



Jahresbericht 2021/2022

Mathematik macht mobil – seit 25 Jahren

Titelbild

Unser Titelbild verbindet das Thema »Mobilität« mit dem 25. Geburtstag des Fraunhofer ITWM: Um auf das Jubiläum aufmerksam zu machen, fährt ein Stadtbus im Fraunhofer ITWM-Look durch Kaiserslautern.

Jahresbericht 2021/2022

Mathematik macht mobil – seit 25 Jahren



Mobilität – ein Forschungsgebiet mit vielen Facetten



»Wir tragen mit unserer Forschung an ganz unterschiedlichen Stellen dazu bei, das Thema »Mobilität« zukunftsgerichtet weiterzuentwickeln.«

Prof. Dr. Anita Schöbel

Leiterin des Fraunhofer-Instituts für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM

Liebe Leserinnen und Leser,

Mobilität ist eine zentrale Errungenschaft unserer Gesellschaft; sie garantiert uns Freiheit und lässt uns in vielen Bereichen global näher zusammenrücken. Sie hat aber ihren Preis und benötigt viel Energie. Das macht sie auch zu einem bedeutenden Faktor bei einem herausragenden Thema unserer Zeit, dem Klimawandel.

Unser Jahresbericht 2021/2022 stellt das Thema »Mobilität« in den Vordergrund. In erster Linie wollen wir damit unsere Expertise auf diesem

Themengebiet aufzeigen und die Forschungsprojekte präsentieren, die sich aus unterschiedlichen Perspektiven verschiedenen Aspekten annehmen. Für uns hat zudem das Thema für die Jahre 2021/2022 besondere Symbolkraft: Trotz andauernder Corona-Pandemie war wieder deutlich mehr Bewegung möglich. Mobilität hat für uns daher nicht nur fachliche Relevanz, sondern steht in diesem Jahr auch ein Stückweit für die Rückgewinnung des gewohnten Alltags.

Wir beim Fraunhofer ITWM beschäftigen uns mit vielen Facetten: Das betrifft zunächst

unseren großen Bereich »Mathematik für die Fahrzeugentwicklung«. Auch viele andere Abteilungen befassen sich mit spezifischen Aspekten – von der Wartung von Zügen über das Speichern von Energie für den Betrieb von Elektrofahrzeugen bis hin zur Verbreitung von Aerosolen in Flugzeugen und der Optimierung des öffentlichen Verkehrs. Wir tragen mit unserer Forschung an ganz unterschiedlichen Stellen dazu bei, Mobilität zukunftsgerichtet weiterzuentwickeln.

Als KI-Lotsin für Mobilität von Rheinland-Pfalz berate ich gemeinsam mit meiner Referentin Dr. Henrike Stephani Wissenschaft und Unternehmen, wie sie Künstliche Intelligenz (KI) in ihre Prozesse einbringen können. Wir machen unser Know-how für Wissenschaft, Wirtschaft und Industrie zugänglich, stellen Projekte und Methoden vor, die KI im Bereich »Mobilität« besonders erfolgreich einsetzen und wollen so den Einsatz von KI dort ermöglichen, wo ein Mehrwert zu erwarten ist. Ein spannender Transfer, den wir in den vergangenen Monaten mit Freude vorangetrieben haben.

Die Mobilitätswirtschaft ist einer der definierten Leitmärkte der Fraunhofer-Gesellschaft. Wir tragen darüber hinaus zu vielen weiteren Branchen bei und nach diesen ist, wie schon im Vorjahr, unser Jahresbericht gegliedert. Sie erfahren also auch Neues zu unseren aktuellen Projekten für die Leitmärkte Gesundheit und Medizin, Digitalisierung, Energie, Maschinenbau und Verfahrenstechnik sowie zum strategischen Forschungsfeld Quantentechnologie.

Die Leidenschaft für Wissenschaft und Forschung verbindet uns am Fraunhofer ITWM nun seit 25 Jahren – 2021 war unser Jubiläumsjahr. Die Aktivitäten rund um dieses für uns bedeutsame Ereignis fielen aufgrund der Pandemie kleiner aus, als wir uns das

vorgestellt haben. Dennoch haben wir es geschafft, die Erfolge eines Vierteljahrhunderts zu würdigen und zu feiern. Natürlich widmen wir diesem besonderen Geburtstag auch im Jahresbericht Aufmerksamkeit – und verbinden auf unserem Titel das Jubiläum mit dem Thema »Mobilität«.

Ich wünsche Ihnen eine angenehme Lektüre mit gewinnbringenden Erkenntnissen. Für Ihre Fragen stehen wir Ihnen am Fraunhofer ITWM gerne zur Verfügung. Zögern Sie bitte nicht, sich an die genannten Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartner unseres Instituts zu wenden!

Herzliche Grüße



Prof. Dr. Anita Schöbel

Inhalt

Editorial: Mobilität – ein Forschungsgebiet mit vielen Facetten	2
Das Institut im Profil	6
Vernetzung in der Fraunhofer-Gesellschaft	8
Leistungszentrum Simulations- und Software-basierte Innovation	10
Spin-Offs und weitere Kooperationen	11
2021: Ein Vierteljahrhundert Fraunhofer ITWM	12
Rückblick: Highlights 2021	14
New Work – so arbeiten wir am Fraunhofer ITWM	16
Mathematik macht mobil – intelligent und nachhaltig	19
Das Technikum: Bindeglied zwischen Realität und Simulation	20
Verkehrsströme planen – steuern – regeln	22
Welche neuen Antriebskonzepte brauchen wir?	23
Anwendungsbeispiel Radom: Sicherheit dank Terahertz-Technologie	24
Bahn frei für die modulare Inspektionsplattform	25
Vielfältige Mobilitätsprojekte am Fraunhofer ITWM	26
Europäische Daten-Cloud für die Mobilität der Zukunft	28
Drei Fragen an Prof. Dr. Anita Schöbel	29
Quantencomputing	30
Rheinland-Pfalz fördert Kompetenzzentrum Quantencomputing	31
QCStack: Zwischen klassischen Clustern und Quantencomputing	32
Quantensprünge in Wissenschaft und Karriere	34
Mit Forschungsergebnissen die Welt verändern	36
Gesundheit und Medizin	38
Mathematik erhöht Überlebenschancen	39
Software-optimierte Produktionsprozesse bei BioNTech	40
Corona-Pandemie: Fraunhofer ITWM berät Landesregierung Rheinland-Pfalz	42
Digitalisierung	44
T-KOS: Terahertz-Technologie für verlässliche Kommunikation	45
Enterprise Lab: Durch moderne Arbeitsweisen zum mathematischen Erfolg	46
Mathematik schafft Transparenz – sicher fürs Alter vorsorgen	48
Bauhaus.MobilityLab – KI im großen Stadtexperiment	50
Künstliche Intelligenz erkennt illegal eingeführtes Holz	51
Energie	52
Testphase gestartet: Ladestrukturen im Vergleich	53
District Heating – Mathematik heizt ein	54
Digitalisierung und Künstliche Intelligenz für ein Energiemanagement 2.0	56
Kleinstpartikel mit großer Wirkung: Aerosole in Klimamodellen	58

Maschinenbau und Verfahrenstechnik	60
Heilende Pigmente gegen Korrosion	61
Recycling leicht gemacht – mit ASKIVIT mehr Holz aus Sperrmüll retten	62
Programmierbare Materialien revolutionieren Produktdesign	64
Wie in »ViDestoP« Lösungen unserer Abteilungen »zusammenvliesen«	66
Dank Simulation nicht den Kunststoff-Faden verlieren	68
Verfahrenstechnik: KI für Industrieprozesse nutzen	70
Wir sind das Fraunhofer ITWM	72
Bildverarbeitung	75
Finanzmathematik	77
High Performance Computing	79
Materialcharakterisierung und -prüfung	81
Mathematik für die Fahrzeugentwicklung	83
Optimierung	85
Strömungs- und Materialsimulation	87
Systemanalyse, Prognose und Regelung	89
Transportvorgänge	91
Impressum	92

Das Institut im Profil

Computersimulationen sind unverzichtbar beim Gestalten und Optimieren von Produkten und Prozessen. Reale Modelle werden durch virtuelle Modelle ersetzt. Der Mathematik kommt beim Entwickeln dieser digitalen Welt eine fundamentale Rolle zu. Denn sie ist die Technologie, mit der diese Abbilder erzeugt und effizient in Software umgesetzt werden, Rohstoff der Modelle und Kern jeder Computersimulation.

Angewandte Mathematik als Schlüsseltechnologie

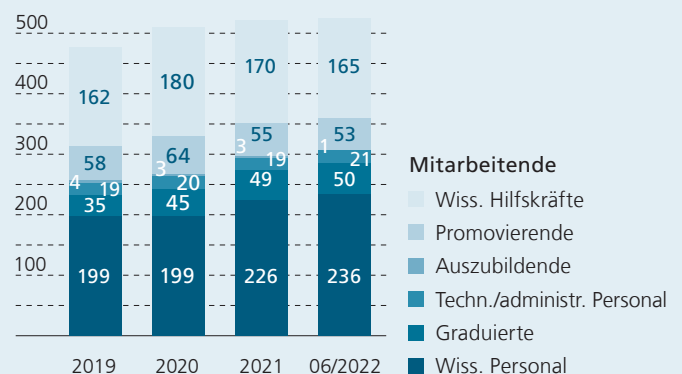
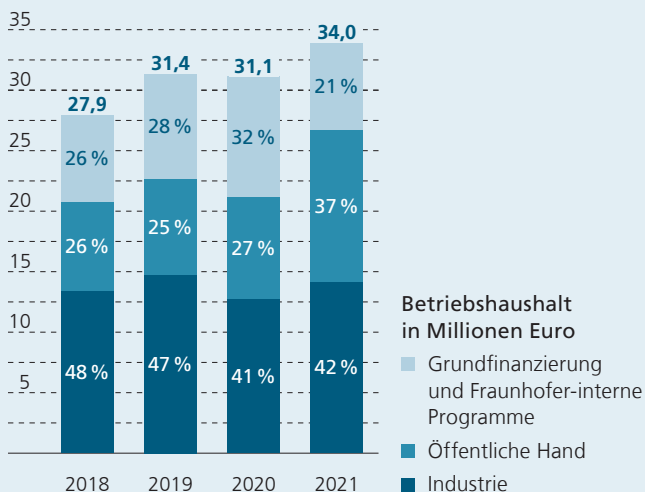
Viele kleine und mittelständische Unternehmen nutzen die Simulation zur Kostenreduzierung. Gerade diese Firmen unterstützen wir mit Beratung und Rechenleistung. Sie profitieren am Markt durch den Einsatz von Simulation in punkto Innovation und Qualitätssicherung von Produkten. Natürlich arbeiten wir auch mit großen Konzernen zusammen, vor allem im Fahrzeugbereich, im Maschinenbau, der Textilindustrie, der Mikroelektronik, der Computerindustrie und im Finanzsektor. Integrale Bausteine unserer Forschungs- und Entwicklungsprojekte sind das Beraten, Umsetzen und Unterstützen bei der Anwendung von Hochleistungsrechnertechnologie und das Bereitstellen maßgeschneiderter Software-Lösungen. Wir nutzen nicht nur Simulationssoftware, sondern entwickeln sie selbst.

Unsere vielseitigen Kernkompetenzen

- Verarbeiten der aus Experimenten und Beobachtungen gewonnenen Daten
- Aufsetzen der mathematischen Modelle
- Umsetzen der mathematischen Problemlösungen in numerische Algorithmen
- Zusammenfassen von Daten, Modellen und Algorithmen in Simulationsprogrammen
- Optimieren von Lösungen in Interaktion mit der Simulation
- Visualisieren der Simulationen

Wir am Fraunhofer ITWM wollen 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.

34
Millionen Euro
Haushalt – Ver-
netzung zahlt
sich aus





Branchen – für wen arbeiten wir?

Die Kompetenzen 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-/Anlagenbau
- Fahrzeugindustrie und Zulieferer

- Medizin und Medizintechnik
- Energie- und Rohstoffwirtschaft
- Technische Textilien
- Informationstechnologie
- Finanzwirtschaft

Durch die langjährige Zusammenarbeit mit unserer Stammkundschaft haben wir eine starke Domänenkompetenz in Teilbereichen einzelner Branchen herausgebildet.

Für alle Branchen gilt: Die Modellierungs- und Simulationskompetenz des Fraunhofer ITWM generiert echte Wettbewerbsvorteile am Markt.

Kuratorium

- **Prof. Dr. Nicole Bäuerle**
Karlsruher Institut für Technologie
KIT, Karlsruhe
- **Prof. Dr. Peter Benner**
Max-Planck-Institut für Dynamik
komplexer technischer Systeme,
Magdeburg
- **Dr. Christoph Großmann**
BASF SE, Ludwigshafen
- **Dr. Christoph March**
Bundesministerium für Bildung
und Forschung, Berlin
- **Stefanie Nael**
Ministerium für Wirtschaft,
Verkehr, Landwirtschaft und
Weinbau Rheinland-Pfalz, Mainz
- **Barbara Ofstad**
Siemens AG, Frankfurt am Main
- **Prof. Dr. Iris Pigeot**
Leibniz-Institut für Präventionsfor-
schung und Epidemiologie, Bremen
- **Prof. Dr. Arnd Poetzsch-Heffter**
Technische Universität
Kaiserslautern
- **Dr. Udo Scheff**
John Deere GmbH & Co. KG,
Mannheim
- **Dr. Christof Weber**
Daimler AG, Wörth
- **Dr. Carola Zimmermann**
Ministerium für Wissenschaft
und Gesundheit Rheinland-Pfalz,
Mainz

(Stand 2021)

Vernetzung in der Fraunhofer-Gesellschaft

Ein großes Netzwerk und kluge Köpfe sind entscheidend für den Erfolg von Projekten. Unsere spezifischen mathematischen Kompetenzen machen uns zu einem gefragten und geschätzten Kooperationspartner innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft.

Fraunhofer-Verbünde

Fachlich verwandte Institute organisieren sich in Forschungsverbänden und treten gemeinsam am FuE-Markt auf. Sie wirken in der Unternehmenspolitik sowie bei der Umsetzung des Funktions- und Finanzierungsmodells der Fraunhofer-Gesellschaft mit. Das Fraunhofer ITWM ist Mitglied im Verbund für Informations- und Kommunikationstechnologie IUK und hat Gaststatus beim Verbund MATERIALS.

Fraunhofer Cluster of Excellence

Diese Cluster fördern die kooperative Entwicklung und Bearbeitung systemrelevanter Themen durch eine institutsübergreifende Forschungsstruktur – über mehrere Standorte verteilt. Wir engagieren uns in den folgenden Clustern:

- Fraunhofer Cluster of Excellence Advanced Photon Sources CAPS
- Fraunhofer Cluster of Excellence Cognitive Internet Technologies CCIT
- Fraunhofer Cluster of Excellence Programmable Materials CPM

Fraunhofer Strategische Forschungsfelder

Sie bündeln die wesentlichen Zukunftsfelder der anwendungsorientierten Forschung. Institutsleiterin Prof. Dr. Anita Schöbel ist Sprecherin des Fraunhofer Strategischen Forschungsfeldes »Next Generation Computing« und gemeinsam mit Prof. Dr. Manfred Hauswirth (Fraunhofer FOKUS) verantwortlich für das Thema »Quantencomputing« bei Fraunhofer. An unserem Institut ist das rheinland-pfälzische Kompetenzzentrum mit dem Schwerpunkt »Quanten High Performance Computing« angesiedelt.

Leitmarktorientierte Allianzen

Mit den definierten Leitmärkten verfolgt Fraunhofer das Ziel, Branchen mit hoher

Relevanz für Innovationskraft anzusprechen und durch Angebote für Systemlösungen und institutsübergreifenden Transfer Mehrwert zu schaffen. Die wichtigsten für uns sind:

- Anlagen-, Maschinen- und Fahrzeugbau
- Gesundheitswirtschaft
- Chemische Industrie
- Mobilitätswirtschaft
- Digitalwirtschaft
- Energiewirtschaft

Fraunhofer-Leitprojekte: Vorlaufforschung im Verbund

Thematisch orientieren sie sich an aktuellen Bedarfsfeldern der Industrie und bündeln die Kompetenzen verschiedener Institute für eine effiziente Vorlaufforschung. Leitprojekte mit ITWM-Beteiligung sind aktuell:

- ML4P – Machine Learning for Production
- QUILT – Quantum Methods for Advanced Imaging Solutions
- COGNAC – Cognitive Agriculture
- ShaPID – Shaping the Future of Green Chemistry by Process Intensification and Digitalization
- SUBI²MA – Sustainable, Simulation-guided Biobased and Biohybrid Materials

FCC – Starke Partnerschaft in Schweden

Einer unserer wichtigsten internationalen Partner ist das 2001 von der Fraunhofer-Gesellschaft und der Chalmers-Universität in Göteborg gegründete »Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics«, kurz FCC. 2021 arbeiteten 61 Beschäftigte an Themen wie Multiphysik Simulation, Geometry, Modellierung biologischer Systeme und Data Mining. Der Haushalt betrug knapp 7 Millionen Euro.

109

Messeauftritte und Events



Leistungszentrum Simulations- und Software-basierte Innovation



LEISTUNGSZENTRUM
SIMULATIONS- UND
SOFTWARE-BASIERTE
INNOVATION

Digitale Lösungen treiben die energie-effiziente und ressourcenschonende Produktion entscheidend voran. Dazu müssen neue Ergebnisse und Ideen möglichst schnell in die Praxis überführt werden. Dies ist eine der zentralen Aufgaben, der sich das Leistungszentrum Simulations- und Software-basierte Innovation widmet. In den sogenannten Transferzentren des Leistungszentrums werden die wissenschaftlichen Ergebnisse der Forschung in Innovationen umgewandelt und Anforderungen aus Industrie und Gesellschaft unmittelbar adressiert.

Im Leistungszentrum bündeln das Fraunhofer ITWM und das Fraunhofer IESE, die TU Kaiserslautern und die Hochschule Kaiserslautern ihre Kompetenzen. Hinzu kommt die Zusammenarbeit mit dem Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz DFKI und dem Leibniz-Institut für Verbundwerkstoffe IVW sowie weiteren Vereinen und Initiativen. Zu den Kooperationsunternehmen aus der Wirtschaft zählen mehr als 30 regionale und mindestens genauso viele überregionale Firmen. Unter anderem sind die BASF, Daimler Trucks, BioN-Tech und John Deere in die Entwicklungsarbeit eingebunden.

sowie »Next Generation Computing« widmen sich der Digitalisierung von Produkten, den Herausforderungen von KI in der Praxis sowie neuen Rechner- und Speicherarchitekturen für eingebettete Systeme sowie für das High Performance Computing. Die vier Transferzentren »Verfahrenstechnik/Chemie«, »Mobilität«, »Produktionsprozesse/Energieeffizienz« und »Biotechnologie/Gesundheit« legen den Fokus auf die Verwertung der Methoden in der Industrie.

Forschung am Puls der Zeit

»Mit der neuen Struktur des Leistungszentrums bleiben wir am Puls der Zeit«, so Dr. Konrad Steiner, Abteilungsleiter am Fraunhofer ITWM und Geschäftsführer des Leistungszentrums. »Die neue thematische Ausrichtung stellt sicher, dass wir die Zukunftsthemen anvisieren, die für Industrie und Gesellschaft jetzt und in den nächsten Jahren von höchster Relevanz sind.« Die Basisfinanzierung von jährlich einer Million Euro ist durch die Fraunhofer-Gesellschaft gesichert. Das jährliche Gesamtbudget von über 10 Millionen Euro ist durch Förderprojekte des Landes Rheinland-Pfalz und vornehmlich durch Industrieprojekte getragen.

Zukunftsfähig mit neuer Struktur

Gegliedert ist das Leistungszentrum in Forschungs- und Entwicklungs-Labs sowie in Transferzentren. Die FuE-Labs arbeiten methodisch und entwickeln Konzepte und Algorithmen als Basistechnologien für die Transferzentren. Nach sechs Jahren erfolgreicher Forschungs- und Transferarbeit ist es im Jahr 2022 an der Zeit, neue Problemfelder anzugehen. Die bestehenden FuE-Labs sowie Transferzentren wurden erweitert und inhaltlich neu ausgerichtet.

Die drei neuen FuE-Labs »Digitale Zwillinge«, »Data Analysis und Künstliche Intelligenz«

Kontakt

Dr. Konrad Steiner
Geschäftsführer »Leistungszentrum Simulations- und Software-basierte Innovation«
Telefon +49 631 31600-4342
konrad.steiner@itwm.fraunhofer.de



www.leistungszentrum-simulation-software.de

Spin-Offs und weitere Kooperationen

Spin-Offs des Fraunhofer ITWM

- **fleXstructures** – spezifische Engineering-Projekte und Dienstleistungen für die Simulation flexibler Bauteile
- **Math2Market** – umfangreicher Software-service, wie zum Beispiel GeoDict®, eine innovative Simulationssoftware für digitale Materialforschung und -entwicklung.
- **Produktinformationsstelle Altersvorsorge PIA** – neutrale Stelle für die Chancen-Risiko-Klassifizierung geförderter Altersvorsorgeprodukte
- **Sharp Reflections** – Big-Data-Rechentechnologien für die Zukunft der Seismik
- **ThinkParQ** – schnelle und skalierbare Lösungen für alle leistungsorientierten Umgebungen wie HPC, KI und Deep Learning
- **Wendeware AG** – Software-Ökosystem für die Energiewende

Nachwuchsförderung

Das **Felix-Klein-Zentrum für Mathematik (FKZM)** ist eine institutionelle Verbindung zwischen dem Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern und dem Fraunhofer ITWM. Schwerpunkt ist die Nachwuchsförderung, zum Beispiel mit Modellierungswochen für Schulen, Stipendien und einem Mentoren-Programm für Mathematik-Studierende. Stipendiatinnen und Stipendiaten werden nicht nur finanziell gefördert, sie können auch Praxis und Theorie verbinden. Für Studierende höheren Semesters und Promovierende gibt es mehrtägige Fort- und Weiterbildungen, zudem können sie Vorträge hochkarätiger Forschender hören. Der monatliche »Blick über den Tellerrand« des Felix-Klein-Zentrums bietet interessante Einblicke in unterschiedliche Themen aus Wissenschaft und Kultur.

Das Kompetenzzentrum für **mathematische Modellierung in MINT-Projekten in der Schule (KOMMS)** richtet sich vor allem an Lehrende. Angesiedelt ist es an der TU Kaiserslautern und verbindet die Bereiche Schulprojekte, Aus- und Fortbildung sowie Forschung.

Das nationale **Excellence-Schulnetzwerk MINT-EC** will Schülerinnen und Schüler für MINT-Fächer begeistern. Im Zuge der Zusammenarbeit werden regelmäßig Veranstaltungen wie die Math-Talent-School angeboten.

Eingebettet am Standort

Die **Science and Innovation Alliance Kaiserslautern (SIK)** bildet 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.

Vernetzung in Europa

Im **European Consortium for Mathematics in Industry (ECMI)** haben sich wissenschaftliche Institutionen und Industrieunternehmen in Europa zusammengeschlossen, mit dem Ziel, mathematische Modellierung, Simulation und Optimierung noch stärker in die wirtschaftliche Anwendung zu bringen. Eine wichtige Rolle spielt die Ausbildung von Industriemathematikerinnen und -mathematikern, denn insbesondere ihre Expertise wird gebraucht.

107
neue Jobs
haben unsere
Spin-Offs ge-
schaffen



2021: Ein Vierteljahrhundert Fraunhofer ITWM



Seit 25 Jahren nutzen wir die Mathematik als Schlüsseltechnologie, um Produkte und Prozesse zu optimieren. Im Januar 1996 gegründet als Landesinstitut, hat sich das Fraunhofer ITWM als Ort der Innovation bewährt und wurde 2001 in die Fraunhofer-Gesellschaft aufgenommen. Inzwischen gehört es zu den größten mathematischen Forschungsinstituten weltweit, auch dank der intensiven Vernetzung, regional wie international.

Das Jubiläumsjahr stand unter der Überschrift #ZusammenWachsen. Das Motto ist auf unterschiedliche Art zu lesen und verweist sowohl auf das gemeinsame Wachstum, das Größenwerden unseres Instituts sowie auf das Zusammenfinden und Zusammenwachsen mit Partnern wie der TU Kaiserslautern, der Stadt selbst und vielen Forschungseinrichtungen vor Ort. Darauf sind wir stolz und freuen uns auf die Herausforderungen der kommenden Jahre.

Mathematische Vielfalt auch nach außen sichtbar

Besonders den Passant:innen der Trippstadter Straße in Kaiserslautern dürften sie aufgefallen sein: Bunte Fensterbilder mit Sprüchen wie »Mathe macht reich«, »Mathe ist heiß« und »Mathe füllt ab« schmücken seit März 2021 die Fassade des Fraunhofer ITWM. Hinter diesen insgesamt 25 Postern verstecken sich

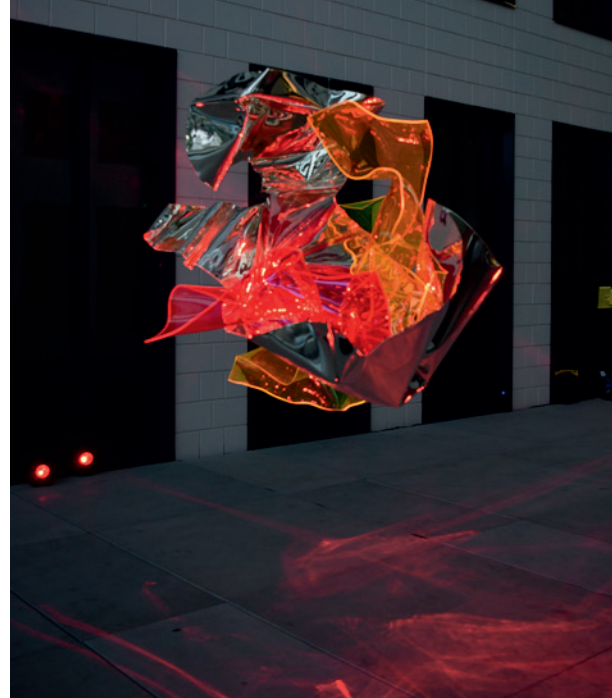
digitale »Türchen«, die zu Projekt-Webseiten unserer Abteilungen führen. Ein spannender Einblick in unser Institut, der die thematische Bandbreite unserer neun Abteilungen illustriert.

Unser Jubiläum war nicht nur direkt vor unserer eigenen Haustür bemerkbar, sondern in der ganzen Stadt! Auf den Straßen Kaiserslauterns fährt bis heute ein Bus, der – ganz in das Fraunhofer-Design gehüllt – neben der großen Zahl 25 in dicken Lettern auch unser Motto für das Jahr 2021 verkündete: #ZusammenWachsen.

Wissenschaft und Kunst verbinden

Ein besonders anschaulicher Beitrag zum Jubiläumsjahr war die Licht- und Klanginstallation »Brainpatterns« im Atrium, die wissenschaftlich Interessierte und Kunstliebhaber:innen nach Einbruch der Dunkelheit im September erleben konnten.





Durch die Glasfront des Instituts sah man eine organisch verschlungene Skulptur aus Acryl-Elementen, die in einem bunten Farbspiel von Innen leuchtete und den Eindruck einer künstlichen Intelligenz entstehen ließ. Parallel zu dieser visuellen Inszenierung konnten sich die Betrachtenden per QR-Code und Smartphone in eine synchronisierte Klanginstallation einlinken, die das Geschehen um eine zweite sinnliche Ebene erweiterte. Kreiert wurde das Kunstwerk von der Künstlerin Tatjana Busch, in Kooperation mit dem Medienatelier »E«.

Lichtinstallation beeindruckt

Hinter diesem visuellen und akustischen Spektakel steckt das interdisziplinäre Projekt

»Brainpalace – Brainpatterns«, welches das Potential der Verbindung von Kunst und Neurofeedback erforscht. Der Ansatz im ersten Teil des Projekts »Brainpatterns« war die Messung von Gehirnaktivitäten im Zuge der Wahrnehmung einer audiovisuellen und raumgreifenden Lichtinstallation: Aus EEG-Signalen wurden Parameter extrahiert und dann als Rückkopplung wieder an die Installation geleitet. So entstand eine interaktive Wechselwirkung zwischen den Betrachtenden und dem Kunstwerk, dessen Farbspiel auf diese Signale reagierte. In »Brainpalace«, dem zweiten Teil des Projekts, sollten am Fraunhofer ITWM diese Messungen auf ganze Zuschauergruppen ausgeweitet werden.

