

weiter.vorn

Das Fraunhofer-Magazin

1/19

LERNENDE SYSTEME UND INTELLIGENTE MASCHINEN: WIE KÖNNEN WIR SIE NUTZEN, OHNE DIE KONTROLLE ÜBER UNSERE DATEN ZU VERLIEREN? QUANTEN-EFFEKTE: **WIE** HELFEN SIE UNS, SICHERER ZU KOMMUNIZIEREN UND GENAUER ZU MESSEN? SCHUTZ VON LEIB UND LEBEN: WIE SORGEN WIR VERANTWORTUNGS-VOLL DAFÜR, DASS DIE MENSCHEN SICH SICHERER FÜHLEN? NEUE MATERIALIEN: WIE KÖNNEN WIR SIE SO **ENTWICKELN**, DASS IHRE EIGENSCHAFTEN TROTZ MASSENPRODUKTION INDIVIDUALISIERBAR SIND? NACHHALTIGE TECHNISCHE ENTWICKLUNGEN UND PROZESSE: WIE NUTZEN **WIR** DIE GENIALITÄT DER NATUR ALS VORBILD? MEDIKAMENTE: WIE FUNKTIONIERT IHRE HERSTELLUNG SCHNELLER UND GÜNSTIGER ZUM WOHLFARTH DER PATIENTEN? MOBILITÄT: WIE KÖNNEN WIR ARBEITSPLÄTZE FÜR **DIE ZUKUNFT** ERHALTEN, WENN FAHRZEUGE ELEKTRISCH FUNKTIONIEREN? UND WOHER WISSEN WIR, WELCHE IDEE DIE RICHTIGE IST? DER BLICK AUF GESTERN UND HEUTE INSPIRIERT UNS DAZU, IMMER WIEDER AUFS NEUE ZU FRAGEN: WHAT'S NEXT?

70 JAHRE
FRAUNHOFER
**70 JAHRE
ZUKUNFT**
#WHATSNEXT

WHAT'S THE IQ OF AI?

JOIN THE CONFERENCE 21/22-11-19

Join our conference FUTURAS IN RES in Berlin for scientific excellence, internationality and a profound focus on value creation. Meet visionary international speakers from research and development, industry and start-ups, politics and society. Explore trending AI topics like Informed Machine Learning, cognitive phenomena in machines, bio-inspired and neuromorphic computing, human machine interaction or social robotics. Join the discussion about legal, social and ethical aspects. Ticket sales will start in spring 2019. Find out more: [s.fhg.de/whats-the-iq-of-ai](https://www.s.fhg.de/whats-the-iq-of-ai)

**70 YEARS
OF FUTURE**
#WHATSNEXT

70 Jahre Fraunhofer – Dynamik des Erfolgs



Prof. Reimund Neugebauer
© Fraunhofer/Bernhard Huber

Die Zukunft ist seit jeher der Antrieb für die Fraunhofer-Gesellschaft. Unsere Forscherinnen und Forscher stellen die richtigen Fragen – und finden neue Antworten. Lösungen, die für die Industrie und für die Gesellschaft unmittelbar nutzbringend sind. Wie bauen wir intelligente Maschinen, denen jeder vertraut? Wie lassen sich Medikamente so herstellen, dass sie schneller und günstiger den Patienten helfen? Wie sorgen wir verantwortungsvoll dafür, dass sich jeder sicher fühlt? Und woher wissen wir, welche Idee die richtige ist? Als Forschende, Unternehmer und Visionäre verstehen wir uns als Taktgeber von Wissenschaft und Gesellschaft. Unser Erfolg wird dabei in unserer Innovationskraft sichtbar, in unseren Partnern und Mitarbeitenden – und nicht zuletzt in unserer 70-jährigen Geschichte.

Im Frühjahr 1949 wurde die Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. in München gegründet, als nach Krieg und Demontage seinerzeit die deutsche Wirtschaft neu aufgebaut werden musste. Am 26. März 1949 bat Staatssekretär Hugo Geiger 210 Vertreter aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft in das Bayerische Wirtschaftsministerium. Während das Wirtschaftswunder noch in weiter Ferne lag und Kinder zwischen Trümmern spielten, stellte man sich in einem Münchner Büro mit drei Mitarbeitenden bereits kurze Zeit später der Herausforderung, die angewandte Forschung in Deutschland voranzubringen. Heute ist die Fraunhofer-Gesellschaft Europas größte Organisation in diesem Bereich.

Mit der Wahl von Hermann von Siemens zum Präsidenten Ende 1954 sowie der Gründung erster Institute wurde Fraunhofer immer mehr zu einer essentiellen Säule der Forschung in Deutschland. Bis 1969 wuchs der Verein auf 19 Institute und Einrichtungen mit 1200 Mitarbeitenden. Durch Neustrukturierung und konsequente Ausrichtung auf Vertragsforschung Anfang der 70er Jahre folgte ein rasantes Wachstum. Das Fraunhofer-Modell der erfolgsabhängigen Grundfinanzierung erzeugte die Dynamik des Erfolgs, die bis heute anhält. Weil es Leistung belohnt, erzeugt es Antrieb und spornt zu Höchstleistungen an.

Mehr als zwei Drittel ihres Budgets verdient die Fraunhofer-Gesellschaft durch Vertragsforschung selbst, nur etwa ein Drittel erhält sie als Grundfinanzierung von Bund und Ländern. Auf dieser Basis und mit der klaren Ausrichtung auf neue Technologien und Märkte ist Fraunhofer heute der Innovationsmotor der deutschen Wirtschaft. Vom Airbag bis zur mp3-Technologie, von der weißen LED bis zum Kautschuk aus Löwenzahn reichen die Erfindungen und Entwicklungen, die aus ihr hervorgegangen sind. Elektromobilität und die Entwicklung kognitiver Systeme, programmierbare Materialien und Quantentechnologie, translationale Medizin und öffentliche Sicherheit sind einige Themenfelder aus dem breit gefächerten Spektrum aktueller Forschungs- und Entwicklungstätigkeit.

Es ist essentiell, Forschung nicht nur exzellent zu betreiben, sondern neue Themen frühzeitig zu identifizieren und Zukunftsimpulse zu setzen. So können wir schneller auf Marktanforderungen reagieren. Unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind dabei die Grundlage unseres Erfolgs. Sie meistern wie unser Namenspatron den Spagat zwischen Forschung und unternehmerischem Denken, sie übernehmen Verantwortung für die Zukunft, erarbeiten Lösungen für die Herausforderungen von morgen und fragen immer wieder aufs Neue: What's next?

Ich wünsche Ihnen viel Freude bei der Lektüre unserer ersten weiter.vorn-Ausgabe im Jubiläumsjahr!

Ihr

Reimund Neugebauer
Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft

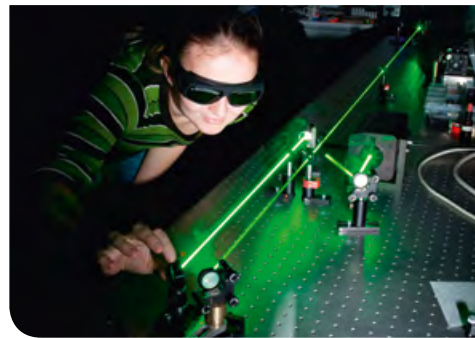
LERNENDE SYSTEME UND INTELLIGENTE MASCHINEN: WIE KÖNNEN WIR SIE NUTZEN, OHNE DIE KONTROLLE ÜBER UNSERE DATEN ZU VERLIEREN? QUANTEN-EFFEKTE: **WIE** HELFEN SIE UNS, SICHERER ZU KOMMUNIZIEREN UND GENAUER ZU MESSEN? SCHUTZ VON LEIB UND LEBEN: WIE SORGEN WIR VERANTWORTUNGS-VOLL DAFÜR, DASS DIE MENSCHEN SICH SICHERER FÜHLEN? NEUE MATERIALIEN: WIE KÖNNEN WIR SIE SO **ENTWICKELN**, DASS IHRE EIGENSCHAFTEN TROTZ MASSENPRODUKTION INDIVIDUALISIERBAR SIND? NACHHALTIGE TECHNISCHE ENTWICKLUNGEN UND PROZESSE: WIE NUTZEN **WIR** DIE GENIALITÄT DER NATUR ALS VORBILD? MEDIKAMENTE: WIE FUNKTIONIERT IHRE HERSTELLUNG SCHNELLER UND GÜNSTIGER ZUM WOHLER GUT DER PATIENTEN? MOBILITÄT: WIE KÖNNEN WIR ARBEITSPLÄTZE FÜR **DIE ZUKUNFT** ERHALTEN, WENN FAHRZEUGE ELEKTRISCH FUNKTIONIEREN? UND WOHER WISSEN WIR, WELCHE IDEE DIE RICHTIGE IST? DER BLICK AUF GESTERN UND HEUTE INSPIRIERT UNS DAZU, IMMER WIEDER AUFS NEUE ZU FRAGEN: WHAT'S NEXT?

**70 JAHRE
FRAUNHOFER
70 JAHRE
ZUKUNFT
#WHATSNEXT**

06

70 Jahre Fraunhofer

Wir blicken auf das Erreichte zurück und schauen vor allem nach vorn. Denn genau so arbeiten wir auch. Neugierig und mutig stellen wir uns jeden Tag den Fragen der Zukunft.



24

In der Schule des Lichts

Die Arbeit mit Lasern wird in der Max Planck School of Photonics eine große Rolle spielen.



44

Elbedome – Modernste VR-Technologie

Im Elbedome können Unternehmen Maschinen, Anlagen, komplette Fabriken oder ganze Städte erlebbar machen.



54

Lebende Zellen als Sensoren

Zellbasierte Sensoren bestehen aus biologischen und physikalischen Komponenten.



60

Wegweiser für die Forschung

Zukunftsstudien nutzen seit Neuestem auch Bürgerbeteiligung und Big-Data-Analysen.



66

Fraunhofer-Forschung Made in Sweden

Schweden ist zu einem wichtigen Partnerland für die angewandte Forschung geworden.

Inhalt

47 International

70 Events Jubiläumsjahr

71 Impressum

70 Jahre Fraunhofer

06 Dynamik des Erfolgs – eine Chronik
Im Frühjahr 1949 wurde die Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. gegründet

12 »Elementarer Innovationstreiber für Wirtschaft und Gesellschaft«
Prof. Reimund Neugebauer im Interview

Lösungen für morgen

15 Industrie 4.0 für Fortgeschrittene: »Go Beyond 4.0«
Die Individualisierung von Massenprodukten möglich machen

18 Sieben Initiativen für den Standort Deutschland
Umfassende technologische Systemlösungen made by Fraunhofer

20 Das Internet denkt mit
Das Fraunhofer-Cluster of Excellence »Cognitive Internet Technologies«

22 Von den Grundlagen bis zur Pilotfertigung
Die Forschungsfabrik Mikroelektronik bietet das Komplettpaket

24 In der Schule des Lichts
Die Max Planck School of Photonics

28 »Ich verstehe mich als Clinician Scientist«
Prof. Antje Prasse im Interview

Ausgründungen

30 Dentaltechnik-Spezialist exocad
Erfolgreiche Ausgründung mit Unterstützung von Fraunhofer Venture

32 Spin-off aus Würzburg: Multiphoton Optics
Mit hochpräzisem 3D-Druck erobert Multiphoton Optics den Markt

Information und Kommunikation

34 3D-Darstellung – virtuell und doch so real
Science-Fiction erlebbar machen

36 »Wir brauchen eine digitale Aufklärung«
Prof. Ina Schieferdecker im Interview

38 Data Science von Experten lernen
Datenbergen Herr werden dank zertifizierter Kurse der Fraunhofer-Allianz Big Data AI

40 Die Datendetektive
Dr. Dirk Hecker erklärt, warum Data Scientist der »sexiest Job des Jahrzehnts« ist

42 Mit Lichtquanten Daten sichern
Sichere Kommunikation im Quantenzeitalter

44 Elbedome – Modernste VR-Technologie
Das größte 3D-Mixed-Reality-Labor Europas

Energie

48 Die Energiewende ist kein Selbstläufer
Prof. Kurt Rohrig und Prof. Hans-Martin Henning im Interview

Biologische Transformation

52 Wenn Kunststoffe biologisch aktiv werden
Keimfreie Oberflächen dank antimikrobieller Peptide

54 Lebende Zellen als Sensoren
Wie wirken Pharmazeutika oder Umweltgifte? Zellkulturen geben Antwort

58 Der Regenwald als Vorbild
Vernetzung statt Wachstum

#WHATSNEXT

60 Wegweiser für die Forschung
Bürgerinnen und Bürger beteiligen sich an Zukunftsstudie

64 Wenn Betroffene ihre Krankheit erforschen
Mukoviszidose-Erkrankte arbeiten mit Wissenschaftlern zusammen

Internationales

66 Fraunhofer-Forschung Made in Sweden
Vor 18 Jahren gründete Fraunhofer in Göteborg erstmals ein Forschungszentrum im europäischen Ausland

26. März Gründung der Fraunhofer-Gesellschaft



Namenspatron
Joseph von Fraunhofer
© Deutsches Museum

Hugo Geiger
Senatsvorsitzender

Prof. Walter Gerlach
wird erster Präsident



Prof. Walter Gerlach
© Fraunhofer

Dr. Wilhelm Roelen wird
zweiter Präsident



Dr. Wilhelm Roelen
© Fraunhofer

Prof. Emil Sörensen
Senatsvorsitzender

Dr. Hermann von Siemens
wird dritter Präsident



Dr. Hermann von Siemens
© Fraunhofer

Ausdehnung der
Förderung auf das
ganze Bundesgebiet

1949

1951

1953

1955

1950

1952

1954

1956

Förderung von
einzelnen Forschern
vornehmlich in Bayern

Zusammenarbeit
mit dem Verteidi-
gungsministerium
beginnt



Romanstraße München, erstes Domizil der
Fraunhofer-Gesellschaft © Fraunhofer

Marshallplan

Erste Mittel aus dem »European Recovery Program«
des Marshallplans

Hans Luther Senatsvorsitzender, Reichskanzler a.D.



© Fraunhofer

1. Juni Gründung des ersten Instituts

für Angewandte Mikroskopie,
Photographie und Kinematographie
in Mannheim



Linsenschleif- und Polierbänke aus Fraunhofers Werkstatt © Fraunhofer



Die historische Glashütte vor den Türmen des Klosters Benediktbeuern

Einweihung des ersten Institutsbaus in Freiburg

Feier zum 10-jährigen Bestehen

- 9 Institute
- 135 Mitarbeitende
- 3,6 Mio DM Finanzvolumen

1959

Der Bundesforschungsminister Hans Lenz stellt eine Grundfinanzierung in Aussicht

Die Fraunhofer-Glashütte in Benediktbeuern wird konserviert und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht

1963

Der Wissenschaftsrat empfiehlt, die Fraunhofer-Gesellschaft zur Trägerorganisation für angewandte Forschung auszubauen

August Epp wird Generalsekretär

1965

Nach 20 Jahren hat die Fraunhofer-Gesellschaft 19 Institute, 1200 Mitarbeitende und einen Etat von 33 Mio DM

1969

1962

Das Bundesministerium für wissenschaftliche Forschung entsteht



1962 Fraunhofer LBF, Darmstadt © Fraunhofer

1964



Prof. Franz Kollmann © Fraunhofer

Prof. Franz Kollmann wird vierter Präsident

Die Präsidentschaft ist immer noch ehrenamtlich. Kollmann bleibt hauptberuflich Ordinarius für Holzforschung an der Technischen Hochschule München

1968



Prof. Otto Mohr © Fraunhofer

Prof. Otto Mohr wird fünfter Präsident

Erstmals stellt das Bundesforschungsministerium einen Zuschuss von zwei Mio DM zur Verfügung und setzt eine »Kommission zur Förderung des Ausbaus der Fraunhofer-Gesellschaft« ein

1970

Die Kommission übergibt ihre Empfehlungen dem Bundesforschungsminister

Die »Gemeinsame Kommission«, die mit je vier Vertretern der Ministerien und der Fraunhofer-Gesellschaft besetzt ist, beginnt unter der Leitung von Ministerialdirigent Max Scheidwimmer die neuen Strukturen auszuarbeiten

Die neue Satzung tritt in Kraft, neuer hauptamtlicher Vorstand: Otto Mohr, Präsident, Max Scheidwimmer, Vorstand Recht und Personal, August Epp, Vorstand Finanzen

Kabinettsbeschluss, die Fraunhofer-Gesellschaft zur Trägerorganisation für Institute der Angewandten Forschung auszubauen

Die auf sechs Häuser in München verteilte Zentralverwaltung wird in ein größeres Gebäude in der Leonrodstraße zusammengeführt und ausgebaut

1971

1973



Dr. Hans-Ulrich Wiese
© Fraunhofer

Die Rahmenvereinbarung Forschungsförderung tritt in Kraft. Die zivile Vertragsforschung wird im Verhältnis neun zu eins gefördert.

Dr. Hans-Ulrich Wiese wird Finanzvorstand

1977



Prof. Max Syrbe
© Fraunhofer

Prof. Max Syrbe wird zum siebten Präsidenten gewählt

1983

1972

Das Fraunhofer-Modell der erfolgsabhängigen Grundfinanzierung entsteht

1974

Nach 25 Jahren erwirtschaften 1 700 Mitarbeitende ein Gesamtvolumen, das erstmals die Grenze von 100 Mio DM überschreitet. Mit den neuen Strukturen beginnt nun die moderne Fraunhofer-Gesellschaft.

Dr. Heinz Keller wird zum sechsten Präsidenten gewählt

Dr. Eberhard Schlephorst wird Vorstand für Recht und Personal

Dr. Heinz Keller
© Fraunhofer



1976

Fraunhofer-Programm zur Förderung der Vertragsforschung mit kleinen und mittleren Unternehmen

1978

Alle Institute werden einheitlich »Fraunhofer-Institut für ... « benannt

Der Joseph-von-Fraunhofer-Preis wird eingeführt

Der Joseph-von-Fraunhofer Preis wurde erstmals vergeben. © Fraunhofer



Die europäischen Vertragsforschungsorganisationen gründen zusammen die European Association of Contract Research Organisations EACRO

Gründung der Fraunhofer-Management-Gesellschaft, die Dienstleistungen für externe Institute anbietet

Verteidigungsforschungsinstitute werden in Teilen auf zivile Forschung umgestellt

Dr. Dirk-Meints Polter wird Vorstand Personal und Recht

1989



Prof. Hans-Jürgen Warnecke
© Fraunhofer

Prof. Hans-Jürgen Warnecke wird zum achten Präsidenten gewählt

Leitbild 2000: Die Fraunhofer-Gesellschaft gibt sich ein neues Leitbild

Das Finanzvolumen übersteigt erstmals 1 Mrd DM

1993

Der Wissenschaftsrat stimmt dem Konzept der Fraunhofer-Gesellschaft zur Gründung von Einrichtungen in den neuen Bundesländern zu

1991

Einführung eines einheitlichen Außenauftritts für alle Institute

1995

Die Verbände Werkstoffe und Bauteile sowie Produktionstechnik entstehen

1997

1984

Gründung des Fraunhofer-Verbunds Mikroelektronik

Mikroelektronik: Chip-Test © Fraunhofer IIS



1992

Am 1. Januar 1992 werden in den neuen Bundesländern insgesamt acht Institute, ein Institutsteil und zwölf Außenstellen offiziell eröffnet

1994

Gründung Fraunhofer USA

1996

Ausbau der internationalen Präsenz

1998

Erfolgreiche Systemevaluation der Fraunhofer-Gesellschaft

Gründung des Fraunhofer-Verbunds Oberflächentechnik

Gründung Fraunhofer Schweden

Der Verbund Life Science wird gegründet

Prof. Dennis Tschritzis wird viertes Vorstandsmitglied

Die Fraunhofer-Gruppe IuK aus acht bisherigen GMD-Instituten und sieben Fraunhofer-Instituten entsteht

2001



© Fraunhofer

Einzug ins neue Fraunhofer-Haus in der Hansastraße in München

Fokussieren auf strategische Themen: Vorstellung von zwölf Leitinnovationen

2003

Vorstellung von zwölf Perspektiven für Zukunftsmärkte

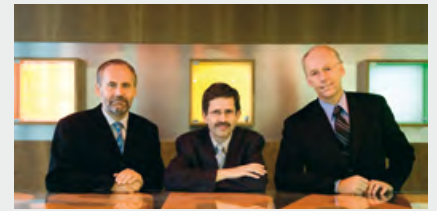
Gründung der Fraunhofer Technology Academy

Errichtung erster Innovationscluster

Leibniz-Preis für Prof. Andreas Tünnermann, Leiter des Fraunhofer IOF

Deutscher Umweltpreis für Prof. Joachim Luther, Leiter des Fraunhofer ISE

2005



Dr. Andreas Bräuer, Dr. Stefan Illek, Dr. Klaus Streubel
© Deutscher Zukunftspreis

Deutscher Zukunftspreis für »Licht aus Kristallen«, OSRAM mit Fraunhofer IOF

Leibniz-Preis für Prof. Peter Gumbusch, Leiter des Fraunhofer IWM

Fraunhofer-Gruppe IuK wird in Fraunhofer-Verbund IuK-Technologie umbenannt

2007

Zum 60-jährigen Jubiläum entsteht die Marke Fraunhofer mit einem erneuerten einheitlichen Außenauftritt

Gründung Fraunhofer Österreich

Gründung Fraunhofer Italien

Integration von drei FGAN-Instituten

2009

2000

Deutscher Zukunftspreis für mp3, Fraunhofer IIS

Aufbau Verbindungsbüro Brüssel

Integration des GMD-Forschungszentrums Informationstechnik

Dr.-Ing. Bernhard Grill, Prof. Karlheinz Brandenburg, Dipl.-Ing. Harald Popp
© Deutscher Zukunftspreis



2002

Dr. Alfred Gossner löst Dr. Hans-Ulrich Wiese als Finanzvorstand ab

Prof. Hans-Jörg Bullinger wird zum neunten Präsidenten gewählt



Prof. Hans-Jörg Bullinger
© Fraunhofer

Gründung Fraunhofer-Verbund Verteidigung und Sicherheit VVS

2004

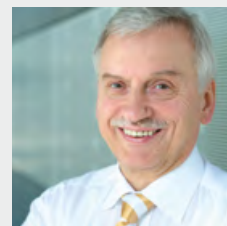
Initiative »Partner für Innovation«

Deutscher Zukunftspreis für »Labor auf dem Chip«, Siemens mit Fraunhofer ISIT

2006

Prof. Ulrich Buller wird Vorstand Forschungsplanung

Prof. Ulrich Buller
© Fraunhofer



Prof. Hans-Jörg Bullinger und Dr. Arendt Oetker, Stifterverband, leiten die Forschungsunion Wirtschaft - Wissenschaft, ein Beratungsgremium der Bundesregierung

2008

Leibniz-Preis für Prof. Holger Boche vom Fraunhofer HHI

Vorstellung von zwölf Fraunhofer-Zukunftsthemen

Prof. Marion Schick wird Vorstandsmitglied Personal und Recht

Fraunhofer-Forum in Berlin wird eröffnet

Gründung der Fraunhofer-Zukunftsstiftung

Gründung Fraunhofer Portugal

Prof. Marion Schick © Fraunhofer





Prof. Neugebauer und Prof. Andreas Barner vom Stifterverband übernehmen Vorsitz des Hightech-Forums, Beratungsgremium der Bundesregierung zur Umsetzung der Hightech-Strategie



Dr. Alexander Kurz wird Vorstand Personal und Recht
© Fraunhofer

Deutscher Zukunftspreis für Organische Elektronik mit Prof. Karl Leo vom Fraunhofer FEP

Gründung Fraunhofer Chile

2011

Dr. rer. nat. Jens König, Prof. Stefan Nolte und Dr. sc. nat. Dirk Sutter
© Ansgar Prudenz/ Deutscher Zukunftspreis

Deutscher Zukunftspreis für Ultrakurzpulslaser an Bosch, Trumpf und Fraunhofer IOF

Fraunhofer formuliert zehn Empfehlungen für die Wissenschaftspolitik der Bundesregierung

Vorstellung der Fraunhofer Internationalisierungsstrategie

2013

Gründung von drei Leistungszentren
– Nachhaltigkeit in Freiburg
– Elektroniksysteme in Erlangen
– Mikro- und Nanoelektronik Dresden/Chemnitz

Fraunhofer-Projektzentrum in Wolfsburg

Fraunhofer-Initiative für sicheren Datenraum

Erste »Young Research Class« als institutsübergreifendes Forschungs- und Karriereentwicklungsprogramm

2015

Aufstockung der Grundfinanzierung um 60 Mio Euro

Einführung der Forschungscluster als neues Instrument der wissenschaftlichen Profilbildung

Der Verbund Innovationsforschung wird gegründet

Die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland mit elf Fraunhofer-Instituten startet

2017

2010

Deutscher Zukunftspreis für Robotergreifer »Elefantenrüssel«, Festo AG mit Fraunhofer IPA

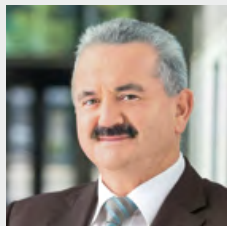
© Ansgar Prudenz/
Deutscher Zukunftspreis



2012

Gründung Fraunhofer UK

Prof. Reimund Neugebauer wird zum zehnten Präsidenten gewählt



Prof. Reimund Neugebauer
© Fraunhofer

2014

Fraunhofer-Positionspapier Cybersicherheit

Prof. Alexander Verl wird Vorstand Technologiemarketing und Geschäftsmodelle

Der erste Fraunhofer-Nachhaltigkeitsbericht erscheint

Deutscher Zukunftspreis für Lupinenproteine, Fraunhofer IVV

Zukunftspreis, Dr. rer. nat. Stephanie Mittermaier (Sprecherin) Dr.-Ing. habil. Peter Eisner, Dipl.-Ing. agr. Katrin Petersen
© Fraunhofer



2016

Industrial Data Space e.V. gegründet

Prof. Georg Rosenfeld wird neuer Vorstand für Technologiemarketing und Geschäftsmodelle



Prof. Georg Rosenfeld
© Fraunhofer

2018

Mit der Agenda 2022 gibt sich die Fraunhofer-Gesellschaft ein neues Strategieprogramm zur Steigerung des Impacts für Wirtschaft und Gesellschaft

Andreas Meuer löst Prof. Alfred Gossner als Finanzvorstand ab

Andreas Meuer
© Fraunhofer



»Elementarer Innovationstreiber für Wirtschaft und Gesellschaft«

Zum Auftakt des Jubiläumsjahrs spricht Fraunhofer-Präsident Prof. Reimund Neugebauer über Erfolge und Innovationen, Stellschrauben und Lösungen, Rückblicke und Perspektiven – und den Namensgeber der nun 70-jährigen Fraunhofer-Gesellschaft.

