



Fraunhofer

ITWM

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR TECHNO- UND WIRTSCHAFTSMATHEMATIK ITWM



JAHRESBERICHT 2018/19

Titelbild

1949 wurde die Fraunhofer-Gesellschaft gegründet und entwickelte sich in den 70 Jahren ihres Bestehens vom Hoffnungsträger zum Innovationsmotor mit 72 Instituten, über ganz Deutschland verteilt. Auch auf die nächsten Jahre dürfen wir gespannt sein: #WHATSNEXT

JAHRESBERICHT
2018/19



INHALTSVERZEICHNIS

- 4 Vorwort
- 6 Interview
- 8 Institutsprofil
- 9 Branchen – für wen arbeiten wir?
- 10 Top-Thema
- 12 Rückblick

UNSER NETZWERK

- 18 Kunden und Kooperationspartner
- 20 Leistungszentrum »Simulations- und Software-basierte Innovation«
- 22 Kuratorium/Vernetzung und Kooperationen
- 24 Spin-offs
- 25 Weitere Kooperationen
- 26 Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC
- 27 Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick

BEREICHE UND ABTEILUNGEN DES ITWM

- 28 Transportvorgänge
- 36 Strömungs- und Materialsimulation
- 46 Bildverarbeitung
- 54 Systemanalyse, Prognose und Regelung
- 60 Optimierung
- 70 Finanzmathematik
- 78 Mathematik für die Fahrzeugentwicklung

- 88 Competence Center High Performance Computing
- 98 Zentrum für Materialcharakterisierung und -prüfung

DATEN UND FAKTEN

- 106 Publikationen
- 112 Graduierungsarbeiten
- 113 Vorträge
- 119 Lehrtätigkeiten
- 120 Messe- und Konferenzteilnahmen
- 121 Ehrungen und Preise
- 122 Eigene Veranstaltungen
- 123 Gäste
- 123 Mitarbeit in Gremien, Herausgebertätigkeit
- 125 Impressum

Dieses Vorwort ist mein achtzehntes und das letzte, das ich für einen Jahresbericht des ITWM schreibe. Ich bin inzwischen Pensionär, am 1. April 2019 hat meine Nachfolgerin Anita Schöbel die geschäftsführende Institutsleitung übernommen. Mit Frau Schöbel haben das Institut und die TU Kaiserslautern eine international hervorragend ausgewiesene Wissenschaftlerin und eine herausragende Persönlichkeit für den Standort Kaiserslautern gewinnen können. Ich persönlich bin froh, dass ich die Leitung vertrauensvoll an sie übergeben kann und bin überzeugt, dass sie die angewandte Mathematik im Fachbereich vorantreiben, das ITWM weiterhin auf Erfolgskurs halten und in beiden Bereichen ihre eigenen Akzente setzen wird.

Das ITWM ist auch 2018 gewachsen und die Aussichten sind hervorragend. Wir haben phantastisch gute Arbeitsbedingungen und die ITWM-Mannschaft bildet ein überaus erfolgreiches, hoch motiviertes und mit dem Institut identifiziertes Team. Wir sind sehr gut vernetzt – in der Fraunhofer-Gesellschaft, am Standort Kaiserslautern und in der Scientific Community. Die Netzwerke melden Exzellenz und Erfolg zurück. Auch 2018 haben alle Abteilungen wieder positive Zahlen geschrieben und der Anteil der Wirtschaftserträge am Betriebshaushalt liegt bei ca. 50 %. Unser Schwesterinstitut, das Fraunhofer Chalmers Centre for Industrial Mathematics FCC in Göteborg, ist exzellent aufgestellt und wächst seit seiner Gründung kontinuierlich mit einem breiten Mathematik- und Engineering-Kompetenzportfolio.

Ein besonderes Highlight für das ITWM war 2018 die Verstärkung des Kaiserslauterer Leistungszentrums »Simulations- und Software-basierte Innovation« für weitere drei Jahre. Im Fokus des Zentrums stehen Forschung, Vermarktung und Wissenstransfer im Themenfeld Digitalisierung. Die Digitalisierung ist für das Zentrum beides, Herausforderung und große Chance, zugleich. In Bereichen, die noch nicht von Simulation und Software durchdrungen sind, gibt es große Potentiale für innovative Lösungen, die zunehmend gehoben werden. Das Leistungszentrum ist hier hervorragend aufgestellt in der Informationstechnologie für die »Mensch-zu-Maschine«- und

die »Maschine-zu-Maschine«-Interaktion, in der KI-Durchdringung industrieller Fertigungsprozesse, in der Gestaltung digitaler Infrastrukturen für Städte, Dörfer, Fabriken, Schulen, Landwirtschaft etc. oder im Bereich Logistik und im Industrial Data Space.

Auch 2018 konnten wir wieder viele neue Mitarbeiterinnen, Mitarbeiter und Doktoranden für das ITWM gewinnen. Besonders erfreulich ist, dass die Frauenquote bei fast 40 % lag. Diese erfolgreiche Personalakquise ist auch auf eine intensive Öffentlichkeitsarbeit zurückzuführen. Ein sehr positives Feedback haben wir in diesem Zusammenhang auf eine besondere Publikation erhalten. Im Juli 2018 erschien die Zeitschrift »bild der wissenschaft« mit der Beilage »Erfolgsformeln – Wie die Mathematik Technik und Wirtschaft nach vorne bringt«. Auf 44 Seiten zeichnen die Wissenschaftsredakteure ein vielseitiges und farbenprächtiges Bild unseres Instituts und unserer Forschung.

2018 wurden im ITWM Bereiche als neue Organisationseinheiten etabliert. Die Abteilungen »Optimierung – Technische Prozesse« und »Optimierung – Operations Research« strukturieren jetzt den Bereich Optimierung, der wieder von starkem Wachstum geprägt war. Dieses Wachstum ist einerseits einem Stammkundenanteil von mehr als neunzig Prozent des Industrievolumens geschuldet, andererseits der ausgewogenen Finanzierung in der Vorlufforschung. In der Abteilung »Optimierung – Operations Research« entstand z.B. in einem Auftrag der Goldbeck Solar AG ein neuartiges Tool zur Planung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen. In der Abteilung »Optimierung – Technische Prozesse« erhalten Industriekunden im Rahmen des Leitprojektes »Machine Learning for Production« und des »Fraunhofer Machine Learning Cluster« Zugang zu neuen anwendungsorientierten Methoden und Simulationswerkzeugen.

Die Abteilung »Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit« wurde unter dem Bereichsnamen »Mathematik für die Fahrzeugentwicklung (MF)« neu strukturiert. Der Bereich gliedert sich jetzt in die beiden Abteilungen »Dynamik, Lasten und Umgebungsdaten« (DLU) und »Mathematik für die digi-



tale Fabrik (MDF)«, die Projektgruppe Reifensimulation und die Querschnittseinheit MF-Technikum, die sich um die Versuchs- und Messtechnik kümmert. In der Abteilung »Dynamik, Lasten und Umgebungsdaten« werden Methoden und Werkzeuge zur Systemsimulation unter Einbeziehung von Umgebungsdaten und Nutzungsvariabilitäten entwickelt. »Mathematik für die digitale Fabrik« bündelt die Aktivitäten zur Entwicklung von Softwaretools für die virtuelle Produktentwicklung und -entstehung.

Auch die Entwicklung des Kompetenzzentrums für High Performance Computing CC HPC, in dem die Neustrukturierung 2019 erfolgen wird, ist gekennzeichnet durch Wachstum und Ausbau des Kompetenzportfolios und der Geschäftsfelder. Die EU hat im letzten Jahr ein europaweites Konsortium mit der Entwicklung eines europäischen Prozessors für einen zukünftigen Exascale-Rechner beauftragt. Wir sind mit dem CC HPC Teil dieses Konsortiums und entwickeln zusammen mit dem Fraunhofer IIS einen Spezialprozessor, der eine Klasse von Algorithmen extrem beschleunigen wird.

Das Portfolio der Abteilung »Strömungs- und Materialsimulation« zur simulationsgestützten Charakterisierung und zum virtuellen Design multifunktionaler Materialien wurde u. a. durch Weiterentwicklung und Lizenzierung verschiedener Simulationstools erfolgreich vorangetrieben. Die Abteilung arbeitet eng mit dem Zentrum für Materialcharakterisierung und Prüfung zusammen, das 2018 erstmals ein mobiles Terahertz-Messsystem zur Prüfung von Kunststoffschweißnähten an Pipelines ausgeliefert hat. Alle Themenbereiche der Abteilung »Transportvorgänge« haben sich positiv entwickelt – insbesondere zeigt die Strategie der gezielten Softwareentwicklung und Lizenzierung erste zählbare Erfolge. Die Vermarktung des gitterfreien Strömungssolvers MESHFREE wird zukünftig verstärkt durch die scapos AG als Vertriebspartner vorangetrieben. In der Abteilung »Bildverarbeitung« wurde das Themenfeld Industrial Image Learning um den Schwerpunkt Maschine Learning in der Bildverarbeitung für Produktion und Industrie erweitert. Der Abteilung »Finanzmathematik« ist es gelungen, im Bereich Data Science nam-

hafte Kunden für langfristig angelegte innovative Kooperationsformate zu gewinnen. Dabei werden mithilfe der Auffälligkeitsdetektion operative Prozesse verschlankt und Abrechnungsprüfungen optimiert. Gemeinsam in einem Konsortium von elf Partnern aus acht Ländern entwickelt die Abteilung »Systemanalyse, Prognose und Regelung« seit April 2018 im Horizon2020-Projekt UPWARDS eine integrierte Simulationsplattform für Windkraftanlagen.

Soweit der Kurzbericht zu den Highlights unserer Abteilungen. Zum Abschluss ein großer Dank an meine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Dass das ITWM heute das größte Forschungsinstitut in Rheinland-Pfalz ist und wirtschaftlich sowie wissenschaftlich exzellent dasteht, beruht auf ihrem Knowhow und ihren Erfahrungen, die zusammen mit der Innovationskraft der Mathematik die Basis unseres Erfolges bilden. Hinzu kommen aber auch unsere gemeinsam gelebten Werte und Strukturen: eine nachhaltige Identifikation mit der Arbeit, flache Hierarchien mit hervorragend aufgestellten autonomen Abteilungen, »viel Lärm um nichts« vermeiden und dem Kunden nur das versprechen, was man auch einhalten kann, eine durch Toleranz und Akzeptanz geprägte Kultur des Miteinanderumgehens, und – last not least – nicht nur zusammen arbeiten, sondern auch zusammen feiern.

Bei Ihnen allen möchte ich mich bedanken für Ihr Engagement und Ihre Begeisterung für das Institut, für die hervorragende Zusammenarbeit und die vielfältige Unterstützung in der Leitung des ITWM. Wir können stolz sein auf das Erreichte und ich bin dankbar dafür, dass ich das so lange mit Ihnen zusammen gestalten durfte. Abschließend möchte mich bei allen Projektpartnern des ITWM für die konstruktive und angenehme Zusammenarbeit bedanken und ich wünsche Ihnen jetzt viel Vergnügen bei der weiteren Lektüre unseres Jahresberichtes.

Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters

Frau Schöbel, was hat Sie bewogen, sich auf die Leitung unseres Instituts zu bewerben?

Ich fand echte Anwendungen von Mathematik schon während meines Studiums toll und möchte den Transfer von Forschung in die Praxis gerne unterstützen. Daher fand ich die ausgeschriebene Stelle als Leiterin eines Fraunhofer-Instituts sehr reizvoll. Dazu kommt, dass meine fachliche Ausrichtung hervorragend zu den Kolleginnen und Kollegen an der TU Kaiserslautern passt. Dort habe ich studiert und promoviert und war sogar zwei Jahre Mitarbeiterin im ITWM, bevor ich 2004 einem Ruf auf eine Professur nach Göttingen gefolgt und mit meiner Familie umgezogen bin. Inzwischen sind meine Kinder aus dem Haus, sodass ich Zeit für neue Aufgaben habe. Und ich mag Kaiserslautern und die Pfalz, ich konnte mir also gut vorstellen, zurückzukommen.

Was schätzen Sie an Ihrer neuen Wirkungsstätte?

Zunächst die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die eine offene und gute Arbeitsatmosphäre ermöglichen und mir den Anfang im Institut leichtgemacht haben. Aber natürlich schätze ich auch die vielen spannenden Projekte mit ihrer thematischen Vielfalt. Und nicht zuletzt das schicke Gebäude.

Welche Akzente wollen Sie zukünftig am ITWM setzen?

Gerne würde ich unsere Arbeiten am Institut unter das Motto stellen »Mathematik für eine gute Zukunft«. Darunter lassen sich sehr viele unserer Projekte einordnen: die Entwicklung und Charakterisierung neuer nützlicher Materialien, die Fahrzeugsicherheit, die Projekte im Gesundheits- und Energiebereich, um nur ein paar von vielen Beispielen zu nennen. Stärken möchte ich die Zusammenarbeit zwischen den Abteilungen, um Synergieeffekte besser zu nutzen. Außerdem ist es mir wichtig, dass wir auch in der Wissenschaft als führendes Forschungsinstitut wahrgenommen werden.

Vor welchen Herausforderungen sehen Sie das ITWM in den kommenden Jahren?

Die Abteilungen haben es in den letzten Jahren geschafft, einen hervorragenden Ruf bei Industrie und Wirtschaft aufzubauen. Diesen wollen wir in den kommenden Jahren unbedingt erhalten und weiter als kompetenter Projektpartner zur Verfügung stehen. Die zunehmende Digitalisierung bietet für die angewandte Mathematik viele Chancen zur Weiterentwicklung; hier wäre es schön, innovative Ideen beizutragen. Hausintern sehe ich die Herausforderung, für alle Mitarbeitenden eine gute und vertrauensvolle Arbeitsumgebung zu erhalten, auch wenn das ITWM in den kommenden Jahren weiter wachsen wird – räumlich und personell.

Wie kommen Sie denn mit Ihren vielen neuen Aufgaben zurecht?

Ich habe inzwischen schon viele interessante Projekte gesehen, einige unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter kennengelernt und fange an, die Fraunhofer-Prozesse zu verstehen. Außerdem hatte ich erste Kontakte mit anderen Fraunhofer-Instituten, mit der Politik und natürlich mit der TU und den Instituten vor Ort. Erfreulicherweise haben alle Verständnis, wenn ich Fragen habe oder etwas noch nicht weiß, besonders auch in der Verwaltung. Herr Prätzel-Wolters hat mich in den ersten Monaten großartig unterstützt, für seine Zeit, seine Erklärungen und Antworten auf meine vielen Fragen bin ich sehr dankbar. Ich schätze es, dass er unserem Institut auch weiterhin als Berater zur Seite stehen wird und freue mich auch ganz persönlich auf die weitere Zusammenarbeit mit ihm.

Mit der Institutsleitung ist ja auch eine Professur verbunden. An der Georg-August-Universität Göttingen waren Sie Professorin für Optimierung am Institut für Numerische und Angewandte Mathematik; welche Arbeitsgruppe leiten Sie im Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern?



Meine Professur hier heißt recht allgemein »Professur für Angewandte Mathematik«, was die verschiedenen Einsatzbereiche im ITWM widerspiegelt. Mein Schwerpunkt liegt weiterhin im Gebiet der Optimierung. Ich freue mich, dass ich damit zu der schon bestehenden Arbeitsgruppe am Fachbereich beitragen kann und die beiden PostDocs und ein Promotionsstudent, die aus Göttingen mit mir nach Kaiserslautern wechseln, dort ein hervorragendes fachliches Umfeld vorfinden. An die TU bringe ich außerdem meine DFG-Forschungsgruppe zur »Integrierten Verkehrsplanung« mit.

Wo sehen Sie Synergien zu Ihrer Arbeit am Institut?

Fachlich passen meine Forschungsinteressen natürlicherweise zum Bereich »Optimierung« des ITWM. Diskrete Optimierungsprobleme gibt es aber auch in anderen Abteilungen, z. B. MF, BV, HPC und FM (und vielleicht finde ich noch weitere!). Projekte zu meinem Anwendungsbereich »Mobilität der Zukunft« betreffen ebenfalls mehrere Abteilungen; hier freue ich mich auf eine Zusammenarbeit und vielleicht ein paar neue Projekte. Beschäftigt habe ich mich auch mit multikriterieller Optimierung und Planung unter Unsicherheit; beides sind für praktische Anwendungen relevante Themen, die auch am ITWM verfolgt werden.

Das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz in unserer Nachbarschaft hat seit kurzem eine Leiterin, Prof. Jana Köhler. Sie gehören zu den ersten Frauen an der Spitze eines Fraunhofer-Instituts – ist die Zukunft also weiblich?

Die Zukunft ist sicher weiblicher als die Vergangenheit – aus der Phase, in der man Personen wegen ihres Geschlechtes einstellte oder nicht einstellte, sind wir hoffentlich heraus! Als Ziel wird oft genannt, dass in jedem Fachgebiet möglichst gleich viele Frauen und Männer arbeiten. Mir erscheint es sinnvoller, dass die Leute dort arbeiten, wo ihre Interessen liegen. Wichtig ist es aber, dass alle die gleichen Chancen haben, sich weiterzuentwickeln. Damit sollte z. B. der Anteil der Frauen in höheren Hierarchie-Ebenen nicht abnehmen – hier gibt es noch Nachholbedarf!

Wissenschaftlicher Werdegang

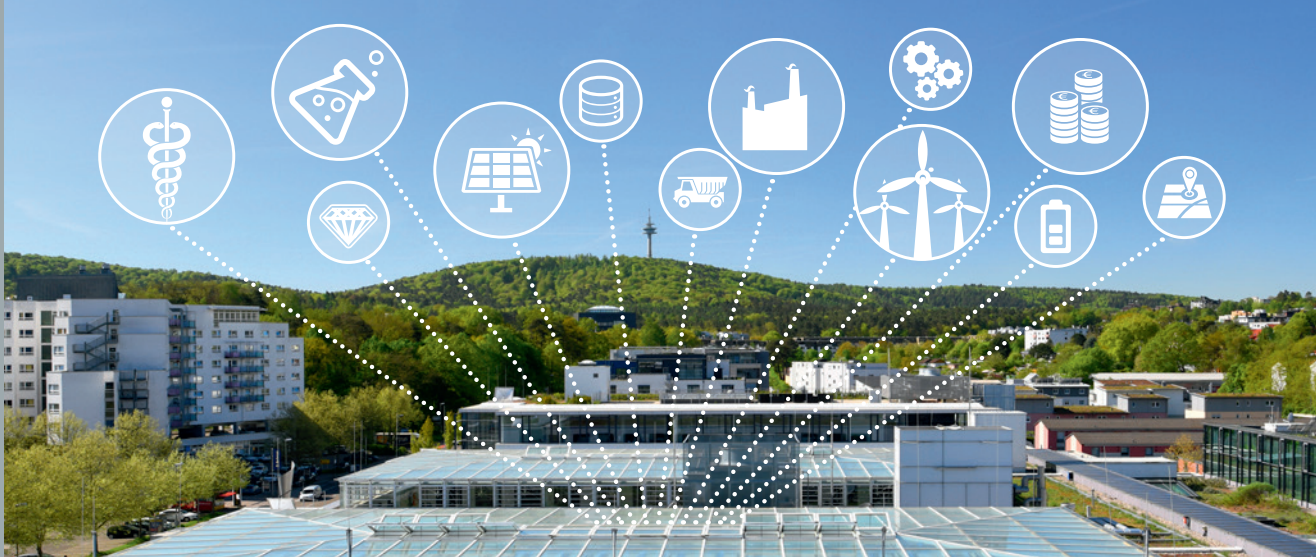
1979 – 88	Karolinengymnasium in Frankenthal
1988 – 94	Studium der Mathematik mit Nebenfach Wirtschaftswissenschaften an der TU Kaiserslautern
1994	Diplomarbeit: Kombinatorische Optimierung in der Tarifplanung im ÖPNV
1999	Dissertation: Locating Lines and Hyperplanes – Theory and Algorithms
2003	Habilitation: Customer-oriented Optimization in Public Transportation

Berufliche Tätigkeit

1994 – 98	wissenschaftliche Mitarbeiterin am FB Mathematik, TU Kaiserslautern
1998 – 99	Schwerpunktleiterin des Bereichs Verkehr am Fraunhofer ITWM
seit 12.1999	Wissenschaftliche Beraterin am Fraunhofer ITWM
1999 – 2004	Wissenschaftliche Hochschulassistentin (C1) am FB Mathematik, TU Kaiserslautern
ab 07.2004	Professorin (W2) am Institut für Numerische und Angewandte Mathematik, Georg-August-Universität Göttingen (ab 10.2007 W3)
Sommer 2007	Rufe auf W3-Stellen in Wuppertal und Trier
seit 01.2019	Professorin für Angewandte Mathematik, TU Kaiserslautern und Leiterin des Fraunhofer ITWM

Forschungsgebiete

Optimierung, insbesondere diskrete Optimierung, Algorithmik, robuste Optimierung, Standortplanung und Simulation mit den Schwerpunkten Integrierte Planung im öffentlichen Verkehr, Verbindung von robuster und multikriterieller Optimierung



DAS INSTITUT IM PROFIL

Computersimulationen sind inzwischen ein unverzichtbares Werkzeug bei der Gestaltung und Optimierung von Produkten und Prozessen. Reale Modelle werden durch virtuelle Modelle ersetzt. Der Mathematik kommt bei der Gestaltung dieser virtuellen Welt eine fundamentale Rolle zu. Denn Mathematik ist die Technologie, mit der diese Abbilder erzeugt und effizient in Software umgesetzt werden, der Rohstoff der Modelle und der Kern jeder Computersimulation.

Angewandte Mathematik als Schlüsseltechnologie

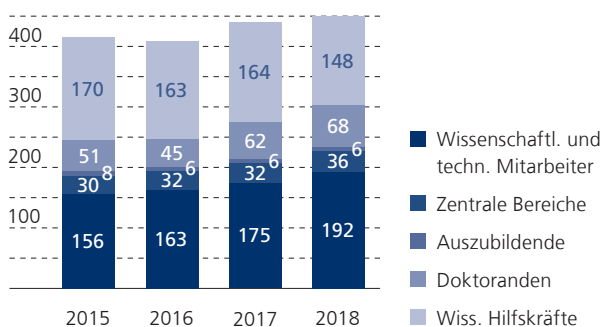
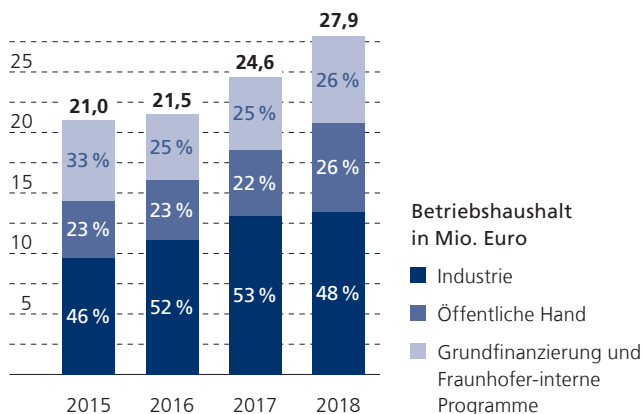
Immer mehr kleine und mittelständische Unternehmen nutzen die Simulation zur Kostenreduzierung. Gerade diese Unternehmen unterstützen wir mit Beratung und Rechenleistung. Sie profitieren am Markt durch den Einsatz von Simulation in punkto Innovation und Qualitätssicherung von Produkten. Natürlich arbeiten wir auch mit großen Firmen zusammen, vor allem im Fahrzeugbereich, im Maschinenbau, der Textilindustrie, der Mikroelektronik, der Computerindustrie und im Finanzbereich. Integrale Bausteine unserer FuE-Projekte sind Beratung und Umsetzung, Unterstützung bei der Anwendung von Hochleistungsrechnertechnologie und Bereitstellung maßgeschneiderter Software-Lösungen. Wir nutzen nicht nur Simulationssoftware, sondern entwickeln sie selbst, oft in Zusammenarbeit mit führenden Softwarefirmen.

Unsere Kernkompetenzen 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

Als ITWM wollen wir nicht nur selbst die Brücke zwischen realer und virtueller Welt bauen, sondern auch Bindeglied zwischen der Hochschulmathematik und ihrer praktischen Umsetzung sein. Deshalb spielt die enge Anbindung an den Fachbereich Mathematik der Technischen Universität Kaiserslautern eine besondere Rolle.





Branchen – für wen arbeiten wir?

Die Methodenkompetenz unserer Abteilungen und das breite Spektrum ihrer Anwendungsfelder finden Einsatz in zahlreichen Branchen. Mit unseren Kernkompetenzen in den Bereichen:

- Modellierung und Simulation
- Optimierung und Entscheidungsunterstützung
- Datenanalyse und Visualisierung

adressieren wir Firmen und Organisationen in den Branchen:

- Verfahrenstechnik/Maschinen- und Anlagenbau
- Fahrzeugindustrie und Zulieferer
- Medizin und Medizintechnik
- Energie- und Rohstoffwirtschaft
- Technische Textilien
- Informationstechnologie
- Finanzwirtschaft

Durch die langjährige Zusammenarbeit mit unseren Stammkunden haben wir eine starke Domänenkompetenz in Teilbereichen einzelner Branchen herausgebildet; zu nennen sind hier insbesondere Fahrzeugindustrie, Verfahrenstechnik sowie Energiewirtschaft. Für alle Branchen gilt: Die Modellierungs- und Simulationskompetenz des Fraunhofer ITWM generiert echte Wettbewerbsvorteile am Markt.

Kuratorium des Fraunhofer ITWM

- August Altherr, JOHN DEERE European Technology Innovation Center
- Prof. Dr. Nicole Bäuerle, Karlsruher Institut für Technologie
- Dr.-Ing. Erwin Flender, MAGMA Gießertechnologie GmbH
- Dr. Werner Groh, Johns Manville Europe GmbH
- Johannes Heger, HegerGuss GmbH
- Dr. Anna-Lena Kranz-Stöckle, Bundesministerium für Bildung und Forschung
- Dr. Wilhelm Krüger, Unternehmer (Vorsitzender)
- Prof. Dr. Volker Mehrmann, Technische Universität Berlin
- Dr. Hannes Möller, Daimler AG
- Stefanie Nael, Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau des Landes Rheinland-Pfalz
- Barbara Ofstad, Siemens AG
- MR Richard Ortseifer, Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau des Landes Rheinland-Pfalz
- 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 Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur des Landes Rheinland-Pfalz

MACHINE LEARNING: GENERIERUNG VON WISSEN AUS ERFAHRUNG

Die zunehmende Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft ist auch getrieben durch den Einsatz Künstlicher Intelligenz. Sie findet sich in Alltagsanwendungen wie Routenplaner und Sprachassistent, aber auch in professionellen Anwendungen wie der industriellen Qualitätskontrolle, der medizinischen Diagnostik oder bei autonomen Fahrzeugen. Diese Entwicklung wird vor allem durch Techniken des Maschinellen Lernens getrieben; insbesondere Deep Learning bzw. Neuronale Netze haben zuletzt zu deutlichen Fortschritten geführt, auch dank enorm gesteigener Rechenleistung und Investitionen in Knowhow.

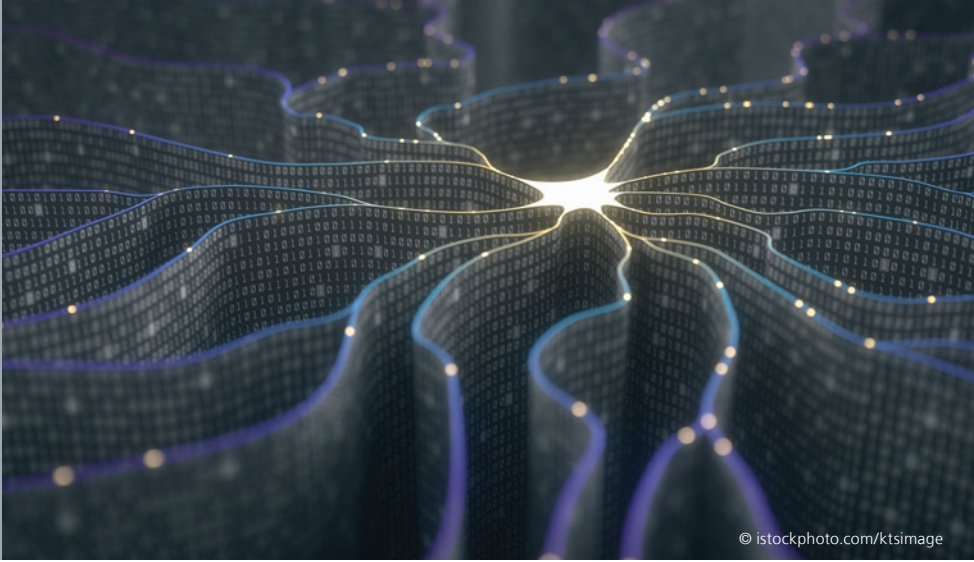
Maschinelles Lernen ist zur Alltagstechnologie geworden, aber jeder Algorithmus ist nur so gut wie die Daten, mit denen er trainiert wird. Häufig liegen in Unternehmen, die ML-Methoden für die Optimierung ihrer Prozesse und Produkte nutzen wollen, zwar große Datenmengen vor, aber selten in einer Form, in der sie ohne weiteres für Maschinelles Lernen genutzt werden könnten. Probleme etwa in Bezug auf Verlässlichkeit und Robustheit sind aber mittlerweile gut verstanden und werden weltweit beforscht, auch an unserem Institut.

Hybrider Ansatz: Expertenwissen kombiniert mit Maschinellern Lernen

Wir wollen unseren Kooperationspartnern aus Industrie und Wirtschaft Softwarewerkzeuge an die Hand geben, um ihre Prozesse zu verbessern. Software, die maßgeschneidert ist, um verschiedene Alternativen schnell vergleichbar zu machen und so Verbesserungspotentiale zu erkennen. Die Modelle der echten Prozesse müssen dafür ein hohes Maß an Realitätsnähe und Verlässlichkeit aufweisen: Die Wirklichkeit muss so gut abgebildet sein, dass Verbesserungsvorschläge umsetzbar und quantitativ verlässlich sind. Diese hohe Anforderung wird durch die Kombination von Verfahren des Maschinellen Lernens mit vorhandenem Experten- und physikalischem Modellwissen erfüllt. Diverse Verfahren wie Neuronale Netze oder Support-Vector-Machines werden so trainiert und integriert, dass das bereits vorhandene Wissen genutzt wird. Auf diese Weise entstehen Modelle, die ausreichend genau sind, um substantielle Prozessverbesserungen zu entdecken.

ML-Methoden institutsweit im Einsatz

Im ITWM wird das Machine Learning in nahezu allen Abteilungen angewendet, meist als hybride simulationsbasierte Machine-Learning-Methode. So erstellt die Abteilung Systemanalyse, Prognose und Regelung mit ML-Algorithmen Werkzeuge, die biologisch-medizinische Daten analysieren, interpretieren und visualisieren. Aber auch im Rahmen des Predictive Maintenance helfen ML-Verfahren bei der Prognose des Auftretens unerwünschter Betriebszustände und Ereignisse.



© istockphoto.com/ktsimage

Um Produktionsprozesse in der Textilindustrie mit ML-Methoden auszulegen und zu optimieren, entwickelte die Abteilung Transportvorgänge einen hybriden Ansatz: Im Projekt DensiSpul geht es um die Optimierung von Kreuzspulmaschinen; konkret steht die bessere Durchfärbung der gewickelten Garnspulen im Fokus der Forschung.

In der Bildverarbeitung spielen ML-Verfahren schon lange eine große Rolle, zählt doch die Entwicklung sicherer und stabiler Algorithmen für die optische Qualitätssicherung in der Produktion zu ihren Schwerpunkten. Eine Herausforderung ist hier allerdings nicht die Qualität, sondern die Menge an Daten, denn in einer gut funktionierenden Anlage sind viele Bilder von fehlerfreien Produkten vorhanden, aber nur wenige von Produkten mit Defekten. Eine Möglichkeit ist die Datenaugmentierung, d. h. auf Basis der echten Fehlerdaten werden künstliche Fehlerdatenbanken erzeugt. Man kann die Defekte aber auch mathematisch beschreiben und die Bildverarbeitungsalgorithmen mit diesem Modell trainieren.

Neuronale Netze ermöglichen signifikante Energieeinsparung

Im Bereich Optimierung ist es gelungen, Methoden des Maschinellen Lernens in der Verfahrenstechnik einzusetzen und mit einem neuen Analysetool signifikant Energie einzusparen bei der Herstellung von Chemikalien. Verfolgt wird auch hier ein hybrider Ansatz. Grundlage sind Messdaten wie Druck oder Temperatur, die mit Sensoren in technischen Anlagen erhoben werden. Bisher wurden diese Sensordaten nur zur Prozessüberwachung eingesetzt, nun werden sie unter anderem zum Trainieren neuronaler Netze genutzt. Die Entwicklung des neuen Tools wurde 2019 mit einem Fraunhofer-Preis ausgezeichnet.

Schwerpunkt im High Performance Computing

Das Competence Center High Performance Computing hat Maschinelles Lernen und Datenanalyse zu einem eigenen Schwerpunkt gemacht. Gearbeitet wird unter anderem an der Entwicklung neuer Algorithmen zur verteilten Berechnung des Trainings neuronaler Netze und deren Realisierung auf spezialisierter Hardware. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Umsetzung skalierbarer Optimierungsalgorithmen für die verteilte Parallelisierung von großen Machine-Learning-Problemen. Die Grundlagen dafür wurden am CC HPC selbst gelegt, denn es sind HPC-Komponenten wie das parallele Filesystem BeeGFS oder das Programmierframework GPI2.0, welche die effiziente Implementierung neuer Algorithmen erst ermöglichen.

Neben der Forschungstätigkeit ist das Fraunhofer ITWM in den letzten Jahren auch zu einem gefragten Anbieter von Seminaren im Bereich Maschinelles Lernen geworden.



BILD DER WISSENSCHAFT: ERFOLGSFORMELN ERSCHEINEN

Zwei der vorgestellten
Highlight-Projekte:

- 1 *Radiotherapieplanung*
- 2 *Schichtdickenmessung mit Terahertz-Strahlung*

Im Juni erschien unser »bild der wissenschaft«-Supplement – 44 Seiten, die verdeutlichen, dass Mathematik wirklich überall und als Schlüsseltechnologie unverzichtbar ist. Dank der gelungenen journalistischen Aufbereitung unserer Schwerpunkte mit bildstarken Beispielprojekten erreichen wir eine bedeutend größere Leserschaft und nutzen das Ergebnis längerfristig für die unterschiedlichsten PR-Kanäle, Zielgruppen und Anlässe. Damit vernetzen wir unsere Inhalte multimedial und können sie über einen langen Zeitraum nutzen.

Den Anfang machte die Verteilung als Beilage zur Juni-Ausgabe von »bild der wissenschaft« mit einer Auflage von 90.000 Exemplaren, danach konnten wir die Reichweite noch steigern durch gezielten Versand, Präsentation bei Veranstaltungen und mehrfache Nutzung in Online-Medien. Ein weiterer Benefit unserer Zusammenarbeit mit dem Konradin-Verlag ist der Zugriff auf erstklassiges Fotomaterial: die Bilder der verschiedenen Projektbereiche wurden komplett für uns produziert und sind in allen Medien nutzbar.



Wen haben wir erreicht mit unseren Erfolgsformeln?

bild der wissenschaft: ca. 505.000 Reichweite

Im ITWM: 5.000 Print-Exemplare

Industrieanzeiger: ca. 200.000 Reichweite

bild der wissenschaft-Newsletter: ca. 19.000 Abonnenten

Webseite wissenschaft.de: 475.000 Page Impressions

Facebook: insgesamt 7.100 erreichte Personen

Twitter: 12.000 Impressions



NACHT, DIE WISSEN SCHAFFT: SCIENCE SLAM, ARBEITS- PLATZ MATHEMATIK UND »TRANSPARENTES GLÜCK«

Auch 2018 beteiligte sich das ITWM an der »Nacht, die Wissen schafft«, um einem breiten Publikum den »Arbeitsplatz Mathematik« zu präsentieren. Bereits die Auftaktveranstaltung mit einem Science Slam zog viele Besucherinnen und Besucher ins Fraunhofer-Zentrum, die anschließend in die Atrien strömten, wo die ITWM-Exponate thematisch geclustert waren: Der Arbeitsplatz Mathematik war gegliedert in die Bereiche »Messen – Prüfen – Auswerten«, »Simulieren und Optimieren« sowie »Technologien für E-Mobilität und Energiemanagement«.

Im Foyer des Fraunhofer-Zentrums gab es zudem die Ausstellung »Transparentes Glück« des Fotografen Thomas Brenner zu sehen – neun großformatige Collagen, zusammengestellt aus inszenierten und journalistischen Fotografien, Röntgenaufnahmen sowie Textpassagen. Das vielschichtige Werk schlug künstlerisch eine Brücke zwischen den komplexen Hightech-Themen wie High Performance Computing, Big Data, Algorithmen und ihrer Brisanz in der gesellschaftlichen Wirklichkeit.

AUFSTELLUNG VIRUS

Seit Herbst steht eine Sandsteinskulptur mit gusseisernen Stacheln auf der Grünfläche vor unserem Gebäude: Sie trägt den Titel »Virus« und entstand 2017 beim Bildhauer-Symposium des Skulpturen-Vereins Rheinland-Pfalz im Steinbruch Picard. Die Suche nach einer geeigneten Umgebung gestaltete sich schwierig, denn die Aufstellung im Fraunhofer-Gebäude kam wegen des hohen Gewichts nicht infrage; vor der Platzierung im öffentlichen Raum musste erst ein Sicherheitsgutachten eingeholt werden – eine langwierige Prozedur. Ende Oktober konnte die Feuerwehr Kaiserslautern die drei Tonnen schwere Skulptur schließlich anliefern und mit einem riesigen Mobilkran an ihrem jetzigen Standort absetzen.

Die Bildende Künstlerin Monika Biet sagt über ihre Figur: »Im Mikrokosmos lassen sich Naturformen von großer Schönheit entdecken, die aber auch ein gewaltiges, zerstörerisches Potenzial in sich tragen können. Die Skulptur Virus macht diese Ambivalenz von Ästhetik und Aggression visuell und haptisch spürbar.« Auch wissenschaftliche Bezüge lassen sich herstellen: Im Projekt »TheraVision« etwa erforschen Mathematiker des Bereichs Optimierung gemeinsam mit anderen Fraunhofer-Instituten künstlich modifizierte Herpesviren zur Anwendung in der Tumorthherapie.

1 *Fotokunst im Foyer*

2 *Zum Greifen nah: reale und virtuelle Welten im ITWM*

3 *Ein weiterer Blickfang an der Trippstadter Straße: Sandstein-Skulptur »Virus«*



1

KLEINE FORSCHER
Naturwissenschaften und Technik
für Mädchen und Jungen



2



3

© fleXstructures

KITA KLAMMERÄFFCHEN WIRD »HAUS DER KLEINEN FORSCHER«

1 *Kreative Kinder in unserem »Haus der kleinen Forscher«, der Kita*

2 *Donnerstag ist Forschertag*

3 *v.l.n.r.: Dr. Ulrich Link, Vorstand der ISB, Maria Beck, Business + Innovation Center Kaiserslautern, Oliver Hermanns, Geschäftsführer fleXstructures GmbH, und Dr. Klaus Dreßler, Bereichsleiter Mathematik für die Fahrzeugentwicklung am ITWM, nach der Preisübergabe*

Mit einem Forscherfest feierte die Kita »Klammeräffchen« am Fraunhofer-Zentrum ihre Zertifizierung als »Haus der kleinen Forscher«. Damit ist das Klammeräffchen die vierte Einrichtung in Kaiserslautern, die diese Auszeichnung erhalten hat. Verliehen wird das Zertifikat von der gemeinnützigen Stiftung »Haus der kleinen Forscher« an Kitas, die sich besonders im Bereich der Frühbildung engagieren. Das Hauptaugenmerk liegt hier auf den Bereichen Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT) – mit dem Ziel, Mädchen und Jungen stark für die Zukunft zu machen und zu nachhaltigem Handeln zu befähigen. In unserer Kita gilt: »Donnerstag ist Forschertag!« Dafür bilden sich die Erzieherinnen ständig weiter.

Dieses Engagement belohnte auch die Fraunhofer-Zentrale, nämlich mit dem zweiten Platz beim Wettbewerb »kids kreativ«: Zur Siegerurkunde gab's neue Spielsachen, einen Gutschein über 300 Euro und DOCH-Turnbeutel.

SUCCESS PREIS FÜR ITWM-AUSGRÜNDUNG FLEXSTRUCTURES

Das rheinland-pfälzische Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau und die Investitions- und Strukturbank Rheinland-Pfalz (ISB) zeichneten unser Spin-off fleXstructures mit dem Success Preis 2018 aus. Mit dem Preis werden jedes Jahr kleine und mittelständische Unternehmen geehrt, die zukunftsorientierte Entwicklungen von Produkten, Produktionsprozessen und technologieorientierten Dienstleistungen erfolgreich am Markt etabliert haben. fleXstructures erhielt die höchstdotierte Technologieprämie von 15.000 Euro für die innovative Messmaschine MeSOMICS, die in die bewährte Software-Plattform IPS integriert wurde.

Die Simulationssoftware IPS Cable Simulation ist eine Komplettlösung, die es ermöglicht, mehrere Kilometer Kabel und Schläuche in den geringen Bauräumen moderner Fahrzeuge optimiert unterzubringen. Entwickelt und patentiert wurde sie im Bereich »Mathematik für die Fahrzeugentwicklung«; um den weltweiten Vertrieb kümmert sich die fleXstructures GmbH.



DOPPELTE AUSZEICHNUNG: AZUBI UND BETRIEB JAHRGANGSBESTE

Nicht nur der Auszubildende, auch der Ausbildungsbetrieb wurde von der IHK Pfalz geehrt: In der Bad Dürkheimer Salierhalle erhielten im November 2018 Tobias Grau, ehemaliger Auszubildender unserer IT-Abteilung, sowie seine betreuende Institution (also das Fraunhofer ITWM) die Urkunde »Jahrgangsbester«. Tobias Grau schloss seine Ausbildung zum Fachinformatiker mit der Fachrichtung Systemintegration mit der Note 1,7 ab. Während seiner drei Jahre am ITWM lernte er viele verschiedene Bereiche kennen: Windows- und Linux-Administration, Desktopmanagement, Besprechungstechnik und Teile der Netzwerkadministration.

1 *Jahrgangsbester Fachinformatiker: Tobias Grau*

2 *ITWM-Alumni beim ersten Teil des Vernetzungstreffens*

ALUMNI-TAG: BINDUNGEN STÄRKEN – NEUE KOOPERATIONEN ANSTOSSEN

Der zweite Alumni-Tag des ITWM vereinte den Blick nach vorne mit dem Blick zurück: Nachmittags stellten Mitarbeitende in 16 Elevator Pitches aktuelle und zukunftsweisende Projekte des Instituts in den Fokus der knapp fünfzig Alumni – zum Beispiel »Industrial Image Learning«, »Dicken durchblicken«, »Meshfree« oder »Vernetzte Wärme«; anschließend besuchten sie die betreffenden Arbeitsgruppen und vertieften die Diskussion. Bei der Abendveranstaltung, dem strategischen Netzwerktreffen in der Fruchthalle, trafen sich aktuelle Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern mit den ehemaligen; hier wurde der Blick zurückgelenkt auf die Vergangenheit des Instituts, in Form eines von Mitarbeitenden und Alumni konzipierten Theaterstücks. In drei Akten ließen sie die letzten zwanzig Jahre des Instituts Revue passieren – für viele Alumni eine willkommene Geschichtsstunde. Anlass war der bevorstehende Abschied unseres langjährigen Institutsleiters Dieter Prätzel-Wolters, der im April in Ruhestand ging. Während seiner Amtszeit intensivierte er die Vernetzung des ITWM innerhalb von Fraunhofer und mit Hochschulen sowie außeruniversitären Organisationen; aber auch die Vernetzung mit den Ehemaligen wird immer wichtiger.

Dieses Engagement für Alumni unterstützt der Fraunhofer-Alumni e.V. u.a. mit Preisen für erfolgreich umgesetzte Mitgliedergewinnungs-Konzepte; Ende 2018 wurden die eingereichten Konzepte bewertet. Kriterien für die Bewertung der Wirksamkeit des Konzepts sind u.a. die Steigerung der Mitglieder im Fraunhofer-Alumni e.V. aus dem Institut, Alumni-Veranstaltungen oder andere erfolgreiche Vernetzungsformate am Institut. Das Konzept des ITWM-Alumni-Tages wurde mit den zweiten Preis ausgezeichnet!



KARRIERENACHT AM FRAUNHOFER-ZENTRUM

1 *Gemeinsames Tüfteln beim Escape Game. In unserem Hörsaal wurde ein 5x6m großer Kubus aufgebaut und zum Büro eines Fraunhofer-Wissenschaftlers umfunktioniert.*

2 *Unsere Wissenschaftler waren gefragte Ansprechpartner bei der Karriere-nacht.*

Herausforderungen im Team meistern und gleichzeitig eigene Ideen verwirklichen geht nicht? DOCH. Zum Beispiel beim Fraunhofer Escape Game, einem der vielen Angebote der Karriere-nacht im Fraunhofer-Zentrum. ITWM und IESE veranstalteten sie gemeinsam und konnten das Interesse an Fraunhofer als Arbeitgeber wecken: Einen Abend lang informierten sich über hundertfünfzig MINT-Studierende sowie Absolventinnen und Absolventen im Fraunhofer-Zentrum direkt über den beruflichen Einstieg und die Karrierechancen bei Fraunhofer.

Highlight des Abends war das Escape Game: In einem eigens für Fraunhofer gebauten Raum lösten die Spielenden gemeinsam Rätsel, versuchten einen Hackerangriff abzuwehren und damit die wichtigen Daten zu retten – eine Herausforderung, bei der Wissen, technisches Geschick und Teamgeist gefragt waren. Neben dem Escape Game erlebten die Teilnehmenden bei den Führungen durch die beiden Institute und einzelnen Sessions zu ausgewählten Projekten »Forschung live«. Das Karriere-Event klang aus mit einem vertiefenden Networking in lockerer Atmosphäre mit den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowohl des Fraunhofer IESE als auch des Fraunhofer ITWM.

MINT-EC MATH-TALENT-SCHOOL FÜR SCHÜLERINNEN

Wie sieht die Berufswelt einer Mathematikerin aus und was ist angewandte Mathematik? Das erfuhren 26 Schülerinnen von Schulen des nationalen Excellence-Schulnetzwerks MINT-EC bei der Math-Talent-School im August an unserem Institut. Sie wurde organisiert von MINT-EC in Kooperation mit dem Felix-Klein-Zentrum für Mathematik, einer gemeinsamen Einrichtung des Fraunhofer ITWM und des Fachbereichs Mathematik der TU Kaiserslautern.

In Teams bearbeiteten die Mathematik-begeisterten Schülerinnen unterschiedliche Fragestellungen mithilfe mathematischer Modellierung und Computersimulationen. Die Themen waren so breit gefächert, dass sie die Vielfalt der Mathematik im Alltag gut abbildeten: »Choreographien für Musikbrunnen«, »Navigation in Zeiten der E-Mobilität«, »Gemeinsam produzieren, gemeinsam konsumieren« sowie »Smart Farming – Der digitale Bauernhof«. Am Ende der Math-Talent-School präsentierten die Gruppen ihre Ergebnisse und diskutierten sie im Plenum. Natürlich stand auch ein Besuch des Fachbereichs Mathematik der TU Kaiserslautern auf dem Programm, mit detaillierten Informationen über das Mathematik-Studium.



Von vorne, links nach rechts: Brigitte Williard, Sylvia Gerwalin, Dr. Markus Pfeffer, Esther Packullat, Ilka Blauth, Martin Vogt, Michaela Grimberg-Mang, Prof. Dr. Anita Schöbel, Katharina Parusel, Stephanie Beck, Manuela Hoffmann, Jana Willenbacher, Eva Schimmele, Dieter Eubell, Prof. Dr. Dieter Prätzel-Wolters, Hülya Zimmer, Waltraud Dully, Gaby Gramsch, Steffen Grützner, Tino Labudda, Christian Fuchs, Mirko Spell, Yvonne Kusch-Engers, Brigitte Biguet, Elmar Gerwalin, Christian Peter, Dominic Schunk, Martin Braun

UNSER NETZWERK

KUNDEN UND KOOPERATIONSPARTNER AUSWAHL 2018

- AAC Technologies, Turku (FIN), Nanjing(RC) Shenzhen (RC)
- AbbVie Deutschland GmbH & Co. KG, Ludwigshafen
- AL-KO GmbH, Kötz
- Altair Engineering, Troy (USA)
- ante holz GmbH, Bromskirchen
- AUDI AG, Ingolstadt
- BASF SE, Ludwigshafen
- Bayer AG, Leverkusen
- BioNTech AG, Mainz
- BMW, München
- BPW Bergische Achsen Kommanditgesellschaft, Wiehl
- Brückner Group GmbH, Siegsdorf
- BSN Medical, Emmerich
- ContiTech Transportbandsysteme GmbH, Northeim
- Corning GmbH, Kaiserslautern
- Daimler AG, Stuttgart
- das-Nano S.L., Tajonar, Navarra (E)
- delta h Ingenieurgesellschaft mbH, Witten
- Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf
- Dilo Machines GmbH, Eberbach
- ebm papst, Muldingen
- Equinor ASA, Stavanger (N), Trondheim (N), Oslo (N)
- ESI Group, Paris (F)
- EWR AG, Worms
- FLSmidth A/S, Kopenhagen (DK)
- Ford-Werke GmbH, Köln
- Freudenberg Filtration Technologies, Kaiserslautern
- GEF Ingenieur AG, Leimen
- GKV Spitzenverband, Berlin
- GOLDBECK New Technologies GmbH, Hirschberg
- Goodyear S.A., Colmar-Berg, Luxembourg
- Grimme Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG, Damme
- Groz-Beckert KG, Albstadt
- GRS mbH, Köln
- Haas Schleifmaschinen GmbH, Trossingen
- Helmholtz-Institut für elektrochem. Energiespeicherung, Ulm
- Hochschulen: Berlin, Birkenfeld (Trier), Darmstadt, Kaiserslautern, Lübeck, Mainz
- Hubert Stüken GmbH & Co. KG, Rinteln
- Hübner GmbH&Co. KG, Kassel
- IAV Group, Berlin
- IBS FILTRAN GMBH, Morsbach-Lichtenberg
- Imilia Interactive Mobile Applications GmbH, Berlin
- Institut für Textiltechnik (ITA), Aachen
- IPConcept (Luxemburg) S.A., Luxemburg (L)
- John Deere GmbH & Co.KG, Mannheim, Kaiserslautern
- Johns Manville Europe GmbH, Bobingen
- Karl Mayer, Chemnitz
- Kelheim Fibres GmbH, Kelheim
- Kliniken Essen Mitte, Essen
- Kreisverwaltung Mainz-Bingen, Ingelheim am Rhein
- KSB Aktiengesellschaft, Frankenthal
- Liebherr, Kirchdorf / Colmar
- Lonza AG, Basel
- MAGMA Gießereitechnologie GmbH, Aachen
- Mahle GmbH, Stuttgart

- Maja Möbelwerk GmbH, Wittichenau
- MAN Truck & Bus Deutschland GmbH, München
- Maserati S.p.A./Alfa Romeo, Modena (I)
- Meggitt Polymers & Composites, Stevenage (GB)
- Merck KGaA, Darmstadt
- mfd Diagnostics, Wendelsheim
- Miebach Consulting GmbH, Frankfurt am Main
- MVZ Dres. Englmaier GmbH, Waldkraiburg
- Netze BW GmbH, Stuttgart
- Nissan, Kanagawa (J)
- Odenwald Faserplattenwerk GmbH, Amorbach
- Panasonic R&D Center Germany GmbH, Langen
- Paul Wild GmbH, Kirschweiler
- Plastic Omnium, Brüssel (B)
- Porsche AG, Stuttgart, Weissach
- proALPHA Business Solutions GmbH, Weilerbach
- Procter & Gamble, Cincinnati (USA), Schwalbach, Kronberg
- Progress Rail Inspection & Information Systems, Bad Dürkheim
- PSA Peugeot Citroen, Velizy-Villacoublay Cedex (F)
- PSI Software AG, Aschaffenburg, Dortmund
- R+V Versicherung, Wiesbaden
- Repsol, Houston (USA)
- Rittal, Herborn
- RJL Micro & Analytic GmbH, Karlsdorf-Neuthard
- Robert Bosch GmbH, Stuttgart
- Rolls-Royce, Berlin
- RWE Generation SE, Essen
- Santander Consumer Bank AG, Mönchengladbach
- SAP AG, Walldorf
- Scania CV AB, Södertälje (S)
- Schleifring und Apparatebau GmbH, Fürstfeldbruck
- Schmitz Cargobull AG, Altenberge
- Seismic Imaging Processing SIP, Aberdeen (GB)
- Siemens Technology Accelerator, München
- Spin-offs des ITWM: fleXstructures, Math2Market, Produktinformationsstelle Altersvorsorge, Sharp Reflections, ThinkParQ (alle Kaiserslautern)
- Stadtentwässerung Kaiserslautern AöR, Kaiserslautern
- Stöhr + Sauer CAD- und Computersysteme GmbH, Würselen
- Stryker GmbH & Co. KG, Freiburg
- Technische Werke Ludwigshafen
- TGS Nopec, Houston (USA)
- Toyota Motor Europe NV/SA, Brüssel (B)
- Umicore, Hanau
- Union Investment Privatfonds GmbH, Frankfurt/Main
- uniper Anlagenservice, Gelsenkirchen
- Universitäten: Aachen, Berlin, Bordeaux (F), Bremen, Dortmund, Dresden, Erlangen, Frankfurt/Main, Freiberg, Freiburg, Heidelberg, Kaiserslautern, Karlsruhe, Kassel, Mainz, München, Münster, Nancy(F), Saarbrücken, Trier, Ulm
- VAN DE WIELE, Kortrijk (B)
- Varian Medical Systems International AG, Cham
- Voith GmbH & Co. KGaA, Heidenheim
- Volkswagen AG, Wolfsburg
- Volvo, Eskilstuna (S), Göteborg (S)
- ZF, Friedrichshafen

AUSGEZEICHNETES NETZWERK AM STANDORT KAISERSLAUTERN

Vor drei Jahren wurde das Leistungszentrum für Simulations- und Software-basierte Innovation gegründet; nach der erfolgreichen Evaluierung begann Anfang April 2018 die zweite Förderphase. Damit wird die Erfolgsgeschichte fortgeschrieben, die sich aus der Zusammenarbeit der beiden Fraunhofer-Institute IESE und ITWM mit der Technischen Universität, der Hochschule Kaiserslautern, weiteren Forschungseinrichtungen wie dem Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz und dem Institut für Verbundwerkstoffe sowie der Industrie im Bereich anwendungsorientierter Simulations- und Software-Technologien entwickelte.

Das Zentrum ist eine anwendungsorientierte, interdisziplinäre Plattform für vorwettbewerbliche Forschung und Zusammenarbeit, branchenübergreifend genutzt von Chemie und Verfahrenstechnik, Fahrzeugbranche (insbesondere Nutzfahrzeugtechnik) sowie Informations- und Energiewirtschaft. Die beteiligten Forschungseinrichtungen decken die gesamte Breite der Kompetenzen im Bereich der Modellierung technischer Prozesse und Produkte, der Simulations- und Softwaremethoden und der Optimierungs- und Entscheidungsunterstützung ab.

Forschungslabs und Transferzentren

Gegliedert ist das Leistungszentrum weiterhin in Forschungs- und Entwicklungs-Labs sowie Transferzentren. Die FuE-Labs sind methodisch orientiert; sie entwickeln Konzepte und Algorithmen, die als Basistechnologien für die folgenden Transferzentren bereitstehen.

Die »MSO-basierte Verfahrenstechnik« stellt Modellierung, Simulation und Optimierung (MSO) in der Verfahrenstechnik in den Fokus. Das Transferzentrum »Digitale Nutzfahrzeugtechnologie« hat seinen Schwerpunkt im Bereich der Nutzfahrzeugtechnik und die »Smart Ecosystems« beschäftigen sich mit Smart Energy, Smart Health, Green by IT sowie adaptiven und offenen Systemen.

