPS) enthalten; die erste Version dieser Software wurde 2009 veröffentlicht. Die erhebliche Verbesserung der Rechengeschwindigkeit im Vergleich zu anderen Ansätzen erklärt sich zum Teil durch den Einsatz gitterfreier Methoden, die außerdem die Vorverarbeitung vereinfachen. In der Software können beliebige Geometrien mit einem beweglichen, vordefinierten Rotations-Glockenzerstäuber lackiert werden, wobei der Anwender die Prozessbedingungen, z. B. den Lackfluss, den Luftstrom, die elektrostatische Aufladung der Tröpfchen und die Rotationsgeschwindigkeit der Zerstäuberglocke, vorgeben kann. Die Prozessbedingungen werden dazu herangezogen, die physikalischen Bedingungen am Einlass zu berechnen; dazu gehören z. B. die Größe der Lacktröpfchen, die Geschwindigkeitsverteilungen und der Luftstrom am Applikatoreinlass. Versuche mit experimentellen Daten an Testblechen haben ausgezeichnete Ergebnisse geliefert. Zurzeit arbeiten wir an weiteren Verbesserungen von IPS Virtual Paint sowie an Werkzeugen zur Simulation der übrigen relevanten Prozesse in der Lackiererei.

1 Lackiersimulation in IPS Virtual Paint; die Lacktröpfchen werden beim Auftreffen auf die zu lackierende Fläche visualisiert und je nach ihrer Masse unterschiedlich eingefärbt.

2 Behandlung der Geometrie in IPS Virtual Paint: Das Lösungsmodul arbeitet mit einem kartesischen Gitter, das um das stationäre oder bewegte Objekt beliebig definiert werden kann.



LEITFADEN ZUR BELASTUNGSANALYSE IM AUTOMOBILBAU

1 *Die konstruktiven Spezifikationen in der Automobilindustrie beruhen zum großen Teil auf Tests und Messungen der Belastungen auf Versuchsstrecken.*

Lkw sind in verschiedenen Teilen der Welt sowie bei den diversen Transportaufgaben äußerst unterschiedlichen Bedingungen ausgesetzt. Sechs führende europäische Lkw-Hersteller – DAF, Daimler, Iveco, MAN, Scania und Volvo – haben darum ein Forschungsprojekt in Auftrag gegeben, um einen Leitfaden zur Belastungsanalyse zu erstellen und ihre Fahrzeuge im Hinblick auf die Materialermüdung entsprechend auszulegen.

Dieses Projekt wurde vom FCC zusammen mit dem SP Technical Research Institute of Sweden, Chalmers Mathematical Sciences, Fraunhofer ITWM und den Partnern aus der Industrie bearbeitet und 2009 abgeschlossen. 2006 wurden Praxis und künftige Anforderungen zur Belastungsanalyse in Verbindung mit einer Studie zum Stand der Technik bei der Belastungsanalyse für Anwendungen in der Automobiltechnik untersucht. Nach dieser Vorstudie einigten sich die Parteien auf das Hauptprojekt. 2007 bis 2009 wurde der Leitfaden in enger Zusammenarbeit aller Parteien mit regelmäßigen Meetings und jährlichen Seminaren bei den einzelnen Unternehmen entwickelt. Nach der Einführung beschäftigt sich der zweite Teil des Leitfadens mit Methoden zur Belastungsanalyse. Er beschreibt die verschiedenen Verfahren und wann sie eingesetzt werden sollten. Das Jahr 2009 war dem dritten Teil gewidmet, nämlich der Belastungsanalyse im Hinblick auf den Konstruktionsprozess des Fahrzeugs. Dieser Teil wird im weiteren Text etwas genauer beschrieben.

Ziel des Herstellers ist letztlich eine Konstruktion, die genau die Anforderungen der Kunden erfüllt und weder zu schwach noch zu stark ist. Diese Anforderungen müssen z. B. in ein bestimmtes geringes Ausfallrisiko, einen geeigneten Sicherheitsfaktor oder eine zu erwartende wirtschaftliche Lebensdauer umgesetzt werden. Für eine robuste Konstruktion ist eine gute Kenntnis der Belastungen bei den Kunden erforderlich. Ebenso wichtig ist das Wissen um das mechanische Verhalten von Struktur und Werkstoff. Um die Belastungsanalyse im Zusammenhang mit der Konstruktion von Lkw vorzustellen und zu beschreiben, welche Methoden in den verschiedenen Stadien der Konstruktion am besten geeignet sind, ist es wichtig, die Belastungen auf den verschiedenen Ebenen – System, Baugruppe und Komponente – zu betrachten, in den verschiedenen Stadien des gesamten Konstruktionsablaufs: Konzeptphase, CAD und digitale Modelle, CAE einschließlich einer Modellierung der physikalischen Gegebenheiten sowie CAE und Herstellung. Die funktionellen Spezifikationen und die Entwicklungsziele gelten für die verschiedenen Belastungsniveaus. Hier interessieren die Anforderungen zur Haltbarkeit, ausgedrückt als Vorgabe für die Zuverlässigkeit des Fahrzeugs, seiner Baugruppen und seiner Komponenten. Es ist wichtig, diese Anforderungen während der gesamten Konstruktionsphase im Auge zu behalten.



Bei der Bewertung der Belastungsverteilung bei den Kunden steht neben der Definition der interessierenden Belastungen (z. B. der Spurstange) im Vordergrund, welche Population sie repräsentiert, z. B. alle Kunden, eine spezifische Anwendung (z. B. Holztransporter) oder einen bestimmten Markt (z. B. Europa). Drei Strategien zur Einschätzung der Verteilung der Belastungen bei den Kunden werden besprochen: Zufallsauswahl, Verwendung durch die Kunden und Belastungsprofil, fahrzeugunabhängige Beschreibung der Belastungen.

Die Grundspezifikation ist die Schwere der Belastung, die zum jeweiligen konstruktiven Ansatz in ein Verhältnis gebracht werden muss. Belastungssignale können aus einfachen synthetischen Belastungen, Zufalls-Belastungsmodellen, Anpassungen gemessener Signale, genormten Belastungssequenzen bzw. Messungen auf Versuchsstrecken hergeleitet oder über eine optimierte Kombination von Einzelversuchen auf der Versuchsstrecke definiert werden.

Bei der Prüfung der Systeme und Komponenten sind Überprüfung, die Erzeugung und Beschleunigung von Belastungen sowie die Planung und Bewertung der für die Überprüfung vorgenommenen Tests wichtig. Im Leitfaden werden drei Ansätze zur Überprüfung vorgestellt:

- Highly Accelerated Life Test (HALT), ausgehend von der Idee, dass Ausfälle mehr Informationen liefern als Nicht-Ausfälle und zu Verbesserungen führen, unabhängig davon, ob die Schwere die Erwartungen übertrifft.
- Belastungs- und Festigkeitsanalyse auf der Grundlage von Tests zur Charakterisierung; die Eigenschaften bezüglich Festigkeit und Belastung werden anhand von Experimenten zur Charakterisierung untersucht. Streuung und Unsicherheiten werden innerhalb eines statistischen Rahmens analysiert, um die Konstruktion hinsichtlich der Vorgaben zur Zuverlässigkeit anhand festgelegter Sicherheitsfaktoren zu überprüfen.
- Formale Verfahren auf der Grundlage der Wahrscheinlichkeit, mit Prüfplänen, die auf formal konsistenten Regeln aufbauen, mit deren Hilfe sich der Erfahrung nach sichere Konstruktionen erreichen lassen; typischerweise wird ein niedriges Quantil in der Festigkeitsverteilung mithilfe von Tests überprüft.

1 *Die Spezifikationen zur Haltbarkeit von Lkw hängen von der Transportaufgabe ab; der Holztransporter im Bild muss so ausgelegt sein, dass er sehr hohen Nutzlasten sowie hohen dynamischen Belastungen standhält.*

Acar, Sarp Kaya; Lorenz, Stefan; Nögel, Ulrich
Heston Option Pricing Framework
 Cambridge-Kaiserslautern Finanzmathematik Workshop, Fraunhofer ITWM Kaiserslautern, Mai

Altendorf, Hellen
3D Directional Mathematical Morphology for Analysis of Fiber Orientations
 10th European Congress of Stereology and Image Analysis (ECS), Mailand, Juni

Altendorf, Hellen
Mathematical Morphology for Analysis of Fiber Networks
 ESRF Seminar, Grenoble, Januar

Altendorf, Hellen
Morphologie Mathématique 3D Directionelle pour l'Analyse des Réseaux de Fibre
 32ème Journée (International Society of Stereologie), Paris, Februar

Andrä, Heiko
Topology Optimization for Castings using a Level-set Method
 Universität Graz, Juli

Andrä, Heiko et al
Domain decomposition for the computation of effective elastic moduli and Topology optimization for castings using a level-set method
 Workshop Fraunhofer ITWM – Univ. Paris VI, Paris, Juli

Andrä, Heiko; Iliev, Oleg; Kabel, Matthias; Lakdawala, Zahra; Steiner, Konrad; Starikovicius, Vadimas
Interaction of Fluid with Porous Structure in Filtration Processes: Modelling and Simulation of Pleats Deflection
 FILTECH 2009, International Conference & Exhibition for Filtration and Separation Technology, Wiesbaden, Oktober

Andrä, Heiko; Kabel, Matthias; Rieder, Hans; Spies, Martin
Optimization of Multilayered Porous Acoustic Absorbers
 NAG/DAGA 2009, International Conference on Acoustics, Rotterdam, März

Andrä, Heiko; Orlik, Julia; Zemitis, Aivars
Planungssystem für die Endoprothetik
 Workshop »Simulation in der Biomaterial- und Medizintechnologie«, Berlin, Juni

Becker, Jürgen
Determination of GDL Material Properties – Comparison of Experiment and Simulation
 Hydrogen & Fuel Cells 2009: Conference and Trade Show, Vancouver, Juni

Becker, Jürgen; Wiegmann, Andreas; Steiner, Konrad
Numerical Determination of Effective Material Properties of Diffusion Media in Fuel Cells
 ACHEMA 2009, Frankfurt, Mai

Becker, Jürgen; Wieser, Christian
Modelling of Microporous Layers
 6th Symposium of Fuel Cell Modelling and Experimental Validation, Bad Herrenalb, März

Berger, Martin; Schröder, Michael; Küfer, Karl-Heinz
Multiobjective Optimization for Decision Support in Automated 2.5D System-in-Package Electronics Design
 International Federation of Classification Societies 2009 Conference Dresden, März

Berndt, Dirk; Rösch, Ronald
Sicherstellung der Qualität durch optische Methoden
 BME Forum: Einkauf von Gussteilen, München, Januar

Breuner, Sven
FhGFS – Das Fraunhofer Parallel File System
 Parallel File Systems Workshop, HLRS Stuttgart, April

Burger, Michael; Dreßler, Klaus; Marquardt, Albert; Speckert, Michael
Calculating invariant Loads for System Simulation in Vehicle Engineering
 Multibody Dynamics 2009, ECCOMAS Thematic Conference, Warschau, Juni

Cheng, Liping; Rief, Stefan; Wiegmann, Andreas
Nano Filtration Media – Challenges of Modelling and Computer Simulation
 FILTECH 2009, Wiesbaden, Oktober

Dalheimer, Mathias
Amazon EC2 als Teil der Virtualisierungsstrategie
 IT-Virtualisierung, Köln, Februar

Dalheimer, Mathias
Cloud Computing – Eine Alternative für Enterprise HPC?
 CloudConf 2009, Stuttgart, November

Dalheimer, Mathias
Cloud Computing im Unternehmensinsatz
 Stuttgarter Softwaretechnikforum 2009, Stuttgart, Dezember

Dalheimer, Mathias
Financial Simulations on the Cloud
 Open Grid Forum 27, Banff, Kanada, Oktober

Dalheimer, Mathias
GenLM: Flexible License Management for Grids and Clouds
 Grid License Management BoF
 Open Grid Forum 25, Catania, März

Dalheimer, Mathias
Integrating EC2 services into the Fraunhofer PHASTGrid
 Cloud Computing Workshop, Open Grid Forum 25, Catania, März

Dalheimer, Mathias
Lizenzen in D-Grid
 D-Grid, All Hands Meeting, Göttingen, März

Dalheimer, Mathias
Multicriteria Scheduling in Grids & Clouds
 Universität Leipzig, Juni

Dalheimer, Mathias
Virtualisierung im D-Grid
 PT-Grid Workshop, Kaiserslautern

De Oliveira, Ely
Assessing Quality of Service in Production Grids, with respect to Middleware Systems
 5° D-Grid Monitoring-Workshop, Jülich Supercomputing Centre, Mai

Desmettre, Sascha
Own-company Stockholding and Work Effort Preferences of an unconstrained Executive
 EURO 2009 – 23rd European Conference on Operational Research, Bonn, Juli, Fourth General Conference on Advanced Mathematical Methods in Finance, Aalesund, Mai, und Beyond Part III, Conference for Young Researchers, Centre for Mathematical Sciences, Cambridge, April

Didas, Stephan
Processing Tensor Data with Higher Order PDEs
 New Developments in the Visualization and Processing of Tensor Fields, Dagstuhl, Juli