Interview: Franz Miller

Die 70-jährige Geschichte der Fraunhofer-Gesellschaft nahm erst richtig Fahrt auf, als das Modell der erfolgsabhängigen Grundfinanzierung erfunden wurde. Stand am Anfang also eine Innovation?

Die erfolgsabhängige Grundfinanzierung ist eine Innovation. Sie wurde jedoch erst wirksam eingeführt, als wir die im Vorjahr erarbeiteten Wirtschaftserträge für die Berechnung der internen Mittelverteilung zugrunde gelegt haben. Bis heute bekommen wir ja leider die Grundfinanzierung vom Bund nicht erfolgsabhängig, doch unsere interne Verteilung erfolgt auf Erfolgsbasis – keine andere Forschungsorganisation macht das so. Für die Führungskräfte bedeutet dies, dass wissenschaftliche Nachhaltigkeit einen deutlich höheren Stellenwert einnimmt. Der Erfolg gibt uns recht, wir wachsen weiter und weiter.

Was bewog Sie selbst, im Jahr 1991 mit Ihrem Chemnitzer Institut Teil der Fraunhofer-Familie zu werden?

Ich konnte mich zu diesem Zeitpunkt entscheiden, eine normale Universitätskarriere einzuschlagen, in die Wirtschaft zu gehen oder eben in die angewandte Forschung bei Fraunhofer einzusteigen – in Verbindung mit einer Professur an der Universität Chemnitz. Ich habe mir dann Fraunhofer-Institute in Berlin und Aachen angeschaut, danach fiel mir die Entscheidung ganz leicht. So etwas wollte ich in meiner mitteldeutschen Heimat auch aufbauen und mithelfen, diesen Teil Deutschlands aus eigener Kreativität heraus voranzubringen.

Wie hat sich der Spagat zwischen Wissenschaft und Wirtschaft bis heute verändert?

Der Spagat zwischen Wissenschaft und Wirtschaft hat sich gar nicht so dramatisch verändert, es sind die Branchen, die sich mit unterschiedlicher Geschwindigkeit entwickeln! Nehmen Sie den Automobilbau, aus dem viele Innovationen – auch mit Fraunhofer-Beteiligung – kommen. Die ganze Branche hat durch den Dieselskandal einen starken Rückschlag erlitten. In der Regel führt so was jedoch dazu, dass wieder neue Innovationen gebraucht werden, um die Situation zum Besseren zu wenden. Auch in der IT-Branche, der Mikroelektronik und der Medizin ist viel Neues durch Fraunhofer-Beteiligung entstanden. Was sich grundsätzlich geändert hat, ist die hohe Komplexität von Projekten. Der klassische Maschinenbau ist nun zum Beispiel verflochten mit neuer Werkstofftechnik wie programmierbaren Materialien, dazu IT-Lösungen und Regelungstechnik. Bei Projekten geht es jetzt nicht mehr darum, nur eine einzige Firma mit einem Innovationspush nach vorne zu bringen, sondern ganze Branchen wettbewerbsfähiger zu machen. Unsere Institute müssen sich zu strategischen Projektgemeinschaften zusammenschließen. Dafür haben wir neue Formate entwickelt, unter anderem die Leitprojekte oder auch die Fraunhofer Cluster of Excellence.

Häufig konnte die Politik mit dem Erfolg der Fraunhofer-Gesellschaft nicht Schritt halten. Sie konnten zuletzt eine wachsende Lücke in der Grundfinanzierung schließen. Wie geht es hier weiter?

Wir haben das Glück gehabt, mit der Politik einen Aufwuchs in der Grundfinanzierung zu erreichen – ein Plus von etwa 15 Prozent ist signifikant. Damit kommen wir insgesamt endlich wieder in die Nähe der rund 30 Prozent Grundfinanzierung, die dringend nötig sind, um ausreichend Vorlauforschung

»Ganze Branchen wettbewerbsfähiger machen«



Prof. Reimund Neugebauer
© Fraunhofer/Bernhard
Huber

betreiben zu können. Den Aufwuchs haben wir eingesetzt für neue strategische, interdisziplinäre, systemrelevante Forschungsformate. Für die Zukunft sind wir mit dem Bund im Gespräch, um nationale Forschungszentren aufzubauen, zum Beispiel für Cybersicherheit. Außerdem werden wir eine Forschungsfabrik für Batteriezellfertigung einrichten. Hier reden wir über immense Investments, Größenordnungen, die es bisher bei Fraunhofer nicht gab. Dabei muss ich auch die Politik loben, die konzertiert auf große Herausforderungen der deutschen Wirtschaft reagiert.

»Wir wollen unseren Impact in die Wirtschaft weiter erhöhen.«

Ein wichtiger Erfolgsfaktor ist eine stets verbesserte Forschungsplanung und Strategieentwicklung. Sie haben mit der »Agenda Fraunhofer 2022« die Zukunft fest im Blick. Wie sichert die Fraunhofer-Gesellschaft ihre Alleinstellungsmerkmale?

Fraunhofer ist eine stringent missionsorientierte Forschungsorganisation und hat dadurch einen festen Platz im Wissenschaftssystem. Die Fraunhofer-Gesellschaft wird auch in Zukunft ein elementarer Innovationstreiber für Wirtschaft und Gesellschaft sein. In Zukunft wollen wir unseren Impact in die Wirtschaft weiter erhöhen. Wir haben das im Jahr 2014 einmal berechnen lassen – die durch Fraunhofer ausgelösten monetären Effekte auf das Bruttoinlandsprodukt überstiegen

unsere eigenen Projekterträge um das 18-fache. Für jeden Euro, der von der öffentlichen Hand für die Fraunhofer-Gesellschaft aufgewandt wird, erhalten Bund, Länder und Gemeinden vier Euro in Form höherer Steuereinnahmen zurück. Inzwischen hat sich das noch einmal deutlich erhöht, weil die Wirkung von großen strategischen Projekten allmählich einsetzt. Und wir bekennen uns zu werteorientierter Wertschöpfung: Wir möchten für eine wachsende Weltbevölkerung mehr produzieren bei weniger Ressourcenverbrauch, bei Klima- und Umweltschonung – denn schließlich steht bei uns der Mensch und seine sinngebende Beschäftigung im Mittelpunkt.

Mit Prioritären Strategischen Initiativen und eigenen Foresight-Prozessen wollen Sie auf wichtigen Forschungsgebieten die Themenhoheit und Technologieführerschaft besetzen. Um welche Bereiche geht es da genau?

Ein ganz wesentliches Thema ist die IT-Sicherheit. Hacking und Cyberangriffe stellen heutzutage ein großes Problem dar. In der Quantenphysik gibt es den Effekt der Teilchenverschränkung von Photonen. Diesen Effekt machen wir nutzbar, um abhörsicheren Datenaustausch zu betreiben. In diesem Thema haben unsere Institute eine weltweit federführende Stellung. Ein anderes Thema, bei dem wir federführend mitspielen, sind programmierbare Materialien. Bei diesen wird die innere Struktur so entworfen und hergestellt, dass komplexe und lokal unterschiedliche Funktionen gezielt einprogrammierbar sind. Damit eröffnet sich ein einzigartiges Potenzial für neue Systemlösungen, bei denen wesentliche Teile einer Funktionalität bereits durch das Material selbst erbracht werden. Ein weiterer Bereich, bei dem ich uns ganz weit vorne sehe, ist die Forschung rund um RNA-Biomarker. Und last not least das Thema 5G – das Hochgeschwindigkeitsinternet, dessen Umsetzung unsere Institute intensiv vorbereiten. An der Forschung liegt es beim 5G-Netz nicht, sondern an der Umsetzung und Finanzierung. Ich könnte weitere Themen aus der Künstlichen Intelligenz und dem Maschinellen Lernen hinzufügen.

»Ich bange nicht, ich baue auf unsere Vernunft.«

Disruptive Innovationen können ganze Branchen umstürzen und spielen daher eine entscheidende Rolle im Strukturwandel. Auf welchen Gebieten erwarten Sie solche »Sprunginnovationen«?

Sprunginnovationen kann man nicht vorhersagen, aber ich kann Gebiete nennen, auf denen welche kommen werden.

Auf jeden Fall in der Photonik, bei Strahlquellen, weiterführend auch bei der Quantenkommunikation. Hier können wir Innovationen erwarten, die ganze Branchen umwälzen. Ein anderes Gebiet ist die Energiewirtschaft. Der Klimagipfel in Krakau hat gezeigt, dass wir mit der Dekarbonisierung in Deutschland noch viele größere Schritte machen müssen. Wir werden in Deutschland und Europa eine Wasserstoffwirtschaft aufbauen müssen. Neue Hochtemperaturelektrolyseverfahren erzeugen Wasserstoff mit höherem Wirkungsgrad. Hier wird eine ganz neue Branche entstehen. Dies ist für die Bundesrepublik von hoher Bedeutung. Auch auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz erwarte ich große Fortschritte, die disruptiv sind. Wenn wir Maschinelles Lernen mit Neurowissenschaften verbinden, können Algorithmen entwickelt werden, die nicht nur vorangegangene Prozesse analysieren und Korrelationen finden, sondern auch kausale Zusammenhänge erkennen können. Das wird große Auswirkungen auf eine ganze Reihe von Steuerungstechniken haben.

Wenn wir 70 Jahre in die Zukunft schauen: Welche Rolle spielt dann die KI in unserem Leben?

Wenn ich das wüsste, dann würde ich daraus ein Geschäftsmodell machen und es verkaufen. Ich vermute, dass die Künstliche Intelligenz in einigen Jahrzehnten ein methodisches Handwerkszeug ist, das viele Branchen und auch die Wissenschaft als hochintelligentes Hilfsmittel nutzen werden. Es wird mehr oder weniger zur Selbstverständlichkeit werden, dass man Methoden der Künstlichen Intelligenz nutzt. Natürlich sind wir gehalten – und damit sind wir beim Thema Ethik –, dass wir sorgsam und verantwortungsvoll mit dieser Technologie umgehen, damit sprichwörtlich nichts aus dem Ruder läuft. Ebenso bei der Gentechnologie. Aber wir hätten es als Menschheit nicht so weit gebracht, wenn wir uns nicht immer wieder zurecht ethischen Grundsatzfragen stellen. Ich bange nicht, ich baue auf unsere Vernunft.

Wenn Sie Joseph von Fraunhofer heute kennenlernen könnten: Wozüber würden Sie gern mit ihm sprechen?

Was ihn angetrieben hat in seiner spezifischen Zeit, wissenschaftliche Neugier mit Unternehmertum zu verbinden. War es der Wille die Welt zu verbessern – altruistisch – oder war es der Wunsch, als Unternehmer Geld zu verdienen? Beides ist zulässig, besonders ehrenvoll natürlich das erste. ■

»Go Beyond 4.0«: Industrie 4.0 für Fortgeschrittene

Die digitalen Fertigungsverfahren aus den Laboren in robotergestützte Produktionslinien zu bringen, ist eines der Hauptziele des Leitprojekts »Go Beyond 4.0«. © Steve Leisner/Fraunhofer IWU



Komponenten für das additive Verfahren des Inkjet-Drucks, zum Beispiel für Lab-on-a-Chip-Systeme.
© Fraunhofer IOF



Während viele Unternehmen Industrie-4.0-Konzepte in ihrer Produktion umsetzen, stehen wieder neue Herausforderungen vor der Tür: Der Bedarf an individualisierten Produkten steigt. Im Leitprojekt »Go Beyond 4.0« entwickeln Forscherinnen und Forscher Technologien, um diesen neuen Erfordernissen zu begegnen und Industrie 4.0 auf die nächste Stufe zu heben.

Text: Mehmet Toprak

Will man einem Laien das Grundprinzip der individualisierten Massenproduktion erklären, kann man die Pizzeria um die Ecke als Beispiel nehmen. Da ist es üblich, dass ein Gast eine Pizza Napoli bestellt und Sonderwünsche äußert: keine Oliven, dafür Champignons und extra viel Kapern. Zehn Minuten später dampft die nach den Wünschen des Gastes belegte Pizza auf dem Teller.

Auch in der Industrie wird der Trend zur Individualisierung von Massenprodukten immer stärker. Die Herausforderung besteht darin, das Konzept von Industrie 4.0 mit seinen hochflexiblen und vernetzten Produktionsanlagen um die Möglichkeit zu ergänzen, individuelle Produkte zu fertigen. So schnell und zuverlässig wie vom Fließband, aber so individuell wie aus der Maßschneiderei.

Digitale Druck- und Laser- verfahren für Industrie 4.0

In diese Richtung zielt die Initiative »Go Beyond 4.0«. Sie setzt auf zwei Technologien, die man nicht von vornherein mit der Industrieproduktion verbinden würde, nämlich digitale Drucktech-

niken wie Inkjet-, Dispens- und Aerosoljet-Druckverfahren sowie Laser-Sintertechnik. Die Fraunhofer-Forscherinnen und -Forscher nutzen sie, um beliebige Bauteile in der Fertigung mit zusätzlichen Funktionen auszustatten. Die zündende Idee für die Initiative »Go Beyond 4.0« hatten Prof. Reinhard Baumann und Dr. Ralf Zichner am Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS schon 2014. Jetzt setzen sie ihre Forschungsarbeit im Leitprojekt »Go Beyond 4.0« um.

»Basisidee eines Leitprojekts ist es, anwendungsfähige Grundlagenforschung in Themengebieten zu unterstützen und zu finanzieren, die noch nicht durch politische Instanzen wie die EU oder Bundesministerien gefördert werden. Ein Leitprojekt adressiert aktuelle Herausforderungen der Industrie. Die finanziellen Mittel kommen dabei ausschließlich von der Fraunhofer-Gesellschaft«, erklärt Prof. Baumann. Fraunhofer investiert in das Projekt über die Laufzeit von drei Jahren acht Millionen Euro.

Aktuelle Fraunhofer- Leitprojekte

Quantum Methods for Advanced Imaging Solutions (QUILT): QUILT arbeitet an neuen Abbildungs- und Detektionsverfahren im Bereich des Quantenimaging.

Seltene Erden: Das Projekt »Kritikalität Seltener Erden« soll die Versorgung der Industrie mit kritischen Rohstoffen, insbesondere mit Seltenen Erden, sicherstellen.

Sensorsysteme für extrem raue Umgebungen (eHarsh): Das Leitprojekt arbeitet an einer Technologieplattform, die es ermöglicht, Sensorsysteme für den Einsatz in extrem rauer Umgebung zu entwickeln.

Strom als Rohstoff: Das Leitprojekt entwickelt und optimiert Verfahren, mit denen CO₂-armer Strom genutzt werden kann, um wichtige Basischemikalien zu synthetisieren.

Theranostische Implantate: Fraunhofer-Forscher arbeiten an intelligenten Implantaten, die Diagnostik und Therapie in einem medizintechnischen Produkt vereinen.



s.fhg.de/leitprojekte

Unter der Federführung des kommissarischen Institutsleiters des Fraunhofer ENAS Prof. Thomas Otto arbeiten sechs Institute im Leitprojekt »Go Beyond 4.0« zusammen: die Fraunhofer-Institute für Lasertechnik ILT, für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, für Silicatiforschung ISC, für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU sowie für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM.

Teilprojekte für Luftfahrt, Automobilbau und Beleuchtung

Die Forscherinnen und Forscher haben sich für drei marktnahe Anwendungsbereiche entschieden. Das Teilprojekt »Smart Wing« zielt auf die Luftfahrtbranche, »Smart Luminaire« auf die Beleuchtungstechnik und »Smart Door« auf die Automobilbranche. Wie die digitale Drucktechnik bei »Go Beyond 4.0« funktioniert, lässt sich gut am Teilprojekt »Smart Door« anhand einer Autotür veranschaulichen. André Bucht, Abteilungsleiter Adaptronik am Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU: »Autotüren haben eine Vielzahl elektronischer Module und mechatronischer Funktionen eingebaut. Mit der Fraunhofer-Drucktechnik lassen sich Komponenten wie Sensoren, Schalter, LED oder Leiterbahnen aufbringen.«

Für die Leiterbahnen beispielsweise wird zuerst eine Isolationsschicht aus Polymeren aufgedruckt, dann die stromleitfähige Silberpaste und dann wieder eine Isolationsschicht. Alle Schichten kommen dabei aus dem Drucker und können mittels Laser orts aufgelöst ausgehärtet werden. Roboterarme führen einen Dispenser oder eine Inkjet-Anlage sowie einen Laser über das Bauteil. Bei der klassischen Fertigungsmethode müssen Arbeiter ins Auto hineinkriechen, wenn sie Kabelbäume verlegen.

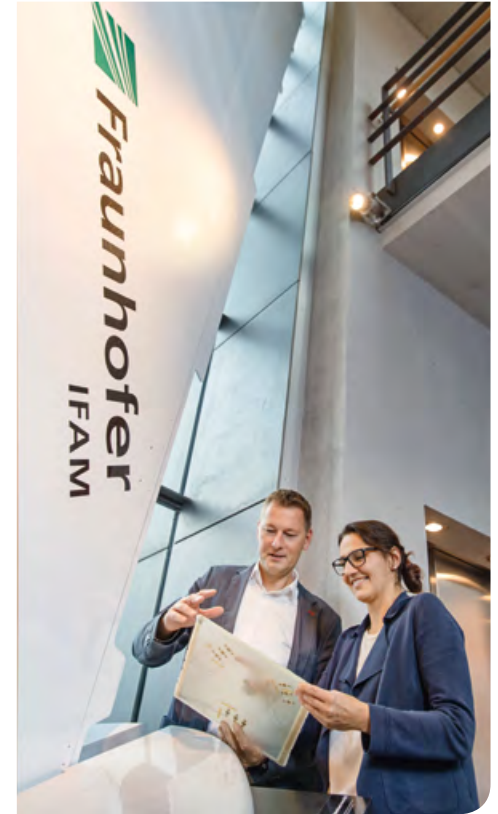
Alles was Licht ist: »Smart Luminaire«

Spannende Neuerungen bietet auch das Teilprojekt »Smart Luminaire«. Hier ist Dr. Erik Beckert als Projektleiter am Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF in Jena zuständig. »Die Grundidee, optische Komponenten mithilfe von Inkjet-Verfahren herzustellen, hatte ich schon vorher am IOF«, sagt Beckert. Da kam das Leitprojekt »Go Beyond 4.0« gerade recht. Ziel des Teilprojekts ist es, optische Komponenten aus Polymer in einem additiven Verfahren zu fertigen. Dabei

Auf Glasfasergewebe gedruckte Strukturen ermöglichen eine integrierte Heizung im Faserverbund. © Kay Michalak/Fotoetage



Verschiedene Funktionen können beispielsweise in die Prozesskette für Flugzeugstrukturen aus Faserverbundkunststoffen integriert werden. © Kay Michalak/Fotoetage



allein durch die Kombination von klassischen Herstellungsverfahren mit digital gesteuerten Fertigungsansätzen. Oder salopp ausgedrückt: Fließband plus Roboter plus Drucker.

Das Team ist der Star

Zurückzuführen ist der Erfolg von Go Beyond 4.0 auch auf die gute Zusammenarbeit des Leitungsteams. Ralf Zichner, der Stellvertretende Projektkoordinator betont: »Es ging nie darum, dass ein Institut ein bestimmtes Ergebnis angestrebt hätte. Vielmehr ist das gleichberechtigte Zusammenspiel aller beteiligten Institute der Schlüssel zum Erfolg.« Alle Beteiligten sind zuversichtlich, dass die angestrebten Ziele zum Projektende im November 2019 erreicht werden. Baumann geht davon aus, dass die Technologien »in spätestens drei bis fünf Jahren in deutschen Unternehmen etabliert sein werden.« Und am Ende freuen sich auch die Verbraucher über Massenprodukte, die speziell für sie individualisiert werden – ganz wie in der Pizzeria um die Ecke. ■

wird beispielsweise eine vorhandene optische Komponente, etwa eine Kunststofflinse, durch den Inkjet-Druck veredelt, individualisiert und mit zusätzlichen Funktionen ausgestattet. Als Tinte nutzen Beckert und sein Team das optische Hybrid-Polymer ORMOCER®, das vom ISC in Würzburg entwickelt wurde. Die optischen Eigenschaften des Materials reichen fast an die von guten optischen Gläsern heran und lassen sich für die jeweilige Anwendung anpassen.

Heizdrähte in der Tragfläche: »Smart Wing«

Jeder, der schon einmal im Winter ein Flugzeug bestiegen hat und vor dem Start aus dem Fenster sieht, kennt das: Da kommt ein Wagen mit einem großen Tank angefahren und besprüht die Tragflächen mit Enteisungsflüssigkeit. Wenn das Teilprojekt »Smart Wing« sich durchsetzt, könnte dieser Anblick der Vergangenheit angehören. Davon geht das Team um Dr. Volker Zöllmer aus. Er ist Abteilungsleiter Smart Systems beim Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM. Den Forscherinnen und Forschern ist es gelungen, eine Heizstruktur in die Tragflächen zu integrieren, die die Tragfläche von innen her enteist. Die stromführenden Leiterbahnen sind dabei direkt in den Faserverbundwerkstoff der Tragfläche integriert. Auch hier sind wieder Drucker am Werk. Sie tragen Silberpaste als Leiterbahn auf.

Das ist aber nur eine der Anwendungen, an denen das »Smart-Wing«-Team arbeitet. Es kann beispielsweise auch Sensoren zur Messung von Temperatur oder Druck in die Tragfläche oder den Flugzeugrumpf integrieren. Die Funktionen sind tief im Verbundwerkstoff verankert, der im Flugzeugbau typischerweise aus mit Glasfaser oder Carbonfaser verstärkten Kunststoffen besteht. Die Sensoren können unter anderem Beschädigungen am Flugzeugrumpf registrieren, die durch Vogelschlag auftreten.

Gemeinsamkeiten der Teilprojekte

Trotz unterschiedlicher Anwendungen haben die drei Teilprojekte vieles gemeinsam. Bei allen geht es nicht allein um das Produkt, sondern auch um



Gedruckte Funktionalisierungen werden am Fraunhofer IFAM in Faserverbundkunststoffe integriert. © Kay Michalak/Fotoetage

eine Technologie-Demonstration. Eine Technik, die beim Verlegen von Leiterbahnen in Autotüren zum Einsatz kommt, kann auch an anderen Stellen nützlich sein – etwa im Innenraum oder am Armaturenbrett, um beim Fahrzeug zu bleiben. Das gilt auch für »Smart Wing«: Die beschriebenen Technologien können beispielsweise in zivilen Drohnen oder auch in Windrädern sowie im Automobil- und Maschinenbau verwendet werden.

Zöllmer weist auf einen weiteren Aspekt hin: »Wir haben uns im Projekt »Go Beyond 4.0« auch zum Ziel gesetzt, die Prozessketten in der Fertigung weiterzuentwickeln. Sie können dann höher getaktet und effizienter ausgeführt werden und dies bei einem sehr hohen Individualisierungsgrad.« Möglich wird dies vor

© istock



Sieben Initiativen für

Mit der Agenda 2022 hat die Fraunhofer-Gesellschaft eine Roadmap für ihre Forschungsaktivitäten definiert. Ein wichtiges Ziel ist die Entwicklung umfassender technologischer Systemlösungen für den Standort Deutschland. Dazu wurden »Prioritäre Strategische Initiativen« zu sieben wichtigen Forschungsthemen ins Leben gerufen. Eine der Initiativen dreht sich um kognitive Systeme, Künstliche Intelligenz und Datensouveränität.

Text: Christine Broll

Mit Künstlicher Intelligenz und lernenden Maschinen beschäftigen sich bei Fraunhofer immer mehr Institute. Sie nutzen diese Technologien in den unterschiedlichsten Anwendungen – vom Unterwasserroboter bis zur Analyse von medizinischen Bilddaten. In der Prioritären Strategischen Initiative sollen die vorhandenen Kompetenzen gebündelt und weiter ausgebaut werden.