Forschungsthemen

- Systemmodellierung und Softwarelösungen u. a. für die E-Mobilität
- Leichtbau, Digitalisierung und Software-Ecosysteme
- Entscheidungsunterstützung für die Prozessoptimierung in der Industrie
- Mensch-Maschine-Umwelt-Interaktion
- Digitale Zwillinge für Produktion und autonome Systeme
- Sicherheitskonzepte für offene und adaptive Systeme
- Machine Learning, insbesondere Deep Learning-Algorithmen

Das Leistungszentrum ist durch seine einzelnen Forschungspartner national und international bekannt, als Ganzes bisher noch stark regional ausgerichtet, teilweise aufgrund der starken regionalen Industriepartner wie BASF, Daimler Trucks und John Deere. Um die nationale und internationale Sichtbarkeit zu erhöhen, wird das Leistungszentrum künftig verstärkt mit anderen Exzellenzstandorten kooperieren.

Transferpfade

Um das wesentliche Ziel – die nachhaltige Übertragung der Ergebnisse in Wirtschaft und Wissenschaft – zu erreichen, werden im Leistungszentrum die verschiedenen Transferpfade von der Wirtschaft bis in die Gesellschaft betrachtet wie auch deren Rückwirkung auf die Forschung. Aktuell werden die folgenden Pfade beschriftet:

Vertragsforschung

- Industrierträge: Stammkunden und Neukundenakquise
- Industrieseminare und Konferenzen
- Demonstratoren und Real-Labore

Lizensierung (von Schutzrechten)

- IP-Verwertung von Software und Simulationslösungen
- Lizenzgeschäft mit Ausgründungen und Softwarefirmen

Ausgründungen

- Inkubator für Simulations- und Softwaretechnologien
- Schließung technologischer Lücken bei externen Start-ups und KMU

Weiterbildungen (für die Wirtschaft)

- Softwareengineering, Digitale Nutzfahrzeugtechnologie, Deep Learning
- Geplant: Industrie 4.0, Prozesssimulation

Köpfe und Karriere

- Nachwuchsförderung mit der TUK (Workshops, Vorlesungen, Graduierungsarbeiten)
- Stipendienprogramm für Bachelor, Master und PhD über die Felix-Klein-Akademie für Mathematik

Gesellschaftliche Partizipation

- Veranstaltungen der Science & Innovation Alliance, u. a. die Nacht der Wissenschaft
- Gesellschaftliche Beteiligung in langfristigen Regionalprojekten: OD Pfalz, Digitale Dörfer, EnStadt: Pfaff

Um die Ziele der letzten Transferpfade zu erreichen, setzt das Leistungszentrum auf die Zusammenarbeit mit etablierten Partnern am Standort in den Bereichen Ausgründungen (Gründungsbüro KL, IHK Pfalz), Weiterbildung (u. a. DISC als Anbieter postgradualer Fernstudiengänge) und Zivilgesellschaft (Science and Innovation Alliance, Zukunftsregion Westpfalz).

VERNETZUNG UND KOOPERATIONEN INNERHALB DER FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Ein großes Netzwerk und innovative Partner sind entscheidend für das Gelingen von Projekten. Darum sind wir eingebunden in ein Netz nationaler und internationaler Kooperationen und Mitglied mehrerer Zusammenschlüsse innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft:

- Fraunhofer-Verbünde
 - IuK-Technologie
 - Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS (Gaststatus)

- Fraunhofer-Allianzen
 - Automobilproduktion
 - Batterien
 - Big Data und Künstliche Intelligenz
 - Cloud Computing
 - Leichtbau
 - Numerische Simulation von Produkten, Prozessen
 - Textil
 - Verkehr
 - Vision

Innerhalb von Fraunhofer sind wir ein begehrter Forschungspartner, denn wir sind beteiligt an verschiedenen internen Forschungsvorhaben, zum Beispiel an MAVO-/WISA-Projekten, fünf SME-/MEF-Vorhaben und an einem Discoverprojekt. Fraunhofer-Forschungscluster fördern die kooperative Entwicklung und Bearbeitung systemrelevanter Themen durch eine institutsübergreifende Forschungsstruktur. Organisatorisch entsprechen diese Forschungscluster einem »virtuellen Institut«, das sich über mehrere Standorte verteilt. Wir engagieren uns in diesen Clustern:

- Programmierbare Materialien
- Advanced Photon Sources
- CIT – Cognitive Internet Technologies

Fraunhofer-Leitprojekte: Vorlaufforschung im Verbund

Eine Besonderheit in der Fraunhofer-Forschung stellen die Leitprojekte dar: Thematisch orientieren diese sich an aktuellen Bedarfefeldern der Industrie und bündeln die Kompetenzen verschiedener Institute für eine effiziente Vorlaufforschung. Angestrebt wird die Technologieführerschaft von Fraunhofer – neben hoher wissenschaftlicher Exzellenz. Das Ziel des Programms ist das Ausschöpfen des Fraunhofer-Synergiepotenzials durch Zusammenführung von Kompetenzen mehrerer Fraunhofer-Institute, um Lösungen für Herausforderungen der deutschen Industrie zu liefern. Im Mittelpunkt steht jeweils ein konkretes Projekt. 2018 finanzierte Fraunhofer die Forschung in 14 Leitprojekten; an vier dieser Projekte sind wir beteiligt.

ML4P –

Machine Learning for Production



In diesem Leitprojekt bündeln sieben Fraunhofer-Institute ihre umfangreichen Erfahrungen im Bereich Machine Learning in der Produktion. Bedarf besteht sowohl in der Prozess- als auch in der stückgutproduzierenden Industrie, denn hier wie dort sind Prozesse miteinander vernetzt und Maschinen, Schnittstellen und Bauteile kommunizieren miteinander. Ziel ist die Modellierung einer gesamten Anlage, um aufgrund dieses Gesamtmodells mit Methoden der mathematischen Optimierung verbesserte Anlagendesigns oder Betriebsweisen vorzuschlagen. Dazu werden sowohl physikalisches Modellwissen als auch Methoden des Maschinellen Lernens eingesetzt, wobei diese Lernverfahren sowohl auf komplexen Simulationsdaten als auch auf gemessenen Betriebsdaten der Produktionsanlagen aufbauen. Die Betriebsdaten können sowohl aus der sensorischen Überwachung als auch der Dokumentation der Betriebsgegebenheiten stammen. Insbesondere die Anwendung von ML-Verfahren in der statistischen Analyse von Zeitreihen und der automatischen Analyse von Bilddaten stellen Schwerpunkte dar.

QUILT – Quantum Methods for Advanced Imaging Solutions



Im Bereich des Quantenimaging ist der QUILT-Verbund bereits heute durch hervorragende Technologieplattformen, exzellente Leitexperimente und weltweit agierende Forschergruppen bestens aufgestellt. Diese Position soll durch das Leitprojekt QUILT zukünftig weiter untermauert werden. Wir nehmen eine Schlüsselrolle ein bei der Modellierung, Simulation und Optimierung von quantenbasierten berührungsfreien Methoden – mit dem Ziel, bildgebende Verfahren für Materialoberflächen verlässlicher, schneller und kostengünstiger zu gestalten. Schwerpunkte dabei sind Entwicklung eines digitalen Zwillings zur quantitativen Vorhersage quantenoptischer Experimente sowie eines Terahertz-Strukturanalysesystems zur Verbesserung der Detektionseffizienz.

COGNAC – COGNitive AgriCulture



Im Fraunhofer-Leitprojekt »Cognitive Agriculture« sollen Daten über komplexe Zusammenhänge in der Feldwirtschaft automatisiert erfasst und daraus ein optimaler pflanzenspezifischer Arbeitsprozess abgeleitet werden, der die Produktivität ohne ökologische Folgeschäden steigert. Unser Beitrag ist im Innovationsbereich Neuartige Sensorik angesiedelt und widmet sich der Modellierung, Simulation und Optimierung agronomischer Prozesse (z. B. Wachstum und Ertrag von Weizen). Ein wichtiges Ziel dabei ist es, Korrelationen und Einflussfaktoren zu identifizieren und Handlungsempfehlungen abzuleiten, zum Beispiel für die robuste Erntekampagnenplanung: Wir betrachten laufend aktualisierte Abreifedaten und Wetterprognosen und können so vorausschauend Maschinen und Personal planen. Durch robuste Modelle und Algorithmen reduzieren wir Trocknungs- und Treibstoffkosten, während gleichzeitig die Nahrungsmittelqualität und Kundenzufriedenheit erhöht wird.

eOPT – Strom als Rohstoff



Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung elektrochemischer Verfahren für fluktuierende Energie- und Rohstoffsysteme; daraus ergibt sich auch für eine stromintensive Industriebranche wie die Chemie die Möglichkeit, billigen Strom als Energiequelle einzusetzen. Insbesondere die Produktion von Wasserstoffperoxid als grünes Bleichmittel und die Konversion von CO₂ zu wertigen Grundlagenchemikalien, beides mittels elektrochemischer Konversion, stehen im Projektfokus.

Wir beschäftigen uns mit der Schätzung von Kinetik-Konstanten aus Parameteranpassungen in RRDE-Experimenten und modellieren die elektrochemischen Zellen inklusive Transportphänomenen. Wir implementieren das Zellenmodell für einen kommerziellen Fließbildsimulator und integrieren es in ein Gesamtblaubild. Unsere Expertise in der mehrkriteriellen Optimierung kommt zum Tragen bei der Identifikation bestmöglicher Betriebsstrategien für den Gesamtprozess. Hier berücksichtigen wir auch fluktuierende Strompreise.



SPIN - OFFS

Math2Market

Math2Market ist unser erstes und größtes Spin-off, in den Anfangsjahren zuständig für den Vertrieb der in der Abteilung Strömungs- und Materialsimulation entwickelten Software GeoDict. Aus dieser Software ist mittlerweile das Digitale Materiallabor GeoDict® erwachsen, welches Math2Market selbst weiterentwickelt bzw. am ITWM generierte Tools integriert. Mit dieser Komplettlösung unterstützt Math2Market Unternehmen bei der effizienten Entwicklung besserer Materialien und Prozesse. Die Kunden sind über die ganze Welt verteilt und kommen aus den Bereichen Filtration, Verbundwerkstoffe und Elektrochemie; hier sind vor allem Hersteller von Batterien und Brennstoffzellen vertreten.

flexstructures

Die flexstructures GmbH ist eine Ausgründung der ehemaligen Abteilung Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit. Sie vertreibt die Software-Familie IPS, die gemeinsam mit dem Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics in Göteborg entwickelt wurde. Ein wichtiges Tool der Produktgruppe ist IPS Cable Simulation; es wird in der Automobil- und Nutzfahrzeugindustrie, aber auch in der Luft- und Raumfahrt und im Maschinenbau genutzt, um die effiziente Verlegung von Kabeln und Schläuchen beispielsweise im Motorraum von Fahrzeugen zu gewährleisten.

Sharp Reflections

Gemeinsam mit dem norwegischen Öl- und Gasunternehmen Statoil hat das Competence Center High Performance Computing die Software Pre-Stack Pro zur Auswertung seismischer Reflexionsdaten entwickelt, für deren Vermarktung und Weiterentwicklung die Sharp Reflections GmbH zuständig ist. Pre-Stack Pro nutzt parallele Computertechnologie, um aus großen Datensätzen verlässliche Informationen über Eigenschaften von Öl- und Gaslagerstätten abzuleiten. In Norwegen betreut Sharp Reflections AS die dort ansässigen Kunden und organisiert die weltweite Vermarktung des Produktes.

ThinkParQ

ThinkParQ, ebenfalls eine Ausgründung des Competence Centers High Performance Computing, ist das Unternehmen hinter dem parallelen Cluster-Filesystem BeeGFS. Mit dieser hoch skalierbaren Speicherlösung lassen sich große Datenmengen lokal und in der Cloud nutzerfreundlich verwalten.

Produktinformationsstelle Altersvorsorge PIA

Die PIA ist eine unabhängige Stelle, die seit Januar 2017 im Auftrag des Bundesfinanzministeriums die Chancen-Risiko-Klassifizierung der geförderten Altersvorsorgeprodukte übernimmt. Sie ist eine hundertprozentige Fraunhofer-Tochter und arbeitet eng mit unserer Abteilung Finanzmathematik zusammen.

WEITERE KOOPERATIONEN

▪ Center for Mathematical and Computational Modeling (CM)²

Das Center am Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern hat seinen Fokus auf mathematischen Anwendungen in den Ingenieurwissenschaften.

▪ Felix-Klein-Zentrum für Mathematik FKZM

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 & Innovation Alliance Kaiserslautern SIAK

Die SIAK ist ein Netzwerk für digitale Transformation, Innovation und interdisziplinäre Forschung. Über ihre Mitglieder aus Wissenschaft – Hochschulen und Forschungsinstitute – und Wirtschaft – insbesondere aus dem Mittelstand – ist sie regional verankert.

▪ Software-Cluster

Der Software-Cluster ist ein Netzwerk von Unternehmen, Ausbildungs- und Forschungseinrichtungen im Bereich der Software-Entwicklung rund um die Städte Darmstadt, Kaiserslautern, Karlsruhe, Saarbrücken und Walldorf.

▪ MINT-EC

Das nationale Excellence-Schulnetzwerk MINT-EC hat sich zum Ziel gesetzt, Schüler für MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) zu begeistern. In Kooperation mit MINT-EC finden regelmäßig Veranstaltungen wie die Math Talent School statt.

▪ ZukunftsRegion Westpfalz e.V.

Der Verein ZukunftsRegion Westpfalz will Menschen, Unternehmen und Organisationen aus der Region zusammenbringen, um sich gemeinsam für die Stärkung der Westpfalz einzusetzen und die Zukunftsfähigkeit der Region zu stärken.

▪ KOMMS

Das Kompetenzzentrum für mathematische Modellierung in MINT-Projekten in der Schule wurde als wissenschaftliche Einrichtung des Fachbereichs Mathematik der Technischen Universität Kaiserslautern gegründet, um die Bereiche Schulprojekte, Lehrerfortbildung/Zertifizierung, Lehrerausbildung und Forschung zu verbinden.

▪ EMVA

EMVA (European Machine Vision Association) ist eine gemeinnützige Gesellschaft mit dem Zweck, die Bildverarbeitungsindustrie in Europa zu vertreten. Seit Januar 2018 engagieren sich die Abteilungen Bildverarbeitung sowie Materialcharakterisierung und -prüfung als Mitglieder.

▪ Kompetenznetz Verfahrenstechnik Pro3

Das Kompetenznetz Verfahrenstechnik Pro3 steht für die Vernetzung von Industriepartnern mit Forschung und Lehre in der Verfahrenstechnik, dem Bioingenieurwesen und dem Chemieingenieurwesen. Ziel ist die Stärkung der Verfahrenstechnik in Deutschland.



FRAUNHOFER-CHALMERS RESEARCH CENTRE FOR INDUSTRIAL MATHEMATICS FCC

Einer der wichtigsten internationalen Partner des Fraunhofer ITWM ist das 2001 von der Fraunhofer-Gesellschaft und der Chalmers-Universität in Göteborg gegründete »Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics«, kurz FCC. Es hat eine ähnliche Mission wie das Fraunhofer ITWM und arbeitet vor allem mit unseren Abteilungen Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit, Optimierung sowie Systemanalyse, Prognose und Regelung zusammen. Im Jahr 2015 wurden die wissenschaftliche und ökonomische Entwicklung sowie die künftige Strategie des FCC durch ein internationales Komitee evaluiert. Die erfolgreiche Bewertung zeigt, dass sich das Institut zu einer exzellenten Forschungseinrichtung entwickelt hat und sich als schwedisches Zentrum für Industriemathematik etablieren konnte. Zum Portfolio gehören Vertragsforschung, Service, Algorithmen und Software basierend auf modernen mathematischen Methoden im Bereich der Modellierung, Simulation und Optimierung (MSO), die in industrielle Innovationen für Produkte und Produktionssysteme fließen. Anwendungsgebiete sind Maschinenbau, Life Science, Papier- und Verpackungsindustrie, Elektronik sowie Informations- und Kommunikationstechnologien.

Das Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics gliedert sich in drei Abteilungen:

- »Geometrie und Bewegungsplanung« arbeitet eng mit dem Chalmers Wingquist Laboratory zusammen und entwickelt Simulationen für die automatische Pfadplanung, Dichtungen, flexible Materialien (beispielsweise Kabel und Schläuche) und bewegte Menschmodelle. Letztere sind vor allem für die ergonomische Ausgestaltung von Montageabläufen von Bedeutung.
- »Computational Engineering und Design« arbeitet an innovativen numerischen Methoden, schnellen Algorithmen und Engineering-Tools zur Unterstützung der virtuellen Produkt- und Prozessentwicklung. Die Anwendungen umfassen Fluidodynamik, Strukturmechanik und Elektromagnetik.
- »System- und Datenanalyse« bietet Kompetenz in Dynamischen Systemen, Vorhersage und Steuerung, Bild- und Videoanalyse, mathematische Statistik und Quality Engineering, sowohl in technischen als auch in biologischen und biomedizinischen Anwendungen.

Das FCC hat derzeit 55 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, der Haushalt betrug 2018 rund sechs Millionen Euro.

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.

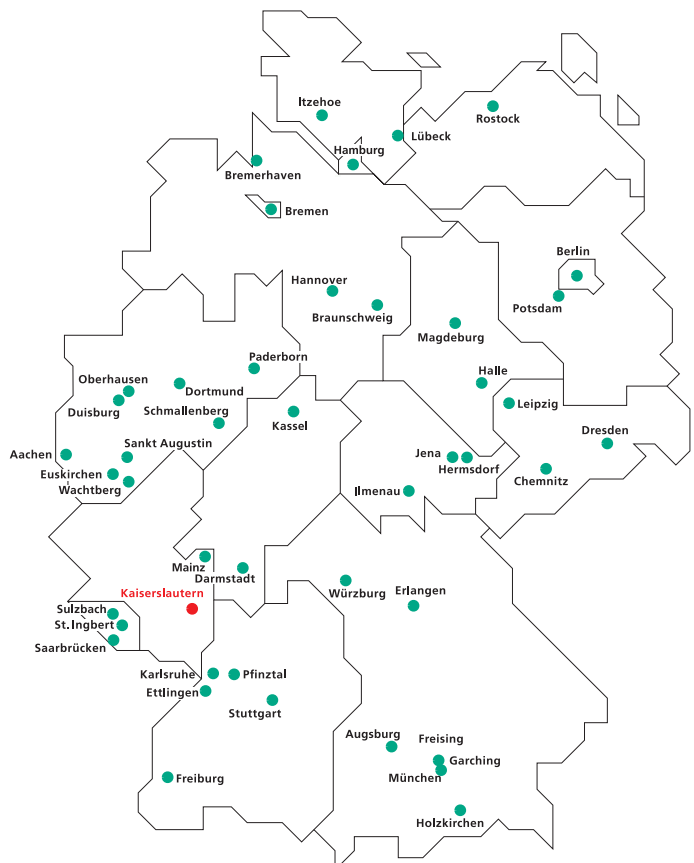
Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 72 Institute und Forschungseinrichtungen. Mehr als 26 600 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,6 Milliarden Euro. Davon fallen 2,2 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Rund 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.

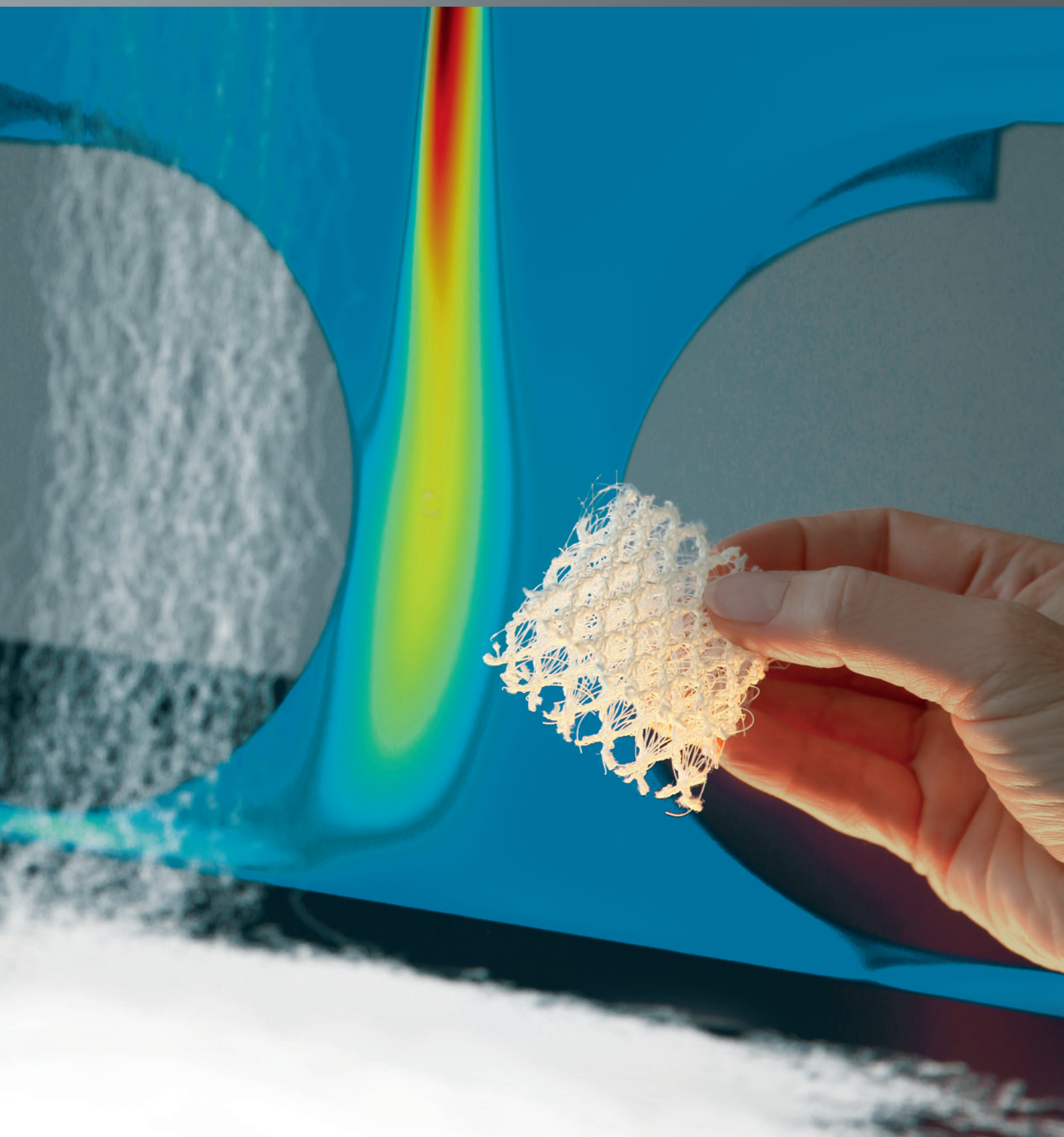
Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft. Studierenden eröffnen sich aufgrund der praxisnahen Ausbildung und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





TRANSPORTVORGÄNGE



DR. DIETMAR HIETEL
DR. RAIMUND WEGENER
ABTEILUNGSLEITER



MATHEMATISCHE MODELLIERUNG, SIMULATION UND OPTIMIERUNG VON TRANSPORTVORGÄNGEN

Unsere Abteilung Transportvorgänge modelliert komplexe industrielle Fragestellungen und entwickelt effiziente Algorithmen zur numerischen Simulation und Optimierung dieser Probleme. Die Aufgabenstellungen liegen im technisch-naturwissenschaftlichen Kontext (Strömungsdynamik, Strukturmechanik, Strahlungstransport, Optik etc.) und führen in der Modellierung auf partielle Differentialgleichungen, die meist als Transportgleichungen zu charakterisieren sind.

Aus Sicht der industriellen Kunden geht es typischerweise um die Auslegung von Produktionsprozessen und die Optimierung von Produkten. Unser Angebotsspektrum erstreckt sich von Kooperationsprojekten mit den ingenieurwissenschaftlich ausgerichteten FuE-Abteilungen der Partnerfirmen über Studien mit Auslegungs- und Optimierungsvorschlägen bis hin zu Softwarelösungen – vom Baustein bis zum kompletten Tool.

Im Jahr 2018 waren wir ähnlich wie in den Vorjahren mit einem ausgeglichenen Haushalt wirtschaftlich erfolgreich. Wissenschaftlich hat unsere Abteilung ihre Aufstellung nochmals verbessert, was sich u. a. in einer verstärkten Publikationsaktivität dokumentiert. Daraus resultierend konnten wir neue öffentliche Mittel für längerfristige Forschungsvorhaben einwerben.

Kontakt

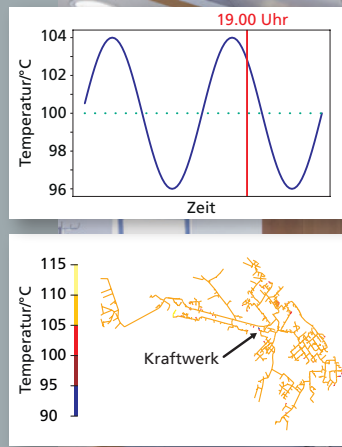
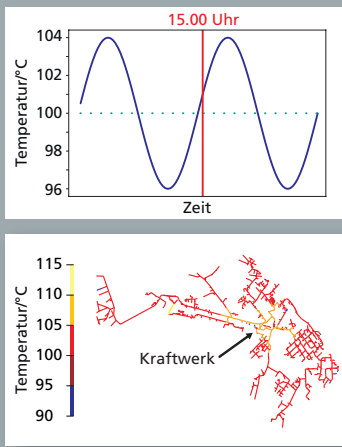
dietmar.hietel@itwm.fraunhofer.de
raimund.wegener@itwm.fraunhofer.de
www.itwm.fraunhofer.de/tv



SCHWERPUNKTE

- Flexible Strukturen
 - Strömungsdynamische Prozessauslegung
 - Gitterfreie Methoden
 - Energienetze und Modellreduktion
-





© Technische Werke Ludwigshafen

1

MIT DYNAMISCHER SIMULATION EFFIZIENZ VON FERNWÄRMENETZEN STEIGERN

1 *Dynamische Simulation des Teilnetzes in Ludwigshafen: Einspeisetemperatur im Kraftwerk (oben), Temperatur im Fernwärmenetz (unten)*

Im BMWi geförderten Projekt DYNEEF arbeiten wir gemeinsam mit der GEF Ingenieur AG und den Technischen Werken Ludwigshafen (TWL) an der »Dynamischen Netzsimulation zur Effizienzsteigerung in der Fernwärmeerzeugung«. In diesem Rahmen wurde ein Softwaretool zur Netzwerksimulation entwickelt, getestet und für die Betriebsoptimierung der TWL bereitgestellt.

Fernwärmenetze dienen der Versorgung mit Wärme und Warmwasser. Die Betreiber von Fernheizkraftwerken (FHKW) erwirtschaften einen Teil ihres Erlöses durch den Verkauf von Strom, der durch Kraft-Wärme-Kopplung parallel zur Wärmeerzeugung anfällt. Die Einbeziehung und dynamische Regelung des Fernwärmenetzes als Energiespeicher hilft, Turbinen effizient zu betreiben und vorhandene Speicherkessel optimal einzusetzen.

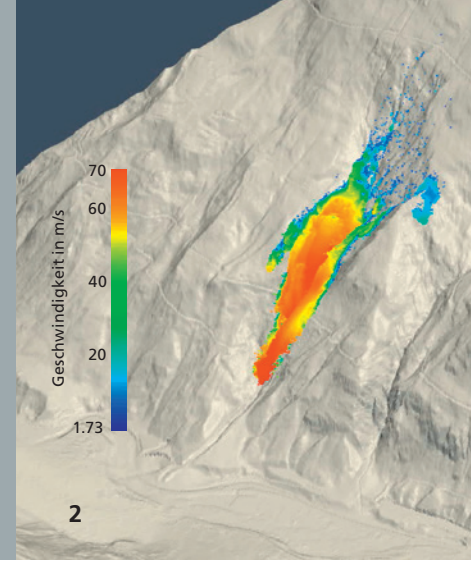
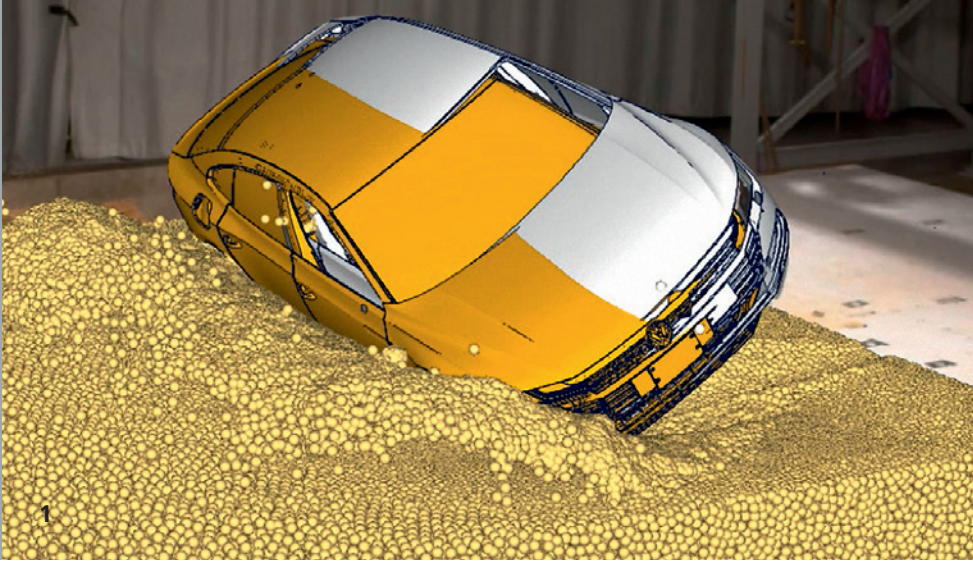
Software simuliert und optimiert Betrieb von Fernheizkraftwerken und Wärmenetzen

Gegenwärtige Software zur Betriebsunterstützung von FHKW beschäftigt sich entweder mit dem optimalen Einsatz der lokalen Betriebsmittel – wobei das Fernwärmenetz nur als strukturlose Senke behandelt wird – oder die Software betrachtet fein orts aufgelöste hydro-thermische Modelle des Leitungsnetzes, um die Versorgung aller Kunden zu garantieren. Dies geschieht meist jedoch, ohne die Simulation in ein Gesamtbild mit schwankenden Betriebsbedingungen einzubinden.

Die dynamische Simulation des Fernwärmenetzes hat enorme Vorteile: Der Netzbetreiber kann mithilfe der Software zu jeder Zeit sowohl die Temperatur als auch die Strömungsverhältnisse an jedem Ort im Fernwärmenetz auslesen. Damit regelt er die am Kraftwerk bereitgestellte Vorlauf-temperatur und den in das Netz gepumpten Massenfluss und verhindert so beispielsweise, dass Gasturbinen zur Wärmeproduktion teuer zugeschaltet werden müssen.

Mathematik hinter der Software schafft digitalen Zwilling

Klassische Methoden zur Lösung der schwankenden thermohydraulischen Gleichungen sind zu ungenau bzw. aufwändig, um im Betrieb des Fernwärmenetzes Regelungsvorschläge zu liefern. Deshalb haben wir im Projekt ein eigenes numerisches Verfahren entwickelt, bei dem die Leitungen nicht zusätzlich unterteilt werden. Per modellprädiktiver Regelung und automatischem Differenzieren lassen sich so Optimierungshorizonte von einigen Tagen bewältigen. Auf Basis der Software schaffen wir ein digitales Abbild real existierender Fernwärmenetze und einer automatischen Leitstandregelung, denn das wird im Zuge der Dezentralisierung von Einspeisepunkten notwendiger denn je.



MIT MESHFREE NICHT-NEWSTONSCHER FLÜSSIGKEITEN SIMULIEREN

Mit MESHFREE stellen wir in Kooperation mit dem Fraunhofer SCAI seit 2018 ein Softwareprodukt zur gitterfreien Simulation physikalischer Prozesse bereit. Die Software bündelt die Expertise beider Institute im Bereich des gitterfreien wissenschaftlichen Rechnens und hat ein breites Anwendungsspektrum.

Die Finite-Pointset-Methode als Entwicklung unseres Instituts

Mit gitterfreien Simulationen erweitern wir den Anwendungshorizont von numerischer Modellierung. Die Finite-Pointset-Methode (FPM) ist eine originäre Entwicklung des ITWM und wird seit 2000 in Projekten mit internationalen Partnern eingesetzt. Die Methode haben wir zuerst für die Modellierung von Airbagentfaltung eingesetzt.

Die Abwesenheit von Rechengittern spart Vorbereitungszeiten von Simulationen. Wie modelliert man Regenwasserströme, wie die Wasserdurchfahrt eines Autos? Wie legt man schwimmende Pontonbrücken aus? Wie optimiert man Freistrahlturbinen (Pelton-turbinen) in Wasserkraftwerken? Die Anwendungsbeispiele sind vielfältig und FPM ist im Bereich der Strömungen mit freien Oberflächen und Fluid-Struktur-Interaktion (FSI) gegenüber gitterbasierten Methoden klar im Vorteil.

Simulation von granularen Medien ganz ohne Gitter

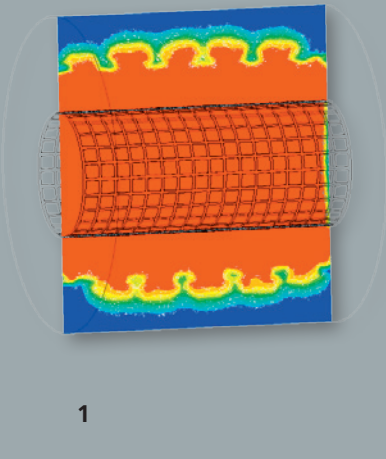
Wir erweitern deutlich den Fokus gitterfreier Simulationen. Denn zum einen setzen wir auf völlig neue Applikationen, z. B. Beispiel Prozesse in der Lebensmittelindustrie oder in der Verfahrenstechnik. Zum anderen haben wir eine größere Bandbreite an Materialien im Blick. Wir fokussieren neben numerischer Strömungsmechanik (Computational Fluid Dynamics, CFD) auch Nicht-Newton'sche Fluide – beispielsweise Schäume, Teig oder Polymerschmelzen.

Auch die Dynamik von granularen Medien wie Sand, Kies, Schnee, Getreide etc. modellieren wir mit MESHFREE. Dies ist z. B. Teil eines DFG-Projektes mit der Uni Innsbruck (Arbeitsbereich für Geotechnik und Tunnelbau). Neben dem einfachen Drucker-Prager-Modell verankern wir hypoplastische Beschreibungen bzw. Barodäsie (komplexe, nichtlineare, dafür sehr präzise Formulierungen von Bodenverhalten) in MESHFREE. Zudem setzen wir mit dem Automobilhersteller VW die Anbindung an das Softwarepaket VPS (Virtual Performance Solution) der ESI Group um, zum Beispiel um Rollover-Vorgänge – also das Überschlagen von Fahrzeugen – auf sandartigen Untergründen zu simulieren. MESHFREE übernimmt die granulare Phase, VPS die Deformation des Fahrzeugs.

1 Seitliches Überschlagen eines Fahrzeugs im Sand: Vergleich Experiment und Simulation.

2 Simulation der Wolfsgruben-Lawine (13. März 1988), Geodaten: mit freundlicher Unterstützung der BFW Österreich.





1

1 CFD-Simulation einer virtuellen Garnspule im Färbebad



2

2 Gefärbte Garnspulen in der Textilproduktion

MACHINE LEARNING IN DER TEXTILINDUSTRIE

Die Anforderungen an die Textilindustrie ändern sich dramatisch. Der Trend geht in vielen Bereichen zur Individualisierung, ähnlich wie beispielsweise beim Autokauf. Verbraucher fordern vermehrt maßgeschneiderte Produkte. Dieser Umbruch im Konsumentenverhalten ist für europäische Textilunternehmen lukrativ, da die kundenspezifische Herstellung von Produkten mit kleinen Losgrößen zu einer Rückverlagerung der Produktion nach Europa führt. Dafür notwendig ist jedoch die Digitalisierung der Produktion, die wir mit hybriden simulationsbasierten Machine Learning (ML)-Methoden unterstützen.

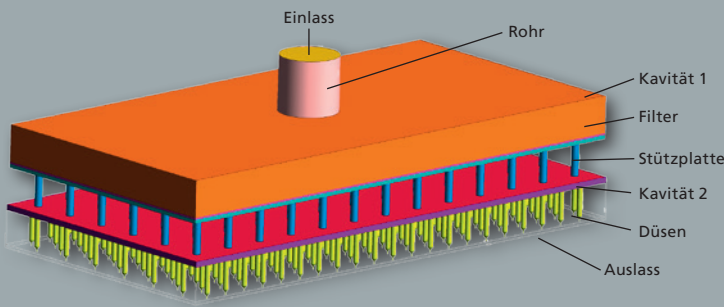
Datenbasiertes Machine Learning allein reicht nicht aus

Beim datenbasierten Machine Learning entwickeln wir statistische Lernalgorithmen, die Muster und Gesetzmäßigkeiten in vorgegebenen Daten erkennen. Die Güte der ML-Algorithmen hängt dabei entscheidend von der Qualität und Quantität der vorhandenen Daten ab. Für die Qualitätskontrolle werden in der Textilindustrie in der Regel genügend Messdaten erhoben. Jedoch liegen in den seltensten Fällen ausreichend verwertbare Daten vor, die die Prozessparameter mit der Produktqualität verknüpfen. Damit können wir ein rein datengetriebenes Machine Learning – vor allem in der Anlagen- und Prozessoptimierung für kundenindividuelle Produktionsverfahren – nicht einsetzen.

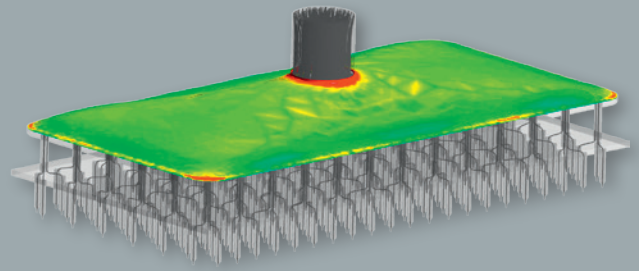
Hybrides simulationsbasiertes Machine Learning

Um Produktionsprozesse in der Textilindustrie mit ML-Methoden auszulegen und zu optimieren, entwickeln und verwenden wir daher einen hybriden Ansatz. Für das Design von Prozessen und Produkten ist in der Textilindustrie umfangreiches Erfahrungswissen vorhanden. Dieses Expertenwissen formalisieren wir, indem wir die Prozesse durch physikalische Modelle beschreiben und anschließend numerisch umsetzen. Simulationen liefern dann die fehlenden Daten, um geeignete ML-Algorithmen zu entwickeln und mit vorhandenen Messdaten zu verzahnen. ML schließt in diesem Konzept die Lücke zwischen physikalisch basierter Simulation der Produktionsprozesse und dem – in vielen Fällen einem physikalischen Modell nicht zugänglichen – Qualitätsmaß der Endprodukte.

Das neuartige hybride ML-Verfahren demonstrieren wir exemplarisch an der Optimierung von Kreuzspulmaschinen bzgl. einer besseren Durchfärbung der gewickelten Garnspulen im Rahmen des AiF-Projektes DensiSpul.



1



2

POLYMER-SPINNPAKETE STRÖMUNGSDYNAMISCH AUSLEGEN

Das Schmelzspinnen ist das gängigste Verfahren, um aus Kunststoff Fasern zu produzieren. Wir nutzen Simulations- und Optimierungsmethoden, um unsere Kunden bei der Entwicklung, Auslegung und Verbesserung von Spinnpaketen zu unterstützen.

Spinnpakete sind bei der Herstellung von synthetischen Fasern und Vliesstoffen im Einsatz. Das Spinnpaket ist ein Metallblock und besteht im Inneren aus Hohlräumen und feinen Kanälen, durch die Polymerschmelze – also geschmolzener Kunststoff – strömt. Die Schmelze wird durch ein Rohr in das Spinnpaket geleitet. In einer ersten Kavität (einem Hohlraum) verteilt sich die Schmelze auf die gesamte Breite des Spinnpaketes. Sie passiert mehrere Lagen von Filtern, die von einer Stützplatte gehalten werden, bevor sie durch feine Kapillaren in der Düsenplatte versponnen wird. So entstehen Fasern, die entweder zu einem Garn aufgewickelt oder zu einem Vliesstoff abgelegt werden.

Analyse und Simulation liefert Blick ins Innere des Spinnpakets

Am Anfang unserer Arbeit steht immer eine strömungsdynamische Analyse des Ist-Zustandes. Die Strömung im Spinnpaket simulieren wir unter Berücksichtigung des besonderen Verformungs- und Fließverhaltens von Polymeren. Mithilfe spezieller Werkzeuge werten wir dann Verweilzeiten und Druckverläufe aus.

Die Analyse liefert gezielt Hinweise, welche Komponenten des Spinnpaketes verbessert werden müssen. Häufig treten in Hohlräumen deutlich erhöhte Verweilzeiten auf. Dies ist schädlich, da das Polymer nach einiger Zeit unter der Temperaturbelastung zerfällt. Um dies zu verhindern, nutzen wir Formoptimierung für die Auslegung von Bauteilen mit sehr geringer und gleichmäßiger Verweilzeitverteilung. Genauso werden durch die Analyse starke Druckerzeuger sichtbar und die entsprechenden Komponenten können angepasst werden.

Diese simulationsgestützte Analyse ermöglicht einen Blick in das Spinnpaket, der sonst verborgen bleibt. Das ist der entscheidende Vorteil bei der Auslegung, denn alle strömungsdynamischen Größen sind direkt quantifizierbar. Problematische Komponenten lassen sich identifizieren und Modifikationen unmittelbar validieren. Entwicklungszeiten werden kürzer und Unternehmen vermeiden teure Fehlkonstruktionen.

1 Geometrie eines typischen Spinnpaketes

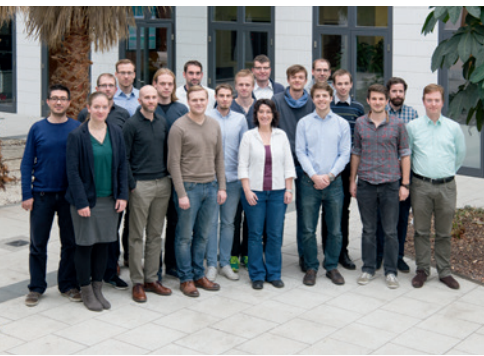
2 Spinnpaket mit optimierter Verteilkavität





NEWS AUS DER ABTEILUNG

SEMINAR »MACHINE LEARNING IN DER VERFAHRENS-TECHNIK«



Im November 2018 veranstaltete unsere Abteilung einen Workshop unter dem Titel »Einführung in Machine Learning (ML) in der Verfahrenstechnik«. Das Seminar bot den Teilnehmenden einen gezielten Einstieg in die Welt des Maschinellen Lernens. Im Fokus des Workshops stand die Einordnung der wichtigsten Begriffe – wie Supervised und Unsupervised Learning – sowie ein Überblick, welche ML-Algorithmen typischerweise für Regressions- oder Klassifikationsprobleme eingesetzt werden. Ein Abriss über Deep Learning rundete den theoretischen Hintergrund ab. Dr. Simone Gramsch und Dr. Andre Schmeißer standen mit ihrer Expertise nicht nur in ihren Vorträgen Rede und Antwort, sondern auch in der anregenden Abschlussdiskussion. Die Veranstaltung organisierten wir gemeinsam mit dem langjährigen Partner KOMPETENZ-NETZ VERFAHRENSTECHNIK PRO3 e. V.

NEUE WEBPRÄSENZ MESHFREE.EU

Mit MESHFREE stellen wir gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI seit 2018 ein innovatives Softwareprodukt zur gitterfreien Simulation physikalischer Prozesse bereit. Auf der englischsprachigen Website meshfree.eu bündeln wir die Expertise der beiden mathematischen Institute im Bereich des gitterfreien wissenschaftlichen Rechnens. Damit sind alle Entwicklungen rund um das Produkt schnell und übersichtlich für Industrie sowie Forschung greifbar. Die Website ist ein Element, die Software auf den Weg zur fixen Größe am Markt zu bringen. Mehr dazu auf Seite 25.



SYMPOSIUM »WERKZEUGE FÜR EINE FLEXIBLE UND EFFIZIENTE FERNWÄRMEVERSORGUNG«

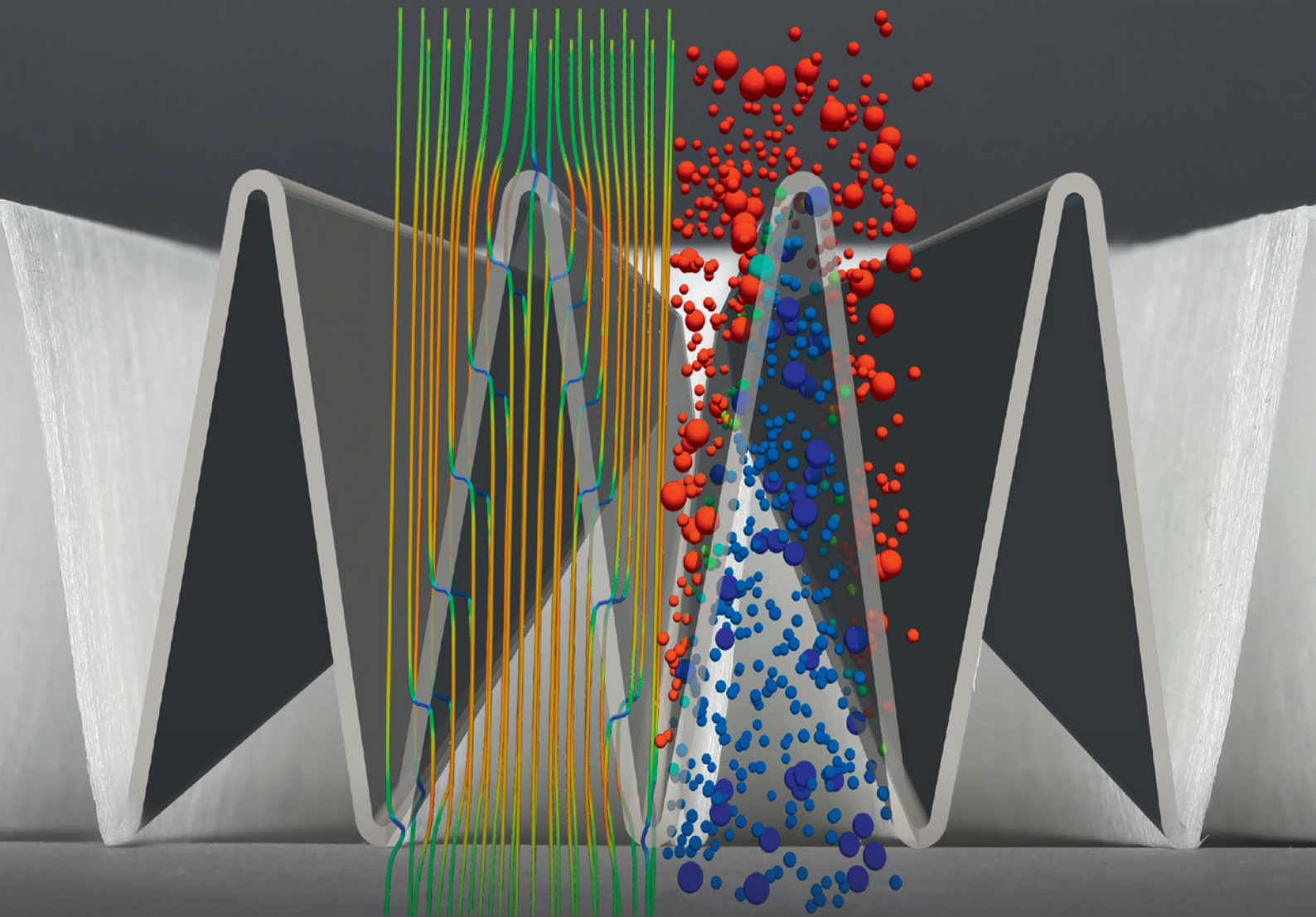
Das Symposium im März 2018 beleuchtete den aktuellen Wandel in der Fernwärmebranche und zeigte den Teilnehmenden Wege auf, den Betrieb von Fernwärmenetzen zu flexibilisieren und zu optimieren. Der AGFW Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. war Veranstalter und das Fraunhofer-Zentrum Kaiserslautern diente als Veranstaltungsort. Das Forschungsprojekt DYNEEF (siehe Seite 24) war Impulsgeber des Events. Darin werden neue Methoden für eine bedarfsorientierte Betriebssteuerung von Fernwärme-Heizkraftwerken entwickelt.



Von vorne, links nach rechts: Dr. Andre Schmeißer, Dr. Tobias Seifarth, Dr. Almut Eisenträger, Dr. Isabel Michel, Sergey Antonov, Dominik Linn, Dr. Norbert Siedow, Dr. Pratik Suchde, Dr. Jaroslaw Wlazlo, Sebastian Blauth, Niklas Lehne, Dr. Raimund Wegener, Dr. Dietmar Hietel, Dr. Jörg Kuhnert, Johannes Schnebele, Markus Rein, Manuel Wieland, Jens Bender, Dr. Robert Feßler, Matthias Eimer, Dr. Jan Mohring, Dr. Christian Leithäuser



STRÖMUNGS- UND MATERIALSIMULATION





INDUSTRIELL EINSETZBARE MULTISKALENSIMULATION UND KUNDENSPEZIFISCHE SOFTWARELÖSUNGEN

Unsere Abteilung Strömungs- und Materialsimulation entwickelt Multiskalenmethoden und Softwaretools für die Produktentwicklung sowie deren Prozessauslegung. Eine der typischen Herausforderungen ist, die wechselseitige Beeinflussung von Fertigungsverfahren und multifunktionalen lokalen Materialeigenschaften simulationstechnisch zu beherrschen. Unser Alleinstellungsmerkmal liegt im Entwickeln und Bereitstellen spezifischer Anwendungen von industriell tauglichen Multiskalen- und Multiphysikmethoden sowie firmenspezifischer Softwarelösungen.

Unsere Abteilung unterteilt sich – auch schon namentlich – in zwei größere Kompetenzbereiche. »Computergestütztes Materialdesign und Mikrostruktursimulation« hat die numerische Simulation und Optimierung funktionaler Eigenschaften von porösen Materialien und Verbundwerkstoffen im Fokus. Besonders intensiv nachgefragt werden unsere hocheffizienten, mikromechanischen Simulationsmethoden zur Materialauslegung faserverstärkter Verbundwerkstoffe und technischer Textilien. Aktueller Schwerpunkt ist die Auslegungssimulation und Strukturoptimierung programmierbarer Materialien sowie die Simulation ihrer Herstellung mittels additiver Verfahren.

Die »simulationsgestützte Auslegung komplexer Strömungsprozesse« befasst sich u. a. mit den dazugehörigen Herstellungsprozessen wie Mischen, Dispergieren, Einspritzen, Filtrieren, Beschichten und Separieren. Mit dem neuen Tool FOAM simulieren wir den Reaktionsspritzgussprozess von Hart- und Weichschaum für verschiedenste Anwendungen sowie das Aufschäumen von Fahrzeugsitzen, das Einbringen von Isolationsschaum oder das Infiltrieren von Textilverstärkungen für Verbundbauteile. Die Projekte im Bereich Elektrochemie befassen sich mit der Materialauslegung von Batterie- oder Brennstoffzellen sowie mit deren Herstellung, z. B. dem Befüllen von Batteriezellen.

Kontakt

konrad.steiner@itwm.fraunhofer.de

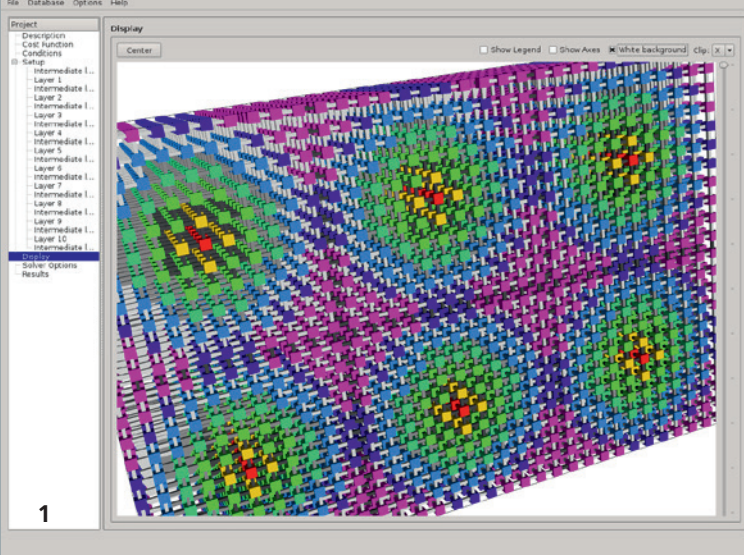
www.itwm.fraunhofer.de/sms



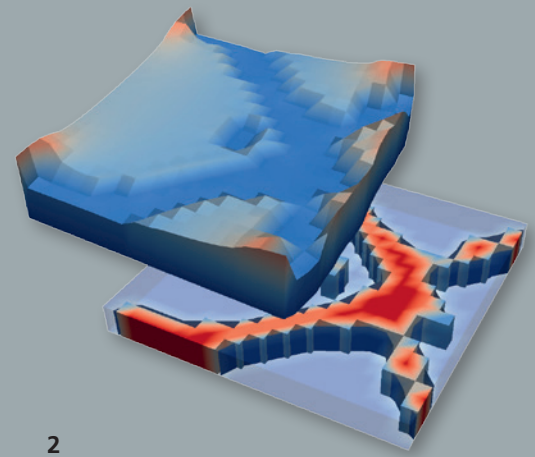
SCHWERPUNKTE

- Technische Textilien und Vliesstoffe
 - Mikrostruktursimulation und virtuelles Materialdesign
 - Leichtbau und Dämmstoffe
 - Filtration und Separation
 - Komplexe Fluide und Mehrphasenströmung
 - Elektrochemie und Batterien
-





1



2

PROGRAMMIERBARE MATERIALIEN – MECHANIK UND TRANSPORT NACH WUNSCH

1 *Designstudie für ein Metamaterial, aufgebaut aus verschiedenen Elementarzellen*

Werkstoffen neue Fähigkeiten verleihen? Wie das funktioniert, untersuchen wir in verschiedenen Projekten zum Thema »Programmierbare Materialien«. Dabei wird nicht nur das Material als solches verändert, sondern seine innere Struktur, die Mechanik oder auch der Transport.

2 *Nichtlineare Verformung eines topologisch optimierten Metamaterials*

Durch neue Fertigungsverfahren ist es möglich, gezielt Strukturen im Mikrometerbereich herzustellen. Dazu werden beispielsweise additive Verfahren wie 3D-Druck verwendet. Damit stellt eine Ingenieurin oder ein Ingenieur nicht nur durch die äußere Form, sondern auch durch die innere Mikrostruktur gezielt die Bauteileigenschaften ein. Wir gehen gemeinsam mit anderen Fraunhofer-Instituten noch einen Schritt weiter und definieren in derartigen Mikrostrukturen mehrere Zustände und schalten zwischen ihnen durch einen äußeren Impuls um.

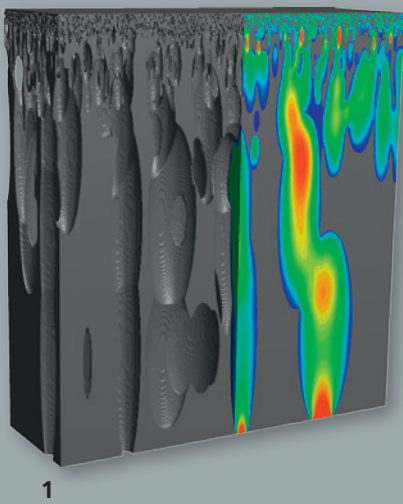
Programmierbare Mechanik und Baukasten voller Struktur-Möglichkeiten

Wir entwickeln im Fraunhofer Cluster of Excellence »Programmable Materials« mathematische Verfahren zur Strukturoptimierung und unterstützen Ingenieurinnen und Ingenieure bei der Auswahl geeigneter Mikrostrukturen sowie bei der Auslegung für das Fertigungsverfahren. Gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM entwickeln wir Mikrostrukturen für den 3D-Druck, die unter einer äußeren mechanischen Belastung die innere Steifigkeit oder die Form ihrer Oberfläche nach Wunsch verändern. Insbesondere erzielen wir außergewöhnliche mechanische Effekte, die ein in der Natur vorkommendes Material nicht besitzt.

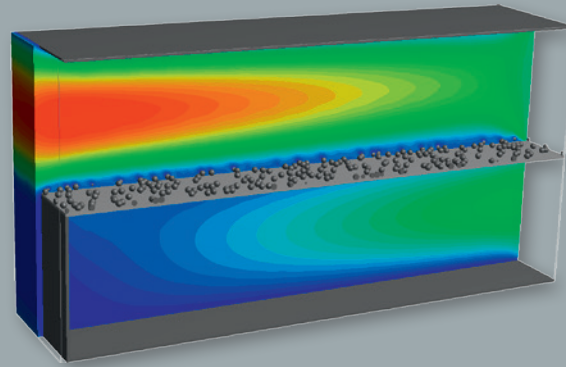
Beispiele sind sogenannte Metamaterialien wie Pentamode-Strukturen, die zwar ein Festkörper sind, sich aber wie eine Flüssigkeit verhalten. Diese Materialien bestehen aus einer dreidimensionalen Anordnung von würfelförmigen Zellen. Jede Zelle hat ein nichtlineares mechanisches Verhalten und mehrere stabile Zustände. Diese Zellen werden am Fraunhofer IWM entwickelt, gedruckt und geprüft.

Algorithmus für ganz besondere Zellen

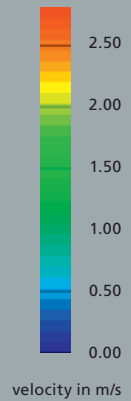
Es gibt viele verschiedene Möglichkeiten, diese Zellen zu gestalten. Ein wichtiger Typ sind auxetische Zellen, die sich unter Zug in dazu orthogonaler Richtung ausdehnen. Das heißt, sie werden beim Strecken dicker und beim Zusammendrücken dünner. Noch mehr Optionen bietet die Anordnung tausender Zellen zu einer Einheit. Wir entwickeln einen Algorithmus, der je nach Wunsch eine mögliche Auswahl und Anordnung der Zellen berechnet. Als Schnittstelle für den Anwender stellen wir eine grafische Oberfläche für die Konstruktion von programmierbaren Materialien



1



2



aus Einheitszellen bereit – ähnlich eines CAD-Programms in der Architektur. Langfristig werden die berechneten Strukturen direkt als Eingabe für den 3D-Druck ausgegeben.

Programmierbarer Transport: Saubere Filter durch smarte Materialien

Zusammen mit dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP arbeiten wir an der Entwicklung von Membranen, die bei Filtern Verwendung finden. Dabei steht der Einsatz von programmierbaren Materialien im Fokus, die aufgrund äußerer Stimuli ihre Eigenschaften verändern, besonders im Hinblick auf eine effektive Filter-Abreinigung.

Im Mittelpunkt stehen Membranen aus thermoresponsiven Formgedächtnis-Polymeren mit oder ohne Lochstruktur, die zum Abreinigungszeitpunkt gezielt ihre Form ändern und den Prozess effektiver machen. Als Formgedächtnis-Polymerer bezeichnet man Kunststoffe, die sich an ihre frühere Form scheinbar »erinnern«. Des Weiteren betrachten wir im Projekt bei Anwendungen der Querstromfiltration, Membranen mit zusätzlicher Oberflächenstrukturierung. Diese Strukturierung verzögert während der Filtrationsphase Foulingprozesse (Verschmutzung), indem sie beispielsweise Bakterien von der Membran fernhält. Ein weiteres Thema sind chemoselektive Membranen, die ihre Durchlässigkeit aufgrund der Anwesenheit bestimmter chemischer Stoffe verändern. Dieser Effekt wird zur Abhaltung von Schadstoffen genutzt. In allen Fällen unterstützen wir die Projektpartner mit entwicklungsbegleitenden Simulationen.

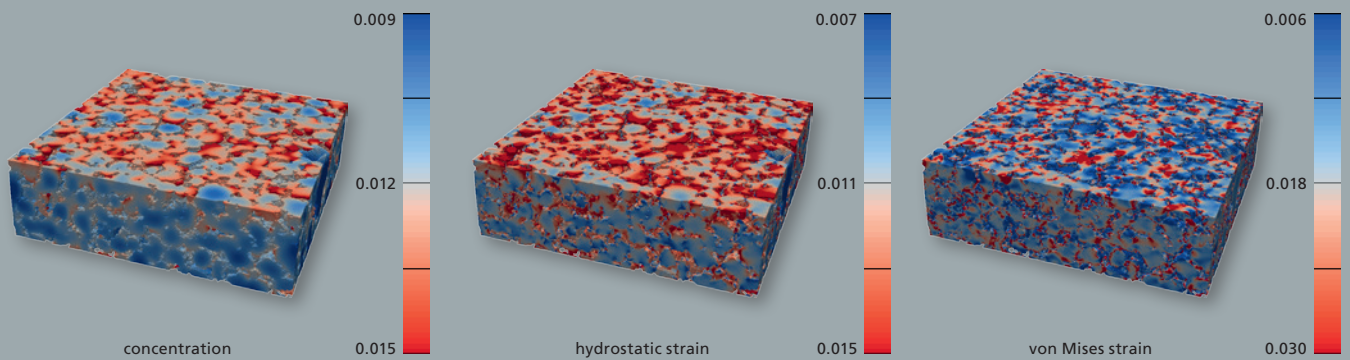
Adaptive Filterung durch Membranstruktur

Im Projekt »Programmable Materials in Science and Engineering« (ProMiSE) befassen wir uns gemeinsam mit anderen Fraunhofer-Instituten ebenso mit der Forschung an neuen programmierbaren Materialien, genauer mit »programmierbarer Stoffdurchlässigkeit«. Als möglichen Auslöser untersuchen wir hier sowohl piezoelektrische als auch thermomechanische Effekte. Ziel ist es, abhängig davon eine Verformung der Porengeometrie auf der Mikroskala zu erreichen und somit die Stoffdurchlässigkeit (Porosität) zu verändern. Dies ermöglicht einen Einsatz als adaptiver Filter, zum Beispiel zur Wasseraufbereitung oder in chemischen Prozessen. Für uns bestand die Aufgabe in der Modellierung und Simulation des piezoelektrischen Effekts. Dieser beschreibt die Änderung der elektrischen Polarisation und somit das Auftreten einer elektrischen Spannung an Festkörpern, wenn sie elastisch verformt werden. Die Ausdehnung und Ausrichtung eines Polymers wurde auf der Kontinuums-Skala mechanisch modelliert. Damit untersuchen wir den Effekt unterschiedlich strukturierter Porengeometrien. Die Projektpartner vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF erzeugen gewünschte Membrangeometrien durch Laserbestrahlung. So verstärkt sich die adaptive Filterung durch gezielte Verformung.

1 *Strömung durch eine virtuelle Membranstruktur*

2 *Querstromfiltration durch eine Membran mit Oberflächenstrukturierung*





1

BATTERIESIMULATIONSTOOL BEST – NEUE EFFIZIENTE LÖSER UND INTEGRATION IN GeoDict

1 Mit BESTmicroFFT simulierte Lithium-Ionen-Konzentration (molcm^3), hydrostatische Dehnung und von-Mises-Dehnung für eine realistische, stochastisch erzeugte Elektrodenstruktur
(Strukturzeugung: Institut für Stochastik, Universität Ulm)

Der Bereich der Elektromobilität stellt an den Energiespeicher – hauptsächlich Lithium-Ionen-Batterien – hohe Anforderungen. Computersimulationen helfen, die Performance möglicher neuer Batteriezellen zu beurteilen, die mikroskopischen Ursachen besser zu verstehen und das Design zu optimieren. Am ITWM starteten wir daher vor einigen Jahren die Entwicklung des Battery and Electrochemistry Simulation Tools BEST, das in öffentlichen und industriellen Projekten kontinuierlich weiterentwickelt wird.

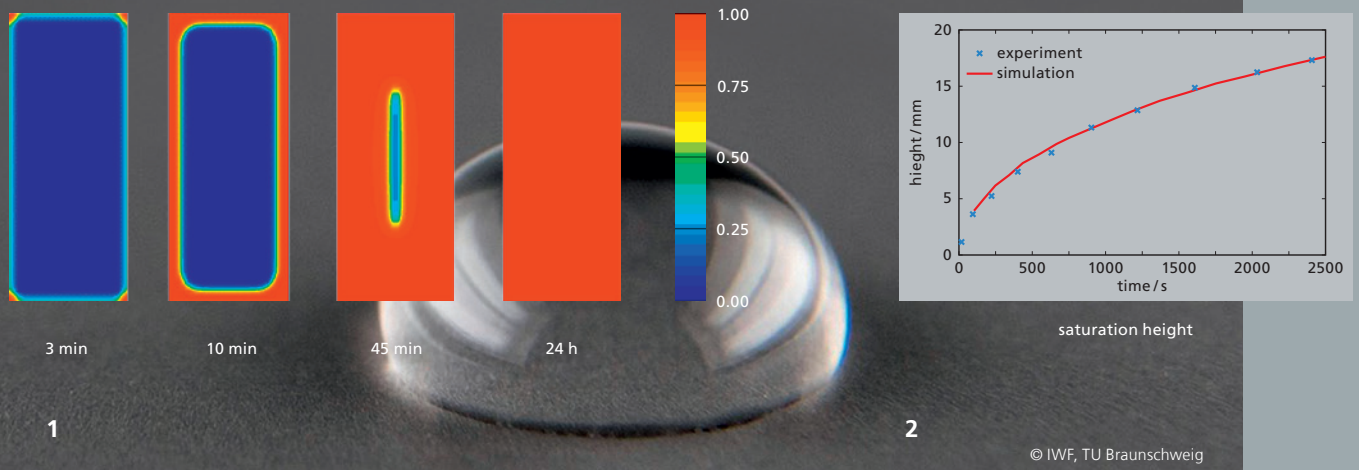
Interessante Fragestellungen reichen dabei von Designfragen auf der makroskopischen Batteriezellskala (BESTmeso) bis hin zum Einfluss der mikroskopischen Gestalt der Elektroden (BESTmicro) auf die elektrischen, thermischen und mechanischen Eigenschaften der Zelle. Dieser Mehrskaligkeit trägt die Software mit ihren unterschiedlichen Modulen BESTmeso und BESTmicro Rechnung.

BESTmicroFFT reduziert Rechen- und Speicheraufwand

Simulationen, die die dreidimensionale Mikrostruktur der Elektroden berücksichtigen, sind wegen der notwendigen feinen räumlichen Diskretisierung aufwändig. Sie nehmen mit BESTmicro auf gängigen Workstations zum Teil einige Tage Rechenzeit in Anspruch. Abhilfe schafft in vielen Standardfällen nun das neuentwickelte Modul BESTmicroFFT. Dieser neue Löser basiert ähnlich wie der ITWM-Mechaniklöser FeelMath auf einer Fouriermethode (FFT) und ist mit deutlich reduziertem Rechen- und Speicheraufwand zur Simulation im Einsatz. Je nach Anforderungen entscheiden die User nun zwischen den beiden Micro-Lösern.

BatteryDict als neues GeoDict-Modul

Die Löser BESTmicro und BESTmicroFFT sind voll kompatibel mit den Strukturgeneratoren der Software GeoDict der Math2Market GmbH. Seit dem letzten Jahr haben wir die Zusammenarbeit mit M2M auch im Bereich der Batteriesimulation verstärkt und gemeinsam das neue GeoDict-Modul »BatteryDict« entwickelt. Es ist seit der Version GeoDict2018 kommerziell verfügbar und bietet BESTmicroFFT-basierte Batteriesimulationen in einem voll in GeoDict integrierten Workflow. Mit der neuen Version GeoDict2019 wurden die Modelle erweitert, sodass Elektroden aus verschiedenen Aktivmaterialien (electrode blends) und mit zusätzlichen Materialklassen (z. B. Leitadditive) abgebildet werden.



PROZESSE IN DER PRODUKTION VON LITHIUM-IONEN-BATTERIEN SIMULIEREN

Im Kompetenzcluster zur Batteriezellproduktion (ProZell) arbeiten zwölf deutsche Universitäten und Forschungseinrichtungen daran, den Produktionsprozess von Batteriezellen und dessen Einfluss auf die Zelleigenschaften sowie die Produktentstehungskosten zu erforschen und zu verbessern. Dies soll die wissenschaftliche Basis für den Aufbau und die nachhaltige Weiterentwicklung einer international führenden, wettbewerbsfähigen Batteriezellproduktion in Deutschland legen. Wir sind hier im Projekt Cell-Fi beteiligt, das sich um die optimale Elektrolytbefüllung von Batteriezellen dreht.

Cell-Fi: Simulation der Elektrolytbefüllung von Batteriezellen

Im Projekt geht es um die Beschleunigung der Elektrolytaufnahme durch optimierte Befüllungs- und Benetzungsprozesse (Wetting): Nach der Assemblierung, dem Zusammenbau der Zelle, werden nämlich Milliarden maximal nur wenige Mikrometer große Poren der Batteriekomponenten mit der flüssigen Elektrolytlösung gefüllt. Dieser Prozess dauert mehrere Stunden, weil die Flüssigkeit nur über kleine Randflächen in das Porenvolumen eindringt und die wesentliche Triebkraft hierfür Kapillarkräfte sind. Zudem ist es schwer abzuschätzen, welche Zeit es überhaupt braucht, um eine gleichmäßige Benetzung zu gewährleisten. Wissenschaftlich ist die Elektrolytbefüllung bisher kaum untersucht. Es besteht hohes Potential, dass Unternehmen hier einen höheren Durchsatz in der Produktion erreichen und Kosten sparen, wenn die Zusammenhänge zwischen Prozessparametern und Benetzungsgeschwindigkeit und -qualität besser verstanden sind.

Mikrometerskala und makroskopische Skala berechnen

Unsere Aufgabe in diesem Projekt ist die Entwicklung von Simulationsmethoden, die die von Kapillarkräften getriebene Strömung – in der aus verschiedenen porösen Schichten bestehenden Zelle – berechnen. Das umfasst mehrere Längenskalen: Die Porenmorphologie auf der Mikrometerskala beeinflusst zusammen mit den physikalischen Oberflächeneigenschaften der beteiligten Materialien die kapillaren Kräfte, die für die Benetzungsgeschwindigkeit sorgen. Den notwendigen Parameterinput von der Mikroskala berechnen wir durch Simulationen mit der Software GeoDict der Math2Market GmbH.

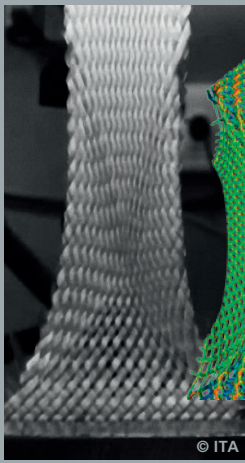
Auf der makroskopischen Skala sind es hauptsächlich die Zellabmessungen und die Lage der Flächen, durch die Elektrolyt eindringen kann, die beeinflussen, wie sich die Flüssigkeit in der Zelle ausbreitet. Hierfür nutzen wir unsere ITWM-Softwareplattform CoRheoS. Mithilfe der beiden Werkzeuge GeoDict und CoRheoS sagen wir die Benetzungszeiten für unterschiedliche Zell-Geometrien und Porenverteilungen, aber auch Materialeigenschaften vorher.

1 *Elektrolytsättigungsverteilung in einer Elektroden-schicht zu verschiedenen Zeitpunkten des Benetzungs-vorgangs*

2 *Vergleich des Flüssigkeits-anstiegs einer porösen Elektrode in Simulation und Experiment*

(Exp. Daten: IWF, TU Braunschweig)





1



2

DRAPIERPROZESSE FÜR FVK-BAUTEILE AUS HOCHLEISTUNGSTEXILIEN OPTIMIEREN

1 *Kritisches Scherwinkel-experiment am ITA und Simulation von Faltenbildung*

2 *45°-Zugversuch eines Gewebes mit festem Rahmen am ITA und entsprechende Simulation*

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Textiltechnik (ITA) und dem Institut für Unternehmenskybernetik (IfU) in Aachen erarbeiten wir im AiF-Projekt »OptiDrape« einen Drapier-Katalog für kleine und mittlere Unternehmen.

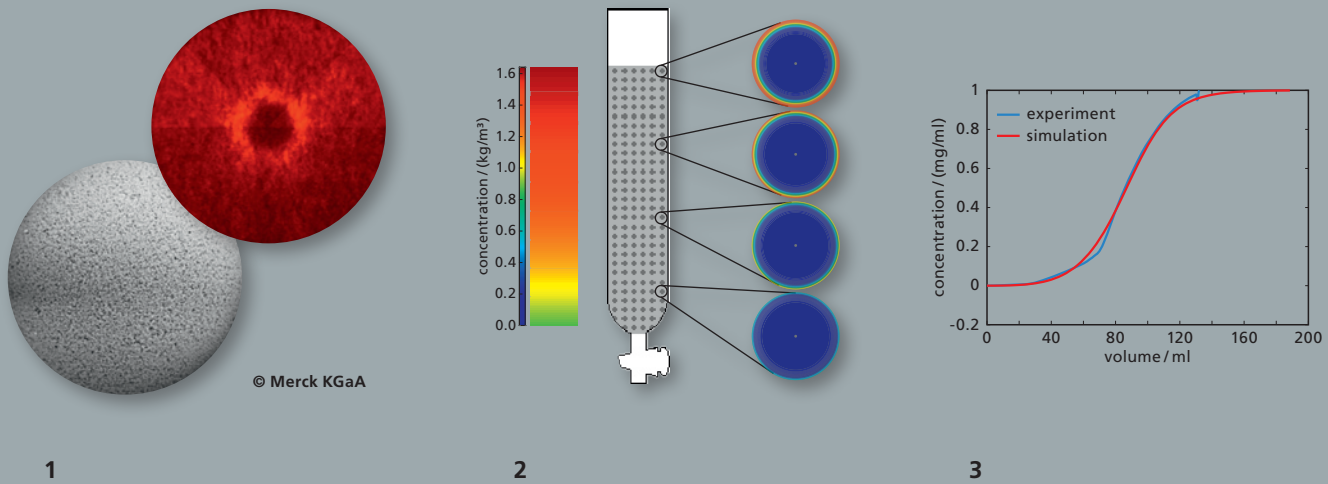
Das Potential von Bauteilen aus faserverstärkten Kunststoffen (FVK) hängt stark von den verwendeten Verstärkungstextilien und deren Drapierfähigkeit (Verformbarkeit) ab. Die Drapierqualität nach dem Preforming wird anhand von Fehlstellen und Falten im Textil bewertet. Preforming bezeichnet Prozesse zur Herstellung einer trockenen Verstärkungsstruktur. Nur wenn die Textilfasern lokal in der geforderten Orientierung vorliegen, wird das enorme Leichtbaupotenzial des anisotropen Werkstoffs gezielt genutzt. Der Drapierprozess erfolgt bei der Fertigung komplexer Geometrien durch erfahrene Fachkräfte. Dabei fehlen Standards und objektive Kriterien.

Qualität steigern und Zeiten verkürzen

Das Ziel des Projektes »OptiDrape« ist es, die Qualität von Preforms für FVK-Bauteile zu steigern und die Entwicklungszeiten von Preforms zu verkürzen. Wir klassifizieren die verschiedensten Gelege und Gewebe nach Bindungsarten sowie Rovingmaterialien und -querschnitten bezüglich Drapiereigenschaften. Als Roving wird ein Bündel oder Strang aus parallel angeordneten Filamenten bezeichnet. Des Weiteren wird der textilspezifische Scherwinkel angegeben. Er charakterisiert, ab wann das Textil Falten wirft. Insgesamt wurden 16 Textilien aus Carbon- und Glasfasern mit verschiedenen Querschnitten, Bindungsarten und unterschiedlichem Versatz gewählt. Das ITA ermittelte effektive Zug-, Schub-, Biege-Eigenschaften sowie Scherwinkel. Wir haben parallel die Eigenschaften mit eigener FEM-Software simuliert und validiert. Im Gegensatz zum Experiment erlaubt die Simulation auf Roving-Ebene ein virtuelles, detailgetreues Materialdesign. Das macht es möglich, u. a. Rovingquerschnitte, -materialien und Abstände der Bindungspunkte effizient zu variieren. Der experimentelle Katalog wurde so wesentlich erweitert.

Modell für breites Spektrum an Anwendungen

Im Projekt haben wir mittels einer umfangreichen mathematischen Analyse ein prädiktives Modell entwickelt, das die kritischen Scherwinkel berechnet. Diese hängen von zuvor festgelegten Materialien und Abmessungen der Rovings, deren Bindungsart sowie experimentell ermittelter Kontaktdaten ab. Weitere Modell-Parameter sind der Versatz in der Bindung und verschiedene Abstände. Das erzeugte Modell erlaubt es Unternehmen nicht nur, den Katalog sehr breit aufzustellen, sondern auch alle Designparameter kontinuierlich zu variieren und somit Textilauslegung und -design optimal für jede Anwendung und Anforderung zu gestalten.



MODELLIERUNG UND SIMULATION VON CHROMATOGRAPHIE MIT SPHÄRISCHEN BEADS

Im BMBF-Verbundprojekt »Analyse, Modellierung und Simulation von chromatographischen Aufreinigungsverfahren« AMSCHA entwickeln wir Modelle zur Simulation der Trennung von Protein- und Zellsuspensionen. Gemeinsam mit der TU Kaiserslautern und der Hochschule Darmstadt werden auf verschiedenen Größenskalen Untersuchungen vorgenommen. Das Chemie- und Pharmaunternehmen Merck KGaA und der Hersteller von Lichtmikroskopen Leica Microsystems unterstützen das Forschungsprojekt.

Die Trennung von Zielstoffen aus einer Suspension ist ein wichtiger und oft unterschätzter Schritt bei der Wirkstoffherstellung in der pharmazeutischen Industrie. Dabei ist die Chromatographie als Trennverfahren sowohl im Labor als auch in der Industrie nicht mehr wegzudenken. Eine etablierte Form ist die Säulenchromatographie. Die Effizienz und der Durchsatz dieser Säulen hängt von den Prozessbedingungen und den verwendeten Chromatographiematerialien ab.

Proteinaufreinigung modellieren, simulieren und optimieren

In einem Teil des Projekts betrachten wir die Separation von Proteinsuspensionen durch chromatographische Aufreinigungsverfahren. Ziel ist es, aus einer Mischung verschiedener Proteine ein bestimmtes Protein zu extrahieren. Dies geschieht mithilfe von sphärischen, mikroporösen Beads (Perlen). Bei der Säulenchromatographie wird ein zylindrisches Rohr – die Trennsäule – mit einer stationären Phase – den Beads – gepackt und dann von der Proteinsuspension durchflossen. Hierbei lagert sich ein Teil der Proteine in den Beads an.

Der Industriepartner Merck führt hierzu im Labor verschiedene Experimente durch. Auf Basis von statischen und dynamischen Messungen der Bindungskapazitäten (Proteinkonzentration) bestimmen wir geeignete Modellparameter, um die Prozesse in der Simulation abzubilden. Zusätzlich visualisiert Merck bei den statischen Versuchen die Beladungsprofile der Beads mithilfe von konfokaler Lasermikroskopie.

Hierbei ist eine gekoppelte skalenübergreifende Modellierung notwendig, um sowohl die Effekte auf der Beadskala (Mikroskala) als auch auf der Säulenskala (Makroskala) zu berücksichtigen. Benötigte Modellparameter sind die Transport- und Adsorptionseigenschaften des Beads sowie die Beschreibung des Proteinübergangs von der Lösung in den Bead. Auf Basis der statischen Experimente ist eine Voraussage und die Optimierung des dynamischen Prozesses möglich. Durch diese Simulationstechnik lassen sich außerdem die Beladung der Beads auch für den dynamischen Prozess visualisieren und so weitere Optimierungsmöglichkeiten im Design der Säule generieren.

1 *Mikroskop-Aufnahme eines Chromatographie-Beads und konfokale Laser-Scanning-Mikroskopie-Aufnahme eines gelabelten Beads; die Farbintensität entspricht der Beladung (helles Rot: stärkste Beladung).*

2 *Übersicht über die Simulation einer Chromatographiesäule (dynamische Prozessbedingungen); links: Konzentrationsprofil in der Säule, rechts: Beladung der einzelnen Beads auf verschiedenen Höhen in der Säule.*

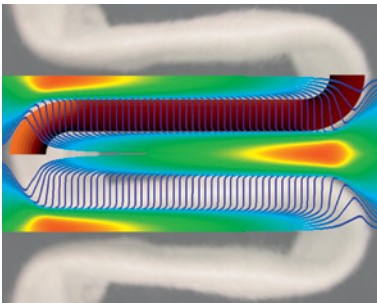
3 *Vergleich der simulierten Protein-Durchbruchkurve mit experimentellen Daten*





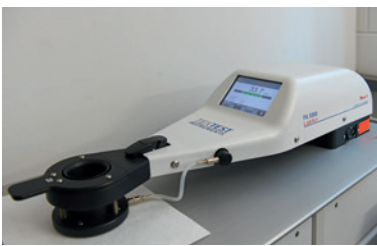
NEWS AUS DER ABTEILUNG

PREIS FÜR DISSERTATION ZUR SIMULATION VON KUCHEN- UND TIEFENFILTRATIONEN



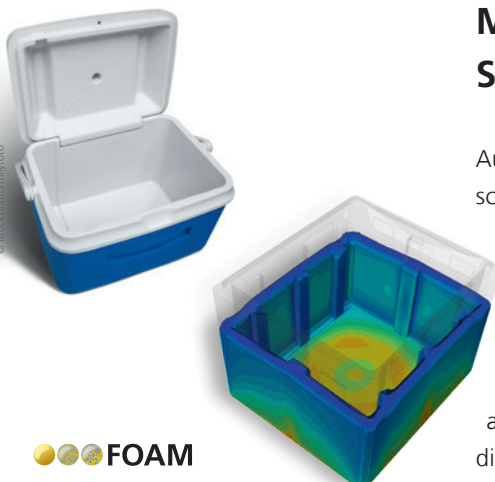
Dr. Sebastian Osterroth belegte im November 2018 den dritten Platz beim ICT Dissertation Award des Fraunhofer-Verbundes IUK-Technologie. Mit dem Award prämiert die Jury herausragende Dissertationen aus den Fraunhofer-Instituten, die sich mit innovativen Entwicklungen und Technologien in der Informatik, Mathematik oder angrenzenden Gebieten auseinandersetzen. Osterroths Dissertation behandelt mathematische Modellierungen und Simulationen von Kuchen- und Tiefenfiltrationen. Zur Erklärung: Ablagerungen auf einem Filtermedium bezeichnet die Wissenschaft als Kuchen. Dieser Filterkuchen wirkt mit zunehmender Dicke als zusätzliches Filtermedium. Die Arbeit trägt einen wesentlichen Teil zur Optimierung der Filterauslegung bei.

NEUES TESTGERÄT FÜR PORÖSE MEDIEN



Das Labor unserer Abteilung ist um ein Luftdurchlässigkeitsprüfgerät erweitert. Dank des großen Messbereichs bestimmen wir so die Permeabilität für ein recht breites Spektrum von porösen Materialien (z. B. Vliesstoffe, Gewebe, Gestricke, Gewirke, Schäume). In Verbindung mit der bereits vorhandenen DMTA-Prüfanlage (Dynamisch-mechanisch-thermische Analyse) ist künftig die strömungs- und strukturmechanische Materialcharakterisierung aus einer Hand möglich. Insbesondere können wir nun auch die Zusammenhänge zwischen mechanischer Verformung und der zugehörigen Änderung des Strömungswiderstands untersuchen.

MIT FOAM POLYURETHAN-SCHÄUME ZUVERLÄSSIG SIMULIEREN



Autositze, Matratzen und Dämmstoffe bestehen meist aus Polyurethan (PU)-Schäumen. Der Aufschäumprozess der flüssigen Polymer-Emulsionen ist komplex. Unsere Abteilung hat gemeinsam mit den Kollegen am Lehrstuhl für Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung der TU Chemnitz eine Software entwickelt, die das Aufschäumverhalten simuliert und das Material verlässlich charakterisiert. FOAM funktioniert auch für Verbundwerkstoffe, bei denen die Kunststoff-Schäume mit Textilstrukturen kombiniert werden. Bisher mussten Hersteller mühsam ausprobieren, ob der erhaltene Schaumverbund die Bauteilform homogen füllt – was durch- aus mehrere Wochen oder gar Monate dauerte. Nach der Materialcharakterisierung wartet die Simulation dagegen bereits nach ein bis zwei Tagen mit einem verlässlichen Ergebnis auf.

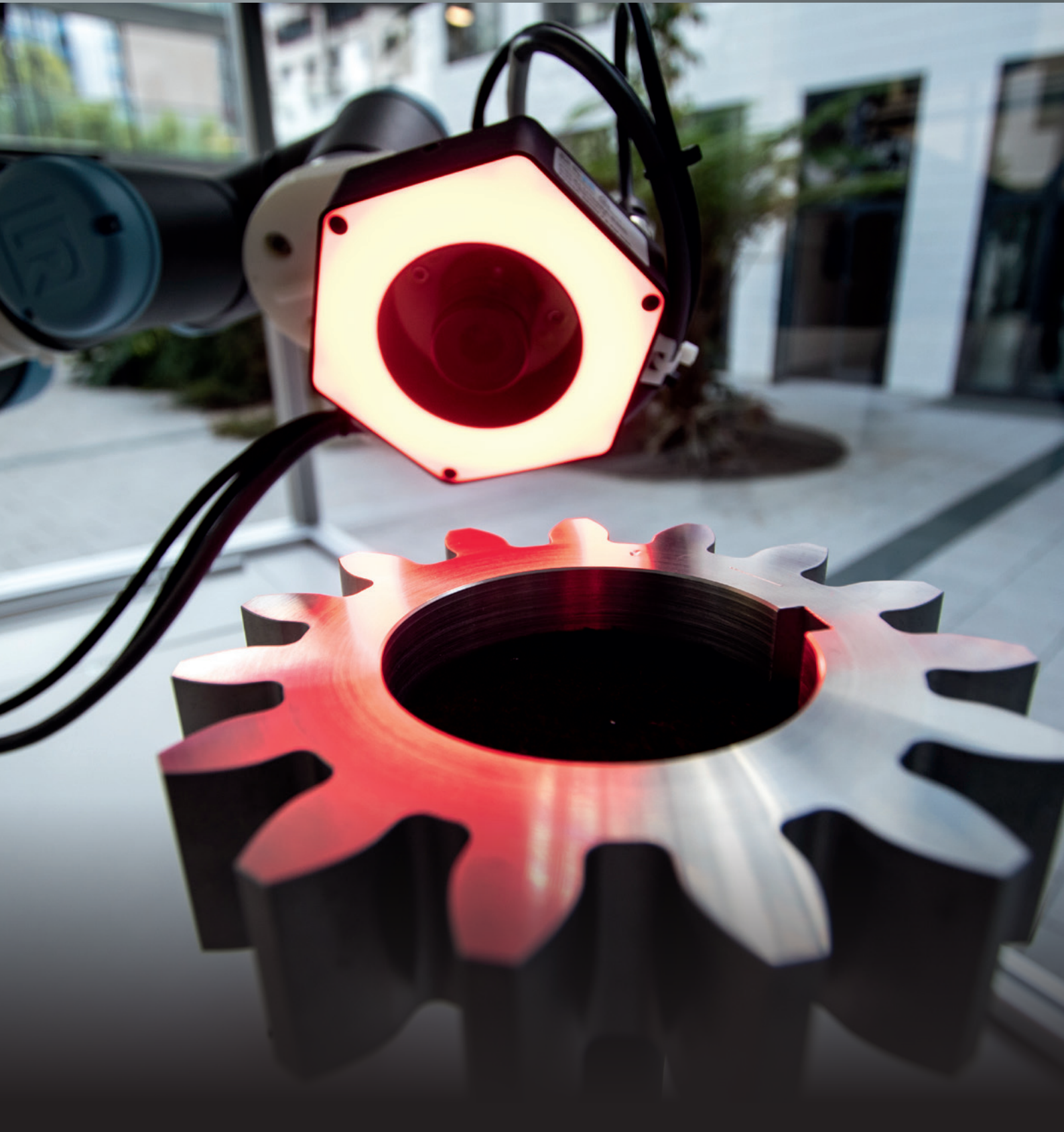
FOAM



Von vorne, links nach rechts: Dr. Olga Lykhachova, Jan Lammel, Inga Shklyar, Raturaj Deshpande, Dr.-Ing. Sarah Staub, Pavel Gavrilenko, Alexander Leichner, Dr. Olena Sivak, Dr. Xingxing Zhang, Dr.-Ing. Tobias Hofmann, Christine Roth, Dr. Larysa Khilkova, Pavel Toktaliev, Dr. Sebastian Osterroth, Dr. Dariusz Niedziela, Dr. Konrad Steiner, Jonathan Köbler, Dr. David Neusius, Dr. Ralf Kirsch, Dr. Stefan Rief, Dr. Heiko Andrä, Dr. Aivars Zemitis, Dr. Matthias Kabel, Prof. Dr. Oleg Iliev, Dr. Stephan Kramer, Stephan Wackerle, Riccardo Falconi, Dominik Gilberg, Dr. Torben Prill, Dr. Jochen Zausch, Thomas Palmer, Dr. Hannes Grimm-Strele, Michael Hauck



BILDVERARBEITUNG





MASSGESCHNEIDERTE BILDANALYSE FÜR DIE PRODUKTION UND ANALYSE VON MIKROSTRUKTUREN

Wir entwickeln mathematische Modelle und Bildanalysealgorithmen und setzen diese in effiziente industrietaugliche Software um. So lösen wir Inspektionsaufgaben, vorwiegend in der Produktion.

Die Anwendungsgebiete umfassen insbesondere anspruchsvolle Oberflächenprüfungen und Analyse von Mikrostrukturen. Unser großes Algorithmen-Portfolio ermöglicht es uns, auch Bildverarbeitungsaufgaben zu lösen, für die kommerziell verfügbare Systeme noch nicht oder nur zum Teil eingesetzt werden können. Für diese Fragestellungen erarbeiten wir maßgeschneiderte anspruchsvolle Bildverarbeitungslösungen.

Maschinelles Lernen ist in der Abteilung seit Jahren fester Bestandteil vieler Projekte und Forschungstätigkeiten. Im Bereich Oberflächeninspektion sind zudem zunehmend Hybride aus »klassischen« Bildverarbeitungsalgorithmen und Lernansätzen im Einsatz. Lernverfahren benötigen eine hohe Anzahl annotierter Daten, die in einem Industrieprojekt meist weder finanziert noch generiert werden können. Deshalb nutzen wir modellbasierte Lernverfahren (model-based machine learning): Wir modellieren Eigenschaften der zu findenden Objekte und nutzen diese Modellierung als Teilinput für automatisierte Verfahren.

Auch die Beratung nimmt einen großen Stellenwert ein, zum Beispiel zur Hardware-Konfiguration bei der Konzeption von Bildverarbeitungssystemen oder zur Integration zusätzlicher Komponenten in ein bereits bestehendes System, aber auch unabhängige Beratung im Bereich optische Qualitätskontrolle oder bei der Algorithmenentwicklung.

Kontakt

markus.rauhut@itwm.fraunhofer.de

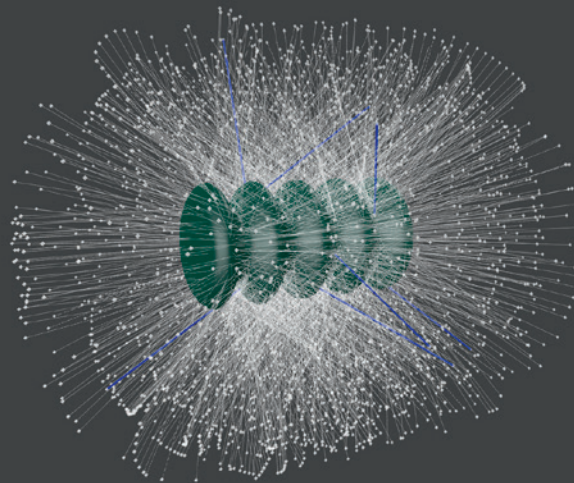
www.itwm.fraunhofer.de/bv



SCHWERPUNKTE

- Oberflächen- und Materialcharakterisierung
 - Qualitätssicherung und Optimierung
 - Industrial Image Learning
 - Virtuelle Bildverarbeitung
-





1

1 CAD-Modell eines Testobjektes mit Kamerablickpunkt-Kandidaten (weiß) und den im Optimierungsschritt ausgewählten finalen Blickpunkten (blau)

VIRTUELLE BILDVERARBEITUNG

Fabriken werden immer stärker automatisiert. Produktionsanlagen werden flexibler, sodass bei der Umstellung auf neue Produkte keine neuen Anlagen gebaut werden müssen. Die Qualitätskontrolle wird dabei jedoch oft vernachlässigt. Inspektionssysteme dagegen sind immer noch starr und müssen mit viel Aufwand für spezifische Produkte konstruiert werden. Einen neuen Weg geht die virtuelle Bildverarbeitung.

Ein Prüfsystem besteht aus vielen Hardwarekomponenten, die typischerweise von erfahrenen Ingenieuren auf Basis physischer Tests ausgewählt und parametrisiert werden. Neue Systeme werden iterativ entwickelt. Experten entwerfen ein initiales System, das anschließend solange modifiziert wird, bis es das Produkt ausreichend genau inspizieren kann. Diese Tests verschiedener Hardwarelösungen kosten viel Mühe und Zeit – mehrere Stunden pro Testlauf. Daher wird oft eine Konfiguration gewählt, die funktioniert, jedoch nicht annähernd optimal ist. Daran erwachsende Schwächen bei der Bildqualität müssen später algorithmisch ausgeglichen werden.

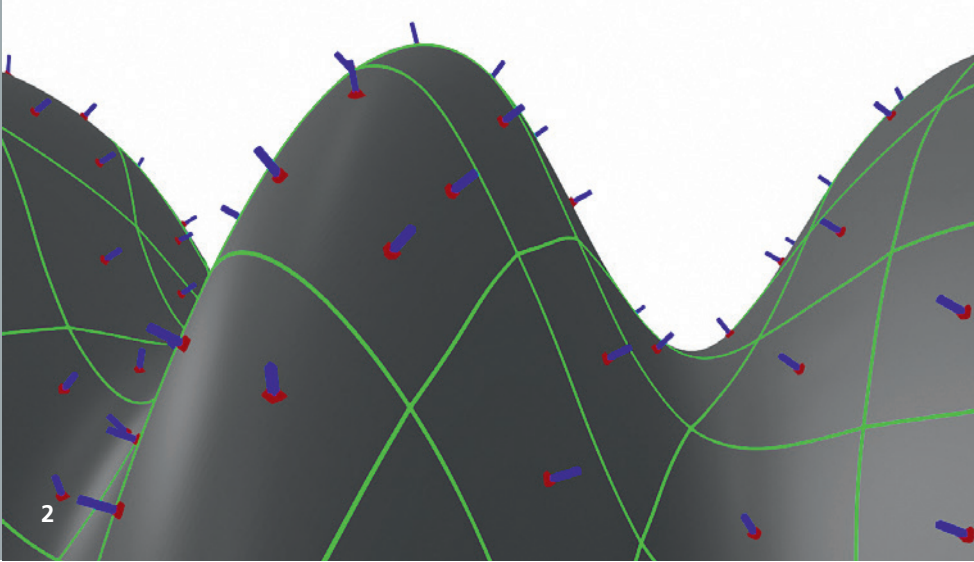
Digitale Zwillinge erleichtern Qualitätskontrolle

Um diesen Prozess flexibler und effizienter zu gestalten, entwickeln wir ein adaptives, simulationsbasiertes Framework, das den Entwicklungsprozess für Inspektionssysteme revolutionieren wird. In der Zukunft werden industrielle Prüfsysteme mithilfe dieses Frameworks vollständig virtuell entworfen und auf ihre Zuverlässigkeit geprüft.

Für die meisten produzierten Komponenten wird es ein CAD-Modell geben, den sogenannten digitalen Zwilling. Jeder Schritt des Produktionsprozesses wird durch Computer gesteuert werden. Es wird möglich sein, verschiedene Produkte in kleinen Mengen mit der gleichen Anlage herzustellen. Parallel wachsen auch die Anforderungen an die Qualität. Wie muss also ein Prüfsystem in einer solchen Fabrik aussehen? Vor allem muss es sich schnell und ohne großen Aufwand an geänderte Produktionsbedingungen anpassen lassen. Dabei werden mehrere Roboter zum Einsatz kommen, die Freiformflächen und selbst komplizierte Geometrien abbilden können. Das Inspektionssystem der Zukunft kann zudem vorhersagen, mit welcher Sicherheit bestimmte Fehler an verschiedenen Stellen detektiert werden können.

Virtualisierungskern beinhaltet Planung und Simulation

Auf dem Weg zum kompletten Framework für virtuelle Inspektionsplanung und Bildverarbeitung optimieren wir zunächst die Positionierungen von Produkt und Kamera. Darüber hinaus



entwickeln wir Simulationsalgorithmen, um ausreichend viele Bilder aller zu findenden Defekte zu generieren. An diesen mangelt es häufig gerade da, wo Fehler verheerende Auswirkungen haben können, wie zum Beispiel bei Turbinenscheiben oder Bremsen.

Multiple Systemkonfigurationen berechenbar

Der Virtualisierungskern des Systems besteht aus den Komponenten Planung und Simulation. Wir simulieren, was die Kamera sieht, und nutzen diese Information, um das Inspektionssystem zu konstruieren. Die Planungskomponente berechnet multiple Systemkonfigurationen, bestehend aus Kamera, Optik, Beleuchtung etc., die der Roboter später für die optimale Inspektion nutzen kann. Der Virtualisierungskern berechnet aus dem CAD-Modell – der Geometrie – des Produkts sowie verschiedenen Prüfparametern wie Fehlerarten, Produktmaterial und Prüfungsgeschwindigkeit mögliche Hardware-Lösungen. Zudem erhält der Nutzer eine Reihe simulierter Bilder, mit denen wiederum das Inspektionssystem während der Entwicklung getestet werden kann.

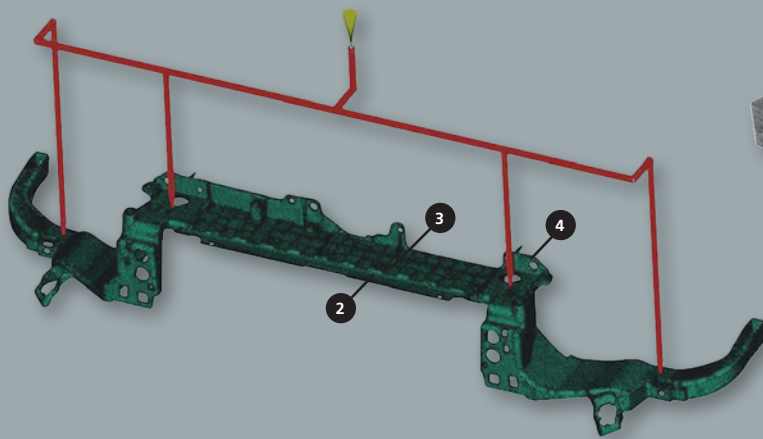
Die Planungskomponente berechnet einen Inspektionsverlauf mit optimaler Abdeckung des Produkts gemäß der vorher festgelegten Anforderungen. Mithilfe der Simulationskomponente ist es möglich, diese Planung auch für geometrisch komplexe Produkte durchzuführen, bei denen die Automatisierung heutiger Systeme bisher scheitert. Dabei werden aus dem CAD-Modell des Produkts die notwendige Beleuchtung sowie eine Liste von Kamerablickpunkten berechnet. Für diesen Prozess wird die gesamte Inspektionsumgebung modelliert und das Verhalten der Sensoren wird unter Verwendung eines physikalisch realistischen Renderings simuliert. Basierend auf diesen Blickpunkten wird dann der Pfad der Kamera geplant.

Aktueller Forschungsgegenstand: Positionsplanung

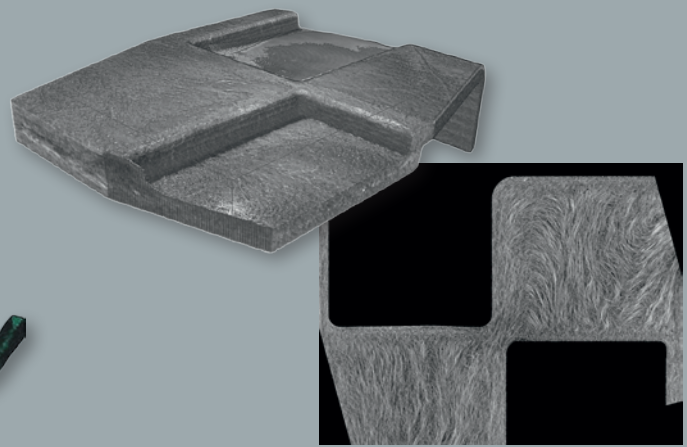
Unser Framework wird derzeit an mehreren Seiten parallel erforscht und entwickelt: parametrische Oberflächenrekonstruktion, aktive modellbasierte Positionsplanung, Kameraobjektivmodellierung, positionsbasierte Fehleraugmentierung und Oberflächenlichtmodellierung. Der Schwerpunkt liegt primär auf der Positionsplanung – dem Rückgrat des Gesamtsystems. Diese kann dann modular erweitert und um neue Funktionalität ergänzt werden, um an produktspezifische Anforderungen angepasst zu werden.

2 Nahaufnahme der Pivotpunkte für die Kamera-Blickpunkt-kandidaten; flache Stellen werden durch wenige Punkte abgedeckt, während an stark gekrümmten Regionen mehrere Punkte generiert werden.





1



2

ZERSTÖRUNGSFREIE MIKROSTRUKTURANALYSE FÜR BAUTEILE AUS FASERVERSTÄRKTEM KUNSTSTOFF

1 Langglasfaserverstärkter Träger, Oberflächennetz aus Moldflow

2 – 4 Volumenrenderings und virtuelle Schnitte der in **1** markierten Bereiche, die mittels Region-of-Interest-Mikro-Computertomografie abgebildet wurden
Farbig: Orientierungskomponente in Fließrichtung

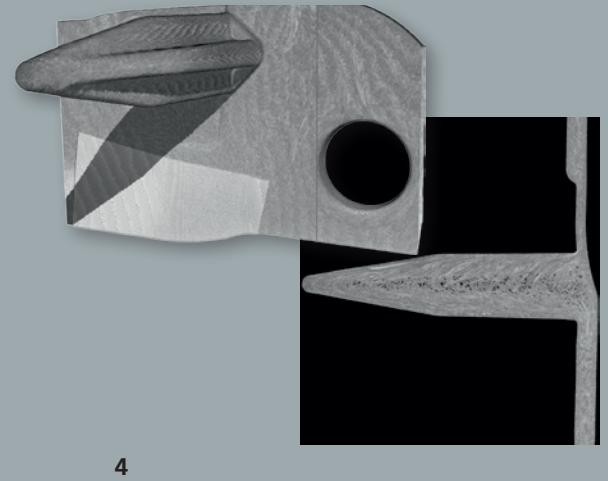
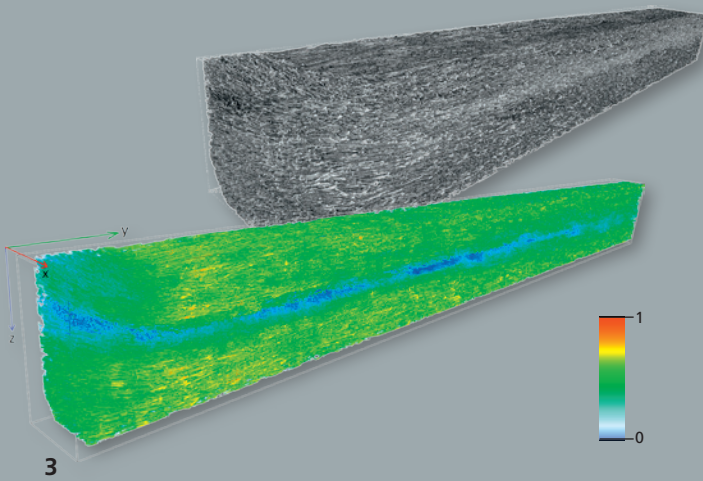
Bauteile aus faserverstärktem Kunststoff ersetzen immer mehr Bauteile, die früher aus Metalllegierungen hergestellt wurden, denn sie sind bei gleichem mechanischem Verhalten leichter und ihr Einsatz spart so Energie. Sie bestehen aus einer Kunststoffmatrix und eingearbeiteten Fasern, meist aus Glas oder Kohlenstoff. Diese Fasern sind mechanisch steifer als der sie umgebende Kunststoff. So ergibt sich im Verbund eine hohe Festigkeit entlang der Fasern. Durch ihr geringes Gewicht sowie ihre hohe spezifische Steifigkeit und Festigkeit sind faserverstärkte Kunststoffe für Leichtbauanwendungen etwa in der Automobil- und Flugzeugproduktion besonders geeignet.

Auf der anderen Seite ist es schwieriger, Bauteile aus Verbundmaterialien belastungsgerecht auszulegen, denn die mechanischen Eigenschaften wie Belastbarkeit und Lebensdauer hängen kritisch von ihrer speziellen Mikrostruktur ab. Im Vergleich zu klassischen Werkstoffen wie Metallen ist dieser Zusammenhang weniger gut verstanden – nicht zuletzt, da die Mikrostruktur schon deshalb komplexer ist, weil sie aus mehreren Komponenten besteht. Zudem variieren wichtige Mikrostrukturkenngrößen produktionsbedingt innerhalb eines Bauteils. Mechanisch stark beanspruchte und sicherheitsrelevante Bauteile müssen deshalb belastbar zerstörungsfrei geprüft werden.

Faseroorientierung beeinflusst Materialeigenschaften

Durch die unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften der Fasern und der Kunststoffmatrix ändern sich je nach Anordnung der Fasern in einer Probe die Materialeigenschaften: Parallel liegende Fasern ergeben eine hohe Zugbelastbarkeit des Verbundes in Faserrichtung, während vollkommen zufällig orientierte (isotrope) Fasersysteme Verbundstoffe ergeben, deren mechanische Belastbarkeit richtungsunabhängig ist. Deshalb sind für das Bauteilverhalten faserverstärkter Kunststoffteile vor allem die lokale Volumendichte und die lokale Orientierung der Verstärkungsfasern entscheidend.

Räumliche Abbildung mit Mikro-Computertomografie liefert auch bisher schon diese wertvolle Mikrostrukturinformation. Die tomografische Rekonstruktion erzeugt aus Projektionen 3D-Bilder, deren Grauwerte im Wesentlichen die lokale Röntgenabsorption widerspiegeln. Glasfasern erscheinen demzufolge in einer Polymermatrix deutlich heller. Einzelne Fasern können im Dreidimensionalen nicht als Bildobjekte identifiziert werden; die Faserkomponente lässt sich aber gut von der Matrix trennen. Der lokale Faservolumengehalt ergibt sich aus der Anzahl von Faservoxeln zur Gesamtzahl der Voxel im untersuchten Bereich.



Algorithmen errechnen Vorzugsrichtung aus Grauwerten

In den letzten zehn Jahren wurden u. a. am ITWM zudem Bildverarbeitungsalgorithmen entwickelt, die aus den lokalen Grauwerten für jedes Voxel in der Faserkomponente eine Vorzugsrichtung im Raum berechnen. Daraus wird der Orientierungstensor 2. Ordnung abgeleitet. Für diese Analyse muss der Faserdurchmesser von 10–20 μm mit mindestens drei Voxeln aufgelöst werden. D. h., die Voxelkantenlänge muss bei Faserdicke 10 μm unter 3,5 μm liegen. Deshalb mussten bisher kleine Proben mit Kantenlängen von wenigen Millimetern geschnitten werden, um sie im Kegelstrahl mit dieser hohen Auflösung abbilden zu können. Damit wird die Methode zu aufwändig für die Serienprüfung. Vor allem aber ist sie für große Bauteile nicht zerstörungsfrei und damit für die Qualitätsprüfung ungeeignet.

Mikro-Computertomografie kann bei geeigneter Konfiguration des Tomografen auch kleine Probenausschnitte aus einem Bauteil räumlich abbilden, ohne diese tatsächlich auszuschneiden. Diese Tatsache ist schon lange bekannt, in der Praxis führten jedoch Abbildungsartefakte zu Qualitätseinbußen, die die quantitative Analyse der 3D-Bilder solcher »Regions-of-Interest« verhinderten.

»3d Volant« vermeidet Abbildungsartefakte und beschreibt Materialeigenschaften zutreffend

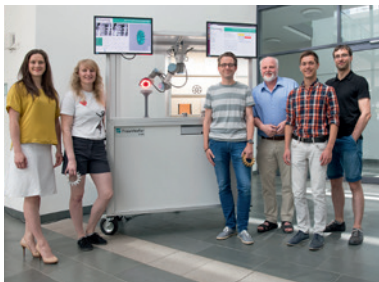
Im MEF-Projekt »3d Volant« des ITWM mit der Projektgruppe »NanoCT-Systeme« des IIS wurde dieses Problem gelöst. Erstmals wurden praxisrelevante Bauteile aus der Automobilindustrie mit Mikro-Computertomografie so gut räumlich abgebildet, dass die resultierenden Volumebilder besonders interessanter Bauteilbereiche quantitativ analysiert werden können. Die lokalen Mikrostruktureigenschaften der Bauteile können so vollständig beschrieben werden. Darüber hinaus kann anhand der 3D-Bilder die tatsächliche lokale Mikrostruktur mit der verglichen werden, die durch Simulation des Fließverhaltens in ganzen Bauteil vorhergesagt wird.

Aus der Möglichkeit, in einem Bauteil von ca. 0,5 m Länge Regions-of-Interest mit Voxelgröße 3 μm abzubilden, ergeben sich gleichzeitig neue Herausforderungen. Die anfallenden riesigen Datenmengen können nicht mehr interaktiv verarbeitet werden. In einem weiteren Projekt soll deshalb daran gearbeitet werden, alle Schritte von der Wahl der abzubildenden Regionen bis zur Ausgabe der Analyseergebnisse zu automatisieren.





NEWS AUS DER ABTEILUNG



FORSCHUNGSGRUPPE GEHT NEUE WEGE IN DER BILDVERARBEITUNG

Online-Inspektionssysteme haben sich in vielen Produktionsumgebungen bewährt. Aber was passiert, wenn die Bauteile komplizierter werden? Wie lässt sich trotz zunehmender Individualisierung von industriell hergestellten Produkten ihre Prüfung automatisieren? Antworten liefert die virtuelle Bildverarbeitung, die den Inspektionsvorgang komplett simuliert und optimiert.

Wichtige Impulse brachte die Zusammenarbeit der AG Computergrafik der TU Kaiserslautern und der Abteilung Bildverarbeitung in den vergangenen beiden Jahren im Leistungszentrum »Simulations- und Software-basierte Innovation«. Gerade im interdisziplinär aufgestellten Leistungszentrum wurde klar, dass die Forschung im Bereich virtuelle Bildverarbeitung nur weiterkommt, wenn das Wissen unterschiedlicher Fachrichtungen zusammenfließt. Die Kooperation besteht schon seit vielen Jahren und führte nun zur Gründung einer internationalen Forschungsgruppe. Ein Schritt auf dem Weg zur virtuellen Inspektion ist bereits getan: Die am Fraunhofer ITWM entwickelte Revolving Product Inspection: Sie berücksichtigt nicht nur Rahmenbedingungen wie Bauteilgeometrie und Oberflächenbeschaffenheit, sondern weiß auch, wo mögliche Problemstellen bei der Analyse liegen können.

ABTEILUNG BILDVERARBEITUNG JETZT MITGLIED DER EMVA



Im Rahmen der Messe Control ist die Abteilung Bildverarbeitung Mitglied der European Machine Vision Association geworden. Die EMVA ist ein gemeinnütziger und nicht kommerzieller Verband, der die Machine-Vision-Industrie in Europa vertritt. Der Verband wurde 2003 in Barcelona von Industrievertretern aus ganz Europa als Netzwerk zur Förderung der Entwicklung und Nutzung der Bildverarbeitungstechnologie gegründet.

ORGANISATION DES WORKSHOPS »3D FIB-SEM IMAGING AND ANALYSIS«

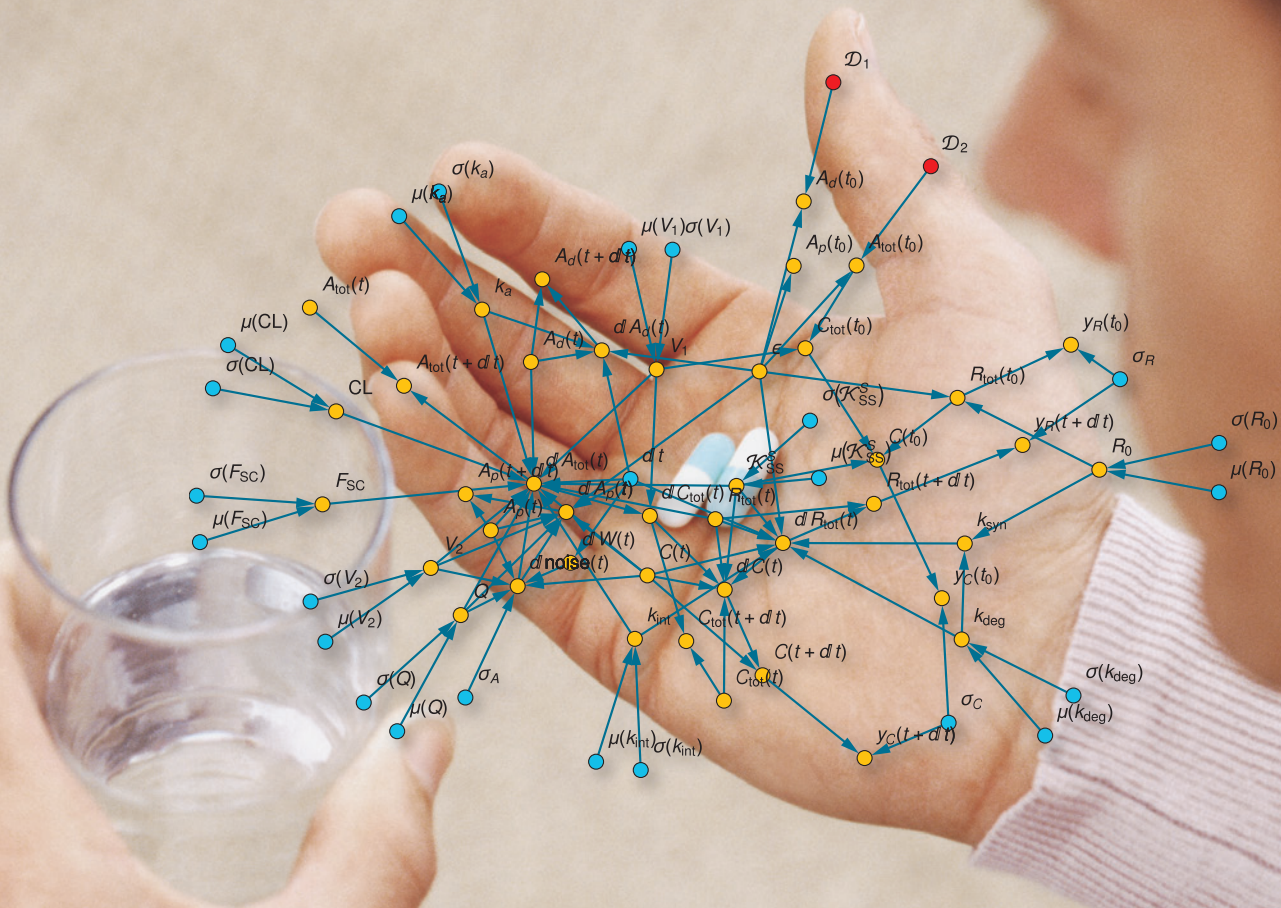
Im Projekt »Reconstruction of POrous Structures from FIB-SEM Images« (REPOS), gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung, hat die Abteilung im Oktober den Workshop zum Thema 3D FIB-SEM Imaging & Analysis mit organisiert. Der Workshop fand am KIT Campus Nord statt; sein Fokus lag auf der Erfassung von 3D Slice&View Stacks und der Segmentierung und Analyse von FIB-Datensätzen mit Schwerpunkt auf porösen Materialien.



Von vorne, links nach rechts: Yuli Afrianti, Annika Schwarz, DamjanHatić, Tessa Kuschnerus, Dr. Ronald Rösch, Petra Gospodnetić, Bess, Dr. Xiaoyin Cheng, Dascha Dobrovolskij, Markus Rauhut, Kai Taeubner, Dr. Katja Schladitz, Dr. Ali Mogiseh, Michael Godehardt, Falco Hirschenberger, Dr. Markus Kronenberger, Franz Schreiber, Konstantin Hauch, Thomas Redenbach, Dennis Mosbach, Martin Braun, Nikita Nobel, Dr. Thomas Weibel



SYSTEMANALYSE, PROGNOSE UND REGELUNG





ANALYSE, PROGNOSE UND REGELUNG VON KOMPLEXEM SYSTEM- UND PROZESSVERHALTEN

Die von uns betrachteten dynamischen Systeme aus den Anwendungsfeldern Energiesysteme, Anlagen- und Maschinenregelung sowie Medizin und Biologie sind oftmals komplex, weil sie ein Netzwerk unterschiedlicher Teilsysteme und Strukturen abbilden.

Diese Systeme sind jeweils mit spezifischen Sensor- und Aktorkonfigurationen ausgestattet. In vielen Fällen müssen wir darum störungsüberlagerte Sensorinformationen berücksichtigen, wenn wir aus Messungen Informationen über das Systemverhalten gewinnen wollen. Überdies liegen uns in der Regel nur unvollständige System- und Strukturbeschreibungen vor.

Typische Aufgabenstellungen sind die Identifikation dynamischer Systemparameter (mittels mathematischer Zustandsschätzer), die Klassifikation des Systemverhaltens (mittels Machine Learning) sowie die Bereitstellung von online-tauglichen Simulationsmodellen zur Systemanalyse, zur Entwicklung von Reglern oder zur Validierung des Verhaltens von elektronischen Steuereinheiten (mit Hardware-in-the-Loop-Ansätzen).

Für die Lösung der Aufgaben greifen wir auf unsere Kernkompetenzen aus der System- und Kontrolltheorie und dem Maschinellen Lernen zurück. Spezialkompetenzen haben wir in den Bereichen differential-algebraische sowie geschaltete Systeme, in der Anwendung sequentieller Monte-Carlo-Ansätze (Partikelfiltermethoden) zur Simulation und Zustandsschätzung stochastischer Prozesse, in der statistischen Lerntheorie sowie im Bereich des Maschinellen Lernens mit tiefen Architekturen (Deep Learning).

Kontakt

andreas.wirsen@itwm.fraunhofer.de

www.itwm.fraunhofer.de/sys



SCHWERPUNKTE

- Energieerzeugung und -verteilung
- Maschinenmonitoring und -regelung
- Biosensorik und Medizingeräte





1 Gesamtsimulation eines Windparks

UPWARDS – SIMULATION DER PHYSIK VON WINDKRAFTANLAGEN UND ROTORDYNAMIKEN

Das EU-Projekt »UPWARDS – Understanding of the Physics of Wind Turbine and Rotor Dynamics through an Integrated Simulation Framework« startete im April 2018 mit dem Ziel, die Entwicklung größerer und besser ausgelegter Windkraftanlagen zu ermöglichen und damit die Kapazitäten der Windenergie in ganz Europa und dem Rest der Welt zu erhöhen.

Dieses Ziel wird durch die Entwicklung der nächsten Generation von multiphysikalischen Simulationen verfolgt, die auf Windströmung, Turbinenmechanik und deren Zusammenspiel spezialisiert sind. Diese Simulationenwerkzeuge ermöglichen eine kostengünstigere und schnellere Entwicklung von Prototypen für Windkraftanlagen. UPWARDS ist von strategischer Bedeutung für die Zukunft der nachhaltigen Entwicklung in Europa und wird durch ein Konsortium von elf Partnern (Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Universitäten) aus acht Ländern und zwei Kontinenten umgesetzt.

Auf dem Weg zur effizienteren Windturbine

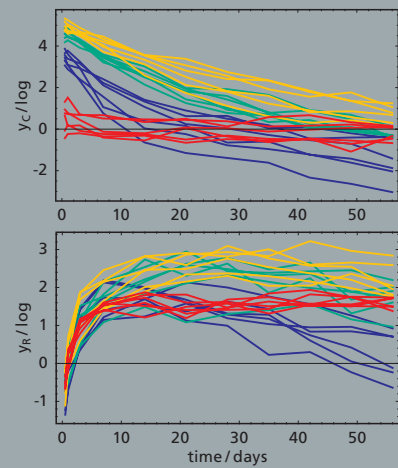
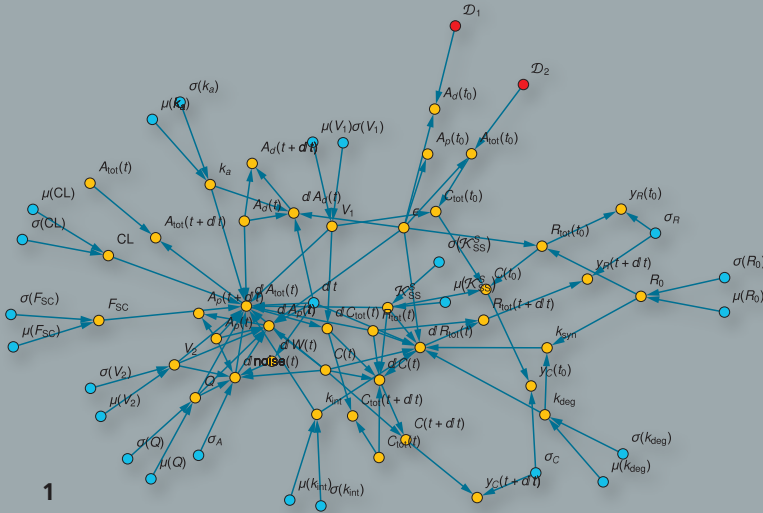
Die wichtigsten Herausforderungen für die Entwicklung größerer und effizienterer Windturbinen sind:

- Turbulenzen, die durch atmosphärische Bedingungen, Gelände oder Nachlauf der Windkraftanlage verursacht werden und zu einer erheblichen Ermüdung der Rotoren führen
- mit zunehmender Rotorgröße steigende Spitzengeschwindigkeiten, die zu mehr Geräuschen führen und so den Onshore-Einsatz behindern
- höhere Biegeanfälligkeit der längeren und schlankeren Rotorblätter, die zu komplexen dynamischen Belastungen führt und bei Statik und Materialqualifizierung berücksichtigt werden muss.

Mehrnutzen durch Methoden aus Mathematik und Informatik

Das Fraunhofer ITWM entwickelt eine integrierte Simulationsplattform für die einzelnen Softwaremodule; diese simulieren Windkraftanlagen und Windparks hochpräzise, einschließlich Windströmung, vollständig gekoppelter Fluid-Struktur-Interaktion, Systemermüdung sowie Schallausbreitung.

Methoden der Modellreduktion und des High Performance Computing erzeugen präzise Simulationsergebnisse des relevanten Systemverhaltens in geringer Rechenzeit. Mit Verfahren des Maschinellen Lernens werden Zusammenhänge wichtiger Phänomene wie Einström- und Turbinenwind, Rotorgeräusche und Versagen der Verbundwerkstoffe identifiziert, um die Performance der zugehörigen Windturbinen zu optimieren.



DOSIERUNG, WIRKUNG, RISIKO: MATHEMATIK FÜR DIE ENTWICKLUNG NEUER ARZNEISTOFFE

Mathematische Lernmethoden unterstützen die Entwicklung neuer pharmazeutischer Wirkstoffe. Eine wichtige Frage in diesem Zusammenhang lautet: Wie muss die Dosierung gewählt werden? Denn auch die neue Arznei soll wirken, aber dem Patienten dabei nicht schaden. Hier helfen mathematische Modelle und Lernmethoden, die wir in Zusammenarbeit mit unserem Partnerinstitut FCC in Göteborg weiterentwickeln und in die Anwendung bringen.

Wie ist die Verteilung der Wirkstoffe im Körper und welche Effekte treten an den Wirkorten auf? Diese Frage wird in klinischen Studien erprobt. Einer möglichst großen Patientenanzahl wird der neue Wirkstoff in verschiedenen Dosen verabreicht, und man beobachtet die Krankheitsentwicklung jedes Patienten über eine längere Zeit. Beobachten heißt: Messen von Blutwerten und Körperfunktionen. Aber bei Weitem nicht alle Vorgänge im Körper können direkt gemessen werden.

Jeder Patient ist anders

Alle Patienten unterscheiden sich durch individuelle Merkmale (männlich/weiblich, Alter), Krankheitsstadien, Dosierungen und Vergabeart des Wirkstoffes (Infusion, Spritze, Einnahme). Jeder Mensch weist innerhalb dieser Gruppen weitere zufällige individuelle Abweichungen auf. Zufällig bedeutet: Nicht alles ist möglich, nur manches ist wahrscheinlich. Der Zufall kann und muss mitmodelliert werden.

Die verabreichte Arznei bewirkt eine Änderung des krankheitsbedingten Zustandes jedes Patienten und jeder Patientin über die Zeit. Diese zeitlichen Entwicklungen wiederum beeinflussen das Risiko des Eintritts eines krankheitsbedingten Ereignisses. Um wirklich beurteilen zu können, wie ein Medikament wirkt, müssen diese komplexen Zusammenhänge verstanden werden.

Mathematische Modelle meistern die Komplexität

Die komplizierten Wirkzusammenhänge unserer Körper, unsere individuellen Verschiedenheiten, zeitliche Veränderungen und das sich damit ändernde Risiko krankheitsbedingter Ereignisse können mit mathematischen Modellen erfasst werden. Allerdings enthalten diese Modelle zunächst viele unbekannte zeitlich abhängige und konstante Größen. Wir ermitteln diese unbekanntenen Größen aus Messdaten mit neuesten computergestützten mathematischen Lernmethoden (Zustandsfilterung und Parameterschätzung in nichtlinearen dynamischen Modellen mit gemischten Effekten). Letztendlich geben die Ergebnisse Aufschluss über die beste Dosierung und somit beste Wirkungsweise des neuen Wirkstoffes.

1 Komplexe Abhängigkeiten der Größen in einem stochastischen pharmakokinetischen/pharmakodynamischen Modell

2 Zeitliche Entwicklung zweier Stoffkonzentrationen (Wirkstoff und Zielmolekül) im Blutplasma von 24 Patienten, unterteilt in 4 Dosisgruppen zu je 6 Patienten (simulierte Daten). Die Dosisgruppen sind an den unterschiedlichen Farben zu erkennen.





NEWS AUS DER ABTEILUNG



FORSCHUNGSSCHWERPUNKT BIOCOMP WIRD FORTGEFÜHRT

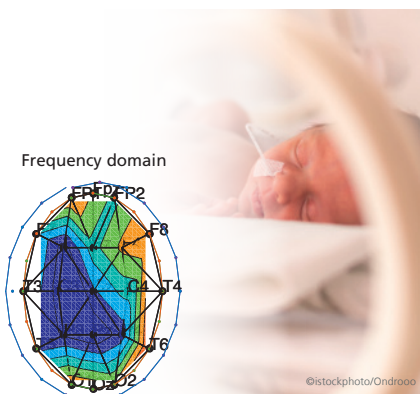
BioComp ist ein Forschungsschwerpunkt des Landes Rheinland-Pfalz, der seit 2014 existiert. Mitglieder unterschiedlicher Fachbereiche der TU Kaiserslautern arbeiten in interdisziplinären Projekten zusammen, um biologische Fragestellungen mithilfe mathematisch/informatischer Methoden zu untersuchen. Unsere Abteilung war seit Beginn an mehreren Projekten beteiligt. Das gilt auch für die Projektphase 2019–2023. In dieser Zeit entwickeln wir eine Software-Infrastruktur zur integrativen Analyse biologischer Daten. Die zu meistern den Herausforderungen reichen dabei von der Prozessierung und Auswertung von Rohdaten bis zur Identifizierung von Beziehungen und Verbindungen innerhalb der Daten.

THEORIE TRIFFT ANWENDUNG: KL-REGELUNGSTECHNIK-SEMINAR

Seit über zwei Jahren organisiert die Abteilung einmal im Monat das Seminar KL-Regelungstechnik. Was als Zusammenschluss von Arbeitsgruppen aus mehreren Fachbereichen der TU Kaiserslautern und unserer Abteilung mit dem Schwerpunkt Regelungstechnik begann, hat sich im letzten Jahr stark weiterentwickelt. So wurden externe Redner aus der Industrie eingeladen, die über ihre aktuellen Forschungs- und Entwicklungsthemen berichteten, wie z. B. vorausschauende Strategien für den kraftstoffoptimierten Betrieb von Plug-in-Hybrid-Fahrzeugen. Zusätzlich wurde das Portfolio des Seminars um das Thema Machine Learning im Regelungsumfeld erweitert.

EEG-ANALYSESOFTWARE FÜR FRÜHGEBORENE

Der Entwurf eines »Diagnoseunterstützungssystems für Gesundheitszustand und Reifeprozess von Gehirnen Frühgeborener« war Bestandteil des kürzlich abgeschlossenen BMWi-Projekts Tenecor. Unsere Abteilung entwickelte dafür eine EEG-Analysesoftware; sie ist Bestandteil eines multifunktionalen Monitoringsystems für Frühgeborene. Mit einem neuartigen Ansatz, basierend auf Methoden des Maschinellen Lernens, können nun die verschiedenen altersabhängigen generischen Gehirnzustände und die Zustandsänderungscharakteristika im Zeitverlauf abgeschätzt werden. Auch die komplexe Gehirnreifung wird überwacht. Ein 3D-Diagramm visualisiert anschließend die Daten; damit können Ähnlichkeiten zwischen den Patienten schnell festgestellt werden.





Von vorne, links nach rechts: Dr. Benjamin Adrian, Dr. Alex Sarishvili, Michael Sendhoff, Dr. Andreas Wirsén, Hans Trinkaus, Jens Göbel, Dr. Christian Salzig, Dimitri Morgenstern, Dr. Jan Hauth



OPTIMIERUNG



PROF. DR. KARL-HEINZ KÜFER
BEREICHSL EITER

PD DR. MICHAEL BORTZ
ABTEILUNGSLEITER



INTERAKTIVE ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG AUF BASIS VON MODELL UND DATEN

Zentrale Aufgabe des Bereichs 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 unsere Arbeit durch ein Zusammenspiel von Simulation, Optimierung und Entscheidungsunterstützung geprägt. Unter Simulation verstehen wir dabei die Bildung mathematischer Modelle unter Einbeziehung von Design-Parametern, Restriktionen und zu optimierenden Qualitätsmaßen sowie Kosten.

Die Kernkompetenzen unseres Bereichs sind die Entwicklung und Implementierung von anwendungs- und kundenspezifischen Optimierungsmethoden. Diese berechnen bestmögliche Lösungen für das Design von Prozessen und Produkten. Alleinstellungsmerkmale sind die Integration von Simulations- und Optimierungsalgorithmen, die spezielle Berücksichtigung mehrkriterieller Ansätze sowie die Entwicklung und Implementierung interaktiver Werkzeuge für die Entscheidungsunterstützung.

Insgesamt wird Optimierung weniger als mathematische Aufgabenstellung verstanden, sondern vielmehr als kontinuierlicher Prozess, welchen wir durch die Entwicklung passender Tools unterstützen. Besonderes Augenmerk liegt auf der adäquaten Wahl des Modells hinsichtlich Menge und Qualität der verfügbaren Daten. Wir ziehen Methoden des Machine Learning zur Aufbereitung der Daten und zur Kalibrierung von Modellen heran, aber auch zur Modellergänzung und Erklärung nicht explizit modellierbarer Phänomene.

Kontakt

karl-heinz.kuefer@itwm.fraunhofer.de

michael.bortz@itwm.fraunhofer.de

www.itwm.fraunhofer.de/opt



SCHWERPUNKTE

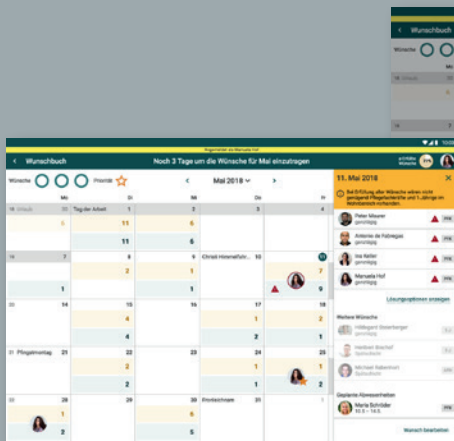
Operations Research

- Produktions- und Ablaufplanung
- Anordnungs- und Zerlegeprobleme
- Versorgungsnetzwerke

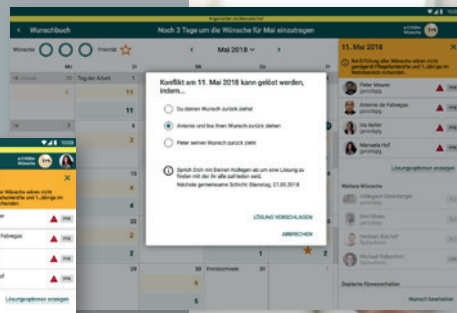
Technische Prozesse

- Verfahrens- und Prozesstechnik
- Planung in der Medizin
- Maschinelles Lernen und hybride Modelle





1



2



© istockphoto/alvarez



GAMOR – KOLLABORATIVE DIENSTPLANUNG IN DER PFLEGEBRANCHE

- 1 *Digitales Wunschbuch*
- 2 *Lösungsoptionen für Konflikte*

Im Forschungsprojekt GamOR (GameOfRoster) entwickeln wir gemeinsam mit Projektpartnern eine Softwareplattform, die Pflegekräfte bei der Planung ihrer Dienstpläne unterstützt. Dabei sind die Beschäftigten in die Gestaltung der Prozesse einbezogen und bewerten ihre Arbeitssituation in der Folge besser.

GamOR ermöglicht eine kollaborative und digital unterstützte Dienstplanung. Die erlebnisorientierte Gestaltung erhöht die Motivation, baut Hemmungen vor der Digitalisierung ab und macht die Erfahrung mit der Software im Berufsalltag attraktiver.

Wünsche erkennen und Minimalkonflikte auflösen

Aus Sicht der Mitarbeitenden ist ein Qualitätsmerkmal für einen »gelungenen« Dienstplan die Berücksichtigung von Terminwünschen, d. h. die Einhaltung von gewünschten freien Tagen. Wunschmengen, die nicht gleichzeitig erfüllbar sind, nennen wir im Projekt »Konflikte«. Konflikte, die aufgelöst werden können, indem ein Mitarbeitender einen Wunsch zurücknimmt, heißen »Minimalkonflikte«. Diese werden unabhängig von später hinzugefügten Wünschen gelöst. In GamOR entwickeln wir Algorithmen zur Bestimmung solcher Minimalkonflikte sowie spieltheoretische Modelle zu deren (teil-)automatisierter Auflösung. Darüber hinaus verwenden wir Constraint-basierte Modelle zur Berechnung optimierter Dienstplanalternativen. Das heißt, es werden Randbedingungen mitberechnet – neben Wünschen und Besetzungsanforderungen sind das zum Beispiel gesetzliche oder auch ergonomische Regelungen.

Umsetzung durch eine digitale Dienste-Plattform

Die Umsetzung in der Praxis sichert die Protestantische Altenhilfe Westpfalz als zentraler Anwendungspartner. Dort werden die Konzepte zur kollaborativen Dienstplanung und die Algorithmen zur Planungsunterstützung prototypisch umgesetzt. Die Mitarbeitenden bedienen die entwickelte Dienste-Plattform über Tablets, perspektivisch auch vom eigenen Smartphone. Im eigenen Mitarbeiterbereich der Software gibt es eine Darstellung des Planungsmonats mit allen eingegebenen Wünschen. Neue Wünsche werden dort hinzugefügt oder bestehende Wünsche zurückgenommen. »Konflikte« sind für den User direkt ersichtlich und ihm werden Lösungen angeboten. Die Planungsverantwortlichen nutzen für die Datenpflege unmittelbar eine Webschnittstelle.

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird im Rahmen des Programms »Zukunft der Arbeit« vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Europäischen Sozialfonds (ESF) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.





SPURENSTOFFE ELIMINIEREN DURCH NACHHALTIGE ADSORBENZEN

Die Verunreinigung durch Medikamente, Biozide oder Industriechemikalien im Abwasser nimmt zu, unter anderem da Kläranlagen viele dieser Substanzen nicht abbauen und sie so wieder in die Umwelt gelangen. Im dreijährigen Projekt BioSorb entwickeln wir gemeinsam mit dem Fraunhofer UMSICHT neue Adsorptionsmittel für die Eliminierung von Spurenstoffen in kommunalen Abwässern.

Diese sollen auf nachwachsenden Rohstoffen basieren und dabei deutlich ressourcenschonender und selektiver als herkömmliche Aktivkohle vorgehen. Besonders proteinbasierte Materialien sind vielversprechende Biosorbenzien, da diese weltweit endlos und günstig vorhanden sind.

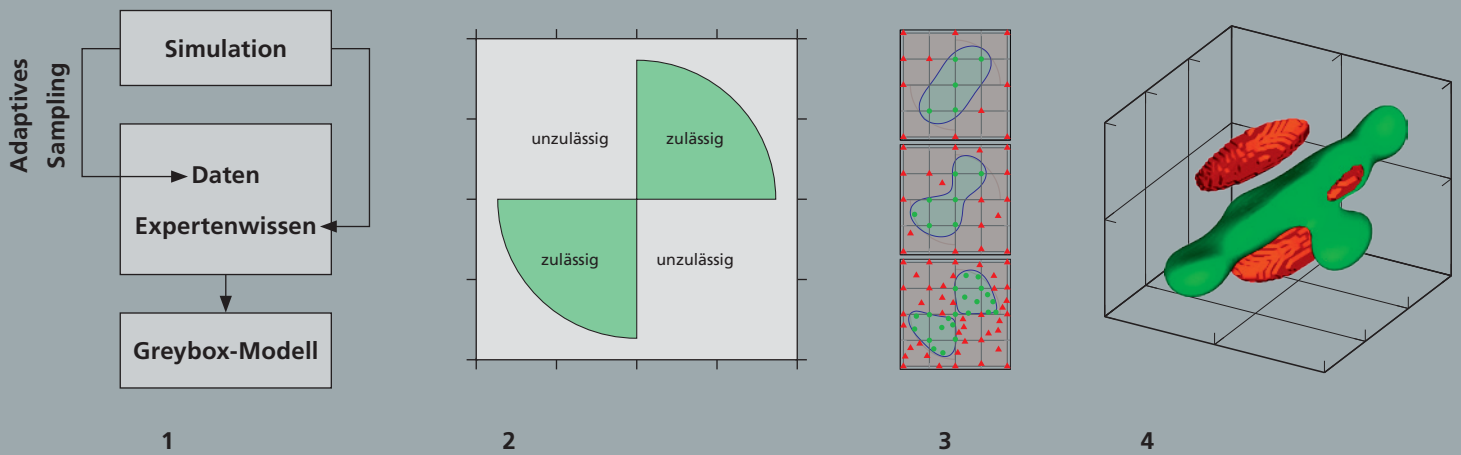
Schritt für Schritt zu sauberem Wasser

Dazu starten wir zunächst mit einem Screening verschiedener proteinhaltiger Materialien. Dabei untersuchen wir natürlich nachwachsende Ausgangsstoffe genauer und es werden diese in ersten Adsorptionsversuchen in kleinem Maßstab getestet. Vielversprechende Materialien analysieren wir im nächsten Schritt. Oftmals verbessert eine chemische Behandlung – wie eine Kombination aus Säure- und Wärmebehandlung – die Adsorptionsfähigkeit. Bei einer groß angelegten Versuchsreihe werden anschließend die ausgewählten Biosorbenzien mit Diclofenac (Schmerzmittel) und Metoprolol (Betablocker) getestet und auf ihre Wirksamkeit geprüft. Diese beiden Medikamente eignen sich besonders gut als Testsubstanzen, da sie häufig in Grund- und Oberflächenwassern vorkommen und bisher kaum in Kläranlagen abgebaut werden. Aus wirtschaftlicher Sicht ist es vielversprechend, wenn das Adsorptionsmittel wiederverwendet werden kann. Deshalb wird die Regenerierbarkeit des Systems durch verschiedene Lösungsmittel überprüft und die gewählten Materialien genauer analysiert und charakterisiert.

ITWM liefert Simulationsexpertise

Parallel dazu wird ein numerisches Adsorptionsmodell entwickelt. Insbesondere hier ist die Expertise unseres Instituts gefragt, bereits im EU-Projekt zur Trinkwasseraufbereitung Nanopor haben wir Simulationstools zur Wasserver- und -entsorgung entwickelt. Auf diese Erkenntnisse baut BioSorb nun auf. Durch unsere hohe Rechnerkapazität und Erfahrung mit Simulationsstudien liefern wir das Fachwissen zur notwendigen Multiskalensimulation, welche die Adsorbenzien bewertet. Die Ergebnisse werden im letzten Schritt validiert und verifiziert. Dies geschieht zunächst in dotierten Wässern, da wir dort die Wirkung des Adsorbens ohne überlagernde Messungen überprüfen können. Anschließend werden die Adsorptionsmittel in praxisrelevanten Gewässern eingesetzt, u. a. im Wasser des Kläranlagenablaufs aus Wuppertal-Buchenhofen.

1 *Protein-basierte Biosorbenzien werden untersucht zur Verbesserung der Adsorption von Medikamenten aus Abwässern, um in Kläranlagen die Belastung für Mensch und Umwelt zu reduzieren.*



MASCHINELLES LERNEN MIT EXPERTENWISSEN

- 1 *Workflow für die Entwicklung von Greybox-Ersatzmodellen aus Daten und Expertenwissen; das adaptive Sampling ermöglicht eine effiziente Datengewinnung.*
- 2 *Zweidimensionaler Parameterraum eines Spielzeugbeispiels mit einem wohldefinierten zulässigen Bereich (grün); anhand dieses Beispiels lässt sich die Effizienz des adaptiven Samplings zur Vorhersage von Betriebsfenstern demonstrieren.*
- 3 *Die sequentielle Erschließung des Parameter-raums aus Abb. 2 führt zu zulässigen (grün) und unzulässigen (rot) Simulationsergebnissen und einer entsprechenden Modellvorhersage für das Betriebsfenster (blau), die sich mit jeder Iteration verbessert.*
- 4 *Visualisierung des vorhergesagten Betriebsfensters einer chemischen Anlage*

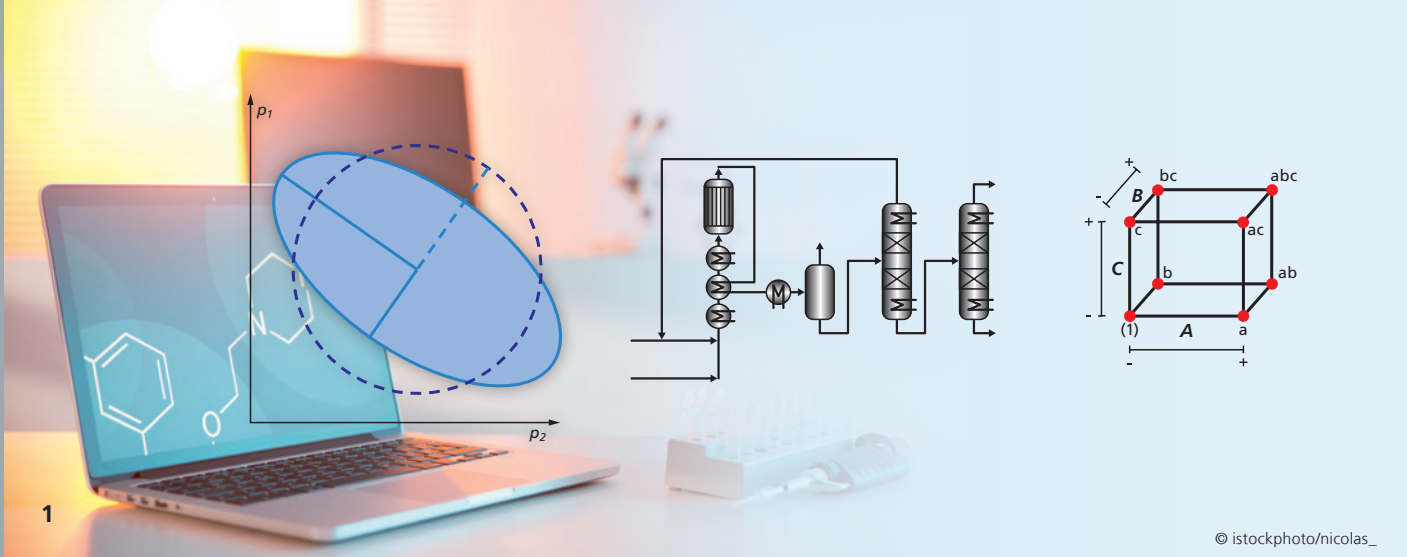
Maschinelle Lernverfahren erlauben es, Muster und Gesetzmäßigkeiten aus Daten abzuleiten. Die dabei entstehenden Modelle verallgemeinern die in den Daten enthaltene Information, um dadurch unbekannte Ergebnisse vorherzusagen. Eine solche Modellbildung kann allein auf Grundlage der Datenstatistik erfolgen. Von entscheidendem Vorteil ist es jedoch, den Kontext der Daten zu berücksichtigen und domänenspezifisches Expertenwissen einfließen zu lassen. Auf diese Weise werden auch Zusammenhänge miteinbezogen, die sich gar nicht oder nur unzureichend in der Statistik widerspiegeln. In verschiedenen Forschungsprojekten und in Kooperation mit Industriepartnern entwickeln wir Methoden, um maschinelle Lernverfahren durch Domänenkenntnisse zu verbessern. Ein wichtiges Anwendungsgebiet ist die chemische Verfahrenstechnik.

Greybox-Ansatz als hybrides Gesamtmodell

In der industriellen Praxis werden Daten oft aus Simulationen gewonnen, da diese kostengünstiger sind als Experimente und frei von Messunsicherheiten. Für die Lösung von Optimierungsproblemen benötigt man in der Regel jedoch sehr viele Daten. Ersatzmodelle, die sich schneller auswerten lassen als die ursprüngliche Simulation, bringen also einen Geschwindigkeitsvorteil. Die verwendeten Simulationen basieren auf physikalischen Gesetzen – Expertenwissen, das also bereits explizit vorliegt. Die Herausforderung besteht darin, es auf geeignete Weise in ein maschinelles Lernverfahren zu integrieren. In diesem auch als »Greybox« bezeichneten Ansatz werden wissensbasierte Modelle mit datengetriebenen Modellen zu einem hybriden Gesamtmodell verbunden.

Exploration von Betriebsfenstern in der chemischen Verfahrenstechnik

Entscheidend ist eine effiziente Datengewinnung. Nicht-dynamische Simulationen chemischer Anlagen lassen sich nur für solche Prozessparameter auswerten, für die sich die Anlage stationär betreiben lässt. In einem Projekt mit der BASF SE entwickeln wir gemeinsam eine Methode, um diese stationären Betriebsfenster mithilfe von maschinellen Lernverfahren zu bestimmen. Mit einem adaptiven Sampling erschließen wir den Parameterraum auf möglichst effiziente Weise sequentiell, wobei ein Kompromiss zwischen dem Simulationsaufwand und dem dadurch zu erwartenden Informationsgewinn gefunden werden muss. Das Wissen über das Betriebsfenster vereinfacht wiederum eine mögliche Optimierung von Parametern, da der zu durchsuchende Parameterraum eingeschränkt werden kann.



MODELLBASIERTE VERSUCHSPLANUNG IN DER CHEMISCHEN VERFAHRENSTECHNIK

In der chemischen Verfahrenstechnik werden in Versuchen Daten erhoben, um physikalisch motivierte Modelle zu kalibrieren. Diese Versuche sind immer mit Zeit- und Kostenaufwand verbunden. Daher geht es in ihrer Planung darum, aus möglichst wenigen Experimenten möglichst verlässliche Modelle abzuleiten. In einem Kooperationsprojekt mit der BASF entwickeln und implementieren wir Methoden, die dabei unterstützen.

Die Verlässlichkeit von Modellkalibrierungen wird auf zweierlei Art beeinflusst: Einerseits sind die Fehlerbalken der geschätzten Parameter, aber auch die Vorhersagefehler des Modells direkt proportional zur Messgenauigkeit in den Versuchen. Mit anderen Worten: Umso genauer die Sensorik, umso verlässlicher die Modellvorhersage.

Um erfolgreich zu kalibrieren ist es andererseits entscheidend, Korrelationen in der Sensitivität der Modelle zu berücksichtigen – besonders bezüglich der Modellparameter an den Messpunkten. Dies wird im Folgenden anhand eines Beispiels anschaulich gemacht.

Katalysator: Alter versus Temperatur

Chemische Reaktionen laufen im Allgemeinen bei höheren Temperaturen schneller ab als bei tieferen – das ist der Grund, warum Lebensmittel zur Verlängerung ihrer Haltbarkeit gekühlt werden. In chemischen Reaktoren werden häufig Katalysatoren eingesetzt, die Reaktionen beschleunigen. Diese Katalysatoren altern, ihre Wirkung nimmt also mit der Zeit ab. Daher erhöht man mit zunehmendem Katalysatoralter die Reaktionstemperatur, um eine gleichbleibende Qualität des Reaktionsprodukts zu gewährleisten. Katalysatoralter und Reaktionstemperatur stehen auf diese Weise in enger Beziehung zueinander. Es ist nicht möglich, die Effekte von Temperatur und Katalysatoralter auf das Endprodukt separat zu berechnen. Die Versuchsplanung schlägt vor, den Reaktor einmal bei tiefen Temperaturen und hohem Katalysatoralter und einmal bei hoher Temperatur und geringem Katalysatoralter zu fahren. Mit diesen zwei zusätzlichen Betriebsbedingungen können die Effekte separiert und unabhängig quantifiziert werden.

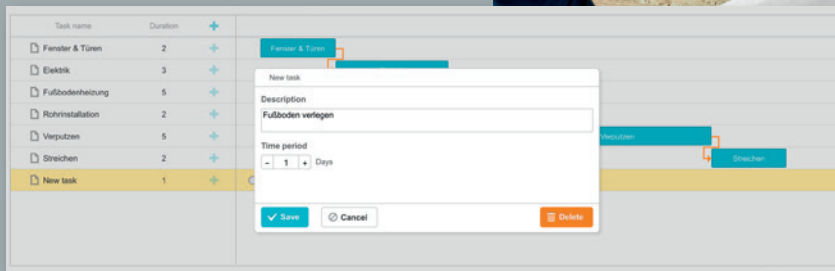
Im Kooperationsprojekt mit der BASF geht es darum, die beschriebenen Konzepte auf komplexe Modelle von Pilotanlagen zu übertragen. Diese werden dann anhand ihrer Sensitivitäten auf Modellparameter kalibriert, Unsicherheiten abgeschätzt und die entsprechenden Versuche geplant. Dazu lösen wir große nichtlineare Optimierungsprobleme und machen deren Ergebnisse auf interaktiven Nutzeroberflächen nutzbar.

1 Links: Schema eines Kovarianzellipsoiden zur Visualisierung von Konfidenzbereichen von angepassten Modellparametern

Mitte: Schema einer Miniplant mit einem Rohrreaktor und zwei Destillationskolonnen

Rechts: Statistischer Versuchsplan für ein lineares Modell mit drei Einflussgrößen





© istockphoto.com/romml

1



CONWEARDI – SMARTE PROZESSE IM BAUWESEN

1 Planungsassistenz für Baustellen

Im Projekt ConWearDi (Construction Wearables Digitization) entwickeln wir gemeinsam mit Forschungspartnern und Handwerkern eine Plattform, um die Digitalisierung von Dienstleistungen im Bauwesen mit Industrie 4.0 Technologien zu ermöglichen. Ein Werkzeug zur Ablaufplanung steht dabei im Fokus.

Das Thema Digitalisierung ist überall präsent. Gerade Bauunternehmen, die eher klein- oder mittelständisch organisiert sind, haben im digitalen Wandel noch viel aufzuholen. Hier setzt das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Projekt ConWearDi an: Ziel ist es, eine Web-Plattform zu entwickeln, die den digitalen Informationsaustausch zwischen allen am Bau Beteiligten ermöglicht. Darauf basierend entwickeln die Projektteilnehmenden Dienstleistungen, um die Planung und Durchführung von Baustellenprozessen zu unterstützen.

Web-Plattform digitalisiert Baustellenprozesse

Die Plattform vernetzt (Software-)Werkzeuge unterschiedlicher Art – seien es ERP-Systeme, Planungswerkzeuge oder mit Sensoren versehene Maschinen und Materialien. Zum Einsatz kommen auch Wearables, das heißt, tragbare Computer wie z. B. Smart Glasses oder Watches. Diese erfassen Informationen in Echtzeit und verarbeiten sie weiter. Im Rahmen des Projekts entwickeln wir eine Anwendung zur Ablaufplanung, diese ist speziell auf Baustellenprozesse angepasst und an die Plattform angebunden.

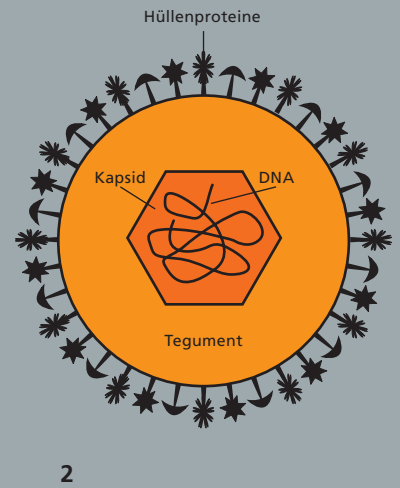
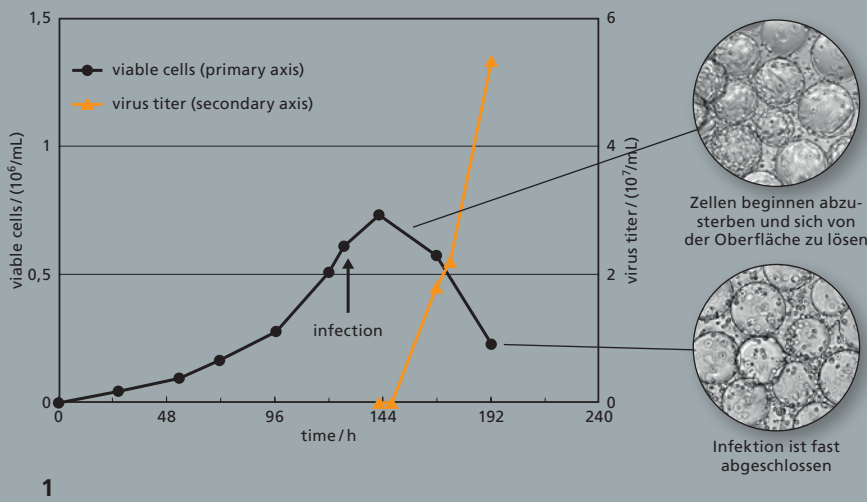
Unterstützung bei Baustellenplanung unter Unsicherheiten

Die Einhaltung von Terminen über mehrere Bauprojekte hinweg gelingt nur, wenn die Verantwortlichen die Arbeitspakete passgenau einteilen und die zur Verfügung stehenden Ressourcen optimal nutzen. Änderungen im Projektablauf (z. B. der Ausfall eines Mitarbeitenden) machen es für den Planenden schwer, den Überblick zu behalten. In ConWearDi entwickeln wir Modelle und Algorithmen, die den Baustellenplanenden bei seinen Aufgaben unterstützt. Dabei spielt eine adäquate Berücksichtigung der Unsicherheit von planungsrelevanten Informationen eine wichtige Rolle. So ist z. B. das Ausführen von vielen Arbeiten abhängig vom Wetter. Simulationen helfen in diesen Fällen, geeignete Ausweichstrategien zu entwickeln.

GEFÖRDERT VOM



Mit der Software werden Arbeitspakete automatisch terminiert und hinsichtlich verschiedener Ziele optimiert. Dies dient lediglich als Entscheidungsunterstützung, denn trotz Digitalisierung bleibt die finale Entscheidung beim Planenden. Er passt die erstellten Pläne interaktiv an (z. B. per Drag & Drop) und wird über Konsequenzen seiner Entscheidungen direkt informiert.



VIREN ZUR TUMORTHERAPIE: WIE THERAPEUTISCHE VIREN AM BESTEN WACHSEN

Klinische Studien mit der ersten Generation onkolytischer (krebszerstörender) Viren sind sehr vielversprechend. Um diese neue Methode für alle Patienten verfügbar zu machen, entwickeln wir skalierbare und robuste Verfahren zur Herstellung dieser Viren. Im Rahmen des von der Fraunhofer-Gesellschaft geförderten Projektes TheraVision haben unsere Experten diese Fragestellung mit mathematischen Methoden erforscht.

Wann infizieren und wann ernten?

Der Prozess zur Gewinnung der Viren unterteilt sich in einen Upstream- und einen Downstream-Prozess. Während des Upstream-Prozesses werden zunächst spezielle Wirtszellen gezüchtet. Diese werden zu einem bestimmten Zeitpunkt mit Viren infiziert. Ab diesem Moment vermehren sich die Viren in den Wirtszellen, bis die Zellen zerstört werden und die erzeugten Viren in die umgebende Nährlösung gelangen. Nach einer bestimmten Zeit wird die Nährlösung geerntet und dem Downstream-Prozess zugeführt, in dem die Viren herausgefiltert werden.

Unser Projektziel ist die modellbasierte Optimierung des Upstream-Prozesses auf Basis von experimentellen Daten. Dazu haben wir ein Modell erstellt, welches das Zell- und Virenwachstum in Abhängigkeit steuerbarer Größen abbildet. Auf der Basis dieses Modells wurden diese Größen – zunächst Infektions- und Erntezeitpunkt – anschließend optimiert.

Parameterschätzung und Kompromissfindung

Als Modell dient ein parametrisiertes System gewöhnlicher Differentialgleichungen. Die Parameter (z. B. Wachstums- und Sterberaten) haben wir mithilfe statistischer Verfahren (Parameterschätzung) so identifiziert, dass das Modell den am Fraunhofer ITEM durchgeführten Experimenten möglichst gut entspricht.

Ist das Modell auf diese Weise konstruiert, werden der optimale Infektions- und der Erntezeitpunkt mit einem speziellen Optimierungsverfahren (Multiple Shooting) bestimmt. Im Fokus stehen dabei mehrere Zielaspekte: die maximal erreichbare Anzahl an Viren, die Wirksamkeit und die Reinheit der geernteten Lösung. Diese werden entweder einzeln optimiert, oder es wird ein optimal ausgewogener Kompromiss zwischen den Zielen angestrebt (multikriterielle Optimierung).

1 *Zellenwachstum (schwarz) und Virenwachstum (orange). Auf den Mikroskopaufnahmen erkennt man die sogenannten Microcarrier – kleine Kugeln, auf denen die Wirtszellen siedeln – und die Zellen selbst.*

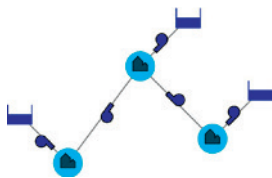
2 *Schematische Darstellung des Herpes-simplex-Virus*





NEWS AUS DEM BEREICH

COpt2 – ENERGIE SPAREN IN DER TRINKWASSERWIRTSCHAFT



Komplexe Netzwerke in der Trinkwasserversorgung

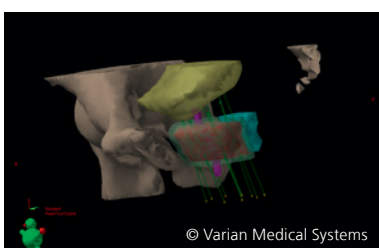
Im vergangenen BMBF-Projekt H2Opt haben wir eine prototypische Software entwickelt, die Wasserversorgungsunternehmen in energieeffizientem Betrieb und Auslegung ihrer Anlagen unterstützt. Sie spart im Betrieb und bei der Planung der Trinkwasserversorgung Energie und Kosten. Heute ist sie im Energieunternehmen EWR in Worms täglich im Einsatz. 2019 startet ein Anschlussprojekt, um den Prototyp für die Wasserversorgung in Landau und Jockgrim auf komplexere Netzwerke zu erweitern. Wir vereinfachen und verbessern ihren Arbeitsablauf und entwickeln neue Ideen, einem Trinkwasserausfall vorzubeugen. Das Vorhaben wird vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert. Im Vordergrund steht die Untersuchung des Pumpenbetriebs, weil sich dort im Mittel 30 Prozent Energie sparen lassen.

COGNAC – ROBUSTES PLANEN VON ERNTEKAMPAGNEN



Im Leitprojekt COGNitive AgriCulture (COGNAC) steht die Konzeption einer landwirtschaftlichen Plattform im Vordergrund. Das Projekt soll daher in den drei Bereichen »Vernetztes Ökosystem«, »Sensorik« und »Autonome Feldrobotik« entscheidende Innovationen liefern. Dazu werden verschiedene Anwendungen als Demonstration umgesetzt. Eine dieser Fallstudien ist die robuste Erntekampagnenplanung. Wir betrachten laufend aktualisierte Abreifedaten und Wetterprognosen der zu erntenden Felder. So können wir vorausschauend entsprechend Maschinen und Personal planen. Außerdem können Lohnunternehmer ihre Kundentermine mit hoher Wahrscheinlichkeit einhalten. Durch robuste Modelle und Algorithmen reduzieren wir Trocknungs- und Treibstoffkosten. Gleichzeitig wird die Nahrungsmittelqualität und Kundenzufriedenheit erhöht.

ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG FÜR DIE BRACHYTHERAPIE



Unsere multikriterielle Entscheidungsunterstützung ist durch die Kooperation mit Varian Medical Systems in die weltweit führende Software zur Planung von Krebsbehandlungen mittels Strahlentherapie einbettet. Nun wollen wir diese interaktive Art der Planung nicht nur für externe Strahlentherapie (IMRT, VMAT), sondern auch für die Brachytherapie ermöglichen. Dabei liegt die Strahlenquelle entweder in unmittelbarer Nähe zum Tumor oder sie wird direkt in ihn eingebracht. Es ergeben sich neue Fragestellungen, z. B. hinsichtlich der optimalen Positionierung der Katheder zur Einbringung der Strahlenquellen und deren Verweildauer in den Kanälen.



Von vorne, links nach rechts: Johanna Schneider, Till Heller, Esther Bonacker, Dr. Katrin Teichert, Dr. Neele Leithäuser, Dr. Neil Jami, Dr.-Ing. Tino Fleuren, Dr. Cristina Collicott, Jasmin Kirchner, Dr. Sandy Heydrich, Dr. Elisabeth Finhold, Dr. Christian Weiß, Dr. Heiner Ackermann, Dr. Volker Maag, Dr. Michael Bortz, Prof. Dr. Karl-Heinz Küfer, Dr. Peter Klein, Dr. Gregor Foltin, Dr. Dimitri Nowak, Dr. Jan Schwientek, Dr. Tobias Fischer, Rasmus Schroeder, Dr. Dennis Heim, Dr. techn. Johannes Höller, Melanie Heidgen, Helene Krieg, Dr. Patricia Bickert, Dr. Martin von Kurnatowski, Dr. Raoul Heese, Andreas Dinges, Dr. Michal Walczak, Pascal Wortel, Dr. Sebastian Velten, Dr. Michael Helmling, Patrick Schwartz



FINANZMATHEMATIK





KOMPETENZ IN KLASSISCHER FINANZMATHEMATIK, DATA SCIENCE UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Unsere anwendungsorientierte Forschung liefert Lösungen bei der Entwicklung, Analyse und Umsetzung mathematischer Modelle in Unternehmen. Wir stützen uns auf neueste Ergebnisse der finanzmathematischen und statistischen Forschung. Gleichzeitig können wir auf ein Portfolio von erfolgreichen Projekten mit Banken, Versicherungen und Energieversorgern zurückgreifen.

Wir decken nahezu alle in der Praxis relevanten Bereiche der Finanzmathematik ab – von der Modellbildung bis zur Entwicklung von Bewertungsalgorithmen und deren Implementierung – und verfügen über eigene Softwarebibliotheken. Häufig entwickeln wir als Projektergebnis prozessfeste Softwaresysteme für den operativen Einsatz im Unternehmen.

Wir helfen Unternehmen dabei, ihre Daten mittels mathematischer Modellierung zu validieren und Erkenntnisse aus den Daten mittels klassischer und moderner statistischer Methoden zu ermitteln. Die Anwendungen liegen in unterschiedlichsten Bereichen des Controllings – von der Bewertung unternehmensindividueller Assets, wie Leasing-Fahrzeuge, bis hin zur Detektion von Auffälligkeiten. Wir arbeiten mit klassischen Verfahren der Statistik wie Regressionsmodellen und Clusteranalyse und verbinden diese mit aktuellen Methoden aus dem Machine Learning.

Finanzmathematische Methoden nehmen in der Energiewirtschaft eine immer wichtigere Rolle ein. Wir verfügen über Erfahrung in verschiedensten Modellen, nutzen aktuelle Forschungsergebnisse für Algorithmen zur effizienten Lösung von Bewertungsproblemen und kennen die spezifischen Probleme und Eigenschaften der Energiemärkte. Für das Risikomanagement von Portfolios bieten wir zudem fertige Software-Lösungen an.

Kontakt

andreas.wagner@itwm.fraunhofer.de

www.itwm.fraunhofer.de/fm



SCHWERPUNKTE

- Finanzwirtschaft
- Controlling
- Energiewirtschaft





INTERAKTIVE ANALYSE VON GEBRAUCHTWAGEN-GARANTIE FÜR KRAFTFAHRZEUGE

Einige Versicherer bieten Gebrauchtwagen Garantien an: Das sind Versicherungen gegen vorzeitigen Verschleiß oder Defekte von Fahrzeugteilen. Sie sind wichtig für Fahrzeughalter, denn sie mindern nach Ende der Neuwagen Garantie das Risiko hoher Folgekosten. Aber die Anbieter dieser Versicherungsprodukte müssen natürlich auch auf deren Wirtschaftlichkeit achten.

Unser Kunde, ein europäischer Fahrzeughersteller, bietet den Käufern seiner Fahrzeuge verschiedene Garantieprodukte an, welche die Reparaturkosten für Gebrauchtwagen abdecken. Bei der Auswertung dieser Produkte zeigte sich eine hohe Variabilität der Rentabilität im Zeitverlauf sowie über verschiedene geografische Regionen. Zunächst ging es darum, die Hintergründe und Treiber der Kosten zu analysieren und die zukünftige Kostenentwicklung vorherzusagen. Das Fraunhofer ITWM wurde aufgrund seiner langjährigen versicherungsmathematischen Erfahrung und erfolgreicher Projekte im Automobilssektor als Partner gewählt.

App für das interaktive Datenmanagement

Im Laufe des Projekts zeigte sich, dass der Kunde zahlreiche weitere Fragestellungen hat, die mit den vorliegenden Daten beantwortet werden können. Basierend auf der R-Shiny Technologie wurde eine Web-Applikation erstellt, die dem Kunden interaktive Arbeit mit den Daten ermöglicht. Außerdem wurden neue Methoden und Modelle entwickelt, die die Daten weiter veredeln. Unser Kunde kann dadurch das in den Daten steckende Potenzial deutlich besser ausschöpfen.

Schnelle Detektion von Auffälligkeiten dank Maschinellen Lernen

Unsere Software unterstützt die Kunden beim Zusammenführen von Daten aus verschiedenen Quellen und aggregiert diese automatisch zu einem effizient nutzbaren Datensatz. Sie bietet zudem neue Möglichkeiten zur explorativen Datenanalyse. Eine weitere innovative Entwicklung ist eine spezifische Auffälligkeitsdetektion: Mit Verfahren aus Statistik und Maschinellen Lernen wird automatisiert in den Daten nach auffälligen Mustern gesucht. Die gewonnenen Erkenntnisse ermöglichen eine bessere Kontrolle von Werkstätten, eine effizientere Antragsprüfung, eine wirtschaftlichere Vertragsgestaltung sowie eine Optimierung interner Prozesse.

Neben dem Verständnis der vorhandenen Daten war die Vorhersage zukünftiger Kosten ein wesentlicher Aspekt. Dem Entscheider stehen verschiedene Verfahren aus der Versicherungsmathematik zur Verfügung, die dem Kontext entsprechend angepasst wurden. Ausführliche Backtests auf historischen Daten ermöglichen die belastbare Einschätzung der Prognosegüte.



TRANSPARENZ IN DER BETRIEBLICHEN ALTERS-VORSORGE

Der deutsche Gesetzgeber hat im Jahr 2018 mit dem Betriebsrentenstärkungsgesetz (BRSG) ein weitreichendes Reformpaket für die betriebliche Altersvorsorge verabschiedet. Eine Hauptneuerung ist die Einführung eines »Sozialpartnermodells« für die Tarifparteien. Fortan sind Arbeitgeber nur zur Zahlung der Beiträge an die Vorsorgeeinrichtung verpflichtet. Garantien zukünftiger Rentenzahlungen sind fakultativ und obliegen nicht mehr der Haftung durch die Arbeitgeber. Mit unserer Expertise unterstützen wir den Anbieter »Das Rentenwerk« in seiner Transparenzinitiative für die betriebliche Altersvorsorge.

Die Reformen im Bereich der betrieblichen Altersvorsorge eröffnen neue Wege in der Produktentwicklung und flexibleren Ausgestaltung der Angebote. Ein neues Produkt ist eine fondsbasierte Rentenversicherung des Anbieters »Das Rentenwerk«, ein Konsortium aus fünf Versicherungen unter Führung der Debeka. Zur fairen Beurteilung der konkurrierenden Angebote bedarf es eines branchenweit anerkannten Kapitalmarktmodells als Kalkulationsbasis.

PIA-Basismodell setzt Branchenmaßstab

Aufgrund unserer durch die Arbeit für die Produktinformationsstelle Altersvorsorge gGmbH (PIA) ausgewiesenen Expertise hat die Debeka uns beauftragt, ein Kapitalmarktmodell zu entwickeln. Eine Anforderung an das Modell war es, branchenübliche Standards zu berücksichtigen. Im Bereich der privaten Altersvorsorge hat das Fraunhofer ITWM mit dem PIA-Basismodell bereits einen Branchenmaßstab für stochastische Kapitalmarktsimulationen geschaffen. Ausgehend von diesem anerkannten Rahmen haben wir das Modell weiterentwickelt und um für Fondsprodukte besonders relevante Aspekte erweitert. Beispielsweise kann das neue Modell nun Diversifikationseffekte bei Aktieninvestments oder Rentenfonds auf Basis von Unternehmensanleihen abbilden.

Größere Fairness dank verbesserter Informationslage

Außerdem umfasste der Auftrag die Aufgabe, das erarbeitete Modell in einem Softwaretool für die Simulation der Betriebsrente umzusetzen. Damit haben wir einen nützlichen und vielseitigen Rahmen für die Analyse und Steuerung der Betriebsrente geschaffen, der es erlaubt, Ertragspotenziale und Verlustrisiken besser einzuschätzen und mögliche Entwicklungen in der Rentenphase aufzuzeigen. Die verbesserte Informationslage unterstützt das Konsortium in einer fairen Ausgestaltung der betriebsindividuellen Rentenvorsorge, von der alle Tarifparteien profitieren.





ASSET-ALLOKATION UND PORTFOLIOOPTIMIERUNG – BALANCE ZWISCHEN ERTRAG UND RISIKO

Unter Asset-Allokation versteht man die Aufteilung eines Vermögens auf verschiedene Anlageklassen wie Anleihen, Aktien, Immobilien, Währungen und Edelmetalle. Den Rahmen der notwendigen Eigenmittelausstattung gibt die EU mit ihrer Richtlinie »Solvency II« vor. Auf dieser Grundlage haben wir mit der R+V Lebensversicherung AG einen neuen Ansatz der strategischen Asset-Allokation implementiert.

Viele Unternehmen und Einzelinvestoren stehen mindestens einmal im Jahr vor der Frage, wie ihr vorhandenes Kapital im kommenden Jahr am besten angelegt sein könnte. Hierbei umfasst der Begriff »am besten« mehrere Bereiche, in denen die jeweiligen Zielsetzungen miteinander in Einklang gebracht werden müssen. Insbesondere Versicherungsunternehmen streben oftmals an, langfristig eine möglichst hohe Rendite bei einem definierten Risikoniveau zu erzielen. Andererseits soll aber z. B. auch eine vorgegebene Liquidität (d. h. Verfügbarkeit der Mittel) innerhalb verschiedener Zeiträume gewährleistet bleiben.

Die strategische Asset-Allokation bestimmt mathematisch-theoretisch fundiert die langfristig angestrebte Zusammensetzung eines Portfolios. Mögliche Assetklassen im Anlagenpool sind

- Aktien
- Anleihen
- Immobilien
- Finanzierungen

möglicherweise unterteilt nach Region oder Risikoprofil.

In der klassischen Portfoliooptimierung nach Markowitz werden lediglich Rendite (Mittelwert) und Risiko (Varianz) berücksichtigt. Demnach liegt ein sogenanntes effizientes Portfolio vor, wenn dessen Rendite nicht mehr verbessert werden kann, ohne das Risiko zu erhöhen. Zur Wahl der Asset-Allokation ermittelt man eine Menge von effizienten Portfolios. Hierdurch erhält der Investor einen Überblick und kann ein zu seinem Risikoprofil passendes Portfolio wählen.

Unter dem Namen »Solvency II« erließ die EU 2009 eine Richtlinie, die seit 2016 für alle Versicherungsunternehmen verbindlich ist. Solvency II stellt insbesondere Anforderungen an die Eigenmittelausstattung des Unternehmens und ist somit eine weitere wichtige Zielfunktion in der Asset-Allokation.



© istockphoto/AndreyPopov

Mehrstufige Lösung

Wir haben gemeinsam mit der R+V Lebensversicherung AG einen neuen Ansatz der strategischen Asset-Allokation implementiert. Dieser berücksichtigt einerseits die Solvenzquote im Rahmen des Solvency II-Regimes. Andererseits erlaubt unser Ansatz, weitere relevante Portfoliomerkmale zu berücksichtigen.

Unsere Lösung ist mehrstufig. Zunächst ermitteln wir im Rechenkern zu gegebenen Gewichtsgrenzen der einzelnen Assetklassen alle möglichen erreichbaren Rendite-Risiko-Profile. Anschließend optimieren wir für diese Profile die jeweilige Solvenzquote. Diese Optimierung findet ebenfalls offline im Rechenkern statt. Die errechneten optimalen Portfolios werden in einer Datenbank gespeichert.

Das Konzept der Programmierung trennt Visualisierung und Rechenkern vollständig voneinander. Das macht es möglich, die zeitaufwändige Optimierung von den anderen Arbeitsschritten zu trennen. Außerdem sind die einzelnen Projektteile unabhängig und wiederverwendbar.

Nutzerfreundliche Visualisierung

Die Nutzer interagieren komplett über eine grafische Oberfläche, die mithilfe eines Webservers kundenfreundlich umgesetzt und komplett vom Rechenkern getrennt ist. Damit können die Nutzer im Arbeitsalltag die Ergebnisse der Berechnungen schnell und einfach analysieren. Die Visualisierung bildet alle Solvenzquoten-optimalen Portfolios ab, bindet zusätzliche Nebenbedingungen ein und zeigt Varianten auf. So können die Nutzer dynamisch ein Portfolio wählen, das ihren Ansprüchen genügt und ihnen aus der Menge der optimalen Portfolios am geeignetsten erscheint. Das Programm zeigt an, wie das Portfolio zusammengesetzt ist sowie eine Reihe weiterer Kennzahlen, beispielsweise Neuallokation, Diversifikation, Value at Risk, Verhalten unter Stressszenarien. Die Nutzerinnen und Nutzer können auch selbst definierte Portfolios in der Datenbank hinterlegen und diese miteinander oder mit den optimierten Portfolios vergleichen.

Stärkere Automatisierung geplant

Über die Weboberfläche kann der Nutzer außerdem weitere Datensätze mit Assetklassen und Gewichtsgrenzen importieren und die Optimierung der Portfolios starten. Die Ergebnisse können für zusätzliche Analysen nach z. B. Excel exportiert werden. In der nächsten Projektphase steht die Optimierung weiterer Portfoliomerkmale im Mittelpunkt. Außerdem wird der gesamte Prozess stärker automatisiert, damit eine größere Zahl verschiedener Datensätze parallel bearbeitet werden kann.





NEWS AUS DER ABTEILUNG



GROSSE RESONANZ AUF WORKSHOPS

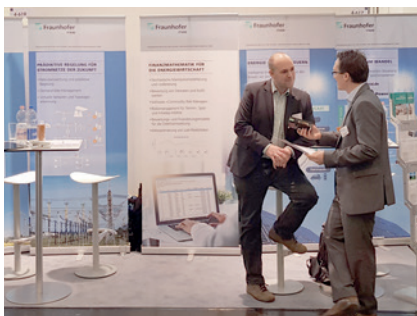
Gemeinsam mit der Produktinformationsstelle Altersvorsorge (PIA) erfuhren wir großen Zuspruch bei unserem Workshop zum ALMSim®-Pfadgenerator. Unsere Software ALMSim-Pfadgenerator ermöglicht Simulationen von Kapitalmarktszenarien und Altersvorsorgeverträgen. Versicherungsunternehmen unterstützt sie bei der Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben. Die von uns etablierten Modelle sind mittlerweile Marktstandard und ALMSim ist bei über 50 Lebensversicherern im Einsatz.

Auch unser Modell zur Schadenshochrechnung gewinnt zunehmend an Akzeptanz bei der Verfolgung von Abrechnungsbetrug im Gesundheitswesen. Dies führte auch zu großem Zuspruch zu unserem Workshop »Abrechnungsbetrug in der ambulanten Pflege – Schadenshochrechnung in R« im November in Berlin.

COMMODITY RISK MANAGER AUF DER E-WORLD

In den energiewirtschaftlichen Anwendungen haben wir ein starkes Profil in der Forschung. Im BMBF-Projekt ENets entwickeln wir beispielsweise Bewertungsmodelle für Wind- und Photovoltaik-Anlagen. Auf der e-World Energy & Water in Essen präsentierten wir unser Leistungsangebot im Energiebereich, insbesondere den Commodity Risk Manager; dieses Tool versetzt vor allem kommunale Stromanbieter in die Lage, ihren Stromeinkauf langfristig zu planen.

Doch wir waren nicht die einzigen am ITWM-Stand; auch die Kollegen der Green by IT-Gruppe und der Abteilung Systemanalyse, Prognose und Regelung waren mit aktuellen Forschungsprojekten vertreten.



AUSBLICK 2019

Wir profitieren von unserem guten Ruf als kompetenter Projektpartner nicht nur im Bereich Finanzmathematik, sondern auch bei Data Science. Damit realisieren wir z. B. betriebswirtschaftliche Prognosen oder detektieren auffällige Zusammenhänge. Wir wollen uns mit einem Konsortium aus Krankenkassen und Verbänden als Partner der datenbasierten Auffälligkeitsdetektion etablieren. Mit Industrie und Forschung entwickeln wir außerdem Methoden, um Flexibilität in der Stromnachfrage eines Industrieunternehmens erfolgreich zu vermarkten.



Von vorne, links nach rechts: Dr. Kerstin Dächert, Franziska Diez, Florian Schirra, Ria Grindel, Dr. Elisabeth Leoff, Renate Wegner, Dr. Andreas Wagner, Dr. Stefanie Schwaar, Wieger Hinderks, Dr. Jörg Wenzel, Dr. Robert Knobloch, Dr. Johannes Leitner, Robert Sicks, Simon Schürch, Philipp Mahler, Dr. Roman Horsky, Christian Laudagé



MATHEMATIK FÜR DIE FAHRZEUGENTWICKLUNG



DR. KLAUS DRESSLER
BEREICHSLIETTER

DR.-ING. JOACHIM LINN
ABTEILUNGSLEITER



SIMULATIONSGESTÜTZTE ENTWICKLUNG UND PRODUKTIONSOPTIMIERUNG IN DER FAHRZEUGINDUSTRIE

Wir sind in den letzten Jahren stark gewachsen und haben dabei unser Anwendungsspektrum verbreitert. So wurden ausgehend vom Themenfeld Simulation von Kabeln und Schläuchen auch im Bereich der Digitalen Fabrik neue Anwendungsfelder erschlossen. Auf der anderen Seite haben unsere Werkzeuge VMC[®] und USim, die zunächst für Lastannahmen für die Betriebsfestigkeit entwickelt wurden, nun viele Anwendungen in den Aufgabenfeldern Energieeffizienz, Antriebsstrang und alternative Antriebe sowie Absicherung von ADAS/AD gefunden. Folgerichtig haben wir die Aktivitäten nun im neuen Bereich »Mathematik für die Fahrzeugentwicklung (MF)« neu strukturiert. Der Bereich gliedert sich in die zwei Abteilungen Dynamik, Lasten und Umgebungsdaten (DLU) und Mathematik für die digitale Fabrik (MDF), die Projektgruppe Reifensimulation und die Querschnittseinheit MF-Technikum, die sich um die Versuchs- und Messtechnik kümmert.

In der Abteilung Dynamik, Lasten und Umgebungsdaten entwickeln wir Methoden und Werkzeuge zur Systemsimulation unter Einbeziehung von Umgebungsdaten und Nutzungsvariabilität. Damit adressieren wir die Fahrzeugentwicklungsattribute Betriebsfestigkeit, Zuverlässigkeit, Energieeffizienz und ADAS/AD. Passend dazu fokussieren wir unsere Aktivitäten zur Systemsimulation auf die Fahrzeug-Umwelt-Mensch-Interaktion und entwickeln Reifensimulationsmodelle und Methoden zur invarianten Systemanregung. Mathematik für die digitale Fabrik bündelt die Aktivitäten zur Entwicklung von Softwaretools für die virtuelle Produktentwicklung und Produktentstehung. Unser gemeinsam mit dem FCC in Göteborg entwickeltes Softwareprodukt IPS Cable Simulation unterstützt die virtuelle Auslegung, Optimierung und Absicherung für Montage und Betrieb von Kabeln, Kabelbäumen und Schläuchen. Darüber hinaus haben wir mit IPS IMMA ein digitales Menschmodell entwickelt, um Montageprozesse virtuell zu optimieren.

Kontakt

klaus.dressler@itwm.fraunhofer.de

joachim.linn@itwm.fraunhofer.de

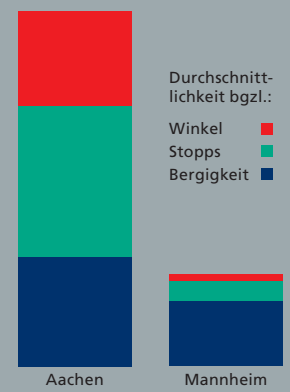
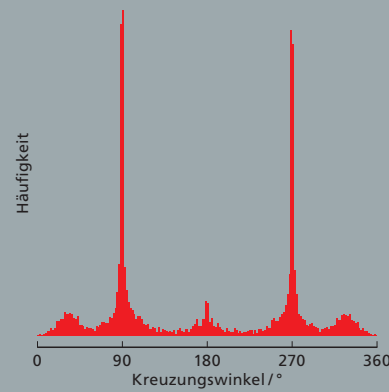
www.itwm.fraunhofer.de/mdf



SCHWERPUNKTE

- Dynamik, Lastannahmen und Nutzungsvariabilität
 - Betriebsfestigkeit und Zuverlässigkeit
 - Digitale Umgebungsdaten
 - HMI und Fahrsimulatoren
 - Nichtlineare Strukturmechanik / IPS Cable Simulation
 - Reifenmodelle – CDTire
-





1 Ausschnitt des Straßennetzes der Mannheimer Innenstadt mit dem auffällig quadratischen Muster

2 Histogramm der Kreuzungswinkel in Mannheim; die Kreuzungswinkel 90° und 270° sind hier sehr überdurchschnittlich ausgeprägt.

3 Durchschnittlichkeitsvergleich zwischen Aachen und Mannheim, bezogen auf einen Pool von 190 deutschen Städten; je größer ein Balken, desto durchschnittlicher die Eigenschaft. Die Winkelverteilung ist in Mannheim besonders fern vom Durchschnitt.

Globale geo-referenzierte Daten spielen bei der statistischen Absicherung von Bemessungsgrundlagen und der Abschätzung des Verbrauchs in der Fahrzeugentwicklung eine wichtige Rolle: Sie können die bisher eingesetzten Methoden vor dem Hintergrund der großen Nutzungsveränderlichkeit im Fahrzeugbereich ergänzen bzw. unterstützen.

Das Softwarepaket Virtual Measurement Campaign VMC[®] ermöglicht die Simulation von Fahrzeugbeanspruchungen. Dazu vereint VMC Informationen des globalen Straßennetzes mit Algorithmen, die wir erarbeitet und weiterentwickeln. Eine wichtige Funktion von VMC ist die Regionalanalyse: Sie ermöglicht es dem Nutzer, einzelne Regionen auszuwählen, wie Städte oder Landkreise. Daraufhin kann er diese Gebiete anhand verschiedener Kenngrößen analysieren, welche für Verbrauch und Belastung relevant sind.

Virtuelles Stadtgebiet und reale Städte

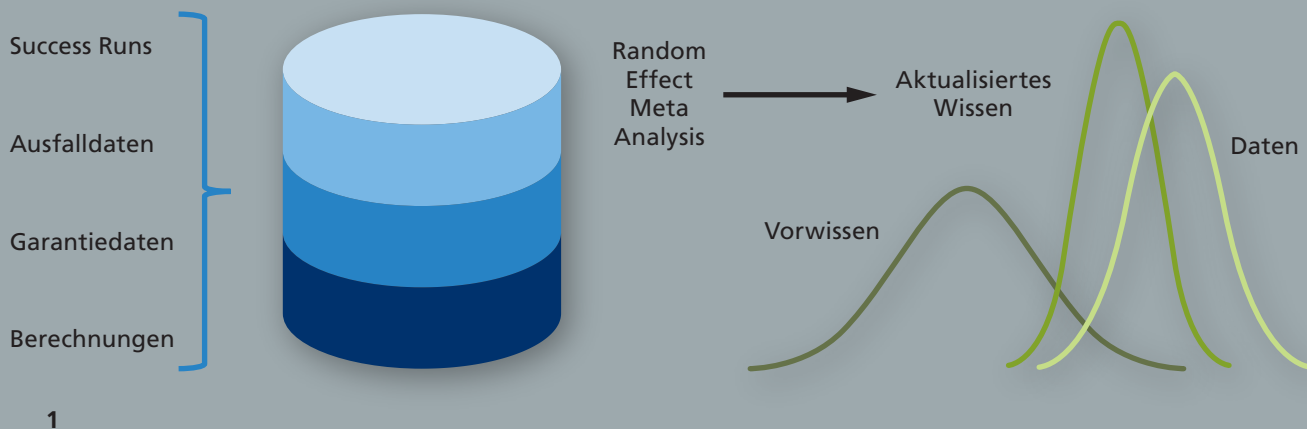
In zwei Projekten forschten wir im letzten Jahr an Erweiterungen der Regionalanalyse. Kernfrage dabei war: Welche Städte sind für einen konkreten Anwendungsbereich besonders repräsentativ beziehungsweise überdurchschnittlich? Die beiden Projekte liefern unterschiedliche Motive für diese Fragestellung: zum einen die Erstellung eines repräsentativen virtuellen Stadtgebiets für Fahrzeugsimulatoren, zum anderen die Selektion geeigneter Städte für eine reale Messkampagne.

Für den Vergleich zwischen Städten betrachteten wir verschiedene Kategorien von Eigenschaften. Diese sind darüber definiert, wie eng eine Eigenschaft mit der erwarteten Beanspruchung zusammenhängt. Bergigkeiten oder Kurvigkeiten korrelieren beispielsweise sehr direkt mit der Fahrzeugbelastung und fallen in die Kategorie der Pseudobelastungsfaktoren. Das Erscheinungsbild des Straßennetzes mit seinen Kreuzungswinkeln oder die Bevölkerungsdichte einer Stadt beeinflussen hingegen die Belastungen nur indirekt und fallen in andere Kategorien.

Passende Kriterien für jede Anwendung

Pseudobelastungsfaktoren entwickelten wir aus etablierten Kenngrößen von VMC und deren Kombinationen. Sie können einfache Maßzahlen sein wie die Stoppereignisdichte, oder komplexe Objekte, wie die statistische Bergigkeitsverteilung. Für die Charakterisierung des Erscheinungsbilds eines Straßennetzes führten wir Faktoren wie die Verteilung der Kreuzungswinkel einer Stadt ein. Auf diese Weise können für die jeweilige Anwendung passende Kriterien formuliert und eine statistisch begründete Städteauswahl getroffen werden.





JUROJIN – NUTZUNG VON VORERFAHRUNG

Sicherheitsrelevante Bauteile in Fahrzeugen müssen auch Lasten durch anspruchsvolle Anwendungen zuverlässig überstehen. Auch lediglich 99prozentige Zuverlässigkeit erfordert auf statistischem Weg bereits eine Prüfung mehrerer Hundert Bauteile ohne Ausfall. In einem Projekt mit ZF bringen wir Vorwissen aus historischen Datensätzen mit ein und erhöhen so die Vorhersagegenauigkeit.

1 Schematischer Prozess zur Nutzung diverser Vorwissensquellen

Versucht man den großen Aufwand durch längere Prüfdauer oder höhere Lasten auf 5 bis 10 Bauteile zu reduzieren, wird die Freigabepfung weniger trennscharf: Nur Bauteile, die wesentlich besser sind als die Forderung, werden bestehen. Gleichzeitig liegt bei allen Herstellern Erfahrung vor: Man produziert ähnliche Bauteile bereits seit Jahren zu Tausenden erfolgreich in Serie. Bisher tat man sich schwer, die historischen Daten der Freigabepfung systematisch zu verwenden. Bei jedem einzelnen Datensatz musste ein Mensch beurteilen, wie gut dieser Datensatz auf die aktuelle Bauteilgeneration übertragbar ist. An Automatisierung war nicht zu denken.

Vorwissen aus historischen Datensätzen

In einem gemeinsamen Projekt mit ZF und dem Institut für Maschinenelemente (IMA) in Stuttgart haben wir ein Verfahren entwickelt und in Jurojin implementiert, welches aus beliebig vielen historischen Datensätzen automatisch ein einziges Vorwissen modelliert. Heftet man dieses Vorwissen mithilfe der Bayes'schen Statistik an kleinere Stichproben, entstehen Aussagequalitäten, die klassisch einen viel höheren Stichprobenumfang erfordert hätten. Damit lassen sich Freigabeprüfungen bereits jetzt deutlich effizienter gestalten. In Zukunft wollen wir beim Stichprobenumfang Einsparungen von 10 Prozent oder mehr zu erreichen.

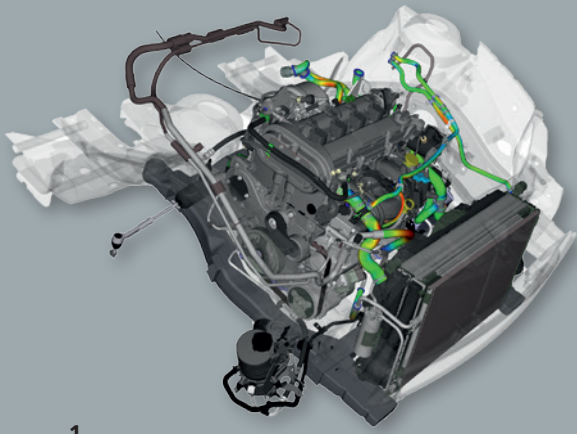
Random Effect Meta Analysis

In den Prozess können viele Arten historischer Datensätze einfließen. Egal ob große oder kleine Stichproben, ob ausschließlich Durchläufer oder alle Bauteile bis zum Bruch getestet wurden: Das verwendete Verfahren der Random Effect Meta Analysis wird automatisch jedem Datensatz das richtige Gewicht zukommen lassen (abhängig von Stichprobengröße, Konsistenz der Stichprobe und Verträglichkeit mit den anderen Stichproben).

Jurojin unterstützt dabei den kompletten Prozess:

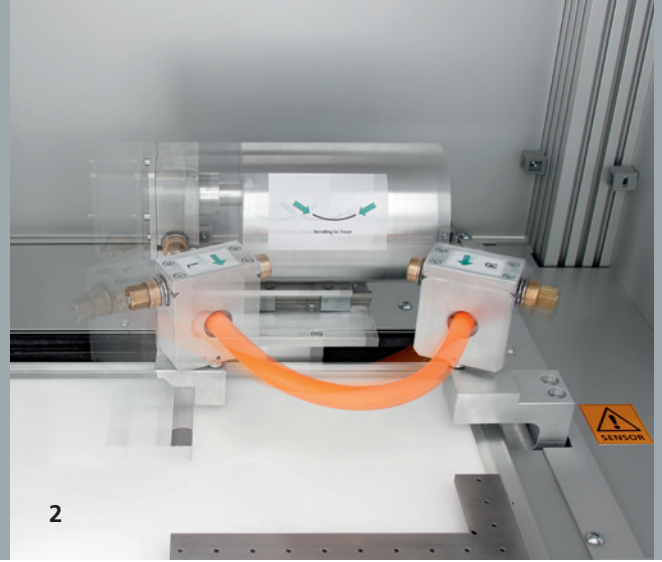
- Auswertung historischer Daten und Ablage in Datenbank
- Kombination viele Vorwissensquellen zu einer Beta-Verteilung
- Verwendung der Beta-Verteilung um im Versuchsplan Aufwand einzusparen





1

© fleXstructures



2

IPS CABLE SIMULATION UND MESOMICS® – SOFTWARE UND PARAMETER AUS EINER HAND

1 Fahrzeugmotor mit Kabeln und Schläuchen

2 MeSOMICS Biegeversuch

Kabel sind allgegenwärtig. Ob im Fahrzeug oder anderen technischen Produkten, überall bewegen sich Kabel und Schläuche mit und dürfen dabei keinen Schaden nehmen. Computersimulationen helfen die Verlegung von Kabeln zu optimieren und zwar schon lange, bevor Hardware-Prototypen verfügbar sind.

- Realitätsgetreue Ergebnisse erhält man jedoch nur, wenn zwei wesentliche Punkte erfüllt sind:
- Die Beschreibung der Kinematik und die Berechnung des mechanischen Gleichgewichts, d. h. die räumliche Kabelverformung, muss physikalisch korrekt sein.
 - Das Simulationsmodell muss die mechanischen Eigenschaften der Leitung gut abbilden.

Die von Fraunhofer ITWM und Fraunhofer Chalmers-Centre entwickelte Software IPS Cable Simulation erfüllt beide Kriterien. Außerdem gelingt die Berechnung interaktiv, d. h. Kabel und Schläuche werden in Echtzeit simuliert.

Schnelle Berechnung der Kabelverformung

Basis der kinematischen Modellierung bilden diskrete Cosserat-Kurven. Krümmungen und Dehnungen beschreiben hierbei die lokale Deformation. Zur Berechnung der Kabelverformung nutzt man, dass statische Gleichgewichtskonfigurationen lokalen Minima der potenziellen Energie des Kabels entsprechen.

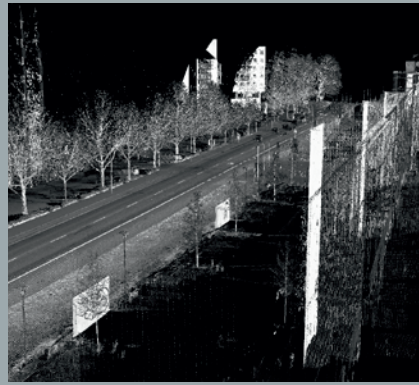
Für praktische Anwendungen der Software IPS Cable Simulation erweist sich der Ansatz eines linearen Materialmodells mit effektiven querschnittsintegrierten Steifigkeiten als besonders nützlich. Zum einen sind die numerischen Berechnungen damit sehr effizient und robust durchführbar. Zum anderen sind diese effektiven Steifigkeiten direkt messbar.

Mechanische Eigenschaften automatisch ermitteln

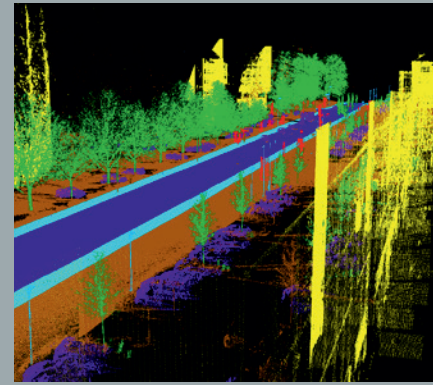
Speziell zu diesem Zweck wurde MeSOMICS® entwickelt. Das hochautomatisierte Messsystem beinhaltet einen innovativen Biegeversuch unter praxisrelevanten Krümmungen, einen Torsionsversuch sowie eine rechnerische Ermittlung der Zugsteifigkeit. Nach Einsetzen der Probe läuft die Messung inklusive Auswertung automatisch ab und liefert einen vollständigen Parametersatz für IPS Cable Simulation. Zudem sorgt die optische Überwachung für die robuste Ermittlung der Parameter. Kunden ist es somit möglich, eigenständig und innerhalb weniger Stunden Simulationsparameter für relevante Leitungen zu bestimmen.



1



2



3

VMC[®] ROAD-AND-SCENE GENERATOR: DIGITALE UMGEBUNGSDATEN FÜR DIE FAHRZEUGENTWICKLUNG

Die Entwicklung, Erprobung und Absicherung moderner Assistenz- und Automatisierungssysteme für Pkw und Nutzfahrzeuge ist so komplex wie nie zuvor. Mithilfe der VMC[®] Software-Suite erhalten Fahrzeugentwickler die Möglichkeit, den digitalen Zwilling mit der realen Welt zu verbinden.

Seit vielen Jahren beschäftigen wir uns mit der statistischen Analyse geo-referenzierter Daten zur Unterstützung und Verbesserung der virtuellen Erprobung und Auslegung von Fahrzeugen. Da die Assistenz- und Automatisierungsfunktionen, die in Fahrzeugen eingesetzt werden, immer komplexer werden, kommen klassische Erprobungs- und Auslegungsverfahren jedoch zunehmend an ihre Grenzen.

Aktuelle Ansätze etwa zur Beschreibung der Logik eines Straßennetzes versagen oft bei der Erfassung komplexer Randfälle, wie sie in der Realität allgegenwärtig sind. Darunter fallen z. B. unvollständige Fahrbahnmarkierungen oder schadhafter Asphalt. Reale Assistenzsysteme müssen allerdings auch bei fehlender Fahrbahnmarkierung einen sicheren Fahrzustand zu erreichen. Dies gilt es bereits im Entwicklungsprozess zu berücksichtigen.

Reale Umgebungsdaten als Basis

Das derzeit am ITWM entwickelte Softwarepaket »VMC Road-and-Scene Generator« ermöglicht die virtuelle Entwicklung und Erprobung von Automatisierungssystemen auf Basis realer Umgebungsdaten. Der Prozess funktioniert folgendermaßen: Mittels traditioneller statistischer Methoden bestimmen wir eine repräsentative Stadt und erfassen sie anschließend mit dem institutseigenen Messfahrzeug REDAR als 3D-Punktwolke. Mit Techniken des maschinellen Lernens analysieren und klassifizieren wir anschließend die Messdaten; relevante Objekte wie z. B. Fahrzeuge, Fahrspuren, Fahrbahnmarkierungen, Gebäude etc. werden automatisch identifiziert.

Automatisierte Datenanalyse und -klassifikation

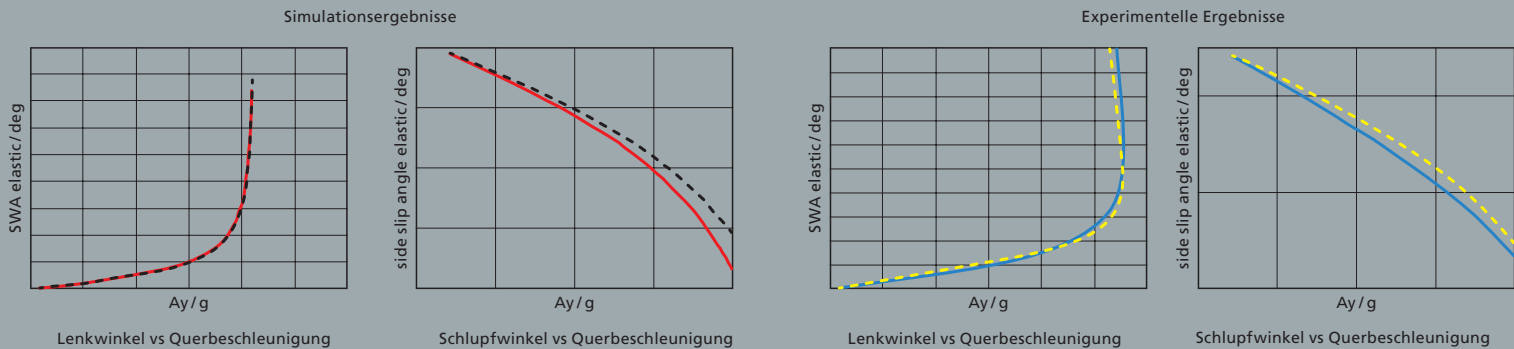
Diese Informationen liefern den entscheidenden Beitrag zu einer exakten Sensorsimulation, da nun für jedes Objekt und für jeden Messpunkt weitere Attribute wie z. B. Materialeigenschaften, Reflektions- und Absorptionseigenschaften für unterschiedliche elektromagnetische Wellenlängen etc. zur Verfügung gestellt werden können. Die Datenanalyse und Klassifikation läuft weitestgehend automatisiert ab, wodurch der Gesamtprozess hoch effizient wird.

1 Foto der realen Szene (Trippstadter Straße, Kaiserslautern)

2 Georeferenzierter 3D-Laserscan der Umgebung

3 Automatische semantische Segmentierung und Klassifikation der Laserscannerdaten





1

CDTIRE/3D: SIMULATION VON REIFENVARIATIONEN

1 *Vergleich unterschiedlicher Reifenmodelle: 235/60 R18 vorne und hinten (rot/blau) sowie 235/55 R19 auf der Vorderachse (schwarz) und 255/50 R19 auf der Hinterachse (gelb). Letztere Konfiguration wird als optimal angesehen.*

Simulationswerkzeuge tragen dazu bei, ein Produkt in kürzerer Zeit zur Serienreife zu bringen, ohne seine Qualität zu beeinträchtigen. Sie beschleunigen vor allem die Konzeptphase. In Zusammenarbeit mit verschiedenen Automobilherstellern betreiben wir großen Aufwand, um die Genauigkeit der Simulationsergebnisse in frühen Entwicklungsstadien zu verbessern. Vielversprechend ist derzeit die Morphing-Technologie, denn sie bietet Automobilherstellern bereits zu Beginn der Planung Zugang zu Daten vieler möglicher Reifen- und Radgrößen – insbesondere solcher, die (noch) gar nicht physikalisch existieren.

Der Reifen ist ein sehr wichtiger Faktor der Fahrleistungen eines Pkw. Mithilfe des Reifenmodells CDTire/3D wurde ein neuer Ansatz entwickelt, um die Eigenschaften eines Reifens ohne physikalischen Prototypen vorhersagen zu können. Zu den Fragen, die sich in der frühen Entwicklungsphase stellen, gehören die Wahl der Reifen- und Felgenreife, der optimale Reifendruck, wie nah man den gesetzten Zielen durch Veränderung des Reifens kommt und welche Rolle das Fahrzeug dabei spielt.

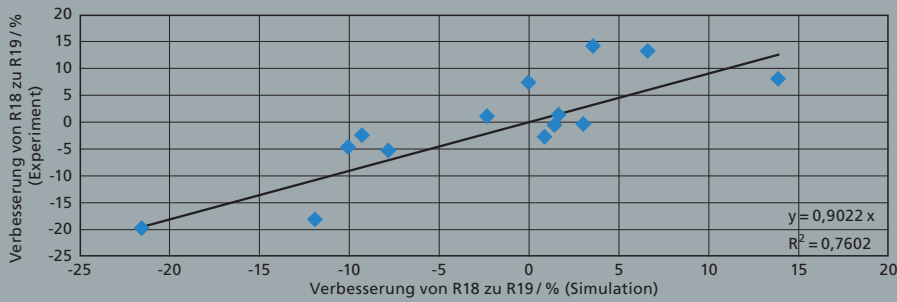
Geometrische Beschreibung des Reifens

Das Fraunhofer ITWM entwickelt das Reifenmodell CDTire/3D, das die Automobilindustrie für Komfort-, Zuverlässigkeits- und Fahrdynamikuntersuchungen verwendet. Es basiert auf einer Diskretisierung einer Schalenformulierung, in welcher die mit Materialparametern gegebenen funktionalen Lagen eines Reifens (wie Bandage, Gürtel und Karkasse) mit ihrer jeweiligen Geometrie zusammenfasst werden. Die Modellierung jeder einzelnen faserverstärkten Lage beinhaltet einen nichtlinearen Teil in der elastischen Komponente, resultierend aus unterschiedlichem Zug- und Druckverhalten. Die geometrische Beschreibung erlaubt große Verformungen.

Trennung von Material- und geometrischen Eigenschaften

Der Konstruktionsassistent nutzt die Querschnittsgeometrie unter Innendruck zur Parametrisierung des Reifens, basierend auf den Aufbaueigenschaften der funktionalen Lagen der Bandage, des Gürtels und der Karkassen. Da das Modell eine strikte Trennung zwischen Material- und geometrischen Eigenschaften aufweist, entwickelten wir eine Methode, um einen existierenden Reifen basierend auf Nennangaben zu verändern.

Der Morphing-Algorithmus passt die geometrische Beschreibung und Gewichtsverteilung des Referenzreifens an die Vorgaben (Reifenbreite, Reifenquerschnitt, Felgendurchmesser und Felgen-



2

breite) an, ohne die Materialeigenschaften zu verändern. So kann z. B. ein Reifen von einem 225/45 R17 (x7,5) in einen 235/40 R18 (x8) umgewandelt werden.

Innendruckvariation

Hervorzuheben ist ebenfalls die Wichtigkeit des Reifenluftdrucks als Einflussfaktor auf die Reifeneigenschaften. Die komprimierte Luft wirkt auf die Reifeninnenseite und belastet deren Struktur, insbesondere die lasttragenden Elemente der Kordlagen (Stahlgürtel, Karkasse und Bandage). Durch Applikation des Gasdrucks auf der ganzen Innenseite des Reifens (unter Verwendung verschiedener Gasmodelle wie der idealen Gasgleichung oder der kompressiblen Eulergleichung) kann das Reifenmodell CDTire/3D nicht nur die qualitativen Veränderungen bei Größenänderung eines bestehenden Reifens und der Felge, sondern auch unter Innendruckvariation genau beschreiben und vorhersagen.

Dieser Ansatz kann in der frühen Phase der Reifenentwicklung verwendet werden, um – ausgehend von einem Grundreifen – verschiedene Reifen- und Felgengrößen zu untersuchen. Voraussetzung ist allerdings, dass Materialien, Konstruktion und Profil gleich sind.

Vergleich von Simulation und Ergebnis

Zur Evaluierung haben wir die Vorhersage von Reifengrößenvariation mit den experimentellen Ergebnissen typischer Kriterien der Fahrdynamik verglichen. Dabei sind nur kleine Unterschiede zwischen gemessenem und vorhergesagtem Fahrzeugverhalten aufgetreten (siehe Abbildung 1). Dieser Ansatz kann also verwendet werden, auch wenn nicht viele Messungen verfügbar sind. Abbildung 2 zeigt die gemessene und simulierte prozentuale Verbesserung aller von einem Premium-Fahrzeughersteller für die Bewertung des Fahrzeug-Handlings verwendeten Kriterien (key performance indicator - kpi). Es ist zu sehen, dass die Vorhersage immer die gleiche Tendenz ausgibt.

Basierend auf diesen Ergebnissen scheint die Morphing-Technik von Reifen erfolgreich zu sein und hat Potenzial für die weitere Anwendung. Für zukünftige Projekte planen wir, kleine Änderungen des Reifenmaterials und des Aufbaus zu berücksichtigen.

2 Vergleich der prozentualen Verbesserung (gemessen und vorhergesagt) nach den Wechsel der Reifengröße; blaue Quadrate: key performance indicators





NEWS AUS DEM BEREICH

5. INTERNATIONALES COMMERCIAL VEHICLE TECHNOLOGY SYMPOSIUM



Vom 13. bis 15. März 2018 fand das 5. Internationale Commercial Vehicle Technology Symposium auf dem Campus der TU Kaiserslautern statt. Begleitet von ca. 50 Fachvorträgen und 15 Posterpräsentationen diskutierten fast 200 nationale und internationale Fach- und Führungskräfte aus Wissenschaft und Industrie über Trends und technologische Entwicklungen der Nutzfahrzeugindustrie mit Fokus auf den Themenfeldern Energie- und Ressourceneffizienz, Sicherheit, Zuverlässigkeit und Lebensdauer, assistiertes und automatisiertes Fahren und Arbeiten.

Die nächste Konferenz der Reihe, das 6. Internationale Commercial Vehicle Technology Symposium, findet vom 10. bis 12. März 2020 ebenfalls an der TU Kaiserslautern statt.



© Industrial Path Solutions Sweden AB

EMMA-CC SYMPOSIUM

Im April 2018 stellten alle am Fraunhofer-Forschungsprojekt EMMA-CC (www.emma-cc.com) beteiligten Institute ihre erzielten Ergebnisse vor. Ergänzt wurde dieses Experten-Symposium durch eingeladene Fachvorträge hochkarätiger Sprecher aus Wirtschaft und Forschung, in denen die Einsatzgebiete und der industrielle Bedarf digitaler Menschmodelle aus unterschiedlichen Blickwinkeln beleuchtet wurden. Zu den Vortragenden gehörten Prof. Lars Hanson (SCANIA AB; University of Skövde), Dr. Sascha Wischniewski (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin BAuA), Dr. Thomas Bär (Daimler AG) und Prof. Sigrid Leyendecker (Universität Erlangen-Nürnberg).

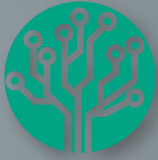
4. SYMPOSIUM DRIVING SIMULATION



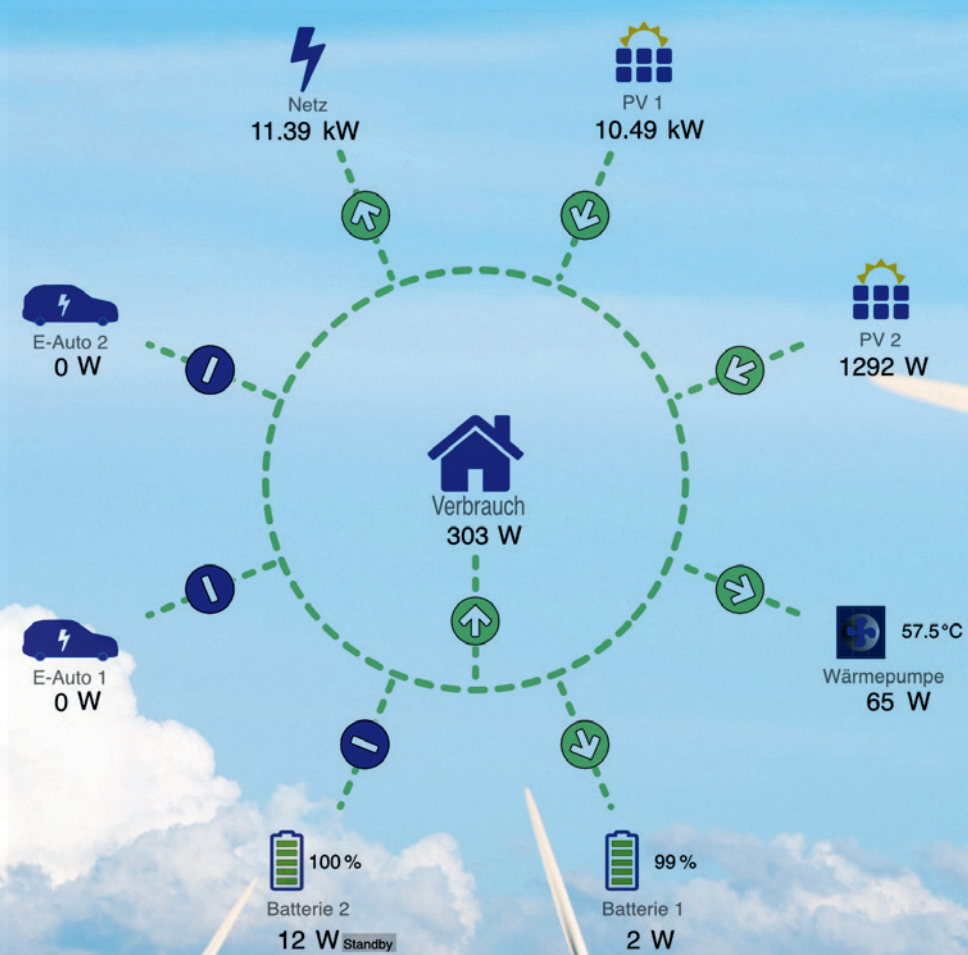
Auf dem 4th Symposium Driving Simulation am 14. November 2018 wurden am Fraunhofer ITWM mit über 50 Teilnehmern aktuelle Herausforderungen im Bereich der virtuellen Entwicklung, Prüfung und Validierung von Systemen für automatisierte Fahrzeuge intensiv diskutiert. Der Praxisbezug des Symposiums wurde durch diverse Live-Demonstration der am ITWM verfügbaren Simulationstechnik (statische Fahrsimulatoren, VR-Labore, RODOS[®] etc.) unterstrichen.



Von vorne, links nach rechts: Tim Rothmann, Christine Biedinger, Björn Wagner, Canhui Wu, Dr.-Ing. Lilli Burger, Vanessa Dörlich, Dr. Jochen Fiedler, Dr. Michael Speckert, Dr.-Ing. Michael Roller, Dr. Klaus Dreßler, Thorsten Dahlheimer, Hannes Christiansen, Dr.-Ing. Michael Kleer, Thomas Stephan, Thomas Halfmann, Christine Rauch, Dr.-Ing. Joachim Linn, Steffen Polanski, Thorsten Weyh, Axel Gallrein, Dr. Fabio Schneider, Dr. Sascha Feth, Christoph Mühlbach, Jonathan Jahnke, Dr. Michael Burger, Simon Gottschalk, Benjamin Bauer, Marius Obentheuer, Thomas Jung, Tobias Ruhwedel, Dr. Stefan Steidel



COMPETENCE CENTER HIGH PERFORMANCE COMPUTING





INNOVATION, DISRUPTION UND GANZHEITLICHES DENKEN IN DER WELT DES VERTEILTEN RECHNENS

Die Abteilung hat mit BeeGFS, Pre-Stack PRO, dem Global Address Space Programmiermodell (GPI) sowie dem Big Data Framework GPI-Space innovative, weltweit anerkannte Technologien zur Lösung von Large-Data-Problemen entwickelt. In den vergangenen Jahren haben wir diese Technologiebasis sehr erfolgreich mit Deep-Learning-Methoden kombiniert und internationale Sichtbarkeit gewonnen. Im Kern geht es dabei immer um die skalierbare automatische Parallelisierung von Big-Data-Problemen. Dahinter steht das Konzept des »Memory Driven Computing«, welches Skalierbarkeit und Performance zusammenbringt.

Wir engagieren uns in der EU-geförderten HPC-Forschung mit dem Ziel, europäische Technologien zu stärken und die Marktfähigkeit europäischer HPC-Softwareprodukte zu verbessern. Darüber hinaus ist es unser Anliegen, in Co-Design-Projekten die Mikroelektronikentwicklung und die Anwendungsentwicklung zusammenzubringen. Wir sehen in der anwendungsspezifischen Entwicklung von Compute Hardware einen Weg, Europas Position auf dem stark wachsenden HPC-/Big-Data-Markt zu verbessern.

Das Energiesystem der Zukunft wird aus Millionen von verteilten IoT-Rechnern bestehen. Diese optimieren den Eigenverbrauch von PV-Strom, regeln den Aufbau von Community Grids, steuern große und kleine Stromspeichersysteme und koordinieren den Energiefluss in unseren Energienetzen. In unseren Projekten entwickeln wir Technologien und Lösungen, um diese verteilte Rechnerwelt zu beherrschen. Dabei gilt unser Engagement intelligenten Lösungen, die die Energiewende voranbringen.

Kontakt

franz-josef.pfreundt@itwm.fraunhofer.de

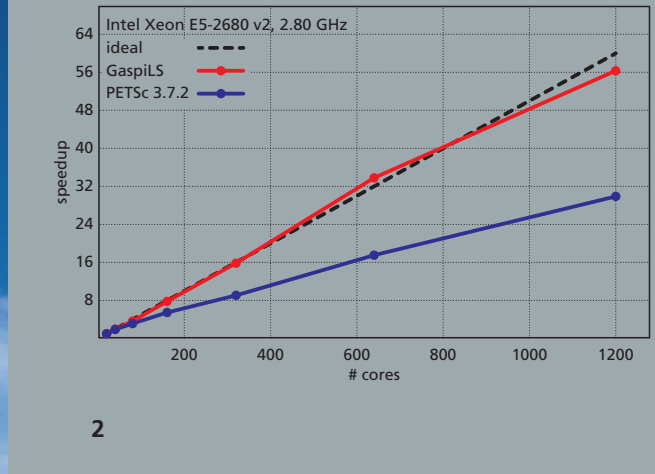
www.itwm.fraunhofer.de/hpc



SCHWERPUNKTE

- Green by IT
 - BeeGFS – Parallel Cluster File System
 - Visualisierung
 - Seismische Datenverarbeitung
 - Datenanalyse und Maschinelles Lernen
 - Skalierbare parallele Programmierung
-





GASPILS UND DAS GPI-2 ECOSYSTEM: GPI-2 SKALIERBARKEIT UND PERFORMANZ LEICHTGEMACHT

1 *GaspILS liefert Skalierbarkeit für FEM- und CFD-Simulationen*

2 *Performance Plot: Skalierbarkeitsvorteile von GaspILS im Vergleich zu PetSC. Jacobi vorkonditioniertes Richardson-Verfahren; 3D-Poisson-Gleichung (2te Ordnung FD-Diskretisierung), kubisches Gitter (359³)*

Verteilte Systeme wie Hochleistungsrechner brauchen hoch effiziente skalierbare Applikationen, um eine gute Performanz zu erzielen. Skalierbarkeit ist hierbei ein Maß für die parallele Effizienz einer Implementierung und sagt letztendlich etwas darüber aus, ob man die zur Verfügung gestellten Ressourcen – wie zum Beispiel CPUs – effizient ausnutzt. Für die Implementierung dieser Applikationen eignet sich das im CC HPC entwickelte parallele Programmiermodell GPI-2 hervorragend.

Um die damit einhergehenden Vorteile direkt und ohne großen Aufwand für eine Vielzahl an Applikationen nutzbar zu machen, wurde GaspILS entwickelt, eine Bibliothek für skalierbare iterative lineare Löser. GaspILS kann von einer Vielzahl an neuen oder bereits existierenden Simulationsprogrammen, die letztendlich ein lineares Gleichungssystem lösen, direkt genutzt werden.

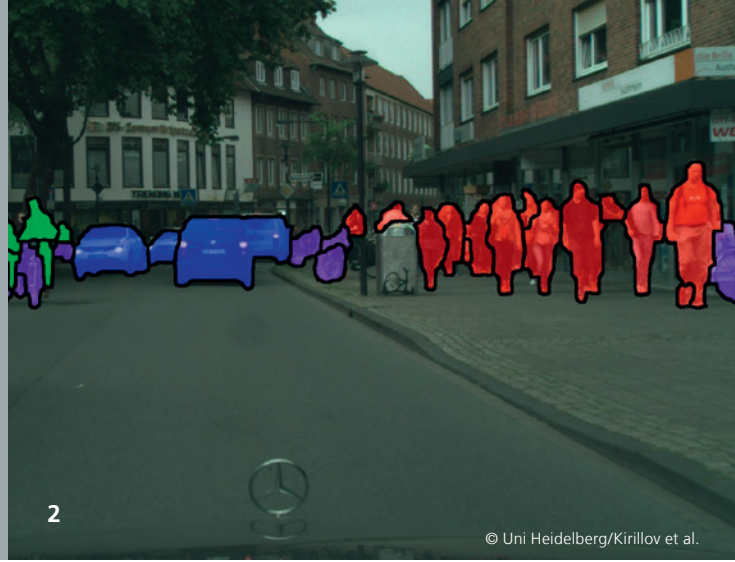
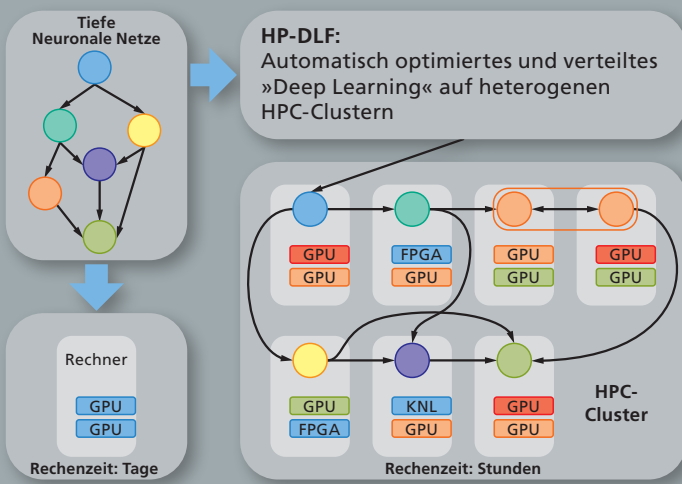
HySCALA sondiert neue Anwendungsfelder und Märkte für GaspILS

GaspILS hat sich bereits in mehreren Industrieprojekten bewährt. Seine weitere Vermarktung wird gegenwärtig im Zuge des EU-Projektes HySCALA (Hybrid SCALable sparse matrix Linear Algebra for industrial applications) gefördert. Ziel hierbei ist es, verschiedene potenzielle neue Marktsegmente und Anwendungsfelder für GaspILS zu analysieren und die spezifischen Anforderungen an eine kompetitive lineare Löserbibliothek zu identifizieren. Gesucht werden vor allem generische, aber dennoch effiziente Vorkonditionierer, die es erlauben, die Anzahl der benötigten Iterationen bis zur Konvergenz des iterativen Verfahrens zu reduzieren und damit die Gesamtlaufzeit für die Lösung zu minimieren. Momentan steht die skalierbare Implementierung solcher effizienten Vorkonditionierer, die auf eine breite Klasse an Problemen angewandt werden können, im Fokus.

Gaspicxx für mehr Produktivität

Innerhalb von GaspILS wurde die Implementierung für die explizite Verwaltung von Kommunikations-Ressourcen für den GPI-2-Datenaustausch abstrahiert und mit Gaspicxx auch für andere Anwendungen zur Verfügung gestellt. Gaspicxx definiert eine einfach zu nutzende C++-Schnittstelle. Die Verwaltung von GPI-2-Kommunikations-Ressourcen wird hierbei ohne Einschränkung der zugrundeliegenden Leistungsfähigkeit komplett von Gaspicxx übernommen. Die Anwendung muss sich nicht mehr darum kümmern. Damit fällt ein Großteil der normalerweise notwendigen Implementierungsarbeiten bei der Entwicklung von GPI-2-Applikationen weg. Die Entwicklung von GPI-2-Applikationen und das Ausnutzen der damit einhergehenden Vorteile – wie die gute Skalierbarkeit – war noch nie so einfach.





HPC FÜR MASCHINELLES LERNEN: HIGH PERFORMANCE DEEP LEARNING FRAMEWORK

Künstliche neuronale Netze haben sich in den vergangenen Jahren in vielen Bereichen des maschinellen Lernens durchgesetzt. So bilden sie beispielsweise auf dem Gebiet der Computervision, der Sprach- und Texterkennung als auch der maschinellen Übersetzung den Stand der Technik. Grund für ihren Erfolg ist u.a. ihre Fähigkeit, hochgradig komplexe Zusammenhänge zwischen rohen Eingabedaten und den klassifizierenden Ausgabedaten (den Labels) herstellen zu können.

Dafür benötigen sie häufig mehrere Millionen freie Parameter, die während des Trainings des Netzes verändert, d. h. gelernt werden. Die große Anzahl dieser sogenannten Gewichte führt allerdings dazu, dass das Training eines einzelnen neuronalen Netzes häufig mehrere Tage oder sogar Wochen dauern kann. Deshalb ist es wünschenswert, diese Algorithmen durch den Einsatz von Supercomputern stark skalierbar zu machen. Dies würde im Idealfall bedeuten, dass eine Verdopplung der Anzahl parallel geschalteter Computer zu einer Halbierung der Laufzeit des Algorithmus führen würde.

Kleine neuronale Netze oder wenige Dateien?

Ein weiteres Problem, auf das man mit neuronalen Netzen trifft, ist ihr großer Bedarf an Hauptspeicher. Das hat zur Folge, dass man auf einem einzelnen Rechner nur relativ kleine neuronale Netze trainieren kann, oder sich bei der Menge der zum Lernen verwendeten Daten beschränken muss. Weder das eine noch das andere ist erstrebenswert, weil die Kapazität, d.h. die Lernfähigkeit des Netzes, reduziert wird. Vielmehr ist es wünschenswert, mit der doppelten Anzahl an Rechnern auch Netze von doppelter Größe trainieren zu können. Dies bezeichnet man im Parallelen Rechnen als schwache Skalierbarkeit.

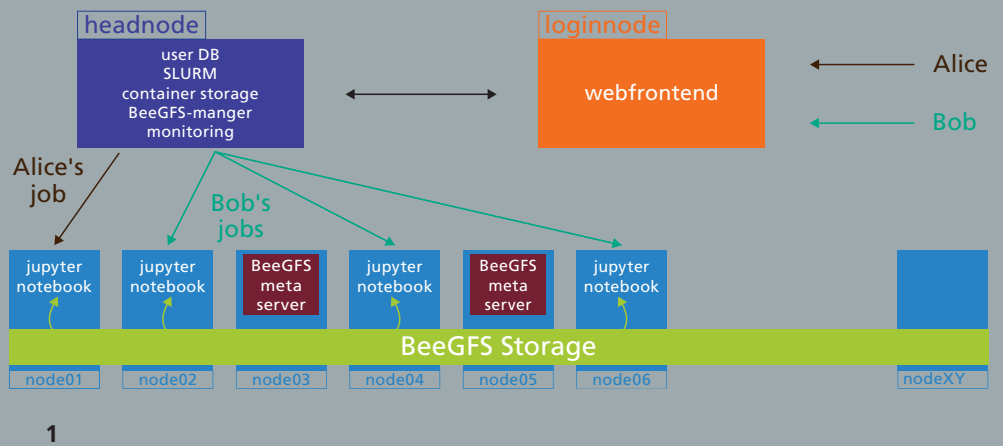
Hohe Skalierbarkeit mit GPI-Space

Sowohl schwache als auch starke Skalierbarkeit beim Training von neuronalen Netzen zu ermöglichen, ist Gegenstand des BMBF-Projekts »High Performance Deep Learning Framework« (HP-DLF). Wir sind dabei vor allem daran interessiert, neuronale Netze beliebiger Größe konstruieren zu können und einen einfachen Zugang zu existierenden und zukünftigen Hochleistungsrechnersystemen zu ermöglichen. Dabei wird von dem Benutzer keinerlei Kenntnis über Paralleles Rechnen vorausgesetzt. Dies realisieren wir mit unserem hauseigenen Laufzeitsystem GPI-Space. Dieses ermöglicht es, Algorithmen automatisch und dynamisch zu parallelisieren, wenn sie in Form eines speziellen Graphen, einem sogenannten Petri-Netz, dargestellt werden.

1 HPC ermöglicht Deep Learning ohne Speicher-grenzen.

2 Große Datenmengen spielen beim Autonomen Fahren eine besondere Rolle.





HPC FÜR MASCHINELLES LERNEN: CARMÉ

1 Vereinfachte Darstellung der wichtigsten Systemkomponenten und deren Verbindung untereinander

Maschinelles Lernen bildet einen immer größeren Schwerpunkt sowohl im wissenschaftlichen als auch im industriellen Bereich. Im Zuge dessen wird in neue, vor allem GPU-basierte Hardware investiert. Dabei reicht die Spanne von einfachen Desktoprechnern bis hin zu High Performance Computing Clustern. Rechencluster können dann dazu genutzt werden, noch größere Datenmengen in der Datenanalyse (DA) und hochkomplexe Systeme – bis hin zum menschlichen Gehirn – im Maschinellen Lernen (ML) zu simulieren und zu verarbeiten.

Maschinelles Lernen auf HPC-Clustern kann eine Herausforderung sein. Dabei stellt die reine Beschaffung der einzelnen Hardware-Komponenten noch die kleinste Herausforderung dar. Denn die größten Fragen ergeben sich im Anschluss:

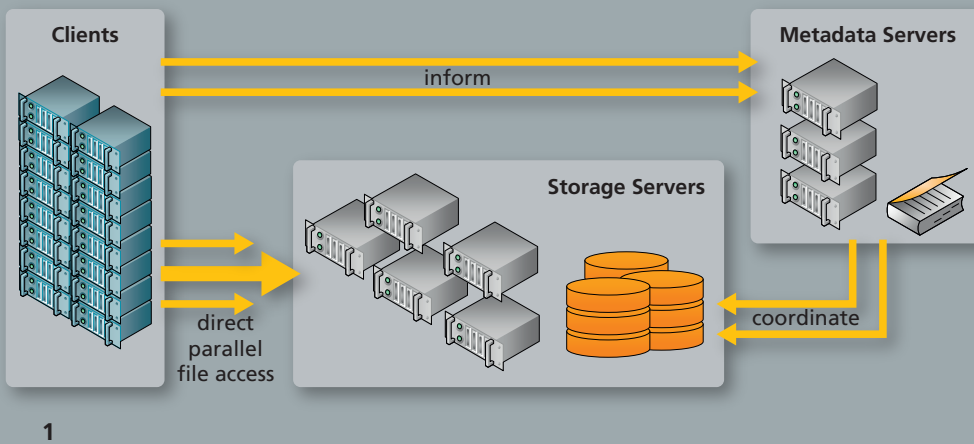
- Wie verwaltet man die vorhandenen Ressourcen?
- Wie kann man Anwendungen auf mehrere GPUs skalieren?
- Wie löst man die Herausforderung, Daten zu speichern und kontinuierlich in Anwendungen zu laden?
- Wie bringt man Nutzer dazu, die Hardware effektiv zu nutzen?

An dieser Stelle setzen wir mit unserem Open-Source Software-Stack Carmé an. Die Grundidee ist dabei, die Welt des Maschinellen Lernens und der Datenanalyse mit der Welt von HPC-Systemen zu kombinieren. Dazu nutzen wir auf der einen Seite etablierte ML- und DA-Werkzeuge und HPC-Backends. Im Detail verwenden wir dafür verschiedene HPC- und ML-Technologien. Einige dieser Technologien wurden in unserer Abteilung entwickelt, wie zum Beispiel das hochverfügbare und verteilte Dateisystem BeeGFS für eine schnelle Anbindung der Daten.

Carmé verbindet die Welt des Maschinellen Lernens und die von HPC-Clustern. ML ist ein stetig und schnell wachsender Bereich. Diese Agilität stellt Rechenzentren vor die Herausforderung, sehr unterschiedliche Anwendungen für einzelne Nutzer bereitzustellen. Somit reicht es nicht nur aus, für die Anwender eine Benutzeroberfläche zu haben, sondern man muss eine reibungslose Integration dieser Oberfläche in vorhandene und entstehende Cluster garantieren. Um Cluster für ML- und DA- Nutzer attraktiv zu machen, muss auf den Clustern eine intuitive Softwareumgebung bereitgestellt werden. Bei der Entwicklung von ML-Anwendungen ist eine interaktive Handhabung des Clusters entscheidend. Damit haben Nutzer die Chance, auf einem komplexen HPC-Cluster die Tools zu verwenden, die sie kennen, was ihnen den Umstieg und die Nutzung eines Clusters vereinfacht.



www.open-carme.org



BEEGFS – DAS DATEISYSTEM FÜR BIG DATA UND KI

Der Erfolg aktueller KI-Technologien wie neuronaler Netze basiert auf der gestiegenen Rechenleistung heutiger Prozessoren – meist GPUs – aber vor allem auf der Verfügbarkeit sehr großer Datenmengen. Neue medizinische Geräte, autonome Fahrzeuge und Genomanalysen liefern immer größere und feiner aufgelöste Daten in schneller Folge und damit die Basis für zukünftige KI-Lösungen. Das von uns entwickelte und von ThinkparQ vermarktete parallele Dateisystem BeeGFS hilft dabei, mit einer sehr flexibel einsetzbaren Software-Lösung der Datenmengen Herr zu werden.

1 BeeGFS-Architektur

BeeGFS ist ein paralleles Dateisystem, bei dem sowohl die Speicherkapazität als auch die Schreib- und Lesegeschwindigkeit mit der Anzahl der angeschlossenen Storage-Einheiten linear anwächst. Es ist eine reine Software-Lösung, die flexibel sowohl auf existierender Hardware als auch auf den neuesten superschnellen Flash-Speichersystemen installiert werden kann. Neben der sehr guten Skalierbarkeit des Systems legt unser Entwicklerteam großen Wert auf eine unkomplizierte Handhabung und ein hohes Maß an Flexibilität bei den potentiellen Einsatzszenarien.

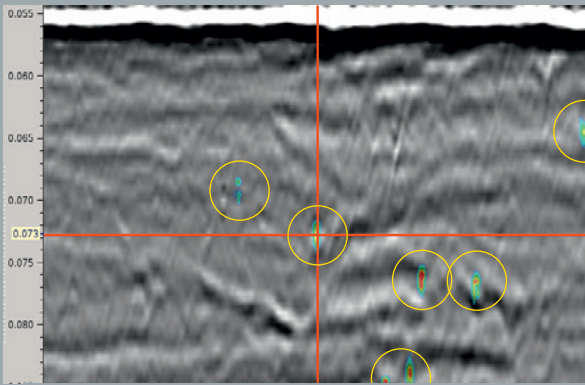
Zwischenspeicherung entfällt

Beim Training tiefer neuronaler Netze (Deep Learning) müssen darüber hinaus die vorhandenen Daten mehrfach sehr schnell den Compute-Einheiten zur Verfügung gestellt werden. Dafür sind die meisten externen Speichersysteme kaum geeignet und die Daten werden direkt in den Computerservern auf schnellen lokalen Systemen (NVMe) zwischengespeichert. Da deren Kapazitäten recht klein sind, ergibt sich hier auch die Notwendigkeit, die Daten parallel auf mehrere Einheiten zu verteilen. Das BeeGFS-Softwaresystem ist speziell für hohe Geschwindigkeitsanforderungen auch bei sehr vielen Dateien optimiert und kann hier seine Stärken ausspielen. So kann BeeGFS direkt auf den Computerservern installiert werden und skaliert bis zu hohen I/O-Geschwindigkeiten von 1 TByte/sec und mehr. Dies hat auch japanische KI-Forscher überzeugt: BeeGFS wird jetzt auf den beiden großen japanischen KI-Systemen TSUBAME 3,0 (HPE) und AI Bridging Cloud Infrastructure (ABCI, Fujitsu) erfolgreich eingesetzt.

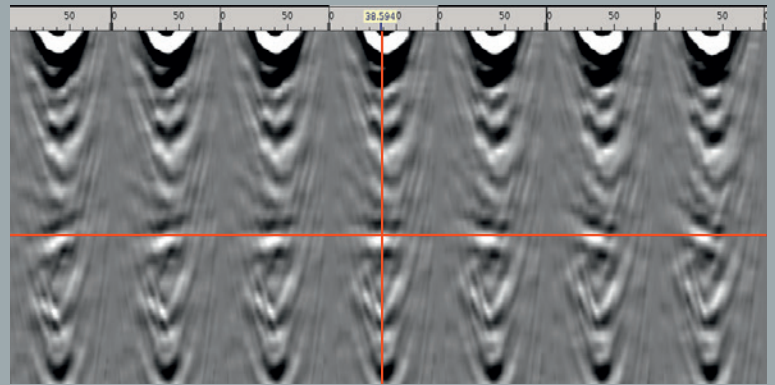
Open-Source-Lizenz

Die Software wird unter einer Open-Source-Lizenz vertrieben; die Quelldateien können auch von der BeeGFS Website bezogen werden. Unser Spin-off ThinkparQ bietet weltweit kommerziellen Support für BeeGFS an und steuert die weitere Entwicklung aus Kundensicht. Das gemeinsame Entwicklerteam bringt sein umfangreiches Wissen auch in mehrere EU-Projekte ein, in denen es um die Nutzung von BeeGFS auf zukünftigen Exascale-Rechnersystemen geht.





1



2

BOULDER-DETECTION MIT MACHINE LEARNING

1 Ausschnitt aus dem aus seismischen Daten errechnetem Untergrundabbild; Farbspots zeigen Orte hoher Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen von Felsbrocken an.

2 Illuminationsdarstellung eines Untergrundbereiches, für den ein Felsbrocken identifiziert wurde; das Fadenkreuz liegt im Symmetriezentrum des identifizierten Musters und zeigt die laterale Position des Felsbrockens in 73 m Tiefe an.

Die Pfeiler der Windräder von Offshore-Windparks müssen tief in den Schichten unterhalb des Meeresbodens verankert werden. Große Gesteinsbrocken stellen dabei Hindernisse dar, die man vorab erkennen muss, um die exakte Positionierung der Windräder zu planen. Die seismischen Datensätze, die zur allgemeinen Standsicherheitsbestimmung gemessen werden, reichen hier nicht aus. Mit neuen Machine Learning-Methoden können wir Muster im Untergrund schneller detektieren und klassifizieren.

Bisherige Auswerteverfahren der seismischen Datensätze enthüllen zwar die Gesteinsschichtungen des Untergrundes, weisen allerdings einen zu geringen Frequenzgehalt auf, um Felsen im Bereich von 1 m Durchmesser als reflektierende Objekte erkennen zu können. Deshalb müssen die Amplitudenschwachen Diffraktionsantworten ausgewertet werden.

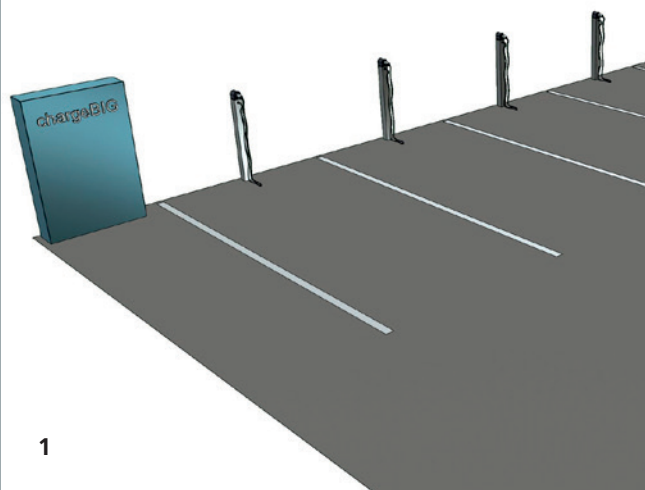
Mustererkennung in Untergrundabbildungen

In einem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Projekt haben wir mit Kollegen vom Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme IWES einen Prozess entwickelt, der diese Diffraktionen in ein typisches Muster in seismischen Untergrundabbildungen überführt. Die Aufgabe, diese Muster oder Diffraktionsobjekte zu erkennen, ist vergleichbar mit der Zuweisung von Pixeln in Photographien zu Objektklassen, wie sie mithilfe tiefer neuronaler Netze möglich ist.

Unser Anwendungsfall beinhaltet ein wesentlich höher-dimensionales Problem, da bereits bei 2D-Untergrundabbildungen zwei weitere Dimensionen hinzukommen: die Beleuchtungsrichtung und die Abhängigkeit vom für die Bilderstellung verwendeten Geschwindigkeitsmodell. Des Weiteren ist der Erduntergrund nicht der direkten Anschauung zugänglich, sodass die Netzwerke anhand realistisch verfremdeter synthetischer Daten trainiert werden müssen.

Anwendernutzen: Reduzierte Datenmenge

Die Anwendungsergebnisse zeigen, dass das Transfer-Learning von synthetischen zu realen Daten gelingt und dass unsere aus einer Vielzahl von Convolutions-Schichten bestehenden Netzwerke die notwendige Komplexität aufweisen, um auch in verrauschten Untergrundabbildungen Wahrscheinlichkeiten für das Vorhandensein von Störobjekten mit einer räumlichen Auflösung von 1 m zu errechnen. Der Nutzen für den Anwender ergibt sich damit aus der erheblichen Reduktion der Menge an Daten aus dem gesamten hoch-dimensionalen Datensatz, die er selbst interpretieren muss.



CHARGE BIG – ENTWICKLUNG EINER NEUARTIGEN LADEINFRASTRUKTUR FÜR ELEKTRO-FAHRZEUGE

Im Projekt chargeBIG entwickeln wir gemeinsam mit der MAHLE-Gruppe und der eliso GmbH eine neuartige Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge. Sie ist kosteneffizient, hochskalierbar und gleichzeitig netzdienlich. Ziel ist es, Parkhäuser möglichst kostengünstig im großen Stil zu elektrifizieren, also alle Parkplätze eines Parkhauses mit einer Lademöglichkeit auszustatten.

Mit konventioneller Technik ist dies sehr teuer und Betreiber von Parkhäusern entscheiden sich gegen die vollständige Elektrifizierung. Stattdessen weisen sie einige Parkplätze mit nur dort installierten Ladesäulen für Elektroautos aus; meist mit dem Nachteil, dass bereits geladene Fahrzeuge die Ladestation versperren.

Ladeinfrastruktur für alle Parkplätze

Hier setzt das chargeBIG-Konzept an: Statt teure Komponenten an wenigen Parkplätzen zu installieren, werden die notwendigen technischen Komponenten an einer zentralen Stelle zusammengefasst und am jeweiligen Parkplatz nur eine Säule mit Ladekabel aufgebaut. Die an jedem Parkplatz notwendigen Komponenten sind auf ein Minimum reduziert. Die Zentralisierung bietet sowohl bei den Herstellungs- als auch bei den laufenden Wartungskosten erhebliche Vorteile, wodurch möglichst alle Parkplätze günstig elektrifiziert werden.

Parkhaus dient als Reallabor

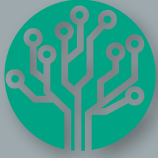
Auf Basis dieses Konzepts entwickelte MAHLE gemeinsam mit dem ITWM bereits einen chargeBIG-Prototypen mit 18 Ladepunkten. Dieser dient als Blaupause für einen Demonstrator mit 108 Ladepunkten, welcher in einem MAHLE-Parkhaus in Stuttgart aufgebaut wird. Das Parkhaus ist gleichzeitig ein Reallabor zur Erprobung des netzdienlichen Betriebs. Neben der Ladeinfrastruktur werden daher auch ein Batteriespeichersystem, eine DC-DC-Schnellladestation (d.h. das Laden eines E-Fahrzeugs mit Gleichspannung direkt aus einer stationären Batterie) und eine Fotovoltaikanlage installiert.

Das in der Green by IT-Gruppe entwickelte Energiemanagementsystem Amperix optimiert den Einsatz der Komponenten, mit Blick auf die Steigerung der lokalen Eigenversorgung, der Absenkung von Spitzenlasten (Peak-Shaving) und der Nutzung flexibler Strompreise. Das Projekt chargeBIG wird gefördert durch das »Sofortprogramm Saubere Luft« des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. In der wissenschaftlichen Begleitforschung durch das ITWM wird außerdem der Beitrag des Projekts zur NOX-Emissionsminderung in der Stadt Stuttgart analysiert und bewertet.

1 Rendering der chargeBIG-Ladeinfrastruktur; die Ladesäulen sind mit der chargeBIG-Zentrale verbunden.

2 Links: Ladesäule mit Ladestecker, rechts: Prototyp der chargeBIG-Zentrale für 18 Ladepunkte





NEWS AUS DER ABTEILUNG

EPEEC: EUROPEAN JOINT EFFORT TOWARDS A HIGHLY PRODUCTIVE PROGRAMMING ENVIRONMENT



Das Ziel des im Oktober gestarteten Projektes ist die Entwicklung einer parallelen Programmierumgebung für heterogene Supercomputer. Wir erweitern unser verteiltes Programmiermodell GPI, um Maschinelles Lernen besser zu unterstützen, indem wir anwendungsspezifische Datenkompressionsalgorithmen bereitstellen und die Anforderung an die Konsistenz lockern. Heutige Programme beruhen auf einer konsistenten Sicht globaler Eigenschaften, was eine Synchronisation zwischen verteilten Rechenknoten voraussetzt und einen limitierenden Faktor für die Skalierbarkeit darstellt. GPI dagegen ermöglicht EPEEC die Herausforderungen zum Erreichen von Exascale zu bewältigen.

AUTARKE ENERGIEVERSORGUNG DANK AMPERIX®



Im Microgrid Schoonschip, einer Wassersiedlung nördlich von Amsterdam, bilden 30 Häuser eine Energieeinheit, die ihren Strom mittels Solarenergie weitgehend selbst erzeugt und die Energie mit Wärmepumpen und Batterien auch selbst speichert. Die Häuser sind untereinander vernetzt, verfügen aber auch über einen Anschluss an das kommunale Stromnetz. Koordiniert wird die Stromversorgung von unserem Energiemanagementsystem Amperix®. Neben der Steuerung der Stromspeicher implementieren wir hier auch eine Sektorenkopplung.

AUTOMATISIERTE DATENANALYSE MITTELS MASCHINELLEN LERNENS: DEEP TOPOLOGY LEARNING (DETOL)

Deep-Learning-Verfahren sind in vielen Bereichen etabliert, bedürfen aber eines intensiven Trainings. Die dafür eingesetzten künstlichen neuronalen Netze benötigen große Datenmengen sowie enorme Rechenleistung. Ziel des seit Juni laufendes Projektes DeToL ist es, den Entwurfsprozess für Deep-Learning-Lösungen durch automatische, datengetriebene Entwurfsalgorithmen entscheidend zu beschleunigen und zu vereinfachen.

Wir bauen das HPC-Framework, realisieren die Parallelisierung der benötigten Algorithmik und stellen es anschließend zum Testen der Methodik zur Verfügung. Dabei greifen wir u. a. auf unsere Erfahrungen aus dem BMBF-Projekt HP-DLF zurück, in dem wir ein skalierbares Deep Learning Framework für HPC-Systeme entwickeln. (s. Seite 91)



Von vorne, links nach rechts: Sabine Müller, Kalun Ho, Dr. Somnath Madzumdar, Dr. Rui Machado, Dr. Alexandra Carpen-Amarie, Avraam Chatzimichailidis, Dr. Abel Amirbekyan, Dr. Dimitar Stoyanov, Peter Michael Habelitz, Dr. Tiberiu Rotaru, Valentin Tschannen, Dr. Matthias Balzer, Sebastian Schumb, Kai Krüger, Frauke Santacruz, Dr. Norman Ettrich, Matthias Klein, Javad Fadaieghotbi, Bernd Lörwald, Dominik Loroeh, Mikita Vedzeneyeu, Dr. Valeria Bartsch, Dr. Franz-Josef Pfreundt, Dr. Mirko Rahn, Delger Lhamsuren, Dr. Alexander Janot, Bernd Lietzow, Dr. Martin Kühn, Ricard Durall Lopez, Raju Ram, Lukas Ristau, Dr. Peter Labus, Christian Mohrbacher, Matthias Deller, Dr. Dirk Merten, Dr. Dominik Straßel, Julius Roob, Dr. Roman Iakymchuk, Dr. Alexander Klauer, Philipp Reusch, Dr. Janis Keuper, Patrick Reh



ZENTRUM FÜR MATERIALCHARAK- TERISIERUNG UND -PRÜFUNG





ZERSTÖRUNGSFREIE PRÜFUNG MIT MILLIMETER-, TERAHERTZ- UND OPTISCHEN WELLEN

Qualitätskontrolle im industriellen Fertigungsprozess ist nicht nur für sicherheitsrelevante Bauteile, z. B. in der Luftfahrtindustrie und der Medizintechnik wichtig, sondern fördert eine ressourcenschonende Fertigung durch Vermeidung von Fehlteilen. Die berührungslose und zerstörungsfreie Prüfung erlaubt die Weiterverwendung der Teile im Produktionsprozess.

Am Zentrum für Materialcharakterisierung und -prüfung entwickeln wir zerstörungsfreie und berührungslose Prüfverfahren, die auf den Einsatz in der Fertigungslinie optimiert sind und eine zuverlässige Kontrolle des Produktionsprozesses ermöglichen. Unsere Terahertz-Schichtdickenmessgeräte messen Dicke und Materialparameter jeder einzelnen Schicht. Mit unseren Rohrinspektionssystemen wird die Wandstärke direkt am Extruder kontrolliert. Defekte in Verbundwerkstoffen spürt unser FMCW-Radar-basiertes Prüfsystem zuverlässig auf. Chemometrische Auswertemethoden bestimmen aus Spektraldaten die Zusammensetzung der Materialien schnell und zuverlässig.

Unsere Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen, Ingenieure und Techniker greifen für maßgeschneiderte Kundenlösungen auf Technologien von der optischen Kohärenztomographie (OCT) im sichtbaren Spektralbereich über die Zeitbereichsspektroskopie im Terahertz-Frequenzbereich bis zu elektronischen Systemkonzepten im Millimeterwellenbereich zurück. Die Kompetenz unserer Mitarbeitenden umfasst ein detailliertes Prozessverständnis, sodass Anwendungs- und Auswertesoftware die wesentlichen Zielgrößen übersichtlich darstellen und die passende technologische Lösung für die jeweilige Anwendung identifiziert wird.

Kontakt

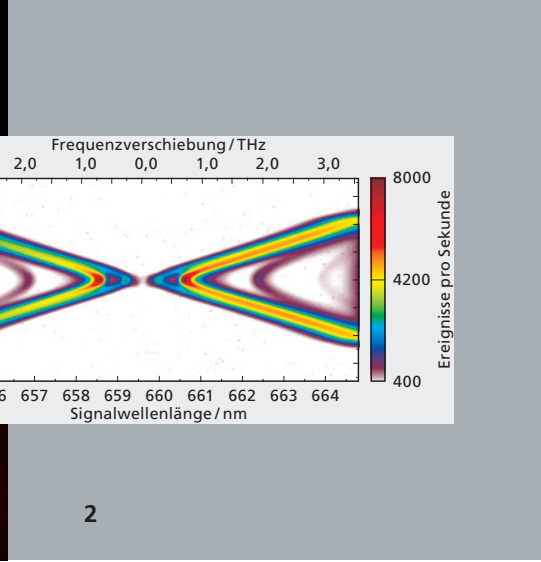
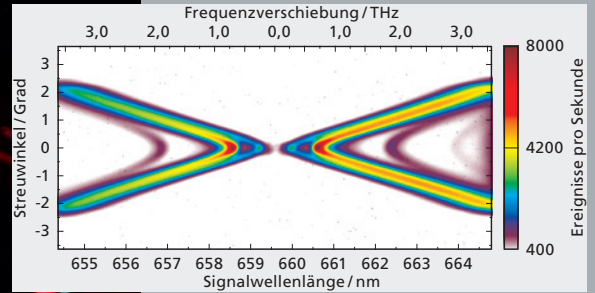
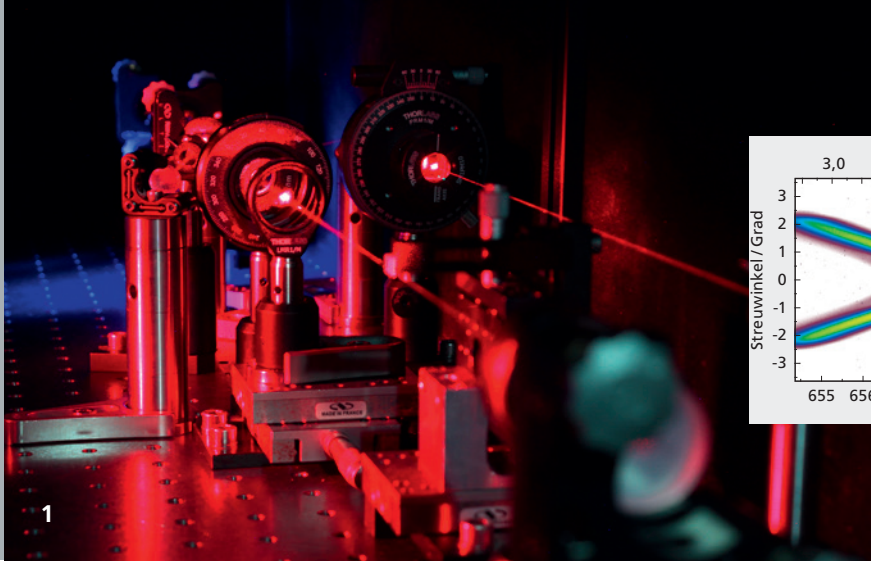
georg.von.frey mann@itwm.fraunhofer.de

www.itwm.fraunhofer.de/mc



SCHWERPUNKTE

- Zerstörungsfreie Prüfung
 - Schichtdickenmessung
 - Chemische Analyse
-



QUILT – QUANTENOPTIK IM TERAHERTZ-SPEKTRALBEREICH

1 Experimenteller Aufbau zum Nachweis der quantenoptisch erzeugten Photonen

2 Im Rahmen des Leitprojektes aufgezeichnetes Winkelspektrum als indirekter Nachweis der quantenoptischen Erzeugung von Terahertz-Photonen

Im Leitprojekt QUILT forscht Fraunhofer an Bildgebungsverfahren im Terahertz-Spektralbereich auf Basis der Quantenoptik. »Schrödingers Katze« hat sich hier vom Gedankenexperiment zur aufregenden und anwendbaren Realität entwickelt. 2018 wurden erste experimentelle Erfolge erzielt. Auf dem Terahertz-Forschungsgebiet gehen wir hier ganz neue Wege.

Klassische Bildgebung im sichtbaren Spektralbereich profitiert von der breiten Verfügbarkeit guter Detektoren. Ob in Digitalkameras, PCs oder Smartphones: Die Mehrzahl der Haushalte in Deutschland besitzt mehrere optische Bildgebungssysteme mit Millionen von Detektorelementen.

Schwierigkeiten der Bildgebung mit Terahertz-Wellen

Im Terahertz-Spektralbereich ist die Bildgebung nach wie vor eine große technische Herausforderung. Oft können nur einzelne oder wenige Detektoren betrieben werden, sodass man oft auf abrasternde Verfahren angewiesen ist. Das bedeutet, man fährt mit einem einzelnen Detektor die aufzunehmende Szene ab und setzt diese anschließend zusammen.

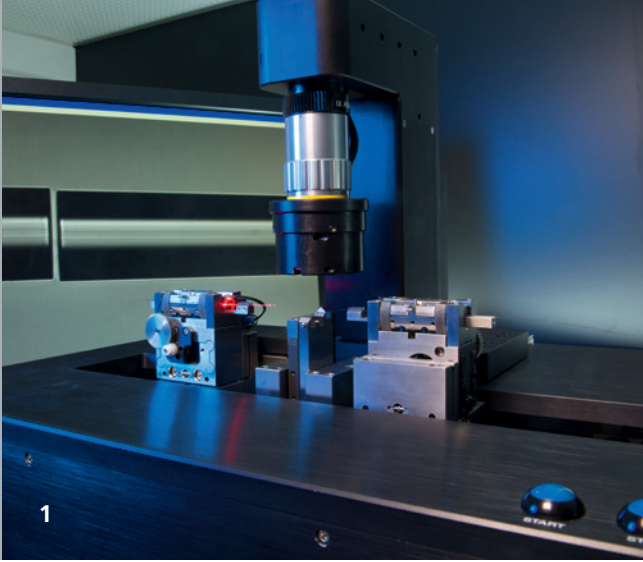
Quantenoptik als Lösung

Mithilfe quantenoptischer Phänomene kann man Eigenschaften von Photonen (Lichtteilchen) auf andere Photonen übertragen. Schafft man es also, die Eigenschaften von schwer detektierbaren Photonen auf leicht detektierbare Photonen, z. B. denen des sichtbaren Lichtes, zu übertragen, so kann man auch diese gut identifizieren und umgeht das Problem der Detektorverfügbarkeit.

Erster Schritt erfolgreich

Inspiriert durch herausragende Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Quantenoptik in der Grundlagenforschung werden in unserem Leitprojekt diese Konzepte auf den Terahertz-Spektralbereich transferiert. Die erste experimentelle Herausforderung ist die Erzeugung geeigneter Photonenpaare, was im vergangenen Jahr erreicht wurde.

Die nächsten Schritte sind weiteres wissenschaftliches Neuland. Es soll die Wechselwirkung der Photonen im Terahertz-Bereich mit den sichtbaren Photonen nachgewiesen werden. Hier machen wir uns die gute Detektierbarkeit der sichtbaren Photonen zunutze, um die Terahertz-Wellen indirekt nachzuweisen und nutzbar zu machen. Gelingt dieser Schritt, so ermöglicht dies einen neuartigen Zugang zum Terahertz-Spektralbereich und dessen mannigfaltigen Anwendungen.



SLAPCOPS – EIN LASERKONZEPT FÜR DIE ZUKUNFT DER TERAHERTZ-MESSTECHNIK

Für die Terahertz-Zeitbereichsspektroskopie braucht man zwei variabel gegeneinander verzögerte Laserimpulse, um das Messsignal zeitaufgelöst abtasten zu können. Für die Zeitverzögerung sorgen entweder eine mechanische Verschiebeeinheit oder zwei Laserquellen. Wir haben jetzt ein Lasersystem entwickelt, das ohne mechanische Verfahr-einheit auskommt und trotzdem nur einen Laser verwendet: das SLAPCOPS-System.

Die Mehrheit der in der Abteilung entwickelten und eingesetzten Systeme basiert auf Ultrakurz-pulsLasern in Verbindung mit optischen Verzögerungseinheiten. Diese beiden Komponenten werden benötigt, um Vorgänge auf der Pikosekundenskala zu erfassen. Eine Sekunde besteht aus einer Billion Pikosekunden, eine Zeitskala, die derzeit mit Elektronik nicht erreicht werden kann. Elektromagnetische Impulse mit der Dauer einer Pikosekunde sind eben diese Terahertz-Impulse, die es ermöglichen, Schichtdickenanalyse von Mehrschichtsystemen wie Automobillacke berührungslos und zerstörungsfrei zu realisieren. Ein fundamentaler Vorteil gegenüber anderen Technologien.

Niedrigere Kosten, höhere Messraten

Ultrakurz-pulsLasern und Verzögerungseinheit dominieren nach wie vor die Kosten vieler Terahertz-Messsysteme. Ein neuartiger Ansatz, der von unseren Forschern erfunden und im Rahmen einer Promotion realisiert wurde, vereint diese beiden zu einer einzigen, günstigeren Komponente.

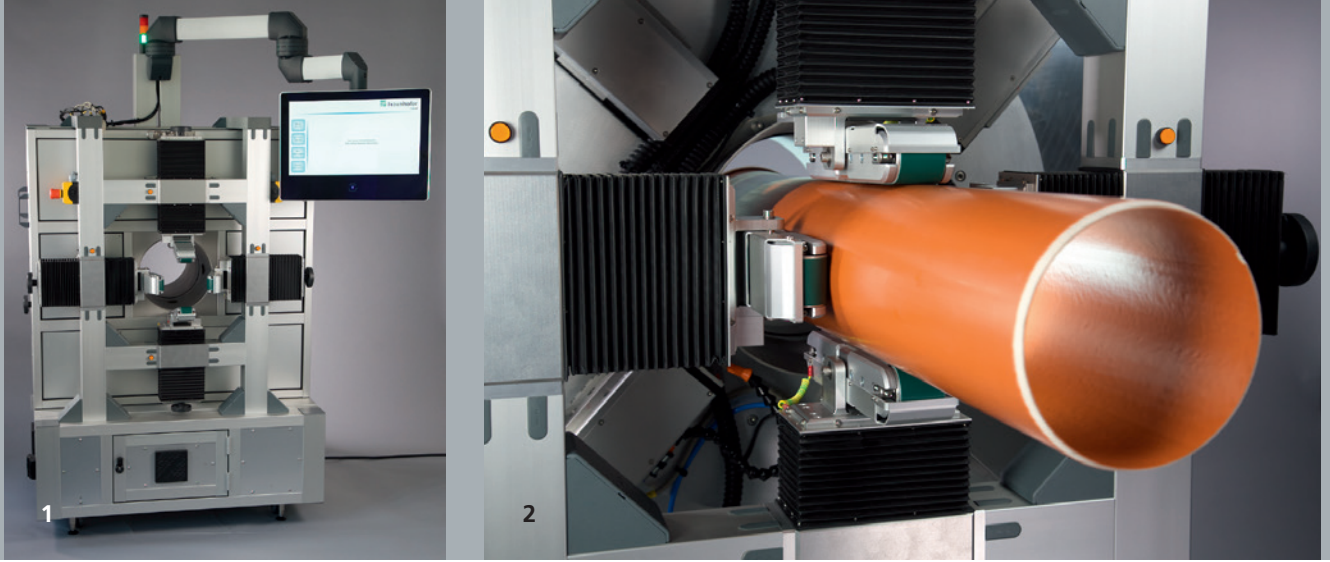
Neben den Kostenvorteilen hat das neue Messprinzip auch praktische Gründe: Es kann viel schneller gemessen werden. Darüber hinaus bietet das Verfahren ein hohes Maß an Flexibilität, um verschiedene Messprobleme schnell und unkompliziert zu lösen. So ermöglicht die paten-tierte Erfindung die Messung auch sehr dicker Schichten oder Wände in einer einzelnen Mes-sung, was bei konventionellen Terahertz-Messsystemen nicht ohne weiteres machbar ist. Die bisher eingesetzten optischen Systeme schaffen ca. 50 Messungen pro Sekunde, während ein SLAPCOPS-System über 1000 Messungen pro Sekunde ermöglicht.

Internationaler wissenschaftlicher Erfolg

Wissenschaftlichen Erfolg hat SLAPCOPS bereits bei Präsentationen auf internationalen Konferen-zen und mehrere Veröffentlichungen in renommierten Journalen errungen. Schutzrechtsanmel-dungen und mehrere erteilte Patente auf diesem Gebiet sichern unser aufgebautes Knowhow.

1 Faser-Splice-Gerät wäh- rend des Verbindungspro- zesses zweier Faser-Enden; dieser Verbindungsprozess ist Grundvoraussetzung bei der Realisierung von Faser- lasern.

2 Charakteristisches grü- nes Leuchten einer aktiven Faser, die eine zentrale Kom- ponente des SLAPCOPS- Lasersystems darstellt.



FLEXIBLE ROHRINSPEKTION MIT TERAHERTZ-TECHNOLOGIE

1 Rohrinspektionssystem zur Prüfung der Wandstärke im Produktionsprozess

2 Das zu prüfende Rohr wird inline an vier wählbaren Positionen auf die Wandstärke untersucht.

Höhere Qualität und Effizienz: Die Inline-Prüfung der Wandstärke während der Rohrextrusion ermöglicht die Optimierung des Herstellungsprozesses. Anfang 2018 haben wir ein neu entwickeltes Rohrprüfsystem an einen Weltmarktführer übergeben und damit einen Meilenstein in der Schichtdickenmessung von Rohren realisiert.

Neben der berührungslosen Schichtdickenmessung von Mehrschichtlacken hat sich die Wandstärkenmessung in der Rohrextrusion in den letzten Jahren als vielversprechendes Anwendungsszenario erwiesen. Unser Inline-Messsystem ermöglicht dem Kunden die direkte Prüfung der Rohrwandstärke kurz nach der Extrusion des genutzten Kunststoffes und somit auch die direkte Nachregelung, um die Qualität und Effizienz der Produktion zu optimieren.

Simultane Messung an vier Kanälen

In der Projektanbahnungsphase wurden hohe Anforderungen festgelegt. Das bisher nur als Einzelsensor ausgelegte System musste für die simultane Messung von vier Kanälen erweitert werden, damit an vier Positionen rund um das Rohr gleichzeitig gemessen werden kann. Daraus ergaben sich Herausforderungen an die integrierte Faseroptik sowie an die Messdatenaufnahme und -auswertung.

Das mechanische Design ist geprägt von der geforderten Flexibilität, diese vier Positionen frei wählen zu können und für eine Vielzahl an Rohrdurchmessern kompatibel zu sein. Die symmetrische Anordnung des Systems sowie der integrierte Monitorarm ermöglichen die Bedienung von beiden Seiten in der Produktionslinie.

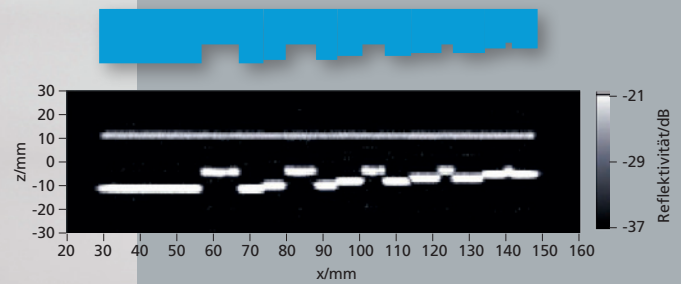
Ausweitung auf andere Marktsegmente möglich

Die intuitive Bedienoberfläche wurde nach Kundenwünschen gestaltet und ermöglicht die komfortable Bedienung per Touchscreen. Die kundenspezifische Schnittstelle zur Anlagensteuerung des Rohrherstellers garantiert die optimale Integration des Messsystems.

Durch anwendungsspezifische Anpassungen können wir unser System nicht nur Rohrherstellern, sondern auch Schlauchherstellern anbieten. Diese beiden Märkte sind so mannigfaltig, dass wir gute Chancen für weitere kundenspezifische Implementierungen sehen.



1



2

HANDGEHALTENER TERAHERTZ-SENSOR FÜR DEN MOBILEN EINSATZ

Zu den besonderen Eigenschaften von Terahertz-Wellen zählt ihr gutes Durchdringungsvermögen elektrischer Isolatoren wie z.B. Keramiken, Glas und Kunststoffe. Das gibt ihnen einen Vorteil gegenüber etablierten Verfahren auf Röntgen-, Ultraschall- oder Thermographiebasis, die besonders bei den modernen faserverstärkten Kunststoffen an ihre Grenzen stoßen. Abhilfe schafft hier der mobile Terahertz-Handscanner: Auch an schwer zugänglichen Stellen untersucht er Strukturen und erkennt Defekte in Kunststoffen.

Die Grenzen der Ultraschall-Technik überwinden

In vielen Anwendungen sind Messmethoden gefragt, die mobil und schnell einsetzbar sind. Aus diesem Grund wird oftmals Ultraschall eingesetzt. Um die hohen Einkoppelverluste beim Übergang von Luft auf einen Werkstoff zu minimieren, werden Koppelmedien wie Wasser und Gel verwendet. Dies ist aber bei Keramiken und Schäumen nicht möglich. Hier kommt die Terahertz-Messtechnik zum Zuge, denn sie ist berührungslos, benötigt somit kein Kopplungsmedium und kann zudem Hohlstrukturen prüfen.

Innovativer Handscanner

Der Handscanner ist ein vollständiges Terahertz-Prüfsystem für die zerstörungsfreie Vor-Ort-Prüfung. Dank seiner kompakten, leichten Bauweise ist er mühelos zu transportieren und bietet sich damit z. B. für die Untersuchung immobiler Proben sowie zum Einsatz an unterschiedlichen Prüfstellen in der Produktion an. Ein einseitiger Probenzugang ist ausreichend, da das System in Reflexion arbeitet. Das Sensorgehäuse ist staubdicht und spritzwassergeschützt und erlaubt daher auch den Einsatz in einer Fertigungsumgebung. Ein im Rechner integrierter Touchscreen dient zur einfachen Bedienung und Anzeige der Messung.

Wird der Handscanner nun über eine Probe bewegt, nimmt er kontinuierlich A-Scans (Tiefenprofile) auf und registriert zeitgleich die Position des Wegaufnehmers. Durch die Verknüpfung beider Informationen werden nun die zugehörigen B-Scans (orts aufgelöste Querschnittsaufnahmen) erstellt. Ungleichmäßige Bewegungen des Scanners korrigiert der Wegaufnehmer.

Rohrinspektion im Produktionsprozess

Der Scanner wird bereits im Produktionsumfeld eingesetzt. Ein Beispiel ist die Rohrinspektion direkt nach dem Extruder, was die schnelle Prozessregelung ermöglicht. Ultraschall kann hier wegen der erhöhten Rohrtemperatur und der im Rohrinne vorhandenen plastischen Seele nicht eingesetzt werden. Ein weiteres Beispiel ist die Inspektion der Rohrisolationen nach dem Schweißprozess.

1 Terahertz-Handscanner: einsatzbereit ohne weitere Geräte, Standard-Steckdose ausreichend

2 B-Scan an einem Stufenkeil mit Flachbodenbohrungen aus PE (unten) und schematischer Querschnitt (oben). Die Durchmesser der Bohrungen betragen 2–10 mm, jeweils in 2 mm Abstufungen. Die Stufenhöhe beträgt 1 mm.



NEWS AUS DER ABTEILUNG



TALENTA-FÖRDERUNG FÜR NINA SCHREINER

Mit TALENTA speed up unterstützt Fraunhofer Wissenschaftlerinnen mit Motivation und Potenzial zur Übernahme von Führungs- oder Fachverantwortung. Diese Voraussetzungen erfüllt unsere Doktorandin Nina Schreiner: Sie forscht auf dem Gebiet der elektronischen Terahertz-Messtechnik und wird ihre Promotion im Sommer abschließen. Danach soll sie die Leitung des Themengebiets »Radarbasierte Dickenmessung« übernehmen. Die zweijährige Förderung verschafft ihr zielorientierte Freiräume, sodass sie in die Führungsrolle hineinwachsen kann.

ALTERNATIVE SYSTEMKONZEPTE: INCOHERENT QUASI TIME-DOMAIN SPECTROSCOPY (IQTDS)

Auch wenn die Terahertz-Technologie mittlerweile aus den Kinderschuhen gewachsen ist, sind noch nicht alle technischen Möglichkeiten zur Umsetzung von Systemkonzepten ausgeschöpft. Getrieben durch das Ziel, die Systemkosten zu minimieren, konnten wir jüngst ein neuartiges Konzept auf dem Gebiet der optischen Terahertz-Messsysteme realisieren, welches ohne Laserquelle auskommt. Die ersten Ergebnisse sind sehr vielversprechend, sodass weitere Untersuchungen bevorstehen; auch die Integration in ein Messsystem ist bereits gelungen und ein Patent angemeldet.



KÜRZERE AUSWERTUNG, HÖHERE STABILITÄT

Beim Einsatz von Messtechnik zur Inline-Qualitätskontrolle in der Produktion sind sehr kurze Mess- und Auswertzeiten essentiell. In der Schichtdickenmessung von Lacken erzielte die Kooperation des Zentrums für Materialcharakterisierung und -prüfung mit dem Competence Center High Performance Computing einen großen Erfolg: Die Auswertung der Terahertz-Messdaten ist jetzt im Millisekunden-Takt möglich. Die Messzeit kann dank paralleler Nutzung mehrerer Sensoren auf bis zu 200 Messungen pro Sekunde erhöht werden. Die verbesserte Auswertesoftware ermöglicht Auswertzeiten von unter 1 ms für vierlagige Beschichtungen mit handelsüblichen Notebooks. Ursprünglich lag die Auswertzeit im Sekundenbereich.

Diese zeitliche Verbesserung bei gleichzeitiger Erhöhung der Stabilität ermöglicht nun eine Echtzeitauswertung der erfassten Messsignale mit dem Potenzial, weitere Anwendungsfelder für die Terahertz-Messtechnik zu erschließen und das Zentrum für Materialcharakterisierung und -prüfung weiter auszubauen.



Von vorne, links nach rechts: Samuel Weber, Shiva Mohammadzadeh, Dr. Daniel Molter, Caroline Cappel, Nina Schreiner, Ute Rein-Rech, Dmytro Kharik, Oliver Boidol, Mirko Kutas, Michael Kocybik, Carsten Matheis, Prof. Dr. Georg von Freymann, Dr. Joachim Jonuscheit, Jens Klier, Marie-Therese Braun, Sebastian Bachtler, Stefan Weber, Andreas Keil, Ph.D., Claudia Busch-Croll, Dr. Fabian Friederich, Björn Haase, Alexander Theis, Tobias Pfeiffer, Dominik Gundacker

- Afrasiabian, E.; Iliev, O.; Lazzari, S.; Isetti, C.
Numerical Simulation of Frost Formation on a Plate-Fin Evaporator
 2018, doi/10.11159/icmfht18.125
- Agboka, K.; Béchet, F.; Siedow, Norbert; Lochegnies, D.
Influence of radiative heat transfer model on the computation of residual stresses in glass tempering process
 International journal of applied glass science, Vol.9 (2018), No.2, pp.235-251, doi/10.1111/ijag.12335
- Akhmetova, D.; Cebamano, L.; Iakymchuk, R.; Rotaru, T.; Rahn, M.; Markidis, S.; Laure, E.; Bartsch, V.; Simmendinger, C.
Interoperability of GASPI and MPI in large scale scientific applications
 Wyrzykowski, R.: Parallel processing and applied mathematics. 12th International Conference, PPAM 2017. Pt.2: Lublin, Poland, September 10-13, 2017; Revised selected papers. Cham: Springer International Publishing, 2018. (Lecture Notes in Computer Science 10778), pp. 277-287, doi/10.1007/978-3-319-78054-2_26
- Albrecher, H.; Bauer, D.; Embrechts, P.; Filipović, D.; Koch-Medina, P.; Korn, R.; Loisel, S.; Pelsser, A.; Schiller, F.; Schmeiser, H.; Wagner, J.
Asset-liability management for long-term insurance business
 European actuarial journal, Vol.8 (2018), No.1, pp.9-25, doi/10.1007/s13385-018-0167-5
- Andersson, T.; Nowak, D.; Johnson, T.; Mark, A.; Edelvik, F.; Küfer, K.-H.
Multiobjective Optimization of a Heat-Sink Design Using the Sandwiching Algorithm and an Immersed Boundary Conjugate Heat Transfer Solver
 Journal of heat transfer, Vol.140 (2018), No.10, Art.HT-18-1045, 10 pp., doi/10.1115/1.4040086
- Arne, Walter; Marheineke, Nicole; Pérez-Saborid, M.; Rivero-Rodríguez, J.; Wegener, Raimund; Wieland, Manuel
Whipping of electrified visco-capillary jets in airflows
 SIAM journal on applied mathematics, Vol.78 (2018), No.1, pp.343-371, doi/10.1137/17M1127636
- Arne, Walter; Wegener, Raimund
Simulation and optimization of industrial spinning processes
 Chemical fibers international, Vol.68 (2018), No.2, pp.87-88
- Asprion, Norbert; Ritter, Juliane; Böttcher, Roger; Bortz, Michael
Model-based design of experiments using a flowsheet-simulator
 Friedl, A.: 28th European Symposium on Computer Aided Process Engineering 2018: Papers presented at the 28th European Society of Computer-Aided Process Engineering (ESCAPE) event held in Graz, Austria June 10-13, 2018. Amsterdam: Elsevier, 2018. (Computer-aided chemical engineering 43), pp. 43-48, doi/10.1016/B978-0-444-64235-6.50010-3
- Aumage, Olivier; Bartsch, Valeria; Beckett, George; Bull, Mark
INTERTWinE, Programming Model INTERoperability Towards Exascale
 Impact, (2018), No.5, pp.45-47, doi/10.21820/23987073.2018. 5.45
- Baccouche, B.
FMCW Terahertz Volumetric Imaging with Sparse Multistatic Line Arrays
 München: Verlag Dr. Hut, 2018, Zugl.: Kaiserslautern, TU, Diss., 2018, ISBN 978-3-8439-3424-4
- Bauer, M.; Keil, A.; Matheis, C.; Jonuscheit, J.; Moor, M.; Denman, D.; Bramble, J.; Savage, N.; Friederich, F.
Volume inspection of composite structures in aircraft radomes with FMCW terahertz radar at 100 and 150 GHz.
 Institute of Electrical and Electronics Engineers -IEEE-: IRMMW-THZ 2018, 43rd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves: 9-14 September 2018, Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan. Piscataway, NJ: IEEE, 2018, 3 pp., doi/10.1109/IRMMW-THZ.2018.8509952
- Bazrafshan, B.; Koujan, A.; Hübner, F.; Leithäuser, C.; Siedow, N.; Vogl, T.J.
A thermometry software tool for monitoring laser-induced interstitial thermotherapy
 Biomedizinische Technik, (2018), Online First, 9 pp., doi/10.1515/bmt-2017-0197
- Björkenstam, S.; Leyendecker, S.; Linn, J.; Carlson, J.; Lennartson, B.
Inverse dynamics for discrete geometric mechanics of multi-body systems with application to direct optimal control
 Journal of computational and nonlinear dynamics, Vol.13 (2018), No.10, Art. 101001, 15 pp., doi/10.1115/1.4040780
- Borgwardt, Steffen; Loera, Jesús A. de; Finhold, Elisabeth
The diameters of network-flow polytopes satisfy the Hirsch conjecture
 Mathematical programming. Series A, Vol.171 (2018), No.1-2, pp.283-309, doi/10.1007/s10107-017-1176-x
- Borsche, R.; Klar, A.
Kinetic Layers and Coupling Conditions for Macroscopic Equations on Networks I: The Wave Equation
 SIAM journal on scientific computing, Vol.40 (2018), No.3, pp.A1784-A1808, doi/10.1137/17M1138364
- Borsche, R.; Klar, A.
Kinetic layers and coupling conditions for nonlinear scalar equations on networks
 Nonlinearity, Vol.31 (2018), No.7, Art. 3512, 31 pp., doi/10.1088/1361-6544/aabc91
- Bortz, Michael; Höller, Johannes; Schwientek, Jan; Böttcher, Roger; Hirth, Oliver; Asprion, Norbert
Experimental design in a multi-criteria optimization context: An adaptive scheme
 IFAC-PapersOnLine, Vol.51 (2018), No.2, pp.747-752, doi/10.1016/j.ifacol.2018.04.003
- Buck, M.; Iliev, O.; Andrä, H.
Domain decomposition preconditioners for multiscale problems in linear elasticity
- Numerical Linear Algebra with Applications, Vol.25 (2018), No.5, Art. e2171, 26 pp., doi/10.1002/nla.2171
- Burger, M.; Carlqvist, C.; Ekevid, T.; Steidel, S.; Weber, Dietmar
Multiphysics simulation of construction equipment - coupling material, machine and power source
 Berns, K.: Commercial Vehicle Technology 2018. 5th Commercial Vehicle Technology Symposium, CVT 2018. Proceedings: Held on March 13 to 15, 2018 at the Technische Universität Kaiserslautern. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2018, pp. 481-492, doi/10.1007/978-3-658-21300-8_37
- Burger, M.; Gerdts, M.
DAE Aspects in Vehicle Dynamics and Mobile Robotics
 Differential-Algebraic Equations Forum. Online resource, (2018), 44 pp., doi/10.1007/11221_2018_6
- Burger, M.; Göttlich, S.; Jung, T.
Derivation of a first order traffic flow model of Lighthill-Whitham-Richards type
 IFAC-PapersOnLine, Vol.51 (2018), No.9, pp.49-54, urn:nbn:de:0011-n-5310619, doi/10.1016/j.ifacol.2018.07.009
- Burger, M.; Speckert, M.; Dreßler, K.
Nutzungsspezifische Vorhersage von Beanspruchung und Energieverbrauch.
 VDI-Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik: 19. VDI-Kongress „SIMVEC - Simulation und Erprobung in der Fahrzeugentwicklung“ 2018: Baden-Baden, 20. und 21. November 2018, CD-ROM. Düsseldorf: VDI-Verlag, 2018. (VDI-Berichte 2333), pp. 781-793
- Burger, M.; Speckert, M.; Müller, R.; Weiberle, D.
Model-based identification of road profiles and road roughness indicators using vehicle measurements
 Berns, K.: Commercial Vehicle Technology 2018. 5th Commercial Vehicle Technology Symposium, CVT 2018. Proceedings: Held on March 13 to 15, 2018 at the Technische Universität Kaiserslautern.

Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2018, pp. 276-287, doi/10.1007/978-3-658-21300-8_22

Calo, V.M.; Iliev, O.; Nunes, S.P.; Printsypar, G.; Shi, M.

Cell-element simulations to optimize the performance of osmotic processes in porous membranes

Computers and mathematics with applications, Vol.76 (2018), No.2, pp.361-376, doi/10.1016/j.camwa.2018.04.023

Churbanov, A.G.; Iliev, O.; Strizhov, V.F.; Vabishchevich, P.N.

Numerical simulation of oxidation processes in a cross-flow around tube bundles

Applied mathematical modelling, Vol.59 (2018), pp.251-271, doi/10.1016/j.apm.2018.01.047

Coskun, S

Application of the Heath-Platen Estimator in Pricing Barrier and Bond Options

Kaiserslautern, TU, Diss., 2017, urn:nbn:de:hbz:386-kluedo-51584

Coskun, S.; Korn, R.

Pricing barrier options in the heston model using the heath-platen estimator

Monte Carlo methods and applications, Vol.24 (2018), No.1, pp.29-41, doi/10.1515/mcma-2018-0004

Danielsson, P.-O.; Ekevid, T.; Kumar, M.; Rothmann, T.; Wilhelmsson, M.

Articulated hauler load simulations - recent developments

Berns, K.: Commercial Vehicle Technology 2018. 5th Commercial Vehicle Technology Symposium, CVT 2018. Proceedings: Held on March 13 to 15, 2018 at the Technische Universität Kaiserslautern. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2018, pp. 505-517, doi/10.1007/978-3-658-21300-8_39

Desmettre, S.; Grün, S.; Korn, R.

Can outstanding dividend payments be estimated by American options?

Quantitative finance, Vol.18 (2018), No.9, pp.1437-1446, doi/10.1080/14697688.2017.1401226

Desmettre, S.; Grün, S.; Korn, R.

Portfolio optimization with early announced discrete dividends

Operations research letters, Vol.46 (2018), No.5, pp.548-552, doi/10.1016/j.orl.2018.09.001

Dörlich, V.; Linn, J.; Diebels, S.
Bending of viscoplastic cables. (International Association of Applied Mathematics and Mechanics)

Proceedings in applied mathematics and mechanics. PAMM, Vol.17 (2018), No.1, pp.293-294, doi/10.1002/pamm.201710116

Dörlich, V.; Linn, J.; Diebels, S.
Flexible beam-like structures - experimental investigation and modeling of cables

Altenbach, H.: Advances in mechanics of materials and structural analysis: In honor of Reinhold Kienzler. Cham: Springer International Publishing, 2018. (Advanced structured materials 81), pp. 27-46, doi/10.1007/978-3-319-70563-7_2

Edelvik, F.; Tiedje, O.; Jonuscheit, J.; Carlson, J.S.

SelfPaint - a self-programming paint booth

Procedia CIRP, Vol.72 (2018), pp.474-479, urn:nbn:de:0011-n-5040951, doi/10.1016/j.procir.2018.03.167

Eifler, M.; Hering, J.; Freymann, G. von; Seewig, J.

Calibration sample for arbitrary metrological characteristics of optical topography measuring instruments

Optics Express, Vol.26 (2018), No.13, pp.16609-16623, urn:nbn:de:0011-n-5101409, doi/10.1364/OE.26.016609

Eifler, M.; Hering, J.; Freymann, G. von; Seewig, J.

Manufacturing of the ISO 25178-70 material measures with direct laser writing: a feasibility study

Surface topography, Vol.6 (2018), No.2, Art. 024010, 24 pp., doi/10.1088/2051-672X/aabe18

Fischer, Tobias; Hedge, Ganapati; Mattner, Frederic; Pesavento, Marius; Pfetsch, Marc E.; Tillmann, Andreas M.

Joint antenna selection and phase-only beamforming using

mixed-integer nonlinear programming

Informationstechnische Gesellschaft -ITG-: WSA 2018, 22nd International ITG Workshop on Smart Antennas: March 14-16, 2018 Bochum, Germany, CD-ROM. Berlin: VDE-Verlag, 2018. (ITG-Fachbericht 276), 7 pp.

Fleuren, Tino

Workflow skeletons: Improving scientific workflow execution through service migration

Lazovik, A.: Advances in service-oriented and cloud computing: Workshops of ESOC 2016, Vienna, Austria, September 5-7, 2016; Revised selected papers. Cham: Springer International Publishing, 2018. (Communications in computer and information science 707), pp. 123-134, doi/10.1007/978-3-319-72125-5_10

Forte, Ester; Burger, Jakob; Langenbach, Kai; Hasse, Hans; Bortz, Michael

Multi-criteria optimization for parameterization of SAFT-type equations of state for water

AIChE Journal, Vol.64 (2018), No.1, pp.226-237, doi/10.1002/aic.15857

Foss, S.-K.; Matias, J.L.L.; Sollid, A.; Loures, L.; Pinotti, T.; Brenne, E.O.; Wergeland, Ø.; Broch, T.M.O.; Merten, Dirk; Ettrich, Norman

Examples of geology from seismic diffractions

Foss, S.-K.: SEG Technical Program Expanded Abstracts 2018: Anaheim, California, 14-19 October 2018, International Exposition 88th Annual Meeting. Tulsa, Okla.: SEG, 2018, pp. 4141-4145, doi/10.1190/segam2018-2996829.1

Frank, B.; Kleiner, J.; Filla, R.

Optimal control of wheel loader actuators in gravel applications

Automation in Construction, Vol.91 (2018), pp.1-14, doi/10.1016/j.autcon.2018.03.005

Fraundorfer, W.; Kuhnert, Jörg; Pena Vina, Eduardo; Weyh, Thorsten
Design of mobile floating bridge systems and working platforms

Berns, K.: Commercial Vehicle Technology 2018. 5th Commercial Vehicle Technology Symposium, CVT 2018. Proceedings: Held on

March 13 to 15, 2018 at the Technische Universität Kaiserslautern. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2018, pp. 359-373, doi/10.1007/978-3-658-21300-8_29

Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM
Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik.

Jahresbericht 2017/2018
Kaiserslautern: 2018, urn:nbn:de:0011-n-5073814

Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM; TU Kaiserslautern

Young Researchers Symposium, YRS 2018; Abstractbook
Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2018, ISBN 978-3-8396-1365-8, urn:nbn:de:0011-n-4972822

Friederich, F.; May, K.H.; Bacchouche, B.; Matheis, C.; Jonuscheit, J.; Moor, M.; Denman, D.; Bramble, J.; Savage, N.

Terahertz radome inspection
Photonics, Vol.5 (2018), No.1, Art. 1, 10 pp., urn:nbn:de:0011-n-4942013, doi/10.3390/photonics5010001

Gallrein, A.; Baecker, M.; Guan, J.
Simulation of Dynamic Gas Cavitation Effects of a Tire under Operational Conditions 2018
(SAE Technical Paper 2018-01-0682), doi/10.4271/2018-01-0682

Gibali, Aviv; Küfer, Karl-Heinz; Reem, Daniel; Süß, Philipp
A generalized projection-based scheme for solving convex constrained optimization problems
Computational Optimization and Applications, Vol.70 (2018), No.3, pp.737-762, doi/10.1007/s10589-018-9991-4

Gilberg, Dominik; Klar, A.; Junk, M.
Continuum models for bi-disperse granular material flows capturing the process of size segregation
Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2018, Zugl.: Kaiserslautern, TU, Diss., 2018, ISBN 978-3-8396-1411-2, urn:nbn:de:0011-n-5256622

Gospodnetic, P.; Spies, M.; Rauhut, M.

Image based surface microgeometry modelling for complex surfaces

Merck, Peter (Ed.): 12th European Conference on Non-Destructive Testing, ECNDT 2018. Proceedings: Gothenburg, Sweden, 11-15 June 2018; CD-ROM. Gothenburg: Swedish MEETX AB, 2018, Paper ECNDT-0555-2018, 2 pp.

Virtual production strengthens the textile industry

Trendbook Technical Textiles 2018/2019: Innovations - Trends - Markets. Frankfurt/Main: Deutscher Fachverlag, 2018, pp. 22-25

Gramsch, S.; Kontak, M.; Michel, V. **Three-dimensional simulation of nonwoven fabrics using a greedy approximation of the distribution of fiber directions** Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik : ZAMM, Vol.98 (2018), No.2, pp.277-288, doi/10.1002/zamm.201600188

Greiner, R.; Setten, B. van; Votsmeier, M.; Prill, T.; Iliev, O. **Pore scale simulation for catalytic filter and comparison with upscaled model**

Filtech Exhibitions Germany, Meerbusch: FILTECH 2018. Proceedings: 13 March - 15 March 2018, Köln. Meerbusch: Filtech, 2018, Art. G11-03, 10 pp.

Groß, T.; Trenn, S.; Wirsén, A. **Switch induced instabilities for stable power system DAE models** IFAC-PapersOnLine, Vol.51 (2018), No.16, pp.127-132, doi/10.1016/j.ifacol.2018.08.022

Grün, S. **Discrete Dividends: Modeling, Estimation and Portfolio Optimization** Kaiserslautern, TU, Diss., 2017, urn:nbn:de:hbz:386-kluedo-52133

Heim, Dennis **Recursive formulation of Madelung continuity equation leads to propagation equation** Journal of Mathematical Physics, Vol.59 (2018), No.12, Art. 122101, 7 pp., doi/10.1063/1.5051340

Hering, J.; Eifler, M.; Hofherr, L.; Ziegler, C.; Seewig, J.; Freymann, G. von

Two-photon laser lithography in optical metrology

Feymann, Georg von: Advanced Fabrication Technologies for Micro/Nano Optics and Photonics XI: 27 January - 1 February 2018, San Francisco, California, United States. Bellingham, WA: SPIE, 2018. (Proceedings of SPIE 10544), Paper 1054412, 9 pp., urn:nbn:de:0011-n-5065162, doi/10.1117/12.2289900

Hietel, D.; Iliev, O.; Manvelyan, D.; Mohring, J.; Shklyar, I.; Schmeißer A. **Study of the influence of the filter media heterogeneity on filter performance**

Filtech Exhibitions Germany, Meerbusch: FILTECH 2018. Proceedings: 13 March - 15 March 2018, Köln. Meerbusch: Filtech, 2018, Art. G11-02, 14 pp.

Hofmann T.; Westhoff D.; Feinauer J.; André H.; Zausch J.; Schmidt V.; Müller R.

Electro-chemo-mechanical simulation of 3D-microstructures for lithium-ion batteries

Owen, R.: 6th European Conference on Computational Mechanics (Solids, Structures and Coupled Problems), ECCM 2018, 7th European Conference on Computational Fluid Dynamics, ECFD 2018. Proceedings: Glasgow, Scotland, UK, June 11 - 15, 2018. Barcelona: CIMNE, 2018, pp. 209-218

Hofmann, T.; Heiko, A.; Latz, A.; Müller, R.; Beck, T.; Seewig, J. **Phase-field methods for deformation processes in lithium-ion batteries**

Kaiserslautern: Technische Universität Kaiserslautern, 2018, Zugl.: Kaiserslautern, TU, Diss., 2018, ISBN 978-3-942695-15-2, urn:nbn:de:hbz:386-kluedo-52196

Ikamas, K.; Cibiraite, D.; Bauer, M.; Lisauskas, A.; Krozer, V.; Roskos, H. G. **Ultrabroadband terahertz detectors based on CMOS field-effect transistors with integrated antennas** Institute of Electrical and Electronics Engineers -IEEE-: IRMMW-THz 2018, 43rd International

Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves: 9-14 September 2018, Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan. Piscataway, NJ: IEEE, 2018, 2 pp., doi/10.1109/IRMMW-THz.2018.8510062

Ikamas, K.; Lisauskas, A.; Mas-sabeau, S.; Bauer, Maris; Burakevic, M.; Vyniauskas, J.; Čibiraitė, D.; Krozer, V.; Rämmer, A.; Shevchenko, S.; Heinrich, W.; Tignon, J.; Dhillon, S.; Mangeney, J.; Roskos, H. G. **Sub-picosecond pulsed THz FET detector characterization in plasmonic detection regime based on autocorrelation technique** Semiconductor Science and Technology, Vol.33 (2018), No.12, Art. 124013, 10 pp., doi/10.1088/1361-6641/aae905

Ikamas, K.; Cibiraite, D.; Lisauskas, A.; Bauer, M.; Krozer, V.; Roskos, H. G. **Broadband terahertz power detectors based on 90-nm silicon CMOS transistors with flat responsivity up to 2.2 THz** IEEE Electron Device Letters, Vol.39 (2018), No.9, pp.1413-1416, info: doi/10.1109/LED.2018.2859300

Iliev, O.; Kirsch, R.; Osterroth, S. **Combined depth and cake filtration model coupled with flow simulation for flat and pleated filters** Chemical Engineering and Technology, Vol.41 (2018), No.1, pp.70-78. doi/10.1002/ceat.201700115

Iliev, O.; Mohring, J.; Shegunov, N. **Renormalization based MLMC method for scalar elliptic SPDE (International Conference on Large-Scale Scientific Computations (LSSC) <11, 2017, Sozopol>)** Lirkov, I.: Large-Scale Scientific Computing. 11th International Conference, LSSC 2017: Sozopol, Bulgaria, June 5-9, 2017, Revised Selected Papers. Cham: Springer International Publishing, 2018. (Lecture Notes in Computer Science 10665), pp. 295-303, doi/10.1007/978-3-319-73441-5_31

Jonuscheit, J. **Terahertz Techniques in NDE** Ida, Nathan (Ed.): Handbook of Advanced Non-Destructive Evaluation. Cham: Springer International Publishing, 2018, 20 pp., doi/10.1007/978-3-319-30050-4_35-1

Kabel, Matthias; Kirsch, Ralf; Osterroth, Sebastian; Rief, Stefan **A two-scale approach for the computation of flow through pleated filters based on real image data**

Filtech Exhibitions Germany, Meerbusch: FILTECH 2018. Proceedings: 13 March - 15 March 2018, Köln. Meerbusch: Filtech, 2018, 15 pp.

Kabel, M.; Kirsch, R.; Osterroth, S.; Rief, S.; Staub, S.

Including filter media heterogeneities in the simulation of filtration processes

American Filtration and Separation Society -AFS-: American Filtration and Separations Society Spring Conference, FiltCon 2018. Vol.2: Prior Lake, Minnesota, USA, 24 - 25 April 2018. Red Hook, NY: Curran, 2018, pp. 777-785

Keil, Andreas; Friederich, Fabian **Quantification of liquids with terahertz waves**

Institute of Electrical and Electronics Engineers -IEEE-: IRMMW-THz 2018, 43rd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves: 9-14 September 2018, Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan. Piscataway, NJ: IEEE, 2018, 3 pp., doi/10.1109/IRMMW-THz.2018.8510340

Keil, A.; Schreiner, N. S.; Friederich, F. **Thickness measurements with multistatic sparse arrays**

Institute of Electrical and Electronics Engineers -IEEE-: IRMMW-THz 2018, 43rd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves: 9-14 September 2018, Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan. Piscataway, NJ: IEEE, 2018, 2 pp., doi/10.1109/IRMMW-THz.2018.8510431

Kelly, U.; Richter, S.; Redenbach, C.; Schladitz, Katja; Scheuerlein, C.; Wolf, F.; Ebermann, P.; Lackner, F.; Schoerling, D.; Meinel, D.

Nb3Sn wire shape and cross-sectional area inhomogeneity in Rutherford cables

IEEE transactions on applied superconductivity, Vol.28 (2018), No.4, Art. 4800705, 5 pp., doi/10.1109/TASC.2018.2791637

- Kirsch, Ralf
Potenzial zur Beschleunigung - Simulationsbasierte Filteroptimierung mit dem virtuellen Prüfstand
Chemie - Ingenieur - Technik. CIT-plus, (2018), No.3, 1 pp.
- Kirsch, Ralf; Osterroth, Sebastian; Rief, Stefan
Build-up of internal cake in layered filtering media
Filtech Exhibitions Germany, Meerbusch: FILTECH 2018. Proceedings: 13 March - 15 March 2018, Köln. Meerbusch: Filtech, 2018, Paper L05-02
- Kleer, M.; Linn, J.; Pena V., Eduardo; Schneider, F. J.; Weyh, T.
Messvorrichtung zum Vermessen des Biegeverhaltens einer Probe 2018
- Klier, J.; Kharik, D.; Zwetow, W.; Gundacker, D.; Weber, S.; Molter, D.; Ellrich, F.; Jonuscheit, J.; Freymann, G. v.
Four-channel terahertz time-domain spectroscopy system for industrial pipe inspection
Institute of Electrical and Electronics Engineers -IEEE-: IRMMW-THz 2018, 43rd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves: 9-14 September 2018, Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan. Piscataway, NJ: IEEE, 2018, 2 pp., doi/10.1109/IRMMW-THz.2018.8510403
- Knobloch, Robert
One-sided FKPP travelling waves for homogeneous fragmentation processes
Journal of theoretical probability, Vol.31 (2018), No.2, pp.895-931, doi/10.1007/s10959-016-0727-z
- Köbler, J.; Schneider, M.; Ospald, F.; Andrä, H.; Müller, R.
Fiber orientation interpolation for the multiscale analysis of short fiber reinforced composite parts
Computational mechanics, Vol.61 (2018), No.6, pp.729-750, doi/10.1007/s00466-017-1478-0
- Köhler, T.; Rajpurohit, S.; Schumann, O.; PaECKel, S.; Biebl, F.R.A.; Sotoudeh, M.; Kramer, S.C.; Blöchl, P.E.; Kehrein, S.; Manmana, S.R.
- Relaxation of photoexcitations in polaron-induced magnetic microstructures**
Physical Review. B, Vol.97 (2018), No.23, Art.235120, doi/10.1103/PhysRevB.97.235120
- Kolano, M.; Gräf, B.; Weber, S.; Molter, D.; Freymann, G. von
Single-laser polarization-controlled optical sampling system for THz-TDS
Optics Letters, Vol.43 (2018), No.6, pp.1351-1354, doi/10.1364/OL.43.001351
- Kolano, M.; Boidol, O.; Molter, D.; Freymann, G. von
Single-laser, polarization-controlled optical sampling system
Optics Express, Vol.26 (2018), No.23, pp.30338-30346, doi/10.1364/Oe.26.030338
- Kolano, M.; Boidol, O.; Weber, S.; Molter, D.; Freymann, G. von
Single-laser polarization-controlled optical sampling system for THz-TDS
Institute of Electrical and Electronics Engineers -IEEE-: IRMMW-THz 2018, 43rd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves: 9-14 September 2018, Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan. Piscataway, NJ: IEEE, 2018, 3 pp., doi/10.1109/IRMMW-THz.2018.8509880
- Kolano, Michael; Molter, Daniel
KurzpulsLasersystem 2018
- Korn, Ralf; Wagner, Andreas
Chance-risk classification of pension products: Scientific concepts and challenges
Glau, K.: Innovations in Insurance, Risk- and Asset Management: Conference at Technical University of Munich, 5 - 7 April 2017. Singapore: World Scientific, 2018, pp. 381-398
- Krebs, J.
A Bernstein inequality for exponentially growing graphs
Communications in statistics. Theory and methods, Vol.47 (2018), No.20, pp.5097-5106, doi/10.1080/03610926.2017.1386317
- Krebs, J.
A large deviation inequality for β -mixing time series and its applications to the functional kernel regression model
Statistics & probability letters, Vol.133 (2018), pp.50-58, doi/10.1016/j.spl.2017.09.013
- Krebs, J.
Orthogonal series estimates on strong spatial mixing data
Journal of statistical planning and inference, Vol.193 (2018), pp.15-41, doi/10.1016/j.jspi.2017.07.005
- Krieg, H.; Nowak, D.; Bortz, M.; Knapp, A.; Geil, C.; RoClawski, H.; Böhle, M.
Decision support for planning and operation of drinking water supply systems
WaterSolutions, (2018), No.3, pp.49-60
- Krishnamurthy, V.; Leoff, E.; Sass, J.
Filterbased stochastic volatility in continuous-time hidden Markov models
Econometrics and Statistics, Vol.6 (2018), pp.1-21, doi/10.1016/j.ecosta.2016.10.007
- Kronenberger, M.; Schladitz, K.; Hamann, B.; Hagen, H.
Fiber segmentation in crack regions of steel fiber reinforced concrete using principal curvature
Image, analysis & stereology, Vol.37 (2018), No.2, pp.127-137, doi/10.5566/ias.1914
- Kronenberger, Markus; Wirjadi, Oliver; Hagen, Hans
Empirical comparison of curvature estimators on volume images and triangle meshes
IEEE transactions on visualization and computer graphics, (2018), Online First, 1 pp., doi/10.1109/TVCG.2018.2861007
- Kurz, C.; Süß, P.; Arnsmeier, C.; Haehnle, J.; Teichert, K.; Landry, G.; Hofmaier, J.; Exner, F.; Hille, L.; Kamp, F.; Thieke, C.; Ganswindt, U.; Valentini, C.; Hölscher, T.; Troost, E.; Krause, M.; Belka, C.; Küfer, K.-H.; Parodi, K.; Richter, C.
Dose-guided patient positioning in proton radiotherapy using multicriteria-optimization
Zeitschrift für Medizinische Physik, (2018), Online First, 13 pp., doi/10.1016/j.zemedi.2018.10.003
- Küstners, F.; Trenn, S.; Camlibel, K.
Switch observability for differential-algebraic systems: Analysis, observer design and application to power networks
Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2018, Zugl.: Kaiserslautern, TU, Diss., 2018, ISBN 978-3-8396-1374-0, urn:nbn:de:0011-n-5069399
- Küstners, Ferdinand; Trenn, Stephan
Switch observability for switched linear systems
Automatica, Vol.87 (2018), pp.121-127, doi/10.1016/j.automatica.2017.09.024
- Laus, F.; Pierre, F.; Steidl, G.
Nonlocal Myriad Filters for Cauchy Noise Removal
Journal of mathematical imaging and vision, Vol.60 (2018), No.8, pp.1324-1354, doi/10.1007/s10851-018-0816-y
- Leithäuser, C.; Pinnau, R.; FeBler, R.
Designing polymer spin packs by tailored shape optimization techniques
Optimization and engineering, Vol.19 (2018), No.3, pp.733-764, info: doi/10.1007/s11081-018-9396-3
- Leithäuser, C.; Pinnau, R.; FeBler, R.
Shape design for polymer spin packs: Modeling, optimization and validation
Journal of Mathematics in Industry, Vol.8 (2018), Art. 13, 17 pp., info: doi/10.1186/s13362-018-0055-2
- Li, Y.; Hu, Z.; Liu, X.; Gao, S.; Duan, X.; Chang, J.; Wu, J.
Insights into interactions and microscopic behavior of shale gas in organic-rich nano-slits by molecular simulation
Journal of natural gas science and engineering, Vol.59 (2018), pp.309-325, doi/10.1016/j.jngse.2018.09.011
- Liu, Hong-Kai; Ren, Li-Jun; Wu, Han; Ma, Yong-Li; Richter, S.; Godehardt, M.; Kübel, C.; Wang, Wei
Unraveling the self-assembly of heterocluster Janus Dumbbells into hybrid cubosomes with internal double-diamond structure

- Journal of the American Chemical Society, Vol.141 (2018), No.2, pp. 831-839, doi/10.1021/jacs.8b08016
- Losch, K.
Stochastic Modeling of Multi-phase Materials Based on Digital Image Data
Kaiserslautern, TU, Diss., 2017, urn:nbn:de:hbz:386-kluedo-53241
- Meiers, D.T.; Heep, Marie-Christin; Freymann, Georg von
Bragg stacks with tailored disorder create brilliant whiteness
APL photonics, Vol.3 (2018), No.10, Art. 100802, 7 pp., doi/10.1063/1.5048194
- Mitsos, A.; Aspiron, N.; Floudas, C. A.; Bortz, M.; Baldea, M.; Bonvin, D.; Caspari, A.; Schäfer, P.
Challenges in process optimization for new feedstocks and energy sources
Computers and Chemical Engineering, Vol.113 (2018), pp.209-221, doi/10.1016/j.compchemeng.2018.03.013
- Moghiseh, Ali; Schladitz, Katja; Schlarb, Alois K.; Suksut, Buncha
Image analytical determination of the spherulite growth in polypropylene composites
Image, analysis & stereology, Vol.37 (2018), No.2, pp.139-144, doi/10.5566/ias.1895
- Molter, D.; Weber, S.; Pfeiffer, T.; Klier, J.; Bachtler, S.; Ellrich, F.; Jonuscheit, J.; Freymann, G. von
Interferometry-aided terahertz time-domain spectroscopy for robust measurements in reflection
Institute of Electrical and Electronics Engineers -IEEE-: IRMMW-THz 2018, 43rd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves: 9-14 September 2018, Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan. Piscataway, NJ: IEEE, 2018, 2 pp., doi/10.1109/IRMMW-THz.2018.8510255
- Müller, Oliver; Moghiseh, A.; Stephani, H.; Rottmayer, N.; Huang, F.
Application of deep learning for crack segmentation on concrete surface
- Längle, Thomas (Ed.) et al.: Forum Bildverarbeitung 2018: 29. und 30. November 2018, Karlsruhe. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, 2018, pp. 209-216
- Nagy, K.; Rajput, K.G.; Tóth, I.Y.; Rao, P.V.K.; Sharma, S.; Kumar, V.; Rawal, A.; Kukovec, A.
Self-similar arrays of carbon nanotubes and nonwoven fibers with tunable surface wettability
Materials letters, Vol.228 (2018), pp.133-136, doi/10.1016/j.matlet.2018.05.085
- Niedziela, M.; Wlazlo, Jaroslaw
Notes on computational aspects of the fractional-order viscoelastic model
Journal of engineering mathematics, Vol.108 (2018), No.1, pp.91-105, doi/10.1007/s10665-017-9911-0
- Nowak, D.; Krieg, H.; Bortz, M.; Geil, C.; Knapp, A.; Roclawski, H.; Böhle, M.
Decision Support for the Design and Operation of Variable Speed Pumps in Water Supply Systems
Water, Vol.10 (2018), No.6, Art. 734, 15 pp., doi/10.3390/w10060734
- Obentheuer, M.; Roller, M.; Björkenstam, S.; Berns, K.; Linn, J.
Comparison of different actuation modes of a biomechanical human arm model in an optimal control framework
5th Joint International Conference on Multibody System Dynamics, IMSD 2018. On-Line Proceedings. Online resource: Lisbon, Portugal, June 24 - 28, 2018. Lisbon, 2018, Paper 41, 11 pp.
- Orlik, J.; Pietsch, K.; Fassbender, A.; Sivak, O.; Steiner, K.
Simulation and Experimental Validation of Spacer Fabrics Based on their Structure and Yarn's Properties
Applied composite materials, Vol. 25 (2018), No.4, pp.709-724, info: doi/10.1007/s10443-018-9726-9
- Osterroth, S.; Pinnau, R.; Volkwein, S.
Mathematical models for the simulation of combined depth and cake filtration processes
Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2018, Zugl.: Kaiserslautern, TU, Diss., 2017, ISBN 978-3-8396-1297-2, urn:nbn:de:0011-n-4872037
- Pena Vina, E.; Kleer, M.; Dreßler, K.
Virtual validation of autonomous vehicles in a 3D point-cloud
VDI-Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik: 19. VDI-Kongress „SIMVEC - Simulation und Erprobung in der Fahrzeugentwicklung“ 2018: Baden-Baden, 20. und 21. November 2018, CD-ROM. Düsseldorf: VDI-Verlag, 2018. (VDI-Berichte 2333), pp. 337-344
- Peters, C.D.; van der Spuy, S.J.; Els, D.N.J.; Kuhnert, J.
Aerodynamic damping of an oscillating fan blade: Mesh-based and meshless fluid structure interaction analysis
Journal of fluids and structures, Vol. 82 (2018), pp.173-197, doi/10.1016/j.jfluidstructs.2018.07.010
- Pfeiffer, T.; Weber, S.; Klier, J.; Bachtler, S.; Molter, D.; Jonuscheit, J.; Freymann, G. von
Terahertz thickness determination with interferometric vibration correction for industrial applications
Optics Express, Vol.26 (2018), No.10, pp.12558-12568, urn:nbn:de:0011-n-4942007, doi/10.1364/OE.26.012558
- Phutane, U.; Roller, M.; Leyendecker, S.
Optimal control simulations of two finger grasping
Proceedings in applied mathematics and mechanics. PAMM, Vol.18 (2018), No.1, Art. e201800358, 2 pp., doi/10.1002/pamm.201800358
- Prill, T.
Computational modeling of functionalized membranes performance
TH Aachen -RWTH-: 17th Aachener Membran Kolloquium 2018: 14th-15th November 2018, Aachen. Aachen: Druck & Verlagshaus Mainz, 2018, pp. 211-216
- Rajala, T.; Redenbach, C.; Särkkä, A.; Sormani, Martina
A review on anisotropy analysis of spatial point patterns
- Spatial statistics, Vol.28 (2018), pp.141-168, doi/10.1016/j.spaSta.2018.04.005
- Rau, S.; Nied, C.; Schmidt, S.; Niedziela, D.; Lindner, J.; Sommer, K.
Multi-phase simulation of pneumatic conveying applying a hydrodynamic hybrid model for the granular phase
Powder Technology, Vol.330 (2018), pp.339-348, doi/10.1016/j.powtec.2018.02.041
- Rawal, A.; Rao, P.V.K.; Kumar, V.
Deconstructing three-dimensional (3D) structure of absorptive glass mat (AGM) separator to tailor pore dimensions and amplify electrolyte uptake
Journal of power sources, Vol.384 (2018), pp.417-425, doi/10.1016/j.jpowsour.2018.02.072
- Reinhard, R.; Kleer, M.; Dreßler, K.
Effects of individual reactions to driving simulators on emergency braking reaction times
Driving Simulation Association -DSA-: DSC Europe 2018, 17th Driving Simulation & Virtual Reality Conference & Exhibition: Antibes, September 5-7, 2018. Antibes, 2018, pp. 211-216
- Reséndiz-Flores, E.; Kuhnert, J.; Saucedo-Zendejo, F.
Application of a generalized finite difference method to mould filling process
European journal of applied mathematics, Vol.29 (2018), No.3, pp.450-469, doi/10.1017/S0956792517000249
- Roclawski, H.; Knapp, A.; Geil, C.; Böhle, M.; Krieg, H.; Nowak, D.; Bortz, M.; Hausen, W.; Württemberger, H.; Jaubert, S.; Mazur, K.
H2Opt - Eine Software zur Entscheidungsunterstützung für die Planung und den Betrieb von Trinkwasserversorgungsanlagen
Energie-, Wasser-Praxis, Vol.69 (2018), No.3, pp.30-33
- Roskos, H. G.; Bauer, M.; Keštutis, I.; Ludwig, F.; Lisauskas, A.
THz detection with field-effect transistors: The role of plasma waves and of thermoelectric contributions

- Institute of Electrical and Electronics Engineers -IEEE-: IRMMW-THz 2018, 43rd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves: 9-14 September 2018, Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan. Piscataway, NJ: IEEE, 2018, 1 pp., doi/10.1109/IRMMW-THz.2018.8510444
- Rothammer, M.; Heep, M.-C.; Freymann, G. von; Zollfrank, C. **Enabling direct laser writing of cellulose-based submicron architectures** Cellulose, Vol.25 (2018), No.10, pp.6031-6039, doi/10.1007/s10570-018-2002-1
- Sandmann, K.; Leyendecker, T.; Burger, M.; Speckert, M. **Ableitung von feldrelevanten Lastkollektiven mittels Stochastischer Verkehrssimulation** Deutscher Verband für Materialforschung und -prüfung e.V. -DVM-, Berlin: Effiziente Auslegung und Absicherung in der Betriebsfestigkeit: 45. Tagung des Arbeitskreises Betriebsfestigkeit, 26. und 27. September 2018, Stuttgart/Renningen. Berlin: DVM, 2018. (DVM-Bericht 145), pp. 109-122
- Scherpelz, M.; Plieske, M.; Gottwald, A.; Halfmann, T.; Weyh, T. **Use of virtual measurement campaigns in transmission development** Berns, K.: Commercial Vehicle Technology 2018. 5th Commercial Vehicle Technology Symposium, CVT 2018. Proceedings: Held on March 13 to 15, 2018 at the Technische Universität Kaiserslautern. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2018, pp. 129-139, doi/10.1007/978-3-658-21300-8_11
- Schneider, F.; Bilger, F.; Linn, J.; Dreßler, K. **Digitale Absicherung und simulationsbasierte Lastdaten dynamisch beanspruchter Hochvoltleitungen** VDI-Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik: 19. VDI-Kongress „SIMVEC - Simulation und Erprobung in der Fahrzeugentwicklung“ 2018: Baden-Baden, 20./21. Nov. 2018, CD-ROM. Düsseldorf: VDI-Verlag, 2018. (VDI-Berichte 2333), pp. 427-433
- Schneider, F.; Linn, J. **Simulation-based load data analysis for cables and hoses in vehicle assembling and operation** Berns, K.: Commercial Vehicle Technology 2018. 5th Commercial Vehicle Technology Symposium, CVT 2018. Proceedings: Held on March 13 to 15, 2018 at the Technische Universität Kaiserslautern. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2018, pp. 518-529, doi/10.1007/978-3-658-21300-8
- Schneider, M.; Hofmann, T.; Andrä, H.; Lechner, P.; Ettemeyer, F.; Volk, W.; Steeb, H. **Modelling the microstructure and computing effective elastic properties of sand core materials** Internat. Journal of Solids and Structures, Vol.143 (2018), pp.1-17, info: doi/10.1016/j.ijsolstr.2018.02.008
- Schütte, J.; Fridgen, G.; Prinz, W.; Rose, T.; Urbach, N.; Hoeren, T.; Guggenberger, N.; Welzel, C.; Holly, S.; Schulte, A.; Sprenger, P.; Schwede, C.; Weimert, B.; Otto, B.; Dalheimer, M.; Wenzel, M.; Kreuzer, M.; Fritz, M.; Leiner, U.; Nouak, A.; Prinz, W. (Ed.); Schulte, A. T. (Ed.) **Blockchain and smart contracts: Technologies, research issues and applications** München: Fraunhofer-Gesellschaft, 2018, urn:nbn:de:0011-n-4972169
- Seifarth, Tobias; Meister, A.; Iske, A. **Numerische Algorithmen für gitterfreie Methoden zur Lösung von Transportproblemen** Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2018, Zugl.: Kassel, Univ., Diss., 2017, ISBN 978-3-8396-1269-9, urn:nbn:de:0011-n-4799954
- Shahzad, F.; Kreuzer, M.; Zeiser, T.; Machado, R.; Pieper, A.; Hager, G.; Wellein, G. **Building and utilizing fault tolerance support tools for the GASPI applications** International Journal of high Performance Computing Applications, Vol.32 (2018), No.5, pp.613-626, doi/10.1177/1094342016677085
- Shiryaev, V.; Neusius, D.; Orlik, J. **Extension of one-dimensional models for hyperelastic string structures under Coulomb friction with adhesion** Lubricants, Vol.6 (2018), No.2, Art. 33, 18 pp., doi/10.3390/lubricants6020033
- Simmendinger, C.; Iakymchuk, R.; Akhmetova, D.; Cebamano, L.; Bartsch, V.; Rotaru, T.; Rahn, M.; Laure, E.; Markidis, S. **Interoperability strategies for GASPI and MPI in large scale scientific applications** Zenodo. Online resource, (2018), 12 pp., doi/10.5281/zenodo.1206293
- Speckert, M.; Lübke, M.; Wagner, B.; Anstötz, T.; Haupt, C. **Representative road selection and route planning for commercial vehicle development** Berns, K.: Commercial Vehicle Technology 2018. 5th Commercial Vehicle Technology Symposium, CVT 2018. Proceedings: Held on March 13 to 15, 2018 at the Technische Universität Kaiserslautern. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2018, pp. 117-128, doi/10.1007/978-3-658-21300-8_10
- Staub, S.; Andrä, H.; Kabel, M. **Fast FFT based solver for rate-dependent deformations of composites and nonwovens** International Journal of Solids and Structures, Vol.154 (2018), pp.33-42, doi/10.1016/j.ijsolstr.2016.12.014
- Suchde, Pratik; Klar, A.; Seibold, B. **Conservation and accuracy in meshfree generalized finite difference methods** Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2018, Zugl.: Kaiserslautern, TU, Diss., 2018, ISBN 978-3-8396-1325-2, urn:nbn:de:0011-n-4940214, urn:nbn:de:0011-n-494021-10
- Suchde, Pratik; Kuhnert, Jörg **Point cloud movement for fully Lagrangian meshfree methods** Journal of computational and applied mathematics, Vol.340 (2018), pp.89-100, doi/10.1016/j.cam.2018.02.020
- Suchde, P.; Kuhnert, J.; Tiwari, S. **On meshfree GFDM solvers for the incompressible Navier-Stokes equations** Computers and fluids, Vol.165 (2018), pp.1-12, doi/10.1016/j.comfluid.2018.01.008
- Temocin, B.Z.; Korn, R.; Selcuk-Kestel, A.S. **Constant proportion portfolio insurance in defined contribution pension plan management** Annals of operations research, Vol.266 (2018), No.1-2, pp.329-348, doi/10.1007/s10479-017-2449-8
- Temocin, B.Z.; Korn, R.; Selcuk-Kestel, A.S. **Constant proportion portfolio insurance in defined contribution pension plan management under discrete-time trading** Annals of operations research, Vol.260 (2018), No.1-2, pp.515-544, doi/10.1007/s10479-017-2638-5
- Vogel, M.; Aßmann, R.; Pirro, P.; Chumak, A.V.; Hillebrands, B.; Freymann, G. von **Control of spin-wave propagation using magnetisation gradients** Scientific Reports, Vol.8 (2018), Art. 11099, 10 pp., urn:nbn:de:0011-n-5065113, doi/10.1038/s41598-018-29191-2
- Vrabec, J.; Bernreuther, M.; Bunggartz, H.-J.; Chen, Wei-Lin; Cordes, W.; Fingerhut, R.; Glass, C. W.; Gmehling, J.; Hamburger, R.; Heilig, M.; Heinen, M.; Horsch, M. T.; Hsieh, Chieh-Ming; Hülsmann, M.; Jäger, P.; Klein, P.; Knauer, S.; Köddermann, T.; Köster, A.; Langenbach, K.; Lin, Shiang-Tai; Neumann, P.; Rarey, J.; Reith, D.; Rutkai, G.; Schappals, M.; Schenk, M.; Schedemann, A.; Schönherr, M.; Seckler, S.; Stephan, S.; Stöbener, K.; Tchipev, N.; Wafai, A.; Werth, S.; Hasse, H. **SkaSim - Skalierbare HPC-Software für molekulare Simulationen in der chemischen Industrie** Chemie- Ingenieur- Technik, Vol.90 (2018), No.3, pp.295-306, doi/10.1002/cite.201700113
- Waller, E.H.; Freymann, G. von **From photoinduced electron transfer to 3D metal microstructures via direct laser writing** Nanophotonics, Vol.7 (2018), No.7, pp.1259-1277, urn:nbn:de:0011-n-

4972941, doi/10.1515/nanoph-2017-0134

Wischnowski, M.; Bücher, D.; Gramsch, S.; Schmeißer, A.; Paul, L.; Heidenreich, R.

System for generating setting suggestions for cross winders on the basis of a simulation
Melliand international, Vol.24 (2018), No.2, pp.71-72

Wlazlo, J.; Pinnau, R.; Burger, M.
Elastic image registration with strong mass preserving constraints
Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2018, Zugl.: Kaiserslautern, TU, Diss., 2017, ISBN 978-3-8396-1322-1, urn:nbn:de:0011-n-4904862

Wolf, F.; Ebermann, P.; Lackner, F.; Mosbach, Dennis; Scheuerlein, C.; Schladitz, Katja; Schoerling, D.
Characterization of the stress distribution on Nb3Sn Rutherford cables under transverse compression
IEEE transactions on applied superconductivity, Vol.28 (2018), No.3, Art. 8400106, 6 pp., doi/10.1109/TASC.2017.2780850

Wu, Xia; Rodriguez-Gallegos, F. L.; Heep, M.-C.; Schwind, B.; Li, G.; Fabritius, H.-O.; Freymann, G. von; Förstner, J.
Polarization conversion effect in biological and synthetic photonic diamond structures
Advanced optical materials, Vol.6 (2018), No.24, Art. 1800635, doi/10.1002/adom.201800635

Zdanevicius, J.; Cibraite, D.; Ika-mas, K.; Bauer, M.; Matukas, J.; Lisauskas, A.; Richter, H.; Hagel-schuer, T.; Krozer, V.; Hübers, H.-W.; Roskos, H. G.
Field-effect transistor based detectors for power monitoring of THz quantum cascade lasers
IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology, Vol.8 (2018), No.6, pp.613-621, doi/10.1109/THZ.2018.2871360

Vollständige bibliografische Angaben finden Sie unter: publica.fraunhofer.de/institute/itwm/2018

Assmann, Carl
Deep Learning Strategies for Vehicle Collision Prevention
Masterarbeit, Uni der Bundeswehr München, FB Elektrotechnik und Informationstechnik

Bergner, Tim
Network Flows and Packing Problems with Bundle Constraints
Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Biedinger, Christine
Automatic usage modeling for automotive applications
Dissertation TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Boidol, Oliver
Digitale Phasenregelung eines Ultrakurzpuls-Lasers
Masterarbeit, Hochschule Konstanz, Fakultät Elektro- und Informations-technik

Diehl, Maximilian
Long Term Stability of the Balance Sheet of a Life Insurer
Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Föhist, Sonja
3D Image Analysis of Capillary Vessels in Mouse Organs
Dissertation TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Gilberg, Dominik
Continuum models for bi-disperse granular material flows capturing the process of size segregation
Dissertation TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Hertrich, Christoph
Scheduling a Proportionate Flow Shop of Batching Machines
Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Hofmann, Tobias
Phase-field methods for deformation and degradation processes in lithium-ion batteries
Dissertation TU Kaiserslautern, FB Maschinenbau und Verfahrenstechnik

Jouahri, Omar
Konzeptionierung, Aufbau und Programmierung eines vollautomatisierten Charakterisierungsaufbaus für Terahertz-Antennen
Masterarbeit, HTW Saarbrücken, FB Ingenieurwissenschaften

Kranz, Robert
Positionsbestimmung mittels einer inertialen Messeinheit zur 3D-Terahertz-Bildgebung
Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Maschinenbau und Verfahrenstechnik

Küsters, Ferdinand
Switch Observability for Differential-Algebraic Systems / Analysis. Observer Design and Application to Power Networks
Dissertation TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Lehne, Niklas
Simulation und Modellierung nicht-Newton'schen Fluidverhalten mit der Finite Pointset Method
Masterarbeit, Uni Kassel, Mathematik und Naturwissenschaften

May, Karl Henrik
Design, Setup and Characterization of an Electronic Terahertz Measurement System Featuring Sensor Fusion
Diplomarbeit, TU Kaiserslautern, FB Physik

Merkert, Dennis
Numerical Homogenization for Linear Elasticity in Translation Invariant Spaces
Dissertation TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Pelz, Philipp
Verlässlichkeit von Regressionsgewichten bei der Modell Anpassung von Fließbildsimulationen an Betriebsdaten
Masterarbeit, TU Berlin, FB Prozess- und Verfahrenstechnik

Reinbold, Christian
Computation of the GITfan using a massively parallel implementation
Masterarbeit, Hochschule Konstanz, FB Mathematik und Physik

Ritter, Juliane
Optimization of Distillation Systems
Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Suchde, Pratik
Conservation and Accuracy in Meshfree Generalized Finite Difference Methods
Dissertation TU Kaiserslautern, FB Mathematik

Tien Ha Chu
Inspection Simulation Enhancement using Realistic Camera Model And Image Registration
Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Informatik

Yeromenko, Ivan
Nonparametric Estimation of the Spherical Granulometry Distribution
Masterarbeit, TU Kaiserslautern, FB Mathematik

VORTRÄGE

- Ackermann, Heiner
Einschnittoptimierung im Sägewerk
GOR Tagung Entscheidungstheorie und Praxis, Kaiserslautern, März
- Ackermann, Heiner; Diessel, Erik
Playing Dominos to Optimize Production Plans
OR 2018: International Conference on Operations Research, Brüssel (B), September
- Ackermann, H.; Dinges, A.; Diessel, E.
Coping with hard problems in practice – An efficient algorithm for a packing problem in sawmills
13th Symposium on Future Trends in Service-Oriented Computing, Hasso-Plattner-Institut, Potsdam, April
- Ackermann, Heiner; Ewe, Hendrik; Kopfer, Herbert; Schröder, Michael
Production Scheduling – Learning from other Industry Sectors
Intern. Workshop: "Mathematical Methods in Process Engineering: Digitization in the Chemical Industry", Kaiserslautern, September; Pro3-Seminar „Digital Methods in Product and Process Development“, Kompetenznetz Verfahrenstechnik Pro3 e.V., Kaiserslautern, April
- Andrä, Heiko
Direkte numerische Simulation von Materialeigenschaften auf 3D-Bilddaten von porösen Materialien und Verbundwerkstoffen
68. Heidelberger Bildverarbeitungsforum, 3D+ Bildanalyse und –visualisierung, Heidelberg, März
- Andrä, H.; Hofmann, T.; Niedziela, D.; Rau, S.; Steiner, K.
Multi-scale simulation methods for bulk material handling of ceramic process
93. DKG-Jahrestagung und Symposium Hochleistungskeramik, Keynote Prozesssimulation, Messe München, April
- Angermann, M.-C.; Meiers, D.; von Freymann, G.
A simple model mimicking the white beetles
EOS Topical Meeting on Waves in Complex Photonics Media, Anacapri (I), Juni
- Angermann, M.-C.; Rothhammer, M.; Zollfrank, C.; von Freymann, G.
Cellulose-based photoresist for Two-Photon-Lithography
DPG Frühjahrstagung 2018, Berlin, März
- Angermann, M.-C.; Rothhammer, M.; Zollfrank, C.; von Freymann, G.
Towards a cellulose-based photoresist
SPIE Photonics West 2018, San Francisco (USA), Januar/Februar
- Asprion, Norbert; Ritter, Juliane; Böttcher, Roger; Bortz, Michael
Model-based Design of Experiments Using a Flowsheet-Simulator
28th European Society of Computer-Aided Process Engineering (ESCAPE), Graz (A), Juni
- Abmann, R.; Vogel, M.; Chumak, A. V.; Hillebrands, B.; von Freymann, G.
Spin-Wave Optics in Magnetization Landscapes
DPG Frühjahrstagung 2018, Berlin, März; Joint European Magnetic Symposia 2018; Mainz, September
- Bauer, M.; Keil, A.; Matheis, C.; Jonuscheit, J.; Moor, M.; Denman, D.; Bramble, J.; Savage, N.; Friederich, F.
Volume Inspection Of Composite Structures In Aircraft Radomes With FMCW Terahertz Radar At 100 And 150 GHz
43rd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW THz-2018), Nagoya (J), September
- Bauer, Maris
Plasmonic and thermoelectric terahertz detection with broadband antenna-integrated aIGaN/GaN hEMTs and graphene FETs
9. THz Frischlingtreffen, Kaiserslautern, März
- Bauer, M.; Keil, A.; Matheis, C.; Jonuscheit, J.; Moor, M.; Denman, D.; Bramble, J.; Savage, N.; Friederich, F.
Radome Inspection with FMCW Terahertz Radar at 100 and 150 GHz
11. UK-Europa-China-Konferenz zu Millimeterwellen und Terahertz-Technologien UCMMT, Hangzhou (CHN), September
- Boidol, Oliver
FGa basierte Regelung eines ECOPS THz- TDS Systems
9. THz Frischlingtreffen, Kaiserslautern, März
- Bortz, Michael
Aus anderen Branchen lernen: Beispiele für den industriellen Nutzen von Digitalisierungsansätzen
ERWAS - Anwenderworkshop H2Opt „Software zur Anlagenoptimierung bei Trinkwasserversorgung – Ergebnisse der Fördermaßnahme ERWAS, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Dechema, Frankfurt, Juni
- Bortz, Michael
Enhancing the efficiency of flowsheet simulation by surrogate models
Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgemeinschaft "Prozess-, Apparate- und Anlagentechnik" PAAT 2018, Köln, November
- Bortz, Michael
Experimental Design in a Multi-criteria Optimization Context: An Adaptive Scheme
9th Vienna International Conference on Mathematical Modelling MathMod 2018, Wien, Februar
- Bortz, Michael
Flowsheet simulation and optimization supported by machine learning methods
ProcessNet-Jahrestagung, Aachen, September
- Bortz, Michael
From Data to Models, from Models to Data - a Mathematical Perspective
Sommersemester für Reaktionstechnik und Katalytik, Dechema-Haus, Frankfurt, August
- Bortz, Michael
Grey Box: Integration von Anwendungswissen in Lernverfahren
Fraunhofer-Symposium »Netzwert« 2018, München, Februar
- Bortz, Michael
Supporting Flowsheet Simulation by Machine Learning
- International Workshop: "Mathematical Methods in Process Engineering: Digitization in the Chemical Industry", Kaiserslautern, September
- Bortz, Michael; Weiß, Horst
Digital Methods in Product Development at BASF
Pro3-Seminar „Digital Methods in Product and Process Development“, Kompetenznetz Verfahrenstechnik Pro3 e.V., Kaiserslautern, April
- Burger, Michael
Bayesian Road Roughness Estimation
5th European Conference on Computational Optimization - EUCCO 2018, Trier, September
- Burger, Michael
Digitale Umgebungsdaten für die Fahrzeugentwicklung – Entwickeln, Testen und Prüfen von Fahrerassistenzsystemen unter Berücksichtigung realistischer Nutzungsszenarien
Workshop SCT2018 - Scientific Computing und Verkehr – Die Mobilität der Zukunft, Heidelberg, Oktober
- Burger, M.; Carlqvist, C.; Ekevid, T.; Steidel, S.; Weber, D.
Multiphysics Simulation of Construction Equipment
Commercial Vehicle Technology, Kaiserslautern, März
- Burger, Michael; Speckert, Michael
Modellierung von Straßenunebenheiten als Anregung von Fahrzeugen
DVM Fortbildungsseminar 'Zuverlässigkeit und Probabilistik', Ingolstadt, November
- Burger, Michael; Speckert, Michael
VMC® Geo Referenced Data for Vehicle Development
Kick-Off Workshop ASAM Open-SCENARIO, Kaiserslautern, November
- Burger, M.; Speckert, M.; Dreßler, K.
Nutzungsspezifische Vorhersage von Beanspruchung und Energieverbrauch
SIMVEC – Simulation und Erprobung in der Fahrzeugentwicklung, Baden-Baden, November

- Burger, Michael; Speckert, Michael; Müller, Roland; Weiberle, Daniel
Model-Based Identification Of Road Profiles and Road Roughness Indicators Using Vehicle Measurements
Commercial Vehicle Technology, Kaiserslautern, März
- Calabrese, F.; Bäcker, M.; Gallrein, A.
Advanced methods for tire handling analysis, characterization and parameterization with CDTire
Tire technology EXPO 2018, Hannover, Februar
- Calabrese, F.; Bäcker, M.; Gallrein, A.
How to handle the brunch of potential tire/wheel sizes in the early vehicle development process
Symposium SAE BRASIL de Testes e Simulações, Sao Paolo (BR), September
- Calabrese, Francesco; Dusini, Luca; Bäcker, Manfred; Gallrein, Axel
Managing the variety of potential tire / wheel sizes in the early vehicle development process
International Munich Chassis Symposium, München, Juni; VI-grade Users Conference, Lainate (I), Mai
- Cappel, Caroline
Schnelle cW-Terahertz-Schichtdickenbestimmung mit Hilfe einer GP-GPU
9. THz Frischlingtreffen, Kaiserslautern, März
- Cesarek, Peter; Dörlich, Vanessa; Linn, Joachim; Diebels, Stefan
Modeling of inelastic bending of cables using constitutive laws for cosserat rods
6th European Conference on Computational Mechanics (ECCM 6); 7th European Conference on Computational Fluid Dynamics (ECFD 7), Glasgow (GB), Juni
- Danielsson, P.-O.; Ekevid, T.; Kumar, M.; Rothmann, T.; Wilhelmsson, M.
Articulated Hauler Load Simulations
Commercial Vehicle Technology, Kaiserslautern, März
- Dobrovolskij, D.; Schladitz, K.
Local 3D Fiber Orientation Analysis for Fiber Reinforced Composite Materials
4th International Congress on 3D Materials Science (3DMS 2018), Helsingør (DK), Juni
- Diez, Franziska
The Evolution of Yield Curves in 2 Factor Hull White Models
ICA, World Congress of Actuaries, Berlin, Juni
- Diller, Rolf; Hauth, Jan
Modelling and assessment of spectroscopic data by Bayesian estimation methods
BioComp-Symposium, Klostermühle Alsenz, Dezember
- Dobrovolskij, Dascha
Simulation of Ultrasound Scattering Effects in a Polycrystalline Titanium Based on 3D Full-field X-ray Microscopy
Materials Science and Engineering 2018. Darmstadt, September
- Dreßler, K.; Pena Vina, E.; Rothmann, T.
Environmental Data for vehicle engineering - Pointcloud based scenarios
VI-grade Users Conference, Lainate (I), Mai
- Ecke, N. C.; Höller, J.; Niedermeyer, J.; Klein, P.; Schlarb, A. K.
Simulation hybrider Tribocompounds mittels homogenisierter Materialmodelle
59. Tribologie-Fachtagung, Göttingen, September
- Edelmann, B.; Menstell, P.; Ohser, J.; Osterroth, S.; Steiner, K.
Modeling and simulation of protein transport processes in chromatographic media using experiments and confocal laser scanning microscopy
ACHEMA, Frankfurt, Juni
- Edelmann, B.; Menstell, P.; Ohser, J.; Osterroth, S.; Schwämmle, A.; Steiner, K.
Modeling and Simulation of Protein Transport Processes in Chromatographic Media
Mathematical methods in process engineering - digitization in the chemical industry, Kaiserslautern, September
- Eiffler, Matthias; Hering, Julian; von Freymann, Georg; Seewig, Jörg
3D printing of material measures for areal surface texture
SPIE Photonics Europe, Strasbourg (F), April
- Eimer, M.; Borsche, R.; Siedow, N.
A local time stepping method for district heating networks
ECMI 2018, Budapest (Ungarn), Juni
- Ellrich, F.; Klier, J.; Weber, S., Molter, D., Jonuscheit, J.; von Freymann, G.
Terahertz thickness determination for industrial applications: challenges and solutions
SPIE Photonics West 2018, San Francisco (USA), Januar/Februar
- Ellrich, F.; Molter, D.; Jonuscheit, J.; von Freymann, G.
Fiber-coupled THz systems for industrial applications
SPIE Photonics West 2018, San Francisco (USA), Januar/Februar
- Ettrich, Norman
High Performance Computing of Seismic Data
DGMK Workshop "Digital Oil Field, Where are we? Where are we going?", Hannover, November
- Fend, Chiara; Moghiseh, Ali; Stephani, Henrike; Weibel, Thomas
Object Detection on Supermarket Shelves with a Deep Network
European Machine Vision Forum 2018 – EMVA, Bologna (I), September
- Fraundorfer, W.; Kuhnert, J.; Pena Vina, E.; Weyh, T.
Auslegung von mobilen Schwimmbrücken und Arbeitsplattformen
Commercial Vehicle Technology, Kaiserslautern, März
- Friederich, Fabian
Millimeter-wave imaging solutions for non-destructive testing
SPIE Photonics West 2018, San Francisco (USA), Januar/Februar
- Friederich, Fabian
Non-destructive radome inspection
8th International Workshop on Terahertz Technology and Applications, Kaiserslautern, März
- Friederich, F.; May, K. H.; Baccouche, B.; Matheis, C.; Bauer, M.; Jonuscheit, J.; Moor, M.; Denman, D.; Bramble, J.; Savage, N.
Radome Inspection with Terahertz Waves
ECNDT 2018, Göteborg (S), Juni; 10th Internat. Symposium on NDT in Aerospace, Dresden, Oktober
- Gospodnetic, Petra
Inspection 4.0–Let's make it agile
European Machine Vision Association Business Conference, Juni
- Gospodnetic, Petra
Understanding the World Through Images
UWC, Birkenfeld, Januar 2019
- Gospodnetic, P.; Banesh, D.; Wolfram, P.; Petersen, M.; Hagen, H.; Ahrens, J.; Rauhut, M.
Ocean Current Segmentation at Different Depths and Correlation with Temperature in a MPAS-Ocean Simulation
IEEE VIS 2018, Oktober
- Gospodnetic, P.; Spies, M.; Rauhut, M.
Image based surface microgeometry modeling for complex surfaces
12th European Conference on Non-Destructive Testing (ECNDT 2018), Göteborg (S), Juni
- Gottschalk, Simon; Burger, Michael
Reinforcement Learning in order to control biomechanical Applications
ECMI 2018 - The 20th European Conference on Mathematics for Industry, Budapest (H), Juni
- Gramsch, Simone
Maschinelles Lernen in der Textilindustrie
Hofer Vliesstofftage, Hof, November
- Gramsch, Simone
Simulation of spunbond and meltblown processes for filter media production
Filtech 2018, Köln, März
- Gramsch, Simone; Kramer, Stephan
Modellierung und Simulation von Vliesstoffen und Batterien – Physik am Fraunhofer ITWM
jDPG Berufsvorbereitungssseminar, Mainz, Oktober
- Grindel, Ria
MLMC for stochastic delay differential equations in a biochemical setting

European Consortium for Mathematics in Industry (ECMI), Budapest (H), Juni

Heidgen, M.; Schneider, J.
Optimierung der ambulanten medizinischen Versorgung im ländlichen Raum (HealthFaCT)
GOR-Arbeitsgruppe „Health Care Management“, Augsburg, Februar

Heller, Till
A combinatorial exchange model for the future electricity market
22nd Workshop on Future Research in Combinatorial Optimization FRICO 2018, Chemnitz, August

Helmling, M.; Ackermann, H.; Jami, N.; Schneider, J.; Küfer, K.-H.
Business Continuity Planning for Supply Chain Disruptions – How to assess the risk of catastrophic supply disruptions in a supply chain: A bi-objective modelling approach
OR 2018: International Conference on Operations Research, Brüssel (B), September

Hering, J.; Eifler, M.; Hofherr, L.; Ziegler, C.; Seewig, J.; von Freymann, G.
Two-photon laser lithography in optical metrology: calibration
SPIE Photonics West 2018, San Francisco (USA), Januar/Februar

Hering, J.; Waller, Erik H.; von Freymann, G.
Additive Manufacturing of Three-Dimensional Surfaces
MICOS 2018, Kaiserslautern, März

Hering, J.; Waller, Erik H.; von Freymann, G.
Three-dimensional μ -Printing: An enabling Technology
International Conference on Photo-Excited Processes and Applications, Vilnius (LT), September

Hietel, Dietmar; Andrä, Heiko; Arne, Walter; Steiner, Konrad
Modeling and simulation of glass fiber processes and composites
IGS 2018, Aachen, Oktober

Hietel, D.; Arne, W.; Feßler, R.; Schnebele, J.; Wieland, M.
Fiber-Fluid Interaction: Modeling, Analysis, Simulation and Optimization
GFC 2018, Dornbirn (A), September

Hietel, D.; Iliev, O.; Manvelyan, D.; Mohring, J.; Shklyar, I.; Schmeißer, A.
Charakterisierung der Stochastik in Vliesstoffen und deren Einfluss auf seine funktionalen Eigenschaften
Symposium Textile Filter 2018, Chemnitz, April

Hietel, D.; Iliev, O.; Manvelyan, D.; Mohring, J.; Shklyar, I.; Schmeißer, A.
Study of the influence of the filter media heterogeneity on filter performance
Filttech 2018, Köln, März

Hinderks, Wiegner
A structural Heath-Jarrow-Morton framework for consistent intraday, spot, and futures electricity prices
Commodity and Energy Markets Association Annual Meeting, Rom (I), 2018, Juni

Hinderks, Wiegner
Pricing German Energiewende products: intraday cap/floor futures
International Ruhr Energy Conference, Essen, September

Hofmann, Tobias
Phase-Field Methods for Deformation Processes in Lithium-Ion Batteries
Promotionsvortrag, Kaiserslautern, Januar

Hofmann, T.; Zausch, J.; Andrä, H.; Müller, R.
Electro-chemo-mechanical simulation of 3D-microstructures for lithium-ion batteries
15th Symposium on Modeling and Experimental Validation of Electrochemical Energy Devices MODVAL, Aarau (CH), April; European Conference on Computational Mechanics ECCOMAS, Glasgow (GB), Juni; Physics & Mechanics of Random Media: From Morphology to Material Properties, International Workshop in Honor of Dominique Jeulin, Ile d'Oleron (F), Juni

Hofmann, T.; Zausch, J.; Latz, A.; Biebl, F.; Glatt, I.; Wagner, C.
Battery analysis with Battery-Dict and BEST
GeoDict User-Meeting, Nagoya (J), November

Hohmann, R.; Leithäuser, C.
Shape optimization of liquid polymer distributors
ECMI 2018, Budapest (H), Juni

Höller, Johannes
Adjusting substance property data in an industrial context
International Workshop: "Mathematical Methods in Process Engineering: Digitization in the Chemical Industry"

Horsky, Roman
Risikomanagement: Modellierung von Versicherungsprodukten
Symposium »Netzwerk«, München, Februar

Iliev, Oleg
ExaDUNE: Flexible PDE Solvers, Numerical Methods and Applications: Toward exascale computation of UQ using MLMC
Invited talk RICAM Colloquium, Linz (A), Januar

Iliev, O.; Prill, T.; Gavrilenko, P.
Reactive Flows in Porous Media: PoreChem Software Tool
Research seminar Corning, St. Petersburg, November; Kaiserslautern, September

Iliev, Oleg; Prill, Torben; Greiner, Robert; Votsmeier, Martin
Simulation of Filtration in a Catalytic Filter Wall
InterPore, New Orleans (USA), Mai

Iliev, O.; Prill, T.; Nessler, Katie; Printsypar, G.; Lakdawala, Z.; Greiner, R.; Votsmeier, M.; Mikelic, A.
On pore scale simulation of reactive flow
Invited talk Digital Core Workshop, Qingdao (CHN), Juli; Workshop Multiscale and Model Reduction Methods, Yakutsk (RUS), August; Digitalization in the chemical industry, Kaiserslautern, September

Iliev, Oleg; Prill, Torben; Printsypar, Galina; Nessler, Katie
Computational modeling of functionalized membranes' performance
Aachen Membrane Kolloquium, Aachen, November

Iliev, Oleg; Vabishchevich, Petr
Computational identification of adsorption and desorption

parameters for pore scale transport in periodic porous media
Multiscale methods and Large-scale Scientific Computing, Moscow (RUS), August

Jonuscheit, J.; Weber, S.; Klier, J.; Molter, D.; von Freymann, G.
Berührungslose, robotergestützte Schichtdickenmessung im industriellen Umfeld
DGZFP Jahrestagung, Leipzig, Mai

Jonuscheit, Joachim
Available Current Instrumentation for THz
European Microwave Week 2018, Madrid (E), September

Jonuscheit, Joachim
Bildgebende Verfahren zur Detektion von Gefahrstoffen
Seminar VS 10.06 Detektion von Explosivstoffen, CCG-Gesellschaft, Pfinztal, November

Jonuscheit, Joachim
Künftige Entwicklungen der Terahertz-Technik zur zerstörungsfreien Prüfung von Verbundmaterialien
DGZFP Seminar Zerstörungsfreie Prüfung an GFK und GFK-Klebeverbindungen, Wittenberge, August

Jonuscheit, Joachim
Schichtdickenmessung im industriellen Umfeld mittels Terahertz-Technik
18. Stuttgarter Branchentreff: Farbe – Lack – Oberfläche, Stuttgart, November

Jonuscheit, Joachim
Terahertz-Aktivitäten am Fraunhofer ITWM
DGZFP-Seminar, Fachausschuss Mikrowellen- und Terahertzverfahren, Würzburg, November

Jonuscheit, Joachim
Terahertz-Technik und Auswertemethoden zur Dickenmessung
220. Sitzung des DGZFP-Arbeitskreises, Stuttgart, Februar

Jonuscheit, Joachim
Zerstörungsfreie Prüfung keramischer Bauteile mit Terahertz-Messtechnik
Deutsche Keramische Gesellschaft DKG FA 3 "Verfahrenstechnik", Mettlach, Mai

- Jonuscheit, J.; Klier, J.; Molter, D.; Weber, S.; von Freymann, G.
Contact-free, robot-assisted coating thickness measurement in the industrial environment
ECNDT 2018, Göteborg (S), Juni
- Jörg, C.; Cherpakova, Z.; Letscher, F.; Dauer, C.; Schulz, J.; Eggert, S.; Fleischhauer, M.; Linden, S.; von Freymann, G.
Waveguides for Quantum Optics: 3D-Micro-Printing and Topological Insulators
Universidad Autonoma de Barcelona, Barcelona (E) Juni
- Jörg, C.; Dauer, C.; Letscher, F.; Fleischhauer, M.; Eggert, S.; von Freymann, G.
Transitions between States in Topological Waveguide Systems by Local Time-Periodic Driving
Nanop 2018, Rom (I), Oktober
- Jörg, C.; Letscher, F.; Dauer, C.; Pelster, A.; Eggert, S.; Fleischhauer, M.; von Freymann, G.
Driving Transitions between States in Topological Systems
DPG Frühjahrstagung 2018, Erlangen, März
- Jouahri, Oumar
Konzeptionierung, Aufbau und Programmierung eines vollautomatisierten Charakterisierungsaufbaus für Terahertz-Antennenmodule
9. THz Frischlingtreffen, Kaiserslautern, März
- Kabel, Matthias
Poroelastic behavior of rocks using Digital Rock Physics
Computational Techniques and Applications Conference (CTAC 2018), Newcastle (AUS)
- Kabel, Matthias; Fritzen, Felix
Automatic derivation of material laws for simulating structural components
MOR Seminar, Stuttgart, Februar
- Kabel, M.; Kirsch, R.; Osterroth, S.; Rief, S.
A Two-Scale Approach for the Computation of Flow through Pleated Filters based on Real Image Data
FILTECH 2018 Conference, Köln, März
- Kabel, M.; Kirsch, R.; Osterroth, S.; Rief, S.; Staub, S.
A two-scale simulation approach for predicting the lifetime of pleated filters with embossing
GeoDict User Meeting 2018, Kaiserslautern, September
- Kabel, M.; Kirsch, R.; Osterroth, S.; Rief, S.; Staub, S.
Including filter media heterogeneities in the simulation of filtration processes
AFS Filtcon, Prior Lake (US), April
- Kabel, M.; Kirsch, R.; Osterroth, S.; Rief, S.; Staub, S.
Simulation of flow and filtration characteristics in consideration of production-related media deformation
European Conf. on Fluid Particle Separation FPS 2018, Lyon (F), Oktober
- Kabel, M.; Kirsch, R.; Osterroth, S.; Rief, S.; Staub, S.
Simulationsgestützte Standzeitanalyse von gefalteten Filtermedien mit inhomogener Materialverteilung
Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppe „Mechanische Flüssigabtrennung“, Merseburg, Februar
- Kabel, M.; Köbler, J.; Fritzen, F.
Fast and Memory Efficient Two-Scale Simulations of Components by Combining Reduced Order Models and Composite Voxel on the Micro-Scale
6th European Conference on Computational Mechanics (ECCM 6), Glasgow (GB), Juni
- Keil, Andreas; Friederich, Fabian
Quantification of Liquids with Terahertz Waves
43rd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW THz-2018), Nagoya (J), September
- Keil, A.; Schreiner, N. S.; Friederich, F.
Thickness Measurements with Multistatic Sparse Arrays
43rd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW THz-2018), Nagoya (J), September
- Keuper, Janis
Introduction to Deep Learning
Gastvortrag Fraunhofer IIS, Februar
- Keuper, Janis
Large Scale ML on HPC Systems
Gastvortrag TU Dresden, Mai
- Kirsch, R.; Osterroth, S.; Rief, S.
Build-up of internal cake in layered filtering media
Filtech, Köln, März
- Kirsch, R.; Osterroth, S.; Rief, S.
Uniformity of media face velocity as an additional criterion for the computer-aided rating of pleated filters
FPS, Lyon (F), Oktober
- Klier, J.; Kharik, D.; Zwetow, W.; Gundacker, D.; Weber, S.; Molter, D.; Ellrich, F.; Jonuscheit, J.; von Freymann, G.
Four-channel terahertz time-domain spectroscopy system for industrial pipe inspection
43rd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW THz-2018), Nagoya (J), September
- Köbler, J.; Kabel, M.; Andrä, H.; Müller, R.; Schneider, M.; Staub, S.; Welschinger, F.
Efficient multiscale methods for viscoelasticity and fatigue of short fiber reinforced polymers
10th European Solid Mechanics Conference ESMC, Bologna (I), Juli
- Köbler, J.; Welschinger, F.; Schneider, M.; Andrä, H.; Kabel, M.; Müller, R.
Efficient multiscale methods for computing the effective viscoelastic and fatigue response of short fiber reinforced thermoplastics
EUROMECH Colloquium 597 on Reduced Order Modeling in Mechanics of Materials, Bad Herrenalb, August
- Kolano, M.; Boidol, O.; Molter, D.; Weber, S.; von Freymann, G.
Single-laser polarization-controlled optical sampling system for THz-TDS
43rd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW THz-2018), Nagoya (J), September
- Korn, Ralf
European Actuarial Journal
ICA, World Congress of Actuaries, Berlin, Juni
- Korn, Ralf
Gemeinsam gegen das Risiko: Geschichte und Prinzipien der Versicherungsmathematik
Tag der Mathematik, Kaiserslautern, Juni
- Korn, Ralf
Ist Altersvorsorge trotz Nullzins möglich?
Nacht, die Wissen schafft, Kaiserslautern, April
- Korn, Ralf
Optimal Portfolios with Stress Scenarios: A Worst-Case Scenario Approach
ICA, World Congress of Actuaries, Berlin, Juni
- Korn, Ralf
Yield Curves, Measure Transformation, and Applications in Chance-Risk Classification of German Pension Products
Hannover-Zürich-Workshop on Insurance Mathematics, Hannover, November
- Kranz, Robert
Implementierung einer positionsmessenden Sensorik in ein Terahertz-Messsystem für die bildgebende Terahertz-Prüfung
9. THz Frischlingtreffen, Kaiserslautern, März
- Krieg, Helene; Schwientek, Jan; Nowak, Dimitri; Küfer, Karl-Heinz
Optimal pump series design via semi-infinite programming
16. EUROPT Workshop on Advances in Continuous Optimization 2018, Almeria (E) Juli
- Krüger, Jens
Cloud Nutzung am Fraunhofer ITWM – Praktische Erfahrungen: Nutzen – Spot Markt und Kosten – Sicherheit Verbindung von On Premise und Cloud Computing am SafecLOUDS.eu Beispiel
Arbeitskreis Strategie und Organisation des ZKI-Vereins, Berlin, November
- Küfer, Karl-Heinz
Optimizing yields in gemstone cutting - mathematics as a driver of process innovation
GOR Tagung Arbeitsgruppe Optimierung, Regenstauf, April

Küfer, Karl-Heinz; Bortz Michael
Industrial Applications of Multi-criteria Decision Support Systems
GOR Tagung Entscheidungstheorie und Praxis, Kaiserslautern, März;
Dagstuhl-Seminar „Personalized Multiobjective Optimization: An Analytics Perspective“, Wadern, Januar

Kuhnert, Jörg
MESHFREE simulations in fluid and continuum mechanics
NAFEMS CFD, Wiesbaden, November

Kuhnert, Jörg
MESHFREE simulations of fluid structure interaction
NAFEMS DACH, Bamberg, Mai

Kurnatowski, M. von; Meier, J.; Thonemann, N.; Babutzka, J.; Bortz, M.
Modeling, multi-criteria optimization and life cycle assessment in electrochemical process engineering
PAAT, Jahrestagung Process-Net-Fachgemeinschaft „Prozess-, Apparate- und Anlagentechnik, Köln, November

Küstners, Ferdinand
Switch observability for differential-algebraic systems
KI-Regelungstechnik, Kaiserslautern, März 2018

Labus, Peter
HP-DLF: Scalable Deep Learning for Supercomputers
High Performance Computing for AI (Workshop at Leibniz-Rechenzentrum), München, Oktober

Laudage, Christian
Severity Modeling of Extreme Insurance Claims
European Actuarial Journal Conference, Leuven (B), September

Leithäuser, C.; Siedow, N.; Hübner, F.; Bazrafshan, B.; Vogl, T. J.
Experimental Validation of a Mathematical Model for Laser-Induced Thermotherapy
ECMI 2018, Budapest (H), Juni

Leithäuser, Neele
Multikriterielle Optimierung und Entscheidungsunterstützung in der Erntekettenlogistik
EULOG 2018: Fachtagung Entscheidungsunterstützung in der Logistik, Linz (A) Oktober

Leoff, Elisabeth
Particle Filtering for Truncated Noise Densities
International Conference on Computational and Financial Econometrics, Pisa (I), Dezember

Linn, Joachim
Dynamical Simulation of Human Motion in Car Assembly by Optimal Control of a Biomechanical Digital Human Multibody Model
Human Modeling and Simulation in Automotive Engineering, Berlin, Oktober

Meier, C.; Durville, D.; Brüls, O.; Gerstmayr, J.; Linn, J.
Modeling and Discretization Approaches for Slender Continua and their Interaction
6th European Conference on Computational Mechanics (ECCM 6); 7th European Conference on Computational Fluid Dynamics (ECFD 7), Glasgow (GB), Juni

Mohammadzadeh, Shiva
Design of a Quasi-Optical Terahertz Line-Scanner
9. THz Frischlingtreffen, Kaiserslautern, März

Mohring, J.; Heidenbluth, M.; Brüggeman, T.
Effizienter FW-Betrieb durch dynamische Netzsimulation
AGFW-Symposium Zukunft Fernwärme, Kaiserslautern, März

Molter, Daniel
Berührungslose Schichtdickenmessung im industriellen Umfeld mit Terahertz-Messtechnik
11. Fraunhofer Vision-Technologie-tag, Jena, Oktober

Molter, Daniel
Vibration compensation for layer thickness measurements in industrial environments
8th International Workshop on Terahertz Technology and Applications, Kaiserslautern, März

Molter, D.; Weber, S.; Pfeiffer, T.; Klier, J.; Bachtler, S.; Ellrich, F.; Jonuscheit, J.; von Freymann, G.
Interferometry-aided terahertz time-domain spectroscopy for robust measurements in reflection

43rd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW THz-2018), Nagoya (J), September

Müller, O.; Moghiseh, A.; Stephani, H.; Rottmayer, N.; Huang, F.
Application of Deep Learning for Crack Segmentation on Concrete Surface
Forum Bildverarbeitung, Karlsruhe KIT und Fraunhofer IOSB, November

Muttray, A.; Reinhard, R.; Rutrecht, H.; Hengstenberg, P.; Tutulmaz, E.; Geißler, B.; Hecht, H.
Simulatorkrankheit: Diagnostik, Auswirkungen auf das Leistungsvermögen und Gegenmaßnahmen bei schlafmedizinischen Untersuchungen
Wissenschaftliches Symposium „Fahrsimulation in der Schlafmedizin – ein Update für Forschung und Praxis“, 26. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Schlaforschung und Schlafmedizin (DGSM), Nürnberg, Oktober

Muttray, A.; Reinhard, R.; Rutrecht, H.; Hengstenberg, P.; Tutulmaz, E.; Geißler, B.; Hecht, H.
Zur Wirkung von Simulatorkrankheit auf die Reaktionszeit bei PKW-Fahrsimulationen
58. Wissenschaftliche Jahrestagung 2018 der deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM), München, März

Nowak, Dimitri
Multicriteria optimization in the water distribution sector
OR 2018: International Conference on Operations Research, Brüssel (B), September; International Workshop: “Mathematical Methods in Process Engineering: Digitization in the Chemical Industry”

Nowak, D.; Krieg, H.; Bortz, M.
Surrogate Models for the Simulation of Complex Water Supply Networks
CCWI-WDSA 2018, Kingston, Ontario (CDN), Juli

Obentheuer, Marius; Roller, Michael; Björkenstam, Staffan; Berns, Karsten; Linn, Joachim

Comparison of different actuation modes of a biomechanical human arm model in an optimal control framework
Internat. Conference on Multibody System Dynamics, Lissabon (P), Juni

Ohser, Joachim; Schladitz, Katja
Mikrostrukturanalyse anhand von 3D-Bilddaten
68. Bildverarbeitungsforum, 3D+ Bildanalyse und -visualisierung, Heidelberg, März

Pena Vina, E.; Kleer, M.; Dreßler, K.
Virtual validation of autonomous vehicles in a 3D Pointcloud
SIMVEC – Simulation und Erprobung in der Fahrzeugentwicklung, Baden-Baden, November

Pfreundt Franz-Josef
Memory Driven Computing
HPC Summit Ljubljana (SLO)

Pfreundt, Franz-Josef
BeeGFS & BeeOND – Use Case Examples & Mapping Capabilities to Customer Requirements
HP CAST 30, Frankfurt, Juni

Pfreundt, Franz-Josef
BeeGFS & BeeOND – Use Cases and Examples
HP CAST 31, Dallas, November

Pfreundt, Franz-Josef
Deep Learning on HPC Systems
HPC Statustagung, Oktober

Phutane, U.; Roller, M.; Björkenstam, S.; Leyendecker, S.
Investigating human thumb models via their range of motion volumes
GAMM, Wien (A), Januar

Phutane, U.; Roller, M.; Leyendecker, S.
Optimal control simulations of two finger grasping
GAMM, Wien (A), Februar

Rahn, Mirko
A directory/cache for leveraging the efficient use of distributed memory by task-based runtime systems
EASC2018, Edinburgh, April 2018

Rahn, Mirko
Abstract memory for task based systems – Attempts, limitations, learnings

- Intertwine Exascale Application Workshop, Edinburgh, April
- Rahn, Mirko
GASPI – Scaling in Dynamic Environments
SIAM PP18, Tokyo (J), März
- Rein, Markus; Mohring, Jan
Stability preserving model order reduction for district heating networks
ECMI 2018, Budapest (H), Juni
- Reinhard, René; Faust-Christmann, Corinna; Lachmann, Thomas
Preconditions for virtual reality avatar effects on real life behavior
51st Conference of the German Society for Psychology (DGPs), Frankfurt a. M., September
- Reinhard, R.; Kleer, M.; Dreßler, K.
Effects of Individual Reactions to Driving Simulators on Emergency Braking Reaction Times
DSC, Antibes (F), September
- Reinhard, R.; Kleer, M.; Dreßler, K.
The role of individual reactions to driving simulators in the design of simulator studies
4th Symposium Driving Simulation SDS, Kaiserslautern, November
- Roldan, D.; Godehardt, M.; Höhn, S.; Redenbach, C.; Schladitz, K.
Reconstruction of porous structures from FIB-SEM: influence of image resolution
Materials Science and Engineering 2018. Darmstadt, September
- Rösch, Ronald
Blick über den Tellerrand der klassischen Oberflächeninspektion
Seminar Inspektion und Charakterisierung von Oberflächen mit Bildverarbeitung, Karlsruhe, Dezember
- Rösch, Ronald
Innovative Verfahren zur Inspektion von industriellen Oberflächen
11. Fraunhofer Vision Technologietag, Jena, Oktober
- Rotaru, Tiberiu
Application Example Running on Top of GPI-Space Integrating D/C
Intertwine Exascale Application Workshop, Edinburgh (GB), April
- Rothammer, M.; Zollfrank, C.; Heep, M.-C.; von Freymann, G.
A Cellulose-Based Photoresist for Direct Laser Writing
Materials Science & Engineering, MSE, Darmstadt, September
- Sandmann, K.; Leyendecker, T.; Burger, M.; Speckert, M.
Ableitung von feldrelevanten Lastkollektiven mittels Stochastischer Verkehrssimulation
DVM – Effiziente Auslegung und Absicherung in der Betriebsfestigkeit, Stuttgart, September
- Sarishvili, Alex
Maschinelles Lernen für die Charakterisierung und Visualisierung der Mehrkanal-EEG-Signale frühgeborenen Kinder
Tagung rlp_vernetzt ERLEBNIS KI, Kaiserslautern, August
- Scherpelz, M.; Plieske, M.; Gottwald, A.; Halfmann, T.; Weyh, T.
Einsatz von virtuellen Messkampanen bei der Getriebeentwicklung
Commercial Vehicle Technology, Kaiserslautern, März
- Schladitz, K.; Prill, T.; Redenbach, C.; Roldan, D.; Godehardt, M.; Höhn, S.; Kühnert, J.-T.
Multi-scale analysis, modelling, and simulation of a nano-porous membrane
Physics and mechanics of random structures: from morphology to material properties, International workshop in honor of Dominique Jeulin, Île d'Oléron (F), Juni
- Schneider, Fabio; Linn, Joachim
Simulation-based load data analysis for cables and hoses in vehicle assembling and operation
Commercial Vehicle Technology, Kaiserslautern, März
- Schneider, F.; Linn, J.; Dreßler, K.
Virtual assembly of slender flexible structures in automotive engineering
Workshop on "Math for the Digital Factory", Limerick (IRL), März
- Schneider, F.; Bilger, F.; Linn, J.; Dreßler, K.
Digitale Absicherung und simulationsbasierte Lastdaten
- dynamisch beanspruchter Hochvoltleitungen**
SIMVEC - Simulation und Erprobung in der Fahrzeugentwicklung, Baden-Baden, November
- Schneider, Johanna
HealthFaCT: Optimization of medical care in rural environments
IBOSS-ECMath Workshop, Berlin, Oktober
- Schneider, Johanna
Simulationgestützte Standortoptimierung am Beispiel der Rettungswache Nierstein
GOR Tagung AG "Health Care Management", Augsburg, Februar
- Schneider, J.; Schröder, M.
Simulation-based location optimization of ambulance stations
OR 2018: International Conference on Operations Research, Brüssel (B), September
- Schreiner, Nina
High-resolution FM cW Millimeter-Wave and terahertz thickness Measurements
9. THz Frischlingtreffen, Kaiserslautern, März
- Schreiner, N.; Sauer-Greff, W.; Urbansky, R.; Friederich, F.
Multilayer Thickness Measurements Below the Rayleigh Limit Using FMCW Millimeter and Terahertz Waves
Kleinheubacher Tagung, Miltenberg, September
- Schreiner, N.; Sauer-Graff, W.; Urbansky, R.; Friederich, F.
Multilayer thickness inspection with millimeter-waves
SPIE Photonics West 2018, San Francisco (USA), Januar/Februar
- Schreiner, N.; Sauer-Graff, W.; Urbansky, R.; Friederich, F.
All-electronic High-resolution Terahertz Thickness Measurements
43rd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW THz-2018), Nagoya (J), September
- Schröder, M.; Schneider, J.
Simulationsgestützte Optimierung von Rettungswachenstrukturen
33. Notfallmedizinische Jahrestagung der agswm, Baden-Baden, März
- Schwientek, Jan
Optimization of Distillation Sequences
Internat: Workshop: "Mathematical Methods in Process Engineering: Digitization in the Chemical Industry"
- Seidel, Tobias
Wie trifft man Entscheidungen, wenn man gar nicht weiß, was man will?
Fraunhofer Talent Take Off – Vernetzen, Femtec, Berlin, Mai
- Siedow, N.; Leithäuser, C.
Mathematical Modeling for Laser-Induced Thermotherapy in Liver Tissue
ECMI 2018, Budapest (H), Juni
- Siedow, N.; Leithäuser, C.; Hübner, F.; Bazrafshan, B.; Vogl, T. J.
MR Thermometrie und Simulation bei ablativen Verfahren
19. Frankfurter Interdisziplinäres Symposium für Innovative Diagnostik und Therapie, Frankfurt/Main, September
- Speckert, M.; Lübke, M.; Wagner, B.; Anstötz, T.; Haupt, C.
Representative Road Selection and Route Planning for Commercial Vehicle Development
Commercial Vehicle Technology, Kaiserslautern, März
- Staub, Sarah; Andrä, Heiko; Orlik, Julia; Steiner, Konrad
Simulative Charakterisierung technischer Textilien – Anwendungspotenziale für Smart Textiles und Drucktechnologien
Digitaldruck zur Funktionalisierung textiler Materialien, Bayern Innovativ, Nürnberg, November
- Staub, S.; Andrä, H.; Rief, S.
Microstructural modeling and simulation of heat transfer in wood fiber based insulating materials
International Conference on Porous Media, New Orleans (USA), Mai
- Staub, S.; Orlik, J.; Andrä, H.
Computational Homogenization for Embossing of Thin Fibrous Structures based on FEM-FFT Coupling

- World Congress of Computational Mechanics, New York (USA), July
- Straßel, Dominik; Keuper, Janis
Carve – An Open Source Framework for Multi-User, Interactive Machine Learning on Distributed GPU-Systems
ISC High Performance, Frankfurt, Juni; High Performance Computing for AI (Workshop at Leibniz-Rechenzentrum), München, Oktober
- Suchde, Pratik
A Meshfree Generalized Finite Difference Method for Surface PDEs
7th Conference on Finite Difference Methods: Theory and Applications, Lozenetz (BG), Juni; 13th World Congress on Computational Mechanics (WCCM2018), New York (USA), Juli
- Suchde, Pratik
Conservation and Accuracy in Meshfree Generalized Finite Difference Methods
Verteidigung Promotion, Kaiserslautern, Februar
- Suchde, Pratik
Meshfree Methods for Fluid Flows and Surfaces.
University of Luxembourg, September
- Teichert, K.; Süß, P.; Walczak, M.
Targeted multi-criteria optimization in IMRT/VMAT planning using knowledge based model creation
EURO 2018, Valencia (E), Juli
- Telatar, E.; Reinhard, R.; Humayoun, S.; Ebert, A.; Lachmann, T.
Comparison of Object Perception in Head Mounted Display and in Desktop Monitor for Congruent and Incongruent Environments
60. Tagung experimentell arbeitender Psychologen TeaP
- Theis, Alexander
Design and optimization of an FMCW Terahertz system for thickness measurements and imaging applications
9. THz Frischlingtreffen, Kaiserslautern, März
- Vogel, M.; Chumak, A.V.; Aßmann, R.; Waller, E.H.; Langner, Vasychuka, P.; Hillebrands, B.; von Freymann, G.
- Spin-wave control in optically induced thermal gradients**
Core-to-Core, Kaiserslautern, Mai; Nano-Magnonics, Kaiserslautern, Februar
- von Freymann, Georg
3D μ -printing: An enabling technology
Technion, physics colloquium, Haifa (ISR), April
- von Freymann, Georg
3D printed photonic quantum simulators
SPIE Photonics Europe, Strasbourg (F), April
- von Freymann, Georg
Terahertz Applications
P&G Ignite Days, Kronberg, Januar
- von Freymann, Georg
Wave-transport in optically induced materials
MRS Spring Meeting, Phoenix (USA), April
- Wagner, Andreas
Chancen-Risiko-Klassifizierung von Altersvorsorgetarifen
Versicherungsforum, Köln, März
- Wagner, Andreas; Oktoviany, Prilly
A stochastic price model for the German secondary balancing power market
Commodity and Energy Markets Association Annual Meeting, Rom, Juni; 6th Internat. Symposium on Environment and Energy Finance Issues (ISEFI), Paris (F), Mai; European Consortium for Mathematics in Industry (ECMI), Budapest, Juni
- Walczak, M.; Heese, R.; Seidel, T.; Bortz, M.
Chemical process design aided by grey-box modelling
EURO 2018, Valencia (E), Juli
- Waller, E. H.; von Freymann, G.
Direct laser written metal and metal-composite micro-structures
SPIE Photonics Europe, Straßburg (F), April
- Waller, Erik H.; von Freymann, Georg
Metal- and Metal-composite microstructures via direct laser writing
- SPIE Photonics West 2018, San Francisco (USA), Januar/Februar
- Weiss, C.; Ackermann, H.; Hertrich, C.; Heydrich, S.; Krumke, S.
Planning Modern Pharmaceutical Production
OR 2018: International Conference on Operations Research, Brüssel (B), September
- Wieland, M.; Arne, W.; Feßler, R.; Marheineke, N.; Wegener, R.
On Dry Spinning Processes In Airflows
ECMI 2018, Budapest (H), Juni
- Wirsén, Andreas
Mathematische Modellierung in den Lebenswissenschaften: Anwendungsbeispiele aus Medizin und Biotechnologie
9. Biotech-Tag der TH Bingen, Bingen, Oktober
- Wortel, Pascal
Robust buffer allocation using a network flow based algorithm
EURO 2018, Valencia (E), Juli
- Wortel, Pascal; Helmling, Michael; Velten, Sebastian; Weiss, Christian
Scheduling with Prefabrications
OR 2018: International Conference on Operations Research, Brüssel (B), September
- Zausch, Jochen
Battery models and simulations for computer-aided electrode and cell design
IQPC Conference "Battery Cell Technology for EVs", Berlin, Dezember
- Zausch, J.; Hofmann, T.; Latz, A.
Advanced Battery Simulation Cases with the „Battery and Electrochemistry Simulation Tool“ BEST
GeoDict User-Meeting 2018, Kaiserslautern, September
- Andrä, Heiko
Kontaktmechanik
TU Kaiserslautern, Wintersemester 2018/19
- Andrä, Heiko
Höhere Mathematik in der Anwendung
DHBW CAS, Sommersemester 2018 und Wintersemester 2018/19
- Bitsch, Gerd
Professur für Mechatronik, Robotik und CAE-Simulation
Hochschule Kaiserslautern, Fachbereich Angewandte Ingenieurwissenschaften
- Bortz, Michael
Datenauswertung und Versuchsplanung
TU Kaiserslautern, Sommersemester 2018
- Bortz, Michael
Modellierung, Simulation und Optimierung in der Verfahrenstechnik
TU Kaiserslautern, Wintersemester 2018/19
- Burger, Michael
Optimal Control of ODEs and DAEs
Universität Mannheim, Wintersemester 2018/19
- Dreßler, Klaus
Durability Load Data Analysis
TU Kaiserslautern, Sommersemester 2018
- Friedrich, Fabian
Millimeterwellen und Terahertz Technologien
TU Kaiserslautern, Sommersemester 2018, Wintersemester 2018/19
- Kabel, Matthias
Analysis 1 für Wirtschaftsingenieure
Hochschule Kaiserslautern, Wintersemester 2018
- Kabel, Matthias
Analysis 2
Hochschule Kaiserslautern, Sommersemester 2018
- Kleer, Michael
Robotik 1
Hochschule Kaiserslautern, Wintersemester 2017/18, Sommersemester 2018

MESSE- UND KONFERENZTEILNAHMEN

- Korn, Ralf
Professur für Stochastische Steuerung und Finanzmathematik
 TU Kaiserslautern, Fachbereich Mathematik
- Küfer, Karl-Heinz
Theory of Scheduling Problems
 TU Kaiserslautern, Sommersemester 2018
- Küfer, Karl-Heinz
Probability and Algorithms
 TU Kaiserslautern, Wintersemester 2018/19
- Prätzel-Wolters, Dieter
Professur für Technomathematik
 TU Kaiserslautern, Fachbereich Mathematik
- Rau, Sebastian
CAE
 Duale Hochschule Baden-Württemberg – Center for Advanced Studies (DHBW CAS), Sommersemester 2018
- Rau, Sebastian
Simulationstechnik
 Duale Hochschule Baden-Württemberg (DHBW), Mannheim
- Staub, Sarah; Andrá, Heiko
Höhere Festigkeitslehre und Werkstoffmechanik
 Duale Hochschule Baden-Württemberg – Center for Advanced Studies (DHBW CAS), Sommersemester 2018
- Steidel, Stefan
Analysis 3
 Hochschule Kaiserslautern, Wintersemester 2018/19
- von Freymann, Georg
Professur für Optische Technologien und Photonik
 TU Kaiserslautern, Fachbereich Physik
- Aachen Membrane Kolloquium**
 Aachen, November, Vortrag
- AC² user meeting**
 Garching, November, Vortrag
- ACHEMA 2018**
 Frankfurt/M., Juni, Aussteller, Vortrag
- AFS-Filtcon**
 Prior Lake (USA), April, Vortrag
- AGFW-Symposium**
 Kaiserslautern, März, Vortrag
- AnugaFoodTec**
 Köln, März, Aussteller
- Auftaktveranstaltung Offene Digitalisierungsallianz Pfalz**
 Kaiserslautern, August, Aussteller
- bonding Firmenkontaktmesse**
 Kaiserslautern, November, Aussteller
- carhs – Human Modeling and Simulation in Automotive Engineering**
 Berlin, Oktober, Vortrag
- chassis.tech plus 2018**
 München, Juni, Vortrag
- Control 2018**
 Stuttgart, Mai, Aussteller
- Core-to-Core**
 Kaiserslautern, Mai, Vortrag
- DGZfP Jahrestagung**
 Leipzig, Mai, Vortrag
- DGZFP Seminar Zerstörungsfreie Prüfung an GFK und GFK-Klebeverbindungen**
 Wittenberge, August, Vortrag
- Digital Core Workshop**
 Qingdao (CHN), Juli, Vortrag
- DPG Frühjahrstagungen 2018**
 Erlangen, Berlin, März, Vortrag
- DSC 2018 Driving Simulation Conference**
 Antibes (F), September, Vortrag
- EAGE 2018**
 Kopenhagen (DK), Juni, Aussteller, Vortrag
- ECCOMAS – ECCM – ECFD**
 Glasgow (GB), Juni, Vortrag
- ECMI**
 Budapest (H), Juni, Vortrag
- ECNDT 2018**
 Göteborg (S), Juni, Vortrag, Poster
- ees – Part of The Smarter E Europe 2018**
 München, Juni, Aussteller
- 21. Energietag Rheinland-Pfalz**
 Bingen, August, Aussteller
- Energy Storage Europe**
 Düsseldorf, März, Aussteller
- EOS Topical Meeting on Waves in Complex Photonics Media**
 Anacapri (I), Juni, Vortrag
- EUCCO – European Conference on Computational Optimization**
 Trier, September, Vortrag
- EUROMECH Colloquium 597 on Reduced Order Modeling in Mechanics of Materials**
 Bad Herrenalb, August, Vortrag
- 6th European Conference on Computational Mechanics ECCOMAS**
 Glasgow (GB), Juni, Vortrag
- European Conference on Fluid Particle Separation FPS 2018**
 Lyon (F), Oktober, Vortrag
- European Microwave Week 2018**
 Madrid (E), September, Vortrag
- 10th European Solid Mechanics Conference – ESMC**
 Bologna (I), Juli, Vortrag
- European Symposium on Computer Aided Process Engineering – ESCAPE 28**
 Graz (A), Juni, Vortrag
- E-World Energy & Water 2018**
 Essen, Februar, Aussteller
- 8. Fachtagung Smart Grids und Virtuelle Kraftwerke**
 Wanderath, März, Aussteller
- Filtech**
 Köln, März, Aussteller, Vortrag, Poster
- FISI 2018**
 Frankfurt/M., September, Vortrag
- Forschung in Kaiserslautern: Ein Blick in die digitale Zukunft**
 Kaiserslautern, Oktober, Aussteller
- Fraunhofer-Symposium »Netzwerk« 2018**
 München, Februar, Vortrag
- Fraunhofer-Vision Technologietag**
 Jena, Oktober, Aussteller, Vortrag
- GAMM**
 München, März, Vortrag
- GeoDict User Meeting**
 Kaiserslautern, September, Vortrag
- Global Fibers Congress**
 Dornbirn, September, Vortrag
- Gordon Research Conference: Flow and Transport in Permeable Media**
 Newry (USA), Juli, Poster
- Hannover Messe**
 Hannover, April, Aussteller
- Hofer Vliesstofftage**
 Hof, November, Aussteller, Vortrag
- HP CAST 30**
 Frankfurt/M., Juni, Vortrag
- HP CAST 31**
 Dallas (USA), November, Vortrag
- ICA – World Congress of Actuaries 2018**
 Berlin, Juni, Vortrag
- IFAC Symposium on Control in Transportation Systems**
 Savona (I), Juni, Vortrag
- IMSD 2018 – International Conference on Multibody System Dynamics**
 Lissabon (P), Juni, Vortrag
- IMSE – 15th International Conference on Integral Methods in Science and Engineering**
 Brighton (GB), August, Vortrag
- 3rd International Advanced School on Magnonics**
 Kiev (UA), September, Poster
- 43rd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW THz-2018)**
 Nagoya (J), September, Vortrag

International Conference on Photo-Excited Processes and Applications

Vilnius (LT), September, Vortrag

International Glass Fiber Symposiums

Aachen, Oktober, Vortrag

10th International Symposium on NDT in Aerospace

Dresden, Oktober, Vortrag

12th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal-Hydraulics, Operation and Safety (NUTHOS-12)

Qingdao (CHN), Oktober, Vortrag

8th International Workshop on Terahertz Technology and Applications

Kaiserslautern, März, Aussteller, Vortrag, Poster

5. Internationales Commercial Vehicle Technology Symposium

Kaiserslautern, März, Aussteller, Vortrag

InterPore

New Orleans (USA), May, Vortrag

IQPC Conference „Battery Cell Technology for EVs“

Berlin, Dezember, Vortrag

ISC High Performance 2018

Frankfurt/M., Juni, Aussteller, Vortrag

Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppe „Mechanische Flüssigabtrennung“

Merseburg, Februar, Vortrag

Joint European Magnetic Symposia 2018

Mainz, September, Vortrag

Kleinheubacher Tagung

Miltenberg, September, Vortrag

MACSI – Math for the Digital Factory

Limerick (IRL), März, Vortrag

Mathematical methods in process engineering – Digitization in the chemical industry

Kaiserslautern, September, Vortrag

MICOS 2018

Kaiserslautern, März, Vortrag

ModVal 2018

Aarau (CH), April, Poster

MRS Spring Meeting

Phoenix (USA), April, Vortrag

MSE 2018 – Materials Science & Engineering

Darmstadt, September, Vortrag

Multiscale methods and Large-scale Scientific Computing

Moscow (RUS), August, Vortrag

Nano-Magnonics Workshop 2018

Diemerstein, Februar, Vortrag, Poster

Nanop 2018

Rom (I), Oktober, Vortrag

Okinawa Summerschool

Okinawa (J), September, Poster

P&G Ignite Days

Kronberg, Januar, Vortrag

ProZell Industrietag

Frankfurt/M., September, Poster

rlp_ernetzt Zukunftsmesse – ERLEBNIS KI

Kaiserslautern, August, Aussteller, Vortrag

SAE – Simpósio SAE BRASIL de Testes e Simulações

Sao Paolo (BR), September, Vortrag

SC 18 – Supercomputing 2018

Dallas (USA), November, Aussteller

SDS – 4th Symposium Driving Simulation SDS

Kaiserslautern, November, Aussteller, Vortrag

SEG International Exposition 2018

Anaheim (USA), Oktober, Aussteller

SES 2018

Madrid, Oktober, Vortrag

SIMVEC – Simulation und Erprobung in der Fahrzeugentwicklung

Baden-Baden, November, Aussteller, Vortrag

SPIE Optics&Photonics

San Diego (USA), August, Poster

SPIE Photonics Europe

Straßburg (F), April, Vortrag

SPIE Photonics West 2018

San Francisco (USA), Januar/Februar, Vortrag

15th Symposium on Modeling and Experimental Validation of Electrochemical Energy Devices MODVAL

Aarau (CH), April, Vortrag

Symposium Textile Filter

Chemnitz, April, Aussteller, Vortrag

Tag der Mathematik

Kaiserslautern, Juni, Aussteller

45. Tagung des DVM-Arbeitskreises Betriebsfestigkeit: Effiziente Auslegung und Absicherung in der Betriebsfestigkeit

Ingolstadt, November, Vortrag

Technion physics colloquium

Haifa (IL), April, Vortrag

9. Terahertz-Frischlingetreffen

Kaiserslautern, März, Vortrag, Poster

Tire Technology Expo 2018

Hannover, Februar, Vortrag

ToCoTronics 2018

Würzburg, Juli, Poster

11. UK-Europa-China-Konferenz zu Millimeterwellen und Terahertz-Technologien UCMMT

Hangzhou (CHN), September, Vortrag

Universidad Autonoma de Barcelona

Barcelona (E) Juni, Vortrag

VI-grade Users Conference

Lainate (I) Mai, Aussteller, Vortrag

Workshop Multiscale and Model Reduction Methods

Yakutsk (RUS), August, Vortrag

fleXstructures GmbH gemeinsam mit Bereich Mathematik für die Fahrzeugentwicklung
SUCCESS 2018 – Technologiepreis
Investitions- und Strukturbank Rheinland-Pfalz (ISB) und Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz
November

Grau, Tobias
Jahrgangsbester im Ausbildungsberuf »Fachinformatiker Fachrichtung Systemintegration«
IHK Pfalz
November

Obermayr, Martin; Dreßler, Klaus; Vrettos, Christos; Eberhard, Peter
Outstanding Paper Award 2018
Computers and Geotechnics
April

Osterroth, Sebastian
Fraunhofer ICT Group Dissertation Award (3. Preis)
Fraunhofer-Verbund IUK-Technologie
September

Schunk, Dominic
Preis für herausragende Leistungen in der Berufsausbildung
IHK Pfalz
November

ThinkParQ GmbH gemeinsam mit BeeGFS-Gruppe des Competence Center High Performance Computing
HPCwire Best HPC Storage Product or Technology Award anlässlich der Supercomputing 2018 für »Paralleles Dateisystem BeeGFS«
HPCwire
November

von Freymann, Georg
Landespreis für junge Unternehmen in Baden-Württemberg mit der Firma Nanoscribe (1. Preis)
Land Baden-Württemberg
November

von Freymann, Georg; Molter Daniel; Klier, Jens; Weber, Stefan
3. Preis Die Oberfläche: Dickenmessung von Lackschichten mit Terahertz-Strahlung
Fraunhofer IPA
Juni

EIGENE VERANSTALTUNGEN

**AGFW-Symposium Zukunft
Fernwärme**
Kaiserslautern, März

**Career Night mit Fraunhofer _
Escape-Room**
Kaiserslautern, Dezember

**Festakt zum Auftakt der 2. Phase
des Leistungszentrums »Simulations-
und Software-basierte
Innovation«**
Kaiserslautern, April

Gaspi Tutorial
HLRS, Juli; LRZ, Mai

GaspiLS Tutorial
AAC Nanjing (CHN), November

Gesundheitstag
Kaiserslautern, August

**Herbstschule und Themenkonferenz
der Felix-Klein-Akademie**
Kaiserslautern, September

**International Science Campus
for Women**
gemeinsam mit Fraunhofer-Zentrale,
Kaiserslautern, März

**International Workshop »Mathematical
Methods in Process Engineering:
Digitization in the Chemical Industry«**
Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern,
September

**8th International Workshop on
Terahertz Technology and Applications**
Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern,
März

**5. Internationales Commercial
Vehicle Technology Symposium**
Kaiserslautern, März

Intertwine Application Workshop
Edinburgh, April

**KL-Regelungstechnik: Seminarreihe
zu Regelungsthemen, mathematischen
Methoden und technische Umsetzung**
Kaiserslautern, ganzjährig, einmal
im Monat

**Mathe-Camp des Felix-Klein-Zentrums
für Mathematik**
Kaiserslautern, März

**Moderne Methoden im Machine
Learning/Deep Learning**
Diverse Orte, Feb, März, April, Juli,
Oktober, November

Nacht, die Wissen schafft
Kaiserslautern, April

**Pro3-Seminar: Digital Methods
in Product and Process Development**
Kaiserslautern, April

**Seminar Einführung in maschinelles
Lernen in der Verfahrenstechnik**
Kaiserslautern, November

**Seminar: Lastdaten- Analyse,
Bemessung, Simulation**
Kaiserslautern, Mai

**Seminar: Statistische Methoden
in der Betriebsfestigkeit**
Kaiserslautern, Juli

**Strategisches Netzwerktreffen
mit Alumniveranstaltung**
Kaiserslautern, Dezember

**Symposium »Emma-CC – Digitale
Menschmodellierung für ergonomische
Arbeitsplätze«**
Kaiserslautern, April

Talent School der Felix-Klein-Akademie
Kaiserslautern, August

9. Terahertz-Frischlingetreffen
Fraunhofer ITWM, Kaiserslautern,
März

**Workshop »Optimal stopping in
radiation therapy«**
Kaiserslautern, Mai

**Workshop 3D FIB-SEM Imaging
& Analysis**
Karlsruhe, KIT Campus Nord

**Workshop: Abrechnungsbetrug
in der ambulanten Pflege –
Schadenshochrechnung in »R«**
GKV-Spitzenverband, Berlin, November

**Workshop: Altersvorsorge
Vergleichsrechner**
Kaiserslautern, Mai

Young Researchers Symposium
gemeinsam mit Innovationszentrum
Applied System Modeling for
Computational Engineering (ASM-4CE)
und TU-Nachwuchsring, Kaiserslautern,
Juni

**Vortragsreihe »Blick über den
Tellerrand«**
Fraunhofer-Zentrum Kaiserslautern

Pohl, Walter
Universität Wien
**Was können wir von der Völkerwanderung
lernen?**
Januar

Amunts, Katrin
Universität Düsseldorf
**Gehirn, Computer und
Erkenntnis**
Februar

Kreiter, Sebastian
TRON gGmbH Mainz
**Neuer Therapieansatz: Impfstoffe
gegen Krebs**
März

Buhlmann, Britta
Museum Pfalzgalerie Kaiserslautern
(mpk)
Physiognomien mit Geschichte
April

Friauf, Eckhard
TU Kaiserslautern
**Wie Neurobiologen helfen, unser
Gehirn besser zu verstehen**
Mai

Seefried, Elke
Universität Augsburg
**Zukünfte. Eine Geschichte der
Zukunftsforschung**
Juni

Sonar, Thomas
TU Braunschweig
**Der Prioritätsstreit zwischen
Leibniz und Newton**
August

Preckel, Franzis
Universität Trier
**Hochbegabung: Grundlagen
und neue Forschungsergebnisse**
September

Kusch, Martin
Universität Wien
**Ist Wissen relativ? Eine Einleitung
in den Relativismus**
Oktober

Tetens, Holm
Freie Universität Berlin
**Verträglichkeit/Unverträglichkeit
von Schöpfungsglaube und
Naturwissenschaft**
November

Graf von Wallwitz, Georg
München
**Wie viel Mathematik braucht
die Bildung?**
Dezember

Alexandrov, Vassil
(Centro Nacional de Supercomputacion, Barcelona (E))
On Latest Advances in Hybrid Monte Carlo and quasi-Monte Carlo Methods for Linear Algebra
April

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

Esche, Erik
(Technische Universität Berlin)
MOSAICmodeling – A Fully Equation-oriented, Collaborative Tool for Modeling, Simulation, and Optimization in Chemical Engineering
November

Griso, Georges
(Universität Pierre und Marie Curie, Paris (F))
Decomposition of thin structures
April, November

Grützner, Thomas
(Universität Ulm)
Thermische Prozesstechnik@Uni Ulm: Forschung und Entwicklung an einem Uni-Start-Up
Juni

Jenkins, David
(University of Newcastle NSW (AUS))
Understanding coke formation and quality by analysis of physico-chemical processes
Oktober

Khoromskij, Boris
(Max-Planck-Institut für Mathematik in den Naturwissenschaften, Leipzig)
Tensor Numerical Methods in Scientific Computing: Theory and Practice
Februar

Knackstedt, Mark
(Australian National University Canberra (AUS))
Digital Materials Design
September

Koci, Petr
(University of Chemistry and Technology, Prag (CZ))

Multi-Scale Modeling of Catalytic Filters
September

Leyendecker, Sigrid
(Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg)
Cosserat rod modeling
Juni

Leyffer, Sven
(Laboratory for Advanced Numerical Simulations am Argonne National Laboratory (USA))
Derivative-Free Mixed-Integer Optimization
Oktober

Maday, Yvon
(Universität Pierre und Marie Curie, Paris (F))
Reduced basis method for convection diffusion equation
Dezember

Margenov, Svetozar
(University of Sofia (BG))
Numerical Methods for Fractional Diffusion Problems
Dezember

Nentwich, Corina
(Universität Ulm)
Surrogate modeling for phase equilibria in process simulation and optimization
August

Norozi, Sooran
(University of Laval, Quebec (CDN))
Modellierung und Simulation von String-Modellen
Juni – November

Repke, Jens-Uwe
(Technische Universität Berlin)
Experimental Investigations of Liquid Film on Micro-Structured Packing Sheets
November

Schwartz, Alexandra
(Technische Universität, Darmstadt)
Mathematische Programme mit Kardinalitätsrestriktionen und verwandte Problemklassen
Februar

Bartsch, Valeria
■ ISC18: Project Poster Committee (Mitglied)

Bortz, Michael
■ Komitee für das Tutsing-Symposium »Trenntechnik 2019« (Digitalization Officer)

■ DECHEMA-Arbeitskreis MSO (Mitglied)
■ Industrie- und Forschungsnetzwerk zur effektiven Phasenföhrung in Destillations-/ Absorptions-Kolonnen – Nichttrennwirksame Einbauten – EPHA (Mitglied im Gremium)

■ DECHEMA-Arbeitsausschuss »Modellgestützte Prozessentwicklung und -optimierung« der Fachgemeinschaft Prozess-, Apparate- und Anlagentechnik (ständiges Mitglied)

■ DECHEMA-Beirat der Fachgemeinschaft »Prozess-, Apparate- und Anlagentechnik« (ständiges Mitglied)

■ DECHEMA-Temporärer Arbeitskreis »100 % Digital« (ständiges Mitglied)

Gerwalin, Elmar
■ Fachgruppe IT-Controlling der Gesellschaft für Informatik (stell. Sprecher)

Gramsch, Simone
■ »IuK-Reviewboard« des Digitalisierungs- und Strategie-Lenkungskreis der Fraunhofer-Gesellschaft (Mitglied)

■ Wissenschaftlich-Technischer Rat (WTR) der Fraunhofer-Gesellschaft (Mitglied)

■ KOMMS – Kompetenzzentrum für mathematische Modellierung in MINT-Projekten in der Schule (Mitglied im wissenschaftlichen Beirat)

Horsky, Roman
■ DAV Arbeitsgruppe Verbraucherschutz (Mitglied)

■ EIQFM Arbeitsgruppe Altersvorsorge (Mitglied)

Iliev, Oleg
■ InterPore – Event Committee (Chair)

■ Journal of Porous Media (Associate Editor)

■ Editorial Board of Journal of Mathematical Modeling and Analysis (Member)

Jonuscheit, Joachim
■ VDI-Fachausschuss »Terahertzsysteme« (Vorsitz)

■ VDI-Fachausschuss »Optische Technologien« (Mitglied)

■ VDI-Fachausschuss »Anwendungsnahe zerstörungsfreie Prüfung« (Mitglied)

■ DGZfP-Fachausschuss »Millimeter- und Terahertzverfahren« (Mitglied)

■ Optence (Mitglied)

■ Sensors, Research in Nondestructive Evaluation, Journal of Nondestructive Evaluation, Optics Express, Optical Engineering (Gutachter)

Kirsch, Ralf
■ Scientific Committee American Filtration Society (AFS) (Member)

Klein, Peter
■ BMBF-Programm »ERA.Net RUS Plus - Novel functional nanomaterials based on design and modelling« (Gutachter)

■ DFG-Programm »Materials for Additive Manufacturing – Bewertung der Prozessfähigkeit teilkristalliner Theroplaste im Fused Deposition Modeling mittels eines mikroskaligen Berechnungsansatzes« (Gutachter)

■ Heat and Mass Transfer (Reviewer)

Korn, Ralf

- Deutsche Gesellschaft für Versicherungs- und Finanzmathematik DGVFM (Vorstandsvorsitzender)
- Deutscher Verein für Versicherungswissenschaften DVfVW (Vorstand)
- European Actuarial Journal (Co-Editor)
- Center for Distance and Independent Learning DISC der TU Kaiserslautern (Wissenschaftlicher Beirat)
- Steering Committee Forschung TU Kaiserslautern (Mitglied)
- TU Kaiserslautern: Fachbereichsrat Mathematik (Mitglied)

Küfer, Karl-Heinz

- BMBF-Programm »Mathematik für Innovationen in Industrie und Dienstleistungen« (Gutachter)

Kuhnert, Jörg

- ESI Group: Scientific Committee, (Mitglied)

Pfreundt, Franz-Josef

- ETP4 HPC Steering Board (Mitglied)
- Bitkom Arbeitskreis HPC & Quantencomputing (Vorstandsmitglied)

Prätzel-Wolters, Dieter

- Applied Mathematics Committee (AMC) of the European Mathematical Society (Mitglied)
- BMBF Strategiekomitee für mathematische Modellierung, Simulation und Optimierung (KoMSO) (Mitglied)
- Felix-Klein-Zentrum für Mathematik (Vorsitzender)
- Forschungszentrum »Center of Mathematical and Computational Modeling CM²« der TU Kaiserslautern (Mitglied)
- Rat für Technologie Rheinland-Pfalz (Mitglied)

- Vorstand »Fraunhofer-Zukunftsstiftung« (stellvertretender Vorsitzender)

- Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC (Mitglied des Advisory Boards)

- 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)

Prill, Torben

- German National Chapter of InterPore (Member of the Steering Committee)

Rauhut, Markus

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

Rösch, Ronald

- Fraunhofer-Allianz VISION (Koordinationsrat)

- Heidelberger Bildverarbeitungsforum (Beirat)

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

- DGM-Arbeitskreis Tomographie (Mitglied)

- DGM-Fachausschuss Strahllinien (Mitglied)

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

- Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (Mitglied)

- European Machine Vision Organisation, EMVA (Mitglied)

Schladitz, Katja

- Leichtbau-Cluster (Mitglied)

- Composite Structures (Gutachter)

- Image Analysis & Stereology (Gutachter)

- Journal of the Science of Food and Agriculture (Gutachter)

- Materials Characterization (Gutachter)

- Methodology and Computing in Applied Probability (Gutachter)

Siedow, Norbert

- DFG (Gutachter)

- ECMI2018 (Reviewer)

von Freymann, Georg

- Kuratorium Photonikzentrum Kaiserslautern (stellv. Vorsitzender)

- Forschungsneubau LASE (stellv. Sprecher)

- Deutsche Forschungsgemeinschaft (Gutachter)

- Humboldt-Stiftung (Gutachter)

- Nature, Nature Physics, Nature Communications, Nature Nanotechnology (Gutachter)

- Science, Science Advances (Gutachter)

- Phys. Rev. Lett., Phys. Rev. Appl, Phys. Rev. X (Gutachter)

- Adv. Mater., Adv. Funct. Mater., Adv. Phot. Mater. (Gutachter)

Wagner, Andreas

- Beirat der Produktinformationsstelle Altersvorsorge (Mitglied)

- Beirat der German Data Science Society (GDS) e.V. (Mitglied)

Wirsen, Andreas

- Science & Innovation Alliance Kaiserslautern (SIK), Arbeitskreis Industrie 4.0 (Mitglied)

IMPRESSUM

© Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM 2019

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
Esther Packullat

Gestaltung Gesa Ermel

Fotografie Gesa Ermel, Fraunhofer ITWM

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