



Fraunhofer

ITWM

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR TECHNO- UND WIRTSCHAFTSMATHEMATIK ITWM



20 JAHRE ITWM
Die Rechnung ging auf.



JAHRESBERICHT
2015/16

Titelbild

Von 15 auf 180 in zwanzig Jahren: Das ITWM hat einen kontinuierlichen Wachstumsprozess durchlaufen seit seiner Gründung als Landesinstitut im November 1995 – auch bei der Mitarbeiterzahl.

JAHRESBERICHT
2015/16



INHALTSVERZEICHNIS

| | | | |
|----|---|----|--|
| 4 | Vorwort | 82 | Publikationen |
| 8 | Rückblick | 82 | Graduierungsarbeiten |
| 12 | Institutprofil | 83 | Messe- und Konferenzteilnahmen |
| 13 | Haushalt und Personalentwicklung | 85 | Ehrungen und Preise |
| 14 | Kunden und Kooperationspartner | 85 | Eigene Veranstaltungen |
| 16 | Kuratorium/Vernetzung und Kooperationen | 86 | Gäste |
| 17 | Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick | 87 | Mitarbeit in Gremien, Herausgebertätigkeit |
| 18 | Transportvorgänge | 88 | Patente |
| 24 | Strömungs- und Materialsimulation | 89 | Impressum |
| 30 | Bildverarbeitung | | |
| 36 | Systemanalyse, Prognose und Regelung | | |
| 42 | Optimierung | | |
| 50 | Finanzmathematik | | |
| 56 | Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit | | |
| 64 | Competence Center High Performance Computing | | |
| 72 | Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC | | |
| 78 | Vorträge | | |
| 82 | Lehrtätigkeiten | | |



Wie schon auf dem Titelbild zu sehen, war das Jahr 2015 für das ITWM ein Jubiläumsjahr: Wir konnten auf zwanzig erfolgreiche und abwechslungsreiche Jahre zurückblicken, in denen wir uns einen festen Platz in der wissenschaftlichen Community und in der Zusammenarbeit mit der Industrie erarbeitet und unsere Mission, die Entwicklung, Implementierung und Anwendung mathematischer Methoden zur Modellierung, Simulation und Optimierung von Produkten, Prozessen und Dienstleistungen für Wirtschaft und Gesellschaft voranzutreiben, beharrlich umgesetzt haben.

Über das ganze Jahr hat uns der ITWM-Strategieprozess für die Gestaltung unserer organisatorischen, wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Entwicklung in den Jahren 2016 bis 2020 begleitet. Sowohl im Führungskreis als auch ganz wesentlich durch die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in den Abteilungen wurden mit viel Engagement, Motivation und Elan Organisationsstrukturen und Arbeitsprozesse, Ertragsquellen und Kostenfaktoren, Kompetenzen und Geschäftsfelder kritisch beleuchtet und hinterfragt. In einem Strategieaudit wurden unsere aktuelle Ausrichtung und unsere Pläne für die Zukunft von externen Experten aus Wissenschaft und Industrie evaluiert. Das Gutachten der Evaluierungskommission hat uns noch einmal wertvolle Hinweise für die zukünftige Ausrichtung des Instituts gegeben. Es hat uns aber auch sehr gefreut, dass die Gutachter in ihrer Gesamtschau das Institut aus heutiger Sicht bereits als weltweit einzigartig sehen: »Es gibt kein Institut, das in vergleichbarem Umfang oder mit vergleichbarem Erfolg technische Innovation durch mathematische Forschungsergebnisse unterstützt und ermöglicht«.

2015 wurde in allen Organisationseinheiten der Fraunhofer-Gesellschaft eine Mitarbeiterbefragung durchgeführt. Die Beteiligung war mit über 80 Prozent bei den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern am ITWM sehr hoch und die Ergebnisse zeigen eine große Identifikation mit dem Institut. Insgesamt hatte das ITWM gute bis sehr gute Ergebnisse über Benchmark-Niveau und lag bei fast allen Fragen Fraunhofer-weit unter den TOP 10. Besonders positive Rückmeldungen gab es bei Fragen zu Transparenz und Zufriedenheit bei Zulagen und Vergütung, Arbeits-

bedingungen, Leistungsgerechtigkeit, Mitarbeiterführung und Kundenorientierung. Potenzial für Verbesserungen besteht in den Bereichen Karriere- und Entwicklungsplanung, Verbesserung der Zusammenarbeit sowohl intern als auch extern und bei der Balance zwischen Projektarbeit und Forschungsfreiräumen. Hierzu sind im noch laufenden MAB-Nachfolgeprozess am Institut eine Reihe von Maßnahmen in der Vorbereitung.

Ein besonderes Highlight war die vom Fraunhofer-Vorstand beschlossene Einrichtung des Leistungszentrums »Simulations- und Software-basierte Innovation« zum 1. Januar 2016. Die langjährigen Bemühungen der Fraunhofer-Einrichtungen und vieler Forschungspartner am Standort, ein solches Leistungszentrum in Kaiserslautern zu etablieren, waren am Ende erfolgreich. Das Land Rheinland-Pfalz und die regionale Industrie leisten einen signifikanten Beitrag zur Finanzierung des Zentrums. Der Forschungsstandort Kaiserslautern profitiert insgesamt davon, dass die profilgebenden regionalen Schwerpunktthemen Simulation und Software in diesem Leistungszentrum in Zusammenarbeit mit der Wirtschaft gebündelt werden.

Einen weiteren, über den Standort hinaus ausstrahlenden Akquisitionserfolg konnte die Abteilung Finanzmathematik verbuchen. Sie hat im vergangenen Jahr die Ausschreibung des Bundesministeriums der Finanzen für die Chance-Risiko-Klassifizierung von geförderten Altersvorsorgeprodukten gewonnen. Hierzu wurde die selbständige »Produktinformationsstelle Altersvorsorge gGmbH« (PIA) gegründet. Parallel zum Wechsel des bisherigen Abteilungsleiters Prof. Dr. Ralf Korn in die wissenschaftliche Beratung der PIA konnte Dr. Andreas Wagner als neuer Abteilungsleiter gewonnen werden.

Herausragendes Schlaglicht in der Abteilung Optimierung war die Lizenzierung der interaktiven Strahlentherapieplanungsmethoden und der Start einer Forschungs- und Entwicklungspartnerschaft mit Varian Medical Solutions in Palo Alto. Varian, mit einem Weltmarktanteil von gut 60 % Marktführer in der Radiotherapie, wird die ITWM-Planungswerkzeuge den Krebspatienten weltweit zur Verfügung stellen. Für die wissenschaftliche Leistung

VORWORT

im Verbund mit dem Deutschen Krebsforschungszentrum und den Unikliniken in Heidelberg sowie dem Massachusetts General Hospital und Harvard Medical School in Boston erhielt das Forscherteam um den Abteilungsleiter Prof. Dr. Karl-Heinz Küfer den Preis des Stifterverbandes für die deutsche Wissenschaft auf der Fraunhofer-Jahrestagung 2016.

Die Technologieentwicklung zur Simulation der Fahrzeug-Umwelt-Mensch-Interaktion wurde in der Abteilung Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit auch 2015 weiter ausgebaut. Nach der Inbetriebnahme des interaktiven Fahrsimulators RODOS® und der erfolgreichen Markteinführung des geo-referenzierten Systems ‚Virtual Measurement Campaign‘ - VMC® in den Vorjahren wurde nun das Umgebungsmessfahrzeug REDAR (Road & Environmental Data Acquisition Rover) in Betrieb genommen.

Highlight im Competence Center High Performance Computing war die sehr erfolgreiche Teilnahme am H2020 FET-HPC Programm. Mit vier geförderten EU-Projekten konnte sich das CC HPC mit dem BeeGFS Filesystem und dem GPI-Programmiermodell auf europäischer Ebene etablieren. Darüber hinaus konnte sich das CC HPC mit der Xtreamview Software zur interaktiven Visualisierung großer Daten im internen Wettbewerb des Fraunhofer-Innovatorprogramms durchsetzen und wird 2016 entsprechend gefördert.

Das Jahr 2015 verlief wissenschaftlich und wirtschaftlich für die Abteilung Transportvorgänge sehr erfolgreich. Das Strategieaudit bestätigt der Abteilung eine hervorragende Positionierung und attestiert beste Perspektiven. Gleichwohl hat die Abteilung den Strategieprozess für eine organisatorische Neuaufstellung genutzt. Seit Anfang 2016 wird sie von einer Doppelspitze, bestehend aus dem bisherigen Leiter Dr. Raimund Wegener und dem bisherigen Stellvertreter Dr. Dietmar Hietel geführt, die in einem zweijährigen Turnus abwechselnd die Geschäftsführung wahrnehmen.

Auch die Abteilung Strömungs- und Materialsimulation konnte die sehr positiven Ergebnisse der letzten Jahre fortschreiben.

Insbesondere mit Stammkunden wie beispielsweise Procter & Gamble wurden weitere neue Kooperationsaktivitäten initiiert. Die hervorragende Zusammenarbeit der Abteilung mit der Ausgründung Math2Market wurde um eine langfristige Entwicklungs- und Verwertungsvereinbarung bezüglich des hocheffizienten Mikromechaniklösers FeelMath erweitert.

In der Abteilung Bildverarbeitung wurden wieder mehrere Inspektionssysteme in Produktionsanlagen installiert. Besonders hervorzuheben ist auch die mit den Partnern Hexagon Metrology und Hexagon Technology Center entwickelte vollautomatische Lösung zur Oberflächeninspektion und Vermessung von BLISKen (Turbinenscheiben) im Projekt »AMI4BLISK«, das Teil des EU-Forschungsprogramms »Clean Sky für die Luftfahrt« ist.

Die Abteilung Systemanalyse, Prognose und Regelung beschäftigt sich seit vielen Jahren mit dem modellbasierten Reglerdesign und der Validierung von Regelalgorithmen. Letzteres war in vielen Anwendungsfällen bisher nur simulativ in Form von »Model- bzw. Software-in-the-Loop« möglich. Seit 2015 betreibt die Abteilung nun einen eigenen Hardware-in-the-Loop-Simulator mit einer umfangreichen I/O-Schnittstelle.

Ich bedanke mich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, Stipendiaten und Studenten für ihre wissenschaftlich und wirtschaftlich erfolgreiche Arbeit in einer Vielzahl von Forschungsthemen und Projekten. Mein besonderer Dank gilt ihrem Engagement in unserer Strategieplanung. Bei unseren Auftraggebern und Projektpartnern möchte ich mich für das entgegengebrachte Vertrauen bedanken; wir freuen uns darauf, mit Ihnen zusammen neue Aufgaben und Herausforderungen anzugehen.



Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters
Institutsleiter

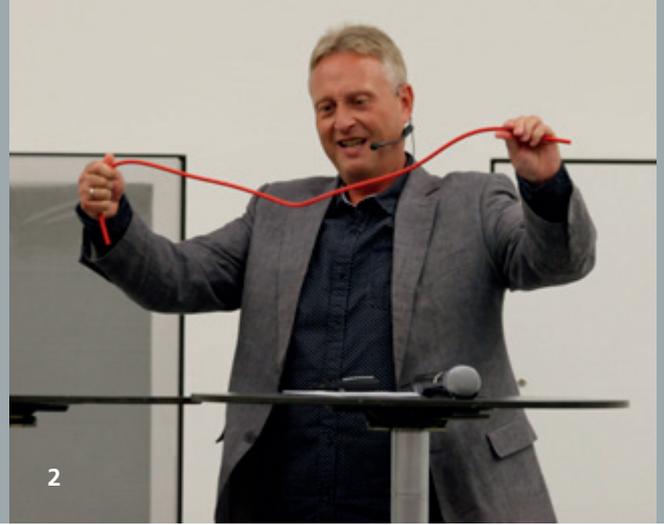


20 JAHRE ITWM
Die Rechnung ging auf.

DAS FRAUNHOFER ITWM

www.itwm.fraunhofer.de





20 JAHRE ITWM – DIE RECHNUNG GING AUF

1 Wechselwirkungen:
*Gesprächsrunde mit
 Dr. Klaus Weichel,
 Prof. Dr. Helmut J. Schmidt,
 Dr. Marion Schulz-Reese,
 Prof. Dr. Jürgen E. Zöllner
 und Prof. Dr. Dieter
 Prätzel-Wolters*

**2 Simulation flexibler
 Bauteile – veranschaulicht
 von Dr.-Ing. Joachim Linn**

Wer hätte vor zwanzig Jahren damit gerechnet, dass die Mathematik als Brücke zwischen der virtuellen und der realen Welt so tragfähig sein wird, dass sie als belastbares Fundament ein erfolgreiches Fraunhofer-Institut trägt? Und doch hat sich das Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik mit seiner problemgetriebenen, modellbezogenen und lösungsorientierten Arbeitsweise in Wissenschaft und Industrie profiliert und die Forschung und Innovation am Standort Kaiserslautern nachhaltig bereichert.

Dies betonten viele Gäste aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft, mit denen das Institut im November sein 20jähriges Bestehen feierte. Ein Highlight der Feier war die Verleihung der Fraunhofer-Münze an den Institutsleiter Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters; sie ist die zweithöchste Auszeichnung der Fraunhofer-Gesellschaft. Fraunhofer-Präsident Prof. Dr.-Ing. Reimund Neugebauer war der Feier per Videokonferenz zugeschaltet und hob in seiner Laudatio hervor, dass Professor Prätzel-Wolters sich nicht nur um sein Institut, sondern auch um die Fraunhofer-Gesellschaft in besonderem Maße verdient gemacht habe: Seit dem Jahr 2006 fungiert er als Vorsitzender des Wissenschaftlich-Technischen Rats (WTR), einem zentralen Beratungsorgan in der Fraunhofer-Gesellschaft – und auch als Vorsitzender des wichtigsten WTR-Gremiums, der Hauptkommission. Damit verbunden ist seine Mitgliedschaft im Präsidium und im Senat. »Und wer Herrn Prätzel-Wolters kennt, der weiß auch, dass er ein sehr wertvoller Berater ist, der mit profunder Fachkenntnis und großem Überblick aufwartet. Der Vorstand schätzt ihn sehr als Ratgeber in Fragen der Forschungs- und Personalpolitik. Unter seine Ägide hat sich der WTR zu einem äußerst hilfreichen Organ innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft entwickelt; als Mitglied der Fraunhofer-Zukunftsstiftung hilft Dieter Prätzel-Wolters außerdem mit, gezielt die Vorlaufforschung in wegweisenden Technologiefeldern zu fördern«, so Fraunhofer-Präsident Neugebauer. Stellvertretend überreichte Prof. Dr. Matthias Jarke, der Vorsitzende des Fraunhofer-Verbands Informations- und Kommunikationstechnik, die Auszeichnung.

Die rheinland-pfälzische Wissenschaftsministerin Vera Reiß gratulierte auch im Namen von Ministerpräsidentin Malu Dreyer: »Das Fraunhofer ITWM hat sich in 20 Jahren zu einer unverzichtbaren Säule des Wissenschaftsstandortes Deutschland entwickelt. Hier werden mit der Mathematik als Schlüsseltechnologie innovative Lösungsbeiträge für die großen gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit erarbeitet – vom energieeffizienten Wirtschaften bis hin zum Verbraucherschutz. Das Institut leistet einen bedeutenden Beitrag zur Ausbildung hochqualifizierter Fachkräfte und kooperiert eng mit den kleinen und mittleren Unternehmen in der Region. Es ist ein Motor des Wissenstransfers und somit zentral für die Innovationsstrategie von Rheinland-Pfalz.«



Die Geschichte des Instituts, das seinen Anfang Mitte der 80er Jahre in der AG Technomathe des Fachbereichs Mathematik an der TU Kaiserslautern hat, veranschaulichte ein kurzer Film. Daran schlossen sich zwei Gesprächsrunden an; in der ersten begrüßte die ITWM-Verwaltungsleiterin Dr. Marion Schulz-Reese Repräsentanten aus Politik und Gesellschaft und thematisierte mit ihnen die Wechselwirkungen zwischen Wissenschaft und Gesellschaft. Der Runde gehörten Kaiserslauterns Oberbürgermeister Dr. Klaus Weichel, der Präsident der TU Kaiserslautern, Prof. Dr. Helmut J. Schmidt sowie der ehemalige rheinland-pfälzische Minister für Wissenschaft und Bildung, Prof. Dr. E. Jürgen Zöllner und der Institutsleiter an.

3 *Musikalische Begleitung zum Büffet*

4 *Nach der Preisverleihung: Ministerin Vera Reiß, Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters, Prof. Dr. Matthias Jahrke und Dr. Marion Schulz-Reese*

Die zweite Runde wurde moderiert vom Gründer des ITWM, Prof. Dr. Helmut Neunzert; gemeinsam mit ITWM-Forschern und -Partnern aus der Wissenschaft stellte er exemplarische Projekte des Instituts vor, wie Simulation von Kabeln, Optimierung der Strahlentherapieplanung, Batteriesimulation oder Strömungsberechnung. In seinem Schlusswort dankte Professor Dieter Prätzel-Wolters allen Unterstützern für das langjährige Vertrauen und den ITWM-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeitern für ihr Engagement und gab einen Ausblick auf weitere Projekte, wozu das Leistungszentrum für Simulations- und Software-basierte Innovation gehört. Das passende Grundstück in Institutsnähe wurde bereits gekauft.

Kurzfilm »Die Rechnung ging auf« und weitere Informationen zur Institutsgeschichte unter: www.itwm.fraunhofer.de/im-profil/fraunhofer-itwm-20-jahre

Die Fraunhofer-Münze

König Ludwig I. von Bayern prägte nach dem Tod Joseph von Fraunhofs und Georg von Reichenbachs, die gemeinsam optische Präzisionsinstrumente entwickelt hatten, zu deren Gedenken eine Münze. 1986 ließ die Fraunhofer-Gesellschaft die historische Fraunhofer-Münze in limitierter Auflage nachprägen und ehrt seitdem Personen, die sich herausragend um die Fraunhofer-Gesellschaft verdient gemacht haben.





ERFOLGREICHES AUDIT NACH INTENSIVER STRATEGIE-DISKUSSION

1 *Nach erfolgreichem Audit: Die Strategieprozess-Verantwortlichen des Instituts mit ihren Gutachtern*

2 *Prof. Dr. Ralf Korn, ehemaliger Leiter der Abteilung Finanzmathematik und Initiator der PIA mit der PIA-Geschäftsführerin Dr. Melissa Ruby*

Einen Tag Zeit hatte das ITWM, um den Auditoren Dr. Wolfgang Burget (Liebherr), Prof. Dr. Heinz Engl (Universität Wien), Prof. Dr. Nicolas Gauger (TU Kaiserslautern), Prof. Dr. Albert Gilg (Siemens), Prof. Dr. Peter Maaß (Universität Bremen), Dr.-Ing. Kurt Pötter (BMW) und Dr. Mattias Schmidt (Procter & Gamble) die Ergebnisse des einjährigen Strategieprozesses zu präsentieren – mit überaus erfreulichem Ergebnis: Die Experten bescheinigten dem Institut einen außergewöhnlichen Erfolg und plädierten für die Beibehaltung seiner Grundstruktur. Empfohlen wurde die Unterstützung abteilungsübergreifender Keimzellen sowie eine verstärkte Kooperation mit anderen Fraunhofer-Instituten zur Erschließung weiterer Marktpotenziale. Auch die Konzeption des Leistungszentrums »Simulations- und Software-basierte Innovation« wurde von den Gutachtern ausdrücklich unterstützt.

PRODUKTINFORMATIONSTELLE ALTERSVORSORGE GEMEINNÜTZIGE (PIA) GEGRÜNDET

Ziel der geförderten privaten Altersvorsorge ist es, für die Zeit nach dem Berufsleben eine finanzielle Absicherung zu bieten, um den einmal erreichten Lebensstandard halten zu können. Ab Januar 2017 muss bei Abschluss eines Vertrages zu jedem geförderten Vorsorgeprodukt ein Informationsblatt vorliegen, das dem Verbraucher einen Produktvergleich ermöglicht. Die Fraunhofer-Gesellschaft hat im Oktober 2015 die »Produktinformationsstelle Altersvorsorge gemeinnützige GmbH« (PIA) gegründet. Im Auftrag des Bundesministeriums der Finanzen wird diese neutrale Stelle Altersvorsorge-Angebote bewerten. Die PIA wird zunächst für fünf Jahre – mit der Option auf fünf weitere Jahre – mit den Aufgaben der Produktinformationsstelle Altersvorsorge vom BMF beliehen. Als unabhängiges wissenschaftliches Institut trägt das für PIA tätige Fraunhofer ITWM dazu bei, die Transparenz und die Vergleichbarkeit von Altersvorsorgeprodukten zu erhöhen. Die Abteilung Finanzmathematik des Fraunhofer ITWM kann auf umfangreiche Expertise in der Anwendung finanzmathematischer und statistischer Methoden zur Entwicklung innovativer Produkte und Prozesse für Finanzindustrie und für Behörden verweisen.

Für PIA leistet die Abteilung Finanzmathematik Forschungsarbeiten, entwickelt Kapitalmarktmodelle und ermittelt die Chancen-Risiko-Klassen der angebotenen geförderten Altersvorsorgeprodukte. Grundlage ist die am Institut entwickelte Software ALMSim, ein Werkzeug für das Asset-Liability-Management (ALM). ALM ist eine Methode des Risikomanagements und damit ein wichtiger Bestandteil der Unternehmensführung.



LEISTUNGSZENTRUM »SIMULATIONS- UND SOFTWARE-BASIERTE INNOVATION«

Der Wissenschaftsstandort Kaiserslautern hat seit Jahren einen hervorragenden Ruf im Bereich Simulations- und Software-Technologie, der sich auch in vielen Kooperationen mit der Wirtschaft manifestiert. Die regionalen Schwerpunktthemen noch stärker zu bündeln, ist ein wesentlicher Bestandteil der Fraunhofer-Strategie zur nachhaltigen Entwicklung der Standorte. Dazu zählt die Einrichtung von Leistungszentren. Diese bieten eine hervorragende Plattform für eine thematisch fokussierte Zusammenarbeit der lokalen Fraunhofer-Einrichtungen mit Hochschulen und anderen außeruniversitären Forschungsinstituten am Standort.

1 *Fraunhofer-Präsident Prof. Dr.-Ing. Reimund Neugebauer bei der Eröffnung des neuen Leistungszentrums in Kaiserslautern*

Der intensive Austausch der drei Fraunhofer-Institute in Kaiserslautern mit den beiden Hochschulen und die gute Kooperation mit der Wirtschaft wird seit Januar 2016 in einem Leistungszentrum institutionalisiert. Seine Bezeichnung »Simulations- und Software-basierte Innovation« dokumentiert wissenschaftliche Stärken, die der Standort Kaiserslautern in den vergangenen beiden Jahrzehnten herausgebildet hat. Das hohe Ansehen der Simulations- und Softwarekompetenzen in der Wirtschaft lässt sich an der Liste der beteiligten Industriepartner ablesen. Dazu zählen u. a. BASF SE, Daimler AG, John Deere GmbH & Co. KG, Liebherr, Procter & Gamble, Robert Bosch GmbH, Schmitz Cargobull AG und Volvo Construction Equipment Germany GmbH. Auf wissenschaftlicher Seite wird die anwendungsnahe Forschung der drei Fraunhofer-Institute für Experimentelles Software Engineering IESE, für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM und für Physikalische Messtechnik IPM (Abteilung Materialcharakterisierung und -prüfung) durch ca. 30 Lehrstühle der Technischen Universität und der Hochschule Kaiserslautern gestärkt. Hinzu kommt die enge Zusammenarbeit u. a. mit dem Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz DFKI, dem Institut für Verbundwerkstoffe IVW und dem Max-Planck-Institut für Softwaresysteme.

Computersimulationen und Softwareprogramme sind zum unverzichtbaren Werkzeug bei der Gestaltung und Optimierung von Produkten und Prozessen geworden. Die bedarfsgerechte Entwicklung von simulationstechnischen Verfahren und Software wird damit zur zentralen Herausforderung für Mathematik und Informationstechnologie der nächsten Dekade, die im Leistungszentrum durch Zusammenarbeit von Hochschulen und Forschungsinstituten mit der Industrie adressiert wird.

In den ersten beiden Jahren erhält das Leistungszentrum vom Land Rheinland-Pfalz eine Anschubfinanzierung in Höhe von fünf Millionen Euro. Die Industriepartner steuern in dieser Zeit ebenfalls fünf Millionen Euro bei, die Fraunhofer-Institute eine Million Euro. Die Koordination des Leistungszentrums übernimmt der Institutsleiter des Fraunhofer ITWM.



INSTITUTSPROFIL

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

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

Neben der Umsetzung dieser Technologie in Anwendungsprojekten und ihre Weiterentwicklung in Forschungsprojekten bildet auch die enge Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern einen Schwerpunkt des Fraunhofer ITWM. Grundpfeiler sind die klassischen Disziplinen der angewandten Mathematik, wie Numerik, Optimierung, Stochastik und Statistik sowie Differentialgleichungen. Die spezifischen Kompetenzen des ITWM sind

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

Das ITWM ist Mitglied des Fraunhofer-Verbands »Informations- und Kommunikationstechnologie« sowie Gast im Verbund »Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS«; die gute Vernetzung innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft dokumentiert aber auch die Beteiligung an zahlreichen Allianzen: »Automobilproduktion«, »Batterien«, »Big Data«, »Cloud Computing«, »Leichtbau«, »Numerische Simulation von Produkten, Prozessen«, »Textil«, »Verkehr« und »Vision«.

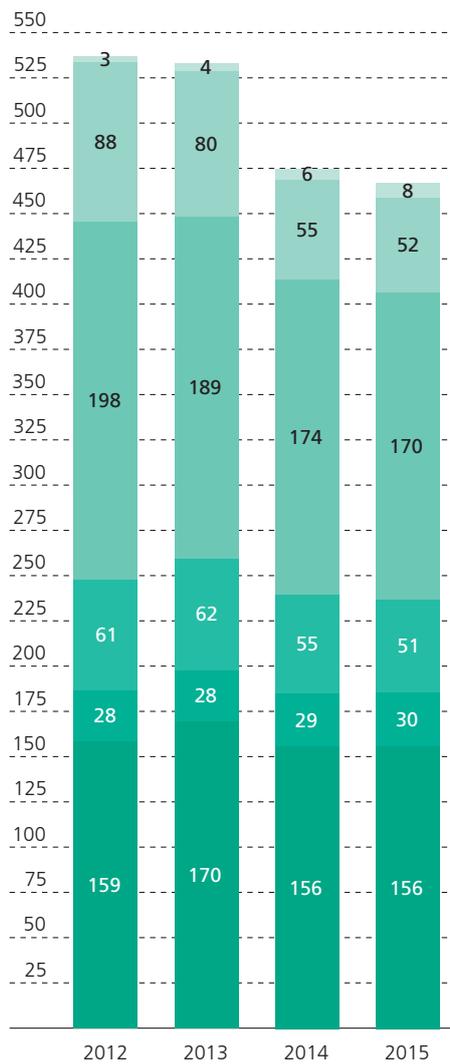
HAUSHALT UND PERSONALENTWICKLUNG

Betriebshaushalt in Mio. €

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



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



KUNDEN UND KOOPERATIONSPARTNER AUSWAHL 2015

- AbbVie Deutschland GmbH & Co. KG, Ludwigshafen
- ante-holz GmbH, Bromskirchen-Somplar
- Audi AG, Ingolstadt
- Autefa, Friedberg
- BASF SE, Ludwigshafen
- Bayer CropScience AG, Monheim
- BJS Ceramics, Gersthofen
- BMW Group, München
- BorgWarner Turbo Systems GmbH, Kirchheimbolanden
- BPW Bergische Achsen KG, Wiehl
- Brückner, Siegsdorf
- BSN, Hamburg
- Burgmann, Wolfratshausen
- Centre de Recherche en Automatique de Nancy, Nancy (F)
- Centrica, Stavanger (N)
- Continental Automotive Systems AG, Frankfurt/M.
- Cummins, Marktheidenfeld
- DAF Trucks N. V., Eindhoven (NL)
- Daimler AG, Stuttgart
- delta h Ingenieurgesellschaft mbH, Witten
- Deutsche Apotheker- und Ärztebank, Düsseldorf
- Dilo, Eberbach
- Ebm-papst, Mulfingen
- ElringKlinger AG, Runkel
- Elsevier Ltd., Kidlington (GB)
- ESI Group, Paris (F)
- Fachhochschulen: Berlin, Birkenfeld, Darmstadt, Kaiserslautern, Mainz
- fleXstructures GmbH, Kaiserslautern
- FLSmidth, Kopenhagen (DK)
- Ford-Werke GmbH, Köln
- Forschungsinstitut für Leder und Kunststoffbahnen, Freiberg
- Freudenberg Filtration Technologies SE & Co. KG, Kaiserslautern, Weinheim
- Glatfelter, Pritzwalk
- Gneuss, Bad Oeynhausen
- Goldbeck Solar GmbH, Hirschberg a. d. Bergstraße
- Goodyear S.A., Colmar-Berg (L)
- Grimme Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG, Damme
- GRS mbH, Köln
- Haag-Streit AG, Köniz (CH)
- HegerGuss GmbH, Enkenbach-Alsenborn
- Helmholtz-Institut, Ulm
- Hexagon Metrology GmbH, Wetzlar
- Hilite, Nürtingen
- IBS FILTRAN GMBH, Morsbach-Lichtenberg
- Imilia Interactive Mobile Applications GmbH, Berlin
- Institut für Textiltechnik (ITA), Aachen
- IPConcept S.A., Luxemburg (L)
- John Deere, Mannheim, Kaiserslautern
- Johns Manville Europe GmbH, Bobingen
- KITE China, Beijing (CHN)
- Kliniken und Krankenhäuser: Essen, Frankfurt/M., Mainz
- Knauf Gips KG, Iphofen
- KSB Aktiengesellschaft, Frankenthal
- KTM-Sportmotorcycle AG, Mattighofen (A)

- Liebherr, Kirchdorf, Colmar (F)
- LONZA Group AG, Basel (CH)
- MAGMA Gießereitechnologie GmbH, Aachen
- MAN Truck & Bus Deutschland GmbH, München
- Mann+Hummel GmbH, Ludwigsburg
- Marathon Oil, Houston (USA)
- Massachusetts General Hospital (MGH) / Harvard Medical School, Boston (USA)
- Math2Market GmbH, Kaiserslautern
- Merck KGaA, Darmstadt
- MeVis Medical Solutions AG, Bremen
- MVZ Dres. Englmaier, Waldkraiburg
- Nettowelt GmbH & Co. KG, Goslar
- Nissan, Kanagawa (J)
- NOGRID GmbH, Mainz
- Odenwaldwerke, Amorbach
- Optirisk Systems, Uxbridge (UK)
- Paul Wild OHG, Kirschweiler
- Plastic Omnium, Brüssel (B)
- Porsche AG, Weissach, Stuttgart
- proALPHA Software AG, Weilerbach
- Procter & Gamble, Schwalbach, Cincinnati (USA)
- Progress Rail Inspection & Information Systems, Bad Dürkheim
- PSA Peugeot Citroën, Velizy-Villacoublay Cedex (F)
- QIAGEN, Hilden
- R+V versicherung AG, Wiesbaden
- RaySearch Laboratories AB, Stockholm (S)
- Repsol, Houston (USA)
- Robert Bosch GmbH, Stuttgart
- Santander Consumer Bank AG, Mönchengladbach
- Scania CV AB, Södertälje (S)
- Schmitz Cargobull AG, Altenberge
- Schott, Mainz
- Seismic Imaging Processing SIP, Aberdeen (GB)
- Sharp Reflections, Stavanger (N), Kaiserslautern
- SIEDA GmbH, Kaiserslautern
- Siemens AG, Erlangen
- SKF, Schweinfurt
- Solvay GmbH, Hannover
- Statoil ASA, Stavanger (N), Trondheim (N), Oslo (N)
- STRATEGOS Consulting, Ingolstadt
- Stryker GmbH & Co KG, Freiburg
- SWK, Kaiserslautern
- Technische Werke Ludwigshafen, Ludwigshafen
- ThinkparQ, Kaiserslautern
- TRW, Alfdorf
- Universitäten, Aachen, Bordeaux (F), Bremen, Chemnitz, Dijon (F), Dresden, Erlangen, Freiberg, Freiburg, Heidelberg, Kaiserslautern, Karlsruhe, Kassel, Mainz, Münster, Nancy (F), Paris/Fontainebleau (F), Saarbrücken, Thuwal (KSA), Ulm
- Varian Medical Systems Deutschland GmbH, Darmstadt
- Voith Hydro, Heidenheim
- Volkswagen AG, Wolfsburg
- Volvo CE, Konz, Göteborg (S)
- Wikon Kommunikationstechnik GmbH, Kaiserslautern

August Altherr, JOHN DEERE European Technology Innovation Center

Dr.-Ing. Erwin Flender, MAGMA Gießereitechnologie GmbH

Dr. Werner Groh, Johns Manville Europe GmbH

Johannes Heger, HegerGuss GmbH

Dr. Wilhelm Krüger, Blue Order AG (Vorsitzender)

Prof. Dr. Volker Mehrmann, Technische Universität Berlin

Dr. Hannes Möller, Daimler AG

Prof. Dr. Helmut Neunzert, Fraunhofer ITWM

Barbara Ofstad, Siemens AG

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

RD Ingo Ruhmann, Bundesministerium für Bildung u. Forschung

Prof. Dr. Helmut J. Schmidt, Präsident der TU Kaiserslautern

Dr. Mattias Schmidt, Procter & Gamble Service GmbH

Prof. Dr. Wolfgang Wahlster, DFKI GmbH

Dr. Carola Zimmermann, Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur des Landes Rheinland-Pfalz

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

- Fraunhofer-Verbund »LuK-Technologie«
- Fraunhofer-Verbund »Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS« (Gaststatus)
- Fraunhofer-Allianzen »Automobilproduktion«, »Batterien«, »Big Data«, »Cloud Computing«, »Leichtbau«, »Numerische Simulation von Produkten, Prozessen«, »Textil«, »Verkehr« und »Vision«
- Fraunhofer-Innovationscluster »Digitale Nutzfahrzeug-technologie«
- Leistungszentrum »Simulations- und Software-basierte Innovation«

Weitere Kooperationen

- **Innovationszentrum »Applied System Modeling«**

Im ASM arbeiten die Fraunhofer-Institute IESE, ITWM, IPM (Abteilung Terahertz-Messtechnik) sowie die Fachbereiche Informatik und Mathematik der TU Kaiserslautern eng zusammen, um schneller hochtechnisierte Produkte zu entwickeln.