Dillhöfer, Alexander; Rieder, Hans; Spies, Martin
Roboterbasierte Detektion von Oberflächenstrukturen in komplexen Freiformflächen mittels Luftultraschall und Methoden der Bildverarbeitung
 DGZfP-Jahrestagung 2009, Münster, Mai

Dimitroff, Georgi
Monte Carlo simulation in the Heston stochastic volatility model
 Cambridge-Kaiserslautern Projektworkshop, Cambridge, Februar

Dimitroff, Georgi
Multi-asset Heston stochastic volatility model
 Workshop Financial mathematics meets econometrics, Universität Bonn, November, und Workshop Moderne Finanzmathematik und ihre Anwendung für Banken und Versicherungen, Fraunhofer ITWM Kaiserslautern, Dezember

Dimitroff, Georgi
Shinking and Expansion under Isotropic Brownian Flows
 Monash University Melbourne, Monash Statistical Seminar, Dezember

Dmitriev, Vitaly
Multiscale Finite Volume Method as Solver and as Preconditioner
 Miniworkshop on Numerical Upscaling, Oberwolfach, März

Erlwein, Christina
A Regime-Switching Regression Model for Hedge Funds
EURO 2009, 23rd European Conference on Operational Research, Bonn, Juli, und BMBF-Meeting Alternative Investments, Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern, Juli

Erlwein, Christina
Application of hidden Markov Models in Financial Modeling
Cambridge-Kaiserslautern Projektworkshop, Cambridge, Juni

Ettrich, Norman; Merten, Dirk; Foss, Stig-Kyrre
Seismic Trace Conversions by Sinc-function Based Interpolation
71st EAGE Annual Meeting, Amsterdam, Juni

Feßler, Robert
Muster, Logos und Schriftzüge aus Licht
MATERIALICA, Surface Kongress, München, Oktober

Geiger, Ansgar
Optimization of Power Plant Investments using (Approximate) Dynamic Programming
EUROXXIII, Bonn, Juni

Geiger, Ansgar
Strategic Optimization of Power Plant Investments
Universität Karlsruhe, Juni

Glatt, Erik; Rief, Stefan; Wiegmann, Andreas
Microstructure Simulation of Virtual Woven Filter Media
FILTECH 2009, Wiesbaden, Oktober

Godehardt, Michael
Microstructural Analysis of a C/SiC Ceramic based on 3d Image Data
20th International Congress on X-Ray Optics and Microanalysis, Karlsruhe, September

Godehardt, Michael; Altendorf, Hellen; Wirjadi, Oliver
Lokale Vermessung von Fasersystemen: Aktuelle Entwicklungen und offene Fragestellungen an der Schnittstelle zur Modellierung
15. QIA – Workshop Quantitative Bildanalyse, Bissersheim, Mai

Hansen, Neele; Krumke, Sven
Integrating Timetabling and Vehicle Scheduling
EUROXXIII, Bonn, Juni

Hansen, Neele; Krumke, Sven
The complexity of integrating timetabling and vehicle scheduling
MAPSP, Abbey Rolduc, The Netherlands, Juni

Hering-Bertram, Martin; Obermaier, Harald; Kuhnert, Jörg; Keller, Patric; Hagen, Hans
Feature-based Visualization of Point-based Data
Dagstuhl, Juni

Herkt, Sabrina; Dreßler, Klaus
Nonlinear Model Reduction in Structural Mechanics
GACM 2009, Hannover, September

Herkt, Sabrina; Dreßler, Klaus; Pinna, Rene
Model Reduction of Nonlinear Problems in Structural Mechanics
ESMC EuroMech 2009, Lissabon, September

Hietel, Dietmar
Fiber Spinning: Modeling, Simulation and Optimization
Polyester & Intermediates Conference, Frankfurt/Main, Juni

Hietel, Dietmar
Filaments & Nonwovens: Modeling, Simulation and Optimization
Polyamide & Intermediates Conference, Düsseldorf, Oktober

Iliev, Oleg
Challenges in modelling and simulation of filtration processes
Annual Meeting of International Society for Porous Media, Kaiserslautern, März

Iliev, Oleg
Multiscale Problems and Upscaling. Simulation of Multiscale Filtration Processes
Miniworkshop on Numerical Upscaling, Oberwolfach, März

Iliev, Oleg
On Some Upscaling Approaches for Multiscale Industrial Problems
ExxonMobi, Houston, USA, April

Iliev, Oleg et al
Upscaling Techniques for Computing effective Coefficients for Insulation Materials and Sub-grid Techniques for Multi-scale Filtration Problems
Workshop Fraunhofer ITWM – Univ. Paris VI, Paris, Juli

Iliev, Oleg; Lakdawala, Zahra; Andrae, Heiko; Kabel, Matthias; Dederling, Michael; Starikovicius, Vadimas
Recent CFD Developments for Filter Element Simulations
Annual Meeting of American Filtration Society, Minneapolis, Mai

Iliev, Oleg; Lakdawala, Zahra; Dederling, Michael; Ciegis, Raimondas; Starikovicius, Vadimas; Popov, Peter
Advanced CFD simulation of filtration processes
FILTECH 2009, Wiesbaden, Oktober

Iliev, Oleg; Lakdawala, Zahra; Rief, Stefan; Wiegmann, Andreas
Coupled Particle Level and Filter Element Level Simulation for Filtration Processes
FILTECH 2009, Wiesbaden, Oktober

Iliev, Oleg; Lazarov, Raytcho; Willem, Jörg
Discontinuous Galerkin FEM for Flows in highly heterogeneous Media
Conference Large Scale Scientific Computation, Sozopol, Juni

Iliev, Oleg; Lazarov, Raytcho; Willem, Jörg
On an efficient Approach for Calculating effective Properties of Insulation Materials
Conference Large Scale Scientific Computation, Sozopol, Juni

Ilyasov, Maxim
Reverse Time Migration using Wavelets for Data Reduction
The International Conference WAVELETS AND APPLICATIONS, St. Petersburg, Juni

Jung, Pascal; Leyendecker, Sigrid; Linn, Joachim; Ortiz, Michael
Discrete Lagrangian Mechanics and geometrically exact Cosserat Rods
Multibody Dynamics, ECCOMAS Thematic Conference, Warschau, Juni

Keller, Patric
Extracting and Visualizing Structural Features Within Environmental Point Cloud LiDaR Data Sets
TopoInVis'09, Snowbird, Februar

Klar, Axel
Fokker-Planck Equations and Stochastic Models for Fiber Lay-down in Non-woven Production Processes
Cambridge, April

Klar, Axel
Hierarchy of Mathematical Models for Production Processes of Technical Textiles
GAMM-Hauptvortrag, Danzig, Februar

Klar, Axel
Mathematical Models for Fiber Dynamics in Non-woven Production Processes
Banff, Juli

Klar, Axel
Model Hierarchies and Optimization for Dynamic Flows on Networks
Porto Ercole, Juni

Knaf, Hagen; Trinkaus, Hans
Innovation Play/Board – Knowledge, Project and Process Management
KnowTech, 11. Kongress zum IT-gestützten Wissensmanagement in Unternehmen und Organisationen, Bad Homburg, Oktober

Korn, Ralf
Die Monte Carlo Methode: Klassisches und Neues
(CM)²-Seminar, TU Kaiserslautern, Oktober

Korn, Ralf
Financial Mathematics: Between Stochastic Differential Equations and Financial Crisis
Conference in memory of Jürgen Lehn, METU Ankara, April

Korn, Ralf
Monte Carlo Methods and Applications in Finance and Insurance Models (6 Vorträge)
Universität Lausanne, August

- Korn, Ralf
The Decoupling Approach to Binomial Pricing of Multi-Asset Options
TU München, Juli, und Conference in memory of Jürgen Lehn, METU Ankara, April
- Korn, Ralf
Theoretical Advances with Practical Use in Finance
Cambridge-Kaiserslautern Finanzmathematik Workshop, Fraunhofer ITWM Kaiserslautern, Mai
- Korn, Ralf
Moderne Monte-Carlo-Methoden für Anwendungen in der Finanzmathematik
Workshop Moderne Finanzmathematik und ihre Anwendung für Banken und Versicherungen, Fraunhofer ITWM Kaiserslautern, Dezember
- Korn, Ralf
Worst-Case Portfolio Optimization with Applications in Finance and Insurance
Universität Bonn, November
- Küfer, Karl-Heinz
Diamonds are forever – und die Mathematik bringt sie groß raus
Veranstaltungsreihe zum Jahr der Wissenschaft, Fruchthalle Kaiserslautern, März
- Kuhnert, Jörg; Aschenbrenner, Lars
Finite Pointset Method (FPM): Optimized Meshfree Solver in Gasdynamics
Fifth International Workshop on Meshfree Methods for Partial Differential Equations, Bonn, August
- Kurz, Jochen; Rieder, Hans; Stoppel, Markus; Taffe, Alexander
Control and Data Acquisition of Automated Multi-Sensor Systems in Civil Engineering
NDTCE09 Non-Destructive Testing in Civil Engineering, Nantes, Juni
- Lang, Holger; Arnold, Martin
Numerical Aspects in the Dynamic Simulation of Geometrically Exact Rods
NUMDIFF 12, Halle/Saale, September 2009
- Lang, Holger; Linn, Joachim
A multibody System Modeling Approach to Geometrically Exact Rods using Geometric Finite Differences
ESMC EuroMech 2009, Lissabon, Sept. 2009
- Lang, Holger; Linn, Joachim
A Second Order Semi-discrete Cosserat Rod Model suitable for dynamic simulations in real time
ICNAAM 09, Rethymno, September
- Lang, Holger; Linn, Joachim; Arnold, Martin
Multibody dynamics simulation of geometrically exact Cosserat rods
Multibody Dynamics 2009, ECCOMAS Thematic Conference, Warschau, Juli
- Latz, Arnulf
MISES-FOK: Multiskalenintegrierende Struktureigenschaftssimulation der Faserverstärkung für faserverstärkte Kunststoffe im Automobil- und Flugzeugbau
Wing Statusseminar, »Virtuelle Werkstoffentwicklung«, Bonn, Juni
- Latz, Arnulf; Moritz, Tassilo; Niedziela, Dariusz
On Numerical Simulation of Powder Injection Molding
NAFEMS Seminar »Simulation of Complex Flows (CFD) – Application and Trends«, Wiesbaden, März
- Latz, Arnulf; Schmidt, Sebastian
Numerical Solution of Granular Hydrodynamics from Dilute to Quasi-Static Flow
Powders&Grains 2009, Golden, Juli
- Latz, Arnulf; Schmidt, Sebastian; Niedziela, Dariusz
A new Simulation Ansatz for Industrial Granular Flows from Dilute into the Solidified Regime
29. Internationaler Ausstellungskongress für Chemische Technik, Umweltschutz und Biotechnologie, Frankfurt/Main, Mai
- Lefteriu, Sanda
Modeling Multi-port Systems from Frequency Response Data via Tangential Interpolation
- 13th IEEE Workshop on Signal Propagation on Interconnects, Straßburg, Mai
- Lojewski, Carsten
The Fraunhofer Virtual Machine: A Communication Library and Runtime System based on the RDMA Model
ISC 2009, Hamburg, Juni
- Maag, Volker; Küfer, Karl-Heinz
An Explicit Solution of the Lower Level Problems for the Cooling Layout Optimization in Injection Molding
EUROXXIII, Bonn, Juni
- Maasland, Mark; Teutsch, Christian
Kombinierte optische Vermessung und Oberflächenprüfung von 3D-Objekten
Fraunhofer-Vision-Seminar »Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung«, Erlangen, Dezember
- Marburger, Jan
Optimal Control using Particle Methods
GAMM 2009, Danzig, Februar
- Mickler, Matthias; Didas, Stephan; Rauhut, Markus; Rösch, Ronald; Bart, Hans-Jörg
In-Line-Bildanalytik in Tropfen- und Blasenströmungen
Verfahrenstechnisches Seminar, TU Kaiserslautern, Dezember
- Mickler, Matthias; Didas, Stephan; Rauhut, Markus; Rösch, Ronald; Bart, Hans-Jörg
Tropfenschwammuntersuchungen mittels Bildanalytik in Extraktionskolonne
Seminar (CM)², TU Kaiserslautern, November
- Mohring, Jan
Parametric Reduction of Multiphysics Models
ANSYS Conference & 27th CAD-FEM Users' Meeting 2009, Leipzig, November
- Monz, Michael
Vollständig interaktive Planung vonintensitätsmodulierter Strahlentherapie
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen, Mai
- Müller, Marlene
A Case Study on Using Generalized Additive Models to Fit Credit Rating Scores
user! 2009 Conference, Rennes, und European Meeting of Statisticians, Toulouse, Juli
- Müller, Marlene
Index Tracking Issues
Workshop Moderne Finanzmathematik und ihre Anwendung für Banken und Versicherungen, Fraunhofer ITWM Kaiserslautern, Dezember
- Müller, Ralf; Kinkel, Sven; Andrä, Heiko; Kabel, Matthias; Steiner, Konrad
Mikro- und Strukturmechanik zur Analyse des nichtlinearen Deformationsverhaltens von dielektrischen und porösen Elastomeren
CM²-Seminar, Kaiserslautern, November
- Nam, Alexander; Orlik, Julia
Homogenization for Periodic Fiber Structures with Micro-contact on the Fibers. Application to the Technical Textiles
Seminar, Saint Etienne University Jean Monnet, Oktober
- Nam, Alexander; Orlik, Julia; Andrä, Heiko; Iliev, Oleg
Effective Mechanical Properties of Technical Textiles via Asymptotic Homogenization
International Conference on Textile Composites and Inflatable Structures, STRUCTURAL MEMBRANES 2009, Stuttgart, Oktober
- Natcheva-Acar, Kalina
Generic CMS/Libor Linked Product Pricer
Cambridge-Kaiserslautern Finanzmathematik Workshop, Fraunhofer ITWM Kaiserslautern, Mai
- Natcheva-Acar, Kalina
Generische Bewertung von Zinssprodukten
Workshop Moderne Finanzmathematik und ihre Anwendung für Banken und Versicherungen, Fraunhofer ITWM Kaiserslautern, Dezember