Kognitive Systeme

Intelligente Roboter werden bei Fraunhofer für viele verschiedene Bereiche entwickelt, so etwa die Serviceroboter, die mit Kunden sprechen und sogar die Stimmung ihres menschlichen Gegenübers erkennen können. In der industriellen Produktion ermöglichen kognitive Assistenzroboter die direkte Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine, während ein von Fraunhofer entwickelter Unterwasserroboter in der Tiefsee völlig autonom agiert.

Diese kognitiven Systeme sind lernfähig, denn sie wurden durch maschinelles Lernen trainiert. Dabei werden IT-Systeme in die Lage versetzt, auf der Basis von Trainingsdaten und Algorithmen Muster und Gesetzmäßigkeiten zu erkennen und Lösungen zu entwickeln. Die aus den Daten gewonnenen Erkenntnisse können die Systeme auf neue Situationen übertragen. Das maschinelle Lernen ist auch die Grundlage für die Schaffung Künstlicher Intelligenz.

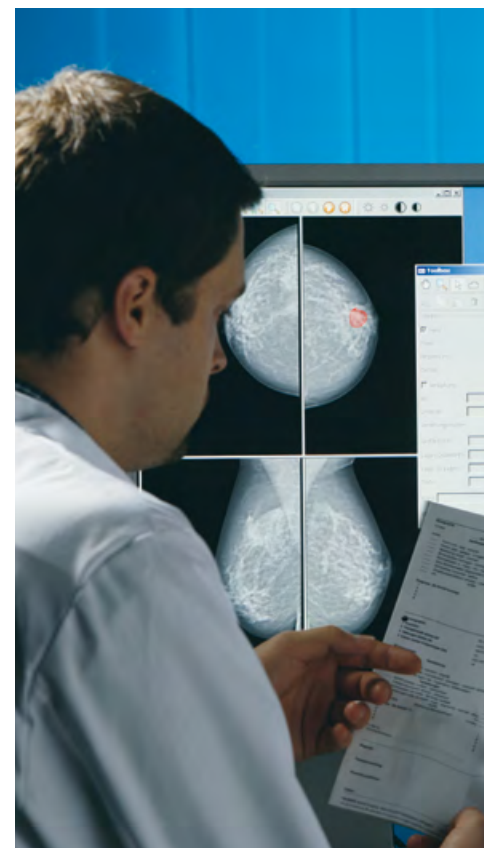
Künstliche Intelligenz

Künstliche Intelligenz (KI) nutzen Fraunhofer-Forscherinnen und -Forscher auch in der Medizin. Sie entwickeln selbstlernende Computeralgorithmen, die in medizinischen Bilddaten zum Beispiel nach verdächtigen Gewebeveränderungen suchen. An persönlichen KI-Assistenten für Senioren wird genauso gearbeitet wie an Brain-Computer-Interfaces, die eine direkte Verbindung zwischen Gehirnströmen und intelligenter Software schaffen und Menschen mit schweren körperlichen Behinderungen ermöglichen, elektronische Geräte zu bedienen. Viele weitere KI-Projekte in der Robotik, Bild- und Sprachverarbeitung sowie in der Prozessoptimierung laufen zurzeit und leisten einen wichtigen Beitrag, um in dieser Schlüsseltechnologie eine führende Rolle zu übernehmen.

Datensouveränität

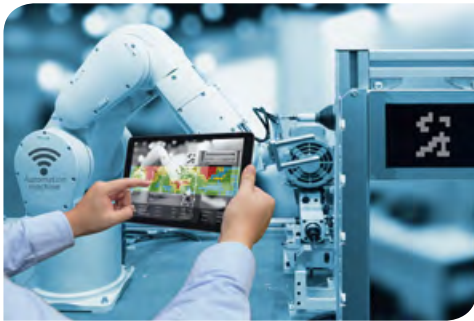
Als drittes Element ergänzt das Thema Datensouveränität das Spektrum der Prioritären Strategischen Initiative. Hier hat Fraunhofer mit der Konzeption des Industrial Data Space IDS bereits Pionierarbeit geleistet. Der Industrial Data Space schafft einen sicheren Datenraum, der Unternehmen verschiedener Branchen und aller Größen die souveräne Bewirtschaftung ihrer Daten ermöglicht. Darüber hinaus werden in einem Fraunhofer Cluster of Excellence kognitive Technologien für das industrielle Internet erarbeitet (siehe Seite 20- 21). ■

Künstliche Intelligenz unterstützt Mediziner bei der Auswertung von Bilddaten. © Fraunhofer IIS/Kurt Fuchs



den Standort Deutschland

2022



Kognitive Systeme übernehmen in der industriellen Produktion immer mehr Aufgaben. © zapp2photo/Adobe Stock



Die Prioritären Strategischen Initiativen

In den Prioritären Strategischen Initiativen – kurz PSI – bündelt die Fraunhofer-Gesellschaft die Kompetenzen ihrer 72 Institute, um umfassende Systemlösungen für strategisch wichtige Themen zu erarbeiten. Alle Themen haben eine hohe Relevanz für die deutsche Wirtschaft und für die Gesellschaft. Die Zielsetzung der Initiativen kann unterschiedlich sein. Es kann darum gehen, eine führende Position in der Wissenschaft zu erreichen, signifikante Erträge aus der Wirtschaft zu generieren oder für die deutliche Wahrnehmung des Themas in der Gesellschaft zu sorgen. Neben der PSI Kognitive Systeme, Künstliche Intelligenz und Datensouveränität laufen sechs weitere Prioritäre Strategische Initiativen an:

Batteriezellfertigung

Bei der Entwicklung und Produktion von Batterien ist Asien derzeit Marktführer. Doch Europa will und muss aufholen. In der Fraunhofer-Allianz Batterien, an der 19 Institute beteiligt sind, hat Fraunhofer bereits umfassende Kompetenzen aufgebaut. Im Rahmen der Prioritären Strategischen Initiative sollen die verschiedenen Prozesse zur Herstellung von Batterien intensiv erforscht werden.

Programmierbare Materialien

Wie man klassischen Werkstoffen neue Fähigkeiten verleiht, wird in der PSI Programmierbare Materialien untersucht. Dabei wird nicht das Material als solches verändert, sondern seine innere Struktur. Das ist zum Beispiel mit einem 3D-Nanodrucker möglich, der aus einem Kunststoffmaterial eine genau kalkulierte Gitterstruktur aufbaut. Mit der Geometrie der Struktur lassen sich die Eigenschaften des Materials gezielt beeinflussen – quasi programmieren.

Quantentechnologie

Die Quantenphysik lieferte die Grundlage für viele technische Errungenschaften wie Transistoren oder Laser. In den letzten Jahren sind Quantenforschern spektakuläre Durchbrüche gelungen, sodass man von einer »zweiten Quantenrevolution« spricht. Ziel der PSI ist es, die Grundlagenforschung möglichst schnell in die Anwendung zu überführen, zum Beispiel in Quantenimaging und Quantenkommunikation.

Translationale Medizin

Über 40 der 72 Fraunhofer-Institute arbeiten in den vier großen Themenfeldern der Gesundheitsforschung – an Drugs, Diagnostics, Devices und Data, den 4D. Da viele Innovationen an der Schnittstelle zwischen den Disziplinen entstehen, werden in der PSI Kooperationen zwischen Ärzten, Naturwissenschaftlern, Informatikern und Ingenieuren gefördert. Durch die Kooperation entlang der 4D sollen neue, kosteneffiziente Ideen schnell in die Anwendung gebracht werden.

Öffentliche Sicherheit

Fraunhofer verstärkt die Zusammenarbeit mit Polizei und Sicherheitsbehörden zu innovativen Technologien für die öffentliche Sicherheit. Neue Lösungen müssen eine wirksame Schadensabwehr ermöglichen und dabei gleichzeitig Persönlichkeitsrechte und Datenschutz wahren. Die vorhandenen Kompetenzen liegen unter anderem im Bereich der zivilen Sicherheit, der öffentlichen IT und der Cybersicherheit.

Biologische Transformation

Die Fraunhofer-Gesellschaft stellt dem digitalen Wandel einen biologischen Wandel an die Seite und entwickelt dazu das Konzept der biologischen Transformation. Dabei werden Materialien, Strukturen und Prinzipien der belebten Natur zunehmend in der Technik genutzt. Ziel ist eine nachhaltige Wertschöpfung, zum Beispiel durch Bionik, Biotechnologie oder Bioökonomie.

Das Internet denkt mit

2018 nahm das Fraunhofer Cluster of Excellence »Cognitive Internet Technologies« CCIT seine Arbeit auf. Mit vereinten Kompetenzen begegnen hier 13 Fraunhofer-Institute den Herausforderungen der Digitalisierung und entwickeln neue Lösungen für die Industrie. Weiter.vorn sprach mit der Direktorin des Clusters, Prof. Claudia Eckert.

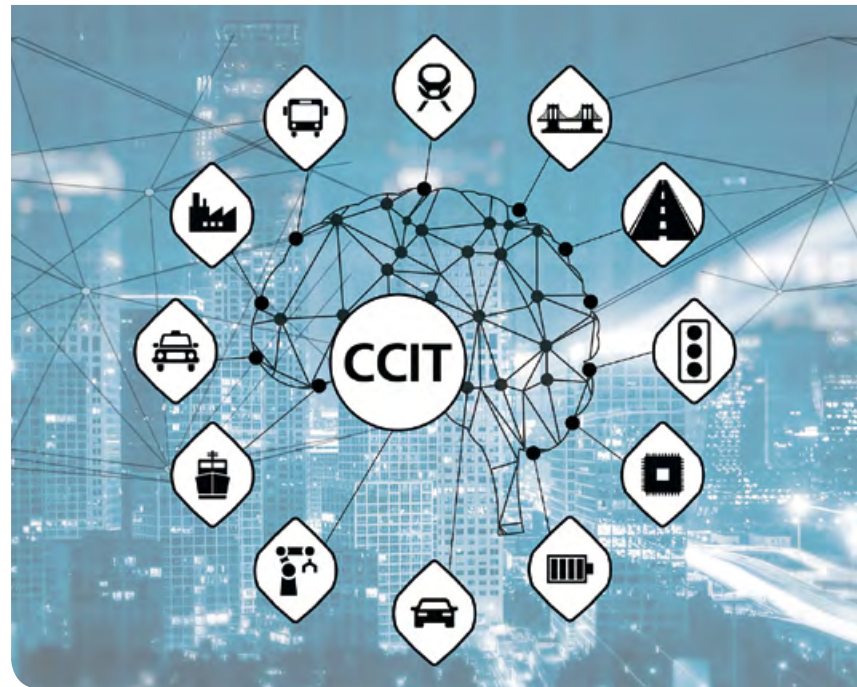
Interview: Viktor Deleski

Im Zusammenhang mit der Arbeit des Clusters fällt immer wieder der Begriff »neues Internet für die Industrie«. Was muss sich am bestehenden erneuern?

Heutige Internet-basierte Anwendungen greifen oft zu kurz. Sie sind geprägt durch die Paradigmen des Kommunizierens, des Erfassens großer Datenmengen und deren Verarbeitung. Die Infrastruktur, die wir als Internet verstehen, ist für industrielle Anwendungsszenarien unzureichend. Deshalb müssen wir neue Wege einschlagen. Wir bei Fraunhofer sind der Meinung, dass kognitive Internet-Technologien der Schlüssel für die digitale Souveränität und wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit der produzierenden und verarbeitenden Industrie in Deutschland und Europa sind. Aus diesem Grund möchten wir für und mit Unternehmen solche Technologien entwickeln, um industrielle Anforderungen optimal zu erfüllen. Wir bezeichnen das als das kognitive industrielle Internet.

Der Begriff des Kognitiven ist zunächst einmal dem Menschen zugeordnet. Wie passt er zu Technologien?

Wir wollen erreichen, dass Technologien die kognitiven Fähigkeiten des Menschen adäquat abbilden können – unsere Wahrnehmung über alle Sinne ebenso wie Aufmerksamkeit, Vorstellungskraft und Erinnerung sowie das Planen, Orientieren und Lernen. Übertragen bedeutet dies, dass Sensoren



beispielsweise Reize als Daten aufnehmen und sie schon so aufbereiten, dass sie einem Empfänger als Entscheidungsgrundlage dienen. Das Internet ist hier die Infrastruktur, bildet ein Netzwerk aus kognitiven Technologien – und wird so zum kognitiven Internet. Das kognitive Internet bietet unternehmensübergreifende Plattformen, um Daten aus den verschiedensten Quellen zusammenzuführen und kontrolliert verfügbar zu machen. Mit dem Industrial Data Space (IDS) hat Fraunhofer hierfür schon eine exzellente Ausgangsbasis geschaffen. Darüber hinaus werden Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) auf vielen Stufen der Vernetzung integriert, z.B. bereits in den Sensoren, um aus den Daten Wissen, etwa Handlungsempfehlungen, zu generieren und dieses in Echtzeit, präzise sowie datenschutzbewahrend nutzbar zu machen.

Wie genau soll die Technologie das bewerkstelligen?

Dazu müssen wir sie neu denken und entsprechend entwerfen und entwickeln. Nehmen wir beispielsweise einen Wärmesensor: Er könnte – statt lediglich Temperaturwerte zu übertragen, die in der Cloud weiterverarbeitet werden – bei Überhitzung Alarm schlagen, Vorkehrungen treffen, dem Bedienpersonal Empfehlungen für die Drosselung der Leistung von überhitzten Komponenten liefern und abhängig von der Situation präventiv Notfallmaßnahmen einleiten – etwa optimale Evakuierungswege für das Personal in unterschiedlich kritischen Gebäudeteilen ermitteln. Dazu muss der Sensor



Fraunhofer Cluster of Excellence

Das Fraunhofer Cluster of Excellence »Cognitive Internet Technologies« CCIT erforscht kognitive Technologien für das industrielle Internet. Mit kognitiven Lösungsangeboten und Produkten soll die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Unternehmen bewahrt, deren Innovationskraft gestärkt und die digitale Souveränität gesichert werden. Das CCIT bietet durch domänenspezifisches Expertenwissen zu jeder Phase des Transformationsprozesses passgenaue kognitive Lösungen und unterstützt dabei, die Komplexität zu beherrschen – von der Analyse über die Planung einer zukunftsfähigen Unternehmensstrategie bis hin zur agilen Technologieentwicklung und Erprobung in den zahlreichen Innovations- und Anwendungszentren des CCIT.



www.cit.fraunhofer.de



Prof. Claudia Eckert,
Direktorin des Clusters
»Cognitive Internet Technologies« CCIT und Leiterin
des Fraunhofer-Instituts für
Angewandte und Integrierte
Sicherheit AISEC.
© Andreas Heddergott

mit anderen Sensoren in der Nähe interagieren und deren Daten zu einem gemeinsamen, lokalen Lagebild zusammenführen, um die Handlungsempfehlungen in Echtzeit und sehr präzise zu berechnen. Was wir hierfür benötigen, sind neue Verfahren zur Wissensgenerierung basierend auf maschinellen Lernverfahren, welche die erforderliche hohe Präzision der Analyse-Ergebnisse auch dann erzielen, wenn nur sehr wenige Daten vorliegen, oder wenn die Daten verteilt auf verschiedene Komponenten aufgeteilt sind: beispielsweise wenn gar nicht genügend Speicherkapazität für viele Daten zur Verfügung steht oder wenn aus Sicherheitsgründen die Daten lokal verarbeitet werden müssen.

Wo kommen diese Lösungen zum Einsatz?

Die Anwendungsszenarien sind sehr vielfältig: von der Logistik über die industrielle Produktion bis zum Autonomen Fahren. Aber es geht uns nicht nur um Einzellösungen, sondern um die Kombination von Schlüsseltechnologien. Dafür müssen wir alle Bereiche abdecken, inklusive IT-Sicherheit und Datenschutz.

So ist es etwa bei selbstorganisierender Produktion essenziell, Werkstücke, Maschinenteile oder Werkzeuge zweifelsfrei zu identifizieren und zu lokalisieren. Zudem müssen die von den kognitiven Verfahren verarbeiteten Daten vertrauenswürdig sein. Und auch die Verfahren selbst müssen in vertrauenswürdigen, nicht manipulierbaren Umgebungen ausgeführt

werden. Sonst kommt es zu fehlerhaften Prognosen und falschen Entscheidungen.

Bei Anwendungsbereichen wie dem Autonomen Fahren ist es unerlässlich, dass sich auf Basis sehr präziser kognitiver Modelle in Echtzeit Verkehrssituationen erkennen lassen und eine entsprechende Reaktion erfolgt. Gefordert sind neue Lösungen, damit kognitive Fähigkeiten bereits auf der Ebene der Sensorik und Komponenten lokal vorhanden sind, zum Beispiel eingebaut in Fahrzeugen oder Infrastrukturkomponenten. Damit kann man situationsbezogen sehr schnell reagieren, proaktiv planen und abgestimmt mit Komponenten der unmittelbaren Umgebung handeln.

Das Cluster hat seine Arbeit aufgenommen und bereits erste Lösungen vorgestellt. Wie geht es weiter?

Ein ganz wesentlicher Aspekt für uns ist die langfristige systematische interdisziplinäre Zusammenarbeit. Wir wollen technologische Entwicklungen neu denken und gemeinsam mit Industriepartnern in die Anwendung bringen. Das langfristige Ziel ist, der Industrie eine technologische Infrastruktur zu bieten, welche die Unternehmen dabei unterstützt, ihre Produkte, Prozesse und Dienstleistungen zu verbessern und neue Geschäftsmodelle zu entwickeln, die ihre Wettbewerbsfähigkeit wie Innovationskraft stärken und ihre digitale Souveränität sichern. ■

Von den Grundlagen bis zur Pilotfertigung



Jörg Amelung
© Fraunhofer
Mikroelektronik

Zur Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD) gehören mehr als ein Dutzend Institute, die über ganz Deutschland verteilt sind. Wie sich in einem so weit verzweigten Netzwerk Forschung mit Schlagkraft realisieren lässt, erklärt FMD-Leiter Jörg Amelung.

Interview: Tim Schröder

Herr Amelung, in der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland sollen mehr als 2000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eng miteinander forschen. Welche Vorteile versprechen Sie sich davon?

Die Arbeit der Fraunhofer-Institute zeichnet sich durch die enge Zusammenarbeit mit der Industrie aus. In vielen Fällen gibt es Kooperationen mit kleinen oder mittelständischen Unternehmen, die sich durch persönliche Kontakte ergeben oder weil Unternehmen konkret nachfragen, ob ein Institut eine Aufgabe übernehmen kann. Aus eigener Erfahrung weiß ich, dass ein einzelnes Institut nicht immer die nötige Kompetenz vor Ort hat. Entweder sagt man einen Auftrag ab, oder man macht sich auf die mühsame Suche nach Unterstützung aus anderen Instituten, nicht immer mit Erfolg. Mit der Forschungsfabrik gehen wir einen viel grundsätzlicheren, strategischen Weg. Wir haben uns

zunächst einen Überblick über die Kompetenzen der verschiedenen Institute verschafft und gleichen alles miteinander ab. Wer verfügt über welche Technologien und Kompetenzen? Künftig wird es nicht mehr so sein, dass Unternehmen fragen, ob ein Institut eine bestimmte Aufgabe erledigen kann. Gemeinsam werden wir sagen können: Zeige uns dein Problem, wir finden die Lösung. Durch die Forschungsfabrik lernen sich jetzt viele Expertinnen und Experten aus den Fraunhofer-Instituten und den beiden Leibniz-Instituten kennen, was die Zusammenarbeit sehr fördert. Bei aller Strategie sollte man diese menschliche Komponente nicht unterschätzen.

Ohne eine enge Abstimmung zwischen den Instituten wird das sicher nicht gehen. Wie kann man sich eine solche Kooperation vorstellen?

Das lässt sich zum Beispiel an der Nutzung der Reinräume beschreiben. An allen Standorten verfügen wir insgesamt über 13 Reinräume, die

für spezifische Aufgaben ausgerüstet sind. Zu unseren großen Industriepartnern gehört die Firma GLOBALFOUNDERIES, die in Dresden eine Fertigung auf 300-mm-Wafern besitzt. Diese Wafer können an den verschiedenen Reinraum-Standorten für unterschiedliche Anwendungen spezifisch weiterverarbeitet werden. Ein einzelnes Institut könnte diese Vielfalt nicht bieten. Für die Forschungsfabrik bauen wir ein eigenes Fertigungsmanagement-System auf, das die Produkt- und Warenflüsse über alle Institute miteinander verbindet – unter anderem für die Reinräume. Das ist wie in einem großen Unternehmen mit verschiedenen Standorten.

Und was genau können Sie Ihren Kunden damit künftig bieten?

Wir gehen bis zur Pilotfertigung. Das heißt, dass wir nicht nur die Technologie entwickeln, sondern die gesamte Kette bis zur Herstellung abdecken. Eine Motivation für die Gründung der Forschungsfabrik ist es ja, nicht nur Entwick-

lungs-Know-how, sondern eben auch die Fertigung von Mikrosystemtechnik in Deutschland zu halten, damit diese nicht in andere Regionen abwandert. Wir werden in der Lage sein, eine Technologie bis zu Pilotfertigung aufzubauen. Damit können wir Kunden mit Mikrosystemtechnik-Komponenten versorgen, bis diese selbst eine Fertigungslinie aufgestellt haben. Tatsächlich wird es möglich sein, in unseren Labors ähnliche Produktionsprozesse aufzubauen, wie sie später auch bei den Herstellern benötigt werden, etwa bei unserem Kooperationspartner X-FAB in Dresden. Damit gelingt anschließend der Transfer aus der Pilotproduktion in die Fertigung im Unternehmen schneller.

Dabei setzen Sie ganz verschiedene technische Schwerpunkte, zum Beispiel auf die »more-Moore-Technologien« – ein Begriff, der sich an das Moore'sche Gesetz anlehnt, nach dem sich die Leistungsfähigkeit von Chips in einem bestimmten Zeitraum regelmäßig verdoppelt.

Das ist richtig. Bei more-Moore geht es darum, die Grenzen dieser Leistungszunahme, die sich heute abzeichnet, mit neuen Technologien zu überwinden. In der Forschungsfabrik dreht es sich aber nicht um herkömmliche Computer-Chips. Wir fokussieren viel mehr auf industrielle Anwendungen, auf intelligente Bauteile für das Internet der Dinge oder die Automobilindustrie. Der zweite große Bereich der Forschungsfabrik ist die Mikrosystemtechnik, hier arbeiten wir zum Beispiel an leistungsfähigen Sensoren und Aktoren. Den dritten unserer Forschungsbereiche bezeichnen wir als »more-than-Moore«. Hier geht es darum, ganz neue Hochleistungs-Komponenten aufzubauen, wobei wir nicht nur die klassische Silizium-Technologie, sondern auch andere Halbleiter, also Verbindungshalbleiter wie Siliziumkarbid oder Galliumnitrid nutzen. Wir wollen hier beispielsweise Power-Elektronik-Bauteile für das Stromnetz der Zukunft entwickeln und fertigen, ferner optoelektronische Komponenten für die schnelle Datenübertragung sowie Produkte für die Hochleistungselektronik, etwa den schnellen Mobilfunk jenseits von 5G.

Was die Entwicklung und Produktion von Mikroelektronik angeht, spielt die Musik heute in Südostasien. Man denke nur an die

Massenfertigung von Smartphones mitsamt der ganzen Sensorik. Inwiefern schafft die Forschungsfabrik hier ein Gegengewicht?

Es ist richtig, dass die Massenfertigung heute anderswo stattfindet. Für viele Hightech-Unternehmen in Deutschland besteht das Problem darin, dass sie für ihre Produkte Mikroelektronik-Bauteile mit ganz bestimmten Fähigkeiten und Eigenschaften benötigen. Das ist beispielsweise bei der Umgebungssensorik der Fall, die Roboterarbeitsplätze überwacht, an denen Mensch und Maschine kooperieren. Diese Sensorik und auch die Datenübertragung müssen extrem zuverlässig sein. Herkömmliche Smartphone-Technik erfüllt solche Anforderungen nicht. Und in der Regel bieten die großen Konzerne die dafür benötigten und für einzelne Kunden individuell maßgeschneiderten Bauteile gar nicht an. Hier kommen wir ins Spiel, indem wir die ganze Palette von der Entwicklung einer maßgeschneiderten Komponente bis zur Pilotfertigung bieten.

Nicht nur in Deutschland, in ganz Europa will man verhindern, dass der Mikroelektronik-Markt an andere Regionen der Welt verloren geht. Unter dem Dach der Europäischen Kommission wurden daher die »Vorhaben von gemeinsamem europäischem Interesse« verabschiedet – auch auf dem Gebiet der Mikroelektronik. Wie geht es weiter? Strebt die Forschungsfabrik langfristige Kooperationen an?