- **Center for Mathematical and Computational Modeling (CM)²** am Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern hat seinen Fokus auf mathematischen Anwendungen in den Ingenieurwissenschaften.

- **Felix-Klein-Zentrum für Mathematik**

Das FKZM ist eine institutionelle Verbindung zwischen Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern und Fraunhofer ITWM, mit Schwerpunkt auf der Nachwuchsförderung, u. a. in Form von Modellierungswochen für Schulen, Stipendien und einem Mentorenprogramm für Mathematik-Studierende.

- **Science Alliance Kaiserslautern**

Zusammenschluss von Studien- und Forschungseinrichtungen sowie regionaler Firmen am Standort Kaiserslautern

DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT AUF EINEN BLICK

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

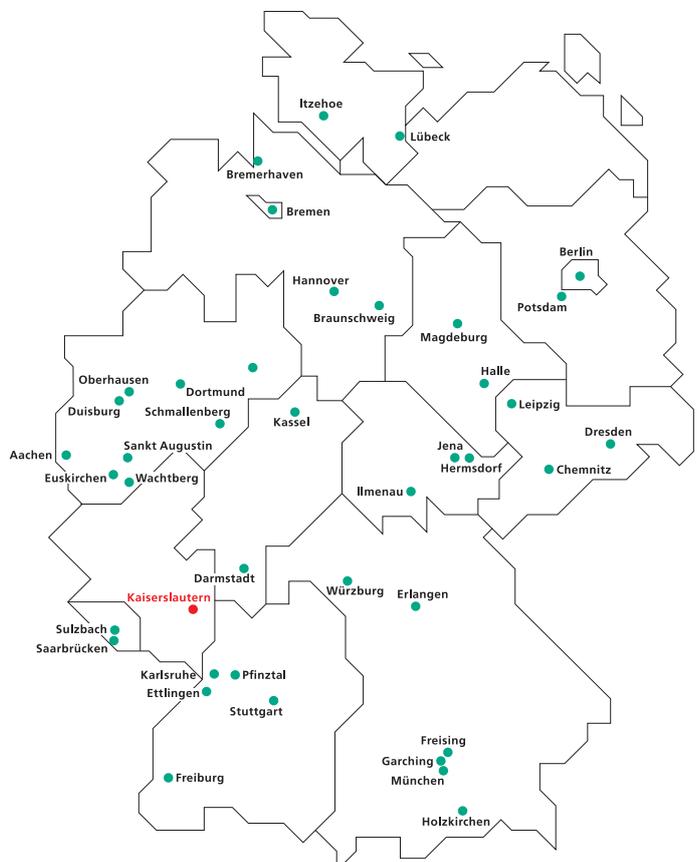
Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 67 Institute und Forschungseinrichtungen. 24.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von mehr als 2,1 Milliarden Euro. Davon fallen über 1,8 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Mehr als 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

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

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

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





Im Bereich des textilen Maschinenbaus wird die Software FIDYST erfolgreich von Industriepartnern zur Auslegung ihrer Maschinen bei der Produktion von Vliesstoffen eingesetzt. Mit FIDYST werden Spunbond-, Meltblown- und Airlay-Prozesse optimiert. Dabei nutzen die Ingenieure die Simulationen der Fadendynamik gezielt dazu, die Geometrie der Anlage und die Prozessparameter zu optimieren.

TRANSPORTVORGÄNGE

▪ FLEXIBLE STRUKTUREN

Modellierung und numerische Simulation flexibler Strukturen, insbesondere Fäden, in turbulenten Strömungen

▪ STRÖMUNGSDYNAMISCHE PROZESSAUSLEGUNG

Strömungsdynamik und -optimierung sowie Fluid-Struktur-Kopplungen

▪ GITTERFREIE METHODEN

Finite Pointset Methode für Simulationen strömungs- und kontinuumsmechanischer Problemstellungen

▪ ENERGIEKETZE UND MODELLREDUKTION

Dynamische Netzsimulation für Fernwärme- und Gasnetze

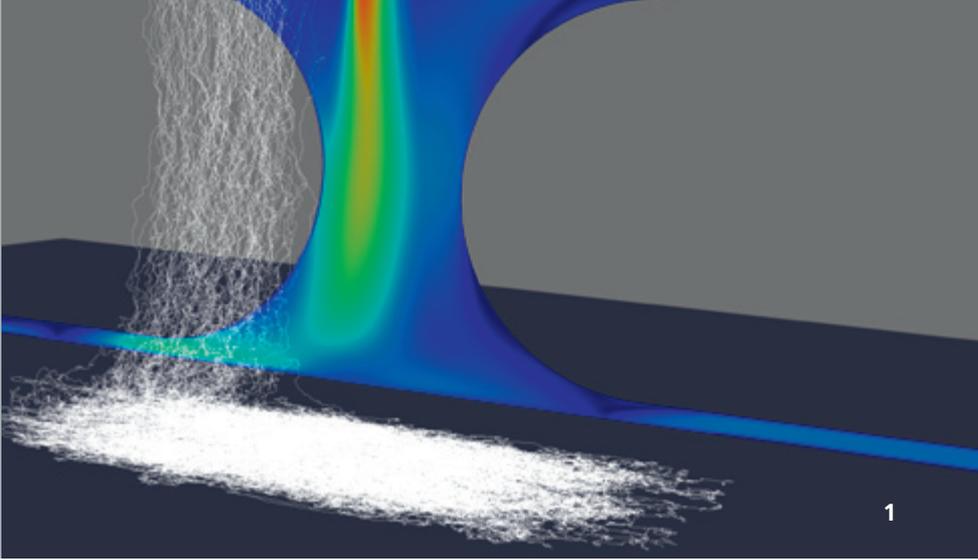




Kernkompetenz der Abteilung Transportvorgänge ist die mathematische Modellierung komplexer industrieller Problemstellungen und die Entwicklung effizienter Algorithmen zu ihrer numerischen Lösung (Simulation). Die bearbeiteten Problemstellungen sind im technisch-naturwissenschaftlichen Kontext (Strömungsdynamik, Strukturmechanik, Strahlungstransport, Optik, Akustik etc.) angesiedelt und führen aus mathematischer Sicht auf partielle Differentialgleichungen, die meist als Transportgleichungen zu charakterisieren sind. Aus Sicht der industriellen Kunden geht es typischerweise um die Optimierung von Produkten und die technische Auslegung von Produktionsprozessen. Das Angebotsspektrum der Abteilung umfasst Kooperationsprojekte mit den ingenieurwissenschaftlich ausgerichteten FuE-Abteilungen der Partnerfirmen, Studien mit Auslegungs- und Optimierungsvorschlägen sowie Softwarelösungen vom Baustein bis zum kompletten Tool.

Das Jahr 2015 verlief für die Abteilung wirtschaftlich und wissenschaftlich höchst erfolgreich. Das Strategieaudit des Instituts bestätigt eine hervorragende Positionierung und attestiert beste Perspektiven. Organisatorisch wurden zudem wichtige Weichen für die Zukunft gestellt. Zukünftig wird die Abteilung von einer Doppelspitze geführt: Die zweijährig wechselnde Geschäftsführung übernimmt ab 2016 Dietmar Hietel, 2018 wechselt diese an Raimund Wegener zurück.

Da das ITWM 2015 seinen 20. Geburtstag gefeiert hat, beleuchten zwei der nachfolgenden Projektbeiträge aktuelle Arbeiten, die eng mit der Geschichte des Instituts verbunden sind. Im Gründungsjahr 1995 begannen die Arbeiten zur Simulation des Papierflugs in einer Druckmaschine – eines der ersten Industrieprojekte der Abteilung und Ausgangspunkt für mindestens zwei Themenfelder, die heute in Gruppenstärke verfolgt werden. Die wesentlich zweidimensional geprägte Papierführung ist ein gekoppeltes Fluid-Struktur-Problem. Daher wurden einerseits für die aufgrund der Bogenbewegung zeitlich variierenden Strömungsgebiete unter und über dem Bogen Partikelmethode erprobt, andererseits für die Bogendynamik Schalen-Modelle der Kontinuumsmechanik aufgearbeitet, die in zweidimensionaler Variante mathematisch gleichwertig zu Cosserat-Rod-Modellen für Filamentdynamiken sind. Aus den Arbeiten zu Partikelmethode ging die Entwicklung der ITWM-Software **FPM** (Finite Pointset Method) hervor, die heute eines der leistungsfähigsten am Markt verfügbaren gitterfreien Simulationstools für ein breites Feld kontinuumsmechanischer Problemstellungen ist. Die Arbeiten zur Bogendynamik bildeten den strukturmechanischen Nährboden für alle späteren Forschungen im Bereich der Filamentdynamik und damit die Basis für unsere Simulationssoftware **FIDYST** (Fiber Dynamics Simulation Tool).



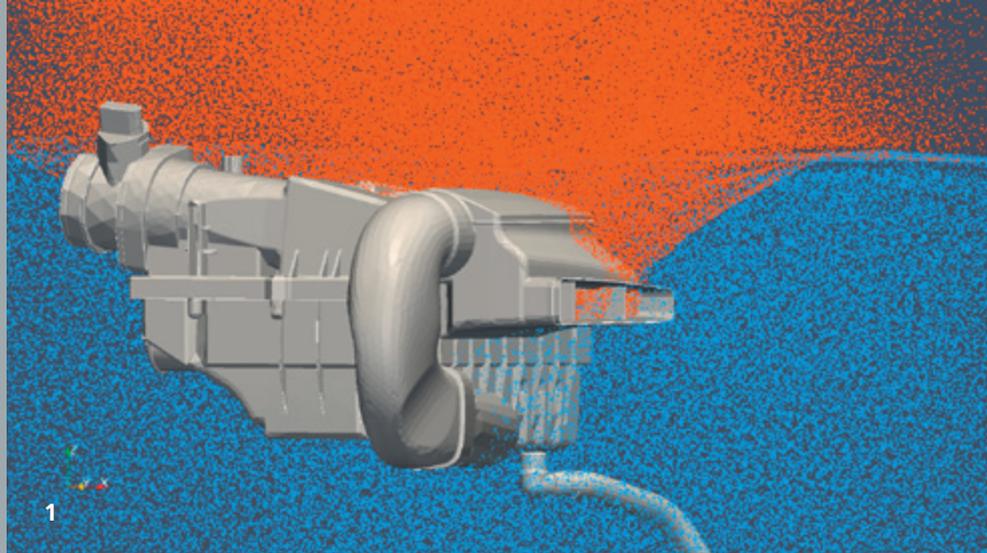
VIRTUELLE PRODUKTION VON FASERN, FILAMENTEN UND VLIESTOFFEN

Die Virtualisierung der Produktion von Fasern, Filamenten und Vliesstoffen wird in der Abteilung Transportvorgänge seit vielen Jahren mit einem breiten Spektrum von Industriekunden vorangetrieben. Eingebettet in das Forschungsfeld Fluid-Struktur-Interaktion bietet dieser Anwendungsbereich vielfältige mathematische Herausforderungen, da die Komplexität der betrachteten Prozesse keine Standardsimulationen erlaubt. In mehreren Schlüsselaspekten wurden und werden eigene Modelle, Methoden und Werkzeuge entwickelt, mit denen heute effizient simulationsbasierte Beiträge zur Auslegung und Steuerung der Produktionsprozesse Technischer Textilien geleistet werden.

Die resultierenden Softwarebausteine wie **FIDYST** (Fiber Dynamics Simulation Tool zur Simulation von Faser- und Filamentdynamiken in turbulenten Strömungen) und **SURRO** (Generator virtueller Vliesstrukturen) bilden klare Alleinstellungsmerkmale, so dass die Abteilung im Ergebnis eine relevante Marktnische erfolgreich besetzt. Das anvisierte Industriespektrum besitzt durch den in Deutschland nach wie vor stark vertretenen zugehörigen Anlagen- und Maschinenbau eine gute langfristige Tragfähigkeit. Zudem konnten die industriellen Aktivitäten gerade im abgelauenen Geschäftsjahr auch höchst erfolgreich internationalisiert werden.

FIDYST wurde im vergangenen Jahr auf Basis neuester, zumeist in kooperativen Promotionsvorhaben erzielter Forschungsergebnisse wesentlich funktional erweitert. Besonders erwähnenswert sind die jetzt voll ausgeprägten Fähigkeiten zum Kontakt mit bewegten Maschinenteilen, die Abbildung von Stapelfasern, neue Algorithmen zur Behandlung von Turbulenzeinflüssen und die Berücksichtigung der Fluid-Struktur-Interaktion als iterativer Algorithmus. SURRO ist der kongeniale Partner von FIDYST in der sogenannten FIDYST-Suite zur virtuellen Vliesproduktion und damit zur Analyse von Vlieslegungsprozessen. Dazu simuliert SURRO hocheffizient die in der Abteilung entwickelten Ersatzmodelle für Vliesablage auf Basis stochastischer Differentialgleichungen. In SURRO können große Anlagen mit Tausenden von Filamenten abgebildet werden. Die Parametrierung von SURRO erfolgt durch einen Identifikationsalgorithmus auf Basis repräsentativer FIDYST-Simulationen. Auf diese Weise ermöglichen die beiden Simulatoren als Paar die Abbildung der Produktions- bzw. Prozessparameter auf die Qualitätsparameter des produzierten Vliesstoffes und damit die simulationsbasierte Auslegung und Steuerung der Prozesse.

1 *Spunbond-Prozess der Firma Oerlikon Neumag (früherer Entwicklungsstand)*



1 Ansaugstutzen (weiß) eines Kraftfahrzeugmotors, zweiphasig, Ansaugeffekt von Wasser (blau) durch strömende Luft (orange)

GITTERFREIE SIMULATION IN DER STRÖMUNGS- UND KONTINUUMSMECHANIK

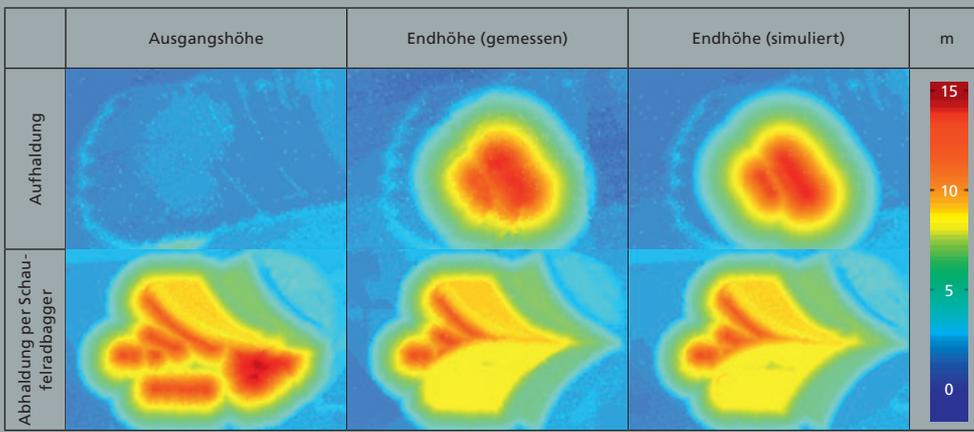
Gitterfreie numerische Methoden werden mit wachsender Intensität für die Simulation industrieller Prozesse und Vorgänge, besonders für strömungsmechanische oder kontinuumsmechanische Aufgabenstellungen, angewendet. Die Abteilung Transportvorgänge entwickelt mit der Finite Pointset Method (FPM) seit dem Jahr 2000 eine eigene originäre gitterfreie Simulationsmethode und -software. FPM basiert auf einer nichtvernetzten Wolke numerischer Punkte, die das Kontinuum abbilden und die sich mit der Materialgeschwindigkeit bewegen (Lagrange-Methode). Daher erlaubt FPM eine sehr einfache und natürliche Modellierung von Vorgängen mit freien Oberflächen, Phasengrenzen und bewegten Teilen der Geometrie.

Bereits seit 2001 wird der explizite FPM-Löser für kompressible Strömungen hoher Mach-Zahlen industriell für Airbag-Simulationen eingesetzt. Das Verfahren basierte zunächst auf der Diskretisierung klassischer Gasdynamik ohne viskose Terme (Euler-Gleichungen). Später wurde der Algorithmus auf die Navier-Stokes-Gleichungen erweitert und Turbulenzmodelle in die FPM eingearbeitet. FPM ist heute fester Bestandteil der Crashsimulations-Software VPS der Firma ESI-Group.

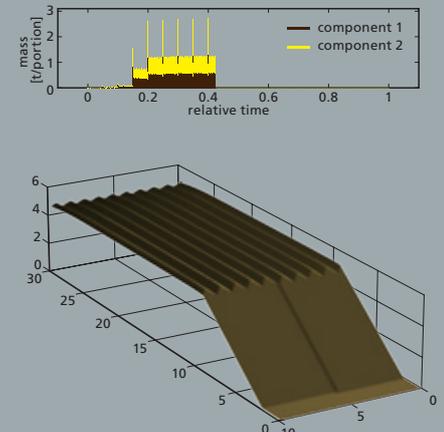
Seit 2002 ist der Fokus hauptsächlich auf die Entwicklung einer impliziten FPM-Variante gerichtet, mit der inkompressible oder schwach kompressible Vorgänge (kleine Machzahlen) numerisch abgebildet werden können. Die industriellen Applikationen sind vielfältig, Hauptanwendungsgebiet ist derzeit der Automobilbau, hier besonders Fragestellungen der Wasserdurchfahrt, des Füllens und Schwappens bzw. des Wasserablaufs.

Die Methode basiert auf einem verallgemeinerten Finite-Differenzen-Ansatz. FPM kann daher sehr leicht die vom Anwender angestrebten Approximationsordnungen realisieren. Das Kernstück des impliziten Ansatzes ist der für FPM spezialisierte numerische Algorithmus, der auf einer Kopplung der Geschwindigkeits- und Druckformulierung beruht. Die Herausforderung besteht dabei in der möglichst effizienten Lösung der resultierenden großen, schwach besetzten linearen Gleichungssysteme. Vor diesem Hintergrund wird gegenwärtig in einem Fraunhofer-internen Projekt an der Kopplung der FPM mit SAMG, dem algebraischen Multigrid-Löser des Fraunhofer SCAI, gearbeitet.

FPM bietet enormes Potenzial für wissenschaftliche Entwicklungen, was sich insbesondere in der hohen Dichte von Promotionen im gitterfreien Bereich widerspiegelt. Aktuelle Arbeiten beschäftigen sich mit den Themenstellungen konservativer Eigenschaften der FPM, Transportoperatoren für Nicht-Lagrange-Anwendungen (fixierte Punktwolke) und Tropfenpopulationen.



1



2

PHARAOH – SIMULATIONSKERN ZUM MONITORING VON SCHÜTTGUTHALDEN

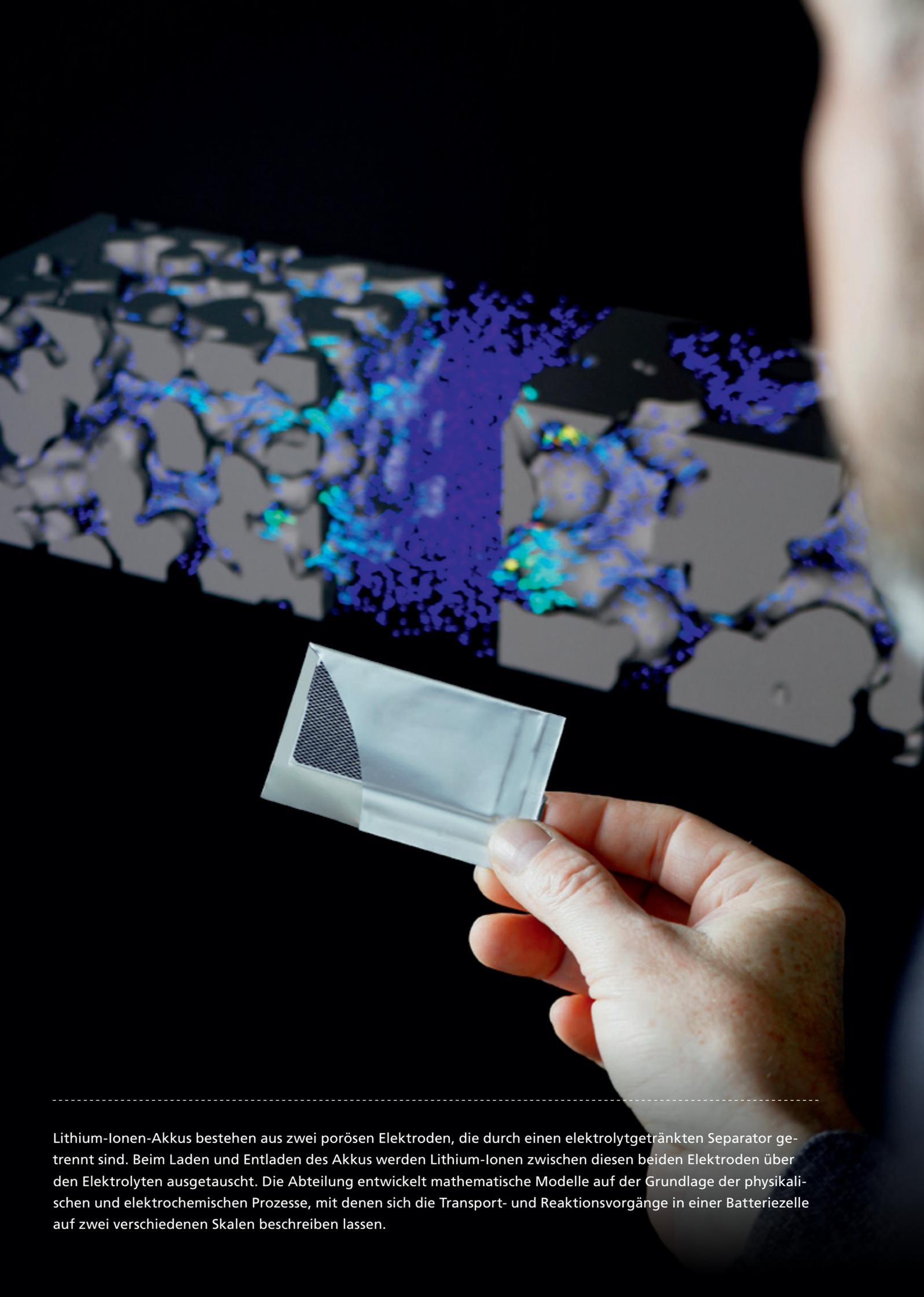
Schüttgut wie Kohle, Erz, Zement oder Getreide wird auf großen Lagerplätzen deponiert, um von dort z. B. verschifft oder großtechnisch weiterverarbeitet zu werden. Die Halden werden in der Regel über Förderbandstrecken mit einem beweglichen Absetzer beschickt. Dabei können Ort, Fördermenge und Zusammensetzung der abgesetzten Portionen erfasst werden. Beim Abhalden kommen je nach Material und Verwendungszweck so unterschiedliche Geräte wie Schaufelradbagger, Seiten- oder Frontkratzer zum Einsatz. Monitoring-Software soll dem Betreiber in diesem Umfeld helfen, Lagerplätze optimal auszunutzen, Material bestimmter Herkunft bzw. Qualität wiederzufinden oder – wie bei der Zementherstellung – ein Mischbett bereits so zu befüllen, dass bei später abgehaldetem Material weitgehend auf die Beimengung von Korrekturstoffen verzichtet werden kann. Dazu ist es nicht nur nötig, die Ausbildung der Haldenoberfläche korrekt zu simulieren, sondern auch für jeden Ort in der Halde die Zusammensetzung zu kennen.

Im Auftrag der Firma FLSmidth, einem der weltweit führenden Lieferanten von Anlagen und Dienstleistungen für die Mineral- und Zementindustrie, wurden mathematische Methoden entwickelt und im Simulationskern Pharaoh gebündelt, der es erlaubt, für simultan agierende Geräte den vollständigen Prozess vom Aufschütten bis zum Abtragen von Schüttguthalden auf einem handelsüblichen Arbeitsplatzrechner zu simulieren – und das vielfach schneller als in Echtzeit. Dadurch wird es möglich, neben dem reinen Monitoring ganze Optimierungszyklen durchzuspielen, z. B. zur Aufhaldeplanung oder Anpassung der Simulation an gemessene Haldenoberflächen. Eine Simulation auf Basis partieller Differentialgleichungen oder gar per Diskretelemente-Methode kommt angesichts der Rahmenbedingungen (Korngrößen unter 1 cm, Lagerflächen bis 2 km², 10 cm Auflösung) nicht infrage. Grundlage bildet daher die am ITWM vor Jahren entwickelte Kegelmethode. Sie gewährleistet, dass nach jeder Auf- und Abhaldeoperation Masse und Böschungswinkel erhalten bleiben.

Bisher setzt FLSmidth in diesem Umfeld die beiden unabhängigen Produkte BlendExpert® und BulkExpert® ein. Ersteres setzt feste Auf- und Abhaldezyklen voraus, wie sie höchstens in der Zementindustrie gewährleistet sind. Letzteres berücksichtigt gescannte Oberflächen, erlaubt aber nur einen sehr groben Einblick in die lokale Zusammensetzung und ist daher auf Kohle- und Erzhalde beschränkt. In Zukunft sollen die Fähigkeiten der beiden Produkte auf Basis des Simulationskerns Pharaoh zusammengeführt werden.

1 Gemessene und simulierte Höhen von Erzhalden

2 Simulativer Nachweis der Homogenisierung im Löffelbagger-Lager



Lithium-Ionen-Akkus bestehen aus zwei porösen Elektroden, die durch einen elektrolytgetränkten Separator getrennt sind. Beim Laden und Entladen des Akkus werden Lithium-Ionen zwischen diesen beiden Elektroden über den Elektrolyten ausgetauscht. Die Abteilung entwickelt mathematische Modelle auf der Grundlage der physikalischen und elektrochemischen Prozesse, mit denen sich die Transport- und Reaktionsvorgänge in einer Batteriezelle auf zwei verschiedenen Skalen beschreiben lassen.

STRÖMUNGS- UND MATERIALSIMULATION

▪ **COMPUTERGESTÜTZTES MATERIALDESIGN UND MIKROSTRUKTURSIMULATION**

Struktur-Eigenschaftsbewertung und Auslegung von porösen Materialien und Verbundwerkstoffen mit der Software **GeoDict**

Multiskalensimulation zur Vorhersage der Deformation, Steifigkeit und Festigkeit sowie des Kompressions- und Ausdehnungsverhaltens von Verbundwerkstoffen mit der Software **FeelMath**

▪ **SIMULATIONSGESTÜTZTE AUSLEGUNG KOMPLEXER STRÖMUNGSPROZESSE**

Numerische Strömungssimulation insbesondere in und mit porösen Medien mit Multiskalenmethoden mithilfe der Filterelementsimulations-Toolbox **FiltEST**

Strömungssimulation rheologisch komplexer Fluide zur Auslegung prozesstechnischer Apparate unter der Softwareplattform **CoRheoS**

▪ **MODELLGESTÜTZTE AUSLEGUNG ELEKTROCHEMISCHER ENERGIESPEICHER**

Physikalische Modellierung elektrochemischer Prozesse von Li-Ionen-Batterien und PEM-Brennstoffzellen

Anwenderfreundliche Simulationssoftware **BEST** zur 3D-Batteriesimulation auf der Elektroden- und Zellskala

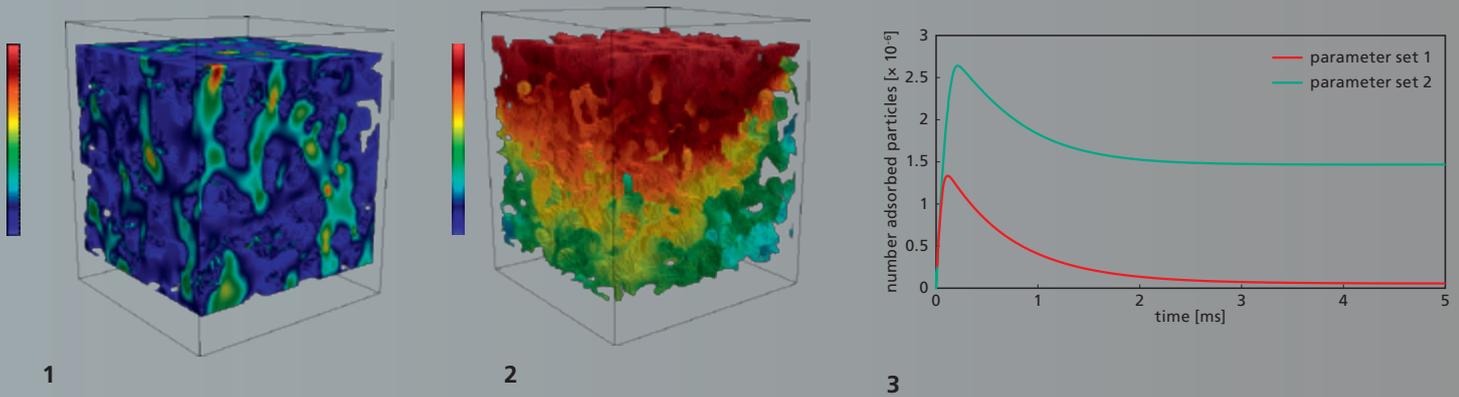




Die Abteilung entwickelt Multiskalenmethoden und Softwaretools für die Produktentwicklung und deren Prozessauslegung. Typisch ist die simulationstechnische Beherrschung der wechselseitigen Beeinflussung von Fertigungsverfahren und -restriktionen mit multifunktionalen lokalen Materialeigenschaften bei dynamischen Beanspruchungen kompletter Bauteile. In industriellen Anwendungsprojekten beschäftigen wir uns u. a. mit der strömungs- und strukturmechanischen Auslegung von Absorptionsmaterialien und Filtersystemen oder dem thermomechanischen Betriebsverhalten von Verbund- und Hybridbauteilen. Die Alleinstellung der Abteilung ist gekennzeichnet durch die Entwicklung, Bereitstellung und spezifische Anwendung von industriell tauglichen Multiskalen- und Multiphysics-Methoden und firmenspezifische Softwarelösungen.

Die Abteilung unterteilt sich auch schon namentlich in zwei größere Anwendungsbereiche: »Computergestütztes Materialdesign und Mikrostruktursimulation« ermöglicht die numerische Simulation und Optimierung funktionaler Eigenschaften von porösen Materialien und Verbundwerkstoffen, wie das Projektbeispiel der Multiskalensimulation mitteldichter Holzfaserplatten zeigt. Intensiv nachgefragt sind unsere hocheffizienten, mikromechanischen Methoden basierend auf dem universellen Mikromechaniklöser **FeelMath** zur Auslegung faserverstärkter Verbundwerkstoffe insbesondere im Automobilbau. Die »simulationsgestützte Auslegung komplexer Strömungsprozesse« befasst sich mit den dazugehörigen Herstellungsprozessen wie Mischen, Dispergieren, Einspritzen, Filtrieren, Beschichten und Kompaktieren. Die langjährige Erfahrung in der Modellierung und Simulation von Filtrationsprozessen ist in **FiltEST** (Filter Element Simulation Toolbox) gebündelt. Die Modellierung und Simulation des reaktiven Spritzgießens von Polyurethanschäumen ist eine aktuelle Erweiterung der Simulationsplattform **CoRheoS** (Complex Rheology Solver) für die Strömungsberechnung viskoelastischer Polymerschmelzen, Fasersuspensionen und granularen Strömungen. Die »modellgestützte Auslegung elektrochemischer Energiespeicher«, also insbesondere Projekte zu Li-Ionen-Batterien und PEM-Brennstoffzellen, umfasst verschiedene Simulationsaspekte aus beiden Bereichen, wie beispielsweise die Wärmeausbreitung in einem Batteriepack, die Prozesssimulation bei der Batterieproduktion oder auch Verfahren zur Charakterisierung und Optimierung von Elektrodenstrukturen.

2015 konnte die Abteilung die extrem positiven wirtschaftlichen wie auch wissenschaftlichen Ergebnisse fortschreiben. Insbesondere mit Stammkunden wie z. B. Procter & Gamble wurden Kooperationsaktivitäten ausgebaut bzw. neue initiiert. Die Zusammenarbeit mit unserer Ausgründung **Math2Market** läuft neben dem äußerst erfolgreichen Lizenzverkauf von **GeoDict** hervorragend; u. a. ermöglicht die synergetische Arbeitsteilung den schnellen Marktzugang neuer Simulationstechnologien aus unserem Hause, wie das Beispiel **FeelMath** zeigt.



PORECHEM – SIMULATION DES REAKTIVEN STOFF-TRANSPORTS IN PORÖSEN MEDIEN

Reaktiver Transport von gelösten Stoffen ist hochgradig relevant in vielen Prozessen sowohl in der Umwelt als auch in der Industrie. Funktionalisierte Filtermembranen sowie die Absorption von gelösten reaktiven Stoffen in Gestein oder nanoporösen Reaktoren sind Beispiele hierfür. Für das Studium dieser Prozesse und deren Optimierung im industriellen Bereich sind Kenntnisse über den zeitlichen Verlauf des reaktiven Stofftransports auf Porenebene unerlässlich. Zu diesem Zweck ist am Fraunhofer ITWM **PoreChem** entstanden, ein neues hochentwickeltes Softwarepaket, das dreidimensionale Strömungen, den Stofftransport und die Reaktionen chemisch reaktiver gelöster Stoffe in aufgelösten porösen Medien simulieren kann.

Mit PoreChem kann zunächst die Strömung eines Fluides durch ein poröses Medium (siehe Abbildung 1) simuliert werden. Auf dem daraus resultierenden Geschwindigkeitsfeld wird dann der Transport gelöster Stoffe durch Diffusion und Advektion im Porenraum (siehe Abbildung 2) berechnet. Dabei können Reaktionen zwischen den Spezies mit verschiedenen Reaktionskinetiken mitberücksichtigt werden. Diese Reaktionen können sowohl im Fluidvolumen als auch auf der Oberfläche des porösen Mediums stattfinden.