Neunzert, Helmut
Mathematical Modeling and a New Role for Mathematics as a Technology
14th International Conference on the Teaching of Mathematical Modelling and Applications, Hamburg, Juli

Neunzert, Helmut
Mathematics – Engine of Innovations
Bulgarien, Mai

Neunzert, Helmut
Mathematik und Praxis
Fraunhofer-Kongress Mathematik in der Praxis, Berlin, März

Neunzert, Helmut
Mathematik: Motor von Innovationen
Forschungszentrum Jülich, Juni

Neunzert, Helmut
Remarks on a European Master in Industrial Mathematics
European Dissemination Conference EMP-IM 2009, TU Dresden, September

Obermaier, Harald
Multi-Field Visualization
VisWeek'09, Atlantic City, Oktober

Obermaier, Harald
Stream Volume Segmentation of Grid-Less Flow Simulation
TopoInVis'09, Snowbird, Februar

Olawsky, Ferdinand
Simulation of Nonwoven Processes
Polyester & Intermediates Conference, Frankfurt/Main, Juni

Orlik, Julia; Nam, Alexander; Andrä, Heiko; Iliiev, Oleg
Calculation of effective mechanical properties of technical textile via asymptotic homogenization
International Conference on Challenges of Porous Media, Kaiserslautern

Pfreundt, Franz-Josef
A Vision to Save the Planet
Society of American Military Engineers (S.A.M.E.), Ramstein Air Force Base, Oktober

Pfreundt, Franz-Josef
Fraunhofer Virtual Machine
GPU4 Workshop, MTU Aero Engines GmbH, München, August

Pfreundt, Franz-Josef
FVM statt MPI
DLR Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik, Braunschweig, Februar

Pfreundt, Franz-Josef
GenLM : License Management for Grids and Clouds
ISC 2009, BoF. Hamburg, Juni

Pfreundt, Franz-Josef
Höchstleistungsrechnen auf PC-Clustern für industrielle Simulationsaufgaben
Universität Hamburg, Januar

Pfreundt, Franz-Josef
HPC at Fraunhofer
IBM Research Center, Austin, März

Pfreundt, Franz-Josef
The Fraunhofer Cell Cluster and Seismic Imaging
Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, März

Rahn, Mirko
FVM – How to program the Multicore
DLR Symposium: CFD on Future Architectures Braunschweig, Oktober

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

Redenbach, Claudia
Realistic models for open foams
15th Workshop on Stochastic Geometry, Stereology, and Image Analysis, Blaubeuren, März

Repke, Sabine
On Optimal Control of a free Surface Flow
Short communications on applications of freefem++, freefem++ workshop, Paris, September, und GAMM 2009, Danzig, Februar

Repke, Sabine
Optimal Control of a 2d Stokes Flow with Free Surface

Optimization with interfaces and free boundaries, Regensburg, März

Rieder, Hans; Spies, Martin
Dreidimensionale Ultraschall-Tomographie an schwer prüfba- ren strukturellen Werkstoffen
DGZfP-Jahrestagung 2009, Münster, Mai

Rieder, Hans; Spies, Martin
Entwicklung und Anwendung eines leistungsfähigen Ultraschallverfahrens zur zerstörungsfreien Prüfung von komplexen Bauteilen aus schwerprüfba- ren Werkstoffen am Beispiel von Schiffspropellern
Vortrag der Berthold-Preisträger 2009, DGZfP-Jahrestagung, Münster, Mai

Rief, Stefan
Mikrostruktursimulation faserbasierter Produkte
PTS-Forschungsforum, Modellierung und Prognose von Eigenschaften faserbasierter Produkte, Heidenau, März

Rief, Stefan
Von der Struktur zur Eigenschaft mittels Computersimulation
Fraunhofer MEVIS, Bremen, Juli

Rief, Stefan; Wiegmann, Andreas
Analysis and Optimization of Paper Machine Clothings by Computer Simulation
Papermaking Research Symposium 2009, Kuopio, Juni

Rösch, Ronald
Fehlerdetektion in texturierten Oberflächen im praktischen Einsatz
Fraunhofer Vision-Technologietag 2009, Kaiserslautern, Oktober

Ruckdeschel, Peter
Nice to have in R: S4 Classes for Distributions – and why English & Spanish clubs still cause Traumatama to Bayern München
Cambridge-Kaiserslautern Projektworkshop, Kaiserslautern, Mai

Ruckdeschel, Peter
Optimal Robust Kalman Filtering
Cambridge-Kaiserslautern Projektworkshop, Cambridge, Juni

Ruckdeschel, Peter
Perspectives of Robust Filtering in Finance
Cambridge-Kaiserslautern Projektworkshop, Cambridge, Februar

Ruckdeschel, Peter
Robustness Issues in Kalman Filtering revisited
2nd International Workshop of the ERCIM Working Group on Computing & Statistics, Limassol, Oktober

Ruckdeschel, Peter
Robustness Issues in Kalman Filtering revisited – with R?
Universität für Bodenkultur Wien, März

Ruckdeschel, Peter
R-Package robKalman – R. Kalman's revenge or Robustness for Kalman Filtering revisited
useR! 2009 Conference, Rennes, Juli

Ruckdeschel, Peter
State of Affair: Robustness in Time Series in R
ICORS 2009 Conference, Parma, Juni

Scheben, Rolf; Götz, Siegbert; Spies, Martin; Rieder, Hans
Schnelle Ultraschallsimulation mittels eines Hybridverfahrens aus der Punktquellensynthese und der Elastodynamischen Finiten Differenzen Methode
DGZfP-Jahrestagung 2009, Münster, Mai

Scherrer, Alexander
Das Berufsbild des Mathematikers
Berufsbörse 2009 Neustadt/Weinstraße, Februar

Scherrer, Alexander
Mathematik in Studium und Beruf
BIT 09, Neustadt/Weinstraße, Mai

Scherrer, Alexander
Radiotherapieplanung zur Tumorbehandlung – Das Zusammenspiel von Simulation, Optimierung und Entscheidungsunterstützung
Workshop Simulation in der Bio- material- und Medizintechnologie- Berlin, Juni

Scherrer, Alexander
Schlüsselqualifikation Mathematik
BIV 2009, Landstuhl, Juni

Schladitz, Katja
Analysis of Volume Images
1. Steinbeis Kolloquium, Saarbrücken, Juni

Schmidt, Oliver
Numerical and Symbolic MOR Techniques Using Hierarchical Circuit Structure
COMSON Autumn School on Future Developments in Model Order Reduction, Terschelling, September

Schüle, Ingmar
Finding Tight RL formulations for Quadratic Semi-Assignment Problems
Cologne Twente Workshop 2009, Paris, Juni

Schüle, Ingmar
Synchronization of Regional Public Transport Systems
Urban Transport, Bologna, Juni

Schwientek, Jan; Küfer, Karl-Heinz; Winterfeld, Anton
Bi-criteria Multi-body Design Centering in Presence of Guillotine Constraints
EUROXXIII, Bonn, Juni

Schwientek, Jan; Küfer, Karl-Heinz; Winterfeld, Anton
Guillotine Cutting of Convex Parametrized Bodies using Hierarchical Semi-infinite Models
7th EUROPT Workshop, Remagen, Juni

Serna Hernández, Jorge Iván
Patching the Non-dominated set in Non-convexvector Optimization
7th EUROPT Workshop, Remagen, Juni

Siedow, Norbert; Feßler, Robert
Schnelles Design von Freiformlinsen
Optence-Meeting, Darmstadt, Juni

Siedow, Norbert; Hering-Bertram, Martin; Tse, Oliver; Wegener, Raimund; Plontke, Stefan
Computersimulation statt Tierversuch
Fraunhofer-Kongress Mathematik in der Praxis, Berlin, März

Speckert, Michael; Ruf, Nikolaus; Dreßler, Klaus
Undesired Drift of Multibody Models Excited by Measured Accelerations or Forces
Multibody Dynamics 2009, ECCO-MAS Thematic Conference, Warschau, Juni

Speckert, Michael; Ruf, Nikolaus; Dreßler, Klaus; Müller, Roland; Weber, Christof; Weihe, Stefan
Ein neuer Ansatz zur Ermittlung von Erprobungslasten für sicherheitsrelevante Bauteile
VDI-Tagung 'Erprobung und Simulation in der Fahrzeugentwicklung', Würzburg, Juni

Spies, Martin; Rieder, Hans
Bildgebende Ultraschallprüfung an Schiffspropellern
Jubiläumsvortrag, 350. Sitzung des DGZfP-Arbeitskreises Hamburg, Juni

Spies, Martin; Rieder, Hans
Enhancement of the POD of Flaws in the Bulk of Highly Attenuating Structural Materials by Using SAFT Processed Ultrasonic Inspection Data
4th European-American Workshop on Reliability of NDE, Berlin, Juni

Spies, Martin; Rieder, Hans; Dillhöfer, Alexander; Didas, Stephan
Roboter-basierte Detektion von Oberflächenstrukturen in komplexen Freiformflächen mit Luftultraschall
Fraunhofer-Vision-Technologietag 2009, Kaiserslautern, Oktober

Spies, Martin; Scheben, Rolf
Ultraschallsimulation durch Überlagerung transienter Punktquellen-Wellenfelder – Neue Möglichkeiten mit der Punktstrahlersynthese
DGZfP-Jahrestagung 2009, Münster, Mai

Steiner, Konrad
Die erträgliche Leichtigkeit der Dinge ? – Multiskalenintegrierende Struktureigenschaftssimulation der Faserorientierung für faserverstärkte Kunststoffe im Automobil- und Flugzeugbau
Fraunhofer-Kongress Mathematik in der Praxis, Berlin, März

Steiner, Konrad
Industrial Mathematics at Fraunhofer ITWM
ESF-Workshop Mathematics & Industry, Rom, Mai

Steiner, Konrad
Kontinuumsmechanische Simulationssoftware
NUSIM- Multiphysics Workshop, St. Augustin, Februar

Steiner, Konrad et al
Flow and Material Simulation Activities at Fraunhofer ITWM
Workshop Fraunhofer ITWM – Univ. Paris VI, Paris, Juli

Stephani, Henrike
Dimensionality Reduction and Image Processing on Hyper-spectral Terahertz Images
Advances in Knowledge-Based Technologies Seminar, Linz, Juni

Stephani, Henrike
Enhancing the Interpretability of Hyper-Spectral Terahertz Images with Unsupervised Classification
Advances in Knowledge-Based Technologies Seminar, Linz, Februar

Stephani, Henrike
Enhancing the Interpretability of Terahertz Data Through Unsupervised Classification
XIX IMEKO World Congress, Lissabon (P), September

Stephani, Henrike
Verbesserung der Interpretierbarkeit von Hyperspektralen Terahertz Imaging Messungen
Bildverarbeitungsvortragsreihe, FH Westküste, Heide, November

Strautins, Uldis
Flow Driven Fibre Orientation Dynamics for Injection Moulding of Fibrereinforced Plastics
Workshop Fraunhofer ITWM – Univ. Paris VI, Juli

Streit, Anja; Dreßler, Klaus; Speckert, Michael; Lichter, Jörg; Zenner, Timo; Bach, Peter
Anwendung statistischer Methoden zur Erstellung von Nutzungsprofilen für die Auslegung von Mobilbaggern
VDI-Tagung 'Technische Zuverlässigkeit - TTZ 2009, Leonberg, April

Süss, Philipp
Approximation of the Efficient Frontier
Conference New Directions in Multicriteria Planning for Radiation Therapy, Boston, Oktober

Burkhart, Thomas; Hassinger, Irene; Knör, Nicole; Walter, Rolf; Latz, Arnulf; Niedziela, Dariusz; Steiner, Konrad
Experiment, Modellierung und Simulation des rheologischen Verhaltens mikro- bzw. nanopartikelmodifizierter thermoplastischer Matrizes
CM²-Seminar, Kaiserslautern, November

Tiwari, Sudarshan; Kuhnert, Jörg
Coupled FPM and Boltzmann simulations
Indo-German Conference on Partial Differential Equations, Scientific Computing and Optimization in Applications, IIT Kanpur, Oktober

Trinkaus, Hans
SACA: Software Assisted Call Analysis – Structuring, Extraction and Storage of Contents; Retrieval, Exploration, Comparison and Clustering of Phone Dialogues
9th International Conference on Knowledge Management and Knowledge Technologies, Graz, September