25 Jahre erfolgreich mit Mathematik: Das Jahr wurde mit wehenden Jubiläumshahnen eingeläutet und war begleitet von zahlreichen Aktionen: 25 Mathe-Motive widmeten sich den spannenden Ideen unserer Forschenden. Die Lichtinstallation war als Highlight im Herbst zu bewundern. Hier wurden Computersimulationen des Fraunhofer ITWM zu echter Kunst.



www.itwm.fraunhofer.de/25



Rückblick: Highlights 2021



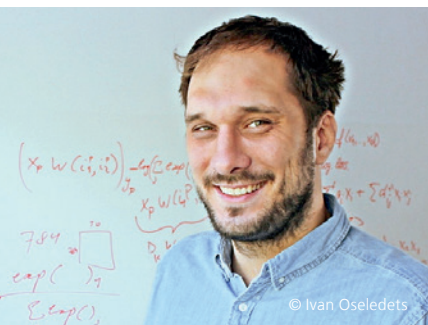
ECMI: Machine Learning und Big Data für die Kabelsimulation

Unser Bereich »Mathematik für die Fahrzeugentwicklung« engagiert sich bei ECMI – dem European Consortium for Mathematics in Industry – 2021 u. a. mit dem Webinar »Math for Industry 4.0 – Models, Methods and Big Data«.

Der Fokus lag auf »Kabelsimulation« und »digitaler Menschmodellierung«. Mit dem Softwarepaket IPS Cable Simulation, einem etablierten Werkzeug zur Simulation von Kabeln und Schläuchen, sind wir hier gut aufgestellt.



www.itwm.fraunhofer.de/ecmi_webseminar



Humboldt-Preisträger Prof. Ivan Oseledets am Fraunhofer ITWM

Die Humboldt-Gesellschaft für Wissenschaft, Kunst und Bildung fördert den weltweiten wissenschaftlichen Austausch, auch mit Forschungsaufenthalten in Deutschland. Ivan Oseledets, Professor am Skolkowo-Institut für Technologie in Moskau, erhielt eines der begehrten Stipendien für einen Aufenthalt an unserem Institut. Hier ist er kein Unbekannter:

Oseledets arbeitet mit dem Bereich »Optimierung« sowie der Abteilung »Strömungs- und Materialsimulation« zusammen. Seine Interessengebiete sind »Big Data und Künstliche Intelligenz (KI)«, weshalb er am Institut in Industrieprojekten zur Modellierung verschiedener physikalischer Prozesse mithilfe von KI-Technologien und Maschinellem Lernen (ML) arbeitet.

Zu Gast am Fraunhofer ITWM:
Prof. Ivan Oseledets



www.itwm.fraunhofer.de/Oseledets



Auszeichnungen für herausragende Forschung in der Finanzmathematik

Zwei Ehrungen gingen 2021 an die »Finanzmathematik«: Prof. Dr. Ralf Korn, ITWM-Berater und Mitglied unseres Scientific Advisory Boards, wurde zum Vorsitzenden der Deutschen Gesellschaft für Versicherungs- und Finanzmathematik e.V. (DGVFM) gewählt und unsere Kollegin Franziska Diez erhielt den GAUSS-Nachwuchspreis. Alljährlich verleihen die DGVFM und die Deutsche Aktuarvereinigung e.V. (DAV) drei GAUSS-Nachwuchspreise für herausragende

wissenschaftliche Arbeiten. Ausgezeichnet wurde Franziska Diez, die in der Abteilung »Finanzmathematik« forscht, für ihre Dissertation. Besonders gelobt wurde die Arbeit mit dem Thema »Yield Curves and Chance-Risk Classification: Modeling, Forecasting, and Pension Product Portfolios« für die beeindruckende Verbindung von Theorie und Anwendung im Bereich der Altersvorsorgeprodukte.

Dr. Franziska Diez erhält
GAUSS-Nachwuchspreis für
herausragende Doktorarbeit.



www.itwm.fraunhofer.de/gauss-preis

Prof. Dr. Anita Schöbel wird Präsidentin der Europäischen OR-Gesellschaften

Einstimmig wählte der Rat der »Association of European Operational Research Societies« (EURO) im Juli 2021 unsere Institutsleiterin zur neuen Präsidentin. Die EURO ist die europäische Sektion der »International Federation of Operational Research Societies« (IFORS) und hat die Förderung des Operations Research (OR) in ganz Europa zum Ziel.

Anita Schöbel forscht und lehrt in dem Bereich und betont insbesondere den Anwendungsaspekt: »Für mich ist Operations Research ein wichtiges Forschungsthema an der Universität, aber auch in der Praxis des Fraunhofer ITWM. In vielen Projekten nutzen wir OR-Methoden, wie im Gesundheitswesen, der Logistik, der Produktions- oder Energieoptimierung.«



www.itwm.fraunhofer.de/euro-praesidentin

Zielgenaue Hilfe im Katastrophenfall

Bei einer Katastrophe zählt jede Sekunde, um Notleidende versorgen. Die Einsatzteams von Hilfsorganisationen müssen sich sehr schnell in zerstörten Gebieten zurechtfinden. Forschende unserer Abteilung »Bildverarbeitung« entwickeln eine Software, die humanitäre Hilfe schneller ans richtige Ziel bringt. Sie nutzen dafür Drohnenbilder, die in Echtzeit mit Künstlicher Intelligenz (KI) ausgewertet werden. Dabei kombinieren die Wissenschaftler:innen eigenentwickelte Bildverarbeitungs- und

Deep-Learning-Algorithmen, um eine vollautomatische Analyse der Drohnenbilder zu ermöglichen. Damit die Künstliche Intelligenz den selbstständigen Lernprozess aufnimmt, wird sie mit Daten »gefüttert«. Hierfür greifen die Forschenden auf Satellitenaufnahmen z.B. aus Erdbebengebieten zurück. Das System funktioniert ohne Internetanschluss und auf handelsüblichen Notebooks und kann somit auch in zerstörten Gebieten ohne Infrastruktur zuverlässig eingesetzt werden.



Drohnen liefern in kurzer Zeit Bilddaten zum Ausmaß der Katastrophe.



www.itwm.fraunhofer.de/edda-pm

Internationaler Austausch bei KLAIM – Kaiserslautern Applied and Industrial Mathematics Days

Ein neues Veranstaltungsformat brachte nach langer Pause im Oktober 2021 viele Forschende zusammen: Über sechzig internationale Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler folgten der Einladung von Prof. Dr. Anita Schöbel und Prof. Dr. Bernd Simeon vom Fachbereich Mathematik der TU Kaiserslautern. Die KLAIM-Konferenz bietet Mathematiker:innen aus Hochschulen, Forschungslaboren und der

Industrie ein Forum, um Ideen auszutauschen und neueste Ergebnisse vorzustellen. Der Schwerpunkt der ersten Ausgabe von KLAIM lag auf der Rolle der angewandten Mathematik bei der Entwicklung digitaler Zwillinge. Mit vierzig Kurzvorträgen und ausgiebigen Diskussionsrunden wurde das Thema vielseitig beleuchtet. Zukünftig soll die Konferenz alle zwei Jahre stattfinden.



www.itwm.fraunhofer.de/klaim-pm

New Work – so arbeiten wir am Fraunhofer ITWM



Hybride Konferenzen gehören zu unserem neuen Arbeitsalltag. Das Buchen eines geteilten Büroplatzes praktizieren einige Mitarbeitende bereits.

Die Forschung des Fraunhofer ITWM gestaltet in vielen Bereichen die Zukunft. Das Arbeitsumfeld muss stimmen, damit unsere Mitarbeitenden gemeinsam mit ihren Forschungspartnern Spitzenergebnisse erzielen. Den Weg dazu ebnet unser »New Work«-Team, das sich mit modernem Arbeiten beschäftigt.

Die Corona-Pandemie hat die Arbeitswelt von heute auf morgen verändert und wurde so zum Härtesten, was Themen wie mobiles Arbeiten, Online-Meetings und Führen auf Distanz angeht. Das »New Work«-Team beschäftigt sich damit, die Gegebenheiten am Fraunhofer ITWM dauerhaft so zu gestalten, dass viel Raum für Forschungsaktivitäten und kreatives Denken bleibt und sich gleichzeitig die Bedürfnisse des einzelnen Mitarbeitenden bestmöglich mit den Anforderungen der Teams vereinbaren lassen.

Zurück am Institut – aber flexibler

»Unsere Mitarbeitenden haben in den vergangenen beiden Jahren gezeigt, dass sie ihr Arbeitsumfeld individuell gestalten können, ohne dass das Teamwork intern oder die Zusammenarbeit mit Externen auf der Strecke bleiben«, blickt Institutsleiterin Prof. Dr. Anita Schöbel auf die Erfahrungen der Corona-Pandemie zurück. »Auch wenn wir über die Rückkehr ans Institut und in die gewohntere Arbeitswelt mit vielen persönlichen Begegnungen sehr froh sind, wollen wir eine gewisse Flexibilität beibehalten, die wir erprobt haben. Wir bieten daher am Institut ein agiles, modernes Arbeitsumfeld.«

Das »New Normal« wird am Fraunhofer ITWM mit einer Betriebsvereinbarung getestet, welche die Vorteile gewohnter und neuer Arbeitsformen kombiniert. Diese entstand auf Basis einer Online-Befragung des »New-Work«-Teams und brachte hervor: Die Mehrheit der Mitarbeitenden am Fraunhofer ITWM möchte gerne an mindestens zwei Tage pro Woche mobil arbeiten. Dies wurde vor allem durch die Vorteile Zeitersparnis, Flexibilität und konzentriertes Arbeiten begründet. Nachteile im mobilen Arbeiten sah man vor allem im Kontaktverlust zu den Kolleginnen und Kollegen, der Entgrenzung der Work-Life-Balance und darin, dass zu viele Online-Meetings stattfänden.



Führungsaufgaben teilen

Die »Arbeitswelt 4.0« umfasst allerdings mehr als das Hinterfragen von zeitlichen und räumlichen Vorgaben. Durch das starke Wachstum des Instituts in den vergangenen Jahren und das gleichzeitig vermehrte Arbeiten von zuhause aus, rücken ebenso Themen wie das Teilen von Arbeitsplätzen oder neue Kommunikationsformate in den Fokus. Zudem verändern sich die Anforderungen an Führungskräfte und deren Wünsche für das Gestalten ihrer Aufgaben.

Ein Beispiel ist das Thema »Geteilte Führung«, das der Bereich »High Performance Computing« (HPC) bereits lebt. Schrittweise wurden hier die Aufgaben, die durch den langjährigen Leiter Dr. Franz-Josef Pfreundt erfüllt wurden, auf mehrere Schultern übertragen. »Die HPC besteht aus vielen unterschiedlichen Gruppen, die sehr eigenständig arbeiten. Mit dem altersbedingten Rückzug unseres Bereichsleiters stellte sich die Frage, wie sich die HPC künftig aufstellt«, erläutert Matthias Klein-Schlöbl, Leiter des Teams »Green by IT«, wie es zum mehrköpfigen Führungsteam des Bereichs kam. »Wir fühlen uns zusammengehörig und wollten daher als eine Einheit bestehen bleiben.«

Das Ergebnis ist das »F-Team«, in dem acht Führungskräfte jeweils für bestimmte Schwerpunkte verantwortlich sind, etwa für die Finanzen oder Wissenschaftsmanagement. Dabei geht es sehr demokratisch zu: »Entscheidungen, die alle angehen, treffen wir gemeinsam und bemühen uns hier um ein einstimmiges Votum«, so Klein-Schlöbl. »Damit sind wir bislang sehr gut gefahren!«

Frauenanteil am Institut erhöhen

Neue Arbeits- und Organisationsmodelle werden von Expert:innen als wichtige Faktoren für Chancengerechtigkeit eingeschätzt. Sie sind damit ein Hebel für mehr Vielfalt und Chancengleichheit; ein bedeutsames Thema auch am Fraunhofer ITWM: »Wir wollen mehr Frauen für uns gewinnen, denn die MINT-Fächer und gerade auch die Mathematik sind mit ihren vielseitigen Anwendungen für alle ein spannendes Arbeitsgebiet«, betont Schöbel. »Wir bieten ein Umfeld, das es ermöglicht, Forschung und Familie gut miteinander in Einklang zu bringen und wollen noch mehr möglich machen.«

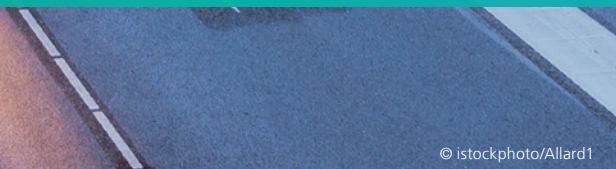
Arbeiten mit Kind, das geht am Fraunhofer ITWM vor Ort seit vielen Jahren schon im Eltern-Kind-Büro.





Mathematik macht mobil – intelligent und nachhaltig

Das Thema »Mobilität« begleitet uns am Fraunhofer ITWM seit Beginn, darum können wir eine Vielzahl spannender Projekte in diesem Bereich vorweisen – quer durch alle Abteilungen. Denn schon bevor Künstliche Intelligenz zum Schlagwort avancierte, haben wir Methoden entwickelt, um Mobilität für Anbietende und Nutzende zu optimieren, unabhängig vom Verkehrsmittel. Ob Bahn, Auto, Nutzfahrzeug oder Flugzeug: In den vergangenen 25 Jahren haben wir alle Fortbewegungsmittel in unser Forschungsportfolio aufgenommen.



© istockphoto/Allard1



Das Technikum: Bindeglied zwischen Realität und Simulation

Simulationen spielen in der Mobilitätsforschung und -praxis seit langem eine große Rolle und werden immer wichtiger bei der virtuellen Produktentwicklung im Fahrzeugsektor. Um neue Methoden zu entwickeln, abzusichern und zu verbessern, haben wir spezielle Versuchsanlagen vor Ort: Im Technikum des Bereichs »Mathematik für die Fahrzeugentwicklung« entstehen eigene Mess- und Prüfanlagen, Hand in Hand mit unseren Modellierungs- und Simulationsmethoden.

18 Projektoren sorgen für Rundumsicht

Im Technikum entwickeln wir, bauen auf und betreiben z.B. unseren Roboter-basierten Fahrsimulator RODOS[®], unsere neuartige Messanlage für hochflexible Bauteile (MeSOMICS[®]), das 3D-Laserscanner Messfahrzeug REDAR sowie verschiedene Prüfstände zur Kabel- und Schlauchvermessung.

Der Fahrsimulator RODOS[®] (Robot based Driving and Operation Simulator) erlaubt es, Verkehrssituationen bis unmittelbar vor einem Crash detailliert, perfekt reproduzierbar und risikolos mithilfe interaktiver Simulation zu untersuchen. Auf 1.000 Kilogramm Nutzlast ausgelegt, trägt das Bewegungssystem (ein Industrieroboter)

Nutzfahrzeugkabinen und PKW-Karosserien. Innerhalb eines Projektionsdomes mit zehn Metern Durchmesser erzeugen 18 Projektoren die nahtlose Projektion einer interaktiven Szene. Wir untersuchen beispielsweise die Interaktionen zwischen Fahrenden, dem Fahrzeug und der Umwelt und validieren moderne Fahrerassistenzsysteme zusammen mit Industriepartnern. RODOS[®] ist derzeit der leistungsfähigste Fahrsimulator der Fraunhofer-Gesellschaft. Zur Modellentwicklung, zur kooperativen Fahrsimulation und zum Abbilden komplexer Mischverkehrssituationen verwenden wir zusätzlich einen statischen Fahrsimulator. Dieses System ist besonders für die interaktive Simulation von PKW optimiert.



In VR spazieren gehen

Das Virtual-Reality-Labor ermöglicht es Menschen, sich z.B. als Fußgänger:in in komplexe virtuelle Umgebungen und Szenarien zu versetzen. Wir nutzen die Technik sowohl für die Kopplung mit der Fahrsimulation als auch zur Visualisierung virtueller Produktionsstätten. In unserem Labor erleben eine oder mehrere Personen eine virtuelle Realität auf einer Fläche von zehn auf sechs Metern.



Valide Daten dank präziser Messtechnik

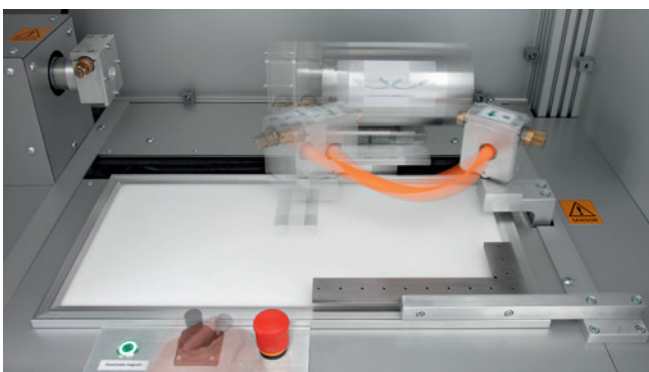
Bei der numerischen Simulation von realen Systemen oder Bauteilen kommt es im Allgemeinen auf zwei Dinge an:

- Einerseits ist ein gutes mathematisches Modell des Systems zwingend erforderlich, um verwertbare Simulationsergebnisse zu erhalten.
- Andererseits muss das Modell mit den richtigen Parametern gefüttert werden, die auch den realen Gegebenheiten entsprechen. Oft ist das Bestimmen dieser Parameter schwierig und muss für jede neue Situation individuell durchgeführt werden.

Genauso verhält es sich auch für die vom Fraunhofer FCC und unserem Institut entwickelte Software IPS Cable Simulation. Diese

ermöglicht eine interaktive und gleichzeitig exakte Simulation hochflexibler Bauteile wie Kabel und Schläuche für Montage- und Betriebssimulationen. Um die physikalischen Effekte bei der Verformung von Kabeln und Schläuchen korrekt vorherzusagen, ist es notwendig, die mechanischen Bauteileigenschaften als Modellparameter zu ermitteln.

Hierfür hat das ITWM-Team im Technikum eine hoch automatisierte Messmaschine (MeSOMICS[®]) entwickelt, konstruiert, aufgebaut und zum Patent angemeldet. MeSOMICS[®] steht für »Measurement System for the Optically Monitored Identification of Cable Stiffnesses«. Es handelt sich dabei um ein Messsystem zur Identifikation von Kabelsteifigkeiten, welches neben klassischen Messgrößen auch eine optische Auswertung der Biegelinie berücksichtigt und damit die Messung überwacht.



Biegen und Krümmen – die Messmaschine MeSOMICS[®] ermittelt schnell und einfach Kabeleigenschaften, wie sie später auch im Fahrzeug auftreten. Die Messung läuft automatisch. Mitarbeitende spannen das Kabel lediglich ein und starten die Anlage.

Kontakt

Dr.-Ing. Michael Kleer
Leiter Technikum
Telefon +49 631 31600-4628
michael.kleer@itwm.fraunhofer.de





Verkehrsströme planen – steuern – regeln

Was macht den Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) attraktiv? Angesichts gestiegener Benzinkosten und der angestrebten Energiewende sind kreative und nachhaltige Antworten auf diese Frage essenziell. Wie sich der ÖPNV für Betriebe und Fahrgäste rechnet, untersucht eine Forschungsgruppe unseres Bereichs »Mathematik für die Fahrzeugentwicklung«. Sie hat aber auch den Individualverkehr im Blick: Fließen statt Stillstehen ist hier das Ziel.



Der Opelkreisel in Kaiserslautern ist ein Verkehrsknotenpunkt, der oftmals den Verkehrsfluss behindert. Das Fraunhofer ITWM liefert Vorschläge zur Optimierung.

Bus- und Bahnreisende wollen verlässliche Verbindungen, hohe Taktraten und niedrige Fahrpreise. Verkehrsbetriebe müssen wirtschaftlich und nachhaltig arbeiten: Außer der Attraktivität für ihre Kundinnen und Kunden haben sie auch die Betriebskosten und entstehende Umweltbelastungen im Fokus.

LinTim erweitert die VMC-Familie

»Ein optimales Verkehrssystem verbraucht so wenig Energie wie möglich, deckt gleichzeitig alle Bedürfnisse ab und lässt zudem den Verkehr fließen«, beschreibt Projektleiter Dr. Michael Burger das hehre Ziel. »Mit unseren Methoden und Werkzeugen aus der Software-Familie »Virtual Measurement Campaign« (VMC[®]) können wir den individuellen Straßenverkehr gut simulieren und modellieren, jetzt nehmen wir den ÖPNV auch dazu. Deshalb haben wir die Software LinTim in unsere VMC[®]-Familie integriert.« LinTim steht für »Lineplanning and Timetabling«, kann aber viel mehr als Linien- und Fahrplanung. VMC[®] LinTim umfasst Algorithmen für die Haltestellen-, Linien-, Umlauf- und Fahrplanung sowie das Verspätungsmanagement. Außerdem kann es umgebungsabhängig die Energiebedarfe eingesetzter

Fahrzeuge bewerten und optimieren. Alle Verfahren sind in eine Bibliothek integriert und können in den verschiedenen Planungsstufen miteinander interagieren. VMC[®] LinTim findet darum auch Lösungen, die mit klassischen Ansätzen nicht sichtbar werden. »Damit unterstützen wir Verkehrsplanende, die bisher meist ihr Erfahrungswissen als Planungsgrundlage nutzen«, so Michael Burger.

Simulationen reduzieren Stillstand

In einer Simulationsstudie untersucht das Team um Burger darüber hinaus die Verkehrsflüsse und Ampelsteuerung am Opelkreisel in Kaiserslautern – einem Verkehrsknotenpunkt im Westen der Stadt, der Gewerbegebiet, Autobahn und Umgehungsstraße miteinander verbindet. Die neuralgische Stelle vereint einen Kreisverkehr mit einer Ampelanlage und produziert regelmäßig Stau. Unsere Forschenden konnten zeigen, dass eine angepasste Ampelschaltung – basierend auf Verkehrsdaten, Modellen und modernen mathematischen Verfahren – großes Potenzial für deutlich mehr Durchfluss bietet. Entstanden ist das Tool in der Arbeitsgruppe unserer Institutsleiterin Prof. Dr. Anita Schöbel.



Welche neuen Antriebskonzepte brauchen wir?

Fahrzeuge sind aus den unterschiedlichsten Gründen unterwegs. Simulationen und Modelle auf Basis unserer Softwarelösung VMC® zeigen, welcher Antrieb sich für welche Anwendung eignet.

Ein Paketdienst versorgt täglich in etwa dasselbe Gebiet, bremst dabei häufig und fährt wieder an. Vielleicht lässt ein Bote auch den Motor laufen, wenn er die Lieferungen an die Haustür bringt. Mitarbeitende von Handwerksbetrieben fahren in der Regel zu Kundinnen und Kunden, wo das Auto länger steht. Die Zielpersonen sind oft über ein größeres Gebiet verteilt als die der Paketzustellenden; so gehören vermutlich auch Überlandfahrten zum Nutzungsprofil des Fahrzeugs.



© istockphoto/Marcus Millo

Der beste Antrieb für jede Nutzungsart

Unternehmen der Fahrzeugproduktion wollen frühzeitig wissen, wie sie ihre Fahrzeuge nachhaltig und bedarfsgerecht weiterentwickeln. Dies gilt umso mehr für alternative Antriebstechnologien, für die bisher noch wenig Erfahrung vorhanden ist. Die Dienstleistenden – Handwerksbetriebe oder Paketdienste – möchten einen optimalen Fuhrpark zusammenstellen. Angesichts gestiegener Spritkosten und der Aussicht auf innovative Antriebe ist eine solche Planbarkeit umso wichtiger. Wann lohnt sich der Umstieg auf ein Elektroauto? Am besten gleich mit einer Brennstoffzelle? Und rechnet sich der Einbau einer rekuperativen Bremse? Diese Technik, bei der beim Bremsen Energie zurückgewonnen wird, ist bereits in Schienenfahrzeugen im Einsatz und spielt auch bei Elektrofahrzeugen eine Rolle. Allerdings kostet die Nutzbremse mehr als eine herkömmliche Bremse.

Schon diese wenigen Beispiele verdeutlichen die enorme Nutzungsvielfalt auf unseren Straßen. Welcher Antrieb sich für welche Anwendung

am besten eignet, untersucht ebenfalls das Team um Michael Burger. »Um nachhaltige Antriebskonzepte zukunftsfähig zu machen, müssen sie unter realistischen Nutzungsbedingungen analysiert und verglichen werden. Dafür entwickeln wir die Methoden und liefern auch die adäquate Technologie. Ein großer Vorteil unseres Angebots: Wir verbinden Umgebungs- und Nutzungsdaten mit Analyse- und Simulationsmethoden und modellieren so realistische Szenarien für die Fahrzeugproduktion.«

Modellierung anhand vieler Faktoren

Die Forschenden lassen eine Vielzahl von Faktoren in ihre Modellierung einfließen: Route, Fahrzeug, Fahrverhalten und Fahrweise, Fremdverkehr. Grundlage ist auch hier unsere Software-Toolbox VMC®. »ÖPNV-Betrieben helfen unsere Simulationsergebnisse beispielsweise dabei den optimalen Antriebs-Mix für ihre Fahrzeugflotte zusammenzustellen«, unterstreicht Michael Burger.

Kontakt

Dr. Michael Burger
 stv. Abteilungsleiter »Dynamik,
 Lasten und Umgebungsdaten«
 Telefon +49 631 31600-4414
 michael.burger@itwm.fraunhofer.de



Anwendungsbeispiel Radom: Sicherheit dank Terahertz-Technologie

5G
arbeitet mit
Frequenzen bis
40 GHz.
Die Terahertz-
Prüfung nutzt
Frequenzen ab
100 GHz.

In modernen Fahrzeugen sind hochsensible Instrumente verbaut, die gegen Strahlung abgesichert werden müssen. Eine Frage ist dabei besonders wichtig: Welches Material wird für das Schutzgehäuse verwendet?

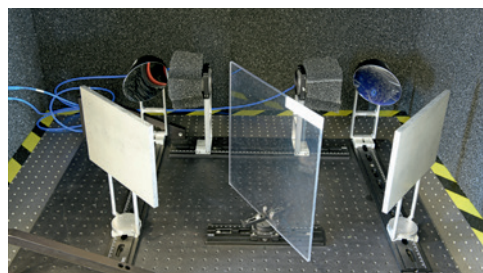
Meistens sind es Glasfaserverbund-Werkstoffe (GFK), die als Mehrschicht-Komposite zum Einsatz kommen. Da GFKs durchlässig für Hochfrequenzstrahlung sind, werden sie besonders dort eingesetzt, wo es hochempfindliche Komponenten zu schützen gilt, aber der Einfluss der Gehäusematerialien auf die Strahlen möglichst gering bleiben muss. Speziell im Mobilitätssektor handelt es sich meist um klassische Radar- und Kommunikationsanwendungen, wie Abstandssensoren in Automobilen, die Mobilfunkstandards 4G und 5G sowie Navigationsinstrumente, die etwa in Flugzeugnasen verbaut sind. Daher spricht man bei GFK-Gehäusen für diese Einsatzgebiete auch von »Radomen«.

Hochfrequenz-Anwendungen, speziell im Bereich zwischen vier und 40 GHz. Der Aufbau der komplexen Mehrschicht-Komposite ist hierbei entscheidend für die Funktionalität der Materialien und die Frage: Bei welchen Frequenzen erscheinen die Radome möglichst »elektromagnetisch transparent« für die gewünschte Zielanwendung? Bisher lieferte 4a manufacturing GmbH Ergebnisse von Materialsimulationen, die Aussagen über dieses Frequenzverhalten erlauben. Diese Simulationen werden nun zusätzlich durch Hochfrequenzmessungen abgesichert.

»Dank unserer abgeschirmten Messkammer konnten wir uns hier ins Spiel bringen«, sagt Projektleiter Dr. Maris Bauer. Transmissions- und Reflexionsmessungen an Testradomen verifizieren die Simulationsergebnisse. Endkund:innen haben so die zusätzliche Sicherheit, dass die Materialien von 4a manufacturing GmbH für ihre Anwendungszwecke geeignet sind. Zudem erlauben unsere Terahertz-Prüfsysteme, die innere Struktur fertiger Radome zu untersuchen, um beispielsweise mögliche Risse oder ähnliche Produktionsfehler frühzeitig zu erkennen.

Radom-Mehrschichtkompositen prüfen

Die österreichische Firma 4a manufacturing GmbH stellt Kompositmaterialien für Radome her (CIMERA Radome), die unter anderem in der 5G mm-Wave und der Satcom-Industrie eingesetzt werden. Unsere Abteilung »Materialcharakterisierung und -prüfung« untersucht für das Unternehmen deren Komposite für



Kontakt

Dr. Maris Bauer
Abteilung »Materialcharakterisierung und -prüfung«
Telefon +49 631 31600-4940
maris.bauer@itwm.fraunhofer.de



Bahn frei für die modulare Inspektionsplattform

Seit Jahren beschäftigt sich unsere Abteilung »Bildverarbeitung« mit der Heißbläufertung an Bahngleisen. Ziel ist es, heißgelaufene Achslager und feststehende Bremsen an Personen- und Güterzügen zu erkennen, damit diese gestoppt werden, bevor ernsthafte Probleme auftreten.