In der Tat, wir haben bereits Gespräche mit den beiden renommierten Forschungseinrichtungen in Belgien und Frankreich aufgenommen, dem Imec in Leuven und dem Leti in Grenoble. Gemeinsam wollen wir in den kommenden Jahren ganz neue Technologiefelder bearbeiten, etwa die Künstliche Intelligenz und die Quantentechnologie. Aber Europa kommt später. Zunächst einmal müssen wir die Forschungsfabrik in Deutschland auf die Beine stellen. Das ist eine große Aufgabe. Ich habe in der Vergangenheit bei Fraunhofer und später in der Industrie gearbeitet und eine eigene Firma gegründet, die sich auf organische Elektronik spezialisiert hat. Für den Aufbau der Forschungsfabrik bin ich gern zur Fraunhofer-Gesellschaft zurückgekehrt. Für mich ist das eine Gelegenheit, die man nur einmal im Leben bekommt. Unser Ziel ist es, eine Institution zu schaffen, die Bestand hat. ■

Die Mikroelektronik in Deutschland stärken

Die Fraunhofer-Gesellschaft und die Leibniz-Gemeinschaft bauen derzeit gemeinsam die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD) auf, in der künftig mehr als 2000 Forscherinnen und Forscher von elf Fraunhofer- und zwei Leibniz-Instituten an verschiedenen Standorten zusammenarbeiten werden. Sie haben das Ziel, die Entwicklung, vor allem aber auch die Herstellung und Vermarktung von mikroelektronischen Produkten und Smart Systems in Deutschland zu fördern, um eine Abwanderung der Kompetenzen in andere Regionen zu verhindern. Die Arbeit in der FMD ist in vier Bereiche unterteilt: »siliziumbasierte Technologien«, »Verbindungshalbleiter«, »Heterointegration« sowie »Design, Test und Zuverlässigkeit«. Die in der FMD entwickelten Produkte kommen in verschiedenen Gebieten zum Einsatz, in der Sensorik und Informationsverarbeitung, in der Energie- und Kommunikationstechnik oder dem Internet der Dinge. Ein Beispiel ist der neue Bereich Lösungen für den Automotive-Bereich und industrielle Anwendungen (LiDAR). Hier entwickeln die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler leistungsfähige Einzelkomponenten für die Fahrzeugsensorik, etwa Radar- und Kameratechnologien. Sie arbeiten auch an neuen Lösungen für Sensorfunktionen, sowie dem Auswerten und Nutzen von Daten aus verschiedenen Fahrzeugsensoren. Der Aufbau der Forschungsinfrastruktur der FMD wird mit rund 350 Millionen Euro durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unterstützt.



www.forschungsfabrik-mikroelektronik.de





Die Arbeit mit Lasern wird in der Max Planck School of Photonics eine große Rolle spielen. © Adobe Stock

In der Schule des Lichts

Wissenschaftliche Exzellenz in Deutschland bündeln und integrierte Master-Promotionsstudiengänge nach internationalem Vorbild anbieten: Das sind die Ziele der Max Planck Schools, an denen sich 2019 die ersten Studierenden einschreiben werden.

Prof. Andreas Tünnermann ist Sprecher der Max Planck School of Photonics, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF sowie Direktor des Instituts für Angewandte Physik der Universität Jena. Im Interview erklärt er, was das Besondere an dem Programm ist und wie er damit die Besten der Besten gewinnen will.

Interview: Christine Broll



© Anne Günther,
FSU-Fotozentrum

Prof. Andreas Tünnermann

Prof. Andreas Tünnermann, Sprecher der Max Planck School of Photonics, leitet das Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF in Jena und ist Vorsitzender des Wissenschaftlich-Technischen Rats WTR der Fraunhofer-Gesellschaft. Gleichzeitig ist er Direktor des Instituts für Angewandte Physik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena und Mitglied des Direktoriums des Helmholtz-Instituts Jena. Für seine Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Faserlaser wurde er 2005 mit dem Leibniz-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft ausgezeichnet. 2011 erhielt er den Verdienstorden des Freistaats Thüringen.

Wie kommt es, dass Sie als Leiter eines Fraunhofer-Instituts Sprecher einer Max Planck School geworden sind?

Bei den Max Planck Schools geht es nicht darum, bestimmte Einrichtungen zu repräsentieren. Die Schools sind ein Zusammenschluss herausragender Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eines Fachgebiets. Die Initiative zur Gründung der Max Planck School of Photonics ging von Prof. Gerd Leuchs vom Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts und von mir aus. Wir konnten Kolleginnen und Kollegen gewinnen, die in ihrem Fach über eine hohe Sichtbarkeit verfügen, darunter renommierte Experten des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF in Jena und des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT in Aachen. Zum Netzwerk gehören auch mehrere Leibniz-Preisträger und mit Prof. Stefan Hell aus Göttingen auch ein Nobelpreisträger. Er erhielt für seine Arbeiten auf dem Gebiet der ultrahochoauflösenden Fluoreszenzmikroskopie 2014 den Nobelpreis für Chemie.

Warum wurde die Photonik als Thema für eine der drei Max Planck Schools ausgewählt?

Da das Programm der Max Planck Schools auch Studierende adressiert, die erst im vierten oder fünften Fachsemester sind, braucht man Themen, die die jungen Menschen interessieren und denen sie in ihrem Studium bereits begegnet sind. Weil die Photonik sowohl für die Wissenschaft als auch für die Wirtschaft eine wichtige Schlüsseltechnologie ist, genießt sie eine hohe Attraktivität. Zudem wurden in den letzten Jahren sieben Nobelpreise im Bereich der Photonik verliehen.

Mit welchen Themen werden sich die Studierenden beschäftigen?

Das übergeordnete Thema lautet: »Kontrolle von Licht auf allen Skalen«. Wir kontrollieren Licht verschiedenster Wellen-

länge – von der Röntgenstrahlung bis zu den Mikrowellen. Wir arbeiten mit extrem kurzen Pulsen genauso wie mit sehr hohen Lichtintensitäten. Mit unseren optischen Forschungsmethoden können wir Elektronen in Atomen aber auch das Universum untersuchen.

Wie unterscheidet sich das Studium an der Max Planck School of Photonics von einem klassischen Studium?

Es handelt sich um ein integriertes Master-Promotionsprogramm nach US-amerikanischem Vorbild, das jetzt erstmals in Deutschland etabliert wird. Wir wollen in den Max Planck Schools in einer Pilotphase untersuchen, inwieweit wir durch dieses integrale System exzellente internationale und deutsche Bachelorabsolventen gewinnen können. In vielen Ländern, wie zum Beispiel den USA, orientieren sich die Studierenden nach dem Bachelorabschluss neu und suchen aktiv nach einem Studienplatz für den Master oder direkt nach einem Promotionsprogramm. Diese Studierenden möchten wir erreichen.

Für die 20 Plätze, die in der Max Planck School of Photonics 2019 zur Verfügung stehen, rechnen wir mit über tausend Bewerbungen. Daraus werden wir in einem mehrstufigen Verfahren die Besten der Besten auswählen. Zum zweijährigen Masterstudium kommen die Studierenden nach Jena, Erlangen oder Karlsruhe, wo bereits internationale Photonik-Studiengänge existieren. Die Studierenden werden sehr eng von Tutoren betreut. Sie besuchen zusätzliche Vorlesungen und Seminare, die über Standardcurricula hinausgehen. Darüber hinaus werden Forschungsaufenthalte unterschiedlicher Dauer innerhalb des Netzwerkes ermöglicht. Nach dem Masterstudium können sie sich auf Promotionsstellen bei den beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in ganz Deutschland bewerben. Auch ein Quereinstieg direkt in das Promotionsprogramm ist möglich. Die Promotionsphase dauert dann drei Jahre.

Im internationalen Wettbewerb um die besten Studierenden konkurrieren Sie mit Top-Universitäten auf der ganzen Welt. Warum soll ein Student aus Hongkong ausgerechnet nach Jena kommen?

Wir haben in unserem Netzwerk Mitglieder mit einer international hohen wissenschaftlichen Reputation. Die Photonik wird ganz maßgeblich durch deutsche Wissenschaftler geprägt. Das trägt entscheidend zur Attraktivität des Studiengangs bei. Gleichzeitig sind deutsche Unternehmen mit ihren innovativen Produkten Weltmarktführer im Bereich der Lasertechnik.

Welche Kompetenzen bringt das Fraunhofer IOF in die Graduiertenschule ein?

Einer unserer Forschungsbereiche ist die Entwicklung komplexer optischer Systeme zur Bildaufnahme und Bildwiedergabe. Diese Systeme stellen wir Dritten zur Verfügung, die damit Grundlagenforschung betreiben. Ein schönes Beispiel für ein Gemeinschaftsprojekt ist das Infrarot-Spektrometer MERTIS, das gerade mit der Raumsonde BepiColombo auf dem Weg zum Merkur ist, um dort die Mineralvorkommen zu charakterisieren. Wir haben aber auch aus der Industrie initiierte Projekte, in denen wir unter anderem Hochleistungslaser-Systeme entwickeln und zur Verfügung stellen.

Wie kann die Max Planck School die Forschung in der Photonik beflügeln?

Unser Ziel ist, dass wir über die School die Zusammenarbeit unter uns Kolleginnen und Kollegen standort-, instituts- und institutionenübergreifend intensivieren. Dazu gehört, dass wir die Promotionen zu zweit betreuen und auch Themen gemeinsam definieren. Wir wollen die Community noch enger zusammenbringen und einen virtuellen Campus gründen.

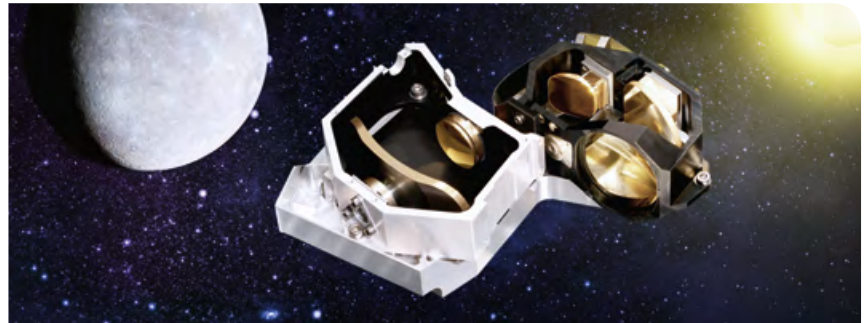
Sie leiten ein Fraunhofer-Institut, ein Universitätsinstitut, sind Mitglied im Direktorium eines Helmholtz-Instituts und Vorsitzender des Wissenschaftlich-Technischen Rats der Fraunhofer-Gesellschaft, um nur einige Ihrer Funktionen zu nennen. Wie schaffen Sie es, Ihre vielen Aufgaben miteinander zu vereinbaren?

Das frage ich mich auch immer (lacht). Es ist wichtig, dass man an dem, was man tut, Spaß hat. Der entscheidende Punkt aber ist, dass man in Kooperation mit anderen versucht, solche Herausforderungen zu meistern. Ich habe sowohl bei Fraunhofer als auch am Lehrstuhl exzellente Teams, die an einem Strang ziehen, um miteinander Großes zu bewegen.

Das Motto des Fraunhofer-Jubiläumsjahrs lautet: #WHATS NEXT. Daher die Frage an Sie: Welche Technologie wird Ihrer Meinung nach die Gesellschaft in Zukunft am meisten verändern?

Die größte Herausforderung der nächsten Jahre wird die Mensch-Maschine-Interaktion sein. Hier können wir mit der Photonik einen wichtigen Beitrag leisten. Der Mensch ist ein visuelles Wesen. Er kommuniziert zu 80 Prozent über Gesten, über Mimik, über Körpersprache. In den nächsten Jahren wird die Photonik vor der großen Aufgabe stehen, Maschinen nicht nur zum Sehen, sondern vielmehr zum Verstehen und zur Interpretation von Situationen zu bringen. Nur dann werden wir es wirklich schaffen, die Mensch-Maschine-Interaktion auf eine völlig neue Qualitätsstufe zu heben. ■

Angewandte Photonik auf dem Weg zum Merkur. Das MERTIS-Spektrometer, an dessen Entwicklung das Fraunhofer IOF maßgeblich beteiligt war, wird auf dem Merkur die Mineralvorkommen charakterisieren.
© Fraunhofer IOF



Die Max Planck Schools – Graduiertenschulen mit internationaler Strahlkraft

Während in Großbritannien oder in den USA exzellente Forschung in berühmten Universitäten wie Oxford oder Harvard konzentriert ist, arbeiten in Deutschland die Spitzenforscherinnen und -forscher eines Fachgebiets häufig verteilt über verschiedene Universitäten oder außeruniversitäre Forschungseinrichtungen. Die Max Planck Schools bündeln die Exzellenz in innovativen Forschungsfeldern und schaffen einen virtuellen Campus, der herausragenden wissenschaftlichen Nachwuchs aus dem In- und Ausland anziehen will.

Die Max Planck Schools sind eine gemeinsame Initiative der Max-Planck-Gesellschaft, der deutschen Universitäten und der außeruniversitären Forschungsorganisationen. 2019 starten drei Pilot-Schools: die Max Planck School of Cognition, die Max Planck School Matter to Life und die Max Planck School of Photonics. Die drei Pilotvorhaben werden zunächst für fünf Jahre vom Bundesministerium für Bildung und Forschung mit neun Millionen Euro pro Jahr finanziell unterstützt.

Interessenten konnten sich erstmalig 2018 bewerben. Die Bewerbungsphase endet jedes Jahr Mitte Dezember. Das Masterstudium beginnt im darauffolgenden Herbst. In der Max Planck School of Photonics werden in der Aufbauphase pro Jahr 20 Studierende in das Master-Programm aufgenommen. Langfristig sollen gleichzeitig rund 40 Masterstudierende und etwa 120 Promovierende ausgebildet werden.



www.maxplanckschools.de

Innovationen made by Fraunhofer

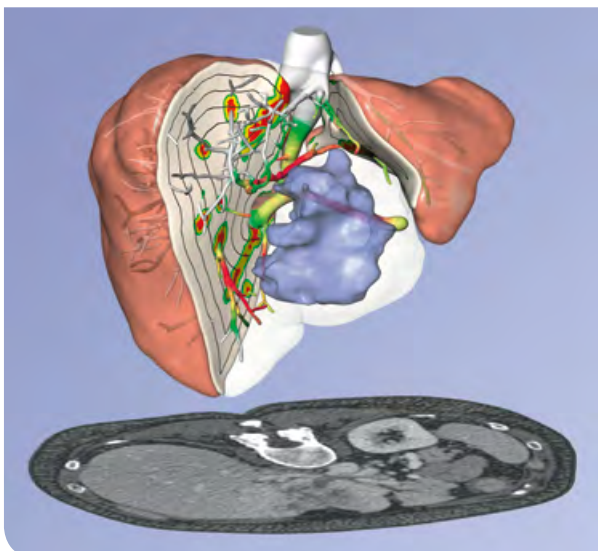
**70 JAHRE
ZUKUNFT**
#WHATSNEXT

Algorithmen für die Leberchirurgie – weltweit sicherer operieren

Leberkrebs ist die weltweit zweithäufigste Ursache für krebserkrankte Todesfälle und nimmt im Gegensatz zu anderen Krebsarten weiter zu. Die chirurgische Entfernung der Krebsherde ist für Mediziner aufgrund der komplexen Gefäßsysteme der Leber und der individuellen Lage der Tumore eine schwierige Aufgabe.

Am Fraunhofer-Institut für Digitale Medizin MEVIS wurde eine Software entwickelt, die radiologische Daten analysiert und die seit 2014 als Medizinprodukt eines Industriepartners in Krankenhäusern verfügbar ist. Damit können Chirurgen auch schwierige Eingriffe vorab planen und das Risiko eines postoperativen Leberversagens minimieren. Gemeinsam mit Kliniken weltweit wurde ein Standard geschaffen, der als MEVIS-Analyse in der Leberchirurgie bekannt ist und für den Wissenschaftler von MEVIS im Jahr 2018 den Joseph-von-Fraunhofer-Preis erhielten.

Planung und Risikoanalyse für die chirurgische Entfernung eines zentral gelegenen Lebertumors. © Fraunhofer MEVIS



Leistungsstarke Faserlaser

Faserlaser sind leistungsstarke Strahlungsquellen für wissenschaftliche und industrielle Anwendungen. Eine Schlüsselanwendung für die Entwicklung von Faserlasern ist die Lasermaterialbearbeitung in der Produktion.

Aber auch in anderen Branchen wie Raumfahrt oder Medizin sind leistungsstarke, effiziente und robuste Laser mit hoher Strahlqualität sehr gefragt. Deshalb entwickelten Forscherinnen und Forscher am Fraunhofer-Institut für Optik und Feinmechanik IOF in Jena eine neue Generation von Lasersystemen mit verbesserten Parametern. Diese Faserlasersysteme erreichen Leistungswerte von mehreren Kilowatt mit nahezu beugungsbegrenzter Strahlqualität.

Im Jahr 2013 erhielt ein Projektteam vom IOF und der Friedrich-Schiller-Universität Jena für ihre Forschung zum Thema »Ultrakurzpuls-Laser für die industrielle Massenfertigung – produzieren mit Lichtblitzen« den Deutschen Zukunftspreis des Bundespräsidenten. Das Team entwickelte Werkzeuge auf der Basis von Lasern, die das Licht in Form ultrakurzer und energiegeladener Pulse aussenden. Insgesamt wird am IOF seit rund 20 Jahren Spitzenforschung zum Thema Hochleistungsfaserlaser betrieben.

Kurzpuls-Faserlaser des Fraunhofer IOF – bereits im Weltraum erprobt.
© Fraunhofer IOF



»Ich verstehe mich als Clinician Scientist«

Patienten mit Lungenfibrose haben unbehandelt eine Lebenserwartung von drei Jahren. Medikamente können den Fortschritt der Krankheit verlangsamen, stoppen können sie ihn nicht. Das will Prof. Antje Prasse zusammen mit ihrer Fraunhofer Attract-Forschungsgruppe ändern.

Interview: Dr. Sonja Endres

Wirklich erstaunlich ist es nicht, dass Antje Prasse bei Fraunhofer gelandet ist: Bereits ihre Eltern waren am Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI in Freiburg tätig und haben sich dort kennen- und lieben gelernt. Der Apfel fällt nicht weit vom Stamm: Schon früh zeigte sich auch Prasses naturwissenschaftliches Talent. Im Unterschied zu ihren Eltern gehörte ihre Leidenschaft jedoch nicht der Physik, sondern der Medizin. Sie studierte in Freiburg, wurde 1996 promoviert und habilitierte sich 2008 an der Universitätsklinik Freiburg mit einer Arbeit über interstitielle Lungenerkrankungen.

Lungenfibrose ist eine komplexe Krankheit, deren Mechanismen noch weitgehend unerforscht sind. Fest steht, dass sich das Bindegewebe, das die Lungenbläschen umgibt, unkontrolliert vermehrt und verhärtet. Dadurch gelangt nicht mehr genügend Sauerstoff ins Blut, die Patienten leiden unter



Prof. Antje Prasse liebt nicht nur die Forschung, sondern auch den Kontakt mit Patienten.
© Fraunhofer ITEM

zunehmender Atemnot, die schließlich zum Tod führt. Es gibt viele verschiedene Arten von Lungenfibrosen. Am weitesten verbreitet ist die idiopathische pulmonale Fibrose (IPF) – die Krankheitsursache ist unbekannt.

Seit fast fünf Jahren leitet Prasse eine Attract-Forschungsgruppe am Fraunhofer-Institut für Toxikologie und Experimentelle Medizin ITEM in Hannover, die neue Konzepte für die Therapie der Lungenfibrose entwickelt. Im Herbst 2019 läuft die Forschungsförderung durch das Fraunhofer Attract-Programm aus. weiter.vorn sprach mit Antje Prasse über ihre Forschungsergebnisse, ihre Pläne und die Zukunft der Fibroseforschung.

Wie haben Sie vom Fraunhofer Attract-Programm erfahren?

Prof. Norbert Krug, Leiter des ITEM, und Prof. Jens Hohlfeld, Bereichsleiter der Atemwegsforschung am Institut, haben mich darauf aufmerksam gemacht. Wir kannten uns bereits gut über ein gemeinsames Forschungsprojekt. Ich

Fraunhofer Attract

Das Förderprogramm Fraunhofer Attract bietet hervorragenden externen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern die Möglichkeit, ihre innovativen Ideen mit ihrer eigenen Forschungsgruppe marktnah und in enger Zusammenarbeit mit der Industrie in Richtung Anwendung voranzutreiben. Den Forscherinnen und Forschern steht über fünf Jahre ein Budget von maximal 2,5 Millionen Euro zur Verfügung, um eine Gruppe aufzubauen und zu leiten. Weitere Informationen:

 [s.fhg.de/attract](https://www.s.fhg.de/attract)

war damals als Oberärztin an der Uniklinik Freiburg tätig und hatte eine Arbeitsgruppe aufgebaut, die zellbiologische Messungen bei interstitiellen Lungenerkrankungen durchführte. Unsere Arbeiten waren auch für die Pharmaindustrie interessant, für die ich bereits zahlreiche Projekte durchführte. Zu der Zeit, als Norbert Krug mich kontaktierte, war ich gerade auf einem mehrmonatigen Forschungsaufenthalt an der Yale University.

Was machte Attract so attraktiv, dass Sie Yale den Rücken kehrten und sich nach Hannover locken ließen?

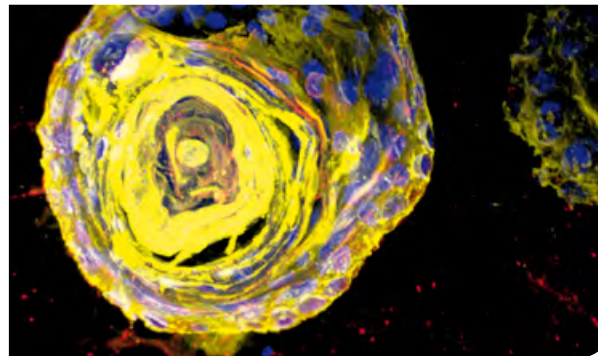
Dafür gab es mehrere Gründe. Das Attract-Budget von 2,5 Millionen Euro über fünf Jahre erlaubte mir erhebliche Freiheiten, die ich sonst so nicht gehabt hätte. Außerdem überzeugte der Standort Hannover: Mit dem ITEM, der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH), dem Clinical Research Center Hannover und dem Deutschen Zentrum für Lungenforschung bietet er eine einmalige Infrastruktur für klinische Forschung im Bereich Lungenerkrankungen.

Sie sind nicht nur für das ITEM tätig, sondern behandeln auch als Oberärztin Fibrosepatienten in der Klinik für Pneumologie der MHH. Ist Ihnen das nicht zu viel?

Nein. Die Verbindung zur klinischen Praxis und der persönliche Kontakt zu Patienten sind mir sehr wichtig. Ich verstehe mich als Clinician Scientist, der wissenschaftliche Erkenntnisse schnell in die Anwendung überführt. Das ITEM und die Pneumologie der Uniklinik Hannover sind sowohl personell als auch über das Lungenforschungszentrum eng miteinander verbunden. Für beide Institutionen tätig sein zu können, ist für mich ideal.

Die Förderung durch das Attract-Programm endet bald. Was waren die wichtigsten Ergebnisse der letzten fünf Jahre?

Auf der klinischen Seite haben wir uns herausragend gut entwickelt. Wir haben ein Lungenfibrose-Zentrum aufgebaut, in das Patienten aus ganz Mittel- und Norddeutschland kommen. Sie wissen, dass sie hier in den besten Händen sind und wollen gerne an Studien teilnehmen, damit endlich wirksame Mittel gegen diese Krankheit gefunden werden. Wir konnten daher zahlreiche Proben sammeln und schöpfen aus dem Vollen. Auf Grundlage unserer umfangreichen Biobank haben wir mehrere Zellkultursysteme entwickelt, an denen Pharmafirmen neue Wirkstoffe testen können. Das Interesse der Unternehmen ist stark und stetig wachsend. Wir haben zahlreiche nationale und internationale Kooperationspartner, unter anderem Boehringer, Novartis, Astra Zeneca, Indalo Therapeutics und die japanische Firma Nitto.



Die Lungenstammzellen von Fibrosepatienten bilden sogenannte Sphäroide. Die kugeligen Gebilde sind vermutlich dafür verantwortlich, dass im Lungengewebe die für Fibrose charakteristischen Honigwabenzysten wachsen. © Fraunhofer/Ralf Mohr

Warum ist das industrielle Interesse so stark? Gibt es denn so viele Lungenfibrosepatienten?

An Lungenfibrose leiden in Europa etwa 500 000 Menschen – Tendenz steigend. Lungenfibrose ist eine Alterserkrankung, das Durchschnittsalter der Patienten liegt bei 68. Im Zuge des demographischen Wandels wird die Prävalenz zunehmen. Der altersdegenerative Prozess spielt bei der Krankheit eine wichtige Rolle. Die Lunge scheint für Fibrosen prädisponiert zu sein, aber auch andere Organe wie Leber, Niere oder Augen können Fibrosen entwickeln, die zu einer Zerstörung des Gewebes führen. Wir gehen davon aus, dass, wenn es uns gelingt, Lungenfibrose zu therapieren, wir Alterungsprozesse aufhalten können – und zwar nicht nur in der Lunge, sondern auch in anderen Organen.

Es geht also um den Traum von der Unsterblichkeit.

In gewisser Weise ja.

Was glauben Sie, wann wird man Lungenfibrose heilen können?