Trinkaus, Hans; Gaisser, Andrea; Gebest, Hans-Joachim
SACA – Software Assisted Call Analysis for Communications in Health Care
International Conference on Communication in Healthcare, Miami, Oktober

Wagner, Björn
Die Grafikkarte als Coprozessor für die Volumenbildverarbeitung
Bildverarbeitungsvortragsreihe, FH Westküste, Heide, Juni, und Johannes Kepler Universität, Linz, Juli

Wenzel, Jörg
Pricing general Executive Stock Options
Cambridge-Kaiserslautern Finanzmathematik Workshop, Fraunhofer ITWM Kaiserslautern, Mai

LEHRTÄTIGKEIT

Wiegmann, Andreas
Design of Pleated Filters by Computer Simulations
American Filtration and Filtration Society Annual Meeting, Minneapolis, MN, Mai

Wiegmann, Andreas
Toward predicting Filtration and Separation: Challenges and Progress
Survey Lecture at the FILTECH 2009, Wiesbaden, Oktober

Wiegmann, Andreas
Voxel based Material Models and Material Property Computations
Laboratoire Jacques-Louis Lions, Universität Paris VI, Februar

Wiegmann, Andreas
Simulation of DPF Media, Soot Deposition and Pressure Drop Evolution
FILTECH 2009, Wiesbaden, Oktober

Wildhagen M., Bitsch Gerd, Dreßler Klaus
Systemsimulation und Versuch in der Trailerentwicklung
VDI-Tagung Nutzfahrzeuge, Neu-Ulm, Mai

Willems, Jörg
A Numerical Subgrid Approach for the Brinkman Problem
Miniworkshop on Numerical Upscaling, Oberwolfach, März

Wirjadi, Oliver
3D-Characterization and Modeling of Composite Materials
COMPOSITES Forum, Stuttgart, Oktober

Wirjadi, Oliver
Analyse der Mikrostruktur von Faserverbundwerkstoffen
Fraunhofer Vision-Technologietag 2009, Kaiserslautern, Oktober

Wirjadi, Oliver
Applications of Anisotropic Image Filters for Computing 2D- and 3D-fiber Orientations
10th European Congress of Stereology and Image Analysis (ECS), Mailand, Juni

Wirjadi, Oliver
Spatial Statistics for Tumor Cell Counting and Classification

31st DAGM Symposium, Jena, September

Wirsen, Andreas
Berührungslose induktive Drehmomentenerfassung - Kompensation des Run-Out Effektes
Forschungsvereinigung Antriebstechnik - AK Messtechnik, Frankfurt/Main, Mai

Andrä, Heiko
Einführung in die Boundary-Element-methode
TU Kaiserslautern, Sommersemester 2009

Böhm, Martin
Image Processing and Applications
Université de Savoie, Annecy, Mai 2009

Böhm, Martin
Introduction in Image Processing
Dianji Universität, Shanghai, Dezember 2009

Böhm, Martin
Numerical Methods and Applications
Dianji Universität, Shanghai, Juni 2009

Böhm, Martin
Professur für Robotik und Bilderkennung
Fachhochschule Kaiserslautern

Dalheimer, Mathias
Grid Computing
TU Kaiserslautern, Wintersemester 2009

Dimitroff, Georgi
Computational Finance
TU Kaiserslautern, Wintersemester 2009/10

Hering-Bertram, Martin
Algorithmische Geometrie
TU Kaiserslautern, Wintersemester 2009/10

Hering-Bertram, Martin
Computer Animation
TU Kaiserslautern, Wintersemester 2008/09

Hering-Bertram, Martin
Visualization and VR
TU Kaiserslautern, Sommersemester 2009

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

Klar, Axel
Professur für Technomathematik
TU Kaiserslautern, Fachbereich Mathematik

Knaf, Hagen
Unüberwachtes Lernen - eine Einführung
TU Kaiserslautern, Sommersemester 2009

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

Küfer, Karl-Heinz
Probability and Algorithms
TU Kaiserslautern, Wintersemester 2008/09

Küfer, Karl-Heinz, Schröder, Michael
Seminar zur Optimierung für industrielle Anwendungen
TU Kaiserslautern, Wintersemester 2008/09, Sommersemester 2009

Küfer, Karl-Heinz
Theorie von Scheduling-Problemen
TU Kaiserslautern, Sommersemester 2009

Müller, Marlene
Non- and Semiparametric Modelling
Humboldt-Universität zu Berlin, Wintersemester 2008/09 und 2009/10

Müller, Marlene; Ruckdeschel, Peter
Non- and Semiparametric Modelling and Programming in R (Doktorandenkurs)
Universität Göttingen, Juni 2009

Nickel, Stefan
Professur für Operations Research und Logistik
Universität des Saarlandes, Saarbrücken (bis März 2009)
Professur für Diskrete Optimierung und Logistik
Universität Karlsruhe (ab April 2009)

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

- Rieder, Hans
Implementations of Signal Processing Algorithms based on embedded DSP Technology
 HTW Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes, Wintersemester 2008/09 und 2009/10
- Spies, Martin
Electromagnetic waves, their interaction with matter and some general principles used in NDT
 Université Bordeaux I, Master CNDMS, November 2009
- Acar, Sarp Kaya; Natcheva-Acar, Kalina
A guide on the implementation of the Heath-Jarrow-Morton Two-Factor Gaussian Short Rate Model (HJM-G2++)
 Berichte des Fraunhofer ITWM 170, 2009
- Ackermann, Heiner; Berenbrink, P.; Fischer, Simon; Hoefler, Martin
Concurrent imitation dynamics in congestion games
 Proceedings of the 28th ACM Symposium on PODC, S. 63-72, 2009
- Ackermann, Heiner; Fischer, Simon; Hoefler, Martin; Schöngens, Marcel
Distributed algorithms for QoS load balancing
 Proceedings of the 21th SPAA, S. 197-203, 2009
- Ackermann, Heiner; Röglin, Heiko; Vöcking, Berthold
Pure Nash equilibria in player-specific and weighted congestion games
 Theor. Comput. Sci., 410 (17), S. 1552-1563, 2009
- Ahmad, Kalimuddin; Knaf, Hagen; Lang, Patrick
A wavelet based technique to measure Heart Rate Variability
 Sampling Theory in Signal and Image Processing 8 (2), 2009
- Ahmad, M. K.; Didas, Stephan; Iqbal, J.
Using the sharp operator for edge detection and nonlinear diffusion
 Berichte des Fraunhofer ITWM 176, 2009
- Altendorf, Hellen; Jeulin, Dominique
3D Directional Mathematical Morphology for Analysis of Fiber Orientations
 Image Analysis & Stereology 28, 143-153, 2009
- Altendorf, Hellen; Jeulin, Dominique
Fiber Separation from Local Orientation and Probability Maps
 ISMM 2009 Abstract Book, 45-48 University of Groningen, 2009
- Andrä, Heiko; Kabel, Matthias; Spies, Martin; Rieder, Hans
Optimization of multilayered porous acoustic absorbers
 Proc. NAG/DAGA 2009, International Conference on Acoustics, Rotterdam, 1679-1682, 2009
- Attarakih, Menwer; Jaradat, Moutasem; Drumm, Christian; Bart, Hans-Jörg; Tiwari, Sudarshan; Sharma, Vikhash; Kuhnert, Jörg; Klar, Axel
Solution of the population balance equation using the one primary and One secondary method (OPOSPM)
 In: Computer-Aided Chemical Engineering, 26, 1333, Eds: J. Jezowski, J. Thullie, Elsevier, 2009
- Baydar, Evren; di Graziano, Giuseppe; Korn, Ralf
Theoretical solution versus industry standard: Optimal leverage function for CPDOs
 Blätter der DGVFM 30, 15-29, 2009
- Becker, Jürgen; Flückiger, Reto; Reum, Mathias; Büchi, Felix N.; Marone, Federica; Stamparoni, Marco
Determination of Material Properties of Gas Diffusion Layers - Experiments and Simulations Using Phase Contrast Tomographic Microscopy
 J. Electrochem. Soc. 156 (10), B1175-B1181, 2009
- Berger, Martin; Schröder, Michael; Küfer, Karl-Heinz
A Constraint-based Approach for the Two-dimensional Rectangular Packing Problem with Orthogonal Orientations
 Operations Research Proceedings 2008, Part 9, Springer, Seite 427-432, August 2009
- Brandt, Achi; Iliev, Oleg; Willems, Jörg
A Domain Decomposition Approach for Calculating the Graph Corresponding to a Fibrous Geometry
 In: Domain Decomposition Methods in Science and Engineering XVIII, M. Bercovier et al (Eds), Springer, LNCSE, 3-15, 2009
- Brickenstein, Michael; Dreyer, Alexander
PolyBoRi: A framework for Gröbner basis computations with Boolean polynomials
 Journal of Symbolic Computation, Volume 44, Issue 9 (2009), September 2009, pp. 1326-1345
- Brickenstein, Michael; Dreyer, Alexander; Greuel, Gert-Martin; Wedler, Markus; Wienand, Oliver
New developments in the theory of Gröbner bases and applications to formal verification
 Journal of Pure and Applied Algebra, Special issue on Theoretical Effectivity and Practical Effectivity of Gröbner Bases, Volume 213, Issue 8, August 2009, pp. 1612-1635
- Bügel, Ulrich; Knaf, Hagen; Laufs, Uwe
Technologieentwicklung: Theoretische und praktische Unterstützung mit Hilfe von Data Mining
 HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 268, 21-34, 2009
- Burger, Michael; Dreßler, Klaus; Marquardt, Albert; Speckert, Michael
Calculating invariant loads for system simulation in vehicle engineering
 Multibody Dynamics 2009, ECCOMAS Thematic Conference, 29th June - 2nd July 2009, Warsaw
- Burgeth, Bernhard; Breuß, Michael; Didas, Stephan; Weickert, Joachim
PDE-based morphology for matrix fields: Numerical solution schemes
 in: S. Aja-Fernandez, R. de Luis-Garcia, D. Tao, X. Li (Eds.): Tensors in Image Processing and Computer Vision, 125-150, Springer, London, 2009
- Burgeth, Bernhard; Didas, Stephan; Weickert, Joachim
A general structure tensor concept and coherence-enhancing diffusion filtering for matrix fields
 in: D. Laidlaw, J. Weickert (Eds.): Visualization and Processing of Tensor Fields: Advances and Perspectives. Springer, Berlin, 305-323, 2009
- Cheng, Liping; Rief, Stefan; Wiegmann, Andreas
Nano Filtration Media – Challenges of Modelling and Computer Simulation