Sensoren im Gleisbett ermitteln berührungslos die Wärmeabstrahlung vorüberfahrender Züge und berechnen daraus die Temperaturen. Liegen sie außerhalb des Normbereichs, wird automatisch die nächste Leitstelle informiert; typische Alarmgrenzen für Achslager liegen bei 100 Grad, für Bremsen über 300 Grad – je nach Typ.



© Progress Rail Inspection and Information Systems

Universelle Plattform für die Bahninspektion

Die Anforderungen in puncto Sicherheit und Zuverlässigkeit sind im Laufe der Zeit gestiegen: Nicht nur die Sensoren sollen einwandfrei arbeiten, das gesamte System muss störungsfrei funktionieren und gegen Manipulationen von außen geschützt sein. »Für unseren Partner entwickeln wir ein Gesamtsystem, das über die reine Temperaturmessung weit hinausgeht«, beschreibt Projektleiter Thomas Redenbach die Zusammenarbeit mit der Firma Progress Rail Inspection and Information Systems in Mannheim. »Wir realisieren das System als modulare Plattform: Die einzelnen Komponenten kommunizieren verschlüsselt über sichere Kommunikationsprotokolle. Nutzende authentifizieren sich in einem mehrstufigen Anmeldeprozess, um die Plattform möglichst gut gegen Hackerangriffe zu schützen.« Darüber hinaus können Teilsysteme redundant ausgeführt werden, was für eine erhöhte Ausfallsicherheit sorgt.

Die Sensortechnik ist flexibel: Je nach Bedarf werden Baugruppen zur Erkennung von über-

Fehlerdetektion im Vorbeifahren: Akustiksensoren erkennen Verschleißzustand von Achslagern

stehenden Lasten auf Güterzügen, Flachstellen an Rädern oder schleifenden Bauteilen im Gleis nachgerüstet. Neu sind akustische Sensoren, die aus den Geräuschen eines vorbeifahrenden Zuges auf beginnende Lagerschäden schließen können.

Sensorfusion ermöglicht Predictive Maintenance

Die universelle Plattform kann Messwerte verschiedener Sensoren kombinieren: So lässt sich mit Temperatur- und Akustik-Daten der Verschleißzustand von Achslagern bestimmen. Möglich ist auch die Vernetzung mehrerer Standorte, um Züge zeitlich zu verfolgen. Mit diesen Daten lassen sich drohende Ausfälle von Bauteilen frühzeitig erkennen und Wartungszyklen an den tatsächlichen Verschleiß anpassen. Das System geht dieses Jahr in den Testbetrieb.

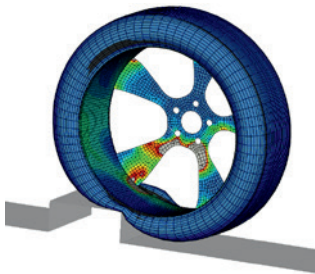
Kontakt

Dipl.-Inf. Thomas Redenbach
Abteilung »Bildverarbeitung«
Telefon +49 631 31600-4537
thomas.redenbach@itwm.fraunhofer.de



Vielfältige Mobilitätsprojekte am Fraunhofer ITWM

Elektromobilität, Wassermanagement, Filterstoffe – wir am Fraunhofer ITWM erforschen viele Facetten der »Mobilität«. An dieser Stelle haben wir einige Projekte zusammengetragen, in die wir kurze Einblicke geben.

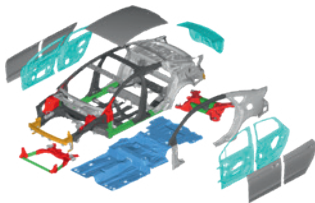


»CDTire«: Realitätsnahe Simulation von Reifen

Mit dem Tool »CDTire« bilden unsere Forschenden Reifenprofile und komplette Räder virtuell ab. Die Software ist bei zahlreichen Reifenproduzenten im Einsatz und trifft beispielsweise Aussagen über die Wärme, die beim Fahren entsteht oder die Reaktion auf verschiedene Fahruntergründe. Die Aussagen über mit diesen einhergehenden Eigenschaftsveränderungen werden dann für die weitere Entwicklung der Reifen genutzt.



www.itwm.fraunhofer.de/cdtire



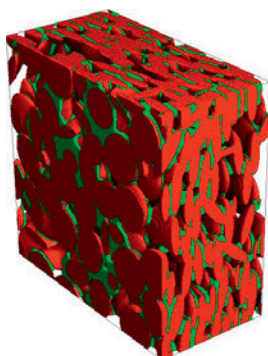
© ALMA

ALMA: Leichtbau und ökologisches Design bei Elektrofahrzeugen

E-Mobilität und Leichtbau sind zwei Bausteine der modernen Fahrzeugentwicklung, um die Energiewende voranzutreiben. Auf sie konzentriert sich das ALMA-Projekt. Neun europäische Organisationen arbeiten daran, energieeffizientere und nachhaltigere Fahrzeuge zu entwickeln. Unternehmen aus Forschung und Industrie optimieren die Reichweite von Elektrofahrzeugen, indem unter anderem das Gewicht des Gesamtfahrzeugs reduziert wird. Unser Team unterstützt mit mathematischer Simulationsexpertise. Mehr dazu im Video online.



www.itwm.fraunhofer.de/alma



Batteriezellen für E-Mobilität

Batteriezellen virtuell entwickeln? Die bei uns am Institut entwickelte Simulationssoftware BEST (Battery and Electrochemistry Simulation Tool) nutzen aktuell besonders Expert:innen in der Automobilindustrie bei der Batteriezellentwicklung von Lithium-Ionen-Batterien. Im Projekt ABBA-VEEB entsteht basierend auf BEST eine deutlich breiter einsetzbare Auslegungsplattform – sowohl für das virtuelle Design als auch für die virtuelle Erprobung von aktuellen Hochleistungsbatterien für die E-Mobilität von morgen.



www.itwm.fraunhofer.de/ABBA-VEEB



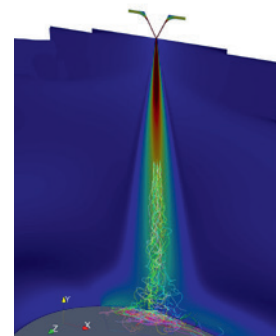
© freepik/Taiga

Filtervliesstoffe virtuell überprüfen

Filter, wie sie beispielsweise in Autos verbaut werden, müssen immer höheren Anforderungen genügen. Gleichzeitig sollen die Produkte schneller marktreif sein. Simulationen unterstützen die Entwickelnden bei diesem Spagat. Ein abteilungsübergreifendes Team des Fraunhofer ITWM hat im Forschungsprojekt »ProQuIV« die gesamte Produktionskette der Vliesstoffproduktion optimiert. Die Erkenntnisse kommen auch der Fahrzeugindustrie bei der Weiterentwicklung von Innenraum- und Pollenfiltern zugute.



www.itwm.fraunhofer.de/ProQuIV

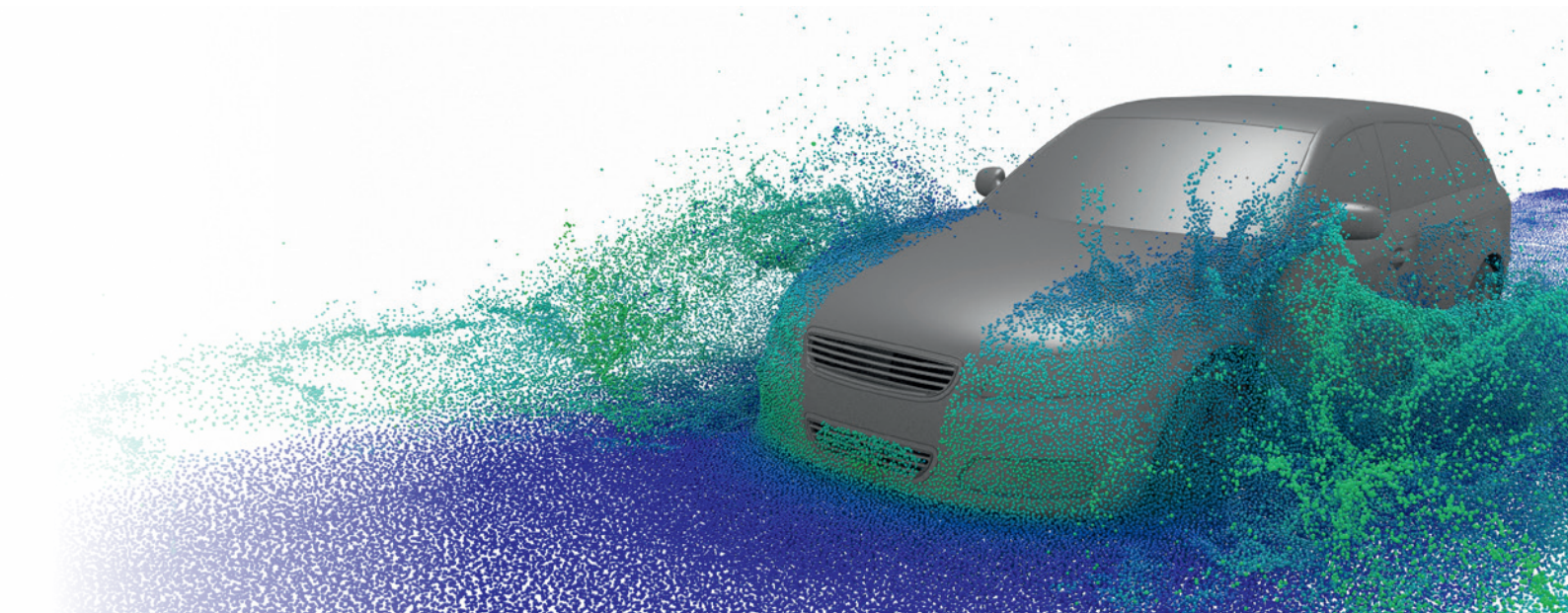


MESHFREE: Anwendungsbeispiel Wassermanagement

Mit MESHFREE stellen wir in Kooperation mit dem Fraunhofer SCAI seit 2018 ein innovatives Softwareprodukt zur gitterfreien Simulation physikalischer Prozesse bereit und bündeln die Expertise beider Institute im Bereich des gitterfreien wissenschaftlichen Rechnens. MESHFREE basiert auf einem allgemeinen Materialmodell, das auch für den Einsatz von Wassersimulationen geeignet ist: Fahren durch Pfützen, Regen auf der Windschutzscheibe – das Automobilunternehmen PORSCHE setzt MESHFREE für sein Wassermanagement ein. Mehr dazu auf unseren Webseiten und im dazugehörigen Video!



www.itwm.fraunhofer.de/meshfree





© istockphoto/WangAnQi

Europäische Daten-Cloud für die Mobilität der Zukunft

Einen Blick in die Zukunft erlaubt das Projekt »GAIA-X 4KI«, Teil des europäischen Projekts »GAIA-X«. Ein Konsortium aus Wirtschaft und Forschung mit 16 Partnern entwickelt konkrete Dienste für die Automobilindustrie in der europäischen Computingwolke mithilfe von Künstlicher Intelligenz (KI). Das vernetzte und automatisierte Fahren soll sicherer werden.

Beim Planen, Bauen und Betreiben von Fahrzeugen fallen riesige Datenmengen an. Das Team in GAIA-X 4 KI setzt KI-Methoden ein, um diese effizient und sicher zu nutzen. Dafür bringen unsere Forschenden aus dem »High Performance Computing« Daten und Infrastruktur, Hard- und Software zusammen. Sie nutzen dafür »Container«, in die sie die Anwendungen verpacken und wie in einem Rangierbahnhof zwischen den jeweiligen Umgebungen verschieben. Die Herausforderung: die Container so auf die Strecke zu bringen, dass die vorhandenen Rechen-Ressourcen optimal genutzt werden. Daraus ergeben sich komplexe mathematische Optimierungsaufgaben, die nur unter Berücksichtigung des gesamten Systems aus Hardware, Software und Anwendungsalgorithmen effizient gelöst werden können. Zudem sollen die Nutzenden ihre Container ohne größeren Aufwand nicht nur bei sich, sondern auch auf einer für alle zugänglichen Plattform einsetzen können.

Teststrecke für Mobilität von morgen

Im Projekt GAIA-X 4 KI bauen die Hochschule Offenburg, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und das ITWM-Team jeweils einen Demonstrator. Deren Besonderheit laut Projektleiter Dr. Dominik Straßel: »Normalerweise werden Daten in eine Cloud hochgeladen und dort verarbeitet; das Ergebnis herunterzuladen ist aber teuer. Darum gehen wir einen anderen Weg: Wir rechnen direkt dort, wo die Daten sind, also an den Standorten der Projektpartner. Das spart nicht nur Geld, sondern auch Energie.«

Die Forschenden konzentrieren sich auf Anwendungsfälle aus der Automobilindustrie und zielen dabei darauf ab, das automatisierte und vernetzte Fahren in die Praxis zu überführen. Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) unterstützt das Vorhaben finanziell.

Kontakt

Dr. Dominik Straßel
Bereich »High Performance Computing«
Telefon +49 631 31600-4896
dominik.strassel@itwm.fraunhofer.de



www.itwm.fraunhofer.de/GAIA-X4KI-PM

»Ich wünsche uns, dass wir verlässlich und umweltschonend unterwegs sein werden!«

Prof. Dr. Anita Schöbel
KI-Lotsin für Mobilität



© Gerhard Kopatz / Science Notes

Drei Fragen an...

Intelligente Systeme und vernetzte Prozesse: Mithilfe von KI und Machine Learning gestalten wir den Verkehr und die Fahrzeugentwicklung von morgen – nachhaltig, effizient und sicher. Als KI-Lotsin für Mobilität des Landes Rheinland-Pfalz verbreitet unsere Institutsleiterin Prof. Dr. Anita Schöbel gemeinsam mit ihrer Referentin Dr. Henrike Stephani das Wissen, das für die Anwendung von Künstlicher Intelligenz in der Mobilitätsbranche benötigt wird.

KI-Lotsin Prof. Dr. Anita Schöbel im Vortrag zum Thema »Nachhaltiges Rechnen heute und in Zukunft« bei den Science Notes im April 2022

1 Was ist Ihnen besonders wichtig am Thema Mobilität?

Die Verbindung der einzelnen Sparten, also dass man die verschiedenen Verkehrsmodi wie Auto, Bus und Bahn, Laufen, Fahrrad oder auch Scooter gemeinsam betrachtet und gemeinsam bedarfsgerecht gestaltet.

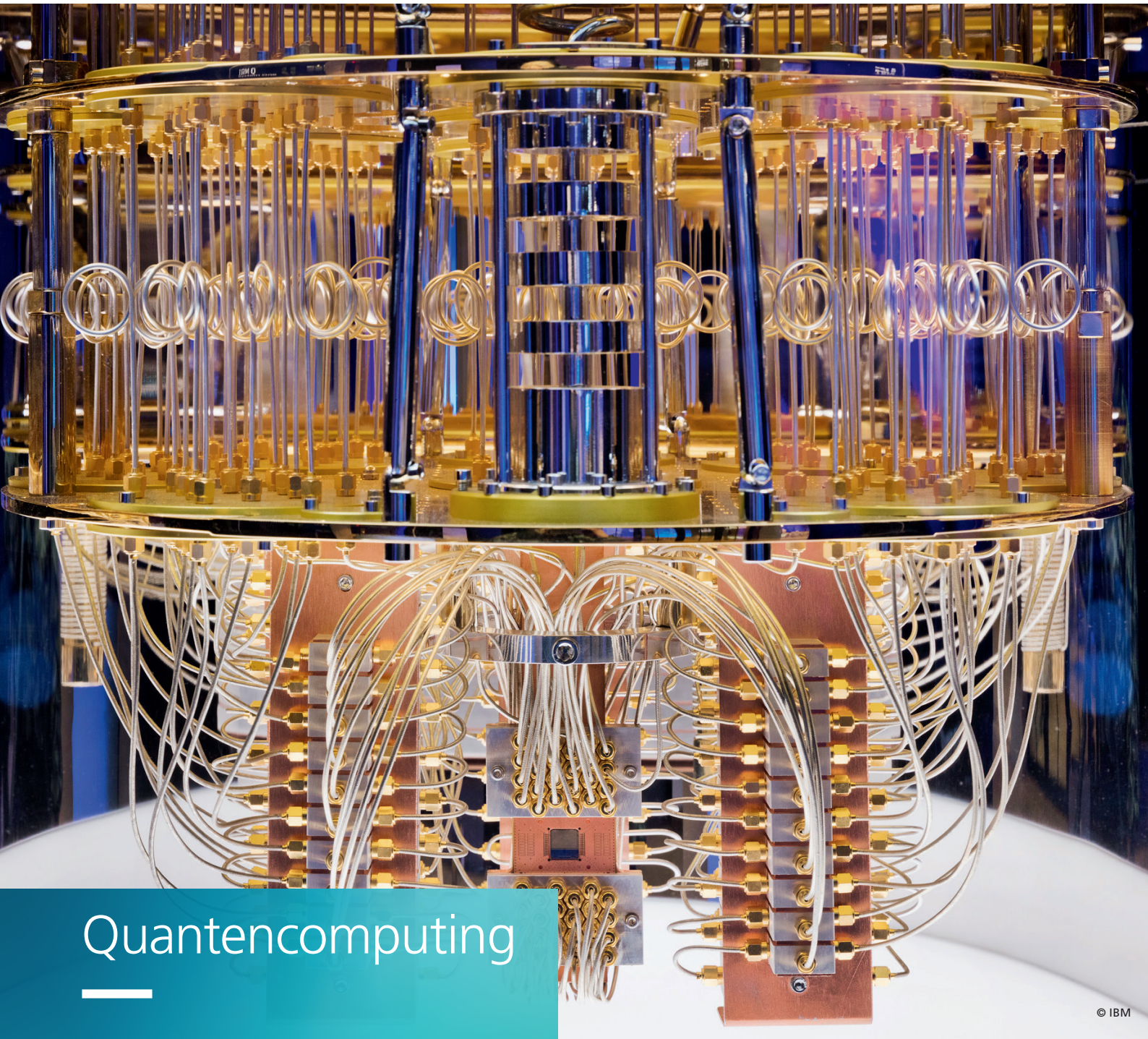
2 Wo liegen Ihre Forschungsschwerpunkte?

In der Forschung beschäftige ich mich selbst vor allem mit der Optimierung des öffentlichen Verkehrs. Typische Fragestellungen dabei sind: Welche Linien soll man einrichten? Wie kommt man zu einem guten Fahrplan? Welche Struktur soll das Tarifsystem haben? Wie reagiert man im Fall von Verspätungen?

3 Was wünschen Sie sich für die Mobilität der Zukunft?

Ich wünsche uns, dass wir in Zukunft effizient, verlässlich und umweltschonend unterwegs sein werden!





© IBM

Quantencomputing

Das Fraunhofer-Kompetenznetzwerk Quantencomputing ist die erste Anlaufstelle für alle, die am und mit dem Quantencomputer forschen wollen. In diesem Netzwerk haben sich regionale Kompetenzzentren in sieben Bundesländern mit jeweils eigenen Forschungsschwerpunkten, die sich wiederum aus Fraunhofer-Instituten zusammensetzen, zusammengeschlossen. Das gemeinsame Ziel: Die Erforschung und Entwicklung von neuen technologischen Lösungen auf dem Gebiet des Quantencomputings.

Rheinland-Pfalz fördert Kompetenzzentrum Quantencomputing

Das Kompetenzzentrum Quantencomputing am Fraunhofer ITWM wurde bereits 2020 aus der Taufe gehoben. Es ist eines von inzwischen acht Zentren, die zusammen das Fraunhofer-Kompetenznetzwerk Quantencomputing bilden. Seinen Ausbau unterstützt das Land Rheinland-Pfalz mit einer weiteren Förderung. Clemens Hoch überreichte Institutsleiterin Prof. Dr. Anita Schöbel im Herbst 2021 einen Bescheid in Höhe von 1,2 Millionen Euro.

Prof. Dr. Anita Schöbel ist mit Prof. Dr. Manfred Hauswirth (Institutsleiter am Fraunhofer Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS) verantwortlich für das Thema »Quantencomputing« innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft. Zentrale Forschungsfragen lauten beispielsweise: Welche Anwendungsszenarien eignen sich für die Berechnung mit einem Quantencomputer? Wie lassen sich Algorithmen dafür entwickeln und in Anwendungen übersetzen?

Im Mittelpunkt des Kompetenzzentrums steht dabei Quanten-HPC (High Performance Computing). Im Vergleich zum klassischen Computing verspricht das Quantencomputing sowohl eine Beschleunigung bestimmter Algorithmen als auch die Möglichkeit extrem komplexe Fragestellungen überhaupt erst zu berechnen.

Zukunftstechnologie mit Potenzial

Im ersten Jahr loteten die Forschenden aus, wie die Industrie vom Quantencomputing profitieren kann. »Wir haben Algorithmen identifiziert, die sich für Quantencomputer eignen und bei sehr vielen unserer Anwendungen eine wichtige Rolle spielen. Nun arbeiten wir daran, diese Algorithmen für Quantencomputer zu optimieren,« so Anita Schöbel. Außerdem steht die Vernetzung von Quantencomputern mit klassischen Computern und HPC im Fokus, um in der Zukunft das Beste der beiden Welten zu nutzen.

Im Kompetenzzentrum »Quanten High Performance Computing« bündeln sich inzwischen zahlreiche Projekte mit den verschiedensten Schwerpunkten – von der Quantenchemie über Finanzmathematik, Projekten mit Energiefokus oder Materialsimulation bis hin zur Quantenbildverarbeitung oder Quantenmaschinelles Lernen. Übergeordnetes Ziel der vielfältigen Aktivitäten ist immer: die Entwicklung von quantenbasierten Rechenstrategien für industrielle Anwendungen.

Wissenschaftsminister Clemens Hoch übergibt Förderbescheid

»Sie haben die Anschubfinanzierung gut genutzt,« betonte Wissenschaftsminister Hoch bei der Bescheidübergabe. In der zweiten Förderphase vertiefen die Forschenden die Arbeitspakete. Dazu gehört auch, weitere Anwendungen zu identifizieren – eine Strategie, die auch der Industrielle Beirat bestärkt. Er besteht aus Vertretenden von BASF, Debeka, der Deutschen Bahn und Schaeffler. Das Land Rheinland-Pfalz will den Ausbau des Kompetenzzentrums Quantencomputing auch in Zukunft weiter fördern: Bis zu fünf Millionen Euro sollen in den nächsten drei Jahren zur Verfügung stehen, damit das Quantencomputing beim Lösen von gesellschafts-, wissenschafts- und wirtschaftsrelevanten Problemstellungen unterstützt.



Prof. Dr. Anita Schöbel, Institutsleiterin Fraunhofer ITWM, und Wissenschaftsminister Clemens Hoch. Im Hintergrund der Quantencomputer System One von IBM, der in der Nähe von Stuttgart von Fraunhofer betrieben wird.



QCStack: Zwischen klassischen Clustern und Quantencomputing



Quantencomputing ist noch immer ein großes Versprechen, aber spätestens seit im Juni 2021 der erste Quantencomputer in Deutschland seinen Betrieb aufnahm, ist die Zukunftstechnologie ein Stückchen in die Gegenwart gerückt. Dr. Valeria Bartsch leitet das Team »Next Generation Computing – Quantencomputing« und spricht im Interview über den aktuellen Forschungsstand.

Wie ist der Stand der Forschung beim Quantencomputing?

Im Vergleich zum klassischen Computing steht das Quantencomputing noch am Anfang der Entwicklung. Im Prinzip sind wir auf demselben Stand wie die ersten klassischen Computer in den 50er Jahren. Es fehlt uns eine ähnliche Erfindung wie die des Transistors, die Computer revolutioniert und eine Hardware-

plattform zur Verfügung gestellt hat, auf der alle weiteren Entwicklungen basieren. Wir stecken viel Arbeit in Forschung und Erprobung. Daher erwarten wir eine schnelle Verbesserung der Hardware, der Algorithmen und des Softwarestacks, um die Versprechen des Quantencomputings einzulösen. Wir wollen, dass die deutsche Industrie bereit ist, sobald sich die Vorteile des Quantencomputings in der Realität umsetzen lassen.



Aus dem Hochleistungsrechnen kommend, schauen wir uns insbesondere den Softwarestack und die Integration zwischen klassischen Clustern und Quantenrechnern an. Wir bauen eine Abstraktionsschicht – eine Schnittstelle zwischen der Hardware und der Anwendung – die jeder Quantencomputer braucht. Noch muss diese Schnittstelle für jede Quantentechnologie und Variante individuell realisiert werden. Wir möchten diesen Schritt verallgemeinern. Finanziell unterstützt uns das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Das Ministerium hat ein spezielles Förderprogramm für die Quantentechnologie aufgelegt. Wir leiten das Projekt QCStack und bauen gemeinsam mit unseren Partnern eine passende Middleware.

Was heißt das genau?

Die Middleware sorgt für den Datenaustausch zwischen Anwendungsprogrammen, die unter verschiedenen Betriebssystemen oder in heterogenen Netzen arbeiten. In unserem Fall sind das Software-Stacks, also aufeinander aufbauende Softwarepakete mit der Aufgabe, die Ausführung einer gemeinsamen Anwendung zu unterstützen. Zum Verständnis hilft der Vergleich mit einem Orchester: Die Instrumente müssen gestimmt, also kalibriert werden, damit das Zusammenspiel funktioniert. Die Musik wird

entsprechend der Zusammensetzung des Orchesters arrangiert. Ebenso werden die Quantenalgorithmen kalibriert, damit sie auf einem bestimmten Quantensystem laufen. Im Orchester gibt der Dirigent den Instrumenten ihren Einsatz, die Qubits bekommen ihr »Go« von einem Scheduler.

Das klingt nach einer großen Aufgabe. Arbeitet das Fraunhofer ITWM allein an QCStack?

Das Projekt ist eine Gemeinschaftsaufgabe – wir konzentrieren uns auf den Compiler, der Quantenalgorithmen auf reale Quantensysteme übersetzt. Das »Dahlem Center für komplexe Quantensysteme« der Freien Universität Berlin entwickelt Methoden zur optimalen Kontrolle von Quantensystemen und arbeitet an ihrer Anwendung. Die Qruise GmbH, ein Spin-off des Forschungszentrums Jülich, beschäftigt sich dann mit der Inbetriebnahme der Software und der (Neu-)Kalibrierung. Am Projektende – voraussichtlich im Januar 2025 – wollen wir die erste funktionsfähige Iteration der Software präsentieren, sowohl die Kernsoftware sowie die enthaltenen Algorithmen müssen dann MVP-Status (Minimal Viable Product) erreicht haben. Das heißt, unser Produkt muss so gut sein, dass es für Unternehmen interessant ist.

Fraunhofer betreibt »IBM Quantum System One«

Seit Juni 2021 ist Quantencomputing in Europa möglich: Gemeinsam mit IBM betreibt Fraunhofer den Quantencomputer »IBM Quantum System One« unter EU-Datenschutzrichtlinien. Er steht Unternehmen und Forschungsorganisationen zur Verfügung, um anwendungsbezogene Quantenalgorithmen zu entwickeln, zu testen und Know-how aufzubauen.

Qubits sind die kleinsten Recheneinheiten beim Quantencomputing.

Kontakt

Dr. Valeria Bartsch
Sprecherin der Leitung des Bereichs
»High Performance Computing«
Telefon +49 631 31600-4741
valeria.bartsch@itwm.fraunhofer.de



Quantensprünge in Wissenschaft und Karriere

Dr. Jonas Koppe ist Forschungskordinator zum Thema »Quantencomputing« in der Abteilung »Finanzmathematik«. Mit einem siebenköpfigen Team bearbeitet er in dieser Position die unterschiedlichsten Projekte der neuen Technologie. Was das in der Praxis und für ihn als Person heißt, verrät er im Porträt.

Seit September 2021 ist Jonas Koppe als Mitarbeiter am Institut und seit Februar 2022 besetzt er die neue Position des Forschungskordinators »Quantencomputing« (QC). Er ist extra in die Pfalz gezogen, denn seine Karriere hat sich bisher im Münsterland abgespielt: Er hat an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster den Bachelor, dann den Master in Chemie abgeschlossen und dort im Anschluss am Institut für Physikalische Chemie promoviert. Dabei lag sein Schwerpunkt auf einem völlig anderen Gebiet: neue Methoden, um Festkörper mittels Kernspinresonanzspektroskopie zu untersuchen. Neben dem Chemiestudium hat Koppe zudem einen Bachelor in Betriebswirtschaftslehre erworben.

Eine breit gefächerte akademische Kombination also, die ihn ans Institut geführt hat. »Ich würde mich selbst eher als Physiker und nicht als Chemiker bezeichnen«, bemerkt Koppe. Und jetzt Finanzmathematik? Wie passt das zusammen? Sehr gut, denn der Forschungsschwerpunkt Quantencomputing ist eine Mischung aus Physik, Informatik und Mathematik, so auch die Stelle als Forschungskordinator.