Ich denke nicht, dass wir einmal zerstörtes Gewebe in naher Zukunft wieder in gesundes umwandeln können. In zehn Jahren sind wir da noch nicht. Wenn die Entwicklung so rasant weitergeht, aber vielleicht in zwanzig. Was wir bereits können, ist das Fortschreiten der Krankheit deutlich zu verlangsamen, vielleicht können wir es bald sogar komplett stoppen.

Wie wird es für Sie persönlich weitergehen?

Um meine Zukunft wird mir nicht bange. Es ist nicht zu erkennen, dass das Interesse der Pharmaindustrie an meiner Forschung abnimmt, im Gegenteil. Ich strebe einen akademischen Lehrstuhl an, eine W3-Professur, und kann mir sehr gut vorstellen, weiterhin sowohl für das Fraunhofer ITEM als auch für die MHH tätig zu sein. Ob das hier die Strukturen ermöglichen, muss man sehen. Ich würde mich freuen. ■

Dentaltechnik-Spezialist exocad

Wer ein Unternehmen gründet, hat es in den ersten Jahren schwer und geht große Risiken ein – so zumindest die landläufige Meinung. Beim Darmstädter Dentaltechnik-Spezialisten exocad stellte sich der Erfolg deutlich schneller ein – auch dank fachkundiger Unterstützung.

Text: Mehmet Toprak

Es sind Hightech-Start-ups und junge Unternehmen wie die exocad GmbH, die unsere Wirtschaft beleben: Das Unternehmen wurde 2010 von Tillmann Steinbrecher und Maik Gerth in Darmstadt gegründet und stellt CAD/CAM-Software (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) für Zahnmedizin und Dentaltechnik her. Bis dato waren Steinbrecher und Gerth am Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD, ebenfalls in Darmstadt, als wissenschaftliche Mitarbeiter tätig. Vom Start weg legte exocad ein rasantes Wachstum hin. Heute, nur acht Jahre später, hat das Unternehmen Niederlassungen in den USA, Hongkong, im Vereinigten Königreich und in Luxemburg.

Software für Zahntechnik

Die technische Basis des Erfolgs ist die von Steinbrecher und seinem Team am Fraunhofer IGD entwickelte Software DentalCAD. Mit ihr lassen sich nahezu alle prothetischen Arbeiten wie Kronen, Brücken, Inlays, Teil- und Totalprothesen oder komplexe Implantatarbeiten planen und designen. Die Herausforderung hierbei liegt in der Konfiguration. »Im Dentalbereich ist die Fertigung sehr individuell, man produziert ja jeweils nur ein Stück für einen Menschen«, erklärt Steinbrecher. Genau dies erledigt die Software von exocad präzise und fehlerfrei. Neben der bereits etablierten Laborsoftware DentalCAD hat das Unternehmen sein Portfolio inzwischen mit ChairsideCAD – einer CAD-Software für Zahnärzte – und der speziellen Implantatplanungs-Software exoplan erweitert.

Zentrale Anliegen der Entwickler: intuitive Bedienung und Schnelligkeit. Dadurch sinken die Schulungskosten für Mitarbeitende in den Zahnlabors. Auch Einsteiger kommen schnell zurecht. Inzwischen setzen Kunden in mehr als 120 Ländern die Lösungen des Unternehmens ein, über 32 000 Lizenzen sind weltweit verkauft.

In den vergangenen Jahren wurde die Software-Plattform ausgebaut. Von Anfang an legte exocad Wert auf Herstellerunabhängigkeit bei der Integration. So können zum Beispiel die verschiedensten 3D-Scanner, Fräsmaschinen und 3D-Drucker direkt aus exocad-Software angesteuert werden. Die Basis-Software lässt sich mit neuen Modulen und Spezial-Features aufrüsten. TruSmile beispielsweise eröffnet die Möglichkeit, dem Patienten bei einer Zahnrestauration am Display fast fotorealistisch zu zeigen, wie eine Krone aus Keramik im Vergleich zu einer aus Metall aussehen würde. Mit ChairsideCAD kann man Inlays, Kronen oder Brücken direkt am Behandlungsplatz designen und herstellen. Die Software wird auch in den Workflow der Zahnarzt-Praxis oder des Zahnlabors integriert. Und mit exoplan können Zahnärzte und Zahntechniker eine präzise virtuelle prothetektorientierte Implantatplanung durchführen.

Ausgründung als logischer Schritt

Die technologischen Grundlagen für exocad wurden schon vor 2010 von Tillmann Steinbrecher, Maik Gerth und ihrem Team am Fraunhofer IGD gelegt. »Wir hatten bereits am Institut ein nahezu verkaufsfähiges Produkt entwickelt.



© istock

Bildleiste rechte Seite: Links: Mithilfe eines Scanners wird die Positionierung von Gipsmodellen im Artikulator in die Software übertragen. So lassen sich auch Kieferbewegungen simulieren.

Mitte: Die CAD-Software des Unternehmens zeigt detailgetreu und realistisch, wie Kronen, Brücken, Inlays oder Zahnimplantate aussehen werden.

Bild rechts: Mit dem Implant Modul von exocad lassen sich direktverschraubte Kronen, Kappchen oder Brücken einfach und präzise gestalten. Alle Abbildungen © exocad

Auf dem Markt gab es großen Bedarf, und potenzielle Kunden waren auch da. Da war die Gründung eines eigenen Unternehmens ein logischer Schritt«, erinnert sich Maik Gerth, heute CTO bei exocad.

Bei der Ausgründung waren auch die Spezialisten von Fraunhofer Venture mit von der Partie. Die Abteilung bereitete die Ausgründung gemeinsam mit dem Team vor; die Fraunhofer-Gesellschaft wurde Gründungsgesellschafter. »Das hat uns anfangs geholfen. Wenn ich auf Messen wie der International Dental Show in Köln unterwegs war, hat das gute Image von Fraunhofer dafür gesorgt, dass man unser Start-up ernst genommen hat. So konnten wir schnell hochkarätige Partner finden«, erläutert Steinbrecher.

Internationale Beteiligungsgesellschaft übernimmt

Bei der Gründung im Jahr 2010 hatte exocad drei Mitarbeiter, jetzt sind es über 80. Auf die Unterstützung durch Fraunhofer ist exocad nicht mehr angewiesen. Dementsprechend hat die Fraunhofer-Gesellschaft ihre Beteiligung im September 2016 veräußert, gleichzeitig hat die internationale Beteiligungsgesellschaft Carlyle

Group die Mehrheit an exocad übernommen. Tillmann Steinbrecher und Maik Gerth gehen davon aus, dass sich mit dem neuen Investor die weltweite Expansion intensiviert.

Der Erfolg ist auch deshalb so bemerkenswert, weil die Förder- und Unterstützungsangebote von Fraunhofer im Jahr 2010 noch nicht so umfassend waren wie heute. Heute kann Fraunhofer seinen Unternehmensgründern bessere Rahmenbedingungen bieten. Darüber freut sich das Fraunhofer Venture-Team. »Fraunhofer hat heute viel Erfahrung, wenn es darum geht, spannende Forschungsfelder zu identifizieren und daraus marktnahe technologische Lösungen zu entwickeln. Oft bringen wir auch die verschiedenen Interessen und Partner zusammen, die an der späteren Ausgründung beteiligt sind. Beim Thema Ausgründungen haben wir inzwischen eine Spitzenstellung unter den Forschungseinrichtungen weltweit erobert«, so Investment Manager Markus Weitzel.

Beste Voraussetzungen also für Forscherinnen und Forscher der Fraunhofer-Institute, die mit innovativer Technologie und einer guten Geschäftsidee ihr eigenes Start-up gründen wollen. ■

Faktencheck: Fraunhofer Venture

Gründung: 2001

Ziel: Innovationen durch Ausgründungen nutzbar machen und einer wirtschaftlichen Wertschöpfung zuführen

Mitarbeiterzahl: 28

Zahl der Spin-offs: 400 bisher

Erfolgsquote: 97 Prozent der Fraunhofer Spin-offs existieren nach 36 Monaten noch auf dem Markt (vgl. KfW-Gründungsmonitor 2018: 69 Prozent High-Tech-Gründungen in Deutschland)

Venture-Kapital:

Im Zeitraum 2008 – 2017 gegründete aktive Tech-FhG-Beteiligungen haben im Jahr 2017 ca. 19 Mio € akquiriert

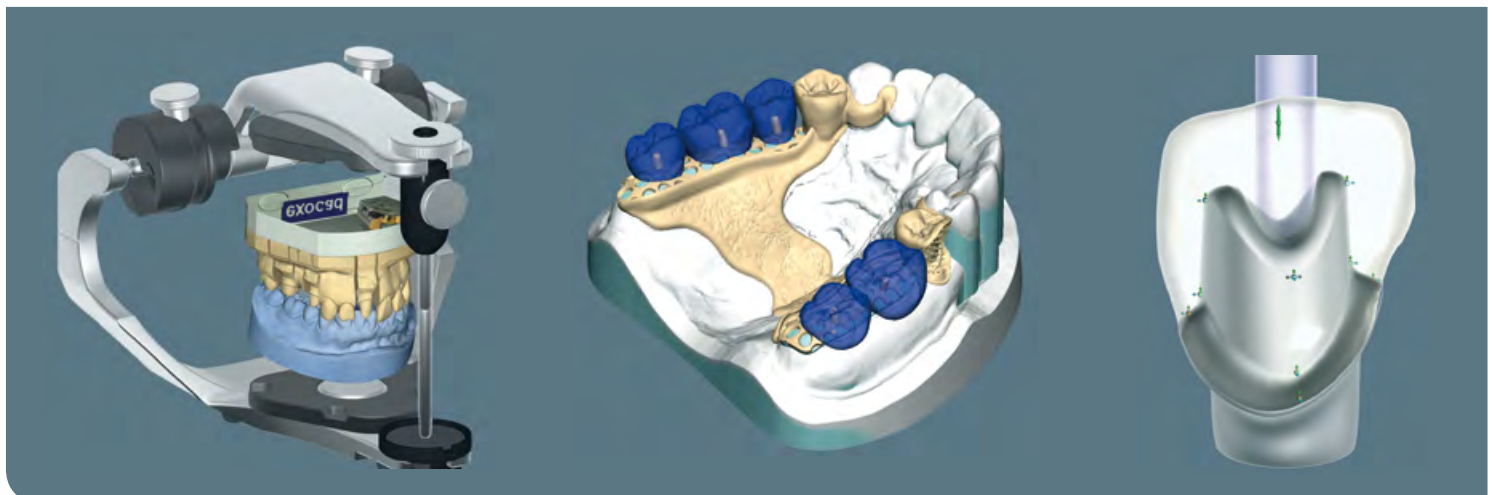
Erzielter Gesamtumsatz:

Umsatz der im Zeitraum 2008 – 2017 gegründeten aktiven Spin-offs im Jahr 2016: ca. 170 Mio Euro

Entstandene Arbeitsplätze:

Im Zeitraum 2008 – 2017 gegründete aktive Spin-offs haben 1798 Arbeitsplätze generiert

 www.fraunhoferventure.de



Spin-off aus Würzburg: Multiphoton Optics

Mit hochpräzisem 3D-Druck eroberet Multiphoton Optics den Markt. Die lasergestützte Technik generiert Strukturen mit einer Oberflächenqualität im Nanometer-Bereich. Das Start-up entstand als Spin-off aus dem Fraunhofer-Institut für Silicathforschung ISC. Unterstützt wurde die Gründung durch Fraunhofer Venture.

Text: Mehmet Toprak

Mix & Match – Integrierte Assemblierung in nur 1, 2, 3 Schritten zur kostengünstigen Herstellung von Linsensystemen. © MPO

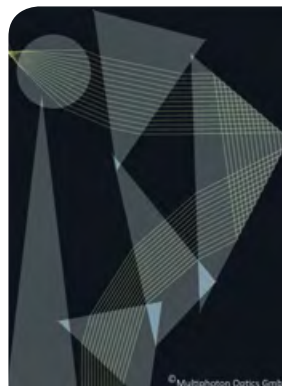


Best of Industry Award für MPO:
Dr. Alexander Krupp, Dr. Benedikt Stender,
Dr. Ruth Houbertz und Felix Kiesel freuen
sich (v.l.n.r.). © MPO



Oben: Dr. Alexander Krupp, Applikationsingenieur bei Multiphoton Optics, bei der Übergabe eines 3D-Druckers LithoProf3D® im neuen, vollintegrierten Design. Das Gerät wurde im Auftrag der MPO bei Heidelbergberger montiert.

Links außen: Das Rasterelektronenmikroskop zeigt ein vom 3D-Drucker LithoProf3D® gefertigtes Teil. Im Bild daneben ist die entsprechende Software-Simulation zu sehen. © MPO



Eine Erfolgsgeschichte: von der Abteilungsleiterin am Fraunhofer ISC zur Gründerin und Geschäftsführerin eines eigenen Unternehmens. Seit 2013 ist Dr. Ruth Houbertz mit der Multiphoton Optics GmbH in Würzburg führend auf dem Gebiet des hochpräzisen 3D-Drucks. Mit der Technik der Zwei-Photonen-Polymerisation lassen sich winzige Strukturen vom Nanometerbereich bis hin zu zentimetergroßen Strukturen aufbauen.

Zu dieser Erfolgsgeschichte gehört auch Fraunhofer Venture, die Abteilung der Fraunhofer-Gesellschaft, die dann zur Stelle ist, wenn es darum geht, vielversprechende Fraunhofer-Technologien mithilfe von Spin-offs oder Ausgründungen auf den Markt zu bringen.

So funktioniert die Ausgründung

Fraunhofer, bei Multiphoton Optics als Gesellschafter mit im Boot, steht gründungswilligen Mitarbeiterinnen oder Mitarbeitern in allen Phasen mit vielfältigen Unterstützungsleistungen durch Fraunhofer Venture zur Seite. Von der Ideenfindung über den Technologietransfer bis hin zur eigentlichen Ausgründung. Maximilian Frank, Mitarbeiter bei Fraunhofer Venture, bringt es auf den Punkt: »Wir verstehen uns in der Gründungsvorbereitung als Lotsen für die Institutskollegen und nach dem Start als Sparringspartner für die Gründer und das operative Management. Dabei sind wir mit betriebswirtschaftlicher und juristischer Expertise behilflich.«

Bei der Expertise allein bleibt es aber nicht. Die Spin-off-Spezialisten unterstützten die Ausgründung von Ruth Houbertz auch mit Geld aus Fraunhofer-Mitteln. »Daneben konnten wir Gelder vom Hightech-Gründerfonds, Bayern Kapital – dem Venture Capital Fonds des Freistaats Bayern – sowie verschiedenen Business Angels akquirieren«, sagt Frank.

Die Zwei-Photonen-Polymerisation

Was ist das Besondere an der Technologie von Multiphoton Optics? Im Zentrum steht die Zwei- oder Mehr-Photonen-Polymerisation. Dabei wird das Material mit einem ultrakurzgepulsten Laser beschossen. Dadurch wird eine chemische Reak-

tion, die Polymerisation ausgelöst, bei der reaktive Gruppen photochemisch reaktiver Polymere miteinander vernetzt werden. So lassen sich im additiven Verfahren Strukturen aufbauen. Die Technik ist so präzise, dass sogar Strukturen im Bereich von weniger als 100 Nanometern möglich werden. Gleichzeitig lässt sich die Größe jedoch enorm skalieren. »Wir sind weltweit das erste Unternehmen, das Arbeiten auf Waferskala von bis dato 6-Zoll-Wafern demonstriert hat«, erklärt Houbertz.

Anwendungen sind in vielen Bereichen möglich, beispielsweise der Sensorik, der Augmented/ Virtual Reality, Imaging und Illumination oder auch der Medizintechnik. So lassen sich damit beispielsweise winzige optische Linsen herstellen. Gesteuert wird der Schreibprozess mittels Ultrakurzpuls-Laser von der Software LithoStream3D, die einen mittels der Software LithoSoft3D erzeugten Steuerungscode abspielt. Das Software-Paket ist ebenso wie der hochpräzise 3D-Drucker LithoProf3D® eine Eigenentwicklung von Houbertz und ihrem Team, die bereits am Fraunhofer ISC ihren Anfang genommen hatte.

Industriekunden profitieren von der Flexibilität des Systems. Die Anlagen beherrschen das Verfahren auf Glas, Silizium, photonisch-integrierten Schaltungen (PIC), Metallen, Papier, Plastik oder auch auf Baugruppen und vormontierten Bauteilen wie Lasern oder LED. Nicht nur Größe, auch Fläche und Prozesse lassen sich skalieren. Automatisiert und mit nur wenigen Prozessschritten werden funktionale Strukturen hergestellt. Dadurch profitieren die Industriekunden ein weiteres Mal, denn so kann man signifikant Kosten bei gleichzeitiger Schonung der Umwelt einsparen.

Aufgrund der hohen Flexibilität und Präzision der 3D-Druck-Anlagen erhält das Spin-off inzwischen auch Anfragen von Forschungseinrichtungen und Universitäten. Vom Fraunhofer-Labor in die Industrie und zurück in die Wissenschaft. Hier schließt sich ein Kreis.

Von der Idee zum Unternehmen

Mit der Technik der Zwei-Photonen-Polymerisation beschäftigt sich Houbertz schon sehr lange:

»Insgesamt habe ich bereits 18 Jahre meines Lebens an diesem Thema gearbeitet, davon 13 Jahre am Fraunhofer ISC neben meiner eigentlichen Managementtätigkeit als Leiterin der Unit Optics & Electronics.« Von Anfang an hatte Houbertz eine zukünftige industrielle Anwendung im Blick. Da sie kein Unternehmen fand, das bereit war, die passenden Maschinen zu bauen, gründete sie kurzerhand selbst eines. »Ärmel hochkrempeln und selber machen. So entstand Multiphoton Optics«, erinnert sich die Wissenschaftlerin. Das 2013 gegründete Unternehmen zeigt positives Wachstum und hat derzeit zehn Mitarbeitende. Ende 2019 werden es wohl schon 15 oder 16 sein.

Beim schnellen Erfolg hat der exzellente Ruf der Fraunhofer-Gesellschaft geholfen. »Wenn ein Start-up Fraunhofer-Technologie im Gepäck hat, dann haben Investoren und Industriekunden Vertrauen, dass das junge Unternehmen auch mit seriösen Technologien ausgerüstet ist«, erklärt Venture-Spezialist Maximilian Frank.

Zu den Erfolgsgeheimnissen gehört sicher auch die ergebnisorientierte Herangehensweise. Treten bei der Entwicklung Hürden oder Probleme auf, dann halten sich Dr. Houbertz und ihr Team nicht lange damit auf. Sie werden schnell und pragmatisch gelöst oder einfach umgangen.

Doch nicht jedes Problem lässt sich mit Pragmatismus lösen. Houbertz wünscht sich für ihr Unternehmen mehr Frauen im Team. Aber es gibt zu wenig Bewerbungen. Sie verweist auf wissenschaftliche Studien, dass gemischte Teams bessere Ergebnisse bringen. »Wir sollten aufhören, ständig auf die Pseudo-Unterschiede zwischen Mann und Frau zu pochen. In der Forschung und der Arbeitswelt kommt eben jeder mit seinen eigenen Mitteln zu einem Ergebnis, egal ob Mann oder Frau.«

Und noch einen Wunsch will die Unternehmerin loswerden: »Ich wünsche mir, dass Deutschland innovationsfreudiger wird. Alles geht unheimlich langsam, da wird es Zeit, Barrieren, etwa der Bürokratie oder bei Genehmigungsverfahren, abzubauen.« Wie das gehen kann, dafür hat Ruth Houbertz mit ihrem Start-up ein schönes Beispiel geliefert. ■

3D-Darstellung – virtuell und doch so real

Im Studio in Babelsberg ist die »3D Human Body Reconstruction«-Technik bereits im Einsatz. © Stefan Kny



Eine neue Art des Geschichtenerzählens und -erlebens ist mit der 3D-Technik möglich. © Fraunhofer HHI



Die 32 Kameras sind an einer Lichtrotunde installiert. © BlacPic



Erlebbare gemachte Science-Fiction: Mit Virtual-Reality-Brille nicht länger nur gebannt vor einer Szene sitzen, sondern eintauchen und das Gezeigte erleben – die Arbeit einer Forschungsgruppe lässt diese Vision Wirklichkeit werden.

Text: Anika Abfalg

Ein Filmstar bewegt sich als Hologramm in den eigenen vier Wänden, man kann um ihn herumgehen und aus verschiedenen Perspektiven betrachten... Aberwitzige Zukunftsmusik? Noch im Jahr 2000 wurde Oliver Schreer für seine Vision oft belächelt, als tatsächliche 360-Grad-Abbildungen eines realen Objekts, also volumetrische Videoaufnahmen, noch reine Wunschvorstellung waren. Das Vorhaben, virtuell begehbare, realitätsgetreue Aufnahmen zu schaffen, trieb die Forschungsgruppe »Immersive Media & Communication«, geleitet von Dr. Oliver Schreer und Ingo Feldmann am Berliner Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut HHI, voran.

Mit ihrer Stereobildanalyse beschrieben sie die geometrischen Beziehungen zweier Kamerabilder des gleichen Objekts – eine wichtige Grundlage der 3D-Berechnung. Sukzessive kamen mehr Kameras hinzu: Aktuell sind es insgesamt 32, deren Bilder die Technologie des Fraunhofer HHI mit

dem Namen »3D Human Body Reconstruction« zu einer 3D-Darstellung integriert. Seit Juni 2018 ist die Technik auch für den freien Markt verfügbar – im volumetrischen Studio der Volucap GmbH in Potsdam. »Dass das so einschlägt und wir dieses kommerzielle Studio eröffnen und mit Firmen wie Microsoft konkurrieren, hätte ich mir nicht erhofft«, freut sich Schreer.

Mit ihrer hohen Auflösung und angeordnet als 16 Stereosysteme fangen die 32 Kameras, anders als bei computeranimierten Darstellungen, realitätsgetreu die Mimik und sogar leichte Bewegungen von Kleidungsstücken ein. Dies birgt jedoch Herausforderungen, denn es entsteht eine riesige Datenmenge. Jede einzelne Kamera arbeitet mit einer Auflösung von 20 Megapixeln, zehn Mal mehr als in konventionellen Full-HD-Videos. Pro Minute entstehen insgesamt 1,6 Terabyte Daten – zu viel für eine direkte Verwendung. »Man braucht den Verarbeitungsprozess dahinter, der mit diesen Daten umgehen und die wirklich notwendigen Informationen aus den Daten rausholen kann«, erklärt Schreer.

Kernstück ist die dreidimensionale Videoanalyse, welche die 3D-Information aus allen Perspektiven berechnet. Letztere wird dann zu einer geschlossenen 3D-Punktwolke fusioniert und in ein Drahtgittermodell überführt. So gelingt es, die Geometrie und Textur der sich bewegenden Person sehr kompakt und in höchster Qualität abzubilden. Das auf diese Weise entstehende datenschlanke 3D-Modell wird weiterbearbeitet und kann in

jede gängige 3D-Grafik-Software zur Erzeugung von virtuellen Welten integriert werden.

Real wie nie zuvor

Mithilfe der von der Forschungsgruppe entwickelten Technologie wirken Virtual Reality und Augmented Reality noch realer: Zuschauende erleben gemeinsam mit den im volumetrischen Studio aufgenommenen Personen Abenteuer und Geschichten aus ganz neuen Blickwinkeln.

Für Schreer ist die Anwendung der Aufnahmen jedoch nicht nur im Bereich der Unterhaltung interessant. Sie eignen sich auch dafür, historische oder vergängliche Orte und Personen für ein großes Publikum erfahrbar zu machen und der Nachwelt zu erhalten. Man erkundet so etwa Stätten des Weltkulturerbes oder begegnet der Realität nachempfundenen historischen Personen, beispielsweise den Einwohnern der virtuell wiederaufgebauten Stadt Palmyra oder den Inka in Machu Picchu.

Ein weiterer relevanter Aspekt von Schreers Vision: Live-3D-Videos. In einem System mit acht Kameras und einer geringeren Auflösung ist es seinem Team bereits heute möglich, 3D-Videos in Echtzeit zu übertragen. In Zukunft könnten Konferenzen womöglich in virtuellen Räumen stattfinden, in denen sich Teilnehmende begegnen und austauschen, während sie eigentlich mit einer VR-Brille an ihren weit voneinander entfernten Arbeitsplätzen sitzen. ■

Innovationen made by Fraunhofer

**70 JAHRE
ZUKUNFT**
#WHATSNEXT

Weltrekorde: Umwandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie

Szenarien von Energiesystemen weisen übereinstimmend Photovoltaik neben Wind als zentrale Säule der zukünftigen Energieversorgung aus. Dank des technologischen Fortschritts sowie Skalen- und Lerneffekten fielen die Kosten für Solarstrom seit 2006 um 75 Prozent. In Deutschland kann heute konkurrenzfähig Energie aus Photovoltaikkraftwerken für vier bis fünf Eurocent pro Kilowattstunde geliefert werden. Das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE leistet als größtes europäisches Solarforschungsinstitut hierzu schon viele Jahre einen wesentlichen Beitrag.

Seit seiner Gründung 1981 erzielt das Institut immer neue Effizienzrekorde für Solarzellen und trägt zum weltweiten Erfolg der Photovoltaik bei: So hält es seit 2017 mit 22,3 Prozent den Weltrekordwirkungsgrad für multikristalline Siliciumsolarzellen. Ebenso verhält es sich mit dem absoluten Weltrekord für die Wandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie von 46,1 Prozent. Diesen erreichten die ISE-Fachleute mit einer Mehrfachsolarzelle auf Basis von III-V-Halbleitern unter konzentrierter Sonnenlichteinstrahlung.

Weltrekord für die Wandlung von Sonnenlicht in elektrische Energie, eine Mehrfachsolarzelle auf Basis von III-V-Halbleitern, Wirkungsgrad 46,1 Prozent. © Fraunhofer ISE



Die weiße LED revolutioniert die Beleuchtungsindustrie

Als Prof. Jürgen Schneider vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF eine seiner ersten Weißlicht-LEDs einem Kunden präsentierte, verkannte dieser sie als »merkwürdige Büroklammer« und entsorgte sie. Dabei ebnete diese Erfindung den Weg für kostengünstige, energieeffiziente und langlebige Weißlicht-LEDs, wie sie heutzutage aus der Automobilindustrie, Straßen- und Raumbelichtung nicht mehr wegzudenken sind.

Bereits 1995 gelang es dem inzwischen verstorbenen Prof. Schneider gemeinsam mit seinem Team am Fraunhofer IAF, weißes Licht mit nur einem Leuchtdiodenchip zu erzeugen. Vorher war dies nur durch die Mischung dreier einfarbiger Leuchtdioden mit aufwändiger Regelung möglich.

Das Fraunhofer IAF forscht auch weiterhin an effizienter und zuverlässiger LED-Beleuchtung und entwickelt adaptive LED-Module, die sich beispielsweise dem Biorhythmus des Menschen anpassen.

LEDs gibt es inzwischen in allen Farben. Sie sind besonders energieeffizient, langlebig und nicht mehr aus der Automobilindustrie, Straßen- und Raumbelichtung wegzudenken. © Fraunhofer IAF



»Wir brauchen eine digitale Aufklärung«



Prof. Ina Schieferdecker
© Fraunhofer Fokus

Prof. Ina Schieferdecker ist eine Powerfrau. Die Mathematikerin und Informatikerin leitet zusammen mit Prof. Manfred Hauswirth das Fraunhofer-Institut für offene Kommunikationssysteme FOKUS, ist Inhaberin des Lehrstuhls für Quality Engineering of Open Distributed Systems an der TU Berlin und Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung zu globalen Umweltveränderungen. Seit September 2017 steht sie zudem als eine von drei Gründungsdirektoren dem Weizenbaum-Institut für die vernetzte Gesellschaft vor, für dessen Schaffung sie sich erfolgreich einsetzte. In dem

Verbundprojekt, das in der Hoffnung auf Verstärkung bereits jetzt den Namen Institut trägt, forschen rund 120 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der Informatik, den Geistes-, Sozial-, Wirtschafts- und Rechtswissenschaften zu gesellschaftlichen Veränderungen, die die fortschreitende Digitalisierung mit sich bringt.

Weiter.vorn sprach mit Prof. Schieferdecker über die größten Herausforderungen des digitalen Wandels, weit verbreitete Ängste und die Notwendigkeit einer digitalen Aufklärung.

Frau Prof. Schieferdecker, warum braucht Deutschland ein Internet-Institut?

Weil es bisher stark an der kritischen Reflexion zu gesellschaftlichen Implikationen der Digitalisierung fehlt. Wir haben daher bewusst einen Schwerpunkt auf die Gesellschaftswissenschaften gelegt und den Internetpionier Joseph Weizenbaum als Namensgeber gewählt. Weizenbaum hat bereits sehr früh und sehr entschieden an Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler appelliert, verantwortungsvoll mit ihren Entwicklungen umzugehen und von vornherein die möglichen gesellschaftlichen Folgen zu bedenken.

Auf welche gesellschaftlich drängenden Fragen versuchen die 20 interdisziplinären Forschungsgruppen am Institut Antworten zu finden?

Die Gruppen verteilen sich auf sechs große Themenbereiche: Arbeit und Innovation, Verträge und Verantwortung auf digitalen Märkten, Governance und Normsetzung, Technikwandel, digitale Bildung, Partizipation und Öffentlichkeit. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersuchen beispielsweise im Einzelnen, ob die gelebte Praxis des Verkaufs privater Daten hingenommen, unterstützt oder verhindert werden soll oder wie Social Bots und Fake News das Medienverhalten verändern. Eine Forschungsgruppe geht der Frage nach, was die Digitalisierung der Arbeitswelt für Beschäftigte in Industrie, Logistik und dem Dienstleistungssektor bedeutet.

Eine Frage, die viele Menschen umtreibt. Ist ihre Angst berechtigt, bald überflüssig zu werden, weil Maschinen einen Großteil der Arbeit übernehmen?

Ja und nein. Ich glaube, dass sich viele Berufe dramatisch verändern werden, selbst in der Wissenschaft. Einige Berufsgruppen werden verschwinden. Das ist in der Menschheitsgeschichte nicht neu: Seit der ersten industriellen Revolution sind wir in einem Umbruchprozess, die Automatisierung nimmt zu. Die Digitalisierung ist nur ein weiteres, sehr mächtiges Mittel, diesen Prozess fortzusetzen. Im Zuge dessen werden einige Berufe nicht nur überflüssig, sondern es entstehen auch neue. Die Sozialpartner sind sich der Herausforderung bewusst und arbeiten darauf hin, das Solidarprinzip in einer vernetzten Gesellschaft zu bewahren.

Worin liegen die größten Herausforderungen des digitalen Wandels jenseits der Arbeitswelt?

In der Nachhaltigkeit. Erst mal müssen wir sozusagen den Planeten sichern, dann können wir weitersehen. Digitalisierung muss genutzt werden, um die Nachhaltigkeitsziele zu erreichen.

Sie beschäftigen sich in Ihrer Forschung mit der Sicherheit von digitalen Systemen und der Stärkung ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber Störungen, Ausfällen oder Angriffen. Wie lassen sich Risiken frühzeitig erkennen?

Das ist schwierig. Keine Technik ist ohne Risiko. Die Risiken, die mit Informations- und Kommunikationstechnologie verbunden sind, werden jedoch leider zu oft unter dem Tisch gehalten. Man sollte transparent mit Unfällen und Ausfällen im Digitalen umgehen. Über das Teilen dieser Informationen können digitalisierte Systeme schneller zuverlässig entwickelt werden. Ich plädiere daher für eine Ausweitung der Meldevorschriften des IT-Sicherheitsgesetzes. Bisher müssen Angriffe auf die Systeme gemeldet werden, nicht aber Ausfälle bezüglich der funktionalen Sicherheit (Safety). Wenn Ausfälle passieren, ist das schlimm genug. Es ist aber wichtig, aus ihnen schnell und umfassend zu lernen.

Wie lassen sich Risiken begrenzen?

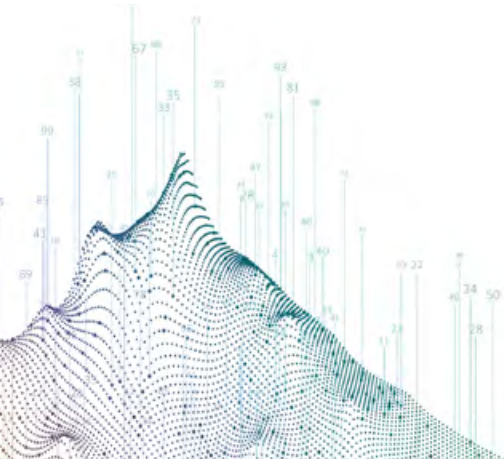
Die Gesellschaft muss erkennen, dass Digitalisierung abgesichert werden muss und dass diese Absicherung auch kostet. Kostenlos, aber trotzdem sicher, zuverlässig und unter Wahrung des Datenschutzes – das gibt es nicht! Wenn schnell zusammengeschusterte Minimalvarianten ungeprüft als Produkte auf den Markt kommen und der Nutzer zum Tester gemacht wird, dann läuft etwas falsch. Und wenn das in sicherheitskritischem Kontext passiert, ist es unverantwortlich. Auch ein Flugzeug fliegt nicht ohne diverse Zertifizierungen technologischer, prozessualer und sicherheitstechnischer Art. Durch die zunehmende Vernetzung erfahren kritische Infrastrukturen auch neue digitale Zugänge und Verlängerungen bis in dato unkritische Bereiche. Die Gesellschaft muss bereit sein, für eine angemessene Absicherung aufzukommen und diese einzufordern.

Wenn Bürgerinnen und Bürger Regulierung einfordern und Entscheidungen treffen sollen, brauchen sie dafür ein solides Grundwissen über Digitalisierung. Brauchen wir eine digitale Aufklärung?

Ja, die brauchen wir unbedingt. Es reicht nicht zu wissen, wie man Word oder Excel bedient. Die Menschen müssen verstehen, was sich für Optionsräume mit automatisierten Entscheidungen und Entscheidungshilfen ergeben. Es müssen nicht nur Grundprinzipien der Digitalisierung vermittelt werden, sondern auch ihre Anwendungen und gesellschaftlichen Implikationen.

Welche Technologien, glauben Sie, werden die Welt in Zukunft am meisten verändern?

Neben Digitaltechnologien Bio- und Materialtechnologien, denn zusammen sind sie Grundlage für bald jede Innovation. ■



Data Science von Experten lernen

Datenbergen Herr zu werden und wertvolle Ergebnisse aus ihnen zu ziehen, ist alles andere als einfach. Zertifizierte Kurse der Fraunhofer-Allianz BIG DATA AI liefern das notwendige Know-how.

Text: Janine van Ackeren

Daten sind ein neues Wirtschaftsgut: Egal ob wir in der Drogerie die Payback-Karte zücken, etwas online bestellen oder im Internet surfen – wir hinterlassen unsere Datenspur bei den jeweiligen Unternehmen. So bieten uns etwa Musikprovider Empfehlungen an, die auf unseren Musikgeschmack zugeschnitten sind. Was Datengiganten wie Google und Co. bis ins Kleinste beherrschen – nämlich dem Nutzer aus dem Wust gesammelter Daten sinnvolle

beteiligt sind, genauer gesagt die »Data-Scientist-Schulungen«, an deren Ende eine Zertifikatsprüfung steht. Während der Basis-Kurs »Certified Data Scientist Basic Level« Überblickswissen verschafft, lernen die Teilnehmenden in den Kursen »Certified Data Scientist Specialized in Data Analytics/Scientific Data Management/Machine Learning«, wie man Methoden in einem Spezialgebiet anwendet, und erhalten einen Einblick in Theorie und mathematische Grundlagen. Wer



In verschiedenen Fraunhofer-Kursen lernen angehende Data Scientists, worauf es bei der Datenanalyse und -verarbeitung ankommt. © Fraunhofer IAIS/ Maximilian Waidhass

Informationen zusammenzustellen, etwa bei der Routenplanung – ist in anderen Branchen erst am Anfang. Doch wird die Analyse großer Datenmengen zunehmend wichtiger. Etwa in der Industrie: Durch die Analyse von Sensordaten in der Produktion lassen sich Fehler frühzeitig erkennen und Ausfälle verhindern. Wie kann man sich also für die Zukunft wappnen und sich vom reinen Anwender von Verarbeitungsprogrammen zum Datenspezialisten mausern?

Zertifizierte Kurse zum Data Scientist

Eine Möglichkeit dazu bieten Weiterbildungskurse der Fraunhofer-Allianz Big Data und Künstliche Intelligenz, an der 32 Fraunhofer-Institute

noch tiefer in die Materie einsteigen möchte, kann sich auf dem Niveau des Advanced Levels und des Senior Levels zertifizieren lassen, sofern er praktische Projekterfahrung als Data Scientist nachweisen kann.

Auf dem Fraunhofer-Campus Schloss Birlinghoven nahe Bonn startet der Kurs »Data Scientist Specialized in Data Analytics«. Dieser richtet sich an Fachleute mit Grundkenntnissen im Bereich Statistik und erster Programmiererfahrung, der Kurs soll wesentliche Grundlagen der modernen Datenanalyse vermitteln. Für die praktischen Übungen kommt die freie Software KNIME zum Einsatz, auch die Programmiersprache Python wird vorgestellt und eingeübt. Nach der Schulung sollen die Teilnehmenden erste eigene Analyse-

fragestellungen bearbeiten und den Nutzen von maschinellen Lernverfahren bewerten können.

Also los! Im Seminarraum liegen dicke Ordner auf jedem Platz für die 15 Teilnehmenden bereit. Birgit Kirsch, Referentin, wissenschaftliche Mitarbeiterin und Doktorandin am Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS, widmet sich vor allem der Frage: Wie kann man verstehen, wovon ein Text handelt, und gezielt relevante Informationen extrahieren? Ihr Kollege Daniel Trabold, Mitglied im Fraunhofer-Fachausschuss Data Science, promoviert ebenfalls am IAIS. Seine Arbeit zur Analyse von Datenströmen steckt bereits in den Endzügen, wie er schmunzelnd verrät. Er erklärt, was sich hinter dem Begriff Data Scientist verbirgt und wo die Aufgaben liegen. Data Scientists werden überall gebraucht, in der Landwirtschaft – etwa

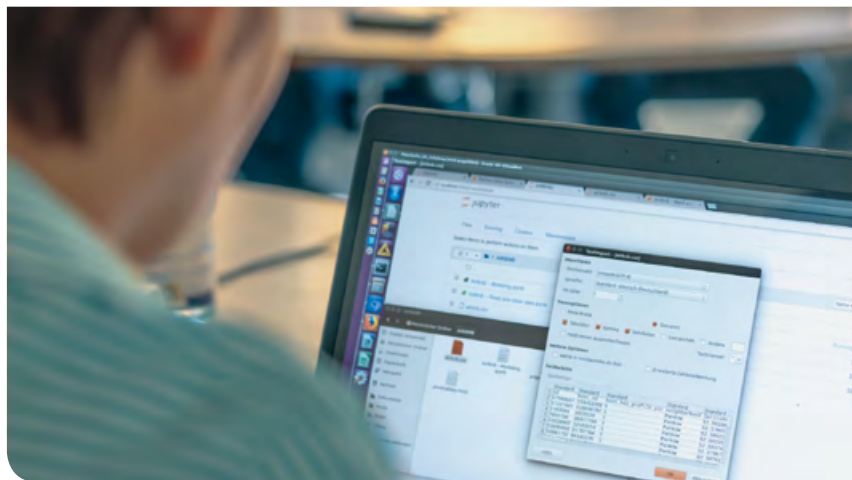
Datenanalyse«, sagt er bei der anschließenden Vorstellungsrunde. Sein Nachbar erklärt: »Ich bin seit 22 Jahren Portfolio-Manager für Aktien. Jedoch werden Data Scientists zunehmend zur Konkurrenz. Der Kurs soll mir helfen, die Möglichkeiten der Data Science ebenfalls nutzen zu können. Was ist in diesem Bereich möglich?« Zwei Risikomanager einer Rechtsschutzversicherung schließen sich ihm an: Sie versprechen sich ebenfalls einen Überblick über die Methoden und Anwendungen. Ein Wirtschaftsinformatiker, Consultants, Mitarbeiter von Automobilherstellern vervollständigen die Runde.

Wozu Datenanalyse? Zwei prominente Beispiele

Die Referentin bietet zunächst einen Einblick in die Geschichte der Datenanalyse. »In den

zu verdanken. Er startete 1997 mit der Idee, als Online-Videothek Filme zu verteilen – und stieg 2007 ins Streaming-Geschäft ein. Im Laufe der Zeit erhob Netflix zahlreiche Daten dazu, welche Nutzer welche Filme oder Serien mögen – die Nutzerzahl beträgt weit über 100 Millionen. Auf Basis dieser Daten stieg Netflix selbst ins Produktionsgeschäft ein: Heraus kam die erfolgreiche Serie »House of Cards«, wie Kirsch erzählt.

Daten zu analysieren, um darin Muster und Zusammenhänge zu entdecken, ist keineswegs neu, erläutert Trabold weiter: So generierte beispielsweise der ENIAC-Computer bereits 1950 erste Wettervorhersagen. Viele der Verfahren, die bereits in den 60ern oder 70ern entwickelt wurden, konnten aufgrund fehlender Rechenleistung allerdings nicht praktikabel eingesetzt



um das Düngemittel möglichst effizient aufbringen zu können – ebenso wie beim Maschinenbau, wenn es etwa darum geht zu bestimmen, ob Werkzeuge noch scharf sind und glatte Kanten produzieren oder bereits stumpf.

Hoffnungen und Wünsche der Teilnehmer

Unauffällig blicken die künftigen Experten in die Runde: Wer hat sich hier eigentlich an dem großen Semintisch versammelt, um sich zum zertifizierten Data Scientist weiterzubilden? Den Kurs besucht unter anderem ein Mitarbeiter einer großen Supermarktkette. »Ich bin für die Prüfung der Warenkette verantwortlich – und erhoffe mir einen Einblick in die Tools der

90er-Jahren versuchte unter anderem Yahoo, eine Art Gelbe Seiten fürs Internet zu erstellen. Dabei wurden die Seiten mit Schlagworten versehen«, erzählt Birgit Kirsch. »Zwei Promotionsstudenten der Universität Stanford schlugen jedoch einen anderen Weg ein: Sie analysierten die Verknüpfungsstrukturen. Sie entwickelten einen Algorithmus, der zählt, wie viele Seiten auf eine Seite verweisen und auf wie viele andere Seiten wiederum diese Seite verweist – den PageRank-Algorithmus – und veränderten damit die Welt.« Denn: Der Algorithmus mit dem sperrigen Namen bildet die Basis für die Suchmaschine Google.

Auch der Streaming-Dienst Netflix hat einer rein datengetriebenen Entscheidung große Erfolge

werden. So erlebten die neuronalen Netze den großen Durchbruch erst Jahrzehnte später.

Data Science ist Teamarbeit

Mittlerweile haben sich die Verfahren, die man in der Datenanalyse verwendet, stark weiterentwickelt. Es gibt kaum einen Bereich, wo sie nicht im Einsatz ist – Tendenz stark steigend. Womit also müssen sich angehende Data Scientists auseinandersetzen? »Sie müssen programmieren können, brauchen mathematisches und statistisches Know-how und Fachexpertise«, sagt die Referentin. Sieht man da erschrockene Gesichter? Doch sofort nimmt sie die Anspannung. »Niemand hat genug Know-how, um alle drei Bereiche abdecken zu können. Daher gilt: Data Science ist Team-Arbeit!« ■

Die Datendetektive

Big Data Analytics, Predictive Analytics, Deep Learning und Mobility Mining – es dürfte kaum einen Fachbegriff aus dem Bereich Datenanalyse und Maschinelles Lernen geben, den Dr. Dirk Hecker nicht bis ins Kleinste kennt. Als Geschäftsführer der Fraunhofer-Allianz Big Data und Künstliche Intelligenz und stellvertretender Institutsleiter des Fraunhofer-Instituts für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS hat er auch die Weiterbildungsangebote der Allianz zum Thema Data Scientist im Blick.

Interview: Janine van Ackeren

Dr. Dirk Hecker, Geschäftsführer der Fraunhofer Allianz BIG DATA AI weiß, dass Data Scientists in Deutschland »Mangelware« sind – und widmet sich daher unter anderem ihrer Ausbildung.
© Fraunhofer IAIS



Herr Hecker, den meisten Menschen dürfte der Begriff »Data Scientist« nicht viel sagen. Wofür werden diese Fachleute gebraucht?

War man vor zehn Jahren auf einem Konzert, haben dort alle getanzt. Nun halten die Besucher vielfach ihr Handy hoch, um das Ganze digital mitzuschneiden. Eine solche Digitalisierung spiegelt sich in allen Bereichen der Gesellschaft wider – seit 2003 hat die Zahl der digitalen Daten die der analogen überholt. Und noch mehr als das: Die Menge der digitalen Daten nimmt exponentiell zu, die Daten verdoppeln oder verdreifachen sich jedes Jahr. Um dieser Datenmenge Herr zu werden, brauchen wir Fachleute, die sich mit den aktuellen Datenanalysetools auskennen – Data Scientists. Ihre Zahl

wächst leider nicht annähernd so schnell wie die Datenberge. Große deutsche Unternehmen suchen beispielsweise jeweils dreistellige Anzahlen an Data Scientists.

Worin besteht die konkrete Aufgabe von Data Scientists?

Man könnte sagen: Data Scientists sind Datendetektive, die in den Daten nach ganz neuen Zusammenhängen suchen. Schaut man sich das Profil von Data Scientists näher an, klingt das eher nach einer eierlegenden Wollmilchsau: Sie müssen gute Analytiker sein, mathematische Kenntnisse besitzen und Programmiersprachen wie Python und R beherrschen. Sie unterstützen Business Developer und Fachleute aus der Anwendung und überlegen mit ihnen gemeinsam, welche Fragen man mit vorhandenen Daten beantworten könnte. Sie sind Daten-Manager, kümmern sich um die Qualität der Daten und reichern sie mit ergänzenden Informationen an. Als Datenanalysten entwickeln sie aus den Daten statistische Vorhersagemodelle und als Systemarchitekten kümmern sie sich um eine skalierbare Rechnerinfrastruktur – denn um viele Daten schnell zu verarbeiten, müssen sie auf viele Geräte verteilt werden. Kurzum: Die Bandbreite, die Data Scientists abverlangt wird, ist gigantisch. Eine Person alleine kann das gar nicht leisten, daher ist Data Science immer Teamarbeit.

Welche Aussagen können Data Scientists aus den Datenbergen gewinnen?

Nehmen wir einige Beispiele. Autos sind mittlerweile rollende Smartphones – mit Sensoren, GPS und UMTS-Karte. Ihre Standortdaten werden für Stauprognosen in Echtzeit genutzt. Landwirtschaftliche Geräte sind mit Sensoren bestückt, die jeden Quadratmeter Acker überwachen. So können etwa Saatgut-Hersteller Landwirten aufgrund von Wetter- und Bodendaten beim Kauf von Saatgut eine Ertragsgarantie für die Ernte geben – ein entscheidender Wettbewerbsfaktor. Sprachassistenten verstehen uns heute so gut, weil sie aus den Sprachdaten vieler Nutzer gelernt haben. Und auton-

me Autos verstehen den Verkehr, weil sie aus den Bild- und Sensordaten großer Flotten gemeinsam lernen.

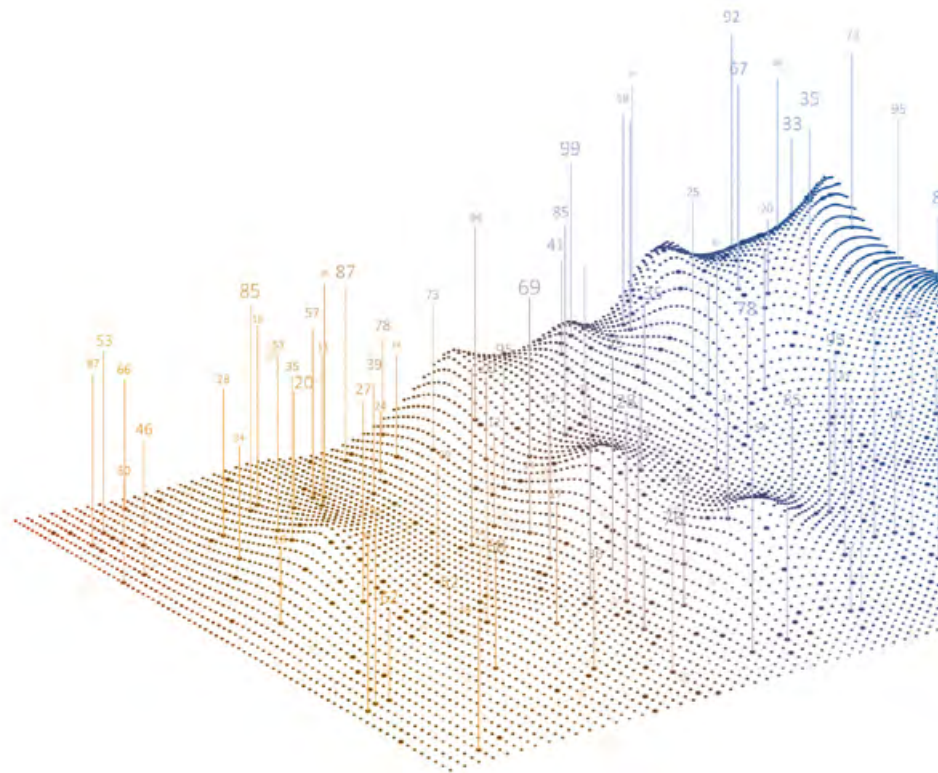
Warum ist die Ausbildung von Data Scientists so wichtig?

Deutschland baut die besten Sensoren und Maschinen, aber wir haben uns viel zu wenig um die Analyse und Nutzung der daraus entstehenden Daten gekümmert. Mittlerweile gilt allerdings: Wer mehr Daten hat, kann die intelligenteren Geräte und besseren Services entwickeln. Darum heißt es ja, Daten sind das neue Öl, also die wertvollste Ressource. Und Data Scientists sind die neuen Ingenieure. Etwa beim Autobau: Heute werden chinesische Autos nicht mehr belächelt. Entscheidend beim Kauf ist der bessere Service, zuerst bei Navigationsgeräten und bald beim autonomen Fahren. Bisher haben wir Deutschen versäumt, die entsprechenden Daten zu sammeln und zu nutzen. Wenn wir nicht von China und den USA überrollt werden wollen, brauchen wir in Deutschland daher dringend mehr Daten, Analytik und Services. Sonst sind wir in Zukunft umgeben von einer ausländischen digitalen Infrastruktur.

Außerdem müssen wir die Souveränität über unsere Daten zurückgewinnen. Nur wenn wir die Systeme selber programmieren, können wir auch unsere ethischen und gesellschaftlichen Vorstellungen einbringen – eine deutsche, europäische Vorstellung. Wollen wir diese in sprach- oder bildverarbeitenden Produkten – also intelligenten Assistenten und Robotern – realisiert sehen, müssen wir jetzt tätig werden und Alternativen entwickeln. Die Zeit drängt: China möchte 2030 Weltmarktführer im Bereich der Künstlichen Intelligenz sein, das ist brisant. Daten sind das Fundament der Künstlichen Intelligenz, und es braucht Data Scientists, um die Daten nutzen zu können.

Die Fraunhofer-Allianz BIG DATA AI bietet verschiedene Zertifikatskurse zum Data Scientist an. Wie kam es dazu, und was zeichnet diese Kurse aus?

Die Nachfrage nach Data Scientists ist gigantisch: Die Hochschulen und Universitäten kommen mit ihrer Ausbildung gar nicht hinterher. Außerdem fehlt ihren Absolventinnen und Absolventen das Branchenwissen. Seit 2013 bietet die Fraunhofer-Allianz BIG DATA AI daher ein umfassendes Schulungsprogramm zum Data Scientist an, mittlerweile das größte Studienprogramm der Fraunhofer Academy. Pro Jahr nehmen etwa 800 Menschen daran teil – Tendenz steigend. Als Einstieg wird oft der Kurs zum »Certified Data Scientist Basic Level« gebucht. Er vermittelt Überblickswissen und schafft eine gemeinsame Sprache zwischen Datenmanagern, Systemarchitekten und Datenanalysten. Für das Zertifikat »Data Scientist Advanced Level« kann zwischen verschiede-



nen Vertiefungen gewählt werden. Der neueste Spezialkurs vermittelt aktuelle Methoden des Maschinellen Lernens und ihre Anwendung in den Bereichen Bildverstehen, Textverstehen und Robotik. Für das Zertifikat muss man die anschließende Prüfung bestehen und Berufserfahrung nachweisen. Im Senior Level klettert man noch einmal eine Stufe höher: Hier gilt es, eine Studienarbeit anzufertigen.

Welche Voraussetzungen brauchen die Teilnehmenden?

Positiv ist ein naturwissenschaftliches Studium. Man sollte keine Angst vor dem Programmieren und vor Formeln haben – und Spaß an der Datenanalyse. Es lohnt sich: Während in den 70er-Jahren der Pilot und in den 90ern der Schönheitschirurg der »sexiest Job des Jahrzehnts« war, ist es heute der Data Scientist. ■

Unübersichtlich? Data Scientists entlocken solchen und anderen riesigen Datenmengen wichtige Informationen und Zusammenhänge. © Fotolia

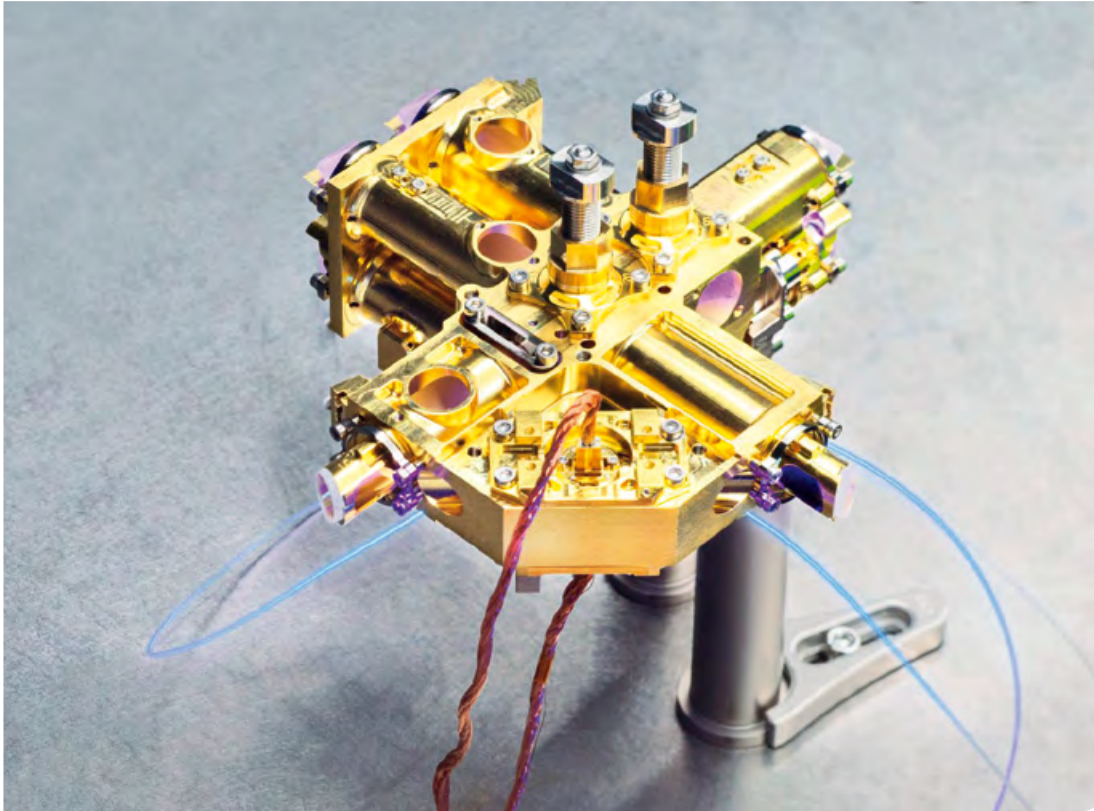
Fraunhofer Academy

Die Fraunhofer Academy ist die Weiterbildungseinrichtung der Fraunhofer-Gesellschaft: Sie bietet berufsbegleitende Studiengänge, Zertifikatsprogramme und Seminare basierend auf Fraunhofer-Know-how an. Das Angebot gliedert sich in fünf Themenbereiche: Energie und Nachhaltigkeit, Logistik und Produktion, Information und Kommunikation, Fertigungs- und Prüftechnik, Technologie und Innovation.

 www.academy.fraunhofer.de

 www.bigdata.fraunhofer.de

Mit Lichtquanten Daten sichern

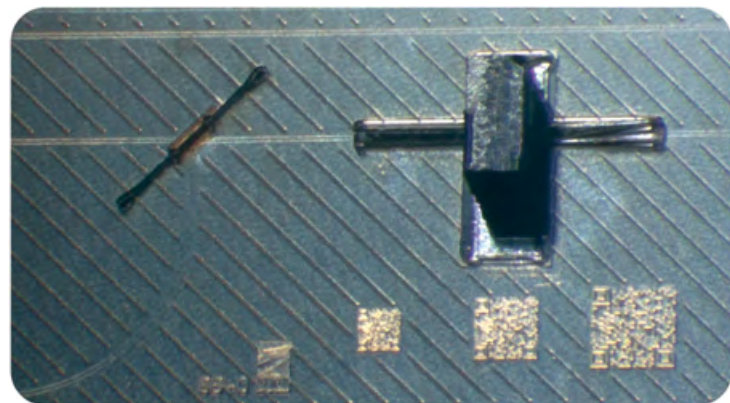


Die Quantenquelle vom Fraunhofer IOF erzeugt verschränkte Lichtquanten und sendet sie von einem Satelliten auf die Erde. Dort dienen sie der sicheren Schlüsselverteilung bei der Verschlüsselung von Daten. © Fraunhofer IOF

Mithilfe winziger Komponenten auf einer mikrooptischen Bank verbindet das Fraunhofer HHI die Vorteile von Freistrahloptik und integrierter Optik. © Fraunhofer HHI

Wenn Quantencomputer den Durchbruch geschafft haben, muss Sicherheit neu gedacht werden. Denn viel zu leicht lassen sich dann bisherige Verschlüsselungsmechanismen aushebeln. Nun gibt es vielversprechende Ansätze für sichere Kommunikation im Quantenzeitalter.

Text: Mandy Bartel



Die Quantentechnologie bietet viele neuartige Möglichkeiten für die digitale Gesellschaft. Doch tun sich dadurch auch neue Risiken auf – etwa wenn Quantencomputer mathematische Verschlüsselungsverfahren quasi nebenher knacken. Mit Quantenkommunikation lässt sich der Wettlauf um die Souveränität über unsere Daten gewinnen. Das Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut HHI in Berlin und das Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF in Jena verfolgen zwei unterschiedliche Herangehensweisen, um sensible Kommunikation zu sichern. Beide basieren auf dem gleichen Prinzip und ergänzen sich in ihren Anwendungsbereichen.

Das Grundprinzip hinter der Quantenkommunikation

Mithilfe eines nichtlinearen Kristalls, auf den ein Laserstrahl trifft, erstellt eine Quantenquelle unzählige Photonenpaare. Diese Zwillingphotonen sind miteinander verschränkt. Das heißt: Unabhängig davon, wie weit sie voneinander entfernt sind, besitzen beide die gleiche elektromagnetische Polarisation. Misst man die des einen Teilchens, kennt man damit automatisch die des anderen. Einstein bezeichnete diesen Effekt einst als »spukhafte Fernwirkung«. Darauf basierend lassen sich Schlüssel erzeugen und verteilen, die dem Sender und Empfänger sofort verraten, wenn jemand versucht, ihre Kommunikation abzuhören. Denn greift jemand Unbefugtes ein, verfällt die Verschränkung und der Zugriff ist nachweisbar. Für einen Schlüssel werden dabei immer mehrere Photonenpaare benötigt.

Quantenkommunikation für jedermann

Bezahlbare Quantenkommunikation für den Massenmarkt ist das Ziel des Forscherteams um Moritz Kleinert vom Fraunhofer HHI. »Wir entwickeln miniaturisierte, quantentaugliche Komponenten, die sich zu Hause einfach in den Router einbauen lassen. Als Basis dafür dient unsere Integrationsplattform PolyBoard«, erklärt der Forscher die Herangehensweise des Fraunhofer HHI, um möglichst kleine und robuste Bauteile zu erstellen: Die zur Verschränkung der Photonen benötigten Kristalle verbinden die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit millimetergroßen, integrierten optischen Chips. Auf einer mikrooptischen Bank bauen sie kleine Linsen ein, die Freistrahlsbereiche schaf-

fen. »Mit diesem Ansatz lassen sich die Vorteile der Freistrahloptik und der integrierten Optik miteinander verbinden«, erklärt Projektleiter Kleinert. Zudem werden die Chips so designt, dass die Verluste an Photonenpaaren möglichst gering sind.

Die Kosten der Herstellung lassen sich in erster Linie dadurch reduzieren, dass aufgrund der minimalen Größe mehr Chips auf einem Wafer Platz haben. Je kleiner also die Chips, desto weniger Wafer werden benötigt, desto günstiger ist die Produktion. Zudem lassen sich die Kosten noch weiter durch eine schnelle automatisierte Aufbau- und Verbindungstechnik senken, denn die Montage ist laut Kleinert einer der größten Kostenfaktoren in der Photonik.

Verschiedene Perspektiven eröffnen neue Chancen

Das ehrgeizige Unterfangen ist Teil des Horizon-2020-Projekts »UNIQUORN – Affordable Quantum Communication for Everyone: Revolutionizing the Quantum Ecosystem from Fabrication to Application« und des neuen EU-Flagships Quantentechnologie. Ziel des EU-Projekts ist es, komplexe photonische Systeme, die derzeit optische Aufbauten in der Größe von Metern benötigen, auf millimetergroßen Chips unterzubringen. Damit sollen nicht nur Dimension und Kosten reduziert, sondern auch Robustheit und Reproduzierbarkeit verbessert werden.

Im UNIQUORN-Konsortium arbeiten 17 Partner aus ganz Europa über drei Jahre an einer multidisziplinären Forschungsagenda. Laut Kleinert ist es »ein enormer Vorteil des Projekts, dass Quantenforscher zusammen mit Photonikexperten und potenziellen Anwendern an einem Tisch sitzen. Die jeweiligen Sichtweisen befruchten sich gegenseitig und eröffnen völlig neue Chancen«.

Zwei Übertragungswege für unterschiedliche Distanzen

Die Photonenpaare werden bei der Verschlüsselungslösung des Fraunhofer HHI über Glasfaserkabel, zum Beispiel das bestehende Telefonnetz, an die Kommunikationspartner übertragen. Der Haken: Dieser Übertragungsweg eignet sich derzeit nur für Distanzen von bis zu 20 Kilometern, da sonst die Photonenübertragungsrate durch optische Verluste in der Faser zu gering wird, um

sie noch von Rauschsignalen trennen zu können. An Verfahren für weitere Wege arbeiten gerade Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Fraunhofer IOF.

Sie schicken ihre Quantenquelle mit einem Satelliten ins Weltall. Von dort sendet sie aus dem niedrigen Erdorbit in etwa 400 Kilometern Höhe die verschränkten Photonenpaare möglichst störungsfrei zur Erde. »Die größten Herausforderungen sind die Stabilität und Leistungsfähigkeit der Quantenquelle«, erklärt Dr. Oliver de Vries, Projektverantwortlicher am IOF. »Schließlich muss sie einen Raketenstart unbeschadet überstehen und danach noch zuverlässig Quanten produzieren.«

Dem Forscherteam am IOF um de Vries ist es erstmals gelungen, eine enorm stabile und gleichzeitig leistungsfähige Quantenquelle zu entwickeln, die 300 000 verschränkte Photonenpaare pro Sekunde erzeugen kann. »Durch einen ausgeklügelten Aufbau, wirksame anorganische Verbindungen und robuste Materialien, die sich bei Temperaturänderungen möglichst wenig ausdehnen, haben wir die Stabilität der Quantenquelle optimiert«, verrät de Vries. Damit ist die Quantenquelle robust genug für die Bedingungen im All.

Empfang mit Teleskop oder Router

Bis die satellitenbasierte Quantenverschlüsselung in drei bis fünf Jahren ihren Weg in die Anwendung findet, muss die nötige Infrastruktur zum Austausch der Schlüssel geschaffen werden. Dann empfangen die Kommunikationspartner die Lichtteilchen zum Beispiel mit einem Teleskop, das wiederum in die IT-Struktur eingebunden wird. Das ist nur für große Organisationen oder Regierungen praktikabel, für die sichere Kommunikation immanent wichtig ist.

Gewinnbringend kann hier die Verbindung der zwei Lösungsansätze sein: Gilt es, große Distanzen zu überbrücken, könnte die Quantenkommunikation via Satellit zum Einsatz kommen. Einmal auf der Erde, lassen sich die verschränkten Photonen dann schnell via Glasfaserkabel auf kurzen Wegen an die Router der Nutzer übertragen. Kleinert prophezeit: »In fünf Jahren werden sicherheitsrelevante Branchen wie Banken oder Regierungen Quantenkommunikation bereits nutzen, im Alltag der Endnutzer wird die Technologie in zehn Jahren angekommen sein.« ■

Elbedome – Modernste VR-Technologie

Das größte 3D-Mixed-Reality-Labor Europas steht in Magdeburg: Mit einer Höhe von vier und einem Durchmesser von 16 Metern erinnert der Elbedome des Fraunhofer-Instituts für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF an eine halbierte Kugel. Hier können Unternehmen Maschinen, Anlagen, komplette Fabriken oder ganze Städte 1:1 eindrucksvoll erlebbar machen.

Text: Britta Widmann



Im Elbedome werden virtuelle Inhalte auf einer 360-Grad-Panorama- und Boden-Projektionsfläche von über 450 Quadratmetern hochauflösend und holografisch dargestellt. Durch diese immensen Dimensionen eignet sich das System für die Darstellung großer Objekte im Maßstab 1:1. Gruppen von bis zu 30 Personen können gleichzeitig in die virtuellen Welten eintauchen.



Ein Interview mit Steffen Masik, Leiter der Geschäftsstelle Elbedome, über die Besonderheiten des Labors:

 s.fhg.de/interview-steffen-masik

Das stereoskopische Projektionssystem ermöglicht die dreidimensionale Wahrnehmung der virtuellen Welten im Elbedome.

Als virtuelle Trainingsumgebung können Mitarbeitende im Elbedome nachhaltig geschult und Erfahrungen von Experten transferiert werden.





Der Elbedome ist gleichzeitig Erlebnis-, Lern- und Kreativraum und kann die Kommunikation mit Kunden wirksam verbessern.



Produzierende Unternehmen nutzen diese Form großdimensionaler Visualisierung, um Planungsstände zu bewerten und Entscheidungsfindungsprozesse voranzutreiben.

Mit seiner Panorama- und Boden-Projektionsfläche von über 450 Quadratmetern eignet sich der Elbedome besonders für die Darstellung großer Objekte wie Maschinen, Anlagen, Fabriken oder ganzer Städte. Alle Abbildungen © Fraunhofer IFF

Innovationen made by Fraunhofer

**70 JAHRE
ZUKUNFT**
#WHATSNEXT

E³ - industrielle Produktion neu gedacht

Wie lässt sich nachhaltig maximale Wertschöpfung bei minimalem Ressourceneinsatz schaffen? 13 Fraunhofer-Institute haben diese Frage mit dem ganzheitlichen Konzept der E³-Produktion beantwortet. Die drei E stehen dabei für effiziente Prozesse und Produkte, effiziente Fabriken und effiziente Arbeitswelten. So entwickelten die Wissenschaftler zwischen 2013 und 2016 unter Koordination des Fraunhofer-Instituts für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU unter anderem ganzheitliche Lösungen für den flächendeckenden Einsatz erneuerbarer Energien in der Produktion, intelligente Assistenzsysteme, die den Menschen in der Produktion kognitiv und physisch stärken, sowie material- und energieeffiziente Fertigungsverfahren.

Viele Erkenntnisse aus dem E³-Leitprojekt haben Maßstäbe gesetzt und sind in Folgevorhaben eingeflossen, beispielsweise in das Kopernikus-Projekt SynErgie. Mit Kopernikus, der bislang größten Forschungsinitiative zur Energiewende, will das Bundesministerium für Bildung und Forschung die Wissenschaft, die Industrie und private Anwender dabei unterstützen, Grundlagenforschung zügig zur Anwendung zu bringen.

Ganzheitliche Konzepte ermöglichen eine effiziente Planung.
© Art-Kon-Tor/ Fraunhofer IWU



Taraxagum™ - Reifen aus Löwenzahn

Im Projekt »Taraxagum™« dreht sich alles um den russischen Löwenzahn. Das Besondere an dieser Pflanze: Ihr Milchsaft enthält größere Mengen an Kautschuk. Prof. Dirk Prüfer, Professor an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster und Abteilungsleiter am Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME, und sein Team entwickelten den russischen Löwenzahn in Zusammenarbeit mit dem Pflanzenzuchtunternehmen ESKUSA, der Continental Reifen Deutschland GmbH und dem Julius Kühn-Institut innerhalb weniger Jahre von einer Wild- zu einer Nutzpflanze. Seine Verwendung als alternativer Naturkautschuklieferant stand dabei stetig auf den Prüfstand.

Die Produkte, Auto-, LKW- und Fahrradreifen, bestanden den Praxistest. Die Erfolgsstory geht weiter, Ende 2018 weihte Continental das Forschungs- und Versuchslabor »Taraxagum Lab Anklam« ein. Lokal gewonnener Naturkautschuk wird lange Transportwege und so CO₂-Emissionen einsparen.

Russischer Löwenzahn – Latex am Wurzelanschnitt. © Fraunhofer IME



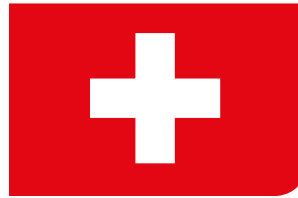


Gemeinsam forschen

Zusammen mit der renommierten Hebrew University hat Fraunhofer zwei neue Project Center in Jerusalem etabliert.

Im »Fraunhofer Project Center for Drug Discovery and Delivery« werden die Grundlagen geschaffen für eine neue Generation von Medikamenten gegen Viren und Bakterien. Ziel ist es, die Vermehrung der Erreger schon bei einer latenten Infektion, die äußerlich nicht sichtbar ist, zu unterbinden. Die Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer-Instituts für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB kooperieren hier mit Wissenschaftlern des Institute for Drug Research der Fakultät für Pharmazie der Hebrew University.

Im »Fraunhofer Project Center for Cybersecurity« entwickelt ein deutsch-israelisches Forscherteam neue Strategien, um Daten, IT-Systeme und kritische Infrastrukturen vor unerlaubtem Zugriff zu schützen. Zu den Schwerpunkten der gemeinsamen Arbeit gehören Sicherheit und Kryptographie, sichere Netzwerkprotokolle, Robustheit verteilter Systeme und Systemwiederherstellung sowie maschinelle Lerntechniken zur Erkennung von Bedrohungen. Spezialisten des Fraunhofer-Instituts für Sichere Informationstechnologie SIT kooperieren dabei mit der School of Computer Science and Engineering an der Hebrew University.



Batterien Made in Europe

Weltweit werden heute Hunderttausende von Elektroautos produziert. Ausgestattet sind sie meist mit Lithium-Ionen-Akkus »Made in Asia«. Die Technik hat jedoch Nachteile: Die Batterien lassen sich nicht beliebig vergrößern, die Reichweite ist damit begrenzt; das Aufladen dauert relativ lange; und last but not least kann sich die Elektrolyt-Flüssigkeit, wenn sie stark erhitzt wird, entzünden.

In einem »International Cooperation and Networking Projekt«, kurz ICON, erarbeiten jetzt Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer-Instituts für Silicatforschung ISC zusammen mit Expertinnen und Experten der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Empa die Grundlagen für eine neue Generation von Batterien.

Diese Festkörper-Batterien enthalten keine Flüssigkeiten, das Leitmedium zwischen Anode und Kathode besteht aus einem festen Stoff, der jedoch für Ionen durchlässig ist. Die Batterien sind damit zum einen sicherer, zum anderen haben sie eine höhere Energiedichte als Lithium-Ionen-Akkus. Bei der Materialentwicklung bringt das Team vom ISC Erfahrungen mit anorganischen und hybridpolymeren Materialien ein, die Experten in der Schweiz sind spezialisiert auf innovative Beschichtungsverfahren. Gemeinsam wollen die Forscherinnen und Forscher so den Grundstein legen für eine neue Generation von Batterien »Made in Europe«.

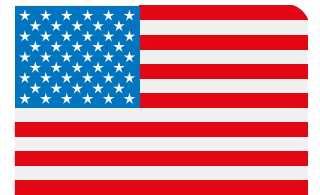


Kooperation im Leichtbau

Seit dem EU-Beitritt Polens 2004 hat sich die Zusammenarbeit zwischen deutschen und polnischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen intensiviert. Unlängst hat die Fraunhofer-Gesellschaft in Polen ein Project Center eröffnet.

Im »Fraunhofer Project Center for Advanced Lightweight Technologies ALight« kooperieren Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer-Instituts für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU mit Teams der Technischen Universität Opole. »Das Fraunhofer IWU verfügt über umfangreiche Expertise im Leichtbau und wird sein Know-how im Umgang mit modernen Werkstoffen einbringen. Die Forscherinnen und Forscher der TU Opole bringen ihre spezifischen Stärken ein, beispielsweise bei der Simulation von Verfahrenstechnik und Prozessen. So können wir gemeinsam Mehrwert schaffen, den Wissenstransfer intensivieren und die Innovationskraft der Unternehmen stärken«, erläutert Fraunhofer-Präsident Prof. Reimund Neugebauer.

Gemeinsam wollen die Forschungspartner Produktionsprozesse, Designkonzepte und Kalkulationsstrategien für die Produktion hybrider Leichtbaukomponenten entwickeln. Diese sind vor allem für den Automobilbau interessant, weil die Entwicklung von Elektro- und Hybridmotoren zu einem höheren Gewicht der Fahrzeuge führt, das durch Leichtbaukomponenten kompensiert werden muss. Ziel der deutsch-polnischen Forschungskooperation ist es, Leichtbaustrukturen für mobile Anwendungen künftig kostengünstiger, energieeffizienter und umweltchonender zu produzieren.



Industrie 4.0 in Chicago


Die Produktion der Zukunft kennt keine Grenzen. Im Zeitalter von Industrie 4.0 werden Maschinen, Prozesse und Standorte digital vernetzt. Die Technologien dafür haben Forscherinnen und Forscher aus 13 deutschen Fraunhofer-Einheiten sowie aus vier Centern der selbstständigen Auslandsgesellschaft Fraunhofer USA erstmals gemeinsam auf der International Manufacturing Technology Show IMTS in Chicago präsentiert, einer der weltgrößten Industriemessen. Die IMTS 2018 in Chicago fand zum ersten Mal in Kooperation mit der Hannover Messe USA statt.

Auf der IMTS zeigten die Fraunhofer-Teams Virtual-Reality-Lösungen, neue additive Fertigungstechniken, die Produktion von Kleinchargen und Einzelprodukten unter Massenproduktionsbedingungen, intelligente Wartung, neue Assistenzsysteme und Methoden des maschinellen Lernens sowie digitale Netzwerke, die Maschinen mit Produkten und Lieferanten verbinden.

Prof. Dr.-Ing. Kurt Rohrig: Stellvertretender Institutsleiter des Fraunhofer-Instituts für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE in Kassel, Wissenschaftlicher Programmdirektor; Ombudsperson zur Sicherung der guten wissenschaftlichen Praxis. © Fraunhofer/Valeria Mitelman



Prof. Dr. Hans-Martin Henning: Leiter des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg, Inhaber der Professur Solare Energiesysteme im Institut für Nachhaltige Technische Systeme an der Technischen Fakultät der Universität Freiburg, Sprecher der Fraunhofer-Allianz Energie. © Fraunhofer/Valeria Mitelman



Die Energiewende ist kein Selbstläufer

In Deutschland ist die Energiewende eingeleitet und erklärtes politisches Ziel der Bundesregierung. Aber kommt sie auch voran? Welche Weichen müssen gestellt werden, um den Klimawandel abzumildern, und wie helfen Fraunhofer-Forscher dabei? Zwei Experten im Gespräch.

Interview: Chris Löwer

Wie fällt Ihre Zwischenbilanz zur deutschen Energiewende aus?

Prof. Kurt Rohrig: Die Energiewende schreitet voran, aber die Schere zwischen den Zielen des Pariser Klimaschutzabkommens und der aktuellen Entwicklung geht immer weiter auseinander. Man ist nicht mehr auf Kurs, um ohne große Anstrengungen die Treibhausgasemissionen um mindestens 80 Prozent bis 2050 reduzieren zu können. Immerhin gibt es erste Erfolge, etwa, dass 35 Prozent des elektrischen Stroms im ersten Halbjahr 2018 aus erneuerbaren Energieträgern stammten – das ist mehr als aus der Braun- und Steinkohleverstromung zusammen. Auf der anderen Seite nimmt der CO₂-Ausstoß zu, besonders aufgrund des gesteigerten Verkehrsaufkommens.

Prof. Hans-Martin Henning: Man muss sich immer wieder vor Augen führen, dass es sich um ein gesellschaftliches Großprojekt handelt. Schließlich wird eine unserer zentralen Infrastrukturen substantiell umgebaut. Mein Eindruck ist, dass viele politische Entscheidungsträger nach wie vor hinter den ambitionierten Zielen stehen. Jetzt offenbart sich, dass man dafür einen langen Atem benötigt und der Wandel etliche Implikationen mit sich bringt, sei es für die Gesellschaft oder auch die Landschaft. Daher benötigen wir eine klare Haltung, um die Energiewende weiter voranzutreiben. Diese hatte bislang sehr stark den Stromsektor im Blick. Verkehr und Wärmeerzeugung hinken dagegen hinterher.

Was ist zu tun, damit die Energiewende ihre kritische Schwelle überschreitet?

Henning: Die Kosten für Photovoltaik und Windenergie sind in der ersten Phase der Energiewende drastisch gesunken – die Gestehungskosten sind mittlerweile konkurrenzfähig. Das haben wir erreicht, ohne das Versorgungssystem wesentlich umzubauen. Der nächste große Schritt ist nun, die weiteren Sektoren einzubeziehen: etwa die Wärmeversorgung und den Verkehr mit Erneuerbaren zu bedienen, wofür diese jedoch drastisch ausgebaut werden müssen.

Auch wird der Stromverbrauch steigen. Hier stellt sich uns die Herausforderung, die durch Wind und Wetter schwankend anfallenden Energien stabil einzubinden. Damit wandelt sich das Paradigma des Versorgungsmodells weg von regelbaren Großkraftwerken, die nur auf die Nachfrage reagieren. Das kann künftig so nicht mehr funktionieren – zu komplex das Wechselspiel der volatilen Einspeisung und des Verbrauchs.

Inwiefern?

Henning: Wärmepumpen machen Gebäude effizient mit erneuerbarem Strom beheizbar – vor allem bei Niedertemperaturheizungen, die meist in energetisch sanierten Bauten

Eine Allianz für die Energiewende

Die Fraunhofer-Allianz Energie ist eine der größten Energieforschungsorganisationen Europas. 2000 Mitarbeitende forschen in den Bereichen Erneuerbare Energien, Energieeffizienztechnologien, intelligente Energienetze, Digitalisierung der Energiewirtschaft, Energiespeicher sowie Gebäude und Komponenten. Ihr Ziel sind besonders investitionssichere, zukunftsweisende und wettbewerbsfähige Produkte auf Systemebene. Um mit innovativen Produkten erfolgreich zu sein und neue Märkte zu erobern, erhalten kleine und mittelständische Unternehmen genauso wie Industrie und Energiewirtschaft durch die Arbeit der Allianz Zugang zu einem großen Spektrum an Forschungs- und Entwicklungsangeboten. Ihr gebündeltes Know-how stellt die Fraunhofer-Allianz Energie auch in beratender Funktion politischen und gesellschaftlichen Akteuren und Institutionen zur Verfügung. Bei allen Aktivitäten steht stets das Ziel einer nachhaltigen, sicheren, wirtschaftlichen und sozial gerechten Energieversorgung im Mittelpunkt.



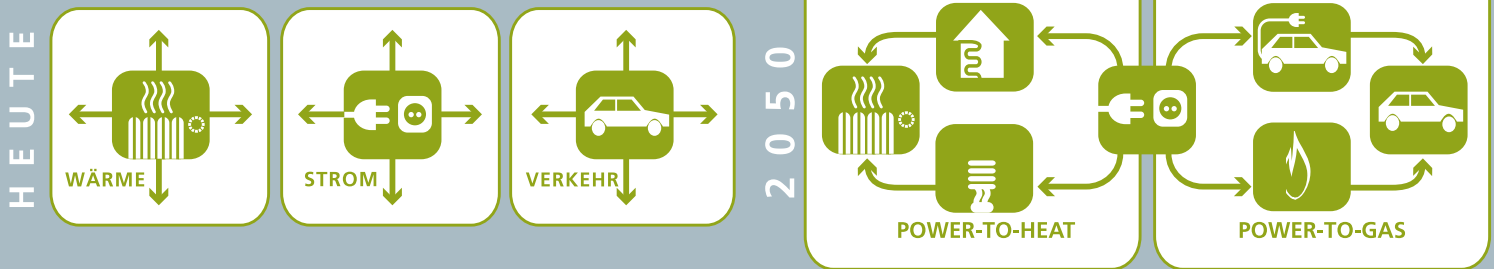
www.energie.fraunhofer.de

installiert sind. Das heißt, es sollten mehr Gebäude überholt werden, um die Technologie breiter einsetzen zu können. Dies geschieht heute in erster Linie bei Ein- und Zweifamilienhäusern. Mehrfamilienhäuser und Gewerbeimmobilien sind aktuell äußerst selten mit Wärmepumpen ausgestattet, unter anderem auch, weil es hier erhöhte Anforderungen an die hygienische Warmwasseraufbereitung gibt – eine Herausforderung für diese Technik, an der Fraunhofer-Forscherinnen und -Forscher arbeiten. Wärmepumpen lassen sich zudem zum Kühlen nutzen. Auch aus diesem Grund werden sie künftig eine größere Rolle spielen: Wenn unsere Sommer heißer werden, bieten sie eine Möglichkeit zur energieschonenden Klimatisierung.

Wärmepumpen sind also ein zentrales Bindeglied für die Sektorkopplung. Wo muss noch angesetzt werden?

Rohrig: Die verschiedenen Verkehrssektoren, vom Individualbis hin zum Flug- und Schiffsverkehr, müssen CO₂-frei werden. Hierfür sind unter anderem intelligente Ladestrategien wichtig. Lösungen, bei denen ein Auto etwa dann mit Strom betankt wird, wenn viel Energie im Netz vorhanden ist, oder der Akku des Fahrzeugs bei Bedarf Strom abgibt, sollte es zu unerwarteten Engpässen kommen. Insofern sollte das individuelle und übergreifende Lademanagement an E-Säulen smarter werden – auch daran arbeitet Fraunhofer. Die Welt der Mobilität muss sich mit der Welt der Stromversorgung informationstechnisch vernetzen. Außerdem benötigen wir präzise Prognosen der

Die wetterbedingt fluktuierende Erzeugung aus Windenergie und Photovoltaik erfordert eine vielfach höhere installierte Gesamtleistung gegenüber der bisherigen Kraftwerksleistung für die Stromversorgung. Die Kopplung mit den Nutzungssektoren Wärme- und Kälteerzeugung, Verkehr, aber auch industrielle und chemische Prozesse stellen dem fluktuierenden Erzeugungsmuster der erneuerbaren Energiequellen eine entsprechende Verbrauchsdynamik entgegen. © Fraunhofer



Strombedarfe nach Zeiten, Wetter, Temperatur und dergleichen – für unsere Forschenden ebenfalls ein Thema. Sie arbeiten daran, Verbrauchsmuster so akkurat zu simulieren und zu modellieren, dass sich daraus bessere Strategien für die Betankungen von E-Fahrzeugen entwickeln lassen. Ein Beispiel: In einem Forschungsprojekt mit einem Autohersteller und einem Netzbetreiber werten wir die Daten von Nebel- und Helligkeitssensoren aus, um die lokale Sonneneinstrahlung für die Photovoltaik klarer vorhersagbar zu machen.

Welche Rolle spielen Speicher und Netze – durch welche Maßnahmen können hierbei möglichst zügig Fortschritte erreicht werden?

Henning: Speicher sind eines der großen Themen. Kurz- und Langzeitspeicher sowie flexible Stromnutzungsmodelle müssen künftig die volatile Stromerzeugung ausgleichen helfen. Allein schon, weil Windkraft- und Photovoltaikanlagen so besser regelbar sind und damit flexibel ihren Strom abgeben können. Auch Reservekapazitäten werden benötigt, um die Versorgung in sogenannten Dunkelflauten abzusichern.

Rohrig: Smart Grids, intelligente Netze, sollen die reibungslose Einspeisung dezentraler Energien aus Wind- und Sonnenkraft sicherstellen und für Stabilität sorgen. Bisherige Verteilernetze müssen sich noch stärker zu bi-direktionalen Stromaustauschinfrastrukturen wandeln, um die Leistungsflüsse intelligent zu organisieren. Hierzu ist es wichtig, Überlastungen und Engpässe frühzeitig zu erkennen. Die Netzinfrastruktur muss Stück für Stück modernisiert und digitalisiert werden. Dabei ist es für eine möglichst flexible

Energieversorgung essenziell, dass Übertragungsnetz- und Verteilungsnetzbetreiber intensiver zusammenarbeiten und den nationalen und internationalen Ausbau flankieren. Auf einen Schlag geht das nicht.

Alternative Energieversorgung schluckt mitunter wertvolle Ressourcen, siehe Akkumulatoren ...

Henning: ... deshalb ist es wichtig, dass wir uns frühzeitig um Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz kümmern – das wird eine der Schlüsselfragen sein. Wir können bereits jetzt ausrechnen, wie viele Photovoltaikanlagen in den nächsten 20 Jahren außer Betrieb gehen. Diese Anlagen darf man nicht einfach verschrotten und deponieren, sondern muss sie möglichst komplett wiederverwerten. Bereits bei der Technologieentwicklung, von der Batterie bis zur Windkraftanlage, sollte man auf geschlossene Kreisläufe achten. Denn anders als in der Vergangenheit, als fossile Energie verbrannt wurde und sich der Materialaufwand in Grenzen hielt, braucht dieses Energieversorgungssystem extrem viele Materialressourcen.

Inwieweit kann die Digitalisierung ein Treiber der Energiewende sein?

Rohrig: Schon jetzt kommunizieren etliche intelligente Komponenten, etwa der Wechselrichter, und Sensoren miteinander. Das wird sich noch erheblich ausweiten. Auch für die Energiewirtschaft ist Big Data ein Riesenthema, wollen wir eine vorausschauende Betriebsführung erreichen. Es wird darauf ankommen, durch Künstliche Intelligenz aus der

Windenergie und Photovoltaik werden die größten Erzeugungsbeiträge in einem erneuerbaren Energiesystem liefern – auch für die Sektoren Wärme und Verkehr.
© CC0 License pixabay.com | pexels.com



Masse der Daten wertvolle Informationen zu gewinnen. Über digitale Zwillinge von Systemen lässt sich etwa simulieren und damit vorhersagen, wann und wo sie kritische Betriebszustände erreichen.

Wie viel wird die Energiewende kosten?

Henning: Da stellt sich zunächst die Frage, was Kosten sind. Wir investieren in einen dringend nötigen Systemumbau – und Investitionen sind betriebswirtschaftlich gesprochen keine Kosten. Bei den systemischen Mehrkosten, verglichen mit einem »Weiter so«, bei dem die Klimaschutzziele krachend verfehlt würden, rechnen wir im Mittel der nächsten Jahrzehnte bis 2050 mit Aufwendungen von rund ein bis zwei Prozent des heutigen Bruttoinlandsprodukts. Dabei ist nicht gegengerechnet, dass im Zuge der Energiewende neue Wertschöpfung geschaffen wird, wovon das BIP profitieren würde. Zudem ist der Investitionsrahmen überschaubar, da die Ziele des Umbaus klar definiert sind. Aber ja, wir müssen Geld in die Hand nehmen. Am Ende wird unsere Energieversorgung aber nicht teurer sein als heute, sondern wahrscheinlich günstiger. Vor allem ist sie weniger anfällig gegenüber stark schwankenden fossilen Energiemärkten. Schließlich sprechen wir dann von einem System, das sich aus unerschöpflichen Quellen wie der Sonne speist.

Was sind die größten Hebel, um die Klimaziele zu erreichen?

Rohrig: Kurzfristig wird es darum gehen, eine große Anzahl alter Braunkohlekraftwerke aufgrund ihres hohen CO₂-Aus-

stoßes vom Netz zu nehmen. Es ist nachgewiesen, dass ohne sie die Versorgungssicherheit gewährleistet bleibt.

Henning: ... wobei Windkraft und Photovoltaik zügig ausgebaut werden sollten, um den Rückgang des Kohlestroms zu kompensieren.

Ihre Einschätzung: Wird es je eine komplett klimaneutrale Energieversorgung geben?

Rohrig: Viele Studien zeigen: Die letzten Meter sind die anstrengendsten. Aber ich bin mir sicher, dass wir eine komplett klimaneutrale Energieversorgung bewerkstelligen können. Wenn alle Bereiche in Verbindung mit einer Sektorenkopplung optimiert sind, sieht es gut aus. Wir haben die Energiewende mit 100 Prozent Erneuerbaren bei Fraunhofer modelliert und analysiert: Das Bild, was wir dabei erlangt haben, ist zu realisieren – auch vonseiten der Kosten. Die großen Fragen rund um die Energiewende sind beantwortet. Nun ist es an Politik und Gesellschaft, diesen Weg einzuschlagen. Entscheidend ist die Akzeptanz.

Henning: Wir sehen tatsächlich nirgends einen »Showstopper«, müssen aber sagen, dass wir bei etlichen Technologien noch besser werden sollten. Etwa bei Batterien, Wasserstoffantrieben oder der Leistungselektronik, bei denen zudem noch die Kosten sinken müssen, wie es bei Photovoltaik und Windkraft geschehen ist. Und auch für diese etablierten Technologien haben wir noch erhebliche Verbesserungsansätze. Das Ende der Fahnenstange ist längst nicht erreicht. ■

Wenn Kunststoffe biologisch aktiv werden

In der Tränenflüssigkeit verhindern antimikrobielle Peptide Infektionen am Auge. Auf Operationstischen und Türklinken könnten sie künftig für hygienische Oberflächen sorgen – als Baustein eines biofunktionalen Kunststoffs, der zu einer neuen Klasse innovativer Materialien gehört.

Text: Christine Broll



Dr. Ruben R. Rosencrantz bettet zuckerhaltige Makromoleküle in ein Harz ein und beschichtet damit verschiedene Oberflächen. © Fraunhofer IAP

Für Prof. Alexander Böker hat bei der Entwicklung von Kunststoffen eine neue Ära begonnen: »Heute werden Kunststoffe anhand ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften charakterisiert, wie zum Beispiel ihrer Festigkeit, Elastizität oder Härte«, erklärt der Leiter des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Polymerforschung IAP. »Wir erweitern dieses Spektrum um die biologischen Eigenschaften.« Dazu werden Biomoleküle wie Proteine, Peptide oder Zucker direkt in die Kunststoffmaterialien eingebaut.

Geeignete Biomoleküle stehen in Hülle und Fülle bereit. Denn die Natur hat im Laufe der Evolution hochspezialisierte Wirkstoffe mit den unterschiedlichsten Funktionen entwickelt – wie das Defensin, das nicht nur in der menschlichen Tränenflüssigkeit vorkommt, sondern auch bei vielen Tieren und Pflanzen. Defensine sind kleine Eiweißmoleküle (Peptide), die eine starke antimikrobielle Wirkung haben. Sie können in Bakterien eindringen und sie dadurch abtöten.

Keimfreie Oberflächen

Da antimikrobielle Peptide in der Regel leicht herzustellen und relativ stabil sind, lassen sie sich

gut als funktionelle Gruppen in einen Kunststoff einbetten. Dies ist ein Ziel in der Projektgruppe »BioPol – Biofunktionalisierung/Biologisierung von Polymermaterialien«, die im Juli 2018 ihre Arbeit aufgenommen hat. In der Projektgruppe arbeiten Forscherinnen und Forscher des IAP und der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg eng zusammen. Hier werden antimikrobielle Peptide in ein Harz eingegossen, das man auf die verschiedensten Oberflächen aufbringen kann – vom Operationstisch bis zur Türklinke. Durch die Beschichtung lassen sich die Oberflächen keimfrei halten. Denn die antimikrobiellen Peptide sorgen dafür, dass Bakterien darauf nicht überleben können.

Im Vergleich zu herkömmlichen Antibiotika haben antimikrobielle Peptide einen großen Vorteil: Es ist nachgewiesen, dass sie bei Bakterien keine Resistenzen erzeugen. Daher steht einer großflächigen Anwendung nichts entgegen. Zurzeit wird evaluiert, ob der funktionalisierte Kunststoff für die Innenausstattung von Zügen, zum Beispiel für die Toiletten, geeignet ist.

Um hygienische Oberflächen herzustellen, nutzen die Forscherinnen und Forscher am

IAP noch eine zweite biologische Stoffgruppe: Mucine. Das sind stark zuckerhaltige Makromoleküle, die im Körper von den Schleimhäuten zum Schutz vor chemischen und mechanischen Einwirkungen produziert werden. Mucine sind unter anderem im Speichel, im Magensaft und in den Bronchien vorhanden und haben eine hohe Gleitfähigkeit.

Genau wie die antimikrobiellen Peptide werden auch die Mucine in ein Harz eingebettet und dann auf Oberflächen aufgetragen. Die Beschichtung soll dadurch so glatt werden, dass sich Bakterien nicht darauf festsetzen können. Ein Wasserstrahl genügt, um alles keimfrei zu machen.

Noch sind diese biofunktionalisierten Kunststoffe nicht auf dem Markt. Denn sie stoßen oft auf Skepsis, wie Alexander Böker berichtet. »Viele Kunden denken, dass die biologischen Komponenten leben und daher bald absterben werden. Daraus schließen sie, dass das Material nicht lange haltbar ist.« Alexander Böker entgegnet dann, dass die biologischen Moleküle in den Kunststoffen zwar aktiv, aber nicht lebensfähig sind und dass sie daher auch nicht sterben kön-



Die Arbeitsgruppe Schwaneberg an der RWTH Aachen fermentiert E.-coli-Bakterien, die spezielle kanalförmige Proteine produzieren. Diese sollen künftig in Spezialfilter für die Pharmaproduktion integriert werden.
© Lehrstuhl für Biotechnologie, RWTH Aachen

nen. Und er betont, dass die Materialien eine hohe Haltbarkeit haben. »Hier müssen wir noch viel Überzeugungsarbeit leisten.«

Spezialfilter für die Pharmaproduktion

Die biologischen Komponenten können auch äußerst komplexe Moleküle sein, wie zum Beispiel kanalförmige Proteine, die in der Zellmembran von E. coli Bakterien als Transportschleuse für eisenhaltige Verbindungen dienen. Am IAP ist es gelungen, in E. coli hergestellte Kanalproteine in eine künstliche Membran zu integrieren. Die Fermentation der Bakterien und die Isolation der Proteine erfolgten in Kooperation mit der Arbeitsgruppe Schwaneberg an der RWTH Aachen.

Doch das war nur der erste Schritt eines ehrgeizigen Projekts. Im zweiten Schritt wurden die Kanäle mit gentechnischen Methoden so verändert, dass sie in der Pharmaproduktion als hochspezialisierte Filter fungieren können. Denn die neu konstruierten Kanäle sind in der Lage, chemische Substanzen aufgrund ihrer Chiralität zu trennen. Chiralität spielt in der Chemie eine große Rolle. Das bekannteste

Beispiel dafür ist der im Arzneimittel Contergan enthaltene Wirkstoff Thalidomid. Er kommt in zwei verschiedenen spiegelbildlichen Formen vor, die sich zueinander verhalten wie die rechte und die linke Hand. Sie sind von der Form zwar identisch, lassen sich aber nicht übereinander legen. Die eine Spiegelform des Wirkstoffs Thalidomid wirkt als Schlafmittel, die andere Form ist erbgutschädigend. Daher kam es durch das Schlafmittel Contergan Ende der 1950er- und Anfang der 1960er-Jahre zu vielen Missbildungen bei Kindern.

Auch heute entstehen bei der Produktion von Medikamenten Gemische, die beide Spiegelbilder einer Substanz enthalten. Da sie die gleiche chemische Struktur haben, sind sie sehr schwer voneinander zu trennen. Hier können die künstlichen Membranen mit den gentechnisch veränderten Kanalproteinen einen großen Fortschritt bedeuten.

Auf dem Weg zur Großproduktion

Ein großer Markt lässt sich erschließen, wenn es gelingt, biofunktionale Gruppen in thermoplastische Kunststoffe wie Polyester oder Polyethylen

einzubetten und in industriellem Maß herzustellen. Doch das ist eine große Herausforderung: Während die thermoplastischen Kunststoffe bei Temperaturen von 100 bis 250 Grad Celsius verarbeitet werden, sind die biologischen Moleküle sehr temperaturempfindlich. Viele Enzyme denaturieren bereits bei 40 Grad. Peptide oder Zucker sind robuster.

Hier praktikable Strategien zu erarbeiten, ist ein weiteres wichtiges Thema der Fraunhofer-Projektgruppe BioPol. Viele der Arbeiten laufen im Verarbeitungstechnikum für Biopolymere, das das IAP auf dem BASF-Gelände in Schwarzheide betreibt und das in direkter Nachbarschaft zum Campus Senftenberg liegt. Das Wissenschaftsministerium des Landes Brandenburg unterstützt das gesamte BioPol-Vorhaben mit 2,5 Mio Euro.

Alexander Böker ist überzeugt, dass sich Wege finden lassen, um verschiedenste biofunktionale Materialien industriell zu produzieren. »Wir Kunststoffdesigner können jetzt Materialien entwickeln, die die Natur nutzen und die gezielt mit ihr interagieren«, betont der Institutsleiter. »Dies ist die nächste Evolutionsstufe der Polymermaterialien.« ■

Lebende Zellen als Sensoren



Zellbasierte Sensoren bestehen aus biologischen und physikalischen Komponenten. Ein Elektroden-Layout wird mit lebenden Zellen beschichtet, die in sterilen Kulturflaschen heranwachsen.
© Fraunhofer EMFT/Bernd Müller

Testsysteme auf der Basis von Zellkulturen sind weit verbreitet, um die biologische Wirkung von Giften und Medikamenten abzuschätzen. Eine Fraunhofer-Gruppe am Standort Regensburg geht dabei neue Wege: Sie entwickelt Hybridsensoren aus lebenden Zellen und physikalischen Signalwandlern.

Text: Monika Offenberger

In welcher Dosis sind Giftstoffe oder Strahlen tödlich? Wie verhalten sich Nanopartikel im Gewebe? Schadet ein neues Tumormedikament womöglich dem Herzen? Um die biologische Wirkung von Substanzen zu testen, kommen häufig Zellkulturen zum Einsatz. Zell-basierte Assays helfen nicht nur bei der Analyse und Bewertung von Umweltgiften oder Mikroorganismen, sondern auch beim pharmazeutischen Wirkstoff-Screening und bei der Zulassung von Kosmetika, Farbstoffen oder Reinigungsmitteln. Je nach Fragestellung untersucht man dabei bestimmte Stoffwechselprodukte, genetische Elemente oder Zellbausteine, die durch die Testsubstanz beeinflusst werden könnten. »Unerwartete Zellreaktionen bleiben bei dieser Art von Assay möglicherweise unerkannt«, gibt Prof. Joachim Wegener zu bedenken und zählt weitere Schwachpunkte auf: »Bei vielen der gängigen Verfahren muss man die Zellen zu einem festgesetzten Zeitpunkt abtöten, um die spezifischen Biomoleküle zu quantifizieren. Danach sind dieselben Zellen nicht mehr einsetzbar. Will man also zu unterschiedlichen Zeitpunkten messen und den Verlauf einer Reaktion beobachten, muss man entsprechend viele parallele Versuche ansetzen.«

Um diese gravierenden Probleme zu umgehen, entwickelt Joachim Wegener in der Fraunhofer-