- FILTECH, Wiesbaden, Vol. II, 2009, pp 413-419
- Crauel, Hans; Dimitroff, Georgi; Scheutzow, Michael
Criteria for strong and weak random attractors
Journal of Dynamics and Differential Equations, 21(2), 233-247, 2009
- Dalheimer, Mathias
GenLM: License Management for Grid and Cloud Computing Environments
Proceedings of the 2009 9th IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid. Shanghai 2009
- De Oliveira, Ely
Monitoring Service Level Agreements in Grids with support of a Grid Benchmarking Service
10th IEEE International conference on Grid Computing – Service Level Agreements in Grids Workshop, Banff, October 2009
- Deines, Eduard; Michel, Frank; Hering-Bertram, Martin; Mohring, Jan; Hagen, Hans
Simulation and visualization of indoor acoustics using phonon tracing
In: Visualizing Sustainable Planning, 147-156, Springer, 2009
- Didas, Stephan; Weickert, Joachim; Burgeth, Bernhard
Properties of higher order non-linear diffusion filtering
Journal of Mathematical Imaging and Vision 35(3), 208-226, 2009
- Dillhöfer, Alexander; Rieder, Hans; Spies, Martin
Roboterbasierte Detektion von Oberflächenstrukturen in komplexen Freiformflächen mittels Luftultraschall; Methoden der Bildverarbeitung
DGZfP Berichtsband BB 115-CD DGZfP-Jahrestagung (2009), P45
- Dimitroff, Georgi; Scheutzow, Michael
Dispersion of volume under the action of isotropic Brownian flows
Stoch. Proc. Appl., 119(2), 588-601, 2009
- Dimitroff, Georgi; Szimayer, Alexander; Wagner, Andreas
Quanto option pricing in the parsimonious Heston model
Berichte des Fraunhofer ITWM 174, 2009
- Dimitroff, Georgi; van Bergen, Holger
Isotropic Ornstein-Uhlenbeck flows
Stoch. Proc. Appl., 119(7), 2166-2197, 2009
- Dittel, Agnes; Fügenschuh, Armin; Göttlich, Simone; Herty Michael
MIP presolve techniques for a PDE-based supply chain model
Optimization Methods and Software Volume 24, Issue 3, Seite 427-445, 2009
- Dreßler, Klaus; Speckert, Michael; Bitsch, Gerd
Virtual durability test rigs for automotive engineering
Vehicle system dynamics 47 (2009), No.4, pp.387-401
- Ewing, Richard; Iliev, Oleg; Lazarov, Raytcho; Rybak, Iryna; Willems, Jörg
A simplified method for upscaling composite materials with high contrast of the conductivity
SIAM J. Scientific Computing, 31 (4), 2568-2586, 2009
- Fery, Yvonne; Buschauer, Inga, Salzig, Christian, Lang, Patrick, Schrenk Dieter
Technical pentabromodiphenyl ether and hexabromocyclododecane as activators of the pregnane-X-receptor (PXR)
Toxicology. 2009 Oct 1;264(1-2): 45-51
- Georgi Dimitroff, Peter Baxendale
Uniform shrinking and expansion under isotropic Brownian flows
Journal of Theoretical Probability, 22(3), 620-639, 2009
- Glatt, Erik; Rief, Stefan; Wiegmann, Andreas; Knefel, Markus; Wegenke, Engelbert
Struktur; Druckverlust realer; virtueller Drahtgewebe
Filtern; Separieren, Vol.23, No. 2, pp 61-65, 2/2009
- Gramsch, Simone; Hietel, Dietmar; Schäfer, Matthias
Optimierung von Nadelbildern in der Vliesstoffverarbeitung
-Designmöglichkeiten durch Einsatz von Simulationstools
Proceedings 24. Hofer Vliesstofftage 2009
- Grzhibovskis, Richard; Rjasanow, Sergey; Andrä, Heiko; Zemitis, Aivars
Boundary element method for calculation of effective elastic moduli in 3D linear elasticity
Mathematical Methods in the Applied Sciences, Published Online: Sep 11 2009
- Hardt, S.; Tiwari, S.; Klar, A.
Momentum transfer to Nano-objects between isothermal Parallel Plates
Microfluidics and Nanofluidics 6, 489-498, 2009
- Hering-Bertram, Martin; Hagen, H.
Reducing interpolation artifacts by globally fairing contours
In: Mathematical Foundations of Scientific Visualization, Computer Graphics, and Massive Data Exploration, 257-269, Springer, 2009
- Hering-Bertram, Martin; Reis, Gerd; Zeilfelder, Frank
Adaptive quasi-interpolating quartic splines
Computing, 86 (2-3), 89-100, 2009
- Herty, Michael; Klar, Axel; Motsch, Sébastien; Olawsky, Ferdinand
A smooth model for fiber lay-down processes and its diffusion approximations
Kinetic and Related Models, 2 (3), 489-502, 2009
- Iliev, Oleg; Lakdawala, Zahra; Andrae, Heiko; Kabel, Matthias; Steiner, Konrad; Starikovicius, Vadimas
Interaction of fluid with porous structure in filtration processes: Modelling and simulation of pleats deflection
Proceedings FILTECH Europa, Wiesbaden, 27-31, Volume II, 2009
- Iliev, Oleg; Lakdawala, Zahra; Dederling, Michael; Ciegis, Raimondas; Starikovicius, Vadimas; Popov, Peter
Advanced CFD simulation of filtration processes
Proceedings FILTECH Europa, Wiesbaden, 440-444, Volume II, 2009
- Iliev, Oleg; Lakdawala, Zahra; Starikovicius, Vadimas, Willems, Joerg, Popov, Peter
Multiscale problems and upscaling. Simulation of multiscale filtration processes
In: Oberwolfach Report 12/2009, A.Brandt et al (Eds), 694-696, 2009
- Iliev, Oleg; Lazarov, Raytcho; Willems, Jörg
Fast numerical upscaling of heat equation for fibrous materials
Technical report 2009-049 of Inst. for Appl. Math. and Comp. Sci., Texas A&M University
- Ilyasov, Maxim
Modeling Deep Geothermal Reservoirs: Recent Advances and Future Problems
Schriften zur Funktionalanalysis; Geomathematik, FB Mathematik, Bericht 47, Dezember 2009
- Jung, Pascal; Leyendecker, Sigrid; Linn, Joachim; Ortiz, Michael
Discrete Lagrangian mechanics and geometrically exact Cosserat rods
Multibody Dynamics 2009, ECCO-MAS Thematic Conference, 29th June - 2nd July 2009, Warsaw
- Kehrwald, Dirk; Latz, Arnulf; Rief, Stefan; Schmidt, Kilian; Wiegmann, Andreas
Virtual Diesel Particulate Filters: Simulation of the Structure, Exhaust Gas Flow and Particle Deposition
Filtration, No. 4, Vol. 9, 2009, pp 315-320
- Klar, A.; Reuterswaerd, P.; Seaid, M.
A Semi-Lagrangian method for a Fokker-Planck equation describing fibre dynamics
J. Scientific Computing 38 (3), 349-367, 2009

- Klar, Axel; Marheineke, Nicole; Wegener, Raimund
Hierarchy of mathematical models for production processes of technical textiles
ZAMM, 89 (12), 941-961, 2009
- Klein, Peter; Pieper, Martin; Ewe, Hendrik
Heat Conductivity in Sintered Aluminum Fibers
Cellular Metals for Structural and Functional Applications, 2009
- Kohl, Matthias; Ruckdeschel, Peter
R-Pakete distrEx 2.2, distrMod 2.2.1, RandVar 0.7, RobAStBase 0.7; ROptEst 0.7
Veröffentlicht auf CRAN, <http://cran.r-project.org/>
- Korn, Ralf
Modern Mathematics for Finance and Economics: From Stochastic Differential Equations to the Credit Crisis
ERCIM News 78, 10-12, 2009
- Korn, Ralf; Müller, Stefanie
Getting multi-dimensional trees into a new shape
WILMOTT 1(3), 145-153, 2009
- Korn, Ralf; Müller, Stefanie
The decoupling approach to binomial pricing of multi-asset options
Journal of Computational Finance 12(3), 1-30, 2009
- Korn, Ralf; Schäl, Manfred
The numeraire portfolio in discrete time: Existence, related concepts and applications
In: Radon Series for Computational and Applied Mathematics (eds. H. Albrecher, W. Runggaldier, W. Schachermayer), 303-326, 2009
- Korn, Ralf; Seifried, Frank
A worst-case approach to continuous-time portfolio optimization
In: Radon Series for Computational and Applied Mathematics (eds. H. Albrecher, W. Runggaldier, W. Schachermayer), 327-345, 2009
- Korn, Ralf; Zeytun, Serkan
Solving optimal investment problems with structured products under CVaR-constraints
Optimization 58(3), 291-304, 2009
- Kratt, Karin; Scherrer, Alexander
On the integration of DVH-based planning aspects into a convex intensity modulated radiation therapy optimization framework
Physics in Medicine and Biology 54 (2009) N239-N246
- Krüger, Jens
Energy-Efficient Computing for Extreme-Scale Science
IEEE Computer, Volume 42, Number 11, November 2009
- Kruse, Susanne; Müller, Marlene
Pricing American call options;er the assumption of stochastic dividends – An application of the Korn-Rogers model
Berichte des Fraunhofer ITWM 158, 2009
- Kübel, Christian; Godehardt, Michael; Salz, D.; Rozefeld, S.; Cieslinski, R.
Towards a Quantitative Understanding in Electron Tomography
Euromat 2009, Nürnberg
- Küfer, Karl-Heinz; Süß, Philipp
Structure Optimization by Decision Support Systems
Emergence, Analysis and Evolution of Structures, Seite 63-73, Springer, 2009
- Kuhnert, Jörg; Gerstenberger, R.
Finite Pointset Method (FPM): Meshfree Flow Solver with Applications to elasto-plastic material laws
Proceedings of the International Conference on Particle Based Methods and Applications, Eds: E.Onate, D.R.J. Owen, 2009
- Kurz, Jochen; Rieder, Hans; Stoppel, Markus; Taffe, Alexander
Control and Data Acquisition of Automated Multi-Sensor Systems in Civil Engineering
in: O. Abraham, X. Dérobert (Eds.); Confédération Française pour les Essais Non Destructifs (COFREND): Non-Destructive Testing in Civil Engineering 2009: NDT-CE. Paris: Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC), 433-439, 2009
- Kurz, Martin; Oberschmidt, Dirk; Siedow, Norbert; Feßler, Robert; Jegorovs, Jevgenijs
Mit schnellem Algorithmus zur perfekten Freiformoptik
Mikroproduktion, 3, 10-12, 2009
- Lakdawala, Zarah; Iliev, Oleg; Rief, Stefan; Wiegmann, Andreas
On Coupled Particle Level and Filter Element Level Simulation for Filtration Processes
Proceedings FILTECH Europa, Wiesbaden, 324-328, Volume I, 2009
- Lang, Holger; Dreßler, Klaus, Pinnau René; Speckert Michael
Comparison of the solutions of the elastic and elastoplastic boundary value problems
Zeitschrift für angewandte Mathematik; Physik (ZAMP), DOI 10.1007/s00033-009-0042-y
- Lang, Holger; Dreßler, Klaus; Pinnau, Rene; Speckert, Michael
Notes on Lipschitz estimates for the stop and play operator in plasticity
Applied mathematics letters 22 (2009), No.4, pp.623-627
- Lang, Holger; Linn, Joachim
A second order semi-discrete Cosserat rod model suitable for dynamic simulations in real time
AIPConference Proceedings, Vol. 1168
- Lang, Holger; Linn, Joachim; Arnold, Martin
Multibody dynamics simulation of geometrically exact Cosserat rods
Multibody Dynamics 2009, ECCO-MAS Thematic Conference, 29th June - 2nd July 2009, Warsaw
- Latz, Arnulf; Schmidt, Sebastian
Numerical Solution of Granular Hydrodynamics from Dilute to Quasi-Static Flow
AIP Conference Proceedings of the 6th International Conference on Micromechanics of Granular Media, 571-575, 2009
- Lefteriu, Sanda; Antoulas, Athanasios C.
Modeling multi-port systems from frequency response data via tangential interpolation
- Proceedings of the 13th IEEE Workshop on Signal Propagation on Interconnects, 2009
- Lojewski, Carsten; Machado, Rui
The Fraunhofer virtual machine: a communication library and runtime system based on the RDMA model
Springer Berlin/Heidelberg, ISSN 1865-2034 (Print) 1865-2042 (Online), Juni 2009
- Maag, Volker; Berger, Martin; Winterfeld, Anton; Küfer, Karl-Heinz
A novel non-linear approach to minimal area rectangular packing
Annals of Operations Research, Onlineversion unter doi: 10.1007/s10479-008-0462-7 (2009)
- Maasland, Mark; Persson, Mikael; Sawilla, Stephanie; Gomm, Daniela; Hahn, Alfred; Schmidt, Martin; Stefan, Alfred; Mueller, Reinhold; Schoemaker, Hans; Summers, Jim; Garcia-Ladona, Francisco-Javier
A High Content Screening Assay for Discovery of Neurite Outgrowth-Inducing Principles in SH-SY5Y neuroblastoma cells using an automated object-based image analysis software
15th Annual SBS Conference Lille, Advances in High Content Screening, P10010, 2009
- Maasland, Mark; Teutsch, Christian
Kombinierte optische Vermessung; Oberflächenprüfung von 3D-Objekten
Fraunhofer-Vision-Seminar »Inspektion; Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung«, Erlangen, Tagungsband, 2009
- Marburger, Jan
Optimisation using Particle Methods
Proceedings of the International Conference on Particle Based Methods and Applications, Eds: E.Onate, D.R.J. Owen, 2009
- Marheineke, Nicole; Wegener, Raimund
Asymptotic model for the dynamics of curved viscous fibers with surface tension
Journal of Fluid Mechanics, 622, 345-369, 2009