Koordinator Quantencomputing am Puls der Forschung

»In unserer Abteilung gilt es in der Position des Forschungskordinators vor allem wissenschaftliche Grundlagen zu schaffen. Ich beobachte die laufende Forschung aus der Anwendungsperspektive«, so Koppe. »Das heißt viel lesen, schreiben, koordinieren und dafür sorgen, dass wir als Expertinnen und Experten

sichtbar sind in der Forschungscommunity und am Puls der Zeit. Wir wollen auf die aktuellen Entwicklungen nicht nur vorbereitet sein, sondern State-of-the-Art-Forschung aktiv mitgestalten.«

Dafür laufen schon einige QC-Projekte, hauptsächlich mit rein öffentlicher Förderung. Abkürzungen wie EniQmA, QuSAA, AnQuC oder EnerQuant geben den Forschungsvorhaben Namen und Richtung. EnerQuant hat sich beispielsweise das Ziel gesetzt, das Potenzial neuer Computing-Technologien für die Energiewirtschaft zu nutzen. QuSAA hat Asset-Allokation im Blick und will dabei möglichst effizient die Hardware nutzen, die zur Verfügung steht. Unter Asset-Allokation versteht man die Aufteilung eines Vermögens auf verschiedene Anlageklassen wie Anleihen, Aktien oder Immobilien – bekanntes Terrain für die Abteilung.

Vielfalt der Projekte und Vernetzung

»Bei den Projekten können wir als Team meist auf unsere Expertise in der Finanzmathematik aufbauen. Sie bildet die Grundlage, die technische Arbeit ist ähnlich. Die neue Technologie ist die eigentliche Challenge.« Dann gilt es gemeinsam zu analysieren, wie viel Potenzial in Quantencomputing wirklich steckt – im direkten Vergleich zu klassischer Hardware und Ansätzen. Am Übersetzen in die Quantenwelt sind teilweise auch Unternehmen beteiligt, mit denen die Abteilung bereits in anderen Projekten arbeitet, zum Beispiel die R+V Versicherung.



Wichtig in der täglichen Arbeit ist nicht nur eine enge Vernetzung mit den anderen ITWM-Abteilungen, sondern auch mit anderen Fraunhofer-Instituten. Herzstück des Netzwerks ist der »IBM Quantum System One« in Ehningen bei Stuttgart, auf dem Fraunhofer exklusiv rechnet.

Quantencomputing hat noch ein Hype-Problem

Trotz all der Quantencomputing-Aktivitäten mahnt Koppe: »Das Thema hat gerade ein klassisches Hype-Problem: Das Interesse und die Berichterstattung sind enorm. Aber wir sind an einem Punkt, an dem wir noch keine Versprechungen machen können. Es wird sicher erfolgreiche Anwendungen geben, aber noch stecken wir in den Kinderschuhen. Es wird sich wahrscheinlich erstmal Desillusionierung einstellen, bevor die Anwendungen einen echten Quantenvorteil bieten«, so der 33-Jährige.

»Unser gemeinsames Verständnis für die praktische Umsetzung, aber auch für die Grenzen der neuen Technologie sind gerade erst in der Entwicklung.« Trotzdem ist Koppe optimistisch und geht davon aus, dass im Team bereits bis 2023 kompetitive Produkte entstehen, die Unternehmen unterstützen.

Die junge Technologie steht vor einem spannenden Wendepunkt, genau wie der junge Forscher selbst: »Ich muss mir das Feld völlig neu erarbeiten, mit meinem Spezialwissen vorher hat die Materie wenig zu tun. Aber deshalb bin ich gerne in der Forschung.« Und Koppe entdeckt nicht nur in der Wissenschaft, sondern inzwischen auch viel in seinem neuen Leben in Kaiserslautern: »Ich war überrascht, wie schön es hier im Pfälzer Wald und im Umland ist. Außerdem habe ich lange Saxofon in einer Big Band gespielt und überlege wieder damit anzufangen.« Kleinere (Quanten-)Sprünge gibt es so hoffentlich bald in allen Lebenslagen des Forschers.

Kontakt

Dr. Jonas Koppe
Forschungskordinator
»Quantencomputing«
Abteilung »Finanzmathematik«
Telefon +49 631 31600-4110
fm@itwm.fraunhofer.de



Mit Forschungsergebnissen die Welt verändern

Ein Wissenschaftler sitzt in seinem stillen Kämmerlein und forscht... und dann? Im Interview spricht Dr. Jens Krüger darüber, wie Forschungsergebnisse den Weg in die Unternehmen und von dort aus in den Alltag der Menschen finden. Er ist Fraunhofer-Referent für das Strategische Forschungsfeld »Next Generation Computing«. Das steht auf drei Säulen: die erste Säule basiert auf klassischen Architekturen. Die zweite Säule sind neuromorphe Computer, die in etwa so funktionieren wie unser Gehirn und die dritte Säule sind Quantencomputer.

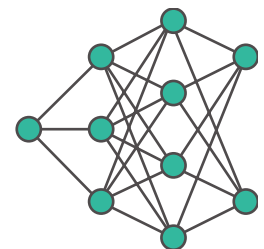
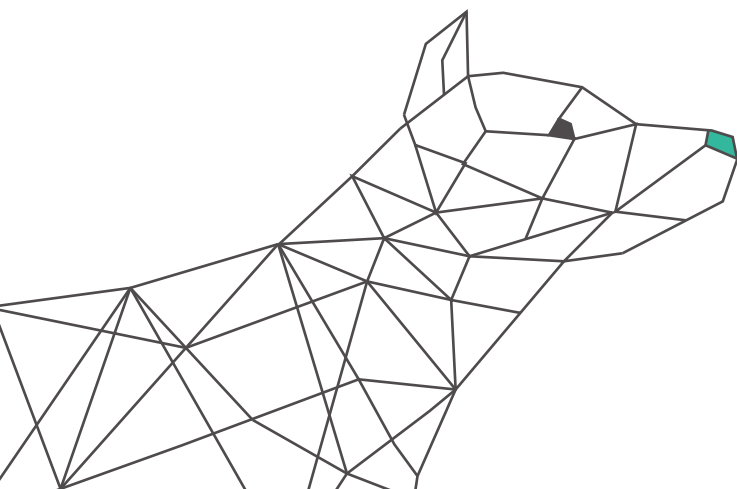
Fassen Sie bitte kurz zusammen, was Sie als Forscher antreibt?

Ich bin ein neugieriger Mensch. Ich möchte neue Ideen ausprobieren und diese weiterentwickeln bis hin zu Produkten, die dann unserer Gesellschaft und Wirtschaft nutzen. Das geht von der Entwicklung von hocheffizienten Prozessoren bis hin zur Optimierung von künstlichen Neuronen Netzen für mobile Geräte. Ein Beispiel sind Uhren, die ein EKG aufnehmen. Auf diese Weise kann das Gerät einen nahenden Herzinfarkt detektieren und frühzeitig Alarm schlagen. Diese Technologie hat das Potenzial, Menschen das Leben zu retten.

Oft geben Wettbewerbe der Forschung Impulse. Im März 2021 haben Sie einen Preis im Pilotinnovationswettbewerb »Energieeffiziente KI-Systeme« des Bundesforschungsministeriums (BMBF) gewonnen. Worum ging es da?

Aufgabe war es, eine möglichst energieeffiziente Hardware für den Einsatz in KI-Systemen zu entwickeln, die in EKG-Daten Herzrhythmusstörungen und Vorhofflimmern mit mindestens 90 Prozent Genauigkeit erkennt. Das Projekt, mit dem wir am Wettbewerb teilgenommen haben, hieß HALF, das steht für »Holistischer Ansatz zur Optimierung von FPGA-Architekturen für tiefe neuronale Netze via AutoML – Automatisches Maschinenlernen«. Wir haben dabei die gegenseitige Abhängigkeit des Energieverbrauchs der Hardware und der neuronalen Netzwerktopologie untersucht.

Die Wahl des Netzes hat erheblichen Einfluss auf die Hardwarekomplexität – und damit auf die benötigte Energie und umgekehrt. Diese Abhängigkeiten haben wir optimiert und eine neue Methodik entwickelt, die nicht nur energieeffizienter ist, sondern auch die Entwicklungszeit für optimale neuronale Netzwerktopologien reduziert.



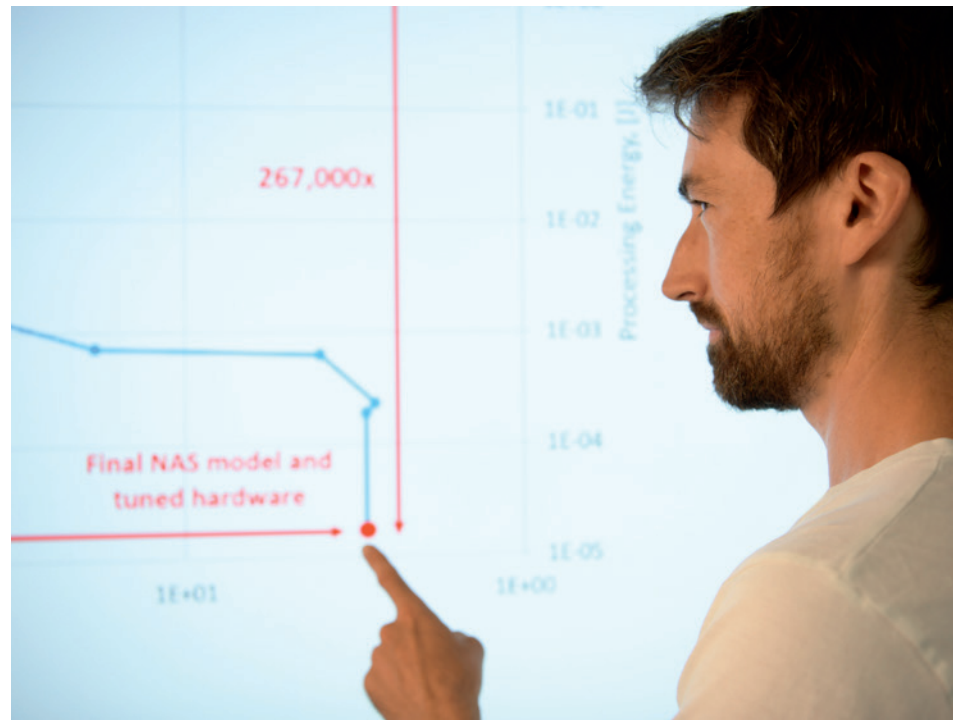
NASE – Neural Architecture Search Engine



Wie ging es nach dem Gewinn des Wettbewerbs weiter?

Wir stellen nun unsere Expertise Unternehmen zur Verfügung, damit sie ihre Produkte entsprechend weiterentwickeln können. Der KI-Chip im Rahmen des Wettbewerbs war lediglich eine Testplattform. Im Nachfolgeprojekt wird nun direkt mit einem Hersteller zusammengearbeitet, um an der nächsten Gerätegeneration zu arbeiten, welche dann in klinischen Studien eingesetzt werden sollen.

Allerdings können wir alle Branchen unterstützen, denn fast jede steht vor der Herausforderung, dass Datenmengen ständig zunehmen und KI helfen kann, diese zu verarbeiten. Das ist wirtschaftlich für fast alle interessant, zum Beispiel für die Fahrzeugindustrie oder die Telekommunikationsbranche. Daraus entstand das Software-Produkt »NASE« (Neural Architecture Search Engine).



Mit NASE wird wissenschaftliche Expertise für Unternehmen verfügbar. Wie läuft das ab?

Jeder Auftrag ist individuell, aber klar ist: Effizienz beginnt für uns beim Algorithmus. Wir nutzen modernste Verfahren der automatischen neuronalen Netzwerksuche, um Netzwerke zu entwickeln, die hinsichtlich vieler Aspekte gleichzeitig effizient sein können. Wir beachten Eigenheiten der zugrundeliegenden Plattform und nehmen sie in das Netzwerkdesign auf. Der Algorithmus passt dann die Netze der Hardware an. Wir bieten also unsere Erfahrung, die Technologie und Rechenkapazitäten. Die Unternehmen liefern uns die für sie relevanten Datensätze und definieren die Anforderungen, etwa an Genauigkeit und Geschwindigkeit. Dann suchen wir mithilfe unserer Supercomputer und unseres Frameworks nach dem besten Modell. Das Netzwerk ist dann direkt einsatzfähig.

Um dem Bedarf nach immer mehr und schnellerer Rechenleistung gerecht zu werden, forschen Sie in der European Processor Initiative (EPI) gemeinsam

mit 28 Partnern aus 10 europäischen Ländern und entwickeln hocheffiziente Beschleunigerprozessoren. Welchen Beitrag leistet das Fraunhofer ITWM hier?

Unser Beitrag ist der sogenannte Stencil- und Tensor Beschleuniger (STX), den wir gemeinsam mit dem Fraunhofer IIS auf Basis einer Architektur der ETH Zürich entwickeln. Wir konzentrieren uns auf das effiziente Ausführen von hoch parallelisierbaren Anwendungen mit konstanten Zugriffsmustern, wie sie in vielen Anwendungen vorkommen – von der Strömungsdynamik, über Klima- und Wettervorhersagen bis hin zu bildgebenden Verfahren. Reale Anwendungen sollen energieeffizienter werden, einfacher zu programmieren sein und geringere Kosten verursachen. Schon jetzt können Interessenten eigene Codes auf unserem Simulator testen. Nächstes Jahr steht dann die nächste Generation von Testchips zur Verfügung. 2025 wollen wir das erste komplette System lauffähig haben. Eine große Herausforderung, aber auch ein wichtiger Schritt hin zu einer neuen nationalen und europäischen Industrie für hochperformante Prozessoren und Beschleuniger.

Kontakt

Dr. Jens Krüger
Sprecher der Leitung des Bereichs
»High Performance Computing«
Telefon +49 631 31600-4541
jens.krueger@itwm.fraunhofer.de



Gesundheit und Medizin

Gesundheitsversorgung verbessern, Heilungschancen erhöhen, Diagnosen unterstützen – das sind die Ziele, welche die Fraunhofer-Gesellschaft mit Ergebnissen in der Medizin-, Umwelt- und Ernährungsforschung erreichen will. Dabei helfen sollen intelligente, assistierende Systeme, die bei der Gesundheitsvorsorge, Diagnostik, Therapie und Pflege unterstützen. Wir fokussieren uns besonders auf Tools zur Entscheidungsunterstützung in der Therapieplanung und zur Stärkung der Resilienz, aber auch zur politischen Entscheidungsfindung, um die Corona-Pandemie einzudämmen.

© istockphoto/Artem_Egorov

Mathematik erhöht Überlebenschancen

Es ist eine Erfolgsgeschichte des Fraunhofer ITWM, die das Leben vieler Menschen verbessert: Dank der hier entwickelten Planungstechniken für die Strahlentherapie haben sich die Überlebenschancen von an Krebs erkrankten Menschen deutlich erhöht. Umgesetzt hat sie der weltgrößte Hersteller für Strahlentherapiegeräte Varian Medical Systems, der seit 2021 zu Siemens Healthineers gehört. Die Zusammenarbeit wird auch künftig weitergeführt.



Bei der Strahlentherapie geht es um einen Kompromiss zwischen Behandlung des Tumors und dem Risiko von Nebenwirkungen. Marktführer Varian Medical Solutions setzt auf Software-Lösungen des Fraunhofer ITWM.

Die Komponenten zur Entscheidungsunterstützung werden bei Planungsaufgaben in verschiedensten Anwendungen in der Industrie eingesetzt. Einsatzziel in der Strahlentherapie ist es, die Dosis für den Tumor so hoch wie nötig auszurichten und dabei die negativen Auswirkungen auf umliegende gesunde Gewebe zu minimieren. So werden in vielen Kliniken weltweit täglich schwere Nebenwirkungen bei Behandlungen vermieden und gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit des Behandlungserfolgs erhöht.

Zeit bei der Behandlung entscheidend

Eine verbesserte Planungseffizienz sowie eine höhere Qualität der Behandlung waren zu Beginn der Zusammenarbeit die Ansprüche an das Tool zur multikriteriellen Strahlentherapieplanung, das im Bereich »Optimierung« entwickelt wurde. »Für viele Erkrankte ist der Zeitfaktor entscheidend für den Behandlungserfolg. Wir haben behandelnden Ärztinnen und Ärzten die

Möglichkeit gegeben, maßgeschneiderte, sehr gute Therapiepläne zu erstellen, ohne dafür ein zeitraubendes Trial-and-Error-Verfahren anwenden zu müssen«, sagt Dr. Philipp Süß, stellvertretender Abteilungsleiter »Optimierung – Technische Prozesse«.

Zusammenarbeit geht weiter

Varian Medical Solutions mit Sitz in Palo Alto ist der Marktführer für Gerätschaften der Radioonkologie. 2016 begann die Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer ITWM, das gemeinsame Produkt ist seit 2017 auf dem Markt und wird seitdem in mehr als 150 Ländern angeboten. Nun wurde die Zusammenarbeit um weitere fünf Jahre verlängert. »Wir alle sind stolz darauf, was wir gemeinsam mit einem der erfolgreichsten Global Player in der Medizintechnik bereits erreicht haben und freuen uns, die gemeinsame Arbeit fortzuführen und damit die Strahlentherapie weiter zu verbessern«, so Süß.

Kontakt

Dr. Philipp Süß
stv. Abteilungsleiter »Optimierung –
Technische Prozesse«
Telefon +49 631 31600-4295
philipp.suess@itwm.fraunhofer.de



Software-optimierte Produktionsprozesse bei BioNTech

Seit das Mainzer Unternehmen den ersten breit zugelassenen Impfstoff gegen COVID-19 entwickelt hat, ist der Name BioNTech allgemein bekannt. Das eigentliche Anliegen der BioNTech SE ist die Entwicklung einer individualisierten Therapie für Krebspatientinnen und -patienten. Für beide Anwendungsfälle – der Herstellung der individuellen Krebsmedikamente sowie des Corona-Impfstoffs – haben Forschende des Fraunhofer ITWM eine Software-Plattform entwickelt, mit der man den Produktionsprozess effektiver steuern kann.

Die Produktion individualisierter Medikamente ist aus technischer sowie organisatorischer Sicht komplex und unterscheidet sich grundlegend von etablierten Prozessen in der Pharmaindustrie. Die Individualisierung wirft vielfältige, neuartige Fragestellungen auf und erfordert neue Ansätze der Produktionsorganisation und -planung. So müssen alle Schritte für jeden Patienten und jede Patientin einzeln durchgeführt werden. Das stand viele Jahre nicht im Fokus etablierter Lösungen für die Produktionsplanung.

werden. »Eine gemeinsame Sprache, ein gemeinsames Prozessverständnis zu finden, war ein wesentlicher Teil unserer Arbeit«, so Ackermann. Es folgten das Modellieren, Strukturieren und die Analyse von Daten und Prozessen. Am Ende stand eine Software, mit der man die Herstellungsprozesse der einzelnen Medikamente planen und organisieren kann und die eine Fertigstellungsprognose für die jeweiligen Patientinnen und Patienten liefert.

Individuell zugeschnittene Lösung

Eine Plattform zu entwickeln, die diese Prozesse plant und koordiniert, ist die Aufgabe des Teams um Dr. Heiner Ackermann, stellvertretender Leiter der Abteilung »Optimierung – Operations Research«. Zunächst mussten dazu die Vorkenntnisse der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bei BioNTech mit denen der ITWM-Forschenden zusammengeführt

Automatisierte Prozesse für steigende Produktionszahlen

Einige onkologische Produktkandidaten von BioNTech befinden sich bereits in fortgeschrittenen Entwicklungsphasen und werden bald in zulassungsrelevante Studien überführt. Die Produktion für den kommerziellen Vertrieb wird bereits heute vorbereitet. Dies hat auch Einfluss auf die Planungsprozesse: Sie müssen mitunter angepasst und erweitert werden, insbesondere in Hinblick auf eine stärkere Automatisierung. Die Vorbereitungen dafür laufen bereits. »Bei ein paar Hundert Patientinnen und Patienten ist manuelles Eingreifen in den Prozess noch möglich. Dies wird bei mehreren 10000 Personen nicht mehr möglich sein. Automatisierte Prozesse und zusätzliche Möglichkeiten der Entscheidungsunterstützung können da erforderlich sein«, beschreibt Ackermann die Vorteile eines automatisierten Planungsablaufs.

Die Forschenden des Fraunhofer ITWM passen die Software kontinuierlich an die sich wandelnden Anforderungen bei der Impfstoffproduktion an.





© BioNTech SE 2021, all rights reserved

Ob Krebstherapie oder Impfstoffproduktion – das Fraunhofer ITWM und BioNTech entwickeln eine Software, mit der sich komplexe Produktionsprozesse besser planen, koordinieren und dokumentieren lassen.

Und dann kam Corona

Mit dem Beginn der Corona-Pandemie nutzt BioNTech seine Expertise zu mRNA-basierten Krebsmedikamenten auch für die Entwicklung eines Impfstoffs. »Aus einem Zeitungsartikel habe ich erfahren, dass BioNTech plant, einen Impfstoff zu entwickeln. Kurz darauf fragte das Unternehmen bei uns an, um gemeinsam an neuen Software-Lösungen zu arbeiten. Da brach bei mir kurz das Chaos aus, aber natürlich haben wir uns an die Arbeit gesetzt«, blickt Ackermann zurück.

Der Herstellungsprozess des Impfstoffs ist deutlich weniger komplex als der für die individuellen Krebsmedikamente. Kritisch sind hierbei die Produktionskapazitäten für die erforderlichen

hunderte Millionen Impfdosen. Die Lösung ist die Zusammenarbeit von BioNTech mit Lohnherstellern, die auf bestimmte Prozessschritte spezialisiert sind.

Das Fraunhofer ITWM und BioNTech haben eine Software etabliert, mit der das Unternehmen das Produktionsnetzwerk und die einzelnen Prozessschritte planen, koordinieren und dokumentieren kann. »Nun arbeiten wir daran, die Plattform an die immer wieder neuen Anforderungen anzupassen. So wie sich der Produktionsprozess weiterentwickelt, entwickeln wir auch die Plattform weiter. Teilweise ändern sich die Anforderungen wöchentlich, aber das ist eine Herausforderung, mit der wir sehr gut zurechtkommen«, beschreibt Ackermann die weiterlaufende Zusammenarbeit.

Kontakt

Dr. Heiner Ackermann
Stv. Leiter der Abteilung »Optimierung
– Operations Research«
Telefon +49 631 31600-4517
heiner.ackermann@itwm.fraunhofer.de



Corona-Pandemie: Fraunhofer ITWM berät Landesregierung Rheinland-Pfalz



Während der Corona-Pandemie sind die wöchentlichen Prognosen für die zu erwartenden Infektionszahlen durch das Fraunhofer ITWM wichtige Indikatoren für die Landesregierung Rheinland-Pfalz, um politische Entscheidungen zu treffen. Unsere Forschenden haben dazu beigetragen, dass das Land im Vergleich zu anderen Bundesländern gut durch die Pandemie gekommen ist.

»Die Vorhersage für die kommenden Tage« – eine Floskel, die man eigentlich eher vom Wetterbericht kennt und nicht von Krankenhausbelastungen, Intensivbettenbelegungen und Sterberaten. Die Prognose der Infektionszahlen ist in der Corona-Pandemie eine maßgebliche Größe, die über Verschärfungen oder Lockerungen der Schutzmaßnahmen entscheidet.

Entscheidungstragenden solide Grundlagen liefern

Um die aktuelle Gesamtsituation einordnen zu können, brauche es »die Verwegenheit der angewandten Mathematik«, sagte Prof. Dr. Karl-Heinz Küfer, Bereichsleiter »Optimierung«, bereits in einer sehr frühen Phase der Pandemie. Im April 2020 begann das Fraunhofer ITWM Prognosen über die pandemischen Entwicklungen

anzufertigen. Zunächst, um Krankenhäuser, Kommunen und Gesundheitsämter besser auf das kommende Geschehen einzustellen. »Uns war klar: Wir können berechnen, was auf uns zukommt. Dann haben wir die Landräte und Bürgermeister:innen in Rheinland-Pfalz gefragt, ob sie Hilfe brauchen. Für die politischen Akteure waren unsere Berechnungen maßgebliche Entscheidungskriterien.«

Hinter den Prognosen steckt ein engagiertes Team, das abteilungsübergreifend unterschiedliche Expertise und Erfahrungen zusammenbringt, um gemeinsam einen Beitrag zur Pandemiebekämpfung zu leisten. Die Treffergenauigkeit der Vorhersagen ist bemerkenswert. Das nimmt auch die rheinland-pfälzische Landesregierung wahr, sodass ab August 2021 ein wöchentlicher Termin mit Vertreterinnen und Vertretern des Ministeriums für Wissenschaft und

Kontakt

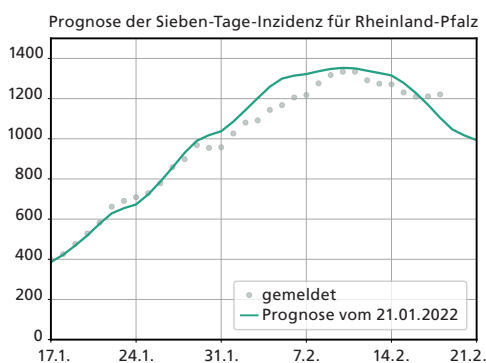
Prof. Dr. Karl-Heinz Küfer
Bereichsleiter »Optimierung« und
Abteilungsleiter »Optimierung –
Operations Research«
Telefon +49 631 31600-4491
karl-heinz.kuefer@itwm.fraunhofer.de



Gesundheit und des Landesuntersuchungsamtes vereinbart wird. Die Ergebnisse stehen anschließend mehreren Ministerien und auch Ministerpräsidentin Malu Dreyer zur Verfügung. Die Zusammenarbeit zeigt Wirkung: Rheinland-Pfalz kommt vergleichsweise glimpflich durch die Pandemie.

Aus der Vergangenheit die Zukunft berechnen

»Wir haben ein Simulations- und Prognoseprogramm entwickelt, um auf Basis von gemeldeten Werten aus der Vergangenheit in die Zukunft zu schauen«, sagt Dr. Jan Mohring aus der Abteilung »Transportvorgänge«. Modelliert wird, wie sich die Infektionszahlen entwickeln. Parameter sind Kontakt-, Test- und Impfraten. Das dynamische Geschehen wird auf Basis der erfassten Zahlen der letzten Wochen rekonstruiert. Dazu werden die Kontakt- und Entdeckungsraten so angepasst, dass das Modell für die Vergangenheit die gemeldeten Neuinfektionen und Sterbefälle reproduziert. Mit den gefundenen Parametern wird anschließend die Ausbreitungsdynamik in die Zukunft fortgeschrieben. Daraus lassen sich schließlich Prognosen für Leitindizes wie Sterberate oder Intensivbettenbelegung ableiten.



Das Maximum der Omikron-BA.1-Welle wurde drei Wochen zuvor mit einer Abweichung von unter zwei Prozent vorhergesagt.

Das System konnte während der Pandemie immer besser ergänzt und adaptiert werden. Die Treffergenauigkeit beeindruckte alle Beteiligten:

»Den Hochpunkt der Inzidenz der vierten Welle im Februar 2022 haben wir für Rheinland-Pfalz auf den Tag genau und die Inzidenz mit einer Abweichung von ca. 20 Fällen prognostiziert – und das drei Wochen vorher«, so Mohring. Dabei wird auch deutlich: Das Testen ist ein wichtiger Bestandteil der Pandemiebekämpfung. Aus Mohrings Sicht sogar entscheidender als die Kontaktbeschränkungen, weshalb das Fraunhofer ITWM sich früh für das repräsentative Testen in den Schulen als Maßnahme zur Eindämmung stark gemacht hat. Auch 2G-Plus führte das Land auf Anraten des Fraunhofer ITWM als eines der ersten Länder ein.

Menschliches Verhalten spiegeln

Mit Lockerungen im Sommer und dem Zurückfahren der regelmäßigen Testungen wurde es schwieriger, konkrete Prognosen zu liefern. Da eine sich wandelnde Entdeckungsrate explizit berücksichtigt wird, bleiben Prognosen mit Abstrichen bei der Genauigkeit aber zumindest möglich. Deshalb arbeitet das Fraunhofer ITWM weiter an seiner Modellierungs-Software und startet ein neues Projekt mit der Katastrophenforschungsstelle aus Berlin und dem Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI), um künftig eine Rückkopplung einbauen zu können, die das Verhalten der Menschen stärker einbezieht. »Zentral ist dabei für uns die Frage, wie das Wissen um eine Bedrohungslage das Verhalten der Menschen beeinflusst«, sagt Mohring.

Wann ist die Pandemie vorbei?