Aus den Simulationen können mit PoreChem für die Anwendung wichtige Größen abgeleitet werden, wie etwa die Effizienz funktionalisierter Filtermembranen oder die Durchbruchkurven von Schadstoffen in Bodenproben. Für zeitabhängige Probleme kann beispielsweise auch die Konzentration im Fluid oder auf der Oberfläche in Abhängigkeit der Zeit analysiert werden (siehe Abbildung 3).

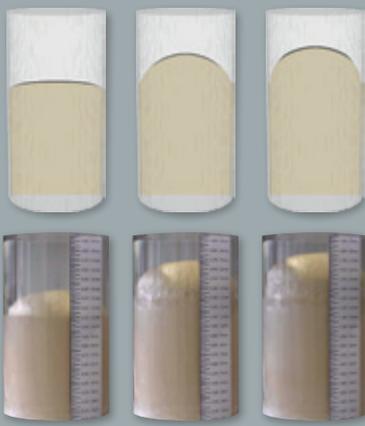
Des Weiteren können mit dem voxelbasierten Löser von PoreChem numerische Simulationen direkt auf Volumenbildern aus mikrobildgebenden Verfahren – wie etwa μ CT – oder auf virtuellen, mit der Software **GeoDict** generierten Strukturen durchgeführt werden. Somit kann die Abhängigkeit des Transportes und der Reaktivität in einer Porengeometrie schnell untersucht und gegebenenfalls mit geeigneten Strukturmodellen optimiert werden.

PoreChem kann für verschiedene physikalische Fragestellungen die zu erwartenden experimentellen Ergebnisse für reaktiven Transport in porösen Medien numerisch simulieren, was den Bedarf an teuren und zeitaufwändigen Experimenten drastisch reduziert, da diese besser im Voraus geplant oder ganz durch Simulationen ersetzt werden können.

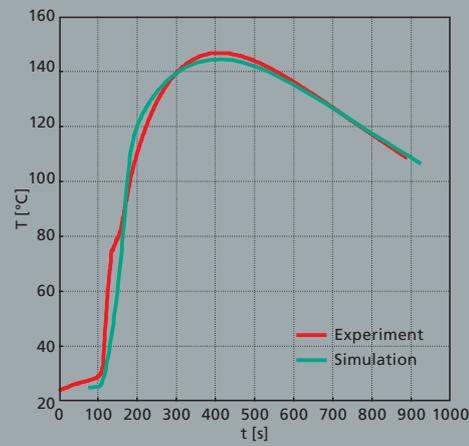
1 Geschwindigkeitsverteilung im Porenraum einer Mikrofiltrationsmembran

2 Verteilung eines Schadstoffes im Porenraum einer Mikrofiltrationsmembran

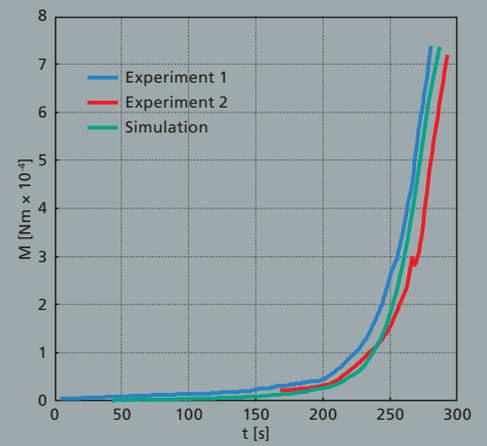
3 Änderung der adsorbierten Partikelzahl über die Zeit für zwei verschiedene Simulationen



1



2



3

SIMULATION DES REAKTIVEN SPRITZGIEßENS VON EXPANDIERENDEN POLYURETHANSCHÄUMEN

1 *Entwicklung der Fließfront des Schaummaterials im Zylinder nach 100 s, 150 s und 200 s: Ergebnisse aus Simulation (oben) und praktischen Versuchen (unten)*

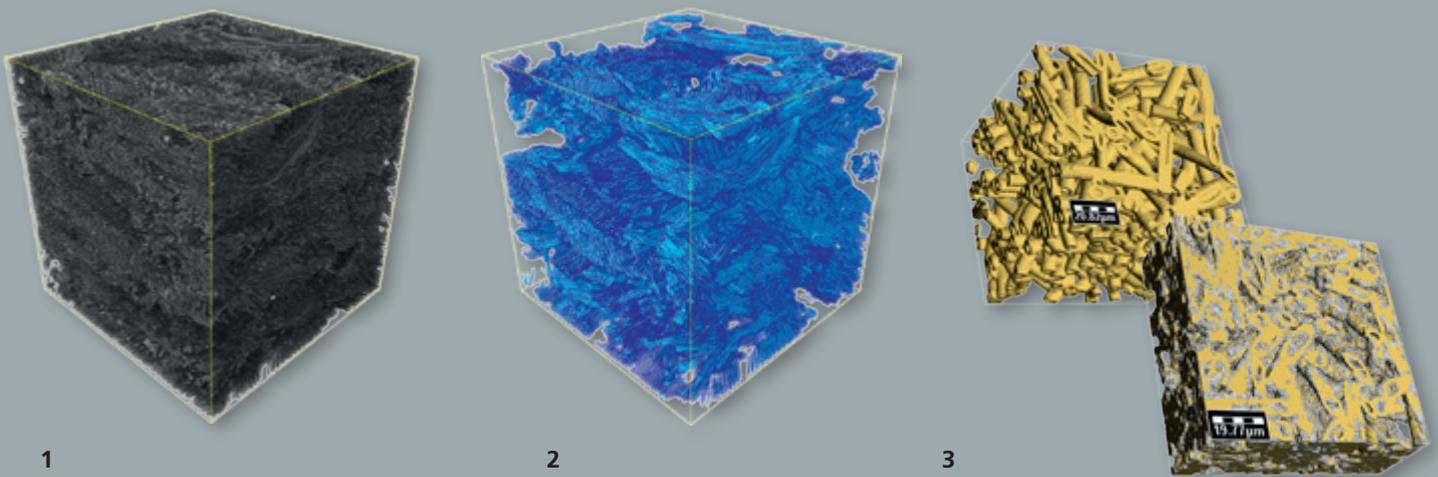
2 *Zeitentwicklung der Temperatur im Zylinder*

3 *Vergleich der Drehmomentmessung (M) des Versuches mit dem Ergebnis unserer Simulation*

Die vielfältig auftretenden Strömungsphänomene komplexer Fluide in industriellen Prozessen begründen die Durchführung verschiedener theoretischer und experimenteller Studien mit dem Ziel, das komplexe Kräftespiel in solchen Fluiden zu verstehen und vorherzusagen. Inspiriert durch das große Anwendungspotenzial von Polyurethanschäumen (PU) in der Luft- und Raumfahrtindustrie, Automobil-, Bau- und Verpackungsindustrie sowie der kühltchnischen Industrie und in Haushaltsgeräten befasst sich die Abteilung kontinuierlich mit Forschungsaktivitäten, die einige physikalische Feinheiten des reaktiven Spritzgießens (RIM Prozess) expandierender Polyurethanschäume verstehen wollen. Dieses Verständnis wird die gezielte Anwendung dieser Schäume in der Praxis erleichtern und die Kosteneffizienz im Entwurfsverfahren sowie im Materialfertigungsstadium erhöhen.

Im RIM-Prozess von PU-Schäumen wird ein strukturviskos reagierendes Polymergemisch von geeigneten Isocyanaten und Polyolgruppen in eine Form eingepresst, wo das Material sich nach wenigen Sekunden von einer Emulsion mit niedrigem Molekulargewicht durch Polymerisation unter Entwicklung von Hitze und Kohlendioxid zu einem komplexen Polymerschaum entwickelt. Im Allgemeinen hängen die finale Struktur und die Merkmale expandierender PU-Schäume stark von sich entwickelnden Materialeigenschaften der Reaktionspartner ab, die zur Herstellung dieser Schäume verwendet wurden. Beispielsweise weist die Mischungviskosität chemo-rheologisches Materialverhalten auf, d. h. es ändert sich diese in Verteilung und Zeit je nach Aushärtungsgrad und Temperatur des Schaumsystems. Im mathematischen Sinne bewirkt dieses Verhalten eine Kopplung zwischen Viskosität, Polymerisierungsgrad und Temperatur. Mit dieser Form der Kopplung ist es sehr schwierig, zugehörige Modellparameter analytisch zu bewerten. Obwohl die chemischen Eigenschaften der reaktiven PU-Schäume gut dokumentiert sind, ist eine adäquate mathematische Beschreibung der komplexen Dynamiken im RIM-Verfahren immer noch Ziel der heutigen Forschung.

Zusammen mit unseren Kooperationspartnern vom FB Maschinenbau der TU Chemnitz, die alle relevanten experimentellen Versuche im MERGE-Projekt über Leichtbaustrukturen durchführten, haben wir ein geeignetes Modell entwickelt, um die komplexen Dynamiken expandierender PU-Schäume vorherzusagen. Außerdem können wir mit unserer eigenen numerischen Simulationsplattform **CoRheoS** das Strömungsverhalten und andere physikalisch relevante Strömungsvariablen vorhersagen, die zur Beschreibung des Ausdehnungsprozesses nötig sind. Die Ergebnisse unserer Simulationen liefern eine genaue Beschreibung des Massen- und Wärmetransports beim Aufschäumen im Experiment. Der Vergleich mit den experimentell ermittelten Daten zeigt eine sehr gute qualitative sowie quantitative Übereinstimmung.



SIMULATIONSGESTÜTZTE ENTWICKLUNG MITTEL- DICHTER FASERPLATTEN FÜR DEN LEICHTBAU

Die Eigenschaften von Holzpartikelwerkstoffen (z. B. Spanplatten, Oriented Strandboards – OSB, mitteldichte Faserplatten – MDF) werden wesentlich durch Größe und Orientierung der Partikel geprägt. Spanplatten und OSB bestehen im Wesentlichen aus gezielt zerkleinerten Holzspänen. Im Gegensatz dazu werden bei Holzfaserverplatten Holzhackschnitzel zunächst bis auf die Größe einzelner Holzzellen aufgeschlossen (Refining) und diese Fasern dann beleimt und heiß verpresst. Dadurch entstehen homogenere Platten mit einer damit verbundenen verbesserten Zug- und Biegefestigkeit, z. B. für Laminatfußböden.

Ziel vieler Entwicklungen ist es, Platten mit geringerer Dichte, aber gleichwertigen Festigkeitseigenschaften zu erzeugen. Nur durch eine genaue Werkstoffcharakterisierung lassen sich aber solche optimierten Platten gleichzeitig sicher und ressourcenschonend auslegen. In einem vom BMWi sowie mit EFRE-Mitteln geförderten Projekt wurden gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Holzforschung WKI in Braunschweig die Grundlagen zur Herstellung und zur Festigkeitsberechnung von leichten MDF-Platten aus Schichten mit orientierten Fasern entwickelt.

Als Grundlage der Festigkeitsberechnung dienen Mikro-Computertomographie-Aufnahmen (μ CT-Aufnahmen) der Faserplatten mit einer Auflösung von $4 \mu\text{m}$, aus welchen die lokalen Faserorientierungen sowie Dichteprofile ermittelt wurden. Zusätzlich wurden mit anderen Methoden die Faserlängen- und Faserdurchmesser-Verteilungen bestimmt. Aufbauend auf diesen Mikrostrukturcharakteristika erzeugt man ein geeignetes Mikrostrukturmodell im Computer. Um die notwendige mittlere Holzfaserdichte zu erreichen, wird die Kompression des Faservlieses danach simuliert. Mithilfe der am ITWM entwickelten Software **FeelMath** können für mechanische Belastungen die Verformungen der einzelnen Holzfasern in einem kleinen Ausschnitt der Faserplatte berechnet werden. Die Behandlung derart komplexer Mikrostrukturen sucht weltweit ihresgleichen. Versieht man das entstandene Mikrostrukturmodell mit den mechanischen Parametern der Holzfasern und des Klebers, die neben dem elastischen auch das Bruchverhalten widerspiegeln, kann man die gemessene Festigkeit für Zug und Biegung der MDF-Platten mit hoher Genauigkeit vorhersagen.

Holzfasern separieren sich beim Refining nur unvollständig voneinander. Die verbleibenden Faserbündel sind ein Maß für die Refininggüte und schmälern die mechanischen Eigenschaften – intensiveres Mahlen hingegen ist mit einem höheren Energie- und Kostenaufwand verbunden und kann zudem die Fasern schädigen. Im Projekt gelang es, Faserbündel durch μ CT-Aufnahmen zu charakterisieren und deren Einfluss anschließend mechanisch abzubilden. So können Verbesserungen des Produktionsprozesses wesentlich besser beschrieben werden als durch Augenschein.

1 Computertomographie-Aufnahme einer MDF-Mikrostruktur

2 Segmentierte Fasern und Faserbündel für die μ CT-Aufnahme aus Bild 1

3 Virtuelle Mikrostrukturen, links: Mikrostruktur vor der Verpressung, rechts: Mikrostruktur nach der Verpressung

Wir bedauern zutiefst, dass unsere WKI-Kollegin Dr. Brigitte Dix, die das Projekt exzellent leitete, völlig unerwartet gestorben ist. Wir werden die gemeinsame Zeit in guter Erinnerung behalten.



Bei Naturmaterialien wie Leder ist aufgrund der hohen Varianz eine automatische Qualitätskontrolle sehr schwierig. In der Abteilung Bildverarbeitung wurde ein System entwickelt, das durch Teil-Automatisierung der Qualitätsinspektion die Expertise und Flexibilität der manuellen Inspektion erhält und dennoch eine große Aufwands- und Kostenersparnis darstellt.

BILDVERARBEITUNG

- **QUALITÄTSSICHERUNG UND -OPTIMIERUNG**

Online-Prüfung des optischen Erscheinungsbildes von Industrieprodukten

- **OBERFLÄCHEN- UND MATERIALCHARAKTERISIERUNG**

Charakterisierung und stochastische Modellierung von Mikrostrukturen anhand von 3D-Bilddaten

- **BILDVERSTEHEN UND SZENENANALYSE**

Semantische Analyse von Bilddaten



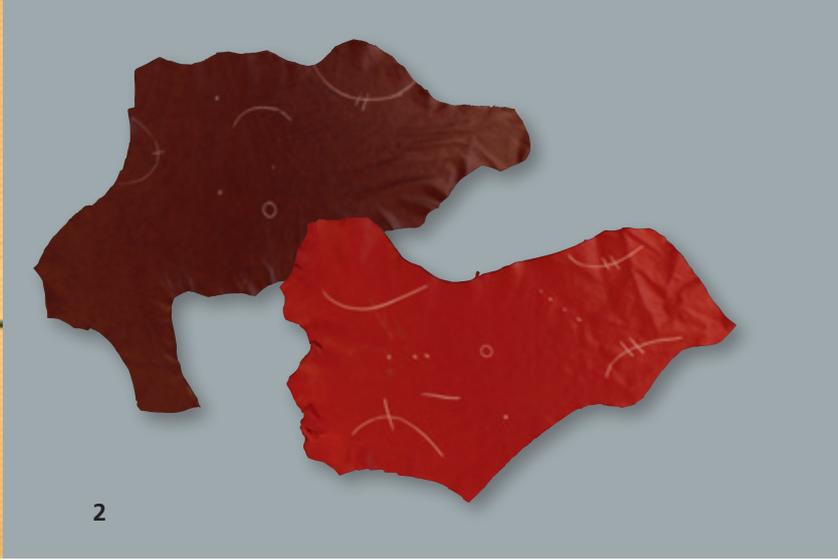


Die Abteilung Bildverarbeitung entwickelt in enger Zusammenarbeit mit Partnern aus Industrie und Forschung maßgeschneiderte Lösungen auf dem Gebiet der Bild- und Signalverarbeitung, insbesondere mit den Schwerpunkten »Qualitätssicherung und -optimierung« und »Oberflächen- und Materialcharakterisierung«. Im Jahr 2015 entstand außerdem der neue Schwerpunkt »Bildverstehen und Szenenanalyse«, den wir als Keimzelle verstehen und in den nächsten Jahren weiter ausbauen möchten. Die Bildverarbeitungsbranche ist seit Jahren ein Wachstumsmarkt; so ist z. B. der Umsatz der Branche in Europa 2015 um ca. 10 % gewachsen. Dies hat auch dazu geführt, dass die Abteilung im letzten Jahr nicht nur viele Projekte für ihre Kunden umsetzen konnte, sondern auch die Anzahl der Kooperationen mit Unternehmen aus der Bildverarbeitungsbranche stark gestiegen ist. Auch die beiden Bildverarbeitungs-Softwarepakete – **MAVI** und **ToolIP** – wurden wieder erfolgreich an Industrie und Forschung verkauft.

Das Hauptaugenmerk im Bereich »Qualitätssicherung und -optimierung« lag und liegt in der Entwicklung effizienter und innovativer bildbasierter Komplettlösungen für die automatisierte Qualitätssicherung in der Produktion. Der mathematische Kern dieser Komplettlösungen – die Verfahren und Algorithmen zur Bildverarbeitung – und ihre Umsetzung in effiziente, komplexe Software sind hierbei Herausstellungsmerkmale gegenüber anderen Anbietern von Bildverarbeitungssystemen.

Die Mikro- und Nanostruktur moderner Werkstoffe bestimmt deren makroskopische Materialeigenschaften. Deren Analyse gewinnt kontinuierlich an Bedeutung, da sich weiterhin die technischen Möglichkeiten zur dreidimensionalen hochauflösenden Abbildung verschiedenartiger Materialien sehr schnell entwickeln. Die Arbeiten am ITWM konzentrieren sich auf die Bestimmung geometrischer Charakteristika der Mikrostrukturen von Werkstoffen unter Verwendung von Methoden der stochastischen und Integralgeometrie. Darauf aufbauend werden räumliche Modelle dieser Werkstoffe erstellt, die die geometrischen Strukturverhältnisse gut widerspiegeln und so Berechnungen und Simulationen vereinfachen bzw. erst ermöglichen.

Hervorgegangen aus den algorithmischen Entwicklungen und industriellen Bedürfnissen der letzten Jahre ist die Keimzelle »Bildverstehen und Szenenanalyse«. Unter diesem Gebiet versteht man die semantische Analyse von Bilddaten, oft aufgenommen im Außenbereich. Ein einfaches Beispiel dafür ist die Verkehrszeichenerkennung. Neben den Industrieprojekten gab es in der Abteilung zwei Promotionen zu diesem Thema; weitere Forschungsanträge sind geplant.



KONTUR- UND MARKIERUNGSERKENNUNG VON LEDERHÄUTEN

Die Abteilung Bildverarbeitung hat in der Vergangenheit schon verschiedentlich mit der lederverarbeitenden Industrie zusammengearbeitet und Erfahrungen in diesem Bereich gesammelt. Als Naturmaterial hat Leder sehr viele interessante und herausfordernde Eigenschaften.

Normalerweise geht es in Industrienanwendungen darum, gefertigte Materialien zu analysieren und auf Form, Struktur und Fehler zu prüfen. Im Gegensatz dazu sind Naturmaterialien wesentlich anspruchsvoller aufgrund der hohen Varianz sowohl bei den Gut-Teilen als auch bei den Schlecht-Teilen. Daher gibt es in diesem Bereich eine Reihe interessanter Fragestellungen, die in anderen Industrien als bereits gelöst gelten, sowie manuelle Lösungen, die in anderen Industrien schon vollständig automatisiert sind.

In diesem Zusammenhang entwickelt die Abteilung derzeit in Kooperation mit der Firma IsoDev eine Software, für die es in der lederverarbeitenden Industrie eine breite Interessentengruppe gibt. Es geht darum, in der Qualitätskontrolle ein schnelles unkompliziertes Tool zur Unterstützung der manuellen Inspektion, die noch immer Standard ist, zu schaffen. Das angebotene System erkennt vollautomatisch die Lederkontur sowie nach festen Vorgaben gemachte manuelle Markierungen. Die Bildaufnahme erfolgt mittels optischer Sensoren sowohl von kompletten Lederhäuten (bis zu 3 × 3 m) als auch auf kleineren Teilstücken.

Um ein möglichst kostengünstiges und breit einsetzbares System zu haben, wird eine Standardkamera verwendet, in einem Arbeitsabstand von zwei Metern. Durch eine speziell entwickelte Kalibrierung ist dennoch eine hohe Vermessungsgenauigkeit möglich. Obwohl weder an die Geometrie der Häute noch an die Farbe Anforderungen gestellt werden können, werden die Konturen ohne Fehldetektion erkannt. Dank moderner morphologischer Verfahren werden im Anschluss auch die Markierungen erkannt und entsprechend der industriellen Standards klassifiziert. Die Ergebnisse der Detektion werden dann entsprechend der Kalibrierung in eine Vektorgrafik umgewandelt, die für die nachfolgende maschinelle Verarbeitung direkt nutzbar ist. Auf diese Art wurde ein System geschaffen, das durch diese Teil-Automatisierung der Qualitätsinspektion die Expertise und Flexibilität der manuellen Inspektion erhält und dennoch eine große Aufwands- und Kostenersparnis darstellt.

1 *Vollständige Kuhhaut mit manuell erstellten Markierungen der verschiedenen Qualitätsbereiche*

2 *Teilstücke von eingefärbten und markierten Lederhäuten*



1



2

DAS HOLZANALYSE- UND BERECHNUNGS LABOR

1 *Innenansicht des neuen CT; zu sehen ist links der Detektor, in der Mitte die Rotationseinheit und rechts die Röntgenröhre.*

2 *Außenansicht des neuen CT*

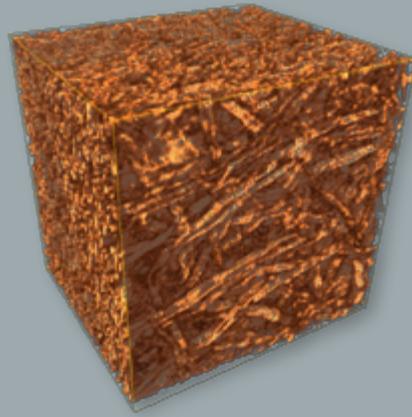
Holz ist als Werkstoff sehr vielseitig einsetzbar. Allerdings ist Holz als natürlicher Werkstoff auch ein sehr kompliziertes Material; dies gilt sowohl für Massivholz als auch für Faserplatten und Holzverbundwerkstoffe. In Deutschland gibt es einige Forschungseinrichtungen, die sich mit Holzforschung befassen, aber nur in Kaiserslautern leitet die Abteilung Bildverarbeitung ein Labor, das innovative Bildverarbeitung mit konstruktivem Holzbau verbindet. Grundlegende Idee dabei ist, nicht nur verschiedenste Analysetechniken zu kombinieren, sondern auch klassische Prüfverfahren zumindest teilweise durch Modellierung und Simulation der Holzwerkstoffe zu ersetzen oder zu ergänzen. Dabei soll das Labor nicht in Konkurrenz zu den in Kaiserslautern vorhandenen Laboren (TU Kaiserslautern, Institut für Verbundwerkstoffe) stehen, sondern diese durch neue Methoden und Simulation ergänzen.

Die konstruktive Auslegung von Holzwerkstoffen hängt vom Anwendungszweck ab, da die Anforderungen an Festigkeit/Belastbarkeit, Resistenz gegen Feuchtigkeit und Temperaturschwankungen, Wärmeisolation, Schallabsorption usw. je nach Einsatzgebiet stark variieren. Das gilt sowohl für das Holzmaterial selbst als auch für die Verbindung von Holzteilen untereinander und mit anderen Werkstoffen. Ähnlich verhält es sich mit Verbundwerkstoffen, die auf anderen Naturfasern basieren (z. B. Flachs, Hanf). Im Folgenden soll ein Überblick über die am ITWM vorhandenen Analysemethoden gegeben werden. Eine davon ist die Mikrostrukturanalyse auf der Basis von Bilddaten, die mittels Computertomografie gewonnen werden. Das ITWM hat leistungsfähige Methoden zur Faseranalyse entwickelt, mit denen Faserrichtungs-, Faserdurchmesser- und in Zukunft auch Faserlängenverteilungen ermittelt werden können. Weiterhin sind Aussagen über die Topologie des Materials möglich. Zusätzlich können Defekte und Einschlüsse detektiert werden. Ähnliches gilt für Füge- und Klebeverbindungen, die wichtig sind, da dort der Krafteintrag besonders kritisch ist. Alle diese Eigenschaften haben erheblichen Einfluss auf die physikalischen Eigenschaften des Werkstoffs.

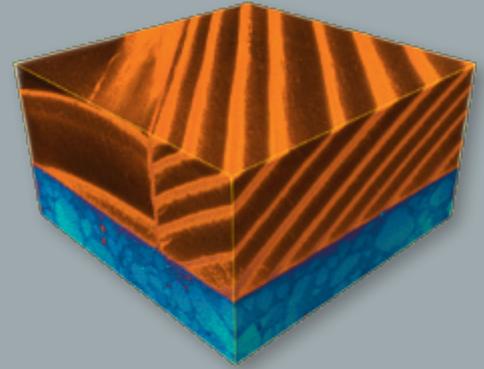
Die am ITWM verwendeten stochastischen Mikrostrukturmodelle bilden die Eigenschaften realer Materialien nach (auf Basis der Mikrostrukturanalyse). Zusätzlich ist es möglich, Materialparameter zu verändern. Damit können die physikalischen Eigenschaften von Materialien per Computer vorausgesagt werden. Dies ist für die Auslegung moderner Holzverbundwerkstoffe ein wichtiges Werkzeug. Mit Bildverarbeitung ist es möglich, große Flächen hochauflösend zu erfassen. Zwar können innenliegende Defekte nicht erfasst werden, jedoch sind strukturelle Veränderungen in der Regel auch an der Oberfläche sichtbar. Die Möglichkeiten der Berechnung von Struktureigenschaften bleiben hinter denen der Mikrostrukturanalyse zurück, können aber ohne Probenentnahmen von großen Flächen schnell ermittelt werden. Damit liegen 2D-mikroskopisch-makro-



3



4



5

skopische Eigenschaften vor, die teilweise komplementär zu denen der Mikrostrukturanalyse sind und sinnvoll zur Gesamtbewertung des Bauteils genutzt werden können. Zusätzlich können solche Systeme bei der Qualitätskontrolle in der Produktion eingesetzt werden. Mittels mathematischer Verfahren ist es möglich, wichtige Eigenschaften von Materialien vorauszusagen. Typische Eigenschaften sind Festigkeit, Feuchteintrag/-resistenz, Eigenschaften der Klebe- und Fügeverbindungen, Wärmeleitung, Akustik usw. Bisher wurden die Berechnungen am ITWM auf Basis der Bilddaten der Mikrostrukturanalyse bzw. der Mikrostrukturmodelle ausgeführt. Gerade für große Holzbauteile führt die Kombination mit komplementären Ergebnissen aus der Oberflächenerfassung zu einer neuen Qualität der Simulation.

Dank der Förderung aus EFRE-Mitteln (EU und Land Rheinland-Pfalz) konnten Geräte angeschafft und modernisiert werden, mit denen wir die beschriebenen Verfahren effektiv anwenden können. Die wichtigsten Geräte im Überblick:

- Der vorhandene Computertomograph wurde modernisiert. U. a. wurde ein Detektor mit einer Auflösung von $3k \times 3k$ nachgerüstet, der Bildkontrast verbessert (Dual Energy), die Rekonstruktion beschleunigt und um die sog. Laminografie – eine spezielle Form der Computertomografie, die besonders für größere flache Bauteile geeignet ist – erweitert.
- Für die Oberflächenprüfung wurde ein hochauflösender Industriescanner mit mehreren integrierten Beleuchtungen angeschafft. In der Oberflächenprüfung werden Defekte auf dem Material durch eine spezielle Anordnung von Licht und Kamera sichtbar gemacht. Dieser Scanner erlaubt ein einfaches Testen verschiedener Anordnungen.
- Mit einer Nahinfrarot-Spektalkamera können komplette Spektren aufgenommen werden. Diese Spektren enthalten chemische Informationen, was für die Holz- und Naturfaserverbundwerkstoffe von Bedeutung ist, da hierdurch einerseits Fäulnis und Holzzusammensetzung analysiert werden können, aber auch der Anteil und gegebenenfalls die Zusammensetzung der Kunststoffe bei Verbundwerkstoffen gemessen werden kann.
- Zur Charakterisierung der strukturmechanischen Eigenschaften ist ein Messgerät zur frequenz- und temperaturabhängigen Ermittlung der elastischen Modul- und Dämpfungs-werte vorhanden (DMA/DMTA). Diese Materialparameter werden ebenfalls für die Simulation benötigt.

3 Das DMTA-Prüfgerät

4 Mikrostruktur einer Lebensmittelverpackung aus Holz, Pixelkantenlängen $1,5 \mu\text{m}$, Ausschnittgrößen ca. $5 \times 6 \times 6 \text{ mm}$ (Probe: TU Dresden, AG Verarbeitungsmaschinen/Verarbeitungstechnik)

5 Holz-Polymerbeton-Verbund, Pixelkantenlängen $21 \mu\text{m}$, Ausschnittgrößen $19 \times 19 \times 10 \text{ mm}$ (Probe: Hochschule Trier, Forschungsgebiet Holz)





Im Fokus der Forschung steht die Mehrskalenmodellierung und -simulation von gewebten oder gestrickten technischen Textilien unter besonderer Berücksichtigung des Kontakts zwischen den einzelnen Fäden oder Fasern. Neben der Berechnung der effektiven mechanischen Materialeigenschaften für eine Vielzahl bereits existierender Textilien bieten die Verfahren auch das Potenzial zur gezielten Auslegung neuer Textilien mit vorgegebenem mechanischem Eigenschaftsprofil.

SYSTEMANALYSE, PROGNOSE UND REGELUNG

▪ SYSTEMANALYSE UND REGELUNG

Entwicklung modellbasierter Monitoringsysteme und Regelungsstrategien sowie deren Hardware-Integration

▪ DATA MINING UND ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG

Entwicklung datenbasierter Prognosetools und visueller Analysetechniken

▪ MULTISKALEN-STRUKTURMECHANIK

Numerische Verfahren zur Berechnung effektiver mechanischer Eigenschaften multiskaliger Materialien





Im Fokus der Abteilung »Systemanalyse, Prognose und Regelung« stehen Produkte und Prozesse, die sich aufgrund ihrer Komplexität oftmals einer rein physikalischen Modellierung entziehen und in Teilen auf Basis von Messdaten und Expertenwissen beschrieben werden müssen.

Hierbei greift die Abteilung auf ihre Kernkompetenzen aus der System- und Kontrolltheorie, des Data Mining und der multivariaten Statistik sowie der multiskaligen Analysemethoden zurück.

Anwendungsschwerpunkte sind Energiesysteme mit Themen zur Überwachung und Stabilisierung bei Energieerzeugung und Übertragung, aber auch der Energieeffizienzsteigerung in der Produktion. Auch die Analyse und Verhaltensverifikation elektronischer Steuereinheiten im Hardware-in-the-loop-Kontext sowie von hochintegrierten elektronischen Bauteilen bereits in der Designphase, oftmals in Verbindung mit mechanischen Komponenten, stellt einen signifikanten Anwendungsbereich dar. Im Bereich der Medizin spielen Analyse und Bewertung von Omics-Daten im Zusammenhang mit klinischen Verlaufsdaten eine wichtige Rolle bei der Ableitung von Diagnosen, der Prognose von Krankheitsverläufen oder der Bewertung der Therapieeffizienz. Die Analyse und Optimierung verketteter Produktions- und Geschäftsprozesse im Hinblick auf Qualität, Fehlerquellen oder Energieeffizienz gehört ebenfalls zum Spektrum der Abteilung. Im Bereich Material- und Produktdesign werden Modelle zur Vorhersage, Klassifikation und Simulation von Produkt- und Materialverhalten entwickelt, auf deren Basis sich entsprechende Entwurfsentscheidungen ableiten lassen. Einen besonderen Schwerpunkt stellen technische Textilien dar, deren effektive Materialeigenschaften auf Basis mathematischer Homogenisierungsverfahren berechnet und optimiert werden.

In allen genannten Anwendungsschwerpunkten werden von der Abteilung sowohl Beratungsdienstleistungen als auch kundenspezifische Softwareentwicklung sowie eigene Produkte angeboten. Die positive wirtschaftliche Entwicklung der Abteilung aus dem Jahr 2014 konnte auch 2015 fortgesetzt werden, weitere Industriekooperationen sind entstanden. Die wissenschaftliche Kompetenz konnte insbesondere in den Bereichen intelligente Energiesysteme (Smart Grid) sowie technische Textilien auch durch zwei abgeschlossene Promotionen weiter ausgebaut werden.

Die ausgewählten Projektbeispiele bilden einen Querschnitt durch die Anwendungsfelder der Abteilung und berichten über die Evaluation von Software für die Primäranalyse von NGS-Daten, die Simulation des mechanischen Verhaltens von Textilien sowie die Hardware-in-the-loop-Verifikation elektronischer Steuerungseinheiten.