- Mickler, Matthias; Didas, Stephan; Rauhut, Markus; Bart, Hans-Jörg
In-Line-Bildanalyse von Blasen-, Tropfenströmungen
Chemie Ingenieur Technik 81(8), 1076-1077, 2009
- Mohring, Jan
Interpolation von Zustandsraummodellen als Grundlage für parametrische Reduktion
Proceedings des GMA-Fachauschuss 1.30 Modellbildung, Identifikation; Simulation in der Automatisierungstechnik, 2009
- Mohring, Jan; Wirsen, Andreas, Stoev, Julian; Lefteriu, Sanda; Kurch, Matthias; Mercan, Necati
Parametric Model Order Reduction of Systems for Active Noise Control
Proceedings of the 16th International Congress on Sound and Vibration, 2009
- Mohring, Jan; Wirsen, Andreas; Stoev, J.; Lefteriu, S.; Kurch, M.; Mercan, N.
Parametric Model Reduction of Systems for Active Noise Reduction
Proceedings Sixteenth International Congress on Sound and Vibration, Juli 2009, Krakau
- Mukherjee, Partha P.; Wang, C. Y.; Schulz, Volker; Kang, Q.; Becker, Jürgen, Wiegmann, Andreas
Two-Phase Behavior and Compression Effect in the PEFC Gas Diffusion Medium
ECS Transactions, 25 (1) 1485-1494, 2009
- Müller, Marlene
Balancing Theory and Practice: Modern Financial Mathematics at Fraunhofer ITWM
ERCIM News 78, 14-16, 2009
- Natcheva-Acar, Kalina; Acar, Sarp Kaya; Krekel, Martin
Modeling credit spreads with the Cheyette model and its application to credit default swaps
Journal of Credit Risk, 5(1), Spring Issue, 2009
- Nickel, Stefan; Hanne, Thomas; Melo, Teresa
Bringing robustness to patient flow management through optimized patient transports in hospitals
Interfaces, 39 (3), 241-255, 2009
- Nickel, Stefan; Melo, Teresa; Saldanhada-Gama, F.
Facility location and supply chain management – A review
European Journal of Operations Research, 196 (2), 401-412, 2009
- Niedziela, Dariusz; Latz, Arnulf; Moritz, Tassilo
On numerical simulation of powder injection molding
NAFEMS Seminar »Simulation of Complex Flows - Applications and Trends« 16-17 March 2009, Wiesbaden
- Obermaier, Harald; Hering-Bertram, Martin; Kuhnert, Jörg; Hagen, Hans
Volume deformations in gridless flow simulations
Computer Graphics Forum, 28 (3), 879-886, 2009
- Ohser, Joachim; Nagel, W.; Schladitz, Katja
Miles formulae for Boolean models observed on lattices
Image Analysis & Stereology 28, 77-92, 2009
- Ohser, Joachim; Redenbach, Claudia; Schladitz, Katja
Mesh free estimation of the structure model index
Image Analysis & Stereology 28, 179-185, 2009
- Ohser, Joachim; Schladitz, Katja
3d Images of Materials Structures – Processing and Analysis
Wiley-VCH, 2009
- Orlik, Julia
Asymptotic Homogenization Technique for Stress and Strength for Some Non-Linear Elastic Problems with Near Periodic Structure
Journal of the Mechanical Behavior of Materials, Vol. 19, NOS. 2-3, 133-142, 2009
- Orlik, Julia
Existence and stability estimate for the solution of the ageing hereditary linear viscoelasticity problem
Abstract and Applied Analysis, Vol. 2009, Article ID 828315, 2009
- Orlik, Julia; Zhurov, Alexey
Homogenization of Contact Problems with Known Micro-roughness of the Contacting Surfaces
Journal of the Mechanical Behavior of Materials, Vol. 19, NOS. 2-3, pp 143-150, 2009
- Page, Yves; Cuny, Sophie; Zangmeister, Tobias; Kreiß, Jens-Peter; Hermitte, Thierry
The evaluation of the safety benefits of combined passive and on-board active safety applications
Association for the Advancement of Automotive Medicine (AAAM), Proceedings zur 53. AAAM-Konferenz in Baltimore 2009
- Persson, Mikael; Schilder, Andreas; Maasland, Mark; Meyer, Axel; Gomm, Daniela; Otterstätter, Bernd; Hahn, Alfred; Schmidt, Martin; Stefan, A.; Schoemaker, H.; Summers, Jim; Garcia-Ladona, F.-J.
RNA interference of the AARF domain containing kinase gene family modulates neurite outgrowth in SH-SY5Y neuroblastoma cells
RNAI Europe, Berlin, P23, 2009
- Popov, Peter; Efendiev, Yalchin, Gorb, Yulia; Iliev, Oleg
Multiscale modeling and simulation of flow in deformable porous media
In: Oberwolfach Report 12/2009, A. Brandt et al (Eds), 706-710, 2009
- Raillon, Raphael; Mahaut, Steve; Leymarie, Nicolas; Lonné, Sébastien; Spies, Martin
Results of the 2008 UT Modeling Benchmark Obtained with Two Semi-Analytical Models: Responses of Flat-bottom Holes;er Surfaces of Different Curvatures
in: Review of Progress in QNDE, Vol. 28, AIP Conference Proceedings CP1096, 1938-1945, 2009
- Rauhut, Markus
Typischer Aufbau eines Online-Oberflächeninspektionssystems
Fraunhofer Vision Seminar »Inspektion; Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung«, Erlangen, Tagungsband, 2009
- Redenbach, Claudia
Microstructure Models for Cellular Materials
Computational Materials Science 44(4), 1397-1407, 2009
- Redenbach, Claudia; Särkkä, A.; Freitag, Johannes; Schladitz, Katja
Anisotropy analysis of pressed point processes
Advances in Statistical Analysis 93(3), 237-261, 2009
- Rieder, Hans; Spies, Martin
Entwicklung, Anwendung eines leistungsfähigen Ultraschallverfahrens zur zerstörungsfreien Prüfung von komplexen Bauteilen aus schwerprüfbareren Werkstoffen am Beispiel von Schiffspropellern – von der Simulation über die Prüfung bis zur Bewertung
ZfP-Zeitung No. 116, Oktober 2009. DGZfP, Berlin, 48-51
- Rief, Stefan; Glatt, Erik; Wiegmann, Andreas
Microstructure Simulation of Virtual Woven Filter Media
Proceedings FILTECH Europa, Wiesbaden, 231-238, Volume 1, 2009
- Rösch, Ronald; Berndt, Dirk
Vorteilhaft kombiniert – 3D-Messung; Oberflächeninspektion in einem System
QZ Qualität; Zuverlässigkeit, 12 2009
- Ruckdeschel, Peter
R-Pakete startupmsg 0.7, SweaveListingUtils 0.4, distrEllipse 2.2
Veröffentlicht auf CRAN, <http://cran.r-project.org/>
- Ruckdeschel, Peter; Kohl, Matthias; Stabla, Thomas; Camphausen, F.
R-Pakete distr 2.2, distrDoc 2.2, distrTeach 2.2, distrSim 2.2, distrTEst 2.2
Veröffentlicht auf CRAN, <http://cran.r-project.org/>
- Ruckdeschel, Peter; Spangl, B.
R-Paket robKalman 0.3
Veröffentlicht auf r-forge, <http://r-forge.r-project.org/>

- Scheben, Rolf; Götz, Siegbert; Spies, Martin; Rieder, Hans
Schnelle Ultraschallsimulation mittels eines Hybridverfahrens aus der Punktquellensynthese; der Elastodynamischen Finiten Differenzen Methode
DGZfP Berichtsband BB 115-CD
DGZfP-Jahrestagung, 2009, P46
- Schmidt, Kilian; Rief, Stefan; Wiegmann, Andreas
Simulation of DPF Media, Soot Deposition and Pressure Drop Evolution
Proceedings FILTECH Europa, Wiesbaden, 74-80, Volume II, 2009
- Schmidt, Oliver; Halfmann, Thomas; Lang, Patrick
Coupling of numerical and symbolic techniques for model order reduction in circuit design
Springer Lecture Notes in Electrical Engineering, 2009
- Schüle, Ingmar; Dragan, Anca Diana; Radev, Alexander; Schröder, Michael; Küfer, Karl-Heinz
Multi-criteria optimization for regional timetable synchronization in public transport
Operations Research Proceedings 2008, Part 6, Springer, Seite 313-318, August 2009
- Schüle, Ingmar; Ewe, Hendrik; Küfer, Karl-Heinz
Finding tight RL formulations for Quadratic Semi-Assignment Problems
Proceedings Cologne Twente Workshop 2009
- Schüle, Ingmar; Schröder, Michael; Küfer, Karl-Heinz
Synchronization of regional public transport systems
Proceedings Urban Transport 2009
- Serna, Jorge Ivan; Monz, Michael; Thieke, Christian; Küfer, Karl-Heinz
Trade-off bounds for the Pareto surface approximation in multi-criteria IMRT planning
Physics in Medicine and Biology 54 (2009), Seite 6299 - 6311
- Sharma, Vikhash; Tiwari, S.; Attarakih, M.; Jaradat, Moutasem; Klar, Axel; Kuhnert, Jörg; Bart, H.-J.
- Simulation of two-phase flow with incorporated Population Balance Equation using a Mesh-free Method**
In: Computer-Aided Chemical Engineering, 26, 1345, Eds: J. Jezowski, J. Thullie, Elsevier, 2009
- Speckert, Michael; Ruf, Nikolaus; Dressler, Klaus
Undesired drift of multibody models excited by measured accelerations or forces
Multibody Dynamics 2009, ECCOMAS Thematic Conference, 29th June - 2nd July 2009, Warsaw
- Spies, Martin; Rieder, Hans
Dreidimensionale Ultraschall-Tomographie an schwer prüfbar strukturellen Werkstoffen
DGZfP Berichtsband BB 115-CD DGZfP-Jahrestagung, 2009, Mi.2.A.1
- Spies, Martin; Rieder, Hans
Enhancement of the POD of Flaws in the Bulk of Highly Attenuating Structural Materials by Using SAFT Processed Ultrasonic Inspection Data
in: Proceedings of the 4th European-American Workshop on Reliability of NDE, Berlin, Germany; DGZfP Berichtsband BB 116-CD, 2009, 172-179
- Spies, Martin; Rieder, Hans
Quantitative Fehlercharakterisierung aus Ultraschall-HF-Daten mittels simulationsgestützter Auswerteverfahren
MP Materials Testing 51(10), 717-722, 2009
- Spies, Martin; Scheben, Rolf
Ultraschallsimulation durch Überlagerung transienter Punktquellen-Wellenfelder – Neue Möglichkeiten mit der Punktstrahlersynthese
DGZfP Berichtsband BB 115-CD DGZfP-Jahrestagung, 2009, P40
- Stephani, Henrike; Herrmann, Michael; Wiesauer, Karin; Katletz, Stefan; Heise, Bettina
Enhancing the Interpretability of Hyperspectral Terahertz Data Through Unsupervised Classification
Proc. IMEKO XIX World Congress, Fundamental a. Applied Metrology, Lissabon, 634, 2009
- Streit, Anja; Dreßler, Klaus; Speckert, Michael; Lichter, Jörg; Zenner, Timo; Bach, Peter
Anwendung statistischer Methoden zur Erstellung von Nutzungsprofilen für die Auslegung von Mobilbaggern
VDI-Berichte Nr. 2065, VDI-Verlag GmbH Düsseldorf, 2009, S. 65-77
- Szimayer, Alexander; Dimitroff, Georgi; Lorenz, Stefan
A parsimonious multi-asset Heston model: calibration and derivative pricing
Berichte des Fraunhofer ITWM 171, 2009
- Thömmes, Guido; Becker, Jürgen; Vaikuntam, Ashok Kumar; Kehrwald, Dirk; Klar, Axel; Steiner, Konrad; Junk, Michael; Wiegmann, A.
A Lattice Boltzmann Method for immiscible multiphase flow simulations using the Level Set Method
Journal of Computational Physics, 228, pp 1139-1156, 2009
- Tiwari, S.; Klar, A.; Hardt, S.
A particle-particle hybrid method for kinetic and continuum equations
JCP 228,7109-7124, 2009
- Trinkaus, Hans L.
Innovation Play/Board – Knowledge, Project and Process Management
Geteiltes Wissen ist doppeltes Wissen, Kongressband zur KnowTech 09, Oktober 2009, Bad Homburg
- Trinkaus, Hans L.
SACA: Software Assisted Call Analysis – Structuring, Extraction and Storage of Contents; Retrieval, Exploration, Comparison and Clustering of Phone Dialogues
Proceedings of I-KNOW'09, Journal of Universal Computer Science, September 2009, Graz
- Uhlmann, Eckart; Gerstenberger, Robert; Graf von der Schulenburg, Matthias; Kuhnert, Jörg; Mattes, Alexander
- The Finite-Pointset-Method for the Meshfree Numerical Simulation of Chip Formation**
Proceedings 12th CIRP Conference on Modelling of Machining Operations, 2009
- Velichko, Alexandra; Mücklich, Frank; Wiegmann, Andreas
Estimation of the conductivities of complex cast iron microstructures using FIB-tomographic analysis
Acta Materialia, Vol. 57, 2009, pp 5023-5035
- Velten, Sebastian; Nickel, Stefan; Puerto, J.; Marin, Alfredo
A flexible model and efficient solution strategies for discrete location problems
Discrete Applied Mathematics, 157 (5), Seite 1128-1145, 2009
- Velten, Sebastian; Nickel, Stefan; Marin, Alfredo
An extended covering model for flexible discrete and equity location problems
Mathematical Methods of Operations Research, Seite 1-39, 2009
- Wagner, Björn; Dinges, Andreas; Müller, P.; Haase, G.
Parallel volume image segmentation with watershed transformation
Salberg, A.-B.: Image analysis. 16th Scandinavian Conference, SCIA 2009: Oslo, June 15 - 18, 2009; proceedings. Berlin: Springer, 2009. (Lecture Notes in Computer Science 5575), 420-429, 2009
- Wagner, Björn; Godehardt, Michael
Cell reconstruction on stream computing architectures
ISMM 2009 Abstract Book, 45-48, University of Groningen, 2009
- Wiegmann, Andreas; Cheng, Liping; Glatt, Erik; Iliev, Oleg; Rief, Stefan
Design of Pleated Filters by Computer Simulations
Proceeding of the Annual Meeting of the American Filtration & Separation Society 2009, Minneapolis und Berichte des Fraunhofer ITWM 155, 2009

Wiegmann, Andreas; Rief, Stefan; Latz, Arnulf; Iliev, Oleg
Toward Predicting Filtration and Separation: Progress & Challenges
 Proceedings FILTECH Europa, Wiesbaden, 48-63, Volume I, 2009

Wildhagen Michael, Bitsch Gerd, Dreßler Klaus
Systemsimulation; Versuch in der Trailereentwicklung
 VDI-Berichte Nr. 2068, VDI-Verlag GmbH Düsseldorf, 2009, S. 145-156