Die Frage nach dem Ende der Pandemie wurde den Forschenden des Fraunhofer ITWM schon oft gestellt. Es herrscht Einigkeit: Wir werden Corona so schnell nicht mehr los. Je nach vorherrschender Variante des Virus werden die Sommer-Monate entspannter sein als die kalten Jahreszeiten. Küfer und Mohring sind sich aber einig: »Die Herbstwelle wird rollen.« Maßnahmen werden abhängig von der jeweiligen Variante des Virus sein. Die Beratung des Fraunhofer ITWM für das Land Rheinland-Pfalz wird weiterlaufen.

Kontakt

Dr. Jan Mohring
Abteilung »Transportvorgänge«
Telefon +49 631 31600-4393
jan.mohring@itwm.fraunhofer.de



Digitalisierung

Jeden Tag entstehen überall auf der Welt große Mengen unterschiedlichster Daten in hoher Geschwindigkeit – in Unternehmen, urbanen Infrastrukturen und privaten Haushalten. Dabei wächst das Volumen stetig und die Verarbeitung und Analyse dieser riesigen Datenmengen wird zur Schlüsselkompetenz für Hochtechnologieländer. Mit Rat und Tat stehen wir Unternehmen beim Aufbau von Know-how sowie bei der Entwicklung von Lösungen in Geschäftsprozessen wie der Produktion und Logistik zur Seite. Gleichmaßen legen wir Wert auf Machbarkeit, Wirtschaftlichkeit sowie auf Datenschutz und Sicherheit.

T-KOS: Terahertz-Technologie für verlässliche Kommunikation

Während der Bahnfahrt an einem virtuellen Meeting teilnehmen – kein Problem, wenn das Mobilfunknetz keine Lücken aufweist. Das mobile Arbeiten unterstreicht die Bedeutung stabiler Datenverbindungen. Das gilt in gleichem Maß für die industrielle Produktion, die immer mehr auf vernetzte Komponenten setzt. Unsere Abteilung »Materialcharakterisierung und -prüfung« erforscht, wie die Terahertz-Technologie die Integration der Baugruppen zusätzlich durch verbesserte Sensorik optimieren kann.

Die Anforderungen an Kommunikationsnetze und an Sensorik-Lösungen in industriellen Produktionsprozessen wachsen, deshalb hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 2021 das Projekt T-KOS (Terahertz-Technologien für zukunftsweisende Innovationen in Kommunikation und Sensorik) ins Leben gerufen. Im Projekt wird die Terahertz-Technologie nun erstmals synergetisch in den Bereichen »Kommunikation« und »Sensorik« für die Industrie erschlossen.

Im Verbund zu kompakten Systemkonzepten

T-KOS ist ein Verbundprojekt der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland und dem Fraunhofer ITWM. Es bündelt das Engagement von zehn Kooperationspartnern. Die Forschenden entwickeln Demonstratoren für die drahtlose Kommunikation mit hohen Bitraten und die industrielle Messtechnik auf Basis von Hochfrequenz-Elektronik sowie Terahertz-Photonik.

Eine vielversprechende Möglichkeit, die Datenkapazität bei Trägerfrequenzen über 100 GHz zu erhöhen, ist die Terahertz-Funktechnologie.

Je höher die Trägerfrequenz, desto größer die nutzbare Bandbreite und damit die Datenkapazität. Dadurch braucht man kleinere Antennenelemente und kann kompakte Funkssysteme mit einer Vielzahl aktiver Antennen realisieren. Dies ist ein Vorteil, von dem auch die industrielle Terahertz-Messtechnik profitiert, die zur bildgebenden Prüfung eingesetzt wird.

Demonstratoren für die bildgebende Terahertz-Prüfung

»Elektronische und photonische Systemkonzepte im Terahertz-Bereich liegen konzeptionell nah beieinander«, sagt Dr. Fabian Friederich, Koordinator der T-KOS-Aktivitäten am Fraunhofer ITWM. »Dank unserer Expertise und unserer guten Laborausstattung können wir in Kaiserslautern für beide Technologie-zweige Demonstratoren für die bildgebende Terahertz-Prüfung in Produktionsprozessen realisieren.« Während der vollelektronische Demonstrator industrietaugliche Inline-Messtechnik mit Millimeterauflösung an der Produktionsstraße zum Ziel hat, dient das photonische Konzept als Forschungsplattform für zukünftige Entwicklungen hin zu höheren Frequenzen und verbesserter Auflösung.



Kontakt

Dr. Fabian Friederich
 Gruppenleiter »Elektronische Terahertz-Messtechnik ETM«
 Telefon +49 631 31600-4908
 fabian.friederich@itwm.fraunhofer.de





Enterprise Lab: Durch moderne Arbeitsweisen zum mathematischen Erfolg

In der kooperativen Arbeitsweise »Fraunhofer Enterprise Labs« arbeiten mehrere Expert:innen aus Unternehmen und ITWM-Forschende aktiv gemeinsam in einem Team an Themen und Lösungen. Unsere Abteilung »Finanzmathematik« setzt so in direkter Kollaboration Innovationen mit einem Automobilherstellenden um.

8

Teilprojekte in
drei Jahren

Im Fokus des »Enterprise Labs« geht alles Hand in Hand – von der Themenfindung bis zur markt-reifen Lösung. Die Symbiose von Forschung und Unternehmenspraxis ermöglicht die Umsetzung von kreativen Ideen, die unmittelbar auf die Geschäftsprozesse ausgerichtet sind. »Mit dem Enterprise Lab haben wir eine agile Methode geschaffen, in der die Unternehmen

mit uns Forschenden interdisziplinäre Zusammenarbeit leben und kollegial mit Kund:innen arbeiten«, so Dr. Stefanie Schwaar, Geschäftsfeldentwicklerin »Abrechnungsprüfung«. »Sie geben nicht einfach Technologien klassisch bei uns in Auftrag und wir arbeiten ab, sondern wir entwickeln zusammen die Aufgabenstellung, Strategie und Lösungen.«



Agile Projektstruktur
(Scrum-basierte Entwicklung)



Kooperative Zusammenarbeit
(Kombination von Kompetenzen)



Angepasste Methoden
(KI und Statistik)

Unser Erfolg basiert auf drei Komponenten.



Mit dem Enterprise Lab haben wir eine agile Methode geschaffen, in der die Unternehmen mit uns Forschenden interdisziplinäre Zusammenarbeit leben und kollegial mit Kundinnen und Kunden arbeiten.«

Dr. Stefanie Schwaar

Geschäftsfeldentwicklerin »Abrechnungsprüfung«

© iStock/aldorado10

Beispiel Data Science in der Automobilbranche

Ein Beispiel für die erfolgreiche Umsetzung des Konzepts ist die Zusammenarbeit mit einem Premium-Automobilherstellenden. »Hier arbeiten wir bereits seit 2018 an unterschiedlichsten Themen. Das Team wechselt immer wieder, je nach benötigter Expertise«, so Schwaar. Im Lab haben Unternehmen direkten Zugang zum Know-how der Wissenschaftler:innen. Dabei dreht sich alles um herausfordernde Datensätze im Bereich der Prüfung und Prognose.

So sind ganz neue Möglichkeiten zur explorativen Datenanalyse im Lab entstanden, wie eine spezifische Auffälligkeitsdetektion: Die ITWM-Lösung unterstützt beim Zusammenführen von komplexen Daten aus verschiedenen Quellen, aggregiert diese automatisch zu einem effizient nutzbaren Datensatz und visualisiert sie interaktiv. Mit Verfahren aus Statistik und Maschinellem Lernen (ML) wird automatisiert in den Daten nach Auffälligkeiten gesucht. So können potenzielle Fehleingaben oder vermutlich zu gering abgerechnete Reparaturen gezielt untersucht und größere Fehlerquellen frühzeitig ausfindig gemacht werden.

Abteilungsübergreifende Projektplanung im Lab

Das flexible Arbeitsmodell ermöglicht die strategische Kooperation – auch abteilungsübergreifend. Im neusten Projekt des Labs arbeitet ein Team aus dem Bereich »Mathematik in der Fahrzeugentwicklung« und der Abteilung »Finanzmathematik« gemeinsam an der digitalen Aufbereitung komplexer Fahrzeug-Analyse-Protokollen. Das heißt Big Data im großen Stil. Die Themenvielfalt zur Nutzung der Daten ist umfangreich und im stetigen Wandel. Wenn ein Neuwagen auf den Markt geht, sind verschiedene Fragen zu beantworten wie: Was ist die prognostizierte Schadensrate? Welche Reparaturen fallen häufig an? Mit welchen Kosten ist zu rechnen? Bei diesen und verwandten Fragestellungen liefern wir datengetriebene Unterstützung.

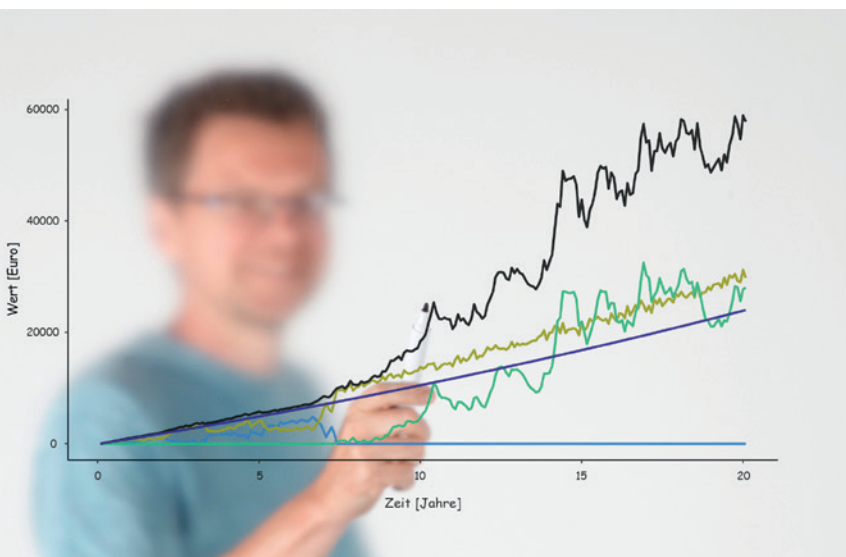
Die Entwicklung eines ML-gestützten interaktiven Analysetools steht auch hier im Fokus. Expert:innen aus beiden Abteilungen arbeiten mit den Teams seitens der Kundinnen und Kunden eng zusammen, ein »Steering Committee« sichert die konzeptionelle Ausrichtung und Zielsetzung. Eine echte Erfolgsformel in der modernen Projektarbeit.

Kontakt

Dr. Stefanie Schwaar
Geschäftsfeldentwicklerin
»Abrechnungsprüfung«
Telefon +49 631 31600-4967
stefanie.schwaar@itwm.fraunhofer.de



Mathematik schafft Transparenz – sicher fürs Alter vorsorgen



Seit 2016 führt ein Team der Abteilung »Finanzmathematik« im Auftrag der Produktinformationsstelle Altersvorsorge gGmbH (PIA) Klassifizierungsrechnungen für staatlich geförderte Altersvorsorgeprodukte durch. Ein Modell, das Standards gesetzt hat und nun angepasst auch Verträge der betrieblichen Altersvorsorge objektiv vergleichbar machen soll.

Die Altersvorsorge in Deutschland basiert auf drei Säulen: öffentlich-rechtliche Pflichtsysteme (u. a. gesetzliche Rentenversicherung), betriebliche Altersvorsorge und private Rentenverträge. Zu letzteren gehören Produkte, die zum Beispiel über die sogenannte Riester-Rente staatlich gefördert werden. Inzwischen ist das Angebot an Produkten sehr vielschichtig und einen Überblick zu behalten für Verbraucher:innen schwierig. Um die Verunsicherung zu mildern und mehr Transparenz zu schaffen, hat das Bundesfinanzministerium bereits 2015 eine Klassifizierung für staatlich geförderte Verträge eingeführt, darunter fallen beispielsweise

die Riester-Produkte. Um gefördert zu werden, müssen sie gesetzlichen Vorgaben entsprechen und klassifiziert werden.

Die Basis dazu schafft Mathematik aus dem Fraunhofer ITWM. Seit 2017 weist die PIA jedem staatlich geförderte Altersvorsorgeprodukt eine Chance-Risiko-Klassifizierung für das standardisierte Informationsblatt zu. Ihr Standard umfasst fünf Klassen – von Eins wie stark sicherheitsorientiert bis Fünf wie renditeorientiert. Dabei ist in der Regel ein steigendes Risikoniveau mit zunehmenden Renditemöglichkeiten verknüpft. Interessierten wird damit ein standardisierter Beurteilungsrahmen für Produkte geboten, der die wesentlichen Charakteristika der Policen erfasst und es erlaubt Tarife zu vergleichen.

PIA verschafft Durchblick mithilfe von Mathematik

Dazu wurde eigens die PIA als gemeinnützige Gesellschaft gegründet. Ein ITWM-Team aus der Abteilung »Finanzmathematik« arbeitet der PIA seit gut sechs Jahren zu und evaluiert die Versicherungstarife. Beide sind unternehmerisch getrennt. Die Vertragssimulationen für die Einstufung in Chance-Risiko-Klassen werden im Fraunhofer ITWM durchgeführt.

»Wir haben bereits mehrere Tausend Verträge bewertet und die PIA diese klassifiziert. Das PIA-Basismodell wurde von unserem Institut entwickelt und gilt inzwischen als der Branchenstandard«, so Dr. Roman Horsky. »So sorgen wir für mehr Transparenz für die Versicherten. Langfristige wirtschaftliche Entwicklungen können wir natürlich nicht vorhersagen, aber Modelle simulieren unterschiedliche Entwicklungsszenarien auf Grundlage der aktuellen wirtschaftlichen Lage. Dies ändert sich immer wieder, deshalb werden auch die Parameter

»Bereits bei der Etablierung des Altersvorsorge-Verbesserungsgesetzes haben wir die enge Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer ITWM schätzen gelernt. Mit dem Konsortium »Das Rentenwerk« haben wir außerdem völliges Neuland betreten.«

Dr. Normann Pankratz

Vorstandsmitglied Debeka Versicherungen



© Debeka

unseres Simulationsmodells jährlich neu justiert«, betont der Finanzmathematiker. Die PIA kommuniziert allein die Risikoklassifizierung und gibt keine konkreten Tipps oder Beratung zur Auswahl eines Produkts.

Branchenstandard auch für betriebliche Altersvorsorge setzen

Dieses Basismodell hat sich in den letzten Jahren etabliert. Auf europäischer Ebene wird ein in der Branche anerkanntes Marktmodell benötigt. Die Deutsche Aktuarvereinigung e. V. (DAV) empfiehlt die Nutzung des PIA-Basismodells, andere Länder haben diesen Vorschlag in angepasster Form bereits übernommen.

Auch im Bereich »betriebliche Altersvorsorge« könnte ein angepasstes Modell zum Tarifvergleich Versicherte unterstützen. Zu dieser

Säule der Altersvorsorge gehören weitere verschiedene Tarife und die Angebote umfassen unterschiedliche Modellrechnungen sowie Leistungskennzahlen. Für Interessierte ist es schwierig die Produkte zu bewerten. Deshalb arbeitet das ITWM-Team jetzt mit der Debeka an einem Projekt für mehr Transparenz. Das Versicherungsunternehmen hat ein neues Rentenprodukt für die betriebliche Altersvorsorge entwickelt, das 2023 angeboten werden soll.

Ähnlich wie für andere Altersvorsorgeprodukte sollen die für den Vertrieb wichtigen Produktkennzahlen auf Grundlage eines mathematischen Modells ermittelt werden. Das Ziel auch hier: Einen Beurteilungsrahmen für Tarife zu schaffen, der einen fairen Angebotsvergleich ermöglicht. Idealerweise sollte ein säulenübergreifender Standard entstehen, der es den Versicherten erleichtert, ihre Altersvorsorge gesamtheitlich einzuschätzen.

Kontakt

Dr. Roman Horsky
Abteilung »Finanzmathematik«
Telefon +49 631 31600-4502
roman.horsky@itwm.fraunhofer.de



Zum vollständigen Interview mit Dr. Normann Pankratz geht es unter: www.itwm.fraunhofer.de/interview-debeka



Bauhaus.MobilityLab – KI im großen Stadtexperiment



© Bauhaus.MobilityLab

Mithilfe von KI werden innovative Lösungen in den Bereichen Mobilität, Logistik und Energie entwickelt und unter realen Bedingungen im Stadtquartier Brühl in Erfurt erprobt.

In Erfurt wird im Bauhaus.MobilityLab interdisziplinäre Innovation Wirklichkeit: Eine digitale Laborplattform und Experimente im Reallabor tragen zur Entwicklung KI-basierter Lösungen bei. Mobilität, Logistik und Energie werden für die Stadtplanung neu gedacht. Unser Institut unterstützt mit Expertise und KI-Methoden.

Das Projekt »Bauhaus.MobilityLab – Innovation by Experiment« entwickelt und realisiert im Reallabor in Erfurt, genauer im Stadtquartier Brühl, nachhaltige und intelligente Lösungen. Die experimentelle Ideenwerkstatt steht im Geiste der offenen Weimarer Bauhaus Tradition, daher auch der Name. Das Konsortium setzt sich aus einem domänenübergreifenden Verbund von Forschungsinstituten, großen, kleinen und mittleren Unternehmen sowie Hochschulen und der Landeshauptstadt Erfurt zusammen.

Im Rahmen des Projektes betrachten die Forschenden verschiedenste Herausforderungen im urbanen Raum. In Kooperation mit der TU Kaiserslautern modellieren die ITWM-Forschenden Problemstellungen mathematisch und entwickeln neue Lösungsansätze, die sowohl auf KI als auch Data Science zurückgreifen. Das bedeutet an vielen Stellen neues Optimierungspotenzial im Stadtleben.

Vorhersagemethoden. Ein aktueller Use-Case ist die Prognose von Stickstoffdioxid-Werten, die viel über die Luftqualität der Stadt aussagen.« Ein weiteres Beispiel ist die kombinierte Tourenplanung für Lieferwagen und Lastenrad in der letzten Meile der Paketzustellung. Im Resultat heißt da mathematisches Optimieren: geringere Verkehrsbelastung und höhere Umweltfreundlichkeit.

Aber auch die Vorhersage der Parkraumauslastung unterstützt die Städteplanung im Reallabor. »Unsere Ergebnisse tragen zum Ausbau einer lebenswerten Innenstadt bei. Derzeit arbeiten wir im Konsortium zudem an einer Bauhaus.MobilityLab-App, welche die Teilnahme an unserem Experiment erleichtert«, so Grimm. Ein großer Projektbestandteil ist auch das sogenannte »Federated Learning« – eine neuartige Methode des Maschinellen Lernens. Hier werden alle Trainingsdaten ausschließlich auf lokalen Geräten oder Clients gespeichert und das Modelltraining dezentralisiert.

Kontakt

Dr. Stefanie Grimm
Forschungskordinatorin »Data Science«
Abteilung »Finanzmathematik«
Telefon +49 631 31600-4040
stefanie.grimm@itwm.fraunhofer.de



Mit KI und Mathematik neue Innovationen erproben

»Unser Team wirkt in verschiedenen Arbeitspaketen im Lab mit – natürlich überall mit Mathematik und Algorithmen«, so Stefanie Grimm, verantwortlich für das Projekt am Fraunhofer ITWM. »Unsere Hauptaufgabe: Wir leiten das Arbeitspaket ‚KI-Methoden‘ und entwickeln so den Machine-Learning-Kern der Plattform. In der Anwendungspraxis heißt das auch, wir unterstützen konkret mit

Data Science für die smarte Stadt der Zukunft

Entwickelt und bereitgestellt werden die Anwendungen bisher auf einer Cloud-Plattform, die Daten aus unterschiedlichen Bereichen wie Verkehr, Logistik und Energie zusammenführt. Das Projekt läuft drei Jahre und wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz BMWK gefördert.



Künstliche Intelligenz erkennt illegal eingeführtes Holz

Gemeinsam mit dem Thünen-Kompetenzzentrum Holzherkünfte in Hamburg unterstützen wir Zollbehörden dabei, illegal eingeführtes Holz zu erkennen. Möglich macht das unsere KI-basierte Analyse-Software, die wir in der Abteilung »Bildverarbeitung« konzipieren und weiterentwickeln.

Wer ein Holzprodukt in die EU importiert, muss mit einem Zertifikat nachweisen, dass das Holz nicht aus einem illegalen Einschlag stammt. Zusätzlich nehmen die Zollbehörden stichprobenartig eingeführte Möbel und Furniere sowie Papiere und Faserplatten unter die Lupe. Als Analyseexperte für Industrie und Behörden dient häufig das Thünen-Institut für Holzforschung in Hamburg. »Diese Kontrollen haben schon dazu geführt, dass vor einer internationalen Musikmesse etliche edle Gitarren beschlagnahmt wurden, weil ihre Korpi aus illegal geschlagenen Hölzern bestanden«, beschreibt Projektleiterin Dr. Henrike Stephani die Durchschlagskraft der Behörden.

Vom Brei zum Baum

Insbesondere für Papiere und Faserplatten werden nicht ganze Holzstücke untersucht, sondern ihr Mazerat. Darunter versteht man einen Brei aus zerkleinerten Holzspänen, aus dem mit

Wasser oder Alkohol bestimmte Inhaltsstoffe herausgelöst werden. Der Brei wird mit verschiedenen Farblösungen behandelt und in einem nur wenige Mikrometer dicken Film auf Glas aufgetragen. Dieser Mazeratfilm ist so dünn, dass einzelne Gefäße erkannt und klassifiziert werden können. Bisher kontrollieren Mitarbeitende des Thünen-Instituts händisch und visuell. Dieses Vorgehen ist aufwendig und manchmal fehlerbehaftet, darum soll die Kontrolle automatisiert werden.

»Hier kommen unsere Algorithmen ins Spiel«, erläutert Stephani. Anhand von Referenzpräparaten, die das Thünen-Institut aus seinem riesigen Holzfundus herstellt und als hochauflösende Mikroskop-Bilder zur Verfügung stellt, trainieren die Forschenden Neuronale Netze. Schließlich soll die eindeutige Holzidentifizierung gelingen. »Derzeit befassen wir uns nur mit Laubhölzern, denn hier hat jede Baumart eindeutige Marker.« Ziel des Projekts ist aber eine Datenbank aller gängigen Holzarten.



Faseranalyse eines Eukalyptus des Thünen-Instituts für Holzforschung

Das Thünen-Institut

Das Thünen-Institut ist dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) unterstellt und forscht fachgebietsübergreifend mit dem Ziel der nachhaltigen Weiterentwicklung der ländlichen Räume, der Land-, Forst- und Holzwirtschaft sowie der Fischerei. Dabei bezieht es sozioökonomische, ökologische und technologische Aspekte ein. Das Institut erarbeitet als Ressortforschungseinrichtung wissenschaftliche Grundlagen als Entscheidungshilfe für die Politik der Bundesregierung. www.thuenen.de

Kontakt

Dr. Henrike Stephani
Stv. Abteilungsleiterin »Bildverarbeitung«
Telefon +49 631 31600-4365
henrike.stephani@itwm.fraunhofer.de





Energie

© Wolfram Scheible

Unser Schwerpunkt liegt auf erneuerbaren Energien, Effizienztechnologien, intelligenten Netzen sowie auf der Digitalisierung der Energiewirtschaft. Zugang zu einem großen Spektrum an Forschungs- und Entwicklungsangeboten erhalten dabei kleine und mittelständische Unternehmen. Immer steht dabei eine sichere, nachhaltige, wirtschaftliche sowie sozial gerechte Versorgung im Zentrum.

Testphase gestartet: Ladestrukturen im Vergleich

Das Energiemanagementsystem Amperix der Gruppe »Green by IT« des Bereichs »High Performance Computing« ermöglicht die effiziente Nutzung von Batteriespeichersystemen, Wärmepumpen und Ladestationen für E-Fahrzeuge und optimiert deren Steuerung. Die haus-eigene Lösung ist auch im Gebäude des Fraunhofer ITWM im Einsatz. Derzeit testet das Team acht unterschiedliche Ladevorrichtungen für Elektroautos.



Wann ist der optimale Zeitpunkt, um das E-Auto zu laden? Aus Sicht des Fahrenen sollte der Ladevorgang möglichst nebenbei geschehen, während eines Termins, der Arbeitszeit, dem Einkauf oder geparkt zu Hause. Wer eine Ladestation betreibt, den treibt die Frage um, wann der in den Fahrzeugen gespeicherte Strom besonders günstig ist und wann man besser nicht zu viel Strom verbraucht. Den Überblick darüber behält das Energiemanagementsystem Amperix, das sowohl für Privathaushalte als auch für Gewerbetreibende geeignet ist.

Theorie und Praxis vor Ort vereint

Um das System optimal auf die Anforderungen der Elektromobilität weiterzuentwickeln, sind am Fraunhofer ITWM acht unterschiedliche Wall-Boxen im Einsatz. »Wir testen verschiedene Betriebs- und Steuerungsstrategien live bei uns am Institut und gewinnen praktische Erfahrungen, die wir dann in unseren Amperix einfließen lassen«, beschreibt Gruppenleiter Matthias Klein-Schlöb. »Das bringt uns insgesamt deutlich weiter, denn wir vereinen Theorie und Praxis.«

Überschreiten der Lastspitze ist teuer

Besonderes Augenmerk liegt auf dem Thema »Lastspitzenkappung«. Lastspitzen treten in vielen Betrieben auf, die zu bestimmten Zeiten einen deutlich erhöhten Stromverbrauch aufweisen.»Für Gewerbe ist dieser Aspekt sehr wichtig, denn hier kann es schnell teuer werden: Wer seine Lastspitze einmal im Jahr für eine Viertelstunde überschreitet, kann dafür zusätzliche Netznutzungsgebühren im fünfstelligen Bereich in Rechnung gestellt bekommen«, verdeutlicht Klein-Schlöb.

Das heißt, werden zu einer Hochphase des Stromverbrauchs – etwa zur Mittagszeit, wenn die Kantine eines Unternehmens in vollem Betrieb ist – zusätzlich Elektroautos geladen, kann das schnell und unbemerkt die Kosten in die Höhe treiben. Nicht jedoch, wenn ein zuverlässiges Energie- und Lastmanagementsystem wie Amperix im Einsatz ist. Netzdienliche Maßnahmen wie das Vermeiden von Lastspitzen, ein möglichst konstanter und planbarer Verbrauch tragen zusätzlich dazu bei, das Stromnetz stabil und störungsfrei zu halten.

Einmal volltanken bitte! Das Fraunhofer ITWM testet vor Ort Ladesysteme.

Kontakt

M.Sc. Matthias Klein-Schlöb
Teamleiter »Green by IT«
Telefon +49 631 31600-4475
matthias.klein@itwm.fraunhofer.de



District Heating – Mathematik heizt ein

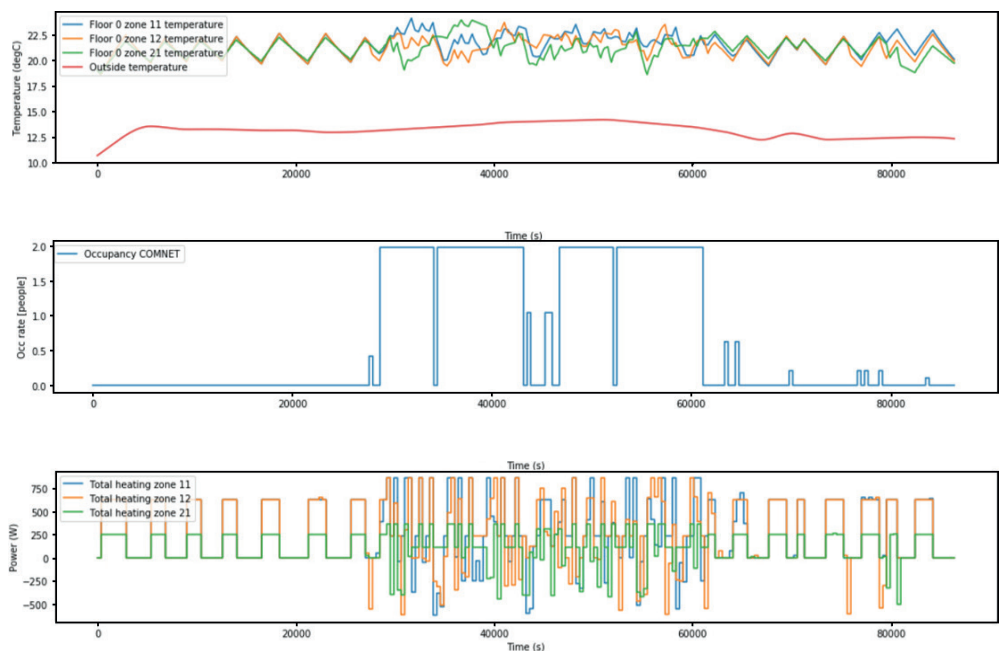
Im Projekt »District Heating« arbeitet ein Team unserer Abteilung »Systemanalyse, Prognose und Regelung« daran, mit moderner Mathematik digitale Zwillinge von Gebäuden zu modellieren. Gemeinsam mit dem schwedischen Institut Fraunhofer-Chalmers Centre for Industrial Mathematics FCC soll so mit Hilfe von Simulationen die Beheizung mit Fernwärme optimiert werden.