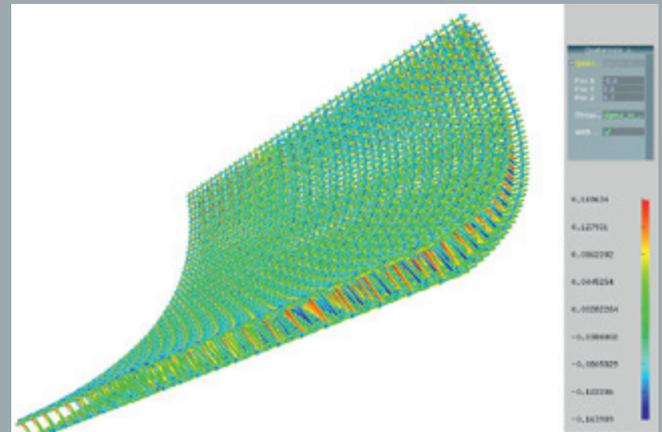
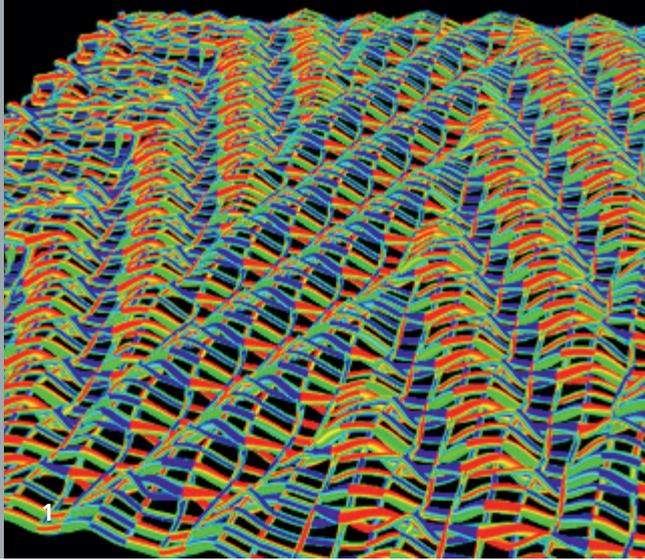


EVALUATION VON SOFTWARE FÜR DIE PRIMÄR-ANALYSE VON NGS-DATEN

Die erste Entschlüsselung eines menschlichen Genoms um die Jahrtausendwende erforderte die Anstrengung weltweit arbeitender Labore und erstreckte sich über einen Zeitraum von mehr als einem Jahrzehnt (Human Genome Project, 1990–2003). Sequenziermaschinen der zweiten Generation (Next Generation Sequencing, NGS) passen dagegen auf einen Schreibtisch und bewältigen die Aufgabe innerhalb weniger Tage. Ein Großteil der verwendeten Hochdurchsatzverfahren beruht darauf, originale Stücke der DNS (Desoxyribonukleinsäure), die die genetische Erbinformation in Form von Basensequenzen trägt, Base für Base nachzubauen (Sequencing by Synthesis). Dazu werden kurze DNS-Abschnitte zunächst in einem chemischen Prozess auf mikrometer-großen Beads fixiert und vervielfältigt. Die so bestückten Beads werden auf die Oberfläche einer Flusszelle verbracht, wo sie in mehreren Zyklen mit modifizierten, fluoreszierenden DNS-Basen überspült werden, die sich spezifisch anlagern. Durch die Verwendung unterschiedlicher Fluoreszenzmoleküle für die vier möglichen Nukleotidbasen entstehen so spezifische Fluoreszenzmuster, die unter Verwendung spezieller Farbfilter fotosensorisch erfasst werden. Die aufgenommenen Bilder müssen anschließend softwaremäßig ausgewertet werden, um für jedes Bead die jeweils angelagerte Base zusammen mit einem Qualitätsmaß zu bestimmen.

Die Firma QIAGEN ist ein weltweit agierender Anbieter von molekular-biologischen Testverfahren mit operativem Hauptsitz in Hilden bei Düsseldorf. QIAGENS neuentwickelter Sequenzierer (GeneReader NGS System) arbeitet nach dem Prinzip des Sequencing by Synthesis. Die Abteilung SYS des Fraunhofer ITWM sichtet und evaluiert in einem gemeinsamen Projekt mit QIAGEN einen Teil der von QIAGEN erstellten Software zur Primär-Analyse der Fluoreszenz-Bilddaten bis hin zur Ermittlung der Basensequenzen und Qualitätsmaße. Dabei werden von Seiten des ITWM auch konkrete Verbesserungsvorschläge gemacht, die in zukünftige Produktversionen Eingang finden könnten. Durch die Software müssen unterschiedlichste Aufgaben gelöst werden: Verschiebungen der Fluoreszenz-Bilder untereinander (die Flusszelle muss in jedem Zyklus mechanisch bewegt werden); ungleichmäßige Ausleuchtung der Bilder bedingt durch die Optik des Fotosensors; unterschiedliche optische Eigenschaften der vier verwendeten Fluoreszenzmoleküle und der Farbfilter; Übersprechen der Farbkanäle und benachbarter Beads; Degenerierung der Fluoreszenz-Signale durch Zunahme der Autofluoreszenz und durch fehlerhafte Inkorporationen der modifizierten Basen (Lead/Lag-Effekte). Sämtliche Effekte beinhalten auch immer eine stochastische Komponente. Hier bringt die Abteilung SYS ihre Kompetenzen in den Bereichen komplexer stochastischer Modellierung und Algorithmik in das Projekt mit ein.

1 QIAGENS GeneReader
NGS System



1 Lokale Schubspannungen
in einem Gewebe in einem
Zugexperiment

2 Lokale axiale Spannungen
in einem Abstandgewebe
bei der Biegung

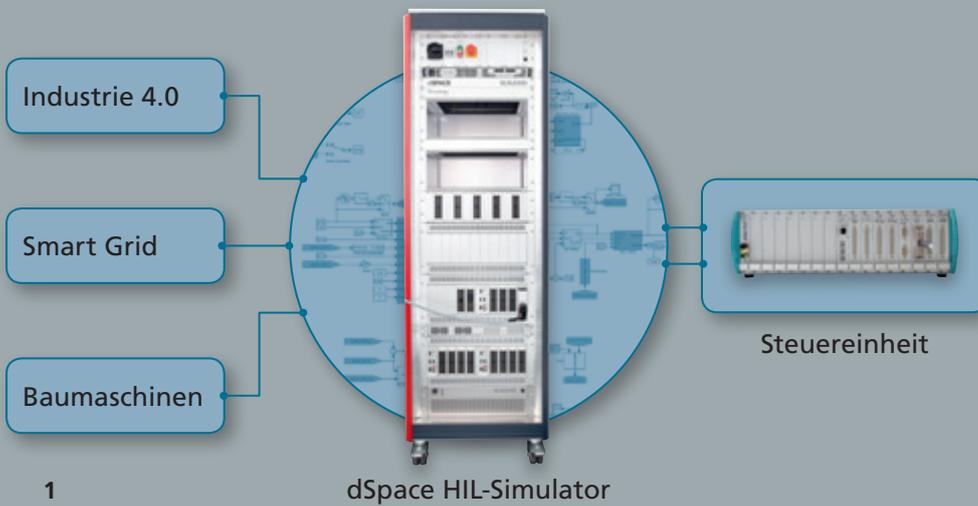
SIMULATION MECHANISCHER TEXTILEIGENSCHAFTEN

Seit etwa acht Jahren beschäftigt sich ein Teil der Abteilung Systemanalyse, Prognose und Regelung mit der Modellierung und der Berechnung mechanischer Eigenschaften von Textilien. Hierbei stehen Simulationsmethoden im Fokus, die eine effiziente Vorhersage des Verhaltens von gewebten und gestrickten Textilien zulassen. Wichtige Parameter, die dabei einfließen, sind die mechanischen Eigenschaften der einzelnen Webgarne sowie eine geeignete Beschreibung der verwendeten Maschengemetrie. Während sich die Dehnungseigenschaften der einzelnen Garne experimentell recht einfach ermitteln lassen, bereitet die Ermittlung von Reibungskoeffizienten zwischen verschiedenen Garntypen einen wesentlich größeren Aufwand. Die erforderlichen Garnparameter werden in der Regel an entsprechend experimentell ausgestatteten Textilinstituten bestimmt und dann dem ITWM zur Verfügung gestellt.

Der Anwendungsschwerpunkt liegt hierbei vor allem bei technischen und medizinischen Textilien, die gewisse Performanceanforderungen unbedingt einhalten müssen. Da gibt es etwa Verbände, die beim Tragen auf die Hautpartien des Patienten einen bestimmten Druck ausüben sollen. Oder es gilt herauszufinden, wie ein Material beschaffen sein muss, damit es möglichst viel Schutz bietet, sei es beispielsweise als kugelsichere Weste oder aber auch als Arbeitskleidung, etwa bei einer Schnittschutzhose.

Die Arbeiten der Abteilung münden in der Regel nicht in konkreten textilen Produkten, sondern eher in der Weiterentwicklung geeigneter Simulationswerkzeuge, mit denen die Auftraggeber verschiedene Simulationen – mit sich ändernden Material- oder Geometrieparametern – ablaufen lassen können. Hierdurch lässt sich neben der Simulationsbewertung eines konkreten Textildesigns, dann auch eine Optimierung der Performanceeigenschaften über verschiedene Designvarianten durchführen.

Zu den Auftraggebern der Gruppe gehören Hersteller von Kompressionsverbänden und Autotextilien sowie Firmen, die Sicherungssysteme aller Arten herstellen, aber auch Firmen, die Arbeits- und Schutzkleidung anbieten. Potenzielle Kunden sind auch Firmen, die Textilien im weiteren Sinne für die Baubranche herstellen; gemeint sind Stoffe, die in Drainagen verbaut werden und einem gewissen Druck standhalten müssen. Neben den aktuell fokussierten mechanischen Textileigenschaften sollen zukünftig weitere Eigenschaften wie beispielsweise der Flüssigkeitstransport betrachtet werden.



HARDWARE-IN-THE-LOOP-VALIDIERUNG ELEKTRO- NISCHER STEUEREINHEITEN

Mit der wachsenden technischen Bedeutung verteilter Systeme geht auch eine starke Veränderung der Struktur von Regelsystemen einher. Es wird nicht mehr eine einzelne Steuereinheit für die Regelung eines Prozesses eingesetzt, vielmehr bildet eine Vielzahl von Reglern zusammen mit Sensoren und Aktoren sowie der Regelstrecke selbst ein digital vernetztes dynamisches System. Zur Validierung der Regelkonzepte wird immer häufiger auf das Konzept Hardware-in-the-Loop (HiL) zurückgegriffen. Hierbei werden die zu testenden elektronischen Steuereinheiten nicht direkt in das reale System, sondern in einen Teststand mit einer mathematischen Systemsimulation eingebunden. Mittels einer entsprechenden elektronischen Schnittstelle wird das Steuergerät mit der HiL-Plattform verbunden, so dass aus seiner Sicht kein Unterschied zwischen dem Teststand und der späteren Regelstrecke besteht. Während im Automobilbau HiL-Tests etabliert sind, existieren für Spezialmaschinen wie Traktoren, Kräne und Bagger keine vorgefertigten Simulationskomponenten.

In diesen Anwendungen führt eine hohe Vernetzung zwischen mechanischen Funktionsgruppen, gekoppelt mit Hydraulik und Elektronik sowie vielen Aktoren und Sensoren, schnell zu komplexen dynamischen Modellen. Viele Baugruppen weisen zudem technische Restriktionen (z. B. durch Schläuche) auf, die abhängig vom Gesamtsystemzustand sind.

Die Abteilung entwickelt seit vielen Jahren geeignete mathematische Systemrepräsentationen für Baumaschinen und andere Nutzfahrzeuge. Diese Systeme sind echtzeitfähig und robust gegenüber Rauschen z. B. in analogen Steuersignalen. Zusätzlich wird stets eine Überwachungsumgebung implementiert, mit der fehlerhafte Stellsignale detektiert werden können, um so die Funktionstüchtigkeit des zu testenden Steuergeräts zu kontrollieren.

Seit 2015 steht in der Abteilung außerdem ein HiL-Simulator mit einer umfangreichen I/O-Schnittstelle zur Verfügung, um die implementierten Systemsimulationen an die zu testenden elektronischen Steuereinheiten anzuschließen. So können die Systemmodelle schlüsselfertig erstellt und getestet bzw. für Kunden ohne eigenen HiL-Simulator die Reglervalidierung direkt am ITWM durchgeführt werden. Neben den Spezialmaschinen sollen hierbei auch Fragestellungen im Umfeld Industrie 4.0 sowie intelligenter Energienetze adressiert werden.

Zusätzlich zur Entwicklung echtzeitfähiger Simulationsmodelle liegt ein weiteres Augenmerk auf dem Entwurf von Regelalgorithmen und logischen Abhängigkeiten auf den Steuereinheiten. Aus den Erfahrungen aus der Systemmodellierung und Zustandsüberwachung für die HiL-Tests heraus entwickelt die Abteilung für das modellierte System valide Regler. Bei Bedarf werden diese auf hauseigenen programmierbaren Steuereinheiten umgesetzt und am HiL-Simulator getestet.

1 *Hardware-in-the-Loop-Simulation am Fraunhofer ITWM*



Erst der Facettenschliff macht aus einem unregelmäßig geformten Rohedelstein ein funkelnendes Juwel; allerdings nur dann, wenn die Geometrie jeder Facette stimmt und beim Schliff möglichst wenig des kostbaren Steins abgetragen wird. Der in der Abteilung Optimierung entwickelte Industrieprozess kann die Steine optimal schleifen und bis zu 30 Prozent mehr Edelstein aus dem Rohling herausarbeiten.

OPTIMIERUNG

▪ MEDIZINISCHE THERAPIEPLANUNG

Entwicklung neuer Methoden für die klinische Therapieplanung auf Basis mehrkriterieller Optimierung

▪ OPTIMIERUNG IM VIRTUAL ENGINEERING

Modellierung physikalischer Zusammenhänge und technischer Prozesse und ihre Abbildung in Computerprogrammen in den Ingenieursdisziplinen

▪ OPTIMIERUNG VON UNTERNEHMENSSTRUKTUREN UND -PROZESSEN

Modellierung logistischer und organisatorischer Planungssysteme sowie Entwicklung individueller Softwarekomponenten

▪ MODELLIERUNG, SIMULATION UND OPTIMIERUNG IN DER VERFAHRENSTECHNIK

Individuelle Entwicklung von Software-Komponenten vom konzeptionellen Verfahrensentwurf über Prozess- und Apparatedesign bis zu Steuerungs- und Regelungsfragen





Zentrale Aufgabe der Abteilung Optimierung ist die Entwicklung individueller Lösungen für Planungs- und Entscheidungsprobleme in Logistik, Ingenieur- und Lebenswissenschaften in enger Kooperation mit Partnern aus Forschung und Industrie. Methodisch ist die Arbeit durch ein Zusammenspiel 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 Integration von Simulations- und Optimierungsalgorithmen unter spezieller Berücksichtigung mehrkriterieller Ansätze sowie die Entwicklung und Implementierung interaktiver Entscheidungsunterstützungswerkzeuge. Insgesamt wird Optimierung weniger als mathematische Aufgabenstellung verstanden, sondern vielmehr als kontinuierlicher Prozess, welchen die Abteilung durch die Entwicklung adäquater Werkzeuge unterstützt. Die Forschungsschwerpunkte sind:

Optimierung von Unternehmensstrukturen und -prozessen

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

Optimierung in der medizinischen Therapieplanung

Die Abwägung zwischen der Aussicht auf Heilung von schwerer Krankheit und der Vermeidung von Nebenwirkungen bei der Therapieplanung stellt Mediziner im Alltag vor schwere Planungsaufgaben. Der Forschungsschwerpunkt Interaktive Therapieplanung entwickelt für die klinische Therapieplanung neue Methoden auf Basis mehrkriterieller Optimierung. Die Gruppe entwickelt innovative Planungskomponenten für die ionisierende Strahlentherapie, die Ultraschalltherapie, die Radiofrequenzablation und die systemische Therapie in der Senologie, welche medizinischen Physikern bzw. den behandelnden Ärzten in einer besonders einfachen Weise die Abwägung zwischen Chancen und Risiken der Behandlung gestattet.

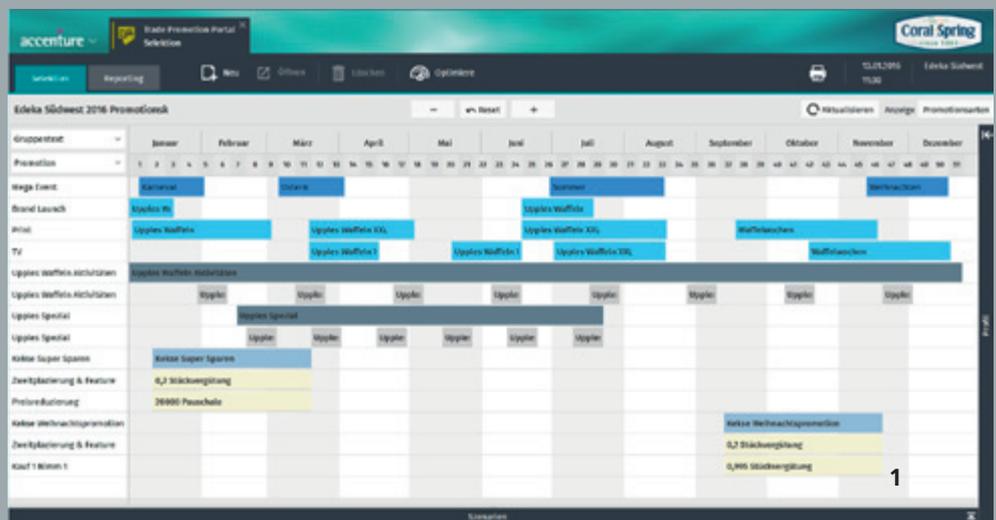
Optimierung im Virtual Engineering sowie Modellierung, Optimierung und Simulation in der Verfahrenstechnik

Der Einsatz mathematischer Optimierungsmethoden in den Ingenieursdisziplinen setzt auf einer Modellierung von physikalischen Zusammenhängen und technischen Prozessen und ihrer Abbildung in Computerprogrammen auf. Optimierung unterstützt Ingenieure dabei, Produkte und Prozesse so auszulegen, dass sie Zielvorstellungen bezüglich Qualität und Kosten bestmöglich erfüllen. In den Projekten entstehen jeweils Softwarekomponenten zur simulationsgestützten Optimierung, welche die hochdimensionalen Aufgabenstellungen unter Nutzung speziell entwickelter Integrationstechniken von Simulations- und Optimierungsalgorithmen lösen. Mehrkriteriell optimierte Produkt- bzw. Prozesslayouts werden den Entscheidern in interaktiven Entscheidungsunterstützungswerkzeugen zur Begutachtung und Auswahl vorgestellt.

Das Jahr 2015 war für die Abteilung von herausragendem wirtschaftlichen Erfolg geprägt; besonders hervorzuheben sind

- Start einer mehrjährigen Kooperation mit der Goldbeck Solar GmbH zur mehrkriteriellen Optimierung hybrider Energiesysteme für gewerbliche und Industriebauten
- Abschluss des BMBF-Softwareclusters mit einem Demonstrator »HI-P« für horizontal integrierte Produktionsplanungsdienste mit den Partnern proALPHA, mineway, SIEDA und Insiders.
- Im BMBF-Projekt »H2OPT« wird im Feldversuch beim Trinkwasserversorger EWR der Stadt Worms durch eine verbesserte Fahrweise der Förderpumpen im Wasserwerk eine Energieersparnis von knapp zehn Prozent realisiert.
- Lizenzierung von Patenten und Start einer Forschungs- und Entwicklungskooperation mit dem Weltmarktführer Varian Medical Systems, Palo Alto (CA), auf dem Gebiet der Radiotherapieplanung. Das Projekt ist von der gesellschaftlichen Bedeutung eines der relevantesten im ITWM: mehr als 65 % der Krebspatienten weltweit werden in den Genuss der innovativen ITWM-Planungsmethoden kommen.

Im wissenschaftlichen Bereich zählt neben dem Start eines Fraunhofer-Leitprojektes »ESource« zur Elektrochemie, der Genehmigung eines DFG-Projektes auf dem Gebiet der Tribologie, der Genehmigung der BMBF-Skizze »GamOR« zur kooperativen, spielorientierten Personalplanung, der »1.Tag der Verfahrenstechnik Kaiserslautern«, bei welchem sich über 70 Wissenschaftler des Standortes über Nutzung mathematischer Methoden in der Mechanischen und in der Fluid-Verfahrenstechnik austauschten, zu den wesentlichen Erfolgen. Innerhalb des neu gegründeten Leistungszentrums »Simulations- und Software-basierte Innovation« wird die Kooperation von Lehrstühlen der Verfahrenstechnik mit dem Fraunhofer ITWM eine wesentliche Rolle spielen.



OPTIMIERUNG VON HANDELPROMOTIONEN

1 Demoansicht eines Promotionskalenders

»Zwei zum Preis von einem«, »30 % mehr Inhalt«, »Valentinstag Special Edition« – es ist ein bekanntes Bild in Supermärkten: Preissenkungen (Rabatte), Sonderverpackungen, Aufsteller, Zugaben und andere Aktionen, die ein Produkt bewerben. Zusammengefasst bezeichnet man sie als konsumentengerichtete Handelspromotionen.

Der Hersteller muss entscheiden, wann welche Produkte mit welchen dieser verkaufsfördernden Maßnahmen bedacht werden, um sein Budget möglichst gewinnbringend einzusetzen. Die Produktverantwortlichen müssen nicht nur ein einzelnes Produkt mit passenden Taktiken bestücken; vielmehr muss ein Portfolio an Maßnahmen für unterschiedliche Produkte konstruiert werden. Wichtige Zielgrößen sind die Kosten, der Gesamtumsatz und die Marge. Jede Maßnahme erzeugt nicht nur ein Plus an Abverkäufen, sondern kann auch den Absatz eigener anderer Marken negativ beeinflussen. Dieser Effekt wird als Kannibalisierung bezeichnet. Beispielsweise bedeutet ein Mehrverkauf der preisreduzierten Nusschokolade weniger Verkäufe der regulär verkauften Vollmilchschokolade.

Ein Produkt wird typischerweise nicht nur einmal im Jahr, sondern in unregelmäßigen Abständen das ganze Jahr über beworben. Die Key Account Manager auf Herstellerseite pflegen daher für ihre Produkte einen Promotionskalender, in dem auch saisonale Trends berücksichtigt werden; schließlich werden Kaltgetränke besser im Sommer und Lebkuchen besser im Winter verkauft. Bei der Erstellung müssen stets das Gesamtbudget, eine gleichmäßige Promotionsabdeckung und Vorratskauffeffekte im Auge behalten werden.

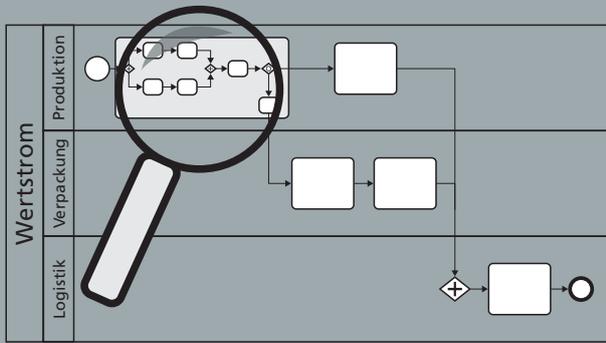
Da es für einen Menschen sehr schwer ist, sowohl die individuellen Reaktionen auf verkaufsfördernde Maßnahmen abzuschätzen als auch gleichzeitig deren Wechselwirkungen zu kalkulieren, werden Entscheidungen häufig nur nach persönlichen Erfahrungswerten getroffen, ohne die Auswirkungen in ihrer Gänze zu überblicken. Deshalb wird ein großer Teil des Budgets oft nicht nachhaltig investiert. Konsumgüterhersteller geben statt dessen immer mehr Geld für konsumentengerichtete Handelspromotionen aus, ohne tatsächlich eine Steigerung der Marktanteile zu erreichen. Sie suchen daher neue Wege, um die Promotionsplanung effektiver zu gestalten.

Ziel der Zusammenarbeit des Softwareunternehmens Accenture CAS und des ITWM ist deshalb ein Entscheidungsunterstützungstool für die Erstellung eines Promotionskalenders. Dabei sollen optimierte Vorschläge generiert werden, die nach mehreren Zielgrößen bewertet werden. Die dafür nötigen Prognosealgorithmen auf Einzelproduktbasis wurden bereits in vergangenen Projekten gemeinsam entwickelt. Methodisch hat sich eine Mischung aus daten- und

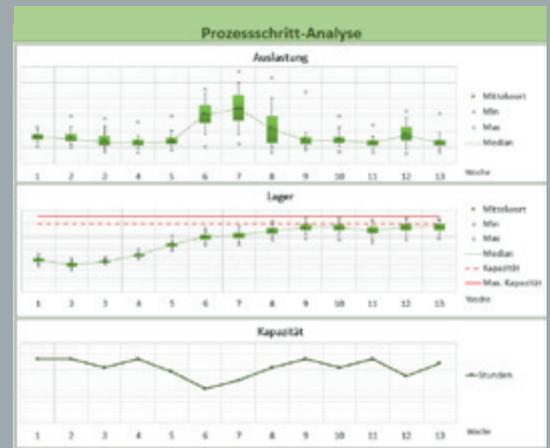
modellgetriebenen Algorithmen bewährt. Es gibt also einerseits erklärende Modellannahmen («Einer Promotionsmaßnahme folgt ein Mehrverkauf») und andererseits historische Kassenbon- und Marktforschungsdaten, die diese Modellannahmen kalibrieren.

Die Absatzprognose von Handelspromotionen ist eines von vielen Projektbeispielen, in dem sich der Smart Data-Ansatz, also die Kopplung von Rahmenmodellen mit Kalibrierungsdaten, gegenüber einem rein datengetriebenen Big Data-Modell bewährt hat. Dies ist insbesondere darin begründet, dass verfügbare Absatzdaten aus verschiedenen Quellen nicht immer die nötige Qualität aufweisen, als dass sowohl das Basismodell als auch die Ausnahme (Reaktion auf Promotionsmaßnahmen) solide gelernt werden könnten. Durch das unterliegende Modell behält man außerdem die Kontrolle darüber, dass Prognosen stets plausibel sind, beziehungsweise andernfalls Datenqualitätsprobleme offengelegt werden können.

Die einzelnen Prognosen sollen nun unter der Berücksichtigung von Seiteneffekten – wie etwa der Kannibalisierung – verknüpft werden, um optimierte Bündel von Produkten und Maßnahmen zu berechnen. Diese Promotionen werden dann wiederum passend in den Promotionskalender eingebettet. In der Praxis wird ein solcher Kalender nicht jedes Jahr von Null aufgebaut. Stattdessen gibt es bewährte Promotionen, die aus den Vorjahren übernommen werden. Das Optimierungstool muss solche Vorgaben berücksichtigen, aber gegebenenfalls auch Vorschläge für leichte Modifizierungen (etwa zeitliche Verschiebungen, Taktikwechsel, Änderung des Produktportfolios) machen, um weiteres Optimierungspotenzial aufzuzeigen.



1



2

KAPAZITÄTSPLANUNG KOMPLEXER WERTSTRÖME

1 Wertstrom mit komplexer Ablauflogik einzelner Prozessschritte

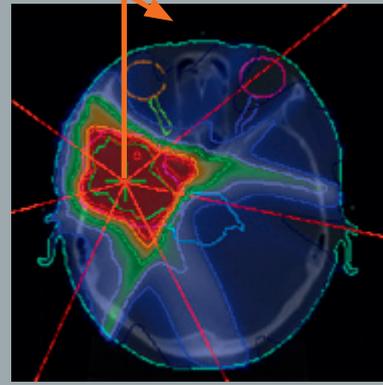
2 Exemplarische Auslastungsprognose mittels Wertstromsimulation

Menschen und Maschinen sind in Unternehmen im Einsatz, um Produkte zu erzeugen und Aufträge zu bearbeiten. Von der Fertigung bis zum Versand werden dabei verschiedene Prozessschritte in einem Wertstrom durchlaufen. Diese Schritte müssen wie Zahnräder ineinandergreifen. Wenn nur ein Zahnrad hakt, können Aufträge nicht rechtzeitig bearbeitet werden und es kommt an anderen Stellen zu Überlast oder Rückstaus. Der unvorhergesehene Eintritt von Engpässen kann zu großen wirtschaftlichen Schäden führen.

Entscheidend für reibungslose Abläufe im Wertstrom sind ausreichende Kapazitäten. Es genügt nicht, diese getrennt für einzelne Prozessschritte zu planen: So ist vielleicht die Produktion mit effizienten Maschinen bestückt und erreicht Spitzendurchsätze; dies bringt aber wenig, wenn am Ende in der Logistik zu wenig Personal für die Kommissionierung zur Verfügung steht. Alle Prozessschritte und ihre Wechselwirkungen müssen betrachtet werden, um aufeinander abgestimmte Kapazitäten zu erreichen. Ein weiteres Problem stellt eine zu kurzfristige Kapazitätsplanung dar. Diese kann Engpässe oft nur teilweise oder mit hohen Kosten beheben, wie zum Beispiel durch Anmietung teurer Lagerflächen. Wichtig ist deshalb eine Vorausschau, damit Gegenmaßnahmen frühzeitig umgesetzt werden können. Eine vorausschauende Kapazitätsplanung bringt aber natürlich Unsicherheiten mit sich, wie ein ungewisses zukünftiges Auftragsportfolio.

Die Abteilung Optimierung hat ein Tool zur proaktiven Kapazitätsplanung entwickelt, das diesen Herausforderungen durch eine praxisnahe Modellierung gerecht wird. Die Kunst dabei ist ein angemessener Detailgrad in der Abbildung einzelner Prozessschritte. Eine Feinsimulation aller Arbeitsvorgänge ist nicht sinnvoll, da zu viele Annahmen über interne Entscheidungsprozesse die Ergebnisse beeinflussen. Eine überschlägige Abschätzung der Auslastung anhand von Mittelwerten liefert dagegen ein zu ungenaues Bild. Jeder Prozessschritt wird stattdessen mit kapazitätsrelevanten Faktoren parametrisiert. Prozessbedingte interne Schwankungen werden durch stochastische Verteilungsfunktionen berücksichtigt. Der richtige Mix aus datengetriebener und fachlicher Modellierung ist dabei entscheidend, um zum Beispiel hochkomplexe Produktionsabläufe oder schwer fassbare menschliche Ressourcen sinnvoll abzubilden.

Eine Monte-Carlo-Simulation liefert darauf aufbauend eine ausreichend genaue, möglichst realistische Prognose von Auslastung, Durchlaufzeiten und Durchsatz des Wertstroms. Diese Zielgrößen kann der Anwender explorativ in Parameterstudien kalibrieren oder What-if-Szenarien durchspielen. Die Kapazitäten und ihre Effekte entlang des Wertstroms werden dadurch transparent und proaktiv planbar.



1

SOFTWAREPLATTFORM FÜR DIE ADAPTIVE STRAHLENTHERAPIE

Das vom BMBF geförderte Projekt SPARTA hat zum Ziel, neue und nachhaltige Entwicklungen für medizinische IT-Systeme in der Strahlentherapieplanung zu entwickeln. Dabei wird für den gesamten Therapieverlauf, der sich in der Regel über mehrere Wochen erstreckt, ein System für die Klinik erschaffen, das Abweichungen vom ursprünglichen Therapieplan zeitnah registriert, medizinischen Handlungsbedarf selbstständig identifiziert und den behandelnden Ärzten sinnvolle Korrekturmaßnahmen zur Auswahl anbietet. Das Ziel ist eine maximal mögliche Therapie und damit verbundene Heilungschancen für den Patienten über den gesamten Behandlungsverlauf zu gewährleisten.

Die Strahlentherapie ist dank der technisch immer besser werdenden Methoden in den medizinischen Bildgebungsverfahren wie Computertomografie oder Magnetresonanztomografie in den letzten Jahren zu einer Hochpräzisionstechnik entwickelt worden, mit der man millimetergenau die Dosis im Körper des Patienten vorhersagen und planen kann. Dies hat jedoch zur Folge, dass eine präzise eingestellte Dosis selbst bei kleinen Veränderungen im Körper (z. B. bei Gewichtsverlust über den Therapieverlauf) angepasst werden muss, weil nun vielleicht ein ehemals hoher Dosisbereich für den Tumor benachbarte gesunde Organe trifft. Das Projektkonsortium besteht neben dem ITWM aus mehreren Kliniken, die auf dem Gebiet der Strahlentherapie führend sind, Forschungseinrichtungen wie das Deutsche Krebsforschungszentrum DKFZ und das Fraunhofer MEVIS, und einigen mittelständischen Unternehmen sowie dem weltweit größten Bildgebungsgerätehersteller SIEMENS. Die Mitglieder decken somit alle fachlich wichtigen Bereiche für das geplante System ab: von der medizinischen Kompetenz über moderne Bildverarbeitung und Medizin-Informatik sowie über die mathematische Kompetenz und Erfahrung in der Entwicklung von Algorithmen für die interaktive Strahlentherapieplanung. Die Arbeitsgruppe Medizinische Therapieplanung greift auf Erfahrungen in der Entscheidungsunterstützung in der Strahlentherapieplanung von über zehn Jahren zurück.

Die besondere Herausforderung für das ITWM in SPARTA ist die Entwicklung neuer softwarebasierter Planwerkzeuge für die behandelnden Ärzte, um in der hochdynamischen Situation einer Strahlentherapie über mehrere Wochen zu jeder Zeit mit gewohnt hoher Präzision auf eine Planabweichung reagieren zu können. Unter anderem werden innovative Lösungen geschaffen wie eine auf mehreren Kriterien basierende interaktive Lagekorrektur innerhalb weniger Zentimeter des Patienten oder Feinadjustierungen der Maschinenparameter der Behandlungsgeräte, um einen größtmöglichen Handlungsspielraum für die Planadaption zu ermöglichen, welche aber keine sonst anfallende zeitaufwändige Qualitätssicherung erfordern und den Behandlungsverlauf nicht beeinträchtigen.

1 *Interaktive Lagekorrektur des Patienten: Um auf die veränderte Patienten-geometrie zu reagieren, kann der Planer mittels der Regler Wünsche an die Qualitätsmaße des Behandlungsplans stellen und das System berechnet automatisch die dafür beste Umlagerung des Patienten.*



Simulierter Verlauf eines Rentenversicherungsvertrages und seiner Investitions-Komponenten Deckungskapital (rot), Wertsicherungsfonds (blau) und Aktienfonds (grün). Mit einer großen Zahl solcher Versicherungsverläufe lassen sich Rentenversicherungsverträge in Chance-Risiko-Klassen einteilen.

FINANZMATHEMATIK

▪ CHANCE-RISIKO-BEWERTUNG

Modellierung und Simulation von Finanzprodukten sowie Einstufung in Chance-Risiko-Klassen

▪ RISIKOMANGAGEMENT

Entwicklung von Softwarekomponenten für das Risikomanagement von Banken, Versicherungen und Energieunternehmen

▪ AUFFÄLLIGKEITSDETEKTION UND SCHADENSHOCHRECHNUNG

Datenbasierte Detektion von Auffälligkeiten (z. B. zur Betrugsdetektion) und Berechnung des Garantieschadens bei Abrechnungsbetrug

▪ MARKTMODELLIERUNG

Modellierung der Preisdynamik an Finanz- und Rohstoffmärkten

▪ VERSICHERUNGSMATHEMATIK

Simulation und Optimierung von Asset-Liability-Managementstrategien





Die Abteilung Finanzmathematik liefert moderne Lösungen zu Problemstellungen, die sich bei der Entwicklung, Analyse und numerischen Umsetzung mathematischer Modelle für den Finanz- und Versicherungsbereich ergeben. Wir stützen uns auf neueste Ergebnisse der finanzmathematischen und statistischen Forschung, um Konzepte, Algorithmen, Modelle und Softwarelösungen für die Finanz- und Versicherungsindustrie ganzheitlich zu entwickeln.

Die in den letzten Jahren begonnene strategische Orientierung in den Bereich Altersvorsorge hat sich ausgezahlt und die Abteilung konnte die Ausschreibung des Bundesministeriums der Finanzen für die Chance-Risikoklassifizierung von geförderten Altersvorsorgeprodukten gewinnen. Hierzu ist die selbständige »Produktinformationsstelle Altersvorsorge gGmbH« (PIA) gegründet worden. Die PIA wird die Altersvorsorgeprodukte in Chancen-Risiko-Klassen einordnen. Die Einordnung soll auf Basis von Wahrscheinlichkeitsrechnungen produkt- und tarifspezifisch vorgenommen werden. Dafür entwickelte die Abteilung Finanzmathematik ein Simulationskonzept und wird die mathematischen Simulationen für die PIA durchführen. Um sich verstärkt auf den wissenschaftlichen Beitrag für die Abteilung konzentrieren zu können, legte Prof. Dr. Ralf Korn die Abteilungsleitung 2015 nieder. Die Abteilung wird seit Dezember 2015 von Dr. Andreas Wagner geführt, womit sich auch eine weitere strategische Stoßrichtung ergibt. So sollen zukünftig energie-wirtschaftliche Fragestellungen wie die Modellierung von Rohstoffpreisen (z. B. Strom und Gas), die Bewertung komplexer Speicherprodukte (z. B. Pumpspeicherkraftwerke) sowie generell Lösungen für das Risikomanagement von Energieversorgern zum Portfolio der Abteilung gehören.

Die Abteilung kann auf ein erfolgreiches Jahr zurückblicken. Ergebnisse aus dem WISA-Projekt mit Fraunhofer SCAI »Stochastische Modellierung und numerische Simulation für das Risikomanagement von Versicherungsunternehmen« konnten bereits in der Chance-Risiko-Klassifizierung verwendet werden. Im Bereich Auffälligkeitsdetektion wurden Vorstudien durchgeführt, die größere Folgeprojekte im kommenden Jahr erwarten lassen. Im Umfeld dieser Thematik liegt auch ein von der Abteilung erstelltes Gutachten für den GKV Spitzenverband zur Berechnung des sogenannten »Garantieschadens«. Die dort dargestellten Methoden werden in der strafrechtlichen Verfolgung von Abrechnungsbetrug im Gesundheitswesen eingesetzt. Wir erwarten auch zukünftig weitere Projekte in diesem Umfeld.

Die Abteilung blickt positiv in das Jahr 2016. Die Simulationen für die PIA werden durchgeführt und größere Projekte in der Auffälligkeitsdetektion sowie im Bereich der Energiewirtschaft erwartet. Aus diesen Gründen ist die Abteilung im kommenden Jahr auch personell wieder auf Wachstumskurs.

ALMSim

Asset Liability Management Simulation



Version 3.0

© 2014 Fraunhofer ITWM, Fraunhofer SCAI
All rights reserved

1

ASSET-LIABILITY-MANAGEMENT-SOFTWARE ALMSim

Seit Januar 2014 arbeitet die Abteilung Finanzmathematik in einer wirtschaftsorientierten strategischen Allianz (WISA) mit der Abteilung Computational Finance des Fraunhofer SCAI zusammen. Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines modernen Asset-Liability-Management-Tools (**ALMSim**). Beim Asset-Liability-Management (ALM) in Versicherungen werden die Anlagestruktur (Assets) einerseits und die Verpflichtungen (Liabilities) andererseits koordiniert und in Einklang gebracht. Hierbei sind zukünftige Erträge auf der Anlagenseite mit den Ausgaben auf der Verpflichtungsseite aufeinander abzustimmen und die Portfoliostruktur zu optimieren. Dabei müssen Unsicherheiten sowohl an den Finanzmärkten als auch z. B. bei der Entwicklung der Altersstruktur der Versicherungsnehmer beachtet werden.

1 *Ablaufschema einer ALM-Studie für Lebensversicherer*

Für die derzeitige Niedrigzinsphase mangelt es an geeigneten Modellen, insbesondere an solchen, die für eine langfristige Simulation geeignet sind. Darüber hinaus sind die Verpflichtungen aus Rentenzahlungen durch die wachsende Lebenserwartung immer schwerer abzubilden. Für diese und weitere Herausforderungen werden in der WISA Lösungen entwickelt, die später in ALMSim verfügbar gemacht werden sollen.

Im Jahr 2015 haben wir eine erste lauffähige Version von ALMSim erstellt, die es einerseits erlaubt, verschiedenste Assets stochastisch zu simulieren. Andererseits können auch die Verpflichtungen einer Versicherungsgesellschaft abgebildet werden. Die derzeitige Version erlaubt bereits eine Kopplung zwischen Anlagenseite und eingegangenen Verpflichtungen. Eine Kopplung wäre beispielsweise, wenn eine schlechte Entwicklung der Assets und damit des Anlagevermögens von Rentenversicherungen zu einem geringeren Neukundengeschäft führen würde und sich damit indirekt auf die Höhe der Verpflichtungen auswirken würde.

ALMSim ist derzeit im Projekt mit der Produktinformationsstelle Altersvorsorge im Einsatz, um Kapitalmarktszenarien (derzeit Zins- und Aktienverläufe) für die nächsten 40 Jahre zu erzeugen. Auf Basis dieser Szenarien wird die Entwicklung verschiedener Altersvorsorgeverträge berechnet, um schließlich Chancen und Risiken der einzelnen Altersvorsorgeverträge zu vergleichen. Die Software soll im Projektverlauf weiterentwickelt werden, um z. B. Regularien von Solvency II in die Untersuchungen mit einzubeziehen. Es soll eine optimale Asset-Allokation bestimmt werden, die diese Regularien erfüllt und verschiedene Marktrisiken berücksichtigt, z. B. ein plötzliches Fallen der Kurse am Aktienmarkt oder starke Zinsveränderungen. Ebenso sollen Sterblichkeits- und Kündigungsrisiken mit einbezogen werden. ALMSim ist modular strukturiert und nutzt Cloud-Techniken zum verteilten Rechnen. Durch Nutzung der Netbeans Plattform verfügt ALMSim über eine moderne grafische Oberfläche, die leicht bedienbar und erweiterbar ist.



AUTOMATISIERTES HANDELN UND ALM

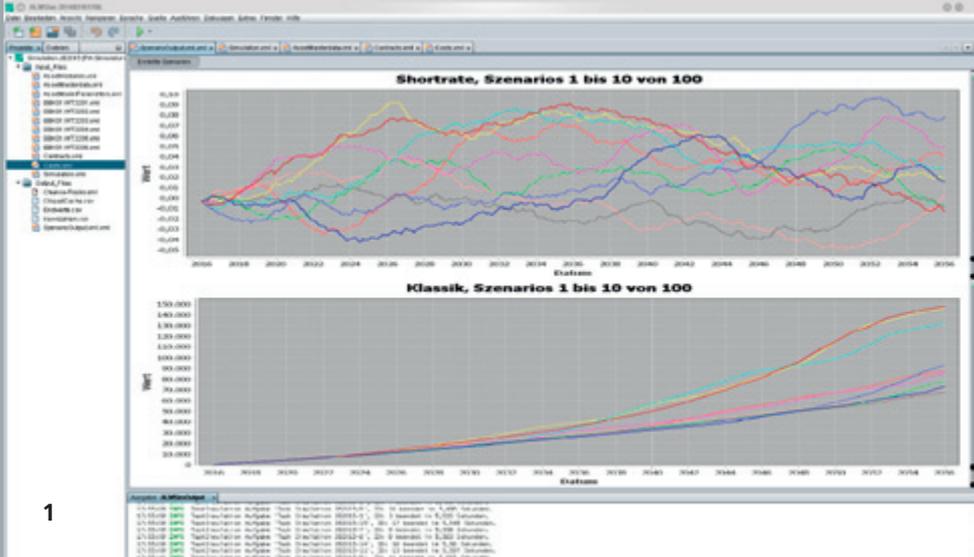
1 Handelsraum einer Bank

Die Abteilung Finanzmathematik hat im vergangenen Jahr die langjährige Zusammenarbeit mit der britischen Firma OptiRisk Systems intensiviert. Die Abteilung arbeitet momentan an Projekten im Bereich Software-Entwicklung für Aktienhandel und Asset Liability Management.

Für das Projekt zum Aktienhandel entwickeln wir Software für Händler im Equity-Bereich, die nach neuesten Erkenntnissen der Portfolio-Optimierung und Nachrichtenanalyse Kauf- und Verkaufssignale generiert. Das zugrundeliegende Optimierungsmodell zur Bestimmung der Portfoliokomposition beruht auf dem Konzept der stochastischen Dominanz zweiter Ordnung. In diesem Zusammenhang bedeutet dies, dass für zwei Investitionsalternativen die integrierte Verteilung der dominierenden Alternative für alle Renditen kleiner oder gleich und für mindestens eine Rendite echt kleiner ist als die integrierte Verteilung der Dominierten. Dieses Kriterium ist eng verbunden mit den Entscheidungen eines risikoaversen Investors und seines erwarteten Nutzens. Daneben wird besonderer Wert auch auf den zusätzlichen Aspekt der Nachrichtensignale gelegt. Sowohl die Anzahl als auch die Relevanz der eingehenden Nachrichten hat einen Effekt auf die geschätzten Mittelwerte und Volatilitäten der Aktienrenditen und somit auf die geschätzte Performance der Aktien.

Im zweiten Projekt beschäftigen wir uns mit einer Software-Entwicklung für das Asset Liability Management (ALM). Hierbei möchte man die Einkünfte und Verpflichtungen eines Investors oder eines Fonds für einen langen Investitionshorizont aufeinander abstimmen. Diese Abstimmung kann auch für eine Privatperson oder einen Haushalt relevant sein. Für ein individuelles ALM werden die privaten Einkünfte und Ausgaben bzw. Ausgabenwünsche gegenübergestellt, um verschiedene Anlage- oder Kreditentscheidungen zu treffen und alle zukünftigen Investitionswünsche und Kapitalziele zu berücksichtigen. Bei diesem individuellen ALM wird die private Vorsorge in den Vordergrund gestellt, optimiert wird hierbei der maximale erwartete Nutzen des privaten Konsums. Bei der ALM-Entscheidung für Pensionsfonds und Versicherungen hingegen werden die Abweichungen der zukünftigen Werte von Anlage und Verpflichtungen minimiert.

Für beide ALM-Fragestellungen müssen Szenarien generiert werden, d. h. Verläufe von Aktien und weitere Finanzzeitreihen wie beispielsweise Zinsraten simuliert werden. Für die Erstellung dieser Szenarien werden unterschiedliche Methoden verwendet und weiterentwickelt, um realistische Zukunftsentscheidungen treffen zu können.



SIMULATION VON ALTERSVORSORGEPRODUKTEN

Die Simulationen der Altersvorsorgeprodukte basieren auf einem Marktmodell, bestehend aus einem Kapitalmarktmodell und einem Zinsmodell, sodass sowohl Aktien, Fonds und Zinsprodukte (z. B. Rentenfonds, Anleihen, Bankspargpläne etc.) simuliert werden können. Dieses Marktmodell erlaubt es, alle gängigen Bank- und Versicherungs-Produkte zur Altersvorsorge näherungsweise abzubilden und sie auf einer einheitlichen Basis zu simulieren, um sie hinsichtlich ihrer Chancen und Risiken miteinander vergleichen zu können. Neben den klassischen, auf einem Deckungsstock basierenden Versicherungsprodukten erlaubt das Marktmodell auch die Analyse moderner Produkte wie z. B. Hybridprodukte, Index-Partizipationen und sogenannter CPPI (constant proportion portfolio insurance) Hedging-Strategien.

Für die Riester-Förderung ist es entscheidend, dass die Produkte eine Brutto-Beitragsgarantie zum Laufzeitende beinhalten. Die Konstruktion von Produkten, mit einer genügend hohen Mindestverzinsung zur Erfüllung dieser Garantie, stellt besonders bei niedrigen Zinsen eine Herausforderung dar. Bei kurzer Laufzeit kann es unter Umständen recht schwierig sein, die entstehenden und nicht unerheblichen Kosten (für Vertrieb, Verwaltung etc.) allein aus den Zinsen von Anleihen hoher Bonität zu erwirtschaften. Werden jedoch riskantere Papiere verwendet, um eine höhere Risikoprämie zu erhalten, muss gleichzeitig mittels Derivaten oder anderer Methoden sichergestellt werden, dass die Garantie erfüllbar bleibt, und zwar nach Möglichkeit so, dass die Anlagestrategie auch noch Wachstums-Chancen bietet (z. B. als Schutz gegen Inflationsrisiken).

Im derzeitigen schwierigen Niedrigzins-Umfeld ist die Kalibrierung des Zinsmodells von entscheidender Bedeutung. Einerseits stellen negative Zinsen eine Anomalie dar, da das Vorhalten von Bargeld bereits eine Arbitrage wäre, andererseits hängen zukünftige Renditen fast aller Anlageprodukte stark von der erwarteten oder modellierten stochastischen Zins- und Terminstruktur-Entwicklung ab, selbst wenn die aktuelle beobachtete Terminstruktur exakt abgebildet wird. Diese Problematik wird dadurch entschärft, dass es bei der Risiko-Klassifizierung nicht primär um die exakte Berechnung der Rendite-Verteilung (ihres Erwartungswertes oder ihrer Quantile geht), sondern es auf die relative Anordnung verschiedener Produkte in einem Chance/Risiko-Diagramm ankommt.

1 *Simulierte Szenarien eines Zinsmodells (Shortrate) und eines Vertragsverlaufs einer klassischen Rentenversicherung (Klassik)*



Zur Untersuchung des Fahrereinflusses in frühen Projektphasen gibt es am ITWM die Simulationsplattform RODOS® und das 3D-Laserscanner-Fahrzeug REDAR. Das Szenariodesign nutzt georeferenzierte 3D-Laserscanner-Punktwolken mit Subzentimeter-Auflösung, so dass die optische Komplexität der Szenen nahezu der Realität entspricht. Mit dieser Technik können ganze Städte zur virtuellen Fahrzeugerprobung in der Echtzeitsimulation nachgebildet werden.

MATHEMATISCHE METHODEN IN DYNAMIK UND FESTIGKEIT

- **MODELLIERUNG UND SIMULATION VON NUTZUNGSVARIABILITÄT
UND ZUVERLÄSSIGKEIT**

Bemessungsgrundlagen für die Betriebsfestigkeit und Optimierung stark vom Einsatzspektrum abhängiger Größen wie Kraftstoffverbrauch und Emission

- **SYSTEMSIMULATION IN DER FAHRZEUGENTWICKLUNG**

Reifen-, Boden- und Fahrermodelle sowie interaktive Simulation

- **NICHTLINEARE STRUKTURMECHANIK**

Simulation stark deformierbarer Komponenten und Strukturen wie Reifen, Lager, Kabel, Schläuche



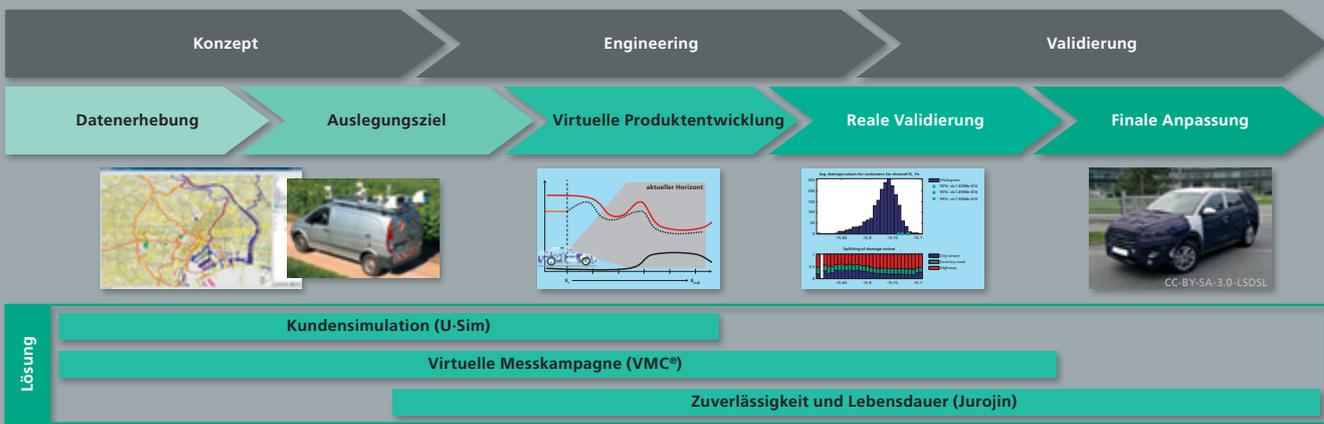


In der Abteilung Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit beschäftigen wir uns mit der Modellierung und Simulation der Nutzungsvariabilität, Betriebsfestigkeit und Energieeffizienz von Fahrzeugen. Für diese Attribute ist es entscheidend, Fahrzeuge über ihre gesamte Lebensdauer in Wechselwirkung mit der Umgebung (Straße, Untergrund, Fahrer) simulieren und bewerten zu können. Wir entwickeln dazu mit unseren Partnern aus Pkw-, Lkw-, Land- und Baumaschinen-industrie Methoden der virtuellen Produktentwicklung:

- Statistische Methoden zur Monte-Carlo-Simulation unter Einbeziehung geo-referenzierter Daten (**U-Sim** und **VMC®** – Virtuelle Messkampagne). **VMC®** bietet ein ‚Modell der Welt für die Fahrzeugentwicklung‘, bestehend aus einer geo-referenzierten Datenbank und darauf aufsetzender Software zur systematischen Analyse der Nutzungsvariabilität von Fahrzeugen.
- Simulation der Fahrzeug-Umwelt-Interaktion (**CDTire**/Reifen- Boden- und Wechselwirkungs-simulationen)
- Simulation der Fahrzeug-Mensch-Interaktion/Fahrsimulator **RODOS®**
- Nichtlineare Strukturmechanik: Hochperformante (interaktive) Simulation der Funktion und Montage von Kabeln und Schläuchen (**IPS Cable Simulation**)

Auch 2015 spielte der Fraunhofer-Innovationscluster Digitale Nutzfahrzeugtechnologie/Fahrzeug-Umwelt-Mensch (www.nutzfahrzeugcluster.de) eine wichtige Rolle bei der Weiterentwicklung des oben beschriebenen Portfolios. Der Innovationscluster seinerseits stellt eine der drei Säulen des neu eingerichteten Leistungszentrums »Simulations- und Software-basierte Innovation« dar.

Ein besonderes Highlight des vergangenen Jahres war die erfolgreiche Inbetriebnahme unseres Umgebungsmessfahrzeugs **REDAR** (Road & Environmental Data Acquisition Rover). Das System besteht aus einem Messfahrzeug mit hochgenauen Laserscannern und einer hochgenauen Inertialplattform. Damit lassen sich Straßen- und Umgebungsdaten sehr effizient erfassen – einerseits so genau, dass sie direkt als Input für **CDTire**-Fahrzeugsimulationen (digitale Straße) taugen und andererseits so weitreichend, dass die Daten als Eingangsgrößen für interaktive Fahrsimulationen mit **RODOS®** verwendet werden. Mehr dazu findet sich auf den folgenden Seiten.



WERKZEUGE ZUR STATISTISCHEN BEWERTUNG VON FAHRZEUGBELASTUNG UND BELASTBARKEIT

Entlang des gesamten Betriebsfestigkeitsprozesses in der Fahrzeugentwicklung können statistische Methoden zur Beschreibung und Modellierung der Belastung und der Belastbarkeit von Systemen und Bauteilen enormen Mehrwert generieren. Drei Produkte im Rahmen unserer **VMC®**-Aktivitäten (Virtual Measurement Campaign) begleiten diesen Prozess bei unseren Kunden von der Vorentwicklung bis hin zur serienbegleitenden Prüfung.

1 Einordnung der Werkzeuge in die Prozesskette

VMC® unterstützt die Analyse von Zielmärkten, etwa Südamerika, hinsichtlich der relevanten Umgebungsbedingungen und den Vergleich mit bekannten Märkten wie Mitteleuropa durch eine Vielzahl von Methoden und Grafiken. Insbesondere das Straßennetzwerk, die topographischen Bedingungen und auch klimatische Bedingungen können dabei mit **VMC® GeoStatistics** aufbereitet und ausgewertet werden. Dies ist sowohl in einer frühen Konzeptphase hilfreich, als auch für die Planung von Datenerhebungen oder die Analyse von Garantiefällen.

Bei der Planung einer Messkampagne stellt sich die Frage, auf welchen Straßen einer Region wie lange gemessen werden soll, um statistisch belastbare Daten zu erhalten. Auch hierzu bietet **VMC® GeoStatistics** umfangreiche Hilfestellungen an. Die spätere Auswertung der Daten wird durch **VMC® GeoLDA** über eine automatisierte Abbildung der Daten auf die Straßen inklusive Segmentierung und Klassierung für die spätere Hochrechnung wesentlich vereinfacht und aufgewertet. Entscheidend ist dabei die systematische Trennung der zu erwartenden Betriebszustände (vollbeladene Fahrt über Land in ebener Region oder Verteilerverkehr in der Stadt) und der Häufigkeit, mit der diese Zustände in einer Kundengruppe zu erwarten sind. Diese Trennung erlaubt die Hochrechnung der entsprechend aufbereiteten Daten mit **U-Sim** (Usage Simulation) auf die Ziellaufleistung für eine bestimmte Kundengruppe und die Ableitung von Quantilen der Belastungsverteilung für die Komponentenauslegung. Alle genannten Methoden sind genauso einsetzbar in der Auslegung von TriebstrangkompONENTEN hinsichtlich Verbrauch und Emission.

Die Freigabe der Bauteile zur Produktion erfordert die bestmögliche Balance zwischen teuren Versuchen und höchsten Qualitätsanforderungen. **Jurojin** berechnet effiziente Versuchspläne, was zu schnelleren Freigaben, reduzierten Prüfkosten und vor allem einem reduzierten Risiko der Überdimensionierung von Bauteilen führt. Sollten nun Bauteile bei Kunden dennoch zu Beanstandungen führen, sind qualifizierbare Entscheidungen über mögliche Gegenmaßnahmen wichtig. Gerade in frühen Phasen mit wenigen Beanstandungen ist das aber klassisch kaum möglich. **Jurojin** löst dieses Problem, durch eine Modellierung der intakten Bauteile. Sobald dieses Missing-Data-Problem gelöst ist, sorgen speziell angepasst Maximum-Likelihood-Algorithmen für gute Prognosen.



REDAR – LASERBASIERTE 3D-UMGEBUNGS- ERFASSUNG MIT EINEM MESSFAHRZEUG

1 Digitalisierte Umgebung

2 3D-Messfahrzeug
REDAR

Kernaufgabe des laserbasierten Messwerterfassungssystems **REDAR** (Road & Environmental Data Acquisition Rover) ist die millimetergenaue dreidimensionale Erfassung und Digitalisierung der Umgebung. REDAR wurde nach einer mehrjährigen Konzeptions- und Aufbauphase Mitte 2015 in Betrieb genommen und in ersten Projekten mit namhaften Vertretern aus dem Landmaschinen- und Automobilbau sowie dem Motorsport eingesetzt. Die derzeitige Kernausrüstung des Trägerfahrzeuges besteht aus:

- zwei Hochleistungs-Laserscannern
- einer hochpräzisen IMU
- GPS
- Wegstreckensensor
- vier Farbbild-Industriekameras
- Onboard-Messwerterfassungsrechner
- Generator und unterbrechungsfreie Stromversorgung

Der modulare Aufbau kann an die jeweilige Situation und Aufgabenstellung bedarfsgerecht angepasst werden. Möglich ist der Einsatz zusätzlicher Sensorik wie auch anderer Trägerfahrzeuge (Luft- oder Wasserfahrzeuge).

REDAR als kinematische Messeinheit kann Straßen im fließenden Verkehr erfassen, so dass auf teure Absperrungen und Messungen bei Nacht verzichtet werden kann. Bei reduzierter Geschwindigkeit kann die Datendichte um ein Vielfaches erhöht werden. So ist es beispielsweise möglich, kleinste Risse in Straßenoberflächen oder Tunneln zu detektieren und darzustellen. Diese detailgetreue Erfassung und die daraus resultierenden hochpräzisen Daten können auf vielfältige Art und Weise im Bereich der Betriebsfestigkeit oder der Zustandserfassung eingesetzt werden. Neben dem Einsatz in Kundenprojekten wird REDAR auch in der Evaluierung, Weiterentwicklung und ergänzender Unterstützung anderer Aktivitäten des ITWM genutzt. Die erfassten Umgebungen bieten im Fahrsimulator **RODOS®** einerseits visuell eine Simulationsumgebung mit hohem Realitätsgrad und andererseits eine hochgenaue Beschreibung der Straßenoberfläche. Zusätzlich befüllt REDAR mit jedem gefahrenen Kilometer und den daraus abgeleiteten Größen die umfangreiche Datenbank von **VMC®**. Die synchrone Erfassung ‚billiger‘ Messdaten (Beschleunigung etc.) in Verbindung mit der genauen Kenntnis der realen Straßenoberfläche ermöglicht es erstmalig Verfahren zu validieren, die auf Basis einfach zu erfassender Daten auf die Straßenoberfläche zurückrechnen (»invariante Anregung«). Insgesamt gesehen wird im Zuge der ansteigenden Bedeutung von virtueller Produktentwicklung im Fahrzeugbau (Stichwort »Autonomes Fahren«) der Bedarf an qualitativ hochwertigen Bestandsdaten realer Straßen/Umgebungen weiter steigen. REDAR ist hierbei ein wichtiger Faktor, um diese Nachfrage zu bedienen und Simulation und Realität noch weiter zu verschmelzen.



INTERAKTIVE FAHR- UND BETRIEBSSIMULATION MIT RODOS®

Bei der Fahrzeugauslegung müssen in sehr frühen Projektphasen Attribute wie Betriebsfestigkeit und Zuverlässigkeit untersucht werden. Um die relevanten Vorgänge in der Simulation richtig abzubilden, müssen alle äußeren Einflüsse auf das Fahrzeug berücksichtigt werden. Dazu zählen der Fahrer sowie die Fahrerassistenzsysteme, die die Reaktion des Fahrers auf das Fahrzeug beeinflussen. Für die Auslegung von aktiv rückwirkenden Systemen muss daher die Fahrerreaktion beachtet werden, um etwa die Bedienbarkeit neuer Automatisierungssysteme zu gewährleisten.

Prototypentests sind in frühen Entwicklungsphasen jedoch häufig nicht möglich. Hinzu kommt, dass Feldmessungen im Vergleich zur Simulation schlechter reproduzierbar sind. Zudem lassen sich nicht alle Zustände beobachten und nur wenige davon steuern. Aus diesem Grund wurde am Fraunhofer ITWM in den letzten Jahren die Rapid Prototyping Plattform **RODOS®** auf Basis einer sechssachsigem Roboterkinematik mit 1000 kg Nutzlast entwickelt, installiert und seit der Inbetriebnahme im Jahr 2012 stetig weiterentwickelt. RODOS® wird seitdem zur virtuellen Entwicklung und Erprobung neuer Fahrzeuge und Maschinen eingesetzt.

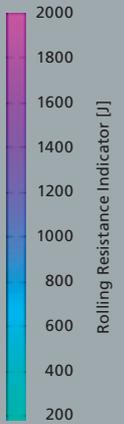
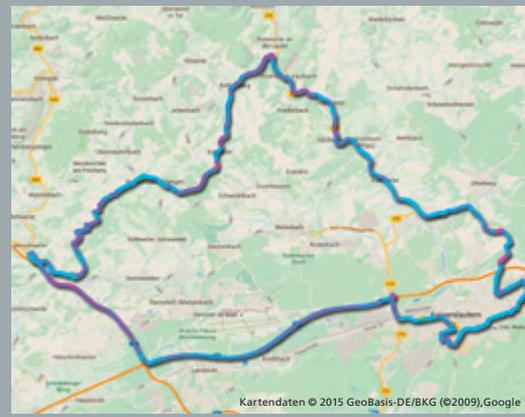
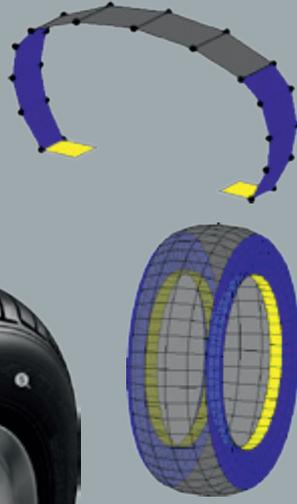
Die jüngste Erweiterung stellt die Integration von 3D-Laserscannermessdaten in die interaktive Simulation dar. Dabei dienen die mit Hilfe von **REDAR** erfassten Umgebungsdaten als Grundlage für die Erstellung einer virtuellen Welt. Die sehr umfangreichen Daten (bereits eine z. B. 20 km lange Messstrecke besitzt ein Datenvolumen von über 4TB) müssen dazu von einem Netzlaufwerk gelesen und in Echtzeit verarbeitet werden können. Die Datenbasis wird sowohl für die visuelle Anzeige in der virtuellen Realität als auch für die Fahrzeugsimulation, wie z. B. die Reifensimulation, genutzt. Mit dieser neuen Technik lassen sich in RODOS® beliebig große Szenarien abbilden, die bezüglich optischer Komplexität und Detailreichtum der Realität entsprechen. Größter Vorteil dabei: Die Modellierzeit zum Erstellen einer Szene ist minimal.

Mit diesem Ansatz sind interaktive Simulationen wie etwa eine Fahrt von Kaiserslautern nach Berlin möglich. Hierbei können innovative Assistenz- und Automatisierungssysteme für Fahrzeuge unter realistischen Bedingungen zusammen mit typischen Fahrern und der realen Strecke studiert und getestet werden. Darüber hinaus werden neue Betriebskonzepte, Mensch-Maschine-Schnittstellen, Informationssysteme und Fahrzeugkonfigurationen als virtuelle Computermodelle von Testfahrern, Experten und Entwicklern erprobt und optimiert. Im nächsten Schritt werden die Punktwolke-daten mit Farbinformationen aus Bildern ergänzt, so dass die damit erstellten virtuellen Welten noch realistischer wirken. Diese Arbeiten sind Teil der aktuellen Entwicklungen an RODOS® und REDAR.

1 Georeferenzierte 3D-Punktwolke vom Fraunhofer-Zentrum

2 Interaktive Simulation mit RODOS® in einem Punktwolkeszenario

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



© 2009 Goodyear Dunlop

1

2

VORHERSAGE VON ROLLWIDERSTAND UND REIFENVERSCHLEISS IN REALISTISCHEN BETRIEBSSZENARIOEN

1 Aufbau eines realen Gürtelreifens (links)

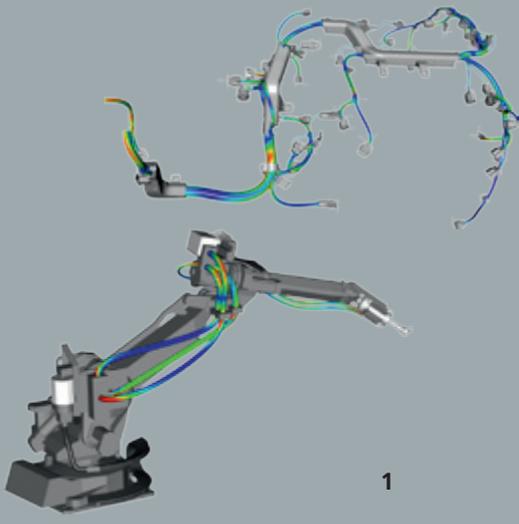
Aufbau des Reifenmodells CDTire/3D: Gesamtreifen mit diskreter Massenpunktverteilung, Modellaufbau des Reifenquerschnitts, Schichtenmodell zur Modellierung der funktionalen Reifenkomponenten (rechts)

2 Darstellung des Verbrauchsindikators Rollwiderstand entlang einer Referenzstrecke

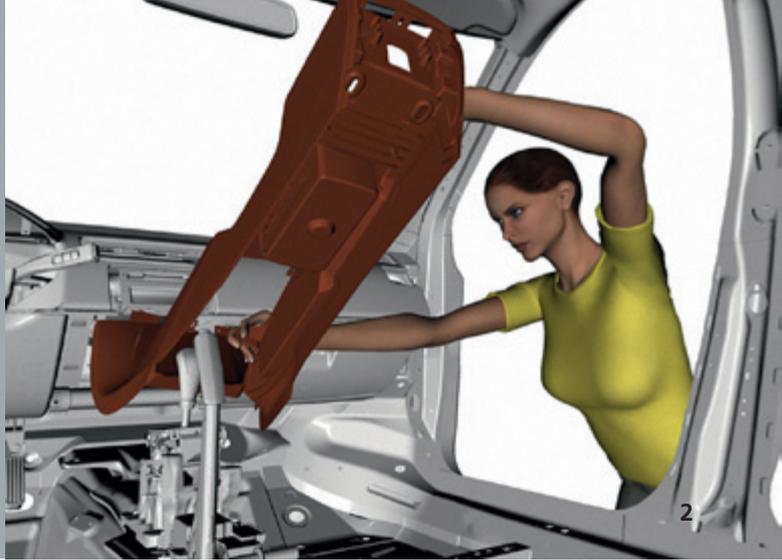
Am ITWM wird das Reifenmodell CDTire/3D als Teil der Reifenfamilie CDTire weiterentwickelt. Bei diesem Modell sind die Seitenwände und der Gürtel des Reifens über Schalenmodellierung realisiert. Der reale Reifen besteht aus unterschiedlichen Lagen wie Innerliner, Karkasse, Stahlgürtellagen, Bandage und Laufstreifen, wobei diese Komponenten meist aus fadenverstärkten Gummischichten mit eindeutiger Fadenrichtung bestehen. All diese funktionalen Einzellagen finden eine separate Repräsentation im Reifenmodell, so dass auch deren Struktureigenschaften separat und örtlich lokal parametrisiert werden können. Die Rechenzeiten von CDTire/3D liegen derzeit im Bereich gängiger, in der Mehrkörperdynamik verwendeter Reifenmodelle und somit um Größenordnungen unter denen von FEM-Modellen.

Um den Rollwiderstand des Reifens zu berechnen, werden für alle dissipativen Strukturelemente lokal die Verlustenergien berechnet und akkumuliert. Verlustenergiequellen sind dabei viskose lokale Dämpfungsterme in Gummi und Verstärkungslagen, innere Reibungsterme – vor allem im Laufstreifengummi – und Reibungsverluste zwischen Reifen und Straße. Der Reifenverschleiß kann nicht direkt berechnet werden, so dass der Reibenergieverlust zwischen Reifen und Straße als Ersatzgröße verwendet wird. Der Reifenabrieb steht in einem direkten, streng monotonen Zusammenhang mit dieser Größe. Mit dieser Ersatzgröße können unmittelbar A/B-Vergleiche auf Reifen- und Streckenebene durchgeführt werden, über eine entsprechende Kalibrierung kann jedoch auch der Reifenverschleiß quantifiziert werden.

Im von Goodyear koordinierten europäischen FP7-Förderprojekts LORRY wird am ITWM eine Methode entwickelt, mit der man Indikatoren für die Verlustgrößen Rollwiderstand und Verschleiß im Reifen für realistische Einsatzszenarien vorhersagen kann. Die Grundidee ist die Unterteilung der realen Fahrt in einen geeigneten Satz von Lastfällen in Abhängigkeit von Krümmungsradius, Längsneigung und Geschwindigkeit. Für sämtliche Lastfälle werden die entsprechenden Energieverluste im Reifen anhand eines Simulationsmodells des Fahrzeugs mit einem CDTire/3D-Reifenmodell berechnet und in einem Ergebniskatalog gespeichert. Um nun den Energieverlust für ein realistisches Betriebsszenario vorhersagen zu können, werden reale Fahrten (Strecken/Geschwindigkeitsprofile) in die definierten Lastfälle partitioniert und der Gesamtenergieverlust aus dem Ergebniskatalog superponiert. Diese Methode erlaubt anwendungsbedingte Einflussfaktoren wie spezifische Kunden, Einsatzgegebenheiten, regionale Abhängigkeiten etc. bei der Vorhersage von Rollwiderstand und Verschleiß von Reifen zu berücksichtigen.



1



2

INTERAKTIVE SIMULATION FLEXIBLER STRUKTUREN FÜR DIE VIRTUELLE PRODUKTENTWICKLUNG

Die Abteilung arbeitet seit mehr als einer Dekade intensiv mit der Abteilung Geometry and Motion Planning des FCC in Göteborg zusammen; Schwerpunkt sind strukturmechanische Simulationsmodelle flexibler schlauch- bzw. kabelartiger oder flächiger Bauteile, die äußerst schnell gerechnet werden können und damit die Möglichkeit zum interaktiven Arbeiten mit stark verformbaren Geometrien eröffnen.

Motivation des ersten, 2004 gestarteten Projektes war die Berechnung der Verformung von Schlauchpaketen an Industrierobotern, um damit die Bewegung für solche Roboter im Computer optimal planen zu können. Die Bewegungen und Verformungen der Schläuche im Raum sollte dabei mit berücksichtigt werden, jedoch möglichst ohne Einbußen in der Rechengeschwindigkeit. Der zielführende Lösungsansatz für diese Aufgabenstellung bestand darin, die zur Simulation verwendeten geometrisch exakten Cosserat-Modelle vom methodischen Ballast nichtlinearer Finite-Elemente-Formulierungen zu befreien und mittels neuartiger Ansätze aus der diskreten Differentialgeometrie in Verbindung mit effizienten Simulationsmethoden aus der Computergraphik interaktiv handhabbar zu machen. Bald zeigte sich, dass die interaktive Simulation flexibler Kabel und Schläuche in der digitalen Absicherung von Montageprozessen ein weiteres Anwendungsgebiet für die von FCC und ITWM entwickelten Modelle und Algorithmen ist. Dies war schließlich der Ausgangspunkt von **IPS Cable Simulation**, einem Modul der am FCC entwickelten Software **IPS** (Industrial Path Solutions) zur automatischen Pfadplanung für die Ein- und Ausbausimulation von Bauteilen. Mit der Software kann die Montage von Kabelsystemen virtuell geplant und validiert werden. Zeit- und Kostenaufwände für Hardwareprototypen werden dadurch minimiert oder sogar auf Null reduziert. Die Software wird aktuell bei allen führenden Automobilherstellern eingesetzt und erweist sich auch für die Zulieferindustrie (Kabel- und Schlauchhersteller) als nützliches Werkzeug zur Systemauslegung. Um Vermarktung und Vertrieb der Software kümmern sich die beiden Ausgründungen IPS AB (Göteborg) und flexStructures GmbH (Kaiserslautern).

Diffizile Montagevorgänge, wie sie z. B. in der Automobilindustrie in der Endmontage vorkommen, erfordern nach wie vor die menschliche Feinmotorik. Um solche Montagearbeitsplätze ergonomisch günstig auszulegen und dabei die menschliche Arbeit mittels geeigneter Vorrichtungen und Werkzeuge optimal unterstützen zu können ist es erforderlich, den Menschen in der Montagesimulation adäquat mit zu berücksichtigen. Dieser Thematik widmen sich ITWM und FCC unter Beteiligung von vier weiteren Instituten (IPA, IPK, IGD und IAO) aktuell im Forschungsprojekt EMMA-CC (Ergo-dynamic Moving Manikin with Cognitive Control). Schwerpunkte von ITWM und FCC sind hierbei die Erweiterung des vom FCC entwickelten Menschmodells IMMA für dynamische Simulationen mit Muskelmodellen zur Abschätzung physischer Belastungen.

1 *IPS-Modell eines Kabelbaums mit verschiedenen Kabelsträngen mit farbiger Darstellung der durch die Verformung der Schläuche, Kabel und Kabelstränge verursachten Spannungen (oben) und Industrieroboter mit externem Schlauchpaket (unten)*

2 *Mit dem digitalen FCC-Menschmodell IMMA simulierte Montage einer Mittelkonsole im Innenraum einer Fahrzeugkarosserie*



Gepaart mit einer parallelen Architektur, schnellen Kommunikationsverfahren sowie skalierbaren Renderkernels eignet sich die XtreamView Render Engine für die interaktive Visualisierung sehr großer Datensätze, wie sie beispielsweise in der Seismik, der Medizin oder auch in der Film- und Computerspieleindustrie anfallen. Das Besondere des HPC-Visualisierungsansatzes ist die Verwendung von CPUs ohne die Einbindung von Grafikkarten.

COMPETENCE CENTER HIGH PERFORMANCE COMPUTING

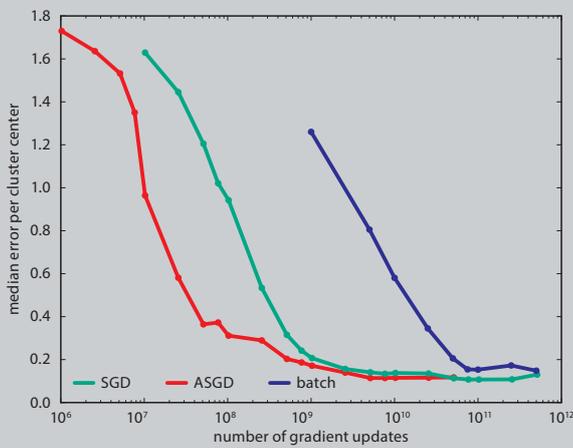
- **BIG DATA – BeeGFS, GPI, GPI-Space**
- **HPC TOOLS**
- **SEISMIC IMAGING**
- **VISUALISIERUNG GROSSER DATENMENGEN**
- **PERFORMANCE-OPTIMIERUNG**
- **E-ENERGIE, SMART GRIDS**



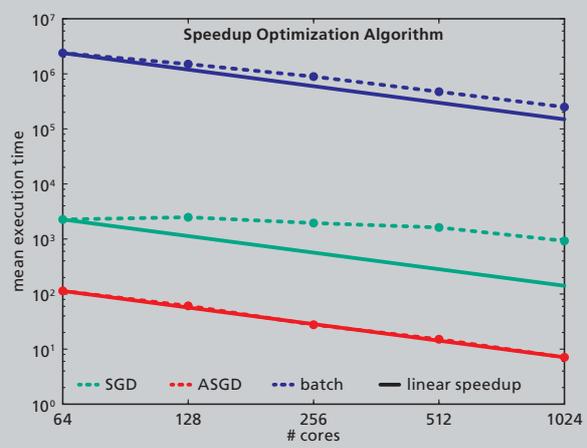


Hoch- und Höchstleistungsrechnen – High Performance Computing (HPC) – ist für die Wettbewerbsfähigkeit von Wissenschaft und Wirtschaft unerlässlich. Ohne detaillierte Simulationen ist moderne Grundlagenforschung in der Energieforschung, den Material- und Lebenswissenschaften oder auch der Klimaforschung undenkbar. Das gilt auch für Schlüsselbereiche der deutschen Wirtschaft. Ob elektronische Geräte, Autos, Flugzeuge, moderne Medikamente oder neuartige Operationsverfahren – sie alle basieren auf Erkenntnissen aus Simulationen. High Performance Computing erschließt neue Anwendungsfelder im Bereich der Simulation komplexer sozialer Phänomene oder anspruchsvoller Aufgaben in der Logistik. Gleichzeitig steigt die Komplexität der zugrundeliegenden HPC-Architekturen und ihre effiziente Nutzung stellt industrielle Anwender vor große Herausforderungen: Programme müssen heute massiv parallel arbeiten und dabei sowohl lokale Speicher berücksichtigen als auch Speicher, auf deren Inhalte nur über Netzwerke zugegriffen werden kann. Die sich zusätzlich eröffnenden Möglichkeiten durch die Verwendung spezialisierter Hardware, wie Grafikprozessoren, erhöhen die Komplexität der Programmierung weiter.

Das Competence Center High Performance Computing beschäftigt sich in enger Zusammenarbeit mit industriellen und akademischen Partnern mit der Frage, wie die immer komplexer werdenden Prozessoren und Parallelrechner effizient genutzt werden können und stellt neben Werkzeugen zum Umgang mit Supercomputern auch komplette Softwarelösungen her. Bei den Werkzeugen ist das Global Address Space Programming Interface (**GPI**) mittlerweile ein europäischer Standard, zu nennen. Es erlaubt die Programmierung skalierbarer eng gekoppelter Software, also Software, die einerseits mit hoher Frequenz kleine Datenpakete austauscht und andererseits mit zunehmender Anzahl der Rechner proportional schneller wird. Setzt GPI explizite Formulierung der Kommunikationsmuster durch die Anwendung voraus, geht das Software-System **GPI-Space** weiter und automatisiert sowohl Parallelisierung und Fehlertoleranz als auch Speichermanagement und wird deshalb vorwiegend für Big Data-Aufgaben genutzt. Diese Werkzeuge und auch das am CC HPC entwickelte weltweit führende parallele Dateisystem **BeeGFS** werden erfolgreich in komplexen kundenspezifischen Anwendungen eingesetzt. Last but not least arbeitet das CC HPC am Management der Energiewende mit ihrer fluktuierenden Produktion erneuerbarer Energien. Die zeitliche Entkopplung von Energieerzeugung und -verbrauch, Verbrauchsprognose und -verlagerung, Optimierung des Eigenverbrauches sowie netzdienliches Management verteilter Batteriesysteme werden in allen Facetten behandelt. Umfangreiches Wissen über die Konstruktion und die Steuerung komplexer IT-Systeme fließt ein in die Verfolgung des Ziels einer sicheren, ökologischen und wirtschaftlichen Energieversorgung und Green by IT ist zu einem wichtigen Geschäftsfeld geworden.



1



2

LARGE SCALE MACHINE LEARNING

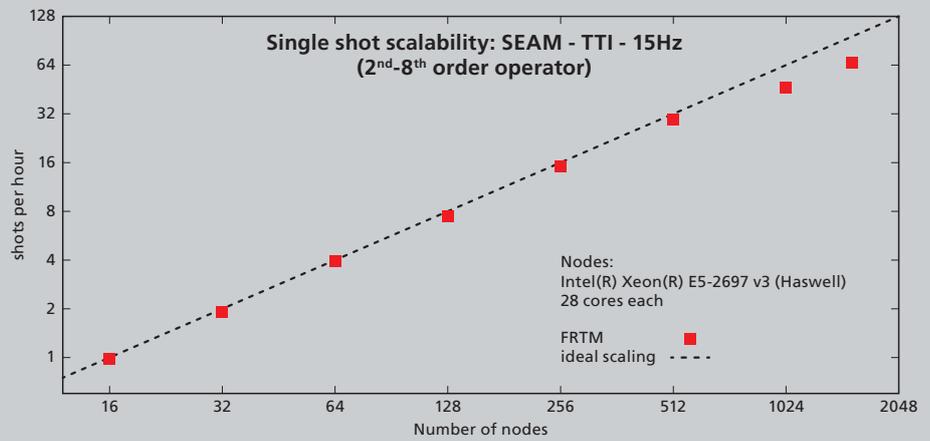
Im Bereich des Maschinellen Lernens (Machine Learning) wurden in den letzten Jahren beeindruckende Fortschritte erzielt. Von der Spracherkennung über die automatische Bildauswertung bis hin zum Erlernen komplexer Tätigkeiten wie z. B. dem Beherrschen von Videospielen: Algorithmen erlangen zunehmend Fähigkeiten, die bis vor kurzem nur von Menschen bewältigt werden konnten. Diese rasante Entwicklung geht einher mit einer stetig steigenden Komplexität der zugrunde liegenden Modelle, welche sich direkt in einem großen Bedarf an Rechenleistung und Speicher niederschlägt. So entwickelt sich Machine Learning immer mehr zu einer neuen Anwendung für das High Performance Computing. Der Focus der Arbeiten am CC HPC liegt dabei auf der Entwicklung skalierbarer Optimierungsalgorithmen für die verteilte Parallelisierung von sehr großen Machine-Learning-Problemen. Grundlage für diese Arbeiten sind dabei die am CC HPC entwickelten HPC-Komponenten, wie z. B. das parallele Filesystem **BeeGSFS** oder das Programmierframework **GPI2.0**, welche die effiziente Implementierung neuer Algorithmen wie **ASGD** (Asynchronous Stochastic Gradient Descent) erst ermöglichen.

Die Implementierungen der meisten Algorithmen im Bereich des Machine Learning lösen im Kern ein numerisches Optimierungsproblem. In diesem Zusammenhang haben sich stochastische Gradientenabstiegs-Methoden (SGD) seit langem bewährt. Sie liefern gute Ergebnisse, sowohl im Hinblick auf die Konvergenz als auch bezüglich der resultierenden Genauigkeit. In jüngster Zeit wurden mehrere Ansätze zur Parallelisierung publiziert, die versuchen, SGD für den Einsatz bei der Lösung sehr großer Machine-Learning-Probleme zu skalieren. Dabei basieren die meisten dieser Ansätze auf dem MapReduce-Schema. Mit ASGD haben wir einen neuen Algorithmus vorgestellt, der in der Lage ist, SGD effizient auf verteilten Systemen zu parallelisieren. Dabei nutzten wir die Vorteile asynchroner Kommunikation. Im Vergleich mit bestehenden Verfahren bietet ASGD schnellere Konvergenz, bei linearer Skalierbarkeit und stabiler Genauigkeit. Mittels ASGD konnten bereits mehrere Machine-Learning-Algorithmen so implementiert werden, dass sie bis auf weit über tausend Rechenknoten parallel ausgeführt werden konnten.

Verwendung von ASGD zur Berechnung des K-Means-Algorithmus auf einem verteilten Speichersystem (HPC-Cluster). Vergleich zu MapReduce Batch-Optimierung und dem bisher besten Verfahren zur SGD-Parallelisierung. Testdaten: $\sim 1\text{ TB}$, $k = 10$, $d = 10$

1 Konvergenzeigenschaften

2 Skalierung vom ASGD im K-Means-Experiment (starke Skalierung) auf bis zu 1024 CPUs



1

HIGH PERFORMANCE COMPUTING MADE IN KAISERSLAUTERN FÜR EUROPA

1 Skalierbarkeit auf dem SuperMUC-Cluster

Das CC HPC engagiert sich seit einigen Jahren in Projekten der europäischen Förderprogramme. Während die ersten Projekte 2016 enden, fing die zweite Charge an Projekten im Spätherbst 2015 an. Also ist es eine gute Zeit Zwischenbilanz zu ziehen und einen Ausblick auf spannende neue Forschungsperspektiven zu geben.

Alle Forschungsdisziplinen benötigen heutzutage immer höhere Rechenleistung und die Fähigkeit, große Datenmengen zu analysieren. Daher ist ein übergeordnetes Ziel des Forschungsprogramms Horizon2020, bis zum Jahr 2020 Computersysteme zu bauen, die im Exa-Bereich funktionieren, d. h. 10^{18} Rechenoperationen pro Sekunde ausführen. Die ungeheure Rechenleistung wird durch die Kombination vieler einzelner Komponenten ermöglicht. So kann man bei heutiger Rechenleistung der Einzelkomponenten ausrechnen, dass etwa zwei Millionen Rechenkerne benötigt werden, um in den Exa-Bereich vorzudringen. Die Hardwarearchitektur hat enorme Auswirkungen auf die benötigte Software. Es ist essentiell, dass die Programme ihre Aufgaben nebenläufig abarbeiten. Zwischenergebnisse müssen zwischen den einzelnen Komponenten ausgetauscht werden, um den Fortschritt des gesamten Programmes zu gewährleisten. Generell gilt: Nutzt man mehr Rechenkerne für dieselbe Problemgröße (starke Skalierung), sinkt die Rechenzeit für jeden Knoten, während die Kommunikationskosten im besten Fall konstant bleiben. Bei sehr großen Systemen wird also die Zeit, die der Computer mit der Kommunikation verbringt, entscheidend. Es ist notwendig, durchdachte Konzepte zur Kommunikation der Daten zu verwenden. Das am Fraunhofer ITWM entwickelte Kommunikationsmodell GPI (Global Address Space Programming Interface) erlaubt eine asynchrone, multi-threaded Kommunikation unter Vermeidung von Zwischenkopien der Daten. GPI, das sich an der Speerspitze moderner Kommunikationsmodelle der HPC befindet, wird in zwei ausgereiften EU-Projekten (EXA2CT und EPIGRAM) verwendet.

In EPIGRAM werden die Grenzen des Kommunikationsmodells von GPI getestet, Erweiterungen und Veränderungen vorgeschlagen und die Anwendbarkeit auf verschiedenartige, heterogene Speichermodelle untersucht. Die Kompatibilität von GPI mit anderen auf dem HPC-Markt verfügbaren Kommunikationsmodellen ist erfolgreich getestet worden. Die Idee der Kompatibilität und Vereinbarkeit verschiedener HPC-Programmiermodelle wird in einem gerade gestarteten EU-Projekt mit Namen INTERTWINE noch ausführlicher beleuchtet werden. Die Skalierbarkeit von GPI ist im Rahmen des EPIGRAM-Projektes auf der neuesten Erweiterung des größten deutschen Supercomputers, dem SuperMUC am Leibnizrechenzentrum in München, getestet worden. Im Jahr 2015 verfügte der SuperMUC über eine Rechenleistung von etwa $2,5 \cdot 10^{15}$ Rechenoperationen pro Sekunde, ist also noch den Faktor 250 kleiner als ein Exa-Computersystem.

Es konnte gezeigt werden, dass GPI über drei Größenordnungen hinweg stark skaliert und Anwendungen über 90 % paralleler Effizienz erreichen. Bei den Tests wurden bis zu $4 \cdot 10^{14}$ Rechenoperationen pro Sekunde auf 84 000 Rechenkernen erreicht.

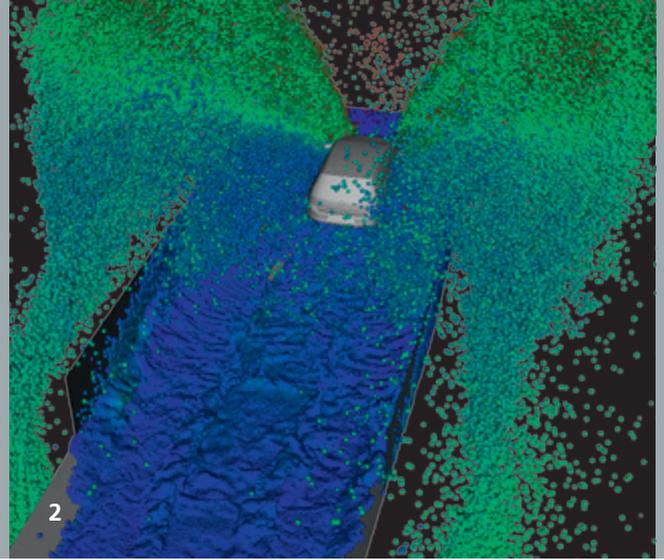
Schon beim Computercluster SuperMUC zeigt sich, dass es häufige Ausfälle bei den Hardwarekomponenten des Computersystems gibt. Die Anzahl der Hardwareausfälle wird mit der Anzahl der Hardwarekomponenten steigen. Damit ein Ausfall einer Komponente des Systems nicht sofort Auswirkungen auf die massiv parallelen Programme hat, muss die Hardware und Software fehlertolerant sein. Das muss auf allen Ebenen gewährleistet sein, also auch auf der Ebene der Kommunikationssoftware. Diese Herausforderung ist in dem europäischen Projekt EXA2CT angegangen worden. EXA2CT bringt Experten aus der Entwicklung von Lösern numerischer Gleichungen und HPC-Softwareentwickler an einen Tisch mit dem Ziel, nutzerfreundliche Kommunikationssoftware zu entwickeln. Wir haben im Projekt eine Bibliothek entwickelt, die die Fehlertoleranz von GPI noch weiter ausbaut und es Anwendungen erlaubt, Daten während der Rechnung in dem Speicher eines festgelegten Nachbarrechners abzulegen. Sollte es zu einem Ausfall eines Rechners kommen, können die Daten, die so verteilt worden sind, zurückkopiert werden und das gesamte Programm von einem kontrollierten Punkt wieder gestartet werden. Diese Methode ist deutlich schneller als das Kopieren der Daten von Festplattenspeichern.

Über die vorgestellten stark Software-orientierten Lösungen hinaus engagieren wir uns in drei europäischen HPC-Projekten, die spezielle Computerarchitekturen für den Exa-Bereich entwickeln: DEEP-ER, EXANODE und EXANEST. Für das Projekt DEEP-ER, das eine Cluster-Booster-Architektur vorschlägt, haben wir unser paralleles Dateisystem BeeGFS erweitert, um die verschiedenen Ebenen des Speichersystems effizient zu nutzen. Die gerade neu gestarteten Projekte EXANODE und EXANEST werden energiesparende Prozessoren und Nanotechnologie verwenden und ein systemweites vereinheitlichtes Speicherkonzept nutzen.

Viele der vorgestellten Ideen werden zum ersten Mal genutzt und es ist interessant zu sehen, wie sie die Forschungsrichtungen des High Performance Computing beeinflussen. Um unser umfangreiches Wissen in die europäische strategische Forschungsagenda einfließen zu lassen, arbeiten wir im Projekt EXDCI mit führenden Experten aus dem HPC-Bereich zusammen und tragen essentiell zu Entscheidungen für das wissenschaftliche Programm der EU bei. Es stehen spannende Zeiten bei dem Wettrennen zum ersten Exa-Computercluster bevor.



1



2

WELTKLASSE-3D AUS KAISERSLAUTERN

1 Diffuses Path Tracing auf dem Modell einer Boeing 777 mit ca. 300 Mio. Dreiecken (Detailansicht Fahrwerk); der Aufbau der BVH dauerte nur 15 Sekunden.

2 Die schnelle Aktualisierung der BVHs ermöglicht auch eine interaktive Visualisierung von vorberechneten Partikelsimulationen mit über 1 Mio. Partikel.

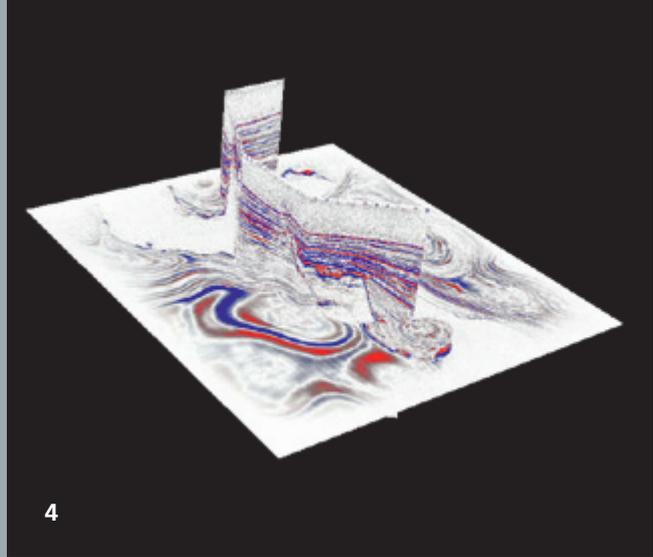
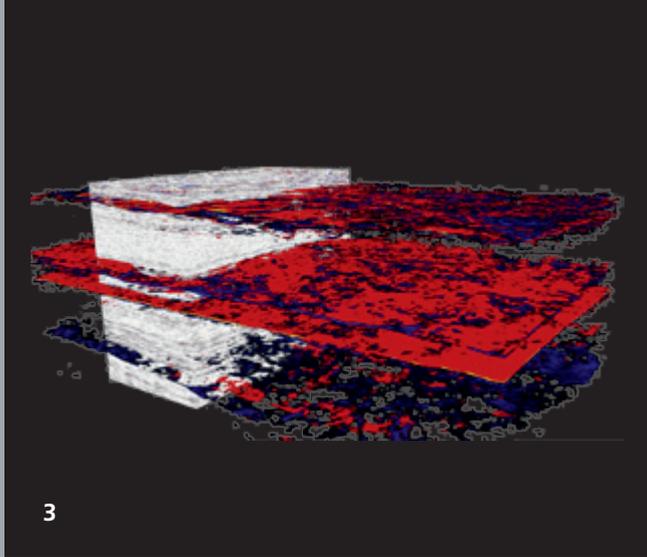
Bereits seit vielen Jahren beschäftigt sich das Competence Center High Performance Computing mit dem Thema 3D-Visualisierung. Dabei bestritt das CC HPC von Anfang an einen neuen Weg, durch die konsequente Verwendung von CPUs ohne die Einbindung von Grafikkarten. Gepaart mit einer parallelen Architektur, schnellen Kommunikationsverfahren sowie skalierbaren Renderkernels eignet sich die PV-4D Render Engine damit insbesondere für die interaktive Visualisierung sehr großer Datensätze, wie sie beispielsweise in der Seismik, der Medizin oder auch in der Film- und Computerspieleindustrie anfallen. Die Einsatzmöglichkeiten und -fähigkeiten der Engine sind dabei sehr umfassend. Angefangen bei der Visualisierung von Volumendaten mit oder ohne Volume Rendering über die effiziente Darstellung triangulierter Objekte und Szenen bis hin zur fotorealistischen Szenen, PV-4D ermöglicht gänzlich neue Einsatzszenarien.

Um ihren Spitzenplatz zu behaupten, entwickeln die Wissenschaftler in der Visualisierungsgruppe des CC HPC weitere Optimierungen und neue Verfahren. Dabei macht es die stetig wachsende Rechenleistung – auch dank neuer Hardwarearchitekturen wie Intels KNL – möglich, immer aufwändigere Visualisierungsmethoden für sehr große Datensätze in Echtzeit zur Verfügung zu stellen.

Fotorealismus mit Path Tracing

Nachdem PV-4D bereits fotorealistisches Ray Tracing in Echtzeit anbietet, folgt mit der Einbindung von Path Tracing nun der nächste Schritt. Im Gegensatz zu konventionellem Ray Tracing werden beim Path Tracing auch diffuse Oberflächen korrekt beleuchtet und so wesentlich realistischere Beleuchtungseffekte erzeugt. Um ein möglichst rauschfreies Bild zu bekommen, müssen dabei verhältnismäßig viele Strahlen pro Pixel verfolgt und gegen die Objekte in der Szene getestet werden. Entscheidend dabei sind zum einen schnelle Verfahren für den Aufbau sogenannter Bounding-Volume-Hierarchien (BVH) und zum anderen für den Test von Strahlen gegen diese BVH. Für beides werden am CC HPC gerade neue und effiziente Verfahren entwickelt. Dabei sind die Verfahren für die Strahltests – und zwar sowohl für kohärente als auch für inkohärente Strahlen – gemessen an anderen Lösungen wie z. B. Intel Embree bereits um einen Faktor 2 bis 4 schneller. Zielsetzung ist das interaktive Rendering ganzer Filme, vorausgesetzt natürlich, genügend Rechenleistung steht zur Verfügung.

Die schnellen Verfahren zum Aufbau und zur Aktualisierung der BVH ermöglichen auch neue Wege in der Visualisierung von Partikel-Simulationen. Bisher wurden diese oft Bild für Bild berechnet und anschließend als Videoclip wiedergegeben. Mit Fraunhofer-Technologie ist nun eine interaktive Visualisierung solcher Szenen möglich; mit völlig neuen Einsichten.



Neben den Anstrengungen, den technologischen Spitzenplatz in der 3D-Visualisierung zu behaupten, schlug das CC HPC in diesem Jahr auch den Weg zur stärkeren Kommerzialisierung dieser Technologie ein. Ganz im Sinne des Fraunhofer-Konzepts »Intrapreneurship« wurde mit **XtreemView** ein Startup im Unternehmen angestoßen, um diese Kommerzialisierung voranzutreiben. Gefördert wird die Kommerzialisierung – als einziges gefördertes Softwareprojekt – im Programm »Fraunhofer-Innovator«, das Technologieprojekte systematisch am Übergang vom Forschungsergebnis zum marktreifen Produkt unterstützt mit dem Ziel, die Technologien in Spin-offs oder durch Lizenzverträge am Markt verfügbar zu machen. Nicht zuletzt wegen der langjährigen Präsenz auf diesem Markt richtet sich die erste Kommerzialisierungsphase auf den Öl- und Gasmarkt und bietet – neben der PV-4D Engine – auch einen einfach zu bedienenden, schnellen, parallelen Viewer für seismische Daten: XtreemView.

XtreemView bringt Spitzentechnologie zum Endnutzer

XtreemView nutzt die Stärken der PV-4D Engine und stellt sie direkt dem Endnutzer zur Verfügung – egal, ob dieser täglich und nur gelegentlich mit der Visualisierung seismischer Daten zu tun hat. Das Programm stellt die echten 32bit Float-Werte auf dem Bildschirm dar und erlaubt das einfache Überblenden zweier beliebiger Datensätze, z. B. von Seismik und einem Geschwindigkeitsfeld. Dieses Extra an Informationen liefert einen entscheidenden Mehrwert bei der Interpretation und Analyse der Daten. Unterschiedliche Darstellungsformen, gepaart mit Volume Rendering, die Einbeziehung sehr großer und zahlreicher seismischer Horizonte sowie die Möglichkeit, beliebige Schnittflächen zu definieren, runden die Möglichkeiten für den Nutzer ab.

Der entscheidende Vorteil gegenüber anderen Viewern ist aber die einfache Skalierbarkeit, die es ermöglicht, die Hardware an die Problemgröße anzupassen. Und nicht nur lassen sich mit zwei Rechenknoten doppelt so große Daten visualisieren, durch die parallele Implementierung sämtlicher I/O Operationen sind auch die Ladezeiten nicht länger eine große Hürde: Je mehr Knoten laden, desto schneller ist der Ladevorgang. Geladen wird dabei von Datenformaten, die in der Industrie bereits seit Jahrzehnten verbreitet sind: SEG-Y, JavaSeis, SU u. a.

Vorgestellt wurde XtreemView bereits auf den beiden großen jährlichen Messen der Öl- und Gasindustrie, der EAGE in Madrid sowie der SEG in New Orleans, wo der Viewer großen Anklang beim Publikum fand.

3 *Zwei seismische Datensätze mit zusammen ~ 120 GB, einer als solider Körper, der andere mit Volume Rendering dargestellt.*

4 *XtreemView ermöglicht es auch, beliebige Pfade in den Daten zu selektieren und die Volumendaten auf den so entstandenen Ebenen darzustellen.*



Die mathematische Modellierung und Simulation der Vorgänge im Körper nach Verabreichung eines Medikaments (z. B. Absorption, Verteilung, Stoffwechsel und Ausscheidung), die sogenannte Pharmakokinetik sowie die sogenannte Pharmakodynamik, die untersucht, inwieweit die Medikamentenkonzentration zu einem medizinisch sichtbaren Effekt führt, spielen bei der Entwicklung von Medikamenten eine immer größere Rolle.

FRAUNHOFER-CHALMERS RESEARCH CENTER FOR INDUSTRIAL MATHEMATICS FCC

- **GEOMETRIE UND BEWEGUNGSPLANUNG**

Software-Entwicklung für die Bewegungsplanung von Robotern und Simulation flexibler Kabel

- **COMPUTATIONAL ENGINEERING UND DESIGN**

Numerische Methoden und Simulationstools für die Bereiche Hydrodynamik, Strukturdynamik und Elektromagnetismus

- **SYSTEM- UND DATENANALYSE**

Software-Entwicklung für dynamische Systeme, Prognose und Kontrolle, Bild- und Videoanalyse, Statistik und Quality Engineering





Das FCC bietet Vertragsforschung, Service, Algorithmen und Software basierend auf modernen mathematischen Methoden im Bereich der Modellierung, Simulation und Optimierung (MSO) und liefert hierbei industrielle Innovationen für Produkte und Produktionssysteme. Im Jahr 2015 konnte dies mit zahlreichen Kunden aus der Automobil- und Fahrzeugindustrie, Meteorologie, der Pharmaindustrie, der Holz- und Papierherstellung sowie Elektronikindustrie unter Beweis gestellt werden. Beispiele hierfür sind die Simulation und Optimierung computergesteuerter Klebstoff-Stationen, die Simulation der Ergonomie in der Montageplanung, die Modellierung und Simulation der Zusammensetzung verschiedener Medikamente sowie deren Verabreichung und Wirkung, die Off-line-Programmierung robotergesteuerter Inspektionssensoren und die Simulation der feuchtigkeitsbedingten Randwelligkeit von Kartonagen.

Im Laufe des Jahres 2015 haben wir über vierzig Projekte für Kunden aus der Industrie und zwanzig Projekte, die von öffentlichen Forschungsagenturen wie SSF, VINNOVA und der EU finanziert wurden, bearbeitet. Seit dem letzten Jahr zeigen die Gesamterträge einen Anstieg um fast fünf Prozent; die Industrierträge liegen bei 44 Prozent. Unsere Arbeit und Technologien unterstützen Kunden aus aller Welt, sei es Schweden, Deutschland, USA, Finnland, Dänemark, Japan, Israel, Korea, Großbritannien oder China.

Dennoch ist das volle Nutzungspotenzial der angewandten Mathematik in der Industrie noch lange nicht ausgeschöpft. Neue Technologien in Verbindung mit weiteren Anstrengungen im Marketing und Verkauf werden unser Wachstum im Jahr 2016 und später hoffentlich weiter vorantreiben.

2015 konnten wir acht neue Kolleginnen und Kollegen aufnehmen. Zudem arbeiteten dreizehn Studenten der Chalmers University als wissenschaftliche Hilfskräfte bei uns; weitere sechs Chalmers-Studenten fertigten ihre Master-Thesis am FCC an. Um auf lange Sicht für unsere Kunden und Arbeitgeber attraktiv zu bleiben, sind die wissenschaftlichen Aktivitäten des FCC sehr wichtig; diese manifestieren sich unter anderem in der Veröffentlichung von über dreißig wissenschaftlichen Papers im vergangenen Jahr.

Von großem Vorteil für das FCC ist die Möglichkeit der langfristigen Zusammenarbeit mit Fraunhofer und Chalmers. Die Kooperation und der Austausch von Projekten mit dem ITWM umfassten im Jahr 2015 eine große Anzahl an Themen, beispielsweise Dynamik, Biomechanik, die Simulation flexibler Systeme, die Simulation von Lackiervorgängen, Positionsverfolgungssysteme, die Optimierung von Produktkonfigurationen, die Simulation ultraschneller Elektronik sowie Big-Data-Analysen. Zusätzlich haben wir auch unsere Kooperation mit anderen Fraunhofer-Instituten ausgeweitet.

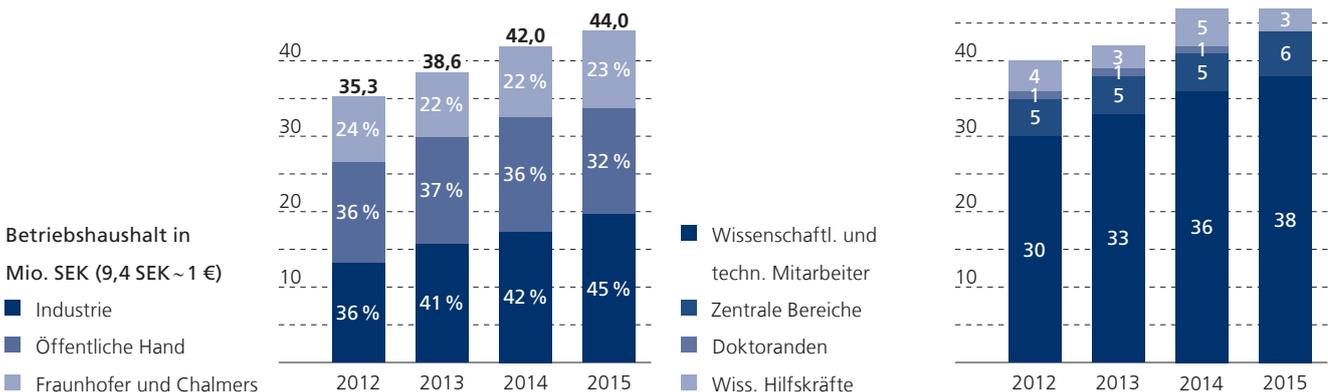


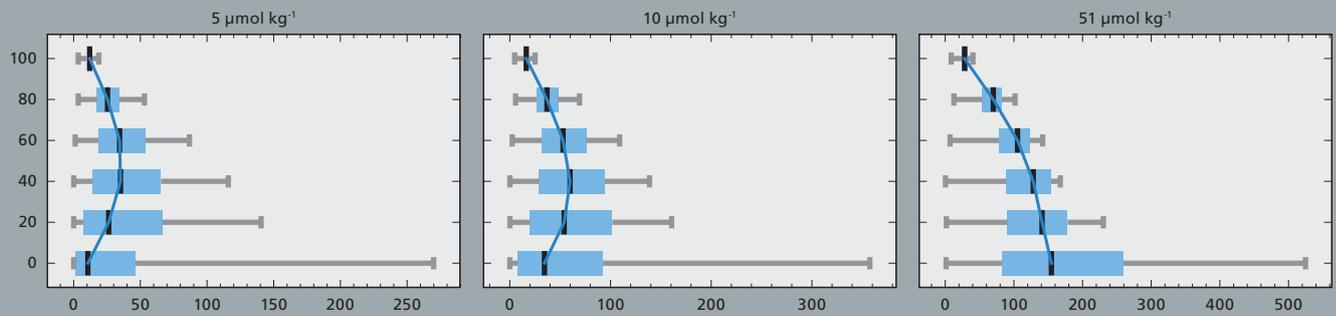
Die gut etablierte Zusammenarbeit mit Chalmers-Zentren und Fachabteilungen umfasste im Jahr 2015 Projekte, Fördermittelanträge, Gastvorlesungen, Programme für Doktoranden und Masterstudenten des Wingquist Laboratories; Themen waren zum Beispiel Produkt- und Produktionsentwicklung, System- und synthetische Biologie, Fluidodynamik und Medizintechnik. Das FCC ist auch aktiv auf dem Gebiet der Materialwissenschaften und der Life Sciences.

Im Mai 2015 wurde das FCC von einem internationalen Komitee evaluiert; die Komitee-Mitglieder wurden durch Fraunhofer und Chalmers ausgewählt. Ihre Aufgabe war die Analyse der wissenschaftlichen und ökonomischen Entwicklung sowie die künftige Strategie des FCC. Die erfolgreiche Bewertung zeigte, dass sich das FCC seit seiner Gründung im Jahr 2001 zu einer exzellenten Forschungseinrichtung entwickelt hat und alle Ziele erreicht oder sogar übertroffen wurden.

Gestärkt durch diese erfolgreiche Evaluation und zusätzliche Unterstützung von bzw. Zusammenarbeit mit unseren Gründern werden wir unsere herausfordernde aber umso lohnenswertere Arbeit fortsetzen und als schwedisches Zentrum für Industriemathematik etablieren, welches dem Fraunhofer-Modell mit einem hohen Maß an Auftragsforschung und der Beschäftigung mit vorwettbewerblichen Forschungsfragen gerecht wird.

Dr. Johan Carlson
Leiter des FCC





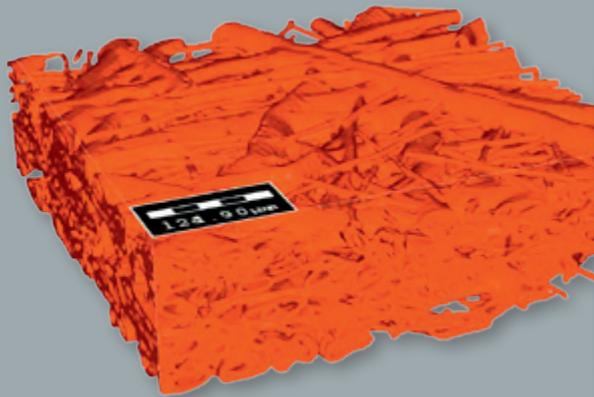
1

MODELLIERUNG UND SIMULATION DER PRÄDIKTIVEN WIRKSTOFFFORSCHUNG UND -ENTWICKLUNG

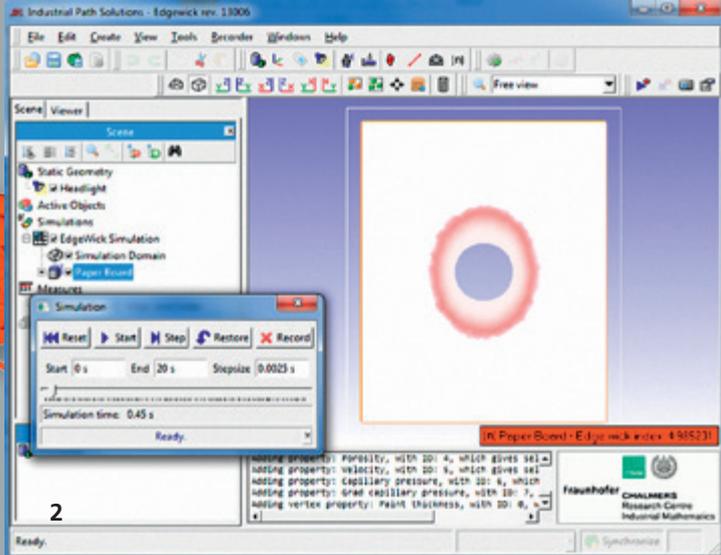
1 *Auswirkung der Schwere der Krankheit auf Ausmaß und Variabilität der Erholung: Der Umfang der Erholung nach Beendigung einer 300-minütigen Infusion wurde als höchste Konzentration der erzielten NEFA quantifiziert, ausgedrückt in Prozent oberhalb der Baseline für verschiedene Schweregrade der Krankheit (0% – 100%) unter Verwendung von Box- und Whisker-Plots.*

Modellierung und Simulation können in der Arzneimittelforschung und -entwicklung helfen, das Potenzial von Präparaten zu beurteilen. Die Arbeit des FCC zielt darauf ab, den Modellierungs- und Simulationsprozess in der modellbasierten Arzneimittelforschung und -entwicklung darzustellen und zu rationalisieren, um sowohl die Geschwindigkeit der Modellentwicklung als auch die Aussagekraft künftiger Modelle zu verbessern. Das war Gegenstand eines dreijährigen Projektes mit AstraZeneca. Die mathematische modellbasierte Analyse experimenteller Daten über Aufnahme, Verteilung und Absonderung neuartiger Präparate sowie über ihre pharmakologische Wirkung wird sowohl in vorklinischen Studien als auch in der medizinischen Translation verwendet, um Dosierungspläne für klinische Studien rationell zu erstellen. Bereits existierende Daten und Modelle werden jedoch zu selten benutzt, um Antworten auf Fragen integrativen Charakters zu finden. Hier kann die Meta-Analyse bereits existierender Studien angewandt werden. Die Quantifizierung der Unsicherheit ist ein anderes wichtiges Thema, wenn zu wenige geeignete Tools und Techniken zum Einsatz kommen.

Um die Wirkung von Medikamenten bei der Skalierung von gesunden zu kranken Personen vorherzusagen, ist eine gemeinsame Analyse der Daten gesunder und kranker Tiere von Interesse. Ziel einer während dieses Projekts durchgeführten Meta-Analyse war es zu bestimmen, wie Krankheiten als Reaktion auf Verabreichung von Nikotinsäure die Konzentration von nicht-veresterten Fettsäuren (NEFA) beeinflussen, und diese Wirkung mit einer kombinierten Analyse zu quantifizieren, bei der die Datensätze sowohl normalgewichtiger als auch fettleibiger Ratten verwendet wurden. Die große Mehrheit der heutigen PKPD-Modelle kann nicht mit der Unsicherheit in der Modelldynamik umgehen. Die sogenannte nichtlineare gemischte Effekte-Modellierung (NLME) trägt der Variabilität und Unsicherheit Rechnung, sowohl in als auch zwischen den modellierten Subjekten. Wir haben untersucht, wie man Unsicherheit auch in die Modelldynamik bei der NLME-Modellierung aufnehmen kann. Somit werden verlässlichere Schätzmethoden zur Verfügung gestellt sowie die Möglichkeit, eine Fehleinschätzung zu erkennen und zu quantifizieren. Wir haben einen Sensitivitätsgleichungs-basierten Parameterschätzungs-Algorithmus für NLME-Modelle entwickelt, der Sensitivitätsgleichungen zur Bestimmung von Gradienten sowohl für die Optimierung der individuellen zufälligen Wirkungsparameter als auch für die Optimierung der festen Wirkungsparameter für die Population verwendet. Der Algorithmus kann auf Modelle angewandt werden, die auf ODEs sowie auf SDEs basieren. Aufgrund seiner hohen Genauigkeit bei der Gradientenbestimmung weist der neue Algorithmus mehr Zuverlässigkeit und Konvergenz auf in Situationen, in denen die aktuelle Standardsoftware der Branche, wie z.B. NONMEM, versagt.



1



2

ISOP – INNOVATIVE SIMULATIONSVERFAHREN FÜR PAPIER

Ziel des Projekts ist die Entwicklung neuer Tools zur Simulation der Papier- und Kartonagenherstellung, die auf Mikrostrukturmodellen von Fasernetzen beruhen. Partner sind die Unternehmen AkzoNobel Pulp and Performance Chemicals, Albany International, Stora Enso und Tetra Pak.

Die Hauptinnovation des ISOP-Projektes besteht darin, dass nun Simulationen zur Mikrostruktur von Fasergeweben möglich sind, was folglich die Bestimmung makroskopischer Eigenschaften von Materialien wie Karton oder Pappe mit industriell relevanter Genauigkeit ermöglicht. Hierdurch konnten enorme Fortschritte hinsichtlich des fundamentalen Verständnisses im Papierherstellungsprozess erzielt werden. Dies ist besonders wichtig, um Produkte mit erhöhter Funktionalität, aber gleichzeitig geringerem Material- und Energieverbrauch bei der Entwicklung konzipieren zu können. Unsere Bemühungen konzentrieren sich auf die Entwicklung eines Simulationstools, mit dem der Papierherstellungsprozess in der Siebpartie und die Widerstandsfähigkeit der Pappe, abhängig von Zellstoffart, chemischen Eigenschaften sowie Herstellungsbedingungen dargestellt werden kann.

Auf lange Sicht können Kartonverpackungen mit besseren funktionalen Eigenschaften entwickelt werden. Die Software basiert auf einem objekt-orientierten C++-Frame und besteht aus den folgenden, eng miteinander verbundenen Modulen: **PaperGeo** zur virtuellen Strukturgenerierung, **IBOFlow** zur Simulation von Fließ-Eigenschaften und **LastFEM** zur Simulation der strukturellen Dynamik. Die **IPS**-Plattform wird generell für das Pre- und Post-Processing genutzt.

Nach dem Starten der Tetra Brik Asptic-Füllmaschine füllt sich die Wanne nach einem kurzen Stopp mit einer Mischung aus Wasser und Peroxid und die Flüssigkeit beginnt die obere Schicht des Kartons zu durchdringen. Die Penetrationstiefe darf nur einige wenige Millimetern betragen, da die Packung sonst durchweichen und auslaufen würde, was wiederum die sterile Umgebung der Füllmaschine zerstören würde. Die Durchlässigkeit des Materials hängt ab von den Fasereigenschaften, chemischen Zusatzstoffen, Blattstruktur und anderen Prozessparametern.

Um die Randdurchdringung simulieren zu können, wurde ein Multiscale Framework entwickelt. Die mikroskalären stochastischen Darstellungen der Papier-Mikrostruktur wurden in PaperGeo generiert. Ein Poren-Morphologie-Modell sowie einphasige Strömungssimulationen ergänzen diese in der Makroskalierung. Zweiphasige Porous Media-Flow-Simulationen geben jeweils die Durchdringungstiefe der Flüssigkeit in Abhängigkeit zur Zeit als Funktion an. Dieses Multiscale Framework zeigt eine ausgezeichnete Übereinstimmung mit stationären Edge-Wicking-Experimenten.

1 Stochastische Darstellung von Papier-Mikrostrukturen mit dem PaperGeo-Modul der Software GeoDict

2 Screenshot der Software IPS ISOP Edge Wicking: Die Simulation zeigt die Penetration einer Flüssigkeit durch ein Kartonloch.

Andrä, Heiko; Fink, Andreas; Godehardt, Michael; Kabel Matthias; Sli-seris, Jannis; Staub, Sarah; Wirjadi, Oliver
Mikrostruktursimulation der mechanischen Deformation von Fasermaterialien
 VVD 2015, Radebeul, März

Andrä, Heiko; Fink, Andreas; Kabel, Matthias; Schneider, Matti
Digital Rock Physics Benchmarks and FFT-Based Elasticity Solvers
 Interpore 7th International Conference on Porous Media, Padova (I), Mai

Andrä, Heiko; Kabel, Matthias; Spahn, Johannes; Staub, Sarah; Müller, Ralf
Multiscale Simulation of Progressive Damage in Fiber Reinforced Plastics
 3rd DVM/SF2M-Seminar, Kaiserslautern, April

Arne, Walter; Hietel, Dietmar; Wegener, Raimund
Modeling and Simulation for Spinning Processes
 Nonwovens Innovation Academy, Leeds (GB), November

Bäcker, M.; Gallrein, A.; Roller, M.
NVH model of a rotating tire
 Guildford (GB), April

Barthlen, Andreas; Lang, Patrick
Stability-Preserving Parametric Model Reduction by Matrix Interpolation using Invariance Properties of Krylov Subspaces
 GAMM 86th Annual Scientific Conference, Lecce (I), März

Bortz, Michael; Maag, Volker; Schwientek, Jan; Benfer, Regina; Böttcher, Roger; Burger, Jakob; von Harbou, Erik; Aspiron, Norbert; Küfer, Karl-Heinz; Hasse, Hans
Decision Support by Multicriteria Optimization in Process Development: An Integrated Approach for Robust Planning and Design of Plant Experiments
 25th ESCAPE, Kopenhagen (DK), Juni

Bortz, Michael; Schwientek, Jan; Burger, Jakob; von Harbou, Erik; Blagov, Sergej; Hirth, Oliver; Aspiron, Norbert; Küfer, Karl-Heinz; Hasse, Hans

Minimizing the impact of uncertain model parameters on process design
 ProcessNet Jahrestreffen der Fachgemeinschaft Fluidodynamik und Trenntechnik, Bamberg, September

Bortz, Michael; Schwientek, Jan; Welke, Richard; Burger, Jakob; von Harbou, Erik; Benfer, Regina; Blagov, Sergej; Böttcher, Roger; Aspiron, Norbert; Küfer, Karl-Heinz; Hasse, Hans
Sensitivity analysis and robust chemical process design
 AICHEM 2015, Frankfurt, Juni

Burger, M.
Function Space Optimal Control Methods for Tracking Problems in Vehicle Engineering
 Halle, September

Burger, M.
Optimal Control of Delay Differential-Algebraic Equations
 Potsdam, September

Calabrese, F.; Bäcker, M.; Gallrein, A.
A full thermo-mechanical tire model for advanced handling applications
 München-Dornach, Juni

Calabrese, F.; Bäcker, M.; Gallrein, A.
A Method to Combine an MBD Tire Model with a Thermo-dynamical one to improve the accuracy in the tire simulations
 Barcelona (E), Juni

Calabrese, F.; Bäcker, M.; Gallrein, A.
Thermo-mechanical Tire Model to Predict Temperature Creation-Propagation and Rolling Resistance
 Köln, Februar

Calabrese, F.; Bäcker, M.; Gallrein, A.
Tire Handling Simulations: Closing The Gap With A Full 3d Scalable Thermo-Mechanical Model
 Graz (A), August

Cesarek, P.; Zupan, D.; Linn, J.
Conceptual and numerical aspects of the mixed variational formulation of geometrically exact beam models
 Barcelona (E), Juni

Dalheimer, Mathias
Wie man einen Blackout verursacht
 32. Chaos Communication Congress, Hamburg, Dezember

Dobrovolskij, Dascha
Modelling of Ultrasonic Scattering Phenomena due to Polycrystalline Microstructure
 Fontainebleau (F), Oktober

Dobrovolskij, Dascha; Hirsekorn, Sigrun; Spies, Martin
Simulation of ultrasonic materials evaluation experiments Including scattering phenomena due to polycrystalline microstructure
 International Congress on Ultrasonics, Metz (F), Mai

Dörlich, V.; Linn, J.; Scheffer, T.; Diebels, S.
Towards viscoplastic constitutive models for Cosserat rods
 Barcelona (E), Juni

Dörlich, V.; Scheffer, T.; Diebels, S.
Experimental characterization of inelastic cables and hoses
 Deidesheim, Juni

Dreßler, K.
Fraunhofer ITWM - related products and technologies
 Deidesheim, Juni

Dreßler, K.; Bäcker, M.; Calabrese, F.; Halfmann, T.
The Tyre as Part of the Vehicle and of the Road-Tire-Vehicle System
 Nürnberg, Juni

Dreßler, K.; Bäcker, M.; Gallrein, A.; Calabrese, F.
Structural Tire Modelling with CDTire3D: Closing the Gap Between Physicality and Performance
 Stuttgart, Juli

Easwaran, Prakash
Extension of the Altendorf-Jeu-lin fiber system model to incorporate fiber bundles
 Fontainebleau (F), Oktober

Erlwein-Sayer, Christina
Investmentstrategies within a regime-switching model for asset returns
 London (GB), Dezember

Fütterling, Valentin
Core Algorithms for High-Performance, Interactive Rendering of Large-scale Scientific Data
 Platform for Advanced Scientific Computing Conference (PASC), Zürich (CH), Juni

Fütterling, Valentin
Interaktive server-basierte Visualisierung großer Daten
 ZKI Tagung Arbeitskreis Supercomputing, Leibniz-Rechenzentrum Garching, Oktober

Gallrein, A.; Bäcker, M.
Overall tire model solution on extended frequency range in combination with VL Motion
 München, April

Gizatullin, A.; Calabrese, F.; Kleer, M.; Bäcker, M.; Dreßler, K.
Interactive tire simulation for motor sport applications
 Köln, November

Gizatullin, A.; Pena Viña, E.; Kleer, M.; Dreßler, K.
RODOS Driving Simulator - a platform for Human-In-The-Loop systems design
 Trieste (I), April

Gramsch, Simone
Mathematische Modellierung von Airlay-Prozessen
 ISTRON-Tagung, Kaiserslautern, Oktober

Gramsch, Simone
Virtuelle Vliesproduktion
 Tag der Verfahrenstechnik, Kaiserslautern, September

Gramsch, Simone; Arne, Walter; Wegener, Raimund
FIDYST – Simulation of Fiber Dynamics for Nonwoven and Fiber Processes
 ITMA, Mailand (I), November

Gramsch, Simone; Michel, Isabel
FPM (Finite Pointset Method) und FIDYST (Fiber Dynamics Simulation Tool) in der Verfahrenstechnik
 Kompetenznetzwerk Verfahrenstechnik Pro3, Leverkusen, Mai

Grünewald, Daniel
RTM - Asynchronous Constraint Execution for Scalability and Heterogeneity on Shot Level
2015 Rice Oil & Gas HPC Workshop, Rice University, Houston (USA), März

Halfmann, T.
Using the Virtual Measurement Campaign® (VMC®) methodology for evaluating vehicle loads and tyre performance
Köln, Februar

Hietel, Dietmar; Arne, Walter; Schnebele, Johannes
Simulation-based design of a new rotational spinning process for polymer fibers
Man-made Fibers Congress 2015, Dornbirn (A), September

Hietel, Dietmar; Arne, Walter; Wegener, Raimund
Modelling and Simulation of Fiber Spinning and Nonwoven Processes
ITMA, Mailand (I), November

Hietel, Dietmar; Gramsch, Simone; Wegener, Raimund
Simulationsbasierte Analyse von Vliesstoffstrukturen: Stochastik birgt reelle Chance
Vliesstofftage Hof, November

Hoffmann, Anna; Bortz, Michael; Burger, Jakob; Küfer, Karl-Heinz; Hasse, Hans
Robuste Simulation und gleichzeitige Optimierung von Fließbildern mittels Schießverfahren
ProcessNet Jahrestreffen der Fachgemeinschaft Fluidodynamik und Trenntechnik, Bamberg, September

Hoffmann, R.; Miezal, M.; Bleser, G.; Leyendecker, S.; Gail, T.
Towards bridging the gap between motion capturing and biomechanical optimal control simulations
Barcelona (E), Juni

Iliev, Oleg; Efendiev, Yalchin; Latz, Arnulf; Maday, Yvon; Taralova, Vasilena; Taralov, Maxim; Zausch, Jochen; Zhang, Shiquan
On computer simulation of multiscale processes in porous electrodes of Li-ion batteries

InterPore, Padua (I), Mai und FEM Workshop of 2015 Peking University Summer Academic Activities on Numerical Partial Differential Equations, Beijing (CHN), August

Iliev, Oleg; Efendiev, Yalchin; Latz, Arnulf; Maday, Yvon; Taralova, Vasilena; Taralov, Maxim; Zausch, Jochen; Zhang, Shiquan
On some mathematical challenges in studying multiscale electrochemical processes in Li-ion battery
MIRAW Day on Modelling and simulation of electrochemical flows in Lithium-ion batteries, Warwick (GB), November

Iliev, Oleg; Iliev, Dimitar; Kirsch, Ralf
On Dimension Reduction Approach for Simulations of Poroelastic Deformations in Pleated Filters
ICIAM, Beijing (CHN), August

Iliev, Oleg; Iliev, Dimitar; Kirsch, Ralf
On solving of poroelasticity problems related to simulation of filtration processes
Large Scale Scientific Computing, Sozopol (BG), Juni

Iliev, Oleg; Kirsch, Ralf; Osterroth, Sebastian
Cake filtration simulation for poly-dispersed spherical particles
FILTECH conference, Köln, Februar

Iliev, Oleg; Leonard, Katherine; Lakdawala, Zahra
Pore scale simulation of reactive flows on 3D CT images
1st Annual Meeting of UK InterPore Chapter, Manchester (GB), August und Advanced Computers for Innovation, Sofia (BG), November

Iliev, Oleg; Nessler, Katherine; Lakdawala, Zahra; Prill, Torben
Pore scale modeling and simulation for surface activated filtering media
Fall Meeting of American Filtration Society, Franklin USA), Oktober

Kabel, Matthias; Andrä, Heiko; Fink, Andreas; Schneider, Matti; Fliegenger, Sascha
FFT-Based Homogenization of Long Fiber Reinforced Thermoplastics

ESMC2015 - 9th European Solid Mechanics Conference, Madrid (E), Juli

Kabel, Matthias; Kirsch, Ralf; Staub, Sarah; Bernards, Daniel; Dederling, Michael
Experimental study and numerical simulation of the flow-induced deformation of filtering media in automotive transmission filters
FILTECH 2015, Köln, Februar

Kabel, Matthias; Schneider, Matti
Finite strain computational analysis of stacked unidirectional prepreg materials
28. Workshop Composite Forschung in der Mechanik, Paderborn, Dezember

Keuper, Janis
Asynchronous Parallel Stochastic Gradient Descent: A Numeric Core for Scalable Distributed Machine Learning Algorithms
MLHPC Workshop at Super Computing 15, Austin (USA), November

Keuper, Janis
Balancing the Communication Load of Asynchronously Parallelized Machine Learning Algorithms
ISC Cloud and Big Data, Frankfurt, September

Keuper, Janis
Deep Learning and the SGD Algorithm
Summer School des Graduiertenkollegs 1932, Kaiserslautern, Oktober

Kleer, M.; Gizatullin, A.; Pena Viña, E.; Dreßler, K.
Interactive real-time driving simulation for assistance system development
Stuttgart, Juni

Klein, Peter
EMMC and the value chain: CAE upstream to Materials
International CAE Conference 2015, Pacengo del Garda (I), Oktober

Kleinert, J.; Simeon, B.
A conical interior point method for nonsmooth rigid body dynamics
Rhodos (GR), März

Kühn, Martin
Experience with GPI-Applications in Extreme Scale
Result Workshop of the Extreme Scale-Out Phase2, Leibniz Supercomputing Centre, München, Juni

Kuhnert, Jörg
Finite Pointset Method (FPM) simulations in airbag deployment: challenges and advantages
CAE Grand Challenge 2015, Hanau, April

Kuhnert, Jörg
Meshfree simulation of solution processes of minerals
8th International Workshop on Mesh-free Methods, Bonn, September

Küstners, Ferdinand; Trenn, Stephan
Duality of switched ODEs with jumps
54th IEEE Conference on Decision and Control, Osaka (J), Dezember

Leithäuser, Christian; Feßler, Robert; Hietel, Dietmar
Analysis and Optimization of Polymer Spin Packs
ITMA, Mailand (I), November

Linn, J.
Dynamic cable simulation – challenges and technologies
Deidesheim, Juni

Linn, J.; Dreßler, K.; Hermanns, O.; Sadiku, V.
Simulation des nichtlinearen Verhaltens von Kabeln und Schläuchen für Anwendungen in der Montageplanung
Nürnberg, März

Losch, Katharina
Stereology for SEM images of a Metal-Matrix-Composite
Fontainebleau (F), Oktober

Merten, Dirk
GRT Angle Migration: A 5D Data Mapping Problem
International Conference on High Performance Computing & Simulation (HPCS), Amsterdam (NL), Juli

Migunova, Anastasia; Orlik, Julia
Homogenization via unfolding in periodic layer with contact
Regensburg, Januar

Mohring, Jan
Mode Assignment in Parametric Model Order Reduction
EU-MORNET Workshop, Luxembourg (L), November

Montag, Martin
Hyperspectral Unmixing from Incomplete and Noisy Data
Applied Inverse Problems Conference (AIP), Helsinki (FIN) Mai

Neunzert, Helmut
Alles Leben ist Problemlösen (frei nach Karl Popper)
ISTRON-Tagung, Kaiserslautern, Oktober

Neunzert, Helmut
Aus Kaiserslautern in die Welt – Die Welt in Kaiserslautern
Kaiserslautern, September

Neunzert, Helmut
Tysk-Svensk Samarbete: Fraunhofer-Chalmers since 2001
Fraunhofer-Zentrale München, September

Nowak, Dimitri; Bortz, Michael; Roclawski, Harald
Decision support for the design and operation of water supply systems
13th Computer Control for Water Industry CCWI2015, Leicester (GB), September

Orlik, Julia
Estimates for the rescaling of Korn's, trace inequalities and norms of Bessel potentials in periodic domains
St. Etienne (F), November

Orlik, Julia
Evolutional contact with Coulomb's friction on a periodic microstructure
Vilnius (LV), Mai und WIAS, Berlin, Dezember

Orlik, Julia
Homogenization of periodic contact problems
Regensburg, Januar

Orlik, Julia
Homogenization, simulation and optimization of textile-like materials
Ecole Politenique, Dep. Mech. Eng., Paris (F), Juni

Orlik, Julia
Simulation of compressible stockings
IMWF, Universität Stuttgart, März

Osterroth, Sebastian; Iliev, Oleg; Pinnau, René
Using sensitivity analysis in the framework of proper orthogonal decomposition with application to cake filtration
MoRePaS conference, Triest (I), Oktober

Pena Vina, E.
Der Mensch als Teil der Testumgebung: Fahrsimulator und 3D-Messfahrzeug am Fraunhofer ITWM
Wörth, November

Pfreundt, Franz-Josef
BeeOND: (BeeGFS on Demand)
HLRS/www Workshop on Scalable Global Parallel File Systems, Stuttgart, April

Pfreundt, Franz-Josef
Data Management und Workflow Automatisierung in Big Data Umgebungen
Big Data Strategiedialog, Bonn, Juni

Pfreundt, Franz-Josef
Energiemonitoring und Identifikation von Energieverbrauchern
Energy Masters Dialog, Bonn, Januar

Pfreundt, Franz-Josef
High Performance Data Analytics HPDA
Big Data Minds, Berlin, September

Pfreundt, Franz-Josef
HPC and Big Data Storage- and Parallel File-systems: The Fraunhofer Parallel Filesystem
HP Cast, HP Consortium for Advanced Scientific and Technical Computing World-Wide User Group Meeting, Juni

Prill, Torben; Jeulin, Dominique; Willot, François; Balach, Juan; Soldera, Flavio
Prediction of Transport Properties of Nanoporous Carbon Electrodes From 3D Full Field Calculation by FFT
Electrical, Transport, and Optical Properties of Inhomogeneous Media, Neveh Ilan(IL), Juni

Prill, Torben; Leonard, Katherine; Iliev, Oleg
Pore Scale Simulation of Reactive Flows on 3D-CT-Images
4. Geo-CT / -Imaging Workshop, Mainz, November

Prill, Torben; Rief, Stefan; Steiner Konrad
Microstructure modeling and optimization of transport properties of gas diffusion layers in PEM fuel cells, combining graph based approaches and full field computations
ECS Conference on Electrochemical Energy Conversion & Storage with SOFC-XIV, Glasgow (GB), Juli

Rahn, Mirko
Datenmanagement bei High Performance Anwendungen
Universität Stuttgart, Fakultät für Informatik, Mai

Rahn, Mirko
Porting an MPI application to GPI-2 including interoperability MPI-GPI
EPIGRAM Exascale Applications Workshop, Wien (A), Oktober

Rauhut, Markus
Kosteneinsparungen durch prozessintegrierte Präzisionsmessungen
Buchs (CH), September

Rauhut, Markus
Simulation von Oberflächendefekten zur Bestimmung der Fehlerauffindwahrscheinlichkeit
Salzburg (A), Mai

Rief, Stefan; Steiner, Konrad; Schulz, Volker
Determination of the capillary pressure – saturation relation for paper based on its 3D microstructure
Interpore 7th International Conference on Porous Media, Padova (I), Mai

Roller, M.; Betsch, P.; Gallrein, A.; Linn, J.
An Enhanced Tire Model for Dynamic Simulation Based on Geometrically Exact Shells
Barcelona (E), Juni

Rösch, Ronald
Blick über den Tellerrand der klassischen Oberflächeninspektion
Fraunhofer IOSB, Karlsruhe, Dezember

Rösch, Ronald
Fehlerdetektion in texturierten Oberflächen im praktischen Einsatz
8. Fraunhofer-Vision Technologietag, Stuttgart, Oktober

Sadiku, V.
Optimized design, digital validation and virtual assembly of cables, hoses and wiring harnesses
Hambach, Mai

Scherrer, Alexander, Jakobsson, Stefan; Küfer, Karl-Heinz
Multi-criteria optimization and decision support in focused ultrasound therapy planning
23rd International Conference on Multiple Criteria Decision Making MCDM, Hamburg, Juni

Schladitz, Katja; Easwaran, Prakash; Redenbach, Claudia; Wirjadi, Oliver
Stochastic modeling of 3D fiber systems with fiber bundles and parameter estimation from CT image data
International Congress for Stereology and Image Analysis, Liège (B), Juli

Schladitz, Katja; Föhst, Sonja; Wagner, Willi; Ackermann, Maximilian; Redenbach, Claudia; Wirjadi, Oliver; Ysasi, Alexandra B.; Mentzer, Steven J.; Konerding; Moritz A.
3D image analytical detection of intussusceptive pillars in murine lung
Internat. Congress for Stereology and Image Analysis, Liège (B), Juli

Schladitz, Katja; Godehardt, Michael
3D shape analysis for high performance grout
Internat. Congress for Stereology and Image Analysis, Liège (B), Juli

Schladitz, Katja; Kronenberger, Markus; Wirjadi, Oliver
Local curvature for 3D-characterization of fiber-reinforced materials
Internat. Congress for Stereology and Image Analysis, Liège (B), Juli

- Schneider, F.
A general approach for efficient embedding of flexible structures in multibody dynamics
Rhodos (GR), März
- Schneider, F.; Burger, M.
Co-Simulation via algebraic constraint: Influence of spatial discretization of flexible structures on the stability
Halle, September
- Schneider, F.; Burger, M.; Linn, J.
Efficient coupling of a cable model in multibody dynamics using kinematic algebraic constraints
Barcelona (E), Juni
- Schröder, Michael; Beißert, Ulrike; Jami, Neil; Motta, Marco
Konzeptionierung eines integrierten modellbasierten Ansatzes zur Prognose von transportlogistischen und intralogistischen Ereignissen in Logistiknetzwerken
16. ASIM Fachtagung Simulation in Produktion und Logistik, Dortmund, September
- Schwientek, Jan; Seidel, Tobias; Küfer, Karl-Heinz
A transformation-based discretization method for solving GSIPs
27th EURO, Glasgow (GB), Juli
- Seidel, Tobias; Schwientek, Jan; Küfer, Karl-Heinz
Solving the Gemstone Cutting Problem by Semi-Infinite Optimization
4th Symposium of the German SIAM-Student-Chapters, Trier, August
- Seidel, Torsten; König Christoph; Michel, Isabel; Schröder, Simon
Application and intuitive visualization of a three-dimensional benchmark for variable-density flow and solute transport calculation
Conference on Modeling Natural Barriers, Bad Wildbad, September/Oktober
- Seifarth, Tobias; Kuhnert, Jörg; Meister, Andreas
Numerical Scheme for the Finite Pointset Method to solve Transport Equations on fixed pointclouds in 3d
Particles2015, Barcelona (E), September
- Sormani, Martina; Redenbach, Claudia; Särkkä, Aila; Rajala, Tuomas A.
Classification of points in superpositions of point processes
Internat. Congress for Stereology and Image Analysis, Liège (B), Juli
- Staub, Sarah, Andrä, Heiko, Kabel, Matthias
A FFT based mesoscopic approach for the compression and recovery of structured nonwovens
Pan-American Conference on Computational Mechanics, Buenos Aires (RA), April
- Staub, Sarah, Andrä, Heiko, Kabel, Matthias
A FFT-based multi-scale approach for the simulation of progressive damage in elasto-plastic fiber-reinforced composites
ECCOMAS Young Investigators Conference, Aachen, Juli
- Staub, Sarah; Andrä, Heiko; Kabel, Matthias; Schneider, Matti
Computation of Effective quantities for nonlinear material behavior based on the LS-FFT method
9th GAMM Seminar on MultiScale Material Modeling (MMM) on Real-Data Based Numerical Method, Kaiserslautern, November
- Staub, Sarah; Kabel, Matthias; Korzheshvka, Olena; Andrä, Heiko
Generation of Binder Bonded Nonwovens using GeoDict and FeelMath
GeoDict UserMeeting, Kaiserslautern, Oktober
- Steiner, Konrad
Industrial Multiscale Simulation
Technologietag bei Procter&Gamble, Schwalbach, März
- Steiner, Konrad
Originalities and Similarities in Industrial Porous Media Simulation
Interpore 7th Internat. Conference on Porous Media, Padova (I), Mai
- Steiner, Konrad
Strömungs- und Materialsimulation
Tag der Verfahrenstechnik, Kaiserslautern, September
- Steiner, Konrad; Niedziela, Dariusz; Schmidt, Sebastian
Modellierung komplexer Fluide: Anwendungen in der Verfahrenstechnik
Tagung der Deutschen Keramischen Gesellschaft in Lahnstein, Juni
- Stephani, Henrike
Typischer Aufbau und Beispiele für Algorithmen von Oberflächeninspektionssystemen
Fraunhofer IOSB, Karlsruhe, Dezember
- Stoyanov, Dimitar
Task-based parallel sparse matrix-vector multiplication with GASPI/GPI-2
International Workshop Sparse Solvers for Exascale, Greifswald, März und 10th International Conference Large-Scale Scientific Computing, Sozopol (BG), Juni
- Streit, A.; Speckert, M.; Seifen, S.; Seebich, H.-P.; Simatos, A.; Büttner, M.
Simulation von Kundenbeanspruchungen für Steuergeräte unter thermischer Belastung
Dresden, Oktober
- Trinkaus, Hans L.
Interactive Management of Unstructured Knowledge and Dynamic Processes
27th European Conference on Operational Research, Glasgow (GB), Juli
- Velten, Sebastian; Ackermann, Heiner; Leithäuser, Neele, Meyer, Andreas; Küfer, Karl-Heinz
How to Unload Bulk Carriers Quickly? Mathematical Models to Identify Efficient Loading Patterns
MISTA 2015, Prag (CZ), August
- Weyh, T.; Speckert, M.; Opalinski, A.; Wagner, M.
Planung einer Messkampagne durch Osteuropa mittels der Fraunhofer-Software VMC ("Virtual Measurement Campaign")
Eindhoven (NL), Juni
- Wirjadi, Oliver
3D Bildanalyse der Mikrostruktur komplexer Materialien
8. Fraunhofer Vision Technologietag, Stuttgart, Oktober
- Wirjadi, Oliver
A statistical approach to fiber length estimation in long glass fiber reinforced plastics
EuroMat 2015, Warschau (PL), September
- Wirjadi, Oliver
Tutorial: 3D Images of Materials Structures – Processing and Imaging
EuroMat 2015, Warschau (PL), September
- Wirsén, Andreas
Real-Time Capable Robust State Estimation
HCO Challenge Workshop 2015 – Parameter and State Estimation: Methods – Software – Applications, Heidelberg, November
- Zausch, Jochen
Computer simulation of lithium ion batteries as predictive tool for battery design and material optimization
Frankfurt/Main, Juni
- Zausch, Jochen; Latz, Arnulf
Comparing coupled thermal-electrochemical lithium-ion battery simulations on micro and cell scale
Freiburg, März
- Zémerli, C.
Application of new simulation tools to minimize cycle time and material consumption in the paint shop
Bad Nauheim, Dezember
- Zémerli, C.
Echtzeit und physikalisch korrekte Simulation eines Bordnetzes
Landshut, September
- Zémerli, C.
Recent progresses on simulation technology for challenging applications of car manufacturing and product design
Nürnberg, Juni

LEHRTÄTIGKEITEN

Andrä, Heiko
Kontaktmechanik
TU Kaiserslautern, Wintersemester
2014/2015

Andrä, Heiko
Höhere Mathematik
DHBW Mannheim, 2015

Bitsch, Gerd
**Professur für Mechatronik,
Robotik und CAE-Simulation**
Hochschule Kaiserslautern,
Fachbereich Angewandte Ingenieurwissenschaften

Burger, Michael
Numerik für Bauingenieure
Hochschule Kaiserslautern, Wintersemester 2015/2016

Burger, Michael
Dynamics of Mechanical Multi-body Systems
TU Kaiserslautern, Wintersemester 2014/2015 und 2015/2016

Dreßler, Klaus
Durability Load Data Analysis
TU Kaiserslautern, Sommersemester 2015

Iliev, Oleg
**PhD-Seminar
»Technomathematik«**
TU Kaiserslautern, Fachbereich
Mathematik

Kleer, Michael
Robotik 1
Hochschule Kaiserslautern, Wintersemester 2015/2016

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

Küfer, Karl-Heinz
Theory of Scheduling Problems
TU Kaiserslautern, Sommersemester 2015

Küfer, Karl-Heinz
Probability and Algorithms
TU Kaiserslautern, Wintersemester 2015/16

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

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

Steidel, Stefan
Mathematik für Bauingenieure
Hochschule Kaiserslautern, Wintersemester 2015/2016

PUBLIKATIONEN

Die Liste der Publikationen des Fraunhofer ITWM finden Sie online unter:

<http://publica.fraunhofer.de/institute/itwm/2015>



GRADUIERUNGS-ARBEITEN

Blatner, Dimitri
Automatisierte Transformationen von Petri-Netzen zur detaillierten Ablaufkontrolle in verteilten Laufzeitsystemen
Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Informatik

Christiansen, Hannes
Konfidenzintervalle für kombinierte Wählermodelle
Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

De Vita, Simone
Granular Flow modelling – Quantitative validation and investigation of numerical diffusivity effects
Masterarbeit, University of Naples (I) 'Federico II', Department of Material Sciences

Derevenetc, Egor
Robustness against Relaxed Memory Models
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Informatik

Eimer, Matthias
Modellierung und Simulation von Fernwärmenetzen
Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Groß, Tjorben
DAE-Modellierung und mathematische Stabilitätsanalyse von Energieversorgungsnetzen
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Kleer, Michael
Interaktive Fahrsimulation: Roboter als Werkzeug der Mensch-Maschine-Umweltinteraktion mechatronischer Systeme
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Maschinenbau und Verfahrenstechnik

Kleinert, Jan
Simulating Granular Material using Nonsmooth Time-Stepping and a Matrix-Free Interior Point Method
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

MESSE- UND KONFERENZ- TEILNAHMEN

Kobert, Maria
Application of the Finite Point-set Method to moving boundary problems for the BGK model of rarefied gas dynamics
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Kronenberger, Markus
Accuracy of Local Curvature Estimators for Two Kinds of Discrete Representations
Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Informatik

Leis, Markus
Erfassung von Fahrdynamikdaten mittels Methoden der modellbasierten Softwareentwicklung
Bachelorarbeit, Hochschule Kaiserslautern, FB Angewandte Ingenieurwissenschaften

Ludwig, Christoph
A Reduced Basis Approach for the Stokes Problem in a Parameter Dependent Domain
Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Mc Stay, Daniel
Ermittlung der Auswirkung von Modellfehlern auf die Zielgenauigkeit und Handhabbarkeit eines Fahrerassistenzsystems beim rückwärtigen Rangieren
Masterarbeit, Universität Koblenz, FB Informatik

Mosbach, Dennis
Adaptive Surface Reconstruction for 3D CT-Data
Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Informatik

Oden, Lena
Direct Communication Methods for Distributed GPUs
Dissertation, Universität Heidelberg, FB Informatik

Pasalkar, Vishal
Extrapolation of tire performance properties from specific load cases to vehicle usage in the field
Masterarbeit, Hochschule Kaiserslautern, FB Angewandte Ingenieurwissenschaften

Pupashenko, Daria
Robustheit für Regressionsmodelle mit asymmetrischen Fehlerverteilungen mit Anwendungen in der Extremwertstatistik
Promotion, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Rauland, Gina-Monique
Optimales Routen von Feldehäckslern
Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Richter, Sven
Analyse der stochastischen Mikrostruktur von Flechten in 3D Bildern
Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Schroth, Stefan
Modellierung einer hydraulischen Anlage
Bachelorarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Shiryayev, Vladimir
Modeling and design optimization of textile-like materials via homogenization and one-dimensional models of elasticity
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Stöbener, Katrin
Multicriteria optimization of molecular force fields
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Maschinenbau und Verfahrenstechnik

Sutter, Diana
Computational Fluid Dynamics in Press Nips of Paper Machines
Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Taralov Maxim
Simulation of Degradation Processes in Lithium-Ion Batteries
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Taralova, Vasilena
Upscaling Approaches for Non-linear Processes in Lithium-Ion Batteries
Dissertation, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Tegen, Thomas
Prozessoptimierung zur funktionsgerechten Auslegung von Tüllen
Masterarbeit, Hochschule Kaiserslautern, FB Angewandte Ingenieurwissenschaften

ACHEMA
Frankfurt/Main, Juni, Aussteller, Vortrag

Advanced Computers in Simulation
Sofia (BG), November, Vortrag

AFS
Franklin (USA), Oktober, Vortrag

Agritechnica 2015
Hannover, November

17th Annual Conference of the International Association for Mathematical Geosciences (IAMG)
Freiburg, September, Vortrag

Annual Conference on Behavioural Models and Sentiment Analysis Applied to Finance
London (GB), Juli

Arbeit in der digitalen Welt
Herschberg, Mai, Poster

ASIM 2015
Dortmund, September

Asymptotic Problems: Elliptic and Parabolic Issues
Vilnius (LT), Juni, Vortrag

ATIM 2015
Fulda, Dezember

Automotive Circle International-Konferenz
Bad Nauheim, Dezember, Vortrag

Automotive Engineering Congress 2015
Nürnberg, Juni, Vortrag

Autonomous Vehicle Test & Development Symposium
Stuttgart, Juni, Vortrag

Batterieforum Deutschland
Berlin, Januar, Poster

57. Bildverarbeitungsforum »Visuelle Navigation und Tracking«
Offenbach, März

58. Bildverarbeitungsforum »Bildverarbeitung und Messen«
Oberkochen, Juli

- 59. Bildverarbeitungsforum
»Mobile Bildverarbeitung«**
Mannheim, Oktober
- Bordnetz-Kongress 2015**
Landshut, September, Aussteller, Vortrag
- Business & Innovation Automotive Day 2015**
Hambach (F), Mai
- chassis.tech plus 2015: Internationales Münchner Fahrwerk-Symposium**
München, Juni, Vortrag
- CompoForm 2015**
München, Mai, Aussteller, Poster
- 13th Computer Control for Water Industry (CCWI2015)**
Leicester (GB), September, Vortrag
- Conference on microstructures in plasticity**
Bonn, Mai, Poster
- Control 2015**
Stuttgart, Mai, Aussteller
- CVC-Jahrestagung**
Wörth, November, Aussteller, Vortrag
- DACH-Jahrestagung 2015**
Salzburg (A), Mai, Vortrag, Poster
- Daimler EDM-CAE Forum 2015**
Stuttgart, Juli, Aussteller, Vortrag
- DKT – Deutsche Kautschuk-Tagung**
Nürnberg, Juni, Vortrag
- DSC 2015 EUROPE**
Tübingen, September, Poster
- 77th EAGE Conference & Exhibition 2015**
Madrid (E), Juni, Aussteller
- ECCOMAS Thematic Conference on Multibody Dynamics**
Barcelona (E), Juni, Vortrag
- ECS Conference on Electrochemical Energy Conversion & Storage with SOFC-XIV**
Glasgow (GB), Juli, Vortrag
- EGU General Assembly 2015**
Wien (A), April, Vortrag
- 2. ERWAS-Workshop**
Frankfurt/Main, September
- ESCAPE**
Kopenhagen (DK), Juni
- EU-MORNET Exploratory Workshop**
Luxemburg, November, Vortrag
- EUROMECH Colloquium 777, Micromechanics of Composite**
Stuttgart, März, Vortrag
- EuroNanoForum**
Riga (LV), Juni
- 27th European Conference on Operational Research (EURO 2015)**
Glasgow (GB), Juli, Vortrag
- 2015 European Vehicle Performance Engineering Conference**
München, April
- Fachseminar »Simulation mechatronischer Produkte und Produktionssysteme FAPS«**
Nürnberg, März, Vortrag
- Fachtagung Produktionsmesstechnik**
Buchs (CH), September, Vortrag
- Fakuma 2015**
Friedrichshafen, Oktober
- FEM Workshop Peking University**
Beijing (CHN), August, Vortrag
- FILTECH 2015**
Köln, Februar, Aussteller, Vortrag
- Firmenkontaktmesse Treffpunkt**
Kaiserslautern, Juni, Aussteller
- 8. Fraunhofer-Vision Technologietag**
München, Oktober, Aussteller, Vortrag
- GAMM 86th Annual Scientific Conference**
Lecce (I), März, Vortrag
- 4. Geo-CT / -Imaging Workshop**
Mainz, November, Vortrag
- Gophercon 2015**
Denver (USA), Juli
- Hannover Messe**
Hannover, April, Aussteller
- HMI und unterstützende Systeme in mobilen Arbeitsmaschinen**
Ulm, Dezember, Aussteller
- Hofer Vliesstofftage**
Hof, November, Aussteller, Vortrag
- 24th IAVSD 2015**
Graz (A), August, Vortrag
- ICIAM**
Beijing (CHN), August, Vortrag
- 54th IEEE Conference on Decision and Control**
Osaka (J), Dezember, Vortrag
- IEEE Visualization Conference (VIS)**
Chicago (USA), Oktober
- 9. Industriearbeitskreis CVC »Das Virtuelle Nutzfahrzeug«**
Konz, April
- International CAE Conference**
Pacengo del Garda (I), Oktober
- 10th International Conference Large-Scale Scientific Computing**
Sozopol (BG), Juni, Vortrag
- International Conference on Computational and Financial Econometrics**
London (GB), Dezember, Vortrag
- International Congress for Stereology and Image Analysis**
Liège (B), Juli, Vortrag
- International Nonwovens Symposium**
Prag (CZ), Juni, Vortrag
- 12th International Symposium ISMM 2015**
Reykjavik (IS), Mai, Poster
- International Symposium »New Stages in Information Processing Research«**
Kaiserslautern, Juli
- 29th International Symposium of the Society of Core Analysts**
St. John's (CDN), August
- International Workshop Sparse Solvers for Exascale,**
Greifswald, März, Vortrag
- Interpore 2015**
Padua (I), Mai, Vortrag
- IPS Cable Simulation Users Conference 2015**
Deidesheim, Juni, Aussteller, Vortrag
- ISC High Performance 2015**
Frankfurt/Main, Juli, Aussteller,
- ISTRON-Tagung**
Kaiserslautern, Oktober, Vortrag
- ITAFORUM 2015**
Berlin, November
- ITMA**
Mailand (I), November, Aussteller, Vortrag
- Jahrestreffen der Fachgemeinschaft Fluidodynamik und Trenntechnik**
Bamberg, September
- Jahrestreffen der Fachgemeinschaft Prozess-, Apparate- und Anlagentechnik**
Bruchsal, November
- 6th KoMSO Challenge Workshop Big Data**
Heidelberg, März, Vortrag
- Laval Virtual 2015: 17th International exhibition & conference**
Laval (F), April, Aussteller
- MIRAW Day**
Warwick (GB), November, Vortrag
- MISTA**
Prag (CZ), August
- ModVal 12**
Freiburg, März, Vortrag, Poster
- MoRePaS 2015, Model reduction of parametrized systems III**
Triest (I), Oktober, Vortrag
- MOTEK**
Stuttgart, Oktober
- MSC User Meeting 2015**
München-Dornach, Juni, Aussteller, Vortrag
- MSDM 2015**
Hamburg, August
- Nano Tech**
Tokio (J), Poster

EHRUNGEN UND PREISE

EIGENE VERANSTALTUNGEN

Nonwovens Innovation Academy
Leeds (GB), November, Vortrag

NUMDIFF-14
Halle, September, Vortrag

**Nutzfahrzeuge 2015 – Truck,
Bus, Van, Trailer**
Eindhoven (NL), Juni, Aussteller,
Vortrag

NVH model of a rotating tire
Guildford (GB), April, Vortrag

**PDE 2015 – Theory and applica-
tions of partial differential
equations**
Berlin, Dezember, Vortrag

PowerGEN2015
Amsterdam (NL), Juni

**Professional Motorsport World
Expo 2015**
Köln, November, Vortrag

Rheinland-Pfalz-Tag 2015
Ramstein, Juni, Aussteller,

**SAE 2015 World Congress and
Exhibition**
Detroit (USA), April, Vortrag

SC 15, Supercomputing 2015
Austin (USA), November, Aussteller,
Vortrag

SciCADE 2015
Potsdam, September, Vortrag

**SEG International Exposition
2015**
New Orleans (USA), Oktober, Aus-
steller,

**Seminar »Inspektion und Cha-
rakterisierung von Oberflächen
mit Bildverarbeitung«**
Karlsruhe, Dezember, Aussteller,
Vortrag

**Summer School »Hardware and
Algorithmic Challenges with
Emphasis on Option Pricing
and Further Applications«**
Kaiserslautern, Oktober, Vortrag

**Tagung: Betriebsfestigkeit –
Bauteile und Systeme unter
komplexer Belastung; DVM-Ar-
beitskreis Betriebsfestigkeit**
Dresden, Oktober, Aussteller,
Vortrag

TechTextil 2015
Frankfurt/Main, Mai, Aussteller,

**Thermodynamik Kolloquium
2015**
Bochum, Oktober

Tire Technology Expo 2015
Köln, Februar, Vortrag

UK InterPore Chapter
Manchester (GB), August, Vortrag

**Variational Methods for Dyna-
mic Inverse Problems and Ima-
ging**
Münster, September

**15. VDI-Tagung Reifen-Fahr-
werk-Fahrbahn**
Hannover, Oktober

**VI Forum – Virtual Innovation
Forum**
Ingolstadt, September

VI-grade Users Conference 2015
Triest (I), April, Aussteller, Vortrag

Dobrovolskij, Dascha
**Einjähriges Stipendium zur Nach-
wuchsförderung innerhalb des
DGZfP-Stipendiatenprogramms**
Deutsche Gesellschaft für zerstö-
rungsfreie Prüftechnik (DGZfP),
April

**9th GAMM Seminar on MultiSca-
le Material Modeling (MMM)
on Real-Data Based Numerical
Methods**
Kaiserslautern, November

**Deutsch-französischer Work-
shop »Mathematical Image
Analysis«**
MINES PariTech, Fontainebleau,
Oktober

DVM/SF2M-Workshop
Kaiserslautern, April

**Festveranstaltung »20 Jahre
Fraunhofer ITWM«**
Kaiserslautern, November

**IPS Cable Simulation Users
Conference 2015**
Deidesheim, Juni

**Seminar »Lastdaten – Analyse,
Bemessung, Simulation«**
Kaiserslautern, Mai

**Seminar »Statistische Methoden
in der Betriebsfestigkeit«**
Kaiserslautern, Juli

**Seminar »Systemsimulation in
der Fahrzeugentwicklung«**
Kaiserslautern, März

**Seminar: Data Scientist for
Smart Energy Systems**
Kaiserslautern, Oktober

Tag der Verfahrenstechnik
Kaiserslautern, September

Technologietag JUROJIN
Kaiserslautern, November

**Technologietag: CDTire: Scalable
Tire Model for Full Vehicle Simu-
lation**
Kaiserslautern, Dezember

**Technologietag: Fraunhofer-
RODOS®: Interactive Driving
and Operation Simulator**
Kaiserslautern, Dezember

**Vortragsreihe des Arbeitskreises
»Bildanalyse und Mustererken-
nung Kaiserslautern« (BAMEK)**
Kaiserslautern, Januar – Dezember

**Workshop »Modellierung und
Simulation in der Trinkwasser-
versorgung«**
Kaiserslautern, Januar

Workshop »Robust Risk Estimation«
Kaiserslautern, Februar

Workshop »Systemsimulation in der Fahrzeugtechnik – Moderne Methoden und neue Entwicklungen«
Kaiserslautern, Oktober

Vortragsreihe »Blick über den Tellerrand«
Kaiserslautern

Liu, Steven
TU Kaiserslautern
Die Ethik der Gelehrten aus der konfuzianischen Sicht
Januar

Löhken, Sylvia
Bonn
Intros und Extros. Noch ein »kleiner Unterschied« – und was er im Berufsleben bedeutet
Februar

Jackson, Myles W.
New York University
Über die Verantwortung der Naturwissenschaftler seit Beginn des 19. Jahrhunderts
März

Peitgen, Heinz-Otto
Bremen
Universitäten zwischen Chancen und Herausforderungen – Wer sich nicht neu orientiert wird absteigen
April

Norbury, John
University of Oxford
Predicting weather
Mai

Ihsen, Susanne
TU München
Reden wir doch mal über Männer – Gender und Technik zwischen »business case« und Veränderungsresistenzen
Juni

Keller, Heidi
Universität Osnabrück und Hebrew University, Jerusalem
Die Entwicklung der »Generation Ich« – Kindheit und Sozialisation in der westlichen Welt
Juli

Kohne, Henning
Pfalztheater Kaiserslautern
Ein Bericht für eine Akademie. Erzählung von Franz Kafka
September

Roßbach, Hans-Günther
Leibniz-Institut für Bildungsverläufe, Bamberg
Wie entwickeln sich Kompetenzen und welche Auswirkungen haben sie auf die Bildungskarrieren?
Oktober

Krüger, Wilhelm
Kaiserslautern
»Ein Unternehmer – was ist das? Wie Unternehmer denken und handeln: Kann man das lernen?«
November

Sigmund, Karl
Universität Wien
Alles Walzer! – Rotierende Massen und Einsteins Wiener Weggefährten
Dezember

Arnold, Martin
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Numerik für Mehrkörpersysteme
Februar, April, Oktober

Berbenni, Stephane
Université de Lorraine, Metz (F)
A Numerical Spectral Approach for Solving Elasto-Static Field Dislocation and G-Disclination Mechanics
Juli

Brüls, Olivier
University of Liège (B)
Flexible multibody dynamics: From innovative formulations to applications in engineering
Oktober

Ciegis, Raimondas
University of Vilnius (LT)
Quantum Computing and algorithms: The Theoretical Mathematical Minimum
November

Coskun, Sema
TU Kaiserslautern
Diskretisierungsverfahren zur Bewertung von Optionen im Heston Modell
Januar – Dezember

Debayle, Johan
Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne (F)
Bildverarbeitung
Mai – Juli

Dr. Aviv Gibali
ORT Braude College, Karmiel (IL)
Control Theory, Differential Games and Optimization
Juli

Durville, Damien
CentraleSupélec (F)
Detailmodellierung / Strukturverhalten
April

Engler, Tina
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Stochastic Optimal Control of Investment-Consumption Models
März

Gerdts, Matthias
Universität der Bundeswehr München
Anwendungen der optimalen Steuerung im Automobilbereich
Mai

Göttlich, Simone
Universität Mannheim
MKS
Mai

Griso, Georges
Laboratorium von Lions, Paris (F)
Homogenisierung, Dimensionsreduktion
September

Häbel, Henrike
Chalmers University Göteborg (S)
Bildverarbeitung
Juli

Icardi, Matteo
University of Warwick (GB)
Computational Models for Polydispersed Turbulent Flows
Juli

Jenkins, David
CSIRO Digital Productivity Flagship, North Ryde (AUS)
Micro-CT Analysis of Metallurgical Coke for Understanding Coke Quality
Mai

Lang, Holger
Universität Erlangen-Nürnberg
Visco-Cosserat mit SLS
Februar

Lazarov, Raytcho
Texas A&M University (USA)
Variational formulation of problems involving fractional order differential
Mai

Leyendecker, Siegrid
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Diskrete Mechanik und Optimalsteuerung von Bio-Mehrkörpersystemen
Februar, November

Lomov, Stephan
KU Leuven (B)
Micromechanics of Random Fibre Composites: Quasi-static and Fatigue Damage
Mai

MITARBEIT IN GREMIEN, HERAUSGEBERTÄTIGKEIT

Minev, Peter
University of Alberta (CDN)
A Fast Parallel Algorithm for Direct Simulation of Particulate Flows USING Conforming Grids
Dezember

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

Panasenko, Grigory
Uni. St. Etienne (F)
Homogenisierung, Dimensionsreduktion
August

Porta, Giovanni
Politecnico di Milano (I)
Characterization across scales of transport and reactions in porous media
Juli

Povitsky, Alexander
University of Akron (USA)
Coupled continuum and molecular model of micro-flows with applications to filtration and synthesis of microfibers
November

Rawal, Amit
IIT Delhi (IND)
Technical and smart textiles
Mai 2015 – Juli 2016

Rieder, Helmut
Universität Bayreuth
Statistik
Februar

Sonneville, Valentin
University of Liège (B)
Flexible multibody dynamics: From innovative formulations to applications in engineering
Oktober

Stockie, John
Simon Fraser University, Alberta (CDN)
A multiscale model for sap exudation in maple trees
November

Tampaca, Josip
University of Zagreb (NDH)
Models for poroelastic shells
September

Temocin, Büsra
METU Ankara (TR)
CPPI - Strategie für Betriebsrenten
Januar – November

Andrä, Heiko
■ AMS Mathematical Reviews (Reviewer)
■ IJNME (Reviewer)
■ Journal of Composite Materials (Reviewer)

Erlwein-Sayer, Christina
■ Risks (Gutachter)

Gerwalin, Elmar
■ Wissenschaftlich-Technischer Rat (WTR) der Fraunhofer-Gesellschaft (Mitglied)
■ Fachgremium IT-Geschäftsprozessunterstützung der Fraunhofer-Gesellschaft
■ Fachgruppe IT-Controlling der Gesellschaft für Informatik (stv. Sprecher)

Gramsch, Simone
■ KOMMS – Kompetenzzentrum für Mathematische Modellierung in MINT-Projekten in der Schule (wissenschaftlicher Beirat)

Kabel, Matthias
■ International Journal for Numerical Methods in Engineering (Reviewer)
■ International Journal of Computer and Software Engineering (Editor)

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

Maasland, Mark
■ Fraunhofer-Allianz Vision (Mitglied)
■ International Journal of Telemedicine and Clinical Practices (Gutachter)

Neunzert, Helmut
■ Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC (Vice Chairman of Advisory Board)
■ ECMI-Series „Mathematics in Industry“ (Editor)
■ Buch: Currents in Industrial Mathematics: From Concepts to Research to Education, Springer Spektrum Verlag (Herausgeber)

Prätzel-Wolters, Dieter
■ Applied Mathematics Committee (AMC) of the European Mathematical Society (Mitglied)
■ BMBF Strategiekomitee für mathematische Modellierung, Simulation und Optimierung (KoMSO) (Mitglied)

■ Buch: Currents in Industrial Mathematics: From Concepts to Research to Education, Springer Spektrum Verlag (Herausgeber)
■ European Research Centres on Mathematics ERCOM (Mitglied)
■ Felix-Klein-Zentrum für Mathematik (stv. Vorsitzender)

■ Forschungszentrum Center of Mathematical and Computational Modeling CM² der Technischen Universität Kaiserslautern (Mitglied)
■ Fraunhofer-Allianz Verkehr (Mitglied des Lenkungskeises)
■ Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC (Mitglied des Advisory Boards)
■ Fraunhofer-Gesellschaft (Mitglied des Präsidiums und des Senats)

- Fraunhofer-Leistungszentrum »Simulations- und Softwarebasierte Innovation« (Sprecher des Leitungsrats)
- GAMM-Fachausschuss Dynamik und Regelungstheorie (Mitglied)
- Institut für Verbundwerkstoffe GmbH (Mitglied des Beirats)
- Kompetenzzentrum für mathematische Modellierung in MINT-Projekten in der Schule, KOMMS (Mitglied im Leitungsgremium)
- Rat für Technologie Rheinland-Pfalz (Mitglied)
- Stiftungsrat »Fraunhofer-Zukunftsstiftung« (Mitglied)
- Wissenschaftlich-Technischer Rat und Hauptkommission der Fraunhofer-Gesellschaft (Vorsitzender)

Rauhut, Markus

- Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung e.V. (DGZfP, Mitglied)
- VDMA Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (Mitglied)

Rösch, Ronald

- Fraunhofer-Allianz Vision (Koordinationsrat)
- Fraunhofer-Allianz Leichtbau (Mitglied)
- Heidelberger Bildverarbeitungsforum (Beirat)
- Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V. (DGM, Mitglied)
- DGM-Arbeitskreis Tomographie (Mitglied)
- DGM-Fachausschuss Strahllinien (Mitglied)
- Deutsche Gesellschaft für zerstörungsfreie Prüfung e.V. (DGZfP, Mitglied)

Schladitz, Katja

- Leichtbau-Cluster (Mitglied)
- International Society for Stereology (Vice-President for Europe)
- Journal of Microscopy (Gutachter)
- Image Analysis & Stereology (Editorial Board, Gutachter)
- Computers (Reviewer)
- Nanomaterials (Gutachter)
- Materials letters (Gutachter)
- Proceedings of the Estonian Academy of Sciences (Reviewer)
- Graphical Models (Reviewer)
- Philosophical Magazine (Reviewer)
- Spatial Statistics (Reviewer)
- Journal of Microscopy (Reviewer)
- Conference on Industrial Computed Tomography (Reviewer)

Schulz-Reese, Marion

- Österreichisches Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung (Gutachterin)
- Wissenschaftlicher Beirat KOMMS (Kompetenzzentrum für Mathematische Modellierung in MINT-Projekten in der Schule)

Stephani, Henrike

- International Conference on Pattern Recognition (ICPR, Reviewer)

Wirjadi, Oliver

- SPIE Optical Engineering (Gutachter)
- Image Analysis & Stereology (Associate editor)

Lojewski, Carsten

Network system, network node and communication system
US 201314078917 A1:20131113

Trinkaus, Hans; Malschofsky, Ralf
Steuerung eines Produktionsprozesses für extrudierte Profilauteile
Europäisches Patent 1 719 603 B1

IMPRESSUM

© Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM 2016

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 Gesa Ermel, Fraunhofer ITWM
Der Herausgeber bedankt sich für die Bereitstellung der entsprechenden Bilder bei:
Fraunhofer-Gesellschaft (S. 9 unten), QIAGEN (S. 39), MEV (S. 54), Fraunhofer IuK-
Henning Köhler (S. 56), CC-BY-SA-3.0-LSDSL (S.59 rechts), Goodyear Dunlop (S. 62),
FCC Göteborg (S.63 rechts, S. 72–77)

Druck Kerker Druck GmbH, Kaiserslautern

Kontakt

Fraunhofer-Institut für Techno- und
Wirtschaftsmathematik ITWM

Fraunhofer-Platz 1
67663 Kaiserslautern

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