Willems, Jörg
A numerical subgrid approach for the Brinkman problem
 In: Oberwolfach Report 12/2009, A.Brandt et al (Eds), 714-717

Wirjadi, Oliver, Breuel, Thomas
A Branch and Bound Algorithm for Finding the Modes in Kernel Density Estimates
 Int. J. Computational Intelligence and Applications 8(1), 17-35, 2009

Wirjadi, Oliver; Kim, Yoo-Jin; Breuel, Thomas
Spatial Statistics for Tumor Cell Counting and Classification
 In: Joachim Denzler, Gunther Notni, Herbert Süße (Eds.): Pattern Recognition - Proc. 31st DAGM Symposium, 492-501, Springer, 2009

Wirjadi, Oliver; Schladitz, Katja; Rack, Alexander; Breuel, Thomas
Applications of anisotropic image filters for computing 2D and 3D-fiber orientations
 in: Stereology and Image Analysis - Proceedings of the 10th European Conference of ISS, Mailand, Juni 2009, The MIRIAM Project Series, Vol. 4, 107-112

Zangmeister, Tobias; Kreiß, Jens-Peter; Page, Yves; Cuny, Sophie
Evaluation of the safety benefits of passive and/or on-board active safety applications with mass accident data-bases
 Proceedings zur 21. Enhanced Safety of Vehicles (ESV) Konferenz in Stuttgart, 2009

Arne, Walter
Dynamik viskoser Jets
 Diplomarbeit, Universität Kassel, FB Mathematik

Barf, Robert
Finite-Element-Methode im Designprozess
 Studienarbeit, Berufsakademie Mannheim

Bartsch, Daniel
Parallelisierte Erzeugung von Voronoi-Diagrammen mit Hilfe des CUDA-Frameworks
 Diplomarbeit, FH Iserlohn, FB Maschinenbau

Becker, Urs
Iterativ lernende Regelung und invariante Anregung
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Berger, Martin
Bicriteria Optimization in Electronic Design Automation
 Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Berndt, Thilo
Implementierung von Middleware-Komponenten zur automatischen Code-Parallelisierung auf Cell-Prozessoren
 Diplomarbeit, FH für Technik und Wirtschaft Berlin, Studiengang Angewandte Informatik

Blaj, Markus
Ermittlung der Steifigkeit einer integrierten Lagestelle im Abdampfgehäuse
 Bachelorarbeit, Duale Hochschule BW Mannheim

Blaj, Markus
Finite-Element-Berechnung eines Lagerbocks mit ABAQUS for CATIA V5 (AFC)
 Studienarbeit, Berufsakademie Mannheim

Boytsova, Tatiana
Credit Quality Correlation Structure in the Emerging Markets
 Masterarbeit, Humboldt-Universität zu Berlin, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät

Calim, Ali-Zengin
Optimierung des Prozesses zur Erstellung von numerischen Spannungsanalysen mit ANSYS
 Bachelorarbeit, Duale Hochschule BW Mannheim

De Kock, Johan
Volatilitätsarbitrage und ein Markoff-Modell für CDOs
 Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Deitrick, Mira
Navigation of VOI-related and DVH-based criteria in multi-criteria IMRT planning
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Dillhöfer, Alexander
Entwicklung eines Luftschallprüfsystems für die Roboter-basierte Konturvermessung und Erfassung von Kerbzahlen in Oberflächen von Walzstahl mittels Signal- und Bildverarbeitung
 Diplomarbeit, Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes, FB Elektrotechnik (Automatisierungstechnik)

Dmitriev, Vitaly
On certain approaches for solving multiscale elliptic problems
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Feth, Sascha
Partially Passed Component Counting for Evaluating Reliability
 Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Geiger, Ansgar
Strategic Power Plant Investment Planning under Fuel and Carbon Price Uncertainty
 Dissertation, Universität Karlsruhe, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

Groß, Matthias
Towards Scientific Applications for Interactive Ray Casting
 Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Informatik

Hamann, Kai Uwe
3D-Rekonstruktion von Oberflächen aus 2D-Bilddaten mittels Maximum-Likelihood-Parameterschätzung
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Informatik

Hansen, Neele
Integrating Timetabling and Vehicle Scheduling
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Hauser, Matthias
Identification of Reduced Systems from Data
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Jung, Pascal
A Discrete Mechanics Approach to Cosserat Rod Theory – Static Equilibria
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Keller, Patric
Adaptive extraction and representation of geometric structures from unorganized 3D point sets
 Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Informatik

Kenfack Tontsop, Pierre Marie
Implementierung und Vergleich von verschiedenen Algorithmen zur Bildsensorkalibrierung
 Diplomarbeit, FH Kaiserslautern, FB Angewandte Ingenieurwissenschaften

Krengel, Annette
Clustering of High-Volume Gene Expression Data from Time Course Microarray Experiments
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Leidheiser, Madeleine
Using Interlace Effects for 2,5D System-In-Package Design Size Minimization
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Leithäuser, Christian
Shape Design for Stokes Flows
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Lorenz, Stefan
Neue Methoden zur Lösung von Vorwärts-Rückwärts-Stochastischen-Differentialgleichungen
 Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Maag, Volker
Multikriterielle globale Optimierung des Designs von Gussform-Kühlsystemen
 Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Proll, Sabine
Matching and Alignment Methods for Three-Dimensional Objects Applied to the Volume Optimization of Gemstones
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Schmele, Timothy
Discretized wave equation for triangulated scenes
 Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Informatik

Schmidt, Sebastian
On numerical simulation of granular flow
 Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Schwarz, Heinrich Jonathan
Zuverlässigkeitsanalyse in Softwaresystemen mittels autoregressiven Zustandsraummodellen
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Shankar, Maddu
Asymptotic analysis and applications of boundary conditions for lattice Boltzmann methods
 Dissertation, IIT Madras, Department of Mathematics

Sitaru, Illinca
The Potential Approach to Interest Rate Modelling
 Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Stahl, Dominik
PF-MPC: Particle Filter – Model Predictive Control
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Tarin, Omar
Portfolio Optimierung nach Markowitz und Softwareentwicklung
 Diplomarbeit, Fachhochschule Gießen-Friedberg, FB MND

Todorov, Yavor
Structural risk minimization based model selection using neural networks
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Vecchio, Irene
Stochastic fiber processes for modelling and simulation in materials science
 Masterarbeit, Università degli Studi di Milano, Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali

Wagner, Andreas
A Multidimensional Heston Model and Applications
 Diplomarbeit, Universität Augsburg, FB Mathematik

Willems, Jörg
Numerical upscaling for multi-scale flow problems
 Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Wirjadi, Oliver
Models and Algorithms for Image-Based Analysis of Microstructures
 Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Informatik

Wojtek, Thaddäus
Alternative DAE-Ansätze zur Berechnung invarianter Anregungen im Fahrzeugbau
 Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Yaneva, Filka
Modelling and navigation of tumor conformality in IMRT planning
 Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Zarkova, Elena
A Vehicle-Independent Model for Lateral Excitations
 Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Achema 2009
 Frankfurt/Main, Mai, Aussteller

Annual Meeting American Filtration Society
 Minneapolis, Mai

Annual Meeting of International Society for Porous Media
 Kaiserslautern, März, Aussteller und Vorträge

15th Annual SBS Conference
 Lille, April, Poster

Anuga FoodTec 2009
 Köln, März, Aussteller

Bildungsmesse des Akademischen Bildungszentrums e.V. Kaiserslautern »Mathematik im Alltag – Wir knacken jede Nuss«
 Kaiserslautern, Juni, Workshops

40. Bildverarbeitungsforum: »Bildfolgenanalyse und Dynamische Prozesse«
 Stuttgart, Juli

39. Bildverarbeitungsforum: »Moderne Beleuchtungstechniken«
 Mannheim, März

41. Bildverarbeitungsforum: »Neue Methoden der Oberflächeninspektion«
 Darmstadt, Oktober

CeBIT 2009
 Hannover, März, Aussteller

12. Chemnitzer Textiltechnik-Tagung
 Chemnitz, September/Oktober

Composites Europe 2009
 Stuttgart, Oktober, Aussteller und Vortrag

CONTROL – Internationale Fachmesse für Qualitätssicherung
 Stuttgart, Mai, Aussteller

CVC – Jahrestagung
 Mannheim, Oktober, Aussteller

31. DAGM Symposium
 Jena, September, Vortrag

Deutsches Museum, Zentrum »Neue Technologien«, Fraunhofer-Materialbank
 München, seit November, Exponat

DGZfP-Jahrestagung 2009
 Münster, Mai, Vorträge und Poster

EAGE 2009
 Amsterdam, Juni, Aussteller

ESMC EuroMech 2009
 Lissabon, September

10th European Congress of Stereology and Image Analysis
 Mailand, Juni, Vorträge

4th European-American Workshop on Reliability of NDE
 Berlin, Juni, Vortrag

FILTECH 2009
 Wiesbaden, Oktober, Aussteller und Vorträge

Fraunhofer-Symposium »Future Security«
 Karlsruhe, September, Poster

Fraunhofer-Vision Seminar »Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung«
 Erlangen, Dezember, Aussteller und Vorträge

Fraunhofer-Vision Technologietag 2009
 Kaiserslautern, Oktober, Aussteller und Vorträge

Fraunhofer-Truck »60 Jahre im Auftrag der Zukunft«
 Alzey, Juni, Aussteller

GACM 2009
 Hannover, September

HANNOVER MESSE 2009
 Hannover, April, Aussteller

24. Hofer Vliesstofftage
 Hof, November, Aussteller und Vortrag

Hydrogen & Fuel Cells 2009: Conference and Trade Show
 Vancouver, Juni

XIX. IMEKO World Congress: »Fundamental and Applied Metrology«
 Lissabon, September, Vortrag

7th International Conference on Numerical Analysis and Applied Mathematics (ICNAAM)
 Rethymno, Kreta, September

EIGENE VERAN- STALTUNGEN

GÄSTE

International Symposium on Mathematical Morphology ISMM 2009
Groningen, August, Poster

ISC'09 – International Supercomputing Conference
Hamburg, Juni, Aussteller

JEC Composites Show
Paris, März, Aussteller

32. Journée ISS France (International Society of Stereologie)
Paris, Februar, Vortrag

Kaiserslautern – Jahr der Wissenschaft, Abschlussveranstaltung
Kaiserslautern, Dezember, Aussteller

Miniworkshop on Numerical Upscaling
Oberwolfach, März

Models and Images for Porous Media (MIPoM)
Paris, Januar, Poster

Multibody Dynamics 2009, ECCOMAS Thematic Conference
Warschau, Juni

NAG/DAGA 2009 International Conference on Acoustics
Rotterdam, März, Vortrag

NDTCE09 Non-Destructive Testing in Civil Engineering
Nantes, Juni/Juli, Vortrag

New Developments in the Visualization and Processing of Tensor Fields
Dagstuhl, Juli, Vortrag

NUMDIFF Conference
Halle (Saale), September

PSPRO User Group Meeting
Houston, November

15. QIA Workshop »Quantitative Bildanalyse«
Bissersheim, Mai, Vorträge

RNAI Europe 2009
Berlin, September, Poster

SC'09 – Supercomputing
Portland (USA), November, Aussteller

SEG 2009
Houston (USA), Oktober, Aussteller

Special Session on Industrial and Biomedical Multiscale Problems at Conf. Large Scale Scientific Computation
Sozopol, Juni

TechTextil 2009
Frankfurt/Main, Juni, Aussteller

VDI-Tagung »Erprobung und Simulation in der Fahrzeugentwicklung«
Würzburg, Juni, Aussteller

VDI-Tagung »Nutzfahrzeuge 2009«
Neu-Ulm, Mai, Aussteller

VDI-Tagung »Technische Zuverlässigkeit«
Leonberg, April, Aussteller

VDMA-Kongress »Intelligenter Produzieren«
Mannheim, Juni, Aussteller

Vision 2009
Stuttgart, November, Aussteller

VW – Konzerntagung »Corporate Conference on Virtual & Augmented reality«
Braunschweig, September, Aussteller

Workshop »Detektionssysteme für CBRNE-Gefahrstoffe«
Karlsruhe, September, Poster

15. Workshop Farbbildverarbeitung
Berlin, Oktober

Workshop Fraunhofer-Innovationscluster DNT »Bemessungsgrundlagen und Simulation«
Kaiserslautern, März und Oktober

Workshop Fraunhofer-Innovationscluster DNT »Boden und Wechselwirkungssimulation«
Kaiserslautern, März

15th Workshop on Stochastic Geometry, Stereology, and Image Analysis
Blaubeuren, März, Vortrag

Ausstellung »Begegnungen – Licht & Malerei von Ingo Bracke und Jochen Dewerth«
November – Januar 2010

1st International Conference on »Challenges of Porous Media«
März

Seminar »Lastdaten – Analyse, Bemessung und Simulation«
Kaiserslautern, Januar und November; Stuttgart, Dezember

Seminar »Statistische Methoden in der Betriebsfestigkeit«
September

Tag der offenen Tür im Fraunhofer-Zentrum Kaiserslautern
Oktober (gemeinsam mit Fraunhofer IESE)

Workshop »Bildverarbeitung im Bauwesen«
Januar (gemeinsam mit TU Kaiserslautern)