73
Prozent der
EU-Einwoh-
ner:innen leben
in urbanen
Gebieten.

Aktuell ist gerade in punkto Energiewende das Heizen ein großes Diskussionsthema. Um unabhängiger vom Gas zu sein, hört man immer häufiger Fernwärme und Wärmepumpen sollten Gasheizungen ersetzen oder ergänzen. Fernwärme (District Heating) ist ein zentralisiertes Heizsystem. Dabei gelangt die Wärme über Rohrleitungen von einem Kraftwerk in das Gebäude. Eine eigene Heizanlage braucht es nicht. Die Zentralisierung ermöglicht den Einsatz verschiedener Energiequellen, noch ist das meist ein Mix aus Erdgas, Müllverbrennung sowie Steinkohle. In Zukunft sollen überwiegend erneuerbare Energien vertreten sein.

Fernwärme hat Potenzial

Besonders geeignet ist die Heiztechnik für städtische Gebiete und Gebäudekomplexe, denn die Verlegung der Netze und der Bau der Erzeugungsanlagen rechnet sich dann, wenn möglichst viele an das Fernwärmenetz angeschlossen sind. Im Jahr 2010 lebten bereits etwa 73 Prozent aller 502 Millionen EU-Einwohner:innen in urbanen Gebieten. Das Potenzial ist demnach groß, dennoch spielt Fernwärme noch eine relativ kleine Rolle. Besonders in Deutschland wird im europäischen Vergleich noch nicht viel Gebrauch von der



Simulationsergebnisse auf drei Ebenen: Simulierte Temperatur-Verläufe von drei Räumen und Außentemperatur (oben), Raumebelegung in Personen (mitte), Energiegewinn und -verlust der Räume unter der Fernwärme-Berücksichtigung (unten)



© istockphoto/Grigorev_Vladimir

Technik gemacht. In Schweden dagegen verfügen nahezu alle Städte über eine mit Biomasse betriebene Fernwärme und mehr als 50 Prozent läuft bereits über die zentrale Heizlösung – Tendenz steigend.

Europäische Mathematik optimiert Fernwärmetechnik

Kein Wunder also, dass unsere schwedischen Fraunhofer-Kolleginnen und -Kollegen dort die Forschung vorantreiben. Im Projekt »District Heating« modelliert ein ITWM-Team um Sophie Hertzog seit 2019 mit Forschenden des Fraunhofer FCC digitale Zwillinge von Gebäuden, um die Fernwärmetechnik zu optimieren. »Am Anfang standen sehr vereinfachte Modelle und wir arbeiteten u. a. mit Modelica, einer Modellierungssprache zum Modellieren, Simulieren, Optimieren und Analysieren dynamischer Systeme«, erklärt die Wissenschaftlerin. Dabei fließen zunächst verschiedene Basis-

eigenschaften des Gebäudes mit ein: etwa die Größe, die Anzahl der Etagen, die Lage und Ausrichtung, Anzahl der Fenster oder die Baumaterialien. »Ergänzt wird der digitale Zwilling dann um komplexere stochastische Einflüsse und wir berücksichtigen Fragen wie: Wie viele Menschen sind statistisch gesehen in dieser Art Gebäude? Wie nutzen sie die Fenster zum Lüften? Oder die Jalousien zum Beschatten? Was für einen Warmwasserverbrauch gibt es? Welche elektrischen Geräte strahlen Wärme ab?«, so die Forscherin.

Aktuell wird so mit einem entwickelten Softwaretool die Wärme in Gebäuden prognostiziert. In Zukunft soll dann der Verbrauch der Energie in den Mittelpunkt rücken. Zudem wird auf Basis der Arbeiten auch die Regelung der Heizungsanlagen in den Blick genommen. Sogenannte Modellprädiktive Regler (MPC) könnten dann dafür sorgen, dass tageszeitabhängig die Menge an Energie fließt, die gebraucht wird.

Kontakt

M.Sc. Sophie Hertzog
Abteilung »Systemanalyse, Prognose
und Regelung«
Projektleitung »District Heating«
Telefon +49 631 31600-4036
sophie.hertzog@itwm.fraunhofer.de





Digitalisierung und Künstliche Intelligenz für ein Energiemanagement 2.0

Sei es als Maßnahme gegen die Klimakrise, zur Einsparung von Energieimporten oder ganz einfach, um den eigenen Geldbeutel zu schonen: Energiesparen ist heute notwendiger denn je. Forschende des Fraunhofer ITWM arbeiten mithilfe von Digitalisierung und Künstlicher Intelligenz (KI) an einem ganzheitlichen Energiemanagement, das den Energieverbrauch reduziert und den Anteil erneuerbarer Energie erhöht – sowohl in der Industrie als auch in Privathaushalten.

Ein Energiemanagement 2.0, das ist das Ziel des Projekts ENERDIG. Dazu bringen Forschende aus den Bereichen »Optimierung« und »High Performance Computing« sowie den Abteilungen »Transportvorgänge« und »Systemanalyse, Prognose und Regelung« ihre Expertise ein und erarbeiten gemeinsam neue Digitalisierungs- und KI-basierte Strategien. Angesiedelt ist das Projekt im Leistungszentrum »Simulations- und Software-basierte Innovation«.

»Die Forschungsarbeiten des Teams befassen sich mit vier Themengebieten«, erklärt Projektleiter Dr. Dietmar Hietel. »Dem Energiemanagement in Wohngebäuden und der Industrie, in der Kunststoffherstellung, der chemischen Produktion und in der Vliesproduktion.«

Strom, Wärme und Mobilität in Wohngebäuden und Industrie

Ein wichtiger Weg, um im privaten Umfeld und im Gewerbe den Ausstoß von Treibhausgasen zu verringern, ist die Nutzung von regenerativem Strom in Verbindung mit Wärmepumpen und Solarthermie. »Dabei fragen sich die Menschen zum Beispiel, welchen Verbrauch sie morgen haben und was ihre Photovoltaik- und Solarthermieanlagen dann leisten. Und welche Rolle das Wetter dabei spielt.«, so Hietel. »Um das zu beantworten, entwickeln wir neue Methoden der KI, um anhand von Prognosen Stromspeicher zu laden, die dann wiederum Wärmepumpen und Elektroautos zu einem möglichst großen Anteil mit erneuerbarer Energie versorgen.«



Im Rahmen von ENERDIG entwickelt das Fraunhofer ITWM neue KI-Methoden und Verfahren, um die Kopplung von Strom und Wärme in Gebäuden und Industrie prognosebasiert zu managen.



Ministerialdirektor Daniel Stich überreicht den Förderbescheid für das Projekt ENERDIG in Höhe von rund 1,8 Mio. Euro an Prof. Dr. Anita Schöbel und an Dr. Dietmar Hietel. Die Förderung stammt aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung.

Optimierung der Aerodynamik in der Vliesstoffproduktion

Ein großes Einsparpotenzial besteht auch in der industriellen Produktion, zum Beispiel der Vliesstoffproduktion. Die Herausforderungen bei der Vliesstoffherstellung sind sehr hohe Produktionsgeschwindigkeiten sowie Turbulenzen im Produktionsprozess. Beides führt häufig zu Qualitätsschwankungen bei den Stoffen. Mithilfe unterschiedlicher Software-Lösungen trägt das Fraunhofer ITWM zur aerodynamischen Optimierung der Vliesproduktion bei. Dies führt zu stabilerer Produktqualität und zu signifikanten Energieeinsparungen.

Flexibilisierung der Energienutzung in der Kunststoffherstellung

Ein hoher Kostendruck und wachsende Komplexität in der Produktion umreißen das Spannungsfeld der Kunststoffproduktion. Durch eine Steuerung der Stromnachfrage durch das gezielte Ab- und Zuschalten von Lasten, dem sogenannten Demand-Side-Management, kann der für die Produktion benötigte Strom am Energiemarkt kostengünstiger eingekauft und entsprechend das Produkt günstiger hergestellt werden. Neben der Stärkung der Marktposition liefert der Betreiber des Demand-Side-Management-Systems

damit einen Beitrag zur Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien. Mit dem Ziel, vor allem KMU auf dem Weg zu einem Energiemanagement 2.0 zu unterstützen, entwickelt das Fraunhofer ITWM basierend auf digitalen Zwillingen von Maschinen und Produktionsanlagen Algorithmen für die Identifikation und Bewertung von Energieverbräuchen und -flexibilität. Dabei kommen innovative Methoden des Maschinellen Lernens (ML) mit tiefen neuronalen Netzen zum Einsatz.

Energieeffizienz in der chemischen Produktion durch Echtzeitoptimierung

Ein ähnlicher Lösungsansatz gilt in der energieintensiven chemischen Industrie: »Eine Flexibilisierung der Energieverbräuche bedeutet hier, dass der Betrieb seine Prozesse kurzfristig auf veränderte Energiekosten anpasst.«, erklärt Hietel. »Darüber hinaus gibt es weitere Größen, auf die kurzfristig reagieren werden muss, wie die Verfügbarkeiten der Rohstoffe.« Diese Fluktuationen systematisch bei der Optimierung der Anlagen zu berücksichtigen, ist ein Ziel von ENERDIG. »Allein durch verbesserte Echtzeitoptimierung chemischer Prozesse können wir mit Energieeinsparungen sogar im zweistelligen Prozentbereich rechnen.«

Kontakt

Dr. Dietmar Hietel
Projektleiter »ENERDIG«
Telefon +49 631 31600-4627
dietmar.hietel@itwm.fraunhofer.de



Kleinstpartikel mit großer Wirkung: Aerosole in Klimamodellen

Festpartikel in unserer Atmosphäre spielen eine wichtige Rolle in unserem Klimasystem und folglich auch für den Klimawandel. Ihre Berücksichtigung in mikrophysikalischen Klimamodellen ist eine zentrale Herausforderung beim Erstellen von globalen Langzeitprognosen. Wie Machine Learning hier helfen kann, untersucht eine Arbeit aus unserem Bereich »High Performance Computing«.

Die physikalischen Kräfte, die aus der Bewegung und Transformation von Aerosolmassen in der Atmosphäre entstehen, sind heute die größten Unsicherheitsquellen beim Messen menschengemachter Klima-Effekte. Aerosole entstehen beispielsweise durch die Verbrennung fossiler Energieträger oder vulkanische Eruptionen. Sie streuen oder absorbieren je nach Typus atmosphärische Strahlung und bewirken dadurch entweder Abkühlungs- oder Erwärmungs-Effekte. Sogenannte »Kondensationskerne« bewirken zudem durch die Reflexion von Sonnenlicht eine Verlängerung der Lebensdauer von Wolken.

Das Problem liegt im Aerosol-Detail

Das rechnerische Erfassen und Berücksichtigen von Aerosol-Effekten in Klimamodellen stellt für die Forschung eine große Herausforderung dar. Es handelt sich hierbei um sehr marginale, mikrophysikalische Veränderungen und Tendenzen, deren Berechnung äußerst zeit- und kostenintensiv ist. Daher betrachten viele Modelle Aerosole lediglich als konstante, externe Parameter und verzeichnen diese im Prozess der Datenerhebung nur einmal. Zudem wird

oft nicht zwischen verschiedenen Aerosol-Typen unterschieden und lediglich von einer heterogenen, aber in Bezug auf den Klima-Effekt eindimensionalen Partikelmasse ausgegangen.

Eines der Modelle, das verschiedene Aerosole zwar genau, aber nur sehr zeit- und kostenintensiv erfasst, ist das vom Hamburger Max-Planck-Institut für Meteorologie entwickelte Aerosol-Mikrophysik-Modell. Dieses unterscheidet verschiedene Aerosoltypen wie Meersalz, Sulfate und schwarzen Kohlenstoff. Es erfasst zudem verschiedene physikalische Prozesse wie die Nukleation (Entstehung von Kondensationskernen), Kondensation und Wasseraufnahme.

Machine Learning als Schlüssel zur Optimierung

Unsere Doktorandin Paula Harder aus dem Bereich »High Performance Computing« beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit den Themen »Deep Learning« und »Klimamodellierung« in Kooperation mit der Universität Oxford. In ihrer Forschungsarbeit entwickelt sie unter anderem einen Emulator auf Basis Künstlicher Intelligenz,



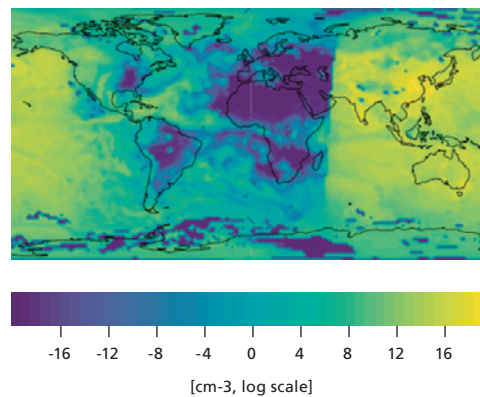
© freepik/user17512913

der die Mikrophysik des Aerosol-Modells approximiert und die Berechnungen schneller und effizienter gestaltet. Als Emulator bezeichnet man in der Computertechnik ein System, das ein anderes in bestimmten Teilaspekten nachbildet. Harder erklärt: »Unser Ziel ist es, Klimavorhersagen in globalem Maßstab, mit sehr hoher Präzision und über lange Zeiträume hinweg durch Machine Learning zu ermöglichen. Hierin besteht eine Chance, die Folgen des Klimawandels, wenn nicht zu verhindern, so doch wenigstens zu erkennen und sich darauf vorzubereiten.«

Um dies zu erreichen, wurden zuerst 11 Millionen Input-Output-Datenpaare mit dem Aerosol-Modell generiert. Diese Daten wurden dann genutzt, um ein Neuronales Netz zu trainieren, welches das kostenintensive Ursprungsmodell ersetzt. Anschließend wurden weitere Rechenvorgaben eingebaut, um physikalische Beschränkungen – wie die Massenerhaltung und -positivität – zu berücksichtigen.

Eine vielversprechende Perspektive

Die Ergebnisse sind äußerst zufriedenstellend: Das Nachbilden des Aerosol-Modells durch das Neuronale Netzwerk funktioniert in den bisherigen Offline-Experimenten sehr gut –



Die Darstellung zeigt die vorhergesagte Konzentrationsveränderung der Aerosole auf einer logarithmischen Skala.

tatsächlich wird eine höhere Präzision erreicht. Schließlich wurde auf einem Grafikprozessor die Berechnungszeit zuletzt auf das 64-fache des Wertes des Original-Modells beschleunigt.

Durch diese Vorgehensweise kann der Emulator wieder in ein online geschaltetes globales Klimamodell eingebettet werden, dies ist der nächste Schritt. Die zentrale Problemstellung der heutigen Klimaforschung – also das kurzzeitige, kosteneffiziente Erfassen und Berechnen von Aerosolmassen – wird also in naher Zukunft voraussichtlich überwunden.

Kontakt

M.Sc. Paula Harder
Bereich »High Performance Computing«
Telefon +49 631 31600-4088
paula.harder@itwm.fraunhofer.de



Maschinenbau und Verfahrenstechnik

Weltweit und am Standort Deutschland stehen Anlagen- und Maschinenbau vor einer großen Bewährungsprobe: neben Lösungen für CO₂-neutrale und digitale Technologien müssen auch resiliente Wertsöpfungsstrukturen entwickelt und eingesetzt werden. Wir stellen uns diesen Herausforderungen und bringen unsere technologische Kompetenz ein, zum Beispiel durch die Simulation von Anlagen oder die Erstellung digitaler Zwillinge.

© iStockphoto

Heilende Pigmente gegen Korrosion

Korrosion verkürzt die Lebensdauer metallischer Oberflächen von Flugzeugen oder Automobilen. Das von der Europäischen Union geförderte Projekt VIPCOAT (Virtual Open Innovation Platform for Active Protective Coatings Guided by Modelling and Optimization) sucht nach neuen Lösungen für den Korrosionsschutz.

Korrosion ist mehr als Rosten: Es ist die elektrochemische Reaktion unedler Metalle mit Sauerstoff oder anderen Komponenten aus der Umwelt. Um diesen Prozess aufzuhalten, werden zum Beispiel in der Luft- und Raumfahrt Chromate eingesetzt, die jedoch giftig, krebserregend und umweltschädlich sind. Das Fraunhofer ITWM bringt auf der Suche nach chromatfreien Alternativen seine Expertise aus »Optimierung« und »Bildverarbeitung« ein.

Aus Schadstoff Vorteil machen

Die Außenhaut von Flugzeugen wird beispielsweise durch Steinschlag beschädigt, erleidet also Risse und Kratzer, durch die Wasser eindringt. Dies führt zu Korrosion. »Die Idee: aus der Gefahrenquelle Wasser einen Vorteil machen, nämlich durch Einsatz von Antikorrosionspigmenten, die mit Wasser reagieren und Ionen freisetzen, die den Riss schließen«, so Dr. Katja Schladitz aus der Abteilung »Bildverarbeitung«. Mit jedem Kratzer entstehen Kanäle, durch die das Wasser hinein-, aber auch wieder hinausfließt. Dabei löst es die aus Salzen bestehenden Antikorrosionspigmente aus der beschichteten Außenhaut des Flugzeugs und repariert sie Schicht für Schicht. Der Riss schließt sich quasi von selbst, wenn das Flugzeug für einen bestimmten Zeitraum im Regen steht. »Active-reactice« wird dieser Mechanismus genannt.

Wie genau die optimale Schicht zusammengesetzt ist, wollen die VIPCOAT-Forschenden herausfinden, indem sie die Mikrostruktur chromatfreier Beschichtungen inklusive der Transportkanäle nachbauen und die Zusammensetzung



optimieren. Informationen über die Größe, Form und Anordnung der Korrosionshemmer werden aus 3D-Bildern gewonnen, die am Deutschen Elektronensynchrotron (DESY) in Hamburg aufgenommen wurden.

Projektleiterin Dr. Natalia Konchakova (HEREON) besuchte Dr. Katja Schladitz (links) und Dr. Peter Klein am Fraunhofer ITWM.

Partikel dingfest machen

Die Präparation der Lackproben und ihre 3D-Abbildung sind aufwendig, weil die Partikel sehr klein sind. Um deren Form korrekt zu erfassen, muss man sie extrem hoch auflösen, sehr kleine Proben (100 µm Durchmesser) herstellen und sie für die Messung stabil platzieren. Auch dieser Schritt ist komplex, weil die Größen stark variieren, jedoch die Grauwerte verschiedener Partikeltypen teilweise identisch sind bzw. sich nicht deutlich von dem von Luft unterscheiden. VIPCOAT fokussiert sich derzeit auf den Flugzeugbau, die Ergebnisse sind aber auch für die Automobilbranche, Windradunternehmen oder die Produktion medizinischer Geräte interessant.



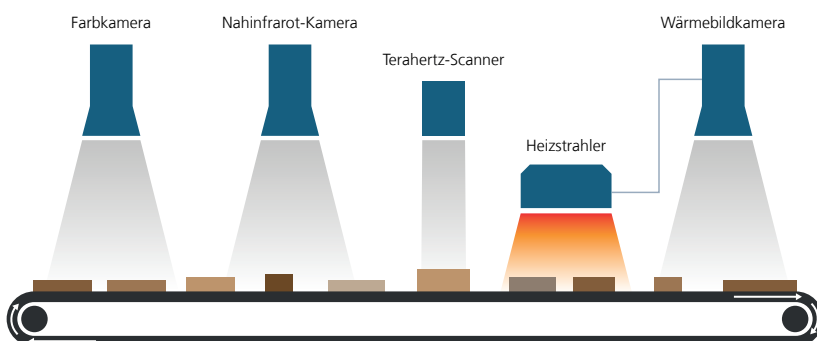
Recycling leicht gemacht – mit ASKIVIT mehr Holz aus Sperrmüll retten

In unserem Sperrmüll verstecken sich einige wertvolle Rohstoffe: Buntmetalle, Holz und Holzwerkstoffe lassen sich in Bergen von alten Schränken und kaputten Fahrrädern finden. Die Wiederverwertung dieser Rohstoffe ist sowohl aus ökonomischer als auch ökologischer Sicht sinnvoll. Im Projekt »ASKIVIT« setzen unsere Forschenden automatisierte Verfahren auf Basis verschiedener Bildaufnahme- und Bildverarbeitungsverfahren sowie Künstlicher Intelligenz (KI) ein, um eine effiziente Sortierung des Sperrmülls zu ermöglichen.

Allein in Deutschland fallen jährlich zwei Millionen Tonnen Sperrmüll an. Doch nicht alles davon ist Abfall: Je nach regionalem Entsorgungskonzept besteht bis zu fünfzig Prozent des Sperrmülls aus Holz. Dieser Rohstoff wird immer stärker nachgefragt; um die ökologisch wertvollen Wälder vor übermäßiger Abholzung zu schützen, wird die Nutzung von Altholz immer wichtiger.

Die händische Auslese der holzhaltigen Teile aus dem Sperrmüll ist sowohl kostenintensiv als auch fehlerbehaftet. Unsere Forschenden der Abteilung »Materialcharakterisierung und -prüfung« können helfen – und verfolgen mit ASKIVIT ein deutliches Ziel: Ein intelligentes System, das Sperrmüll treffsicher und ermüdungsfrei sortiert – auch ohne die vorherige Zerkleinerung.

Beim Messaufbau kommen nacheinander vier verschiedene Bildgebungsverfahren zum Einsatz. Die aufgenommenen Bilder werden durch KI-Algorithmen analysiert.



Mit Terahertz-Technik sieht man mehr

Nicht immer sind wertvolle Rohstoffe direkt sichtbar: Die zu recycelnden Materialien werden häufig durch Stoffe, beispielsweise Polster, verdeckt. Techniken, die nur die sichtbare Oberfläche betrachten, reichen daher bei der Untersuchung des Sperrmülls nicht aus. »Wir setzen deshalb einen Terahertz-Sensor ein, der auch tieferliegende Objekte erkennt«, erläutert Dr. Dovile Cibiraite-Lukenskiene aus dem Projektteam. Der Terahertz-Sensor, der als Liniensensor aufgebaut ist, ermöglicht es, durch nichtmetallische Abdeckungen hindurch zu scannen und dadurch eine Art 3D-Bild des Objekts zu erstellen.

Ein wichtiger Teil der Forschungsarbeit unserer Wissenschaftler:innen besteht darin, die Sensorgeometrie sowie die Rekonstruktionsalgorithmen an die unregelmäßige Oberfläche des Sperrmülls anzupassen. Zu Beginn des Projekts wird der Terahertz-Sensor deshalb an gut definierten Proben, später dann an tatsächlichem Sperrmüll in einem Sortierbetrieb getestet.

Ein gemeinsames System

Um den Sperrmüll zuverlässig zu untersuchen, vereint ASKIVIT gleich mehrere Techniken – und dabei auch mehrere Forschungsinstitute.



»Der Nutzungsdruck auf die Ressource Holz nimmt zu und die Preise steigen. Die Erschließung neuer Altholzquellen ist daher entscheidend für die Rohstoffversorgung der Holzwerkstoffindustrie.«



©Ulrike Balhorn

© freepik/Whyframestudio

Dr.-Ing. Jochen Aderhold

Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut, WKI

Neben unserem Terahertz-Sensor kommen weitere Bildgebungsverfahren zum Einsatz:

- konventionelle Bildaufnahmetechnik im sichtbaren Spektralbereich (Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB)
- Nahinfrarot-Spektroskopie (Fraunhofer IOSB und Fraunhofer WKI)
- aktive Wärmefluss-Thermographie (Fraunhofer WKI)

Zunächst entwickelt und erprobt jedes Institut seine eigene Technik; Ziel des Projekts ist es, die einzelnen Verfahren zu einem gemeinsamen System zusammenzuführen. Mit diesem System, in dem vier verschiedene Bildgebungsverfahren nacheinander zum Einsatz kommen, lassen sich holzhaltige Teile zuverlässig detektieren und anschließend mittels Künstlicher Intelligenz

sogar klassifizieren. Die KI-Algorithmen steuert das Institut für industrielle Informationstechnik am Karlsruher KIT bei.

Wirtschaftliche Vorteile

»Mit ASKIVIT wird deutlich mehr Holz im Sperrmüll detektiert – und das mit weniger Personalaufwand, als bisher benötigt wurde«, erklärt Dr. Dovile Cibiraite-Lukenskiene. Die Entsorgungsunternehmen profitieren von der kosteneffizienten Sortierung sowie der erhöhten Menge an gewonnenen Rohstoffen. Darüber hinaus wird die Holzwerkstoffindustrie unabhängiger von Frischholz und auch die Unternehmen, die Werkstoffe herstellen oder verarbeiten, ziehen aus der breiteren Rohstoffbasis und der steigenden Effizienz bei der Altholzgewinnung ihren Nutzen.

Kontakt

Dr. Dovile Cibiraite-Lukenskiene
Abteilung »Materialcharakterisierung und -prüfung«
Telefon +49 631 31600-4113
dovile.cibiraite-lukenskiene@itwm.fraunhofer.de



www.itwm.fraunhofer.de/ASKIVIT

Programmierbare Materialien revolutionieren Produktdesign

Forschung verleiht Werkstoffen neue außergewöhnliche Fähigkeiten. Dafür sorgt seit 2018 das Fraunhofer Cluster of Excellence Programmable Materials CPM. Ein siebenköpfiges Team um PD Dr. Heiko André, stellvertretender Abteilungsleiter »Strömungs- und Materialsimulation«, liefert die passende Mathematik und stellt Simulationsexpertise aus dem Fraunhofer ITWM.

Sportschuhe mit einer eingebauten Dämpfung, die sich je nach Belag automatisch an den Untergrund anpasst – ob Waldboden oder Asphalt. Autositze, die sich an die Körperspannung anschmiegen oder Außenbauteile, die schnell beim Crash auf Fußgänger weich werden. Klingt nach Zukunftsmusik? Um nichts Geringeres als die Zukunft neuer Materialien geht es im Cluster.

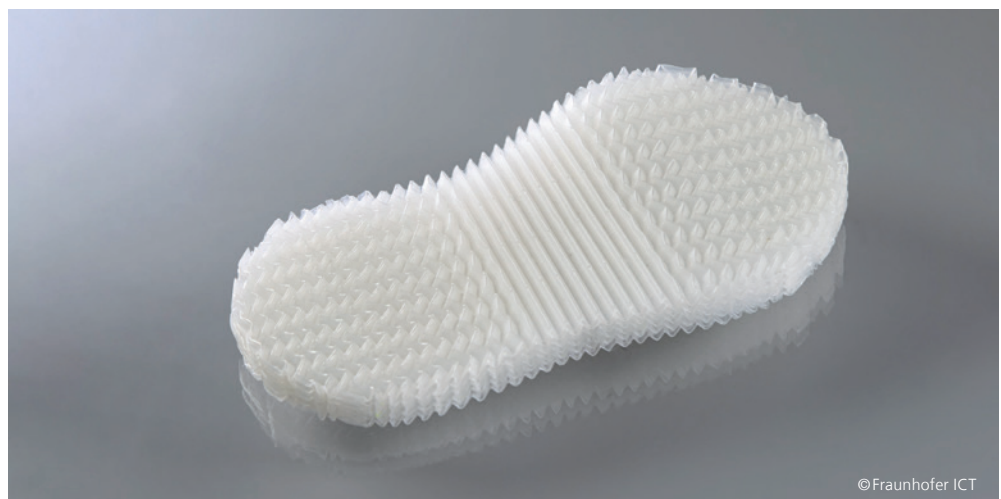
Im Fraunhofer CPM werden die Kompetenzen verschiedener Fraunhofer-Institute gebündelt und an verschiedenen Projekten zum Thema »Programmierbare Materialien« gearbeitet. Nach vier Jahren ist die erste Förderphase beendet. Seitdem ist viel passiert, auch beim ITWM-Team.

Die inneren Werte zählen

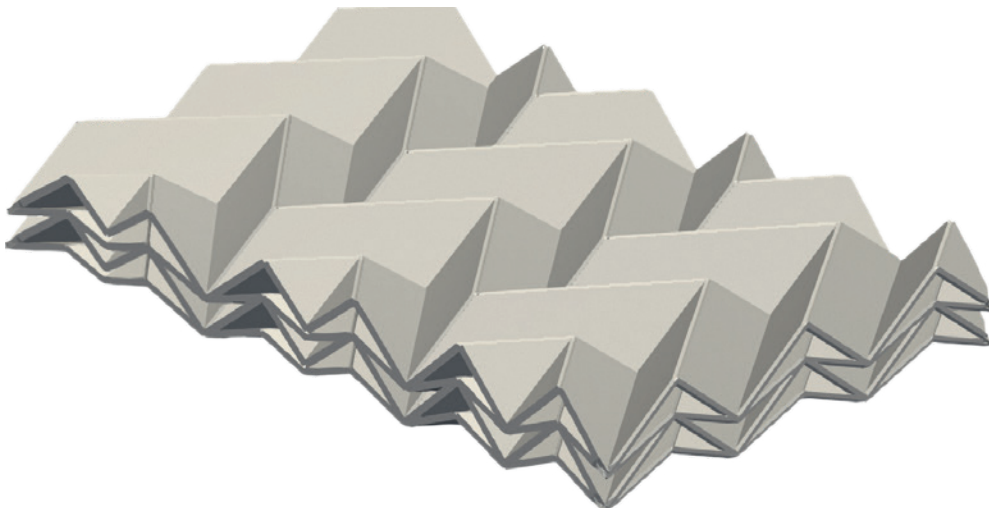
Neue Fertigungsverfahren wie der 3D-Druck machen es möglich, gezielt programmierbare Strukturen im Mikrometerbereich herzustellen, die vorher am Computer entwickelt wurden.

Bei »Programmierbaren Materialien« kommt es auf die innere Struktur an, durch sie können Eigenschaften gezielt kontrolliert werden und der Werkstoff sich reversibel ändern. Im Inneren bestehen sie aus einer dreidimensionalen Anordnung von vielen kleinen Einzelzellen. Diese dienen als Basiselemente, werden auch Einheitszellen genannt und fügen sich zu Gittern zusammen. Bei der Entwicklung orientieren sich die Forschenden an der Natur. Denn genau

*Die Zukunft der Werkstoffe:
Produktdesign einer Kunststoffsohle aus Programmierbarem Material*



©Fraunhofer ICT



Origami-Mathematik: Die Einzelzellen sind gefaltete Elemente aus Kunststoff-Folien.

wie dort hat jede Zelle nicht nur eine eigene Struktur, sondern auch Eigenschaften und Funktionen, die das Material im Ganzen ausmachen. Die Anordnung tausender Zellen bietet Optionen zur Gestaltung neuartiger Werkstoffe mit einem örtlichen Verhalten, das sich an äußere Bedingungen anpasst. Das Besondere der Materialien: Sie reagieren auf gezielte Trigger von außen. Solche Schaltauslöser sind z. B. Temperatur, Last oder Feuchtigkeit. Doch was haben Unternehmen von dieser Entwicklung?

Softwaretools machen Entwicklungen reif für die Industrie

»In unserer Idealvorstellung kommt ein:e Ingenieur:in mit bestimmten Wunschfunktionen des Produktes auf uns zu und unsere Tools helfen, eine Kombination aus Einheitszellen zu finden, so dass das aus Einheitszellen zusammengesetzte Material die gewünschten Funktion erfüllt«, erklärt Andrä. »Dazu sind im Cluster die Softwaretools ProgMatDesign und ProgMatSim entstanden, die durch Auswahl und Anordnung der Zellen virtuelles Experimentieren ermöglichen.«

Mithilfe von Optimierungsmethoden wird jede einzelne Stelle im Bauteil mit unterschiedlichen Parametern versehen und moderne mathematische Algorithmen sind gefragt. Als Schnittstelle stellen die Forschenden eine grafische Oberfläche (ProgMatDesign) für die Konstruktion der Materialien bereit – die Nutzung ist einfacher

als ein CAD-Programm in der Architektur. »Außerdem bauen wir eine Datenbank auf, in der alle Informationen zu Einheitszellen zu finden sind, quasi die Rohlinge zum Bau des Materials. Mithilfe unserer selbstentwickelten Tools ProgMatSim werden Strukturen berechnet, die direkt als Eingabe für den 3D-Druck genutzt werden.« Anschließend druckt und prüft ein Team das fertige Material und es wird neu gerechnet. »Denn ganz so ideal wie in den digitalen Zwillingen ist das in der Praxis am 3D-Drucker noch nicht realisierbar. Das Material verzieht sich manchmal oder es gibt andere Störaspekte, die beim virtuellen Zwilling nicht auftauchen,« so Andrä. Aber der Mathematiker ist zuversichtlich.

Mathematische Origami-Kunst

Aktuell legt das Fraunhofer CPM wissenschaftliche Grundlagen und identifiziert Anwendungspotenziale. Dabei entsteht in institutsübergreifenden Teams auch wahre Materialkunst, wie die Origami-Materialien, die eine gewünschte Form annehmen, wenn man an ihnen zieht. Die Einzelzellen sind gefaltete Elemente aus Kunststoff-Folien. In seiner Promotion berechnet Tobias Lichti mit Unterstützung des Fraunhofer ICT und IWM die optimale Größe der Falte für jede Zelle, damit das Origami-Material schließlich die Wunschform annimmt. Das wäre ohne Mathematik nicht möglich – am Ende sind die Faltstrukturen hoffentlich mindestens so nützlich wie formschön.

Kontakt

PD Dr. Heiko Andrä
Themenfokussprecher »Programmierbare Formänderung und Mechanik«
im Fraunhofer CPM
Telefon +49 631 31600-4470
heiko.andrae@itwm.fraunhofer.de



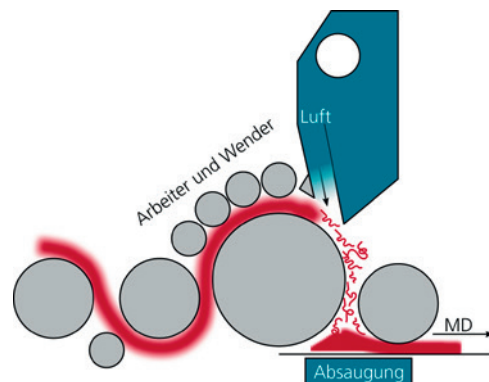
Wie in »ViDestoP« Lösungen unserer Abteilungen »zusammenvliesen«

3 Abteilungen, ein Projekt und eine ganze Kette im Blick

Vliesstoffe sind vielfältig und in den unterschiedlichsten Bereichen einsetzbar – etwa in der Medizin als Schutzkleidung oder im Autoinnenraum. Die Nachfrage nach den Stoffen wächst und mit ihr auch die Anforderungen an die Produkteigenschaften. In der immer komplexer werdenden Industrie ist das Optimieren der Herstellungsprozesse eine Schlüsselkompetenz, mit der sich unsere Forschenden abteilungsübergreifend im Projekt »ViDestoP« (Virtuelles Design und stochastisches Prototyping) beschäftigen.

Die Prozess- und Produktoptimierung erfolgt heute in der Regel durch Versuche nach dem Trial-and-Error-Prinzip direkt an den Produktionsanlagen. Dies ist aufgrund der notwendigen Produktionsunterbrechungen ein kosten- und zeitaufwändiger Prozess. In Teilbereichen der Vliesstoffproduktion ermöglichen digitale Zwillinge und Softwarelösungen unseres Instituts bereits virtuelle Optimierungen. Das interdisziplinäre ViDestoP-Team hat den Fokus nun auf die gesamte Produktionskette ausgeweitet.

und Luftströmungen entstehen. Im sogenannten »Airlay-Prozess« werden aus dem Kunststoff-Rohmaterial zunächst einzelne Fasern gewonnen und anschließend mit Hilfe eines großen Zylinders von einem Luftstrom miteinander verwirbelt. Die stark turbulente Luftströmung legt die Fasern anschließend auf einem Transportband ab. Dort werden sie durch eine Luftabsaugung zum Vliesstoff verdichtet und weiterverarbeitet. Je nach Material- und Prozesseigenschaften werden so unterschiedliche Vliesstoffe produziert.



Skizze des Airlay-Vliesstoffproduktionsprozesses

Simulation von Prozess und Produkteigenschaften

Bei der Produktion von Vliesstoff jeglicher Art sind für das Endprodukt besonders die Wechselwirkungen wichtig, die zwischen den Fasern

Unsere Abteilung »Transportvorgänge« simuliert mit der Software FIDYST (Fiber Dynamics Simulation Tool) bereits seit Jahren diese Dynamik von Fasern in turbulenten Strömungen mit dem Fokus auf Energieverbrauch und die Faser-Ablage auf dem Transportband. Für die Simulation mechanischer und thermischer Materialeigenschaften hat unsere Abteilung »Strömungs- und Materialsimulation« zudem das digitale Materiallabor GeoDict genutzt. Mit der Software lassen sich beispielsweise Vliesstoffeigenschaften wie Durchlässigkeit oder Leitfähigkeiten und vieles mehr berechnen. Im Projekt ViDestoP wurden diese etablierten ITWM-Softwarelösungen für den Prozess (FIDYST) und die Materialeigenschaften (GeoDict) miteinander zu einer integrierten Lösung zusammengeführt. Projektleiterin Prof. Dr. Simone Gramsch betont: »ViDestoP hat nicht nur die Kette unserer Simulationstools geschlossen, sondern auch die Verbindung der Abteilungen gestärkt und es sind ganz neue Ideen entstanden«.



© Wolfram Scheible

Faserablage als stochastisches 3D-Modell, validiert mit 3D-Druck

Im Zuge der Prozesssimulation wurde ein neuartiges 3D-Modell entwickelt, mit dem das Übereinanderlagern der Fasern abgebildet wird, so dass sowohl die Einzelfaserablage als auch die Prozessparameter der Produktionsanlage berücksichtigt sind. Mit diesem Modell ist es erstmals möglich, einen dreidimensionalen Vliesstoff mit realer Dicke, Breite und einer ausreichend großen Länge zu simulieren.

Was dann folgte, war konzeptionelles und methodisches Neuland: Zur Validierung der simulierten Produkteigenschaften wurden durch ein Team der Abteilung »Materialcharakterisierung und -prüfung« in verschiedenen Schritten 3D-Drucke erstellt. Anhand dieser Arbeiten konnten wiederum die mikroskopischen Modelle der Simulationen angepasst und verfeinert werden. Dieses Vorgehen

nennt sich »stochastisches Prototyping«, was auch den Titel des Projektes erklärt.

Demonstrator als Praxistest: Optimieren eines Dämmstoffes

Um die Anwendung des virtuellen Designs beim Optimieren von Vliesstoffprodukten zu belegen, erprobten die Forschenden den Prozess anhand eines Demonstrators. Aus dem Design of Experiments (DoE) wurde eine optimale virtuelle Mikrostruktur für den Dämmstoff abgeleitet und durch 3D-Druckanfertigungen validiert. Daraus lassen sich in der Industrie klare Schlussfolgerungen für den Herstellungsprozess ableiten.

Mit diesem Portfolio ist das ViDestoP-Team bestens gerüstet, um Unternehmen bei der Produktion von Vliesstoffen durch Simulationen in ihren Fragestellungen zu unterstützen.

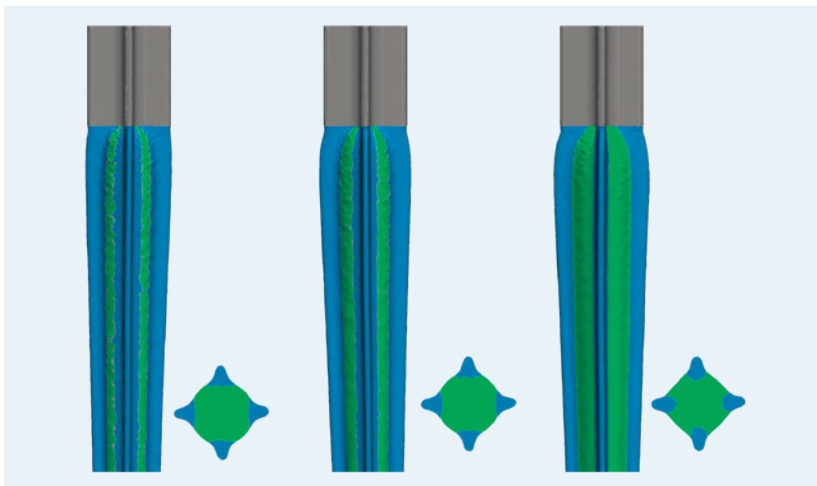
Kontakt

Prof. Dr. Simone Gramsch
Projektleiterin »ViDestoP«
Telefon +49 631 31600-4427
simone.gramsch@itwm.fraunhofer.de



Dank Simulation nicht den Kunststoff-Faden verlieren

Nicht alle Fasern sind rund. Aber wie schafft man es, dass es trotzdem rund läuft und eine Kunststofffaser z.B. mit einem kleeblattförmigen Querschnitt gesponnen wird? Ein Team unserer Abteilung »Transportvorgänge« entwickelt Simulationsmethoden für solche komplexen Aufgabenstellungen.



Drei verschiedene BiGOFil-Fasern mit unterschiedlichen Rohstoff-Eigenschaften; die Grafik zeigt jeweils die Faser beim Ausspinnen aus der Düse und den finalen Faserquerschnitt.

Ein Alltag ohne Kunststofffasern ist heute undenkbar. In nahezu allen Lebensbereichen begegnen sie uns, ob im Ölfilter oder in einer medizinischen Gesichtsmaske aus Vliesstoff – dabei setzen sie sich je nach Funktion unterschiedlich zusammen. Im Kern kommt es aber bei allen auf die Fasern im Kleinen und den Produktionsprozess im Großen an.

Bei Spinnprozessen zur Herstellung von synthetischen Fasern wird geschmolzene oder gelöste Masse durch feine Düsen gepresst und zu Fasern versponnen. Diese werden meist zum Aushärten durch eine Luftströmung geführt. Bekannte Verfahren sind Schmelzspinnen oder Trockenspinnen. Allen gemein: Es ist immer ein anspruchsvoller Prozess, bei dem alle Komponenten optimal zusammenspielen müssen. Deshalb

hat unsere Abteilung »Transportvorgänge« bereits Software-Lösungen entwickelt, die den Spinnprozess als digitalen Zwilling virtuell abbilden. Solche Simulationen sparen den Herstellenden kosten- und zeitintensive Experimente, erlauben neue Einblicke und ermöglichen systematische Parametervariationen, die dann beim Produktdesign unterstützen.

BiGOFil: Simulation von Kunststofffasern am Projektbeispiel

Die Arbeit der vergangenen Jahrzehnte hat unsere Forschenden inzwischen zu weltweit führenden Expert:innen auf diesem Gebiet werden lassen. In zahlreichen Projekten wurde modelliert, simuliert und optimiert. So auch im zweijährigen Projekt BiGOFil, das 2022 zum Abschluss kommt. Das ZIM-Projekt (Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand) wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert. Es sind sowohl drei Industrieunternehmen – u.a. auch unser Spin-off Math2Market – als auch drei Forschungsinstitutionen beteiligt.

Um beispielsweise feine Öltröpfchen aus einer Luftströmung zu filtern, kommen Koaleszenzfilter zum Einsatz. Wir unterstützen unsere Projektpartner bei der Entwicklung spezieller Bikomponentenfasern, die dem Filter beige-mischt werden, um das gesammelte Öl besser abzuleiten. Für die funktionalen Eigenschaften ist besonders die Form der Fasern wichtig, die



wir durch das Design der feinen Kapillaren der Spinnöse beeinflussen können.

»Wir greifen auf zwei unserer etablierten ITWM-Werkzeuge zurück und erreichen so eine nie dagewesene Simulationstiefe«, so Dr. Christian Leithäuser, Projektleiter BiGOFil. »Unsere Lösung VISPI simuliert den Spinnprozess im Ganzen. Im nächsten Schritt ist dann unsere Software MESHFREE gefragt. Sie übernimmt die gitterfreien Detailsimulationen einer Einzelfaser. Dabei lassen sich gleich mehrere Bereiche und Eigenschaften in den virtuellen Blick nehmen. Zum Beispiel beeinflusst der Temperaturverlauf die Form und Eigenschaften der fertigen Faser.« Die Erkenntnisse aus dieser Mikrobetrachtung spiegeln die Forschenden dann wieder zurück auf der Makroebene: Wie sieht die Faser in der Simulation aus und wie muss deshalb dann die Düse konstruiert sein?

Ausblick: Neue Herausforderungen durch biobasierte Materialien

Die Portfolio-Erweiterung des Teams um Chrisitan Leithäuser lässt sich nicht nur auf Kunststofffasern für Filter übertragen, sondern kann in Zukunft auch bei der Herstellung biobasierter Kunststoffe helfen. Die Mehrzahl bisheriger Materialien wird auf Basis von Erdöl hergestellt. Das soll sich ändern. »Eine Alternative sind zum Beispiel Materialien, die teilweise aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen und/oder biologisch abbaubar sind. Hier sucht die Industrie ständig nach Möglichkeiten, die klassischen Rohstoffe zu ersetzen. Die Verarbeitung dieser neuartigen Materialien ist eine Herausforderung. Dazu sind auch abgewandelte Produktionsprozesse nötig.« Prozesse, bei denen das ITWM-Team zukünftig sicher auch mit digitalen Zwillingen unterstützen kann.

Kontakt

Dr. Christian Leithäuser
Abteilung »Transportvorgänge«
Telefon +49 631 31600-4411
christian.leithaeuser@itwm.fraunhofer.de



Verfahrenstechnik: KI für Industrieprozesse nutzen

Es ist eine der großen Visionen des Bereichs »Optimierung«: das nächste Level der Künstlichen Intelligenz (KI) für die Verfahrenstechnik nutzbar machen. Dabei wollen die Forschenden in völlig neue Regionen vordringen.

Wann immer aus Rohmaterialien ein Produkt wird, kommt Verfahrenstechnik zum Einsatz. Prozesse in diesem industriellen Zweig sind in der Regel über Jahre erprobt und bewährt. Die Entscheidung, in Arbeitsschritte einzugreifen, muss wohl überdacht sein – Fehlentscheidungen können nicht nur die Qualität eines Produkts verändern, sondern auch hohe Kosten verursachen.

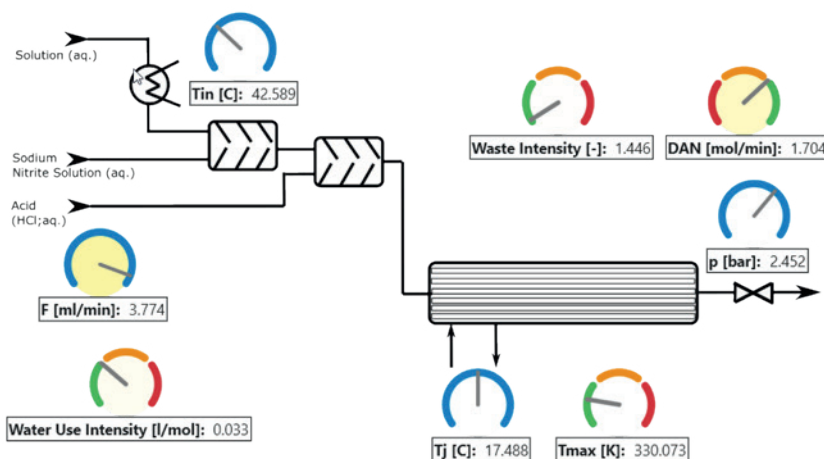
KI soll Verbesserungspotenzial aufzeigen

»KI ist inzwischen sehr gut darin, Ist-Zustände zu beschreiben«, sagt Prof. Dr. Michael Bortz, Abteilungsleiter »Optimierung – Technische Prozesse« und verdeutlicht dies am Beispiel der Spracherkennung, wie sie auf dem Mobiltelefon eingesetzt wird: »Sie erkennt Worte, die der Nutzende häufig verwendet und schlägt diese daher vor, sobald er eine bestimmte Buchstabenfolge zu schreiben beginnt.

Das System wird also individuell vom User trainiert und lernt dazu.«

Soll KI zur Optimierung von Produktionsprozessen eingesetzt werden, geht es um mehr: Optimierung heißt, Kombinationen von Freiheitsgraden zu finden, die zu besseren als den bislang bekannten Ergebnissen führen. Dazu bedarf es rigoroser physikalischer Modelle und Optimierungsalgorithmen, die möglichst nah an Verbesserungspotenziale herankommen. »Ziel ist es, dass eine KI in der Verfahrenstechnik erkennt, wo Verbesserungspotenzial besteht und damit möglichst konkrete Anhaltspunkte liefert, bestimmte Prozesse genauer zu betrachten«, so Bortz. »Bildlich gesprochen: Wenn ich in den Alpen stehe und den höchsten Punkt erreichen will, sollte KI in der Lage sein, mir zu sagen, von wo ich loslaufen soll und wie ich das Ziel erreiche. Die Anstrengungen, den zweithöchsten Berg zu erklimmen, um von dort aus zu sehen, dass es einen noch höheren gibt, ist kein befriedigendes Ergebnis.«

Schematisches Fließbild eines chemischen Produktionsprozesses



Erfolgreiche Projekte ebnen Weg

Erfahrung mit der Entwicklung rigoroser Modelle für verlässliche, realitätsnahe Vorhersagen hat das Team um Bortz unter anderem für den Chemiekonzern BASF SE gemacht: In inzwischen abgeschlossenen Projekten wurde für einen Fließbildsimulator eine nutzerfreundliche Schnittstelle zu historischen Prozessdaten geschaffen, um die Daten für Prognosen zu kalibrieren. In einem aktuellen Kooperationsprojekt geht es darum, KI einzusetzen, um die derart kalibrierten Prozesse numerisch möglichst



Das Stammwerk der BASF SE in Ludwigshafen ist der größte zusammenhängende Industriekomplex Europas. Das Fraunhofer ITWM arbeitet aktuell mit der BASF SE in einem gemeinsamen Projekt zur Realisierung virtueller »What-If-Szenarien« mithilfe von KI.

effektiv auszuwerten und so die Nutzenden in die Lage zu versetzen, schnell und intuitiv virtuelle »What-If-Szenarien« zu realisieren. So lassen sich Auswirkungen von Änderungen simulieren, bevor man sie tatsächlich durchführt.

KI-Projekte laufen

Auch im Projekt KEEN (KI-Inkubatorlabore in der Prozessindustrie) – einer Innovationsplattform für die chemische Industrie, die Start-ups, Konzerne und Forschungseinrichtungen vereint – lotet das Team um Bortz die Möglichkeiten der KI für die Verfahrenstechnik aus. Das Fraunhofer ITWM hat im vergangenen Jahr erste Software-Prototypen im Rahmen des

Projekts zur Verfügung gestellt. Für einen von diesen wurde ein neuronales Netz so trainiert, dass die Software es ermöglicht, die Vorwärtsplanung von Ingenieur:innen umzukehren. Das heißt: Statt bestimmte Faktoren zu ändern und dann ihre Auswirkungen auf das Produkt zu prüfen, beantwortet sie die Frage: »Ich wünsche mir folgendes Produkt, wie muss ich die Anlage dazu führen?«

Das Potenzial von KI für die Verfahrenstechnik bewertet Bortz als definitiv hoch, denn: »Bei numerisch aufwändigen Simulationen kann die Information darüber, wo es sich hinzuschauen lohnt, viel Zeit sparen. Je genauer diese Information vorliegt, umso konkreter können wir Hilfestellung leisten und Prozesse optimieren.«

Kontakt

Prof. Dr. Michael Bortz
 Abteilungsleiter »Optimierung –
 Technische Prozesse«
 Telefon +49 631 31600-4532
 michael.bortz@itwm.fraunhofer.de



Mehr Informationen unter www.itwm.fraunhofer.de/keen

Wir sind das Fraunhofer ITWM



Bildverarbeitung

Mathematische Modelle und Bildanalysealgorithmen für die Industrie 74



Finanzmathematik

Methodenkompetenz in Finanzmathematik, Stochastik und Data Science 76



High Performance Computing

Innovation, Disruption und ganzheitliches Denken in der Welt des verteilten Rechnens 78



Materialcharakterisierung und -prüfung

Durchblick mit Millimeter-, Terahertz- und optischen Wellen 80



Mathematik für die Fahrzeugentwicklung

Simulationsgestützte Entwicklung und Produktionsoptimierung in der Fahrzeugindustrie 82



Optimierung

Interaktive Entscheidungsunterstützung auf Basis von Modellen und Daten 84



Strömungs- und Materialsimulation

Industriell einsetzbare Multiskalensimulation und kundenspezifische Softwarelösungen 86



Systemanalyse, Prognose und Regelung

Analyse und Vorhersage von komplexem System- und Prozessverhalten 88



Transportvorgänge

Mathematische Modellierung, Simulation und Optimierung von Transportvorgängen 90



Fraunhofer

Fraunhofer
ESE
EWS
← Hauptzugang
Aufsicherung
↓ City
↓ Besucher

BESUCHER

Fraunhofer
ESE
EWS
← Hauptzugang
Aufsicherung
↓ City
↓ Besucher



Schwerpunkte

- Oberflächen- und Materialcharakterisierung
- Qualitätssicherung und Optimierung
- Virtuelle Bildverarbeitung
- Industrial Image Learning
- Quantenbildverarbeitung
- Condition Monitoring und Predictive Maintenance

©Istockphoto/4X-image

Bildverarbeitung

Womit beschäftigt sich Ihre Abteilung und was macht ihre Forschungsarbeit aus?

Unsere Abteilung entwickelt Bildanalysealgorithmen und setzt diese in industrietaugliche Software in der Produktion um. Die Anwendungsgebiete umfassen anspruchsvolle Oberflächenprüfungen und Analyse von Mikrostrukturen. Wir entwickeln sowohl neue Methoden als auch domänen-spezifische Machine-Learning-Algorithmen.

Welches Potenzial hat die Forschung Ihrer Abteilung für eine bessere Zukunft?

Viele Methoden, besonders KI-Verfahren, ermöglichen Einsparungen von Ressourcen und Energie in der Produktion. Diese Themen werden immer wichtiger. Aber auch Aufgaben im Bezug zu Naturschutz und Nachhaltigkeit sind durch unsere Algorithmen lösbar.

Wo sehen Sie Ihre Abteilung in fünf Jahren?

In fünf Jahren werden KI-Algorithmen in allen Industrieprojekten unserer Abteilung eingesetzt, aber auch mit modellbasierten Ansätzen verknüpft. Viele komplexe Qualitätsprüfungen werden erst in den nächsten Jahren durch die Entwicklungen im Bereich KI und Hardware möglich. Dabei werden Themen der Nachhaltigkeit genauso wichtig wie andere Industrieziele, wie beispielsweise Kosteneinsparung, höhere Produktionsgeschwindigkeit oder weniger Ausschuss.

Welche drei Schlagwörter beschreiben Ihre Abteilung am besten?

- Industrienah – pragmatisch – zielorientiert

Themen der Abteilung in diesem Bericht:

- Bahn frei für modulare Inspektionsplattform S. 25
- Filtervliesstoffe virtuell überprüfen S. 27
- Rheinland-Pfalz fördert Kompetenzzentrum Quantencomputing S. 31
- Künstliche Intelligenz erkennt illegal eingeführtes Holz S. 51
- Heilende Pigmente gegen Korrosion S. 61

Kontakt

Dipl.-Inf. Markus Rauhut
Abteilungsleiter
»Bildverarbeitung«
Telefon +49 631 31600-4595
markus.rauhut@itwm.fraunhofer.de





Schwerpunkte

- Abrechnungsprüfung
- Altersvorsorge und Lebensversicherung
- Flexible Lasten am Energiemarkt
- Data Science
- Quantencomputing

Finanzmathematik

Womit beschäftigt sich Ihre Abteilung und was macht ihre Forschungsarbeit aus?

Wir simulieren Altersvorsorgeverträge und optimieren Anlagestrategien für Lebensversicherungen. Wir erfassen Auffälligkeiten in Abrechnungen mithilfe statistischer Methoden und Data Science. Und wir sparen Kosten und Energie durch das Optimieren von Lastabnahmen.

Welches Potenzial hat die Forschung Ihrer Abteilung für eine bessere Zukunft?

In der Betrugsprävention haben wir breite Expertise und auch die passende Software, beispielsweise bei der Abrechnung von Pflegedienstleistungen. Das Gleiche gilt für sichere Finanzmärkte, auch im Hinblick auf Verbraucherschutz. Energieeinsparung ist ein zentrales gesellschaftliches und wirtschaftliches Thema, dem tragen wir Rechnung mit unseren Arbeiten zur flexiblen Nutzung von Energie in Industrieunternehmen.

Wo sehen Sie Ihre Abteilung in fünf Jahren?

Wir haben unsere Expertise in den derzeitigen Forschungsgebieten weiter ausgebaut. Da Quantencomputer ihre Überlegenheit gegenüber klassischen Rechnern gezeigt haben und wir bereits jetzt auf diesem Gebiet forschen, sind wir in fünf Jahren ein etablierter Partner für Anwendungen des Quantencomputing in der Finanzbranche. Vermutlich haben wir darüber hinaus andere, heute noch nicht sichtbare Forschungsfelder für uns gefunden.

Welche drei Schlagwörter beschreiben Ihre Abteilung am besten?

- Teamgeist – Erfolg – Spaß

Themen der Abteilung in diesem Bericht:

- Rheinland-Pfalz fördert Kompetenzzentrum Quantencomputing S. 31
- Quantensprünge in Wissenschaft und Karriere S. 34
- Enterprise Lab: Durch moderne Arbeitsweisen zum mathematischen Erfolg S. 46
- Mathematik schafft Transparenz – sicher fürs Alter vorsorgen S. 48
- Bauhaus.MobilityLab – KI im großen Stadtexperiment S. 50

Kontakt

Dr. habil. Jörg Wenzel
 Abteilungsleiter
 »Finanzmathematik«
 Telefon +49 631 31600-4501
 joerg.wenzel@itwm.fraunhofer.de





Schwerpunkte

- Green by IT
- Fraunhofer paralleles Dateisystem (BeeGFS)
- Visualisierung
- Seismische Datenverarbeitung
- Datenanalyse und Maschinelles Lernen
- Skalierbare parallele Programmierung
- Quantencomputing

High Performance Computing

Das High Performance Computing Führungsteam besteht aus Dr. Valeria Bartsch, Dr. Norman Ettrich, Dr. Daniel Grünewald, Dr. Janis Keuper, Matthias Klein-Schlöbl, Dr. Jens Krüger, Dr. Mirko Rahn und Dr. Rui Mário da Silva Machado. Im Folgenden beantworten Dr. Valeria Bartsch und Dr. Jens Krüger als Sprecherin und Sprecher die Fragen:

Womit beschäftigt sich Ihr Bereich und was macht ihre Forschungsarbeit aus?

Wir sind ein weltweit anerkannter Partner, wenn es um die Entwicklung neuer Technologien geht, insbesondere für verteiltes und Hochleistungsrechnen. Wir engagieren uns für eine ganzheitliche und zukunftsorientierte Entwicklung, Optimierung und Forschung. Zu unseren Themen gehören effiziente und skalierbare Hard- und Softwarelösungen sowie Methoden zur Bewältigung industrieller und gesellschaftlicher Herausforderungen.

Welches Potenzial hat die Forschung Ihres Bereichs für eine bessere Zukunft?

Wir treiben den aktuellen Stand der Technik im High Performance Computing voran. Wir sind mutig und gehen neue Wege. Wir haben keine Angst, über den Tellerrand hinauszuschauen und wir leisten einen entscheidenden Beitrag bei der Umgestaltung zu einer nachhaltigen Gesellschaft.

Wo sehen Sie Ihren Bereich in fünf Jahren?

Wir entwickeln einen kompletten Supercomputing-Hardware-Softwarestack. Wir integrieren Quantencomputing erfolgreich in HPC-Systeme. Wir sind offen für Unvorhergesehenes und werden neue Ideen in den nächsten fünf Jahren entwickeln.

Welche drei Schlagwörter beschreiben Ihren Bereich am besten?

- Ganzheitlich – nachhaltig – mutig

Themen des Bereichs in diesem Bericht:

- New Work – so arbeiten wir am Fraunhofer ITWM S. 16
- Europäische Daten-Cloud für Mobilität der Zukunft. S. 28
- Rheinland-Pfalz fördert Kompetenzzentrum Quantencomputing S. 31
- QCStack: Zwischen klassischen Clustern und Quantencomputing S. 32
- Mit Forschungsergebnissen die Welt verändern. S. 36
- Testphase gestartet: Ladestrukturen im Vergleich. S. 53
- Digitalisierung und Künstliche Intelligenz für ein Energiemanagement 2.0 S. 56
- Kleinstpartikel mit großer Wirkung: Aerosole in Klimamodellen S. 58

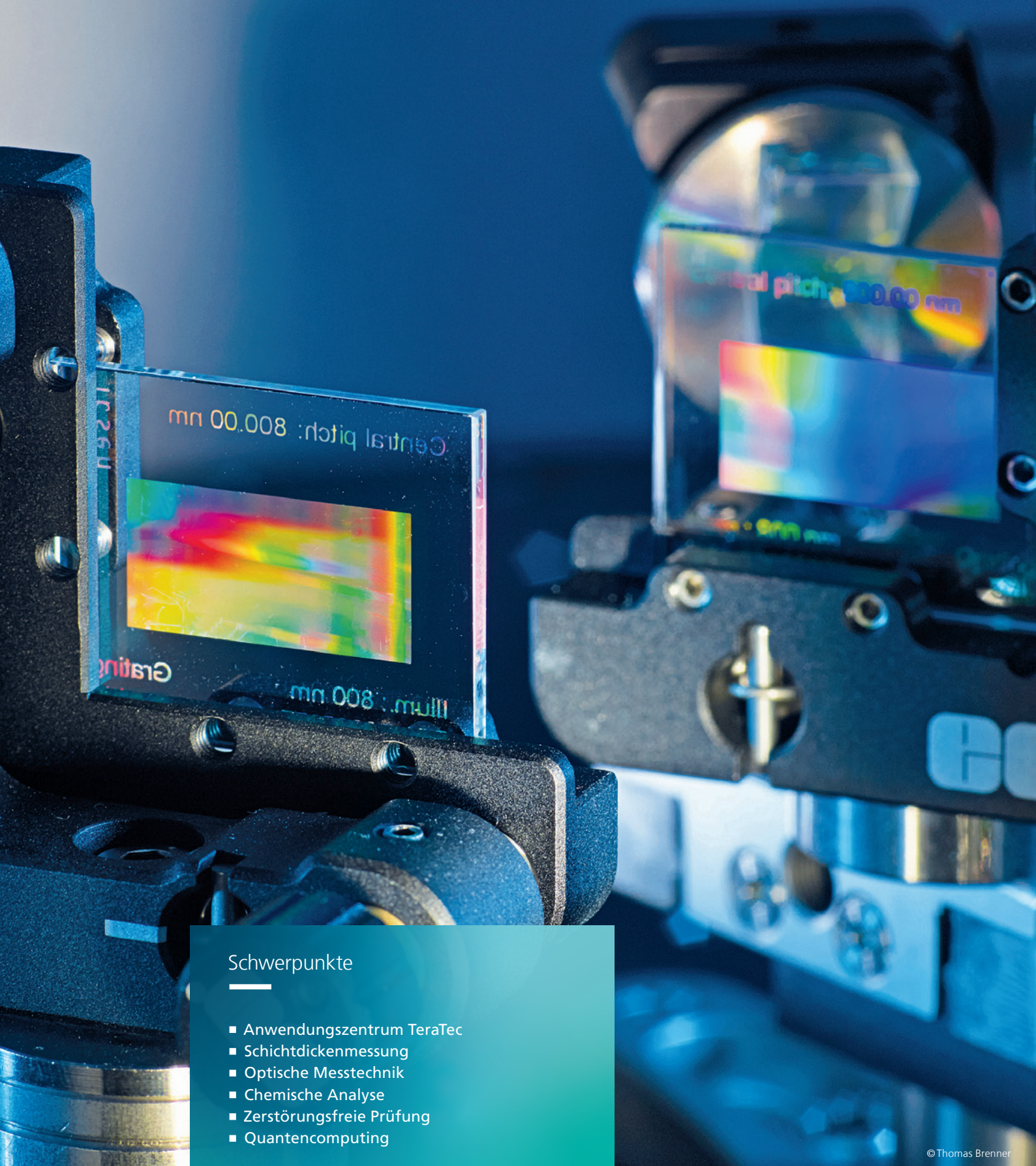
Kontakt

Dr. Valeria Bartsch
Sprecherin der Leitung des Bereichs
»High Performance Computing«
Telefon +49 631 31600-4741
valeria.bartsch@itwm.fraunhofer.de



Dr. Jens Krüger
Sprecher der Leitung des Bereichs
»High Performance Computing«
Telefon +49 631 31600-4541
jens.krueger@itwm.fraunhofer.de





Schwerpunkte

- Anwendungszentrum TeraTec
- Schichtdickenmessung
- Optische Messtechnik
- Chemische Analyse
- Zerstörungsfreie Prüfung
- Quantencomputing

Materialcharakterisierung und -prüfung

Womit beschäftigt sich Ihre Abteilung und was macht ihre Forschungsarbeit aus?

Im Zentrum unserer Arbeiten steht die zerstörungsfreie Prüfung zur Qualitätskontrolle im industriellen Fertigungsprozess. Unsere Anwendungen reichen von der Rohrwandstärken-Messung über die Charakterisierung von Mehrschicht-Lacksystemen bis hin zu Isolierungen um Drähte. Dafür setzen wir elektromagnetische Wellen im gesamten Spektralbereich vom sichtbaren Licht bis in den Terahertz-Wellen-Bereich ein und nutzen sowohl Quanten-inspirierte Messtechnik als auch die Möglichkeiten des Maschinellen Lernens, um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen.

Welches Potenzial hat die Forschung Ihrer Abteilung für eine bessere Zukunft?

Zerstörungsfreie Qualitätskontrolle reduziert die Anzahl an Fehlteilen und spart dadurch den Unternehmen zum einen Zeit, Geld und Ressourcen und schafft zum anderen bei deren Kundinnen und Kunden die Sicherheit, Produkte höchster Qualität zu beziehen. Unsere Anlagen sind einfach zu bedienen und können in bestehende Prozesse integriert werden. Das sichert die Grundlage für Investitionen und Arbeitsplätze. Durch unsere Forschung generieren wir Innovationen, die den Technologievorsprung garantieren, um im globalen Wettbewerb zu bestehen.

Wo sehen Sie Ihre Abteilung in fünf Jahren?

Die Abteilung baut ihre Führungsposition für den Einsatz der Terahertz-Technologie in der zerstörungsfreien Prüfung weiter aus und wird sie durch Quanten-inspirierte Messtechnik erweitert haben. Prüftechniken werden den gesamten Spektralbereich abdecken und durch Maschinelles Lernen in der Auswertung unterstützt, um eine größtmögliche Vielfalt an Defekten zuverlässig zu identifizieren. So können wir neue Anwendungsszenarien erschließen, die derzeit noch nicht in Reichweite sind.

Welche drei Schlagwörter beschreiben Ihre Abteilung am besten?

- Kundenorientiert – innovativ – präzise

Themen der Abteilung in diesem Bericht:

- Anwendungsbeispiel Radom: Sicherheit dank Terahertz-Technologie S. 24
- Rheinland-Pfalz fördert Kompetenzzentrum Quantencomputing S. 31
- T-KOS: Terahertz-Technologie für verlässliche Kommunikation. S. 45
- Recycling leicht gemacht – mit ASKIVIT Holz aus Sperrmüll retten. S. 62
- ViDestoP S. 66

Kontakt

Prof. Dr. Georg von Freymann
 Abteilungsleiter »Material-
 charakterisierung und -prüfung«
 Telefon +49 631 31600-4901
 georg.von.freymann@
 itwm.fraunhofer.de





Schwerpunkte

- Digitale Umgebungsdaten
- Lastdaten und Betriebsfestigkeit
- Dynamik und Systemsimulation
- Menschmodelle und Mensch-Maschine-Interaktion
- Kabel, Schläuche und flexible Strukturen
- Reifenmodelle – CDTire
- Technikum: Human Machine Interaction und Fahrsimulatoren



Mathematik für die Fahrzeugentwicklung

Womit beschäftigt sich Ihr Bereich und was macht seine Forschungsarbeit aus?

Der Bereich gliedert sich in zwei Abteilungen sowie 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 und beziehen dabei Umgebungsdaten und Nutzungsvariabilität mit ein. Damit adressieren wir die Aspekte in der Fahrzeugentwicklung: Betriebsfestigkeit, Zuverlässigkeit, Energieeffizienz und ADAS/AD.

Die Abteilung »Mathematik für die digitale Fabrik« bündelt die Aktivitäten zum Design von Softwaretools für das virtuelle Entwickeln von Produkten; darunter fällt zum Beispiel IPS Cable Simulation: Mit dieser Software-Familie lässt sich die Montage von Kabeln, Kabelbäumen und Schläuchen virtuell auslegen und im Betrieb absichern.

Welches Potenzial hat die Forschung Ihres Bereichs für eine bessere Zukunft?

Die Fahrzeugentwicklung ist derzeit mit einer Reihe von Herausforderungen konfrontiert. Neben der Notwendigkeit, Produktentwicklung und Produktion effizienter zu gestalten, steht der Trend zu immer weitergehender Assistenz (ADAS) bis hin zum autonomen Fahren sowie die Entwicklung und Qualifikation alternativer, möglichst emissionsfreier Antriebssysteme. Die inhaltliche Ausrichtung des Bereichs orientiert sich an diesen drei Herausforderungen.

Wo sehen Sie Ihren Bereich in fünf Jahren?

Obwohl die Fahrzeugindustrie insgesamt eine Krise durchläuft, sehen wir uns mit der oben beschriebenen Ausrichtung gut aufgestellt. Wir gehen davon aus, dass der Bereich in fünf Jahren mit drei Abteilungen und dem Technikum sowohl wissenschaftlich als auch wirtschaftlich gut dasteht.

Welche drei Schlagwörter beschreiben Ihren Bereich am besten?

- Innovativ – interdisziplinär – professionell

Themen des Bereichs in diesem Bericht:

- Das Technikum: Bindeglied zwischen Realität und Simulation S. 20
- Verkehrsströme planen – steuern – regeln S. 22
- Welche neuen Antriebskonzepte brauchen wir? S. 23
- »CDTire«: Realitätsnahe Simulation von Reifen S. 26

Kontakt

Dr. Klaus Dreßler
 Bereichsleiter »Mathematik für die Fahrzeugentwicklung« und
 Abteilungsleiter »Dynamik, Lasten und Umgebungsdaten«
 Telefon +49 631 31600-4466
 klaus.dressler@itwm.fraunhofer.de





Schwerpunkte

- Verfahrens- und Prozesstechnik
- Maschinelles Lernen und Hybride Modelle
- Anordnungs- und Zerlegeprobleme
- Supply Chain
- Energie und Versorgung
- Produktionsplanung und -steuerung
- Optimierung in den Life Sciences
- Quantencomputing

Optimierung

Womit beschäftigt sich Ihr Bereich und was macht ihre Forschungsarbeit aus?

Der Bereich »Optimierung« beschäftigt sich mit der modellbasierten Simulation und Optimierung komplexer technischer und organisatorischer Prozesse. Das Ziel ist dabei, Komplexität zu beherrschen, indem vielversprechende Lösungen interaktiv zugänglich gemacht werden. Wir machen Verbesserungspotenziale transparent und nachvollziehbar, sodass die Nutzenden sie schnell erkennen.

Welches Potenzial hat die Forschung Ihres Bereichs für eine bessere Zukunft?

Die Kombination von wissens- und datenbasierten Zugängen zur modellbasierten Optimierung birgt enormes Potenzial, gerade weil Daten in immer größerem Maßstab verfügbar sind. Gleichzeitig steigt das Bedürfnis nach Nachvollziehbarkeit und Transparenz in Entscheidungsprozessen. Beides sind Tendenzen, die wir gerne bedienen.

Darüber hinaus sind wir branchenübergreifend aufgestellt. Das sorgt für Stabilität sowie für ein spannendes und interdisziplinäres Innovationsklima.

Wo sehen Sie Ihren Bereich in fünf Jahren?

Der Bereich ist auf Wachstumskurs, den er im Wesentlichen langfristigen Industriepartnerschaften verdankt. Diese durch innovative Lösungen immer wieder zu überraschen und neue Kund:innen hinzuzugewinnen, ist eine wichtige Herausforderung. Ebenso brauchen wir kreative Köpfe, die einen hohen Anspruch an innovativen Lösungen sowie deren Umsetzung haben. Wenn beides gelingt, wird die »Optimierung« ihren sichtbaren Impact weiter steigern können.

Welche drei Schlagwörter beschreiben Ihren Bereich am besten?

- Innovativ – kundenorientiert – mit hohem Anspruch an uns selbst

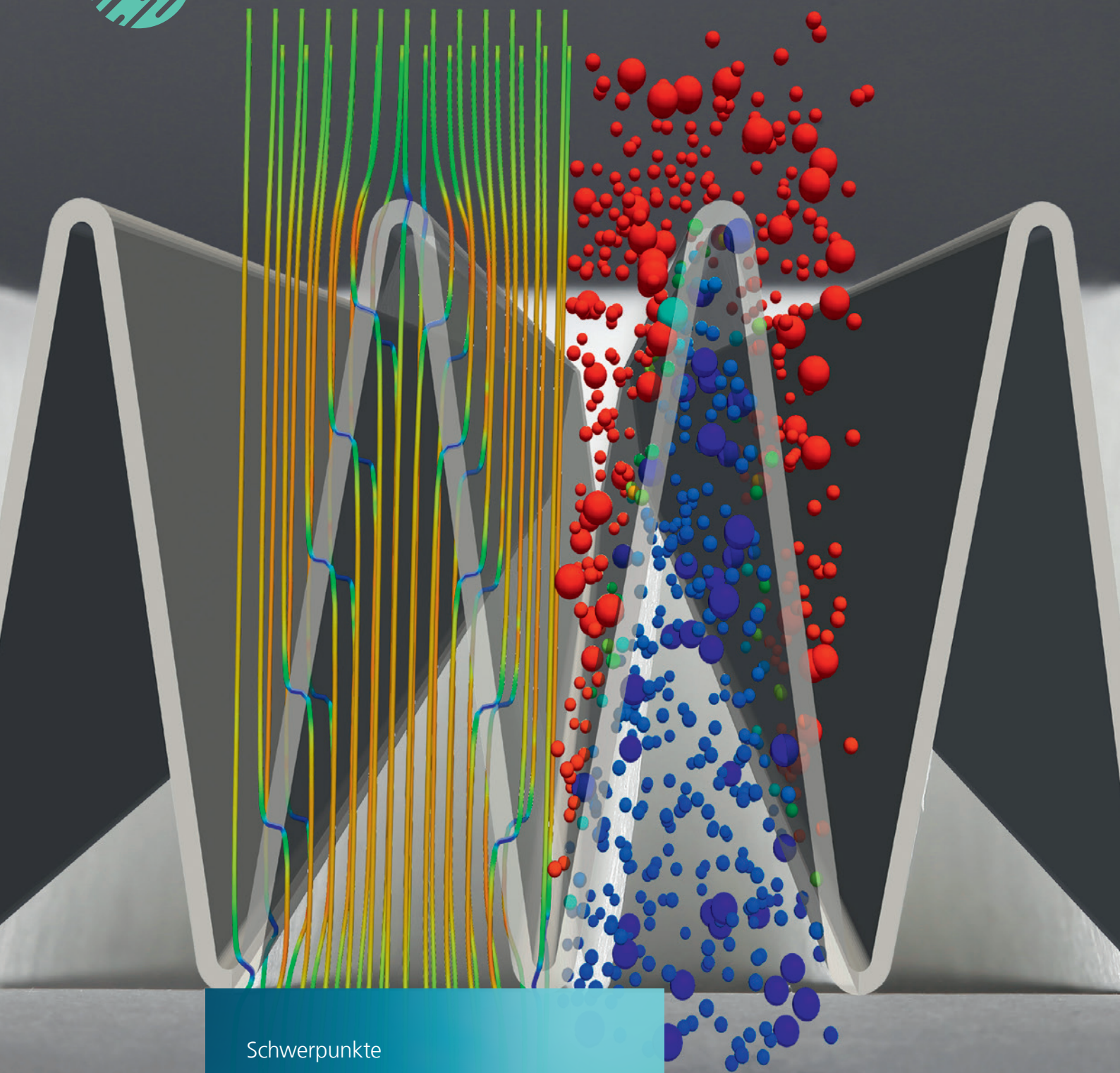
Themen des Bereichs in diesem Bericht:

- Rheinland-Pfalz fördert Kompetenzzentrum Quantencomputing S. 31
- Mathematik erhöht Überlebenschancen S. 39
- Software-optimierte Produktionsprozesse bei BioNTech. S. 40
- Corona-Pandemie: Fraunhofer ITWM berät Landesregierung Rheinland-Pfalz . . . S. 42
- Digitalisierung und Künstliche Intelligenz für ein Energiemanagement 2.0 S. 56
- Heilende Pigmente gegen Korrosion S. 61
- Verfahrenstechnik: KI für Industrieprozesse nutzen S. 70

Kontakt

Prof. Dr. Karl-Heinz Küfer
 Bereichsleiter »Optimierung« und
 Abteilungsleiter »Optimierung –
 Operations Research«
 Telefon +49 631 31600-4491
 karl-heinz.kuefer@itwm.fraunhofer.de





Schwerpunkte

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

Strömungs- und Materialsimulation

Womit beschäftigt sich Ihre Abteilung und was macht ihre Forschungsarbeit aus?

Wir konzipieren und realisieren Methoden- und Softwarelösungen für die Entwicklung, Herstellung und Verbesserung von innovativen, nachhaltigen Materialien, u. a. auch für sogenannte programmierbare Materialien. Dabei entwickeln wir industriell taugliche Multiskalen- und Multiphysics-Methoden und firmenspezifische Softwarelösungen. Unsere Simulationstools nutzen neueste Forschungsergebnisse wie Modellreduktionsverfahren, automatische Parameteridentifikation und Maschinelles Lernen zur Effizienzsteigerung.

Welches Potenzial hat die Forschung Ihrer Abteilung für eine bessere Zukunft?

Die Digitalisierung der Materialentwicklung – von der Herstellung bis zur Lebensdauerbewertung und dem Recycling – beschleunigt das Entwickeln innovativer, nachhaltiger Materialien. Das zeigen unsere neuen Projekte zur Materialsubstitution durch biobasierte und biohybride Textilien, Schäume und Verbundwerkstoffe im Leichtbau, effiziente und alternative Batteriekonzepte für die Elektromobilität oder auch selbstreinigende Partikelfilter.

Wo sehen Sie Ihre Abteilung in fünf Jahren?

Unsere Methoden- und Softwareentwicklung zielt darauf ab, dass unsere Kundinnen und Kunden in fünf Jahren das Design ihrer nachhaltigen Produkte und die zugehörige Prozessentwicklung durchgängig digital begleiten können, d. h. dass sogenannte digitale Zwillinge bis zur Materialebene vorliegen. Diese ermöglichen schnelles Ausprobieren von Varianten und Innovationen, ohne dass reale Prototypen hergestellt werden müssen. Mit digitalen Zwillingen lassen sich aber auch Rohstoff- und Energiebilanzen quantitativ bewerten. So unterstützen wir Nachhaltigkeit und schonen Ressourcen.

Welche drei Schlagwörter beschreiben Ihre Abteilung am besten?

- Mehrskalig – effizient – robust

Thema der Abteilung in diesem Bericht:

- ALMA: Leichtbau und ökologisches Design bei Elektrofahrzeugen. S. 26
- Batteriezellen für E-Mobilität S. 26
- Filtervliesstoffe virtuell überprüfen S. 27
- Rheinland-Pfalz fördert Kompetenzzentrum Quantencomputing S. 31
- Programmierbare Materialien revolutionieren Produktdesign S. 64
- ViDestoP S. 66

Kontakt

Dr. Konrad Steiner
 Abteilungsleiter »Strömungs- und Materialsimulation«
 Telefon +49 631 31600-4342
 konrad.steiner@itwm.fraunhofer.de





Schwerpunkte

- Energieerzeugung und -verteilung
- Echtzeit-Anlagenbetrieb und Antriebstechnik
- Biosensorik und Medizingeräte
- Maschinelles Lernen
- Regelung komplexer Systeme
- Modellidentifikation und Zustandsschätzung

Systemanalyse, Prognose und Regelung

Womit beschäftigt sich Ihre Abteilung und was macht ihre Forschungsarbeit aus?

Wir entwickeln digitale Zwillinge zur Echtzeitüberwachung, prädiktiven Instandhaltung und energieeffizienten Regelung für Produktionsanlagen und Antriebe. Dazu erarbeiten und adaptieren wir gemeinsam mit unseren Kundinnen und Kunden passgenaue Lösungen mittels Methoden der Künstlichen Intelligenz. Dabei bedienen wir uns aus dem großen Werkzeugkoffer mit Methoden aus der Signalanalyse, der System- und Kontrolltheorie, der Automatisierung sowie des Maschinellen Lernens.

Welches Potenzial hat die Forschung Ihrer Abteilung für eine bessere Zukunft?

Viele Unternehmen sind bereit zur Digitalisierung. Die damit anfallende Menge unterschiedlicher Daten und Informationen eröffnet uns die Möglichkeit, innovative passgenaue Lösungen für den nachhaltigen Betrieb von Produktionsanlagen und Antrieben zu entwickeln. Dies ermöglicht das gleichzeitige Optimieren von Qualität und Quantität, den effizienten Einsatz von Energie und Rohstoffen sowie den zustandsorientierten Betrieb der Produktionsanlagen und Antriebe.

Wo sehen Sie Ihre Abteilung in fünf Jahren?

In fünf Jahren wird die Abteilung noch mehr ganzheitliche Lösungen anbieten – von der Unterstützung der Integration von Sensoren und Aktoren sowie der Implementierung passgenauer Methoden und Algorithmen auf eingebetteten Systemen bzw. in mikroelektronischen Bauteilen.

Welche drei Schlagwörter beschreiben Ihre Abteilung am besten?

- Innovativ – Hardware-nah – erfahren

Themen der Abteilung in diesem Bericht:

- District Heating – Mathematik heizt ein S. 54
- Digitalisierung und Künstliche Intelligenz für ein Energiemanagement 2.0 S. 56

Kontakt

Dr. Andreas Wirsén
Abteilungsleiter »Systemanalyse,
Prognose und Regelung«
Telefon +49 631 31600-4629
andreas.wirsén@itwm.fraunhofer.de





Schwerpunkte

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

© istockphoto/Sbayram

Transportvorgänge

Womit beschäftigt sich Ihre Abteilung und was macht ihre Forschungsarbeit aus?

Wir modellieren komplexe industrielle Fragestellungen und entwickeln effiziente Algorithmen zur numerischen Simulation und Optimierung dieser Probleme. Die Aufgabenstellungen liegen meist im Kontext Strömungsdynamik, Strukturmechanik, Strahlungstransport, Optik etc. Aus Sicht unserer industriellen Kundinnen und Kunden geht es um die Auslegung von Produktionsprozessen und die Optimierung von Produkten.

Welches Potenzial hat die Forschung Ihrer Abteilung für eine bessere Zukunft?

Techniken zum automatischen Differenzieren erlauben die Identifikation von Systemen und deren Optimierung in bisher nicht erwartbarer Güte und Effizienz – erst dieser Background hat mit Start der Corona-Pandemie ermöglicht, epidemiologische Modelle für ein extrem dynamisches Infektionsgeschehen zu entwickeln. Für die Industrie haben wir mit MESHFREE eine Software geschaffen, die Prozesse und Produkte mit komplexer und stark veränderlicher Strömungsdynamik sehr gut beschreibt. Aktuell drängende Probleme wie Energienetze und Energieeffizienz spielen zudem in unserer Forschung seit Jahren eine relevante Rolle.

Wo sehen Sie Ihre Abteilung in fünf Jahren?

Wir werden verstärkt eigene Softwarewerkzeuge entwickeln, nutzen und lizenzieren. Das damit verbundene Wachstum erfordert angepasste Strukturen, die im Zuge des dann anstehenden Wechsels in der Abteilungsleitung umgesetzt sein werden.

Welche drei Schlagwörter beschreiben Ihre Abteilung am besten?

- Methodenflexibel – problemorientiert – kundenbezogen

Themen der Abteilung in diesem Bericht:

- Filtervliesstoffe virtuell überprüfen S. 27
- MESHFREE: Anwendungsbeispiel Wassermanagement S. 27
- Corona-Pandemie: Fraunhofer ITWM berät Landesregierung Rheinland-Pfalz S. 42
- Digitalisierung und Künstliche Intelligenz für ein Energiemanagement 2.0 S. 56
- Wie in »ViDestoP« Lösungen unserer Abteilungen zusammenvliesen S. 66
- Dank Simulation nicht den Kunststoff-Faden verlieren S. 68

Kontakt

Dr. Dietmar Hietel
 Abteilungsleiter »Transportvorgänge«
 Telefon +49 631 31600-4627
 dietmar.hietel@itwm.fraunhofer.de



Dr. Raimund Wegener
 Abteilungsleiter »Transportvorgänge«
 Telefon +49 631 31600-4231
 raimund.wegener@itwm.fraunhofer.de



Impressum

Anschrift der Redaktion

Fraunhofer-Institut für Techno- und
Wirtschaftsmathematik ITWM
Team Kommunikation
Fraunhofer-Platz 1
67663 Kaiserslautern

presse@itwm.fraunhofer.de
www.itwm.fraunhofer.de

Redaktion

Ilka Blauth, Swenja Broschart, Eva Fröhlich, Steffen Grützner,
Esther Packullat
Annika Dreßler, Christian Weimer (Redaktionsassistenten)

Grafikdesign und Layout

Gesa Ermel, Antonia Rinck

Fotografie

Gesa Ermel, Fraunhofer ITWM

Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion erforderlich.

© Fraunhofer-Institut für Techno- und
Wirtschaftsmathematik ITWM, Kaiserslautern 2022



Kontakt

Fraunhofer-Institut für Techno- und
Wirtschaftsmathematik ITWM

Fraunhofer-Platz 1
67663 Kaiserslautern

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