Workshop »Cambridge – Kaiserslautern Financial Mathematics
Mai

Workshop »Computertomografie und Analyseverfahren für industrielle Anwendungen«
Kaiserslautern und Saarbrücken, Oktober (gemeinsam mit Fraunhofer EZRT)

Workshop »Guide to Load Data Analysis«
Eindhoven, Göteborg, Södertälje, Stuttgart, München, Oktober

Workshop »Moderne Finanzmathematik und ihre Anwendungen für Banken und Versicherungen«
Dezember

Workshop: Cambridge-Kaiserslautern Finanzmathematik
Mai

Workshop: Moderne Finanzmathematik und ihre Anwendungen für Banken und Versicherungen
Dezember

Antoulas, Athanasios C. (International University Bremen)
Reduktion großer dynamischer Systeme
Mai

Arbenz, Peter (ETH Zürich)
Grid partitioning on bone structure analysis
Februar

Arnold, Martin (Universität Halle)
Numerik für DAE
Juni und September

Attarakih, Menwer (Al-Balqa Applied University Amman, Jordanien)
Populations Bilanz Gleichungen
Oktober

Becker, Christoph (Frankfurt School of Finance & Management)
State dependent dependencies - A continuous-time dynamics for correlations
Oktober

Brüning, Ulrich (Universität Mannheim)
Virtual Machine
September

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

Dempster, Michael (University of Cambridge (GB) and Cambridge Systems Associates Ltd.)
A Preliminary Analysis of the Credit Crisis
Mai

Deshpande; Suresh (Indian Institute of Science, Bangalore, Indien)
Kinetic Schemes
August

Eberhard, Peter (Universität Stuttgart)
Kontaktmechanik und Wechselwirkungssimulation
Januar

Efendiev, Yalchin (Texas A&M University)
Multiscale problems, Numerical Methods For PDEs, Uncertainty
März

- Fuhrmann, Juergen (WIAS, Berlin)
Numerical methods, electro-chemistry simulation
November
- Geißler, Johannes (Johannes University of St. Andrews (GB))
Inflation Linked Bond from a Central Banks Perspective
Juni, September – Februar 2010
- Gerds, Matthias (Universität Würzburg)
Kontrolltheorie, Optimalsteuerung
September
- Godsill, Simon (University of Cambridge (GB))
Sequential Monte Carlo
Juni
- Hofstee, Peter (IBM Austin Research Laboratory, Austin, Texas)
Entwicklung der Hardware bei Cellprozessoren
Dezember
- Hoppe, Roland (Universität Augsburg und University of Houston)
Numerical analysis, optimization, multiscale
Juli
- Horbach, Jürgen (DLR Köln)
Molecular dynamics vs. Lattice Boltzmann for flow in porous media
November
- Jasak, Hrvoje (University of Zagreb und Wikki Ltd, London)
CFD software / OpenFOAM Seminar
Dezember
- Kalimuddin, Ahmad (Department of Mathematics, Aligarh Muslim University, Aligarh (INDIA))
Using the sharp operator for edge detection and nonlinear diffusion
Mai-Juli
- Kloeden, Peter E. (Goethe-Universität, Frankfurt/Main)
Pathwise convergence of numerical schemes for random and stochastic differential equations
Januar
- Kraft, Holger (Goethe-Universität, Frankfurt/Main)
Optimal Housing, Consumption, and Investment Decisions over the Life-Cycle
Mai
- Landstorfer, Manuel (Universität Ulm)
Derivation of Model Equations for a Solid Electrolyte Battery Cell
Oktober
- Lazarov, Raytcho (Texas A&M University)
Numerical Methods For PDEs
Juni – Juli
- Liu, Mario (Universität Tübingen)
The Physics of Granular Mechanics, Granular Solid Hydrodynamics
Dezember
- Mai, Jan (TU München)
Marshall-Olkin distributions and portfolio credit risk
Dezember
- Margenov, Svetozar (Bulgarian Academy of Sciences)
Multilevel preconditioners, numerical upscaling, numerical analysis
September
- Medova, Elena (University of Cambridge (GB) und Cambridge Systems Associates Ltd.)
Individual Asset Liability Management
Mai
- Meister, Andreas (Universität Kassel)
Dynamik viskoser Jets
Juli
- Mikelic, Andro (Universite Lyon)
Poro elastic beam theory
Februar
- Moreno-Bromberg, Santiago (Humboldt-Universität zu Berlin)
Derivative Design in Principal-Agent Games
Juli
- Naess, Arvid (NTNU, Trondheim)
Pricing of discretely monitored exotic options under NIG dynamics
April
- Nögel, Ulrich (DEVnet GmbH & Co KG, Kaiserslautern)
Variable Annuities: The new complexity of insurance contracts
Dezember
- Ortiz, Michael (CALTECH, Pasadena)
Diskrete Mechanik
Juni
- Platen, Eckard (UTS Sydney)
A Variance Reduction Technique Based on Integral Representations
Januar
- Popov, Peter (Bulgarian Academy of Sciences)
Multiscale problems, numerical upscaling, CFD
September
- Prieto Honorato, Carlos (Institute of Industrial Automation (IAI), CSIC, Madrid)
Kalman filtering for robust ultrasonic localization
Mai – Juli
- Rogers, Chris (University of Cambridge)
Optimal and Robust Contracts for a Risk-Constrained Principal
Mai
- Rusche, Henrik (Wikki GmbH, Braunschweig)
CFD software / OpenFOAM Seminar
Dezember
- Scherer, Matthias (TU München)
Sampling hierarchical Archimedean copulas and an application to CDO pricing
Dezember
- Spangl, Bernhard (Universität für Bodenkultur, Wien)
Robust Kalman filtering
Juli
- Starikovicius, Vadimas (Vlinius Technical University)
Numerics for CFD and for flow in porous media
April – Juni
- Sven-Joachim Kimmerle (Humboldt Universität, Berlin)
Macroscopic diffusion models for precipitation in crystalline GaAs - Modelling, analysis and simulation
September
- Szimayer, Alexander (Universität Bonn)
Executive Stock Options
August – September
- Vabishchevich, Peter (Inst. Math. Modeling, Russian Academy of Sciences)
Computational Mathematics, Computational Physics, Numerical Analysis, CFD
August
- Zagst, Rudi (TU München)
Crash-NIG copula models: Pricing of CDOs under changing market conditions
Dezember
- Zeytun, Serkan (Middle East Technical Universtiy (METU), Ankara)
Portfolio optimization under CVaR constraints
August

MITARBEIT IN GREMIEN, HERAUSGEBERTÄTIGKEIT

- Didas, Stephan
- Signal Processing (Gutachter)
 - IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (Gutachter)
 - Image Processing Letters (Gutachter)
 - Image and Vision Computing (Gutachter)
 - International Journal on Computer Vision (Gutachter)
 - SIAM Journal on Imaging Sciences (Gutachter)
 - Asian Conference on Computer Vision (Gutachter)
 - IEEE Transactions on Image Processing (Gutachter)
 - Pattern Recognition (Gutachter)
- Erlwein, Christina
- IMA Journal of Management Mathematics (Reviewer)
- Ettrich, Norman
- Geophysics (Gutachter)
 - Geophysical Prospecting (Gutachter)
- Gerwalin, Elmar
- Wissenschaftlich-technischer Rat der Fraunhofer-Gesellschaft (WTR)
- Hering-Bertram, Martin
- EuroVis 2009 (Programmkomitee)
 - Topo In Vis 2009 (Programmkomitee)
 - IEEE Visualization 2009 (Reviewer)
 - Computer Aided Design (Reviewer)
- Iliev, Oleg
- President-Elect of the International Society for Porous Media
 - J. Comp. Meth. Appl. Math. (Editor)
- Math. Modelling and Analysis (Editor)
 - Mathematisches Forschungsinstitut Oberwolfach, Report 12/2009 (Editor)
 - LNCS, Springer (Gutachter)
 - SIAM Multiscale Modeling and Simulation (Gutachter)
 - Physica A (Gutachter)
 - Numerical Methods for Partial Differential Equations (Gutachter)
 - SIAM J. Sci. Comp. (Gutachter)
 - Transport in Porous Media (Gutachter)
 - Advanced Water Research (Gutachter)
- Korn, Ralf
- Dekan, FB Mathematik, TU Kaiserslautern
 - Senat, FB Mathematik, TU Kaiserslautern
 - Sprecher Forschungszentrum (CM)², TU Kaiserslautern
 - 1+1+1 Lehrexzellenzkommission, TU Kaiserslautern
 - Stellv. Vorsitzender der Deutschen Gesellschaft für Versicherungs- und Finanzmathematik (bis April 2009)
 - Mathematical Finance (Mitherausgeber)
 - Blätter der DGVFM (Mitherausgeber)
 - Mathematical Methods of Operations Research (Mitherausgeber)
 - Finance and Stochastics (Guest Editor)
 - ERCIM News (Guest Editor)
 - BMBF-Mathematik-Programm (Gutachterkommission)
 - SIAM Journal on Control and Optimization (Gutachter)
- Küfer, Karl-Heinz
- Mathematics of Operations Research (Gutachter)
 - Medical Physics (Gutachter)
 - Zentralblatt für Mathematik (Reviewer)
 - Mathematical Programming (Gutachter)
- Kuhnert, Jörg
- Scientific Committee, ESI Group (Mitglied)
- Maasland, Mark
- Fraunhofer Allianz Vision (Mitglied)
- Mohring, Jan
- GMA-Fachausschuss 1.30 Modellbildung, Identifikation und Simulation in der Automatisierungstechnik (Mitglied)
 - Advances in Acoustics and Vibration (Gutachter)
- Müller, Marlene
- Computational Statistics (Associate Editor)
 - Elected Member of the International Statistical Institute (ISI)
 - Mitglied des Ausschuss für Ökonometrie des Vereins für Socialpolitik
 - Computers & Operations Research (Gutachter)
- Neunzert, H.
- Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC (Vice Chairman of the Board)
 - Monte Carlo Methods and Application (Associate Editor)
 - Technologie-Botschafter der Stadt und des Landkreises Kaiserslautern
- Nickel, Stefan
- Computers & Operations Research (Editor-In-Chief)
 - Mitglied des Vorstands der GOR (Gesellschaft für Operations Research)
 - Health Care Management Science (Mitglied des Editorial Board)
 - Sprecher des Boards der European Working Group on Locational Analysis (EWGLA)
- Prätzel-Wolters, Dieter
- Forschungszentrum »Center of Mathematical and Computational Modeling CM²« der TU Kaiserslautern (Mitglied)
 - Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC (Boardmember)
 - GAMM-Fachausschuss »Dynamik und Regelungstheorie (Mitglied)
 - 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-Zukunftstiftung« (Mitglied)
 - Wissenschaftlich-technischer Rat und Hauptkommission der Fraunhofer-Gesellschaft (Vorsitzender)
- Redenbach, Claudia
- Image Analysis & Stereology (Gutachter)
 - Communications in Statistics - Theory and Methods (Gutachter)
- Hochschulrat der FH Aschaffenburg
- Ausschuss Fraunhofer-Carnot
 - Scientific Board des Winquist-Laboratoriums, Göteborg

Rieder, Hans

- VDE/VDI-Fachausschuss »Nichtliniare Systeme«

Rösch, Ronald

- Fraunhofer Allianz Vision (Koordinierungsrat)
- Fraunhofer-Innovationsthema Leichtbau (ILBS)
- Commercial Vehicle Cluster (CVC)
- DGM-Arbeitskreis »Tomographie«
- DGM-Arbeitskreis »Quantitative 3D-Mikroskopie«
- DGM-Fachausschuss »Strahllinien«
- Heidelberger Bildverarbeitungsforum (Beirat)
- Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V. (DGM, Mitglied)
- Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V. (DGZfP, Mitglied)
- IOP electronic Journals (Gutachter)
- GACR (Gutachter)

Ruckdeschel, Peter

- Computational Statistics (Gutachter)
- Journal of the American Statistical Association (Gutachter)

Scherrer, Alexander

- Physics in Medicine and Biology (Gutachter)

Schladitz, Katja

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

Schröder, Michael

- Computers & Operations Research (Gutachter)

Siedow, Norbert

- Beraterkreis des AiF-Projekts »Verteilerrinne« der HVG

Spies, Martin

- 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)
- Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V. (DGZfP, persönliches Mitglied, Beiratsmitglied)
- Mitglied des DGZfP Fachausschusses »Ultraschall«
- Mitglied des DGZfP Fachausschusses »Hochschullehrer«

Wenzel, Jörg

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

Wirjadi, Oliver

- IEEE Transactions on Image Processing (Gutachter)
- Journal of Computational Statistics (Gutachter)

Zemitis, Aivars

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

Linn, Joachim; Moog, Mathias (MAGMA GmbH)

Method and apparatus for describing the statistical orientation distribution of particles in a simulation of a mould filling process

Int. Patent WO002009003677A1, published 8. Januar 2009

Kontakt

Fraunhofer-Institut für Techno- und
Wirtschaftsmathematik ITWM

Fraunhofer-Platz 1
67663 Kaiserslautern

Telefon +49(0)631/31600-0

Telefax +49(0)631/31600-1099

E-Mail info@itwm.fraunhofer.de

www.itwm.fraunhofer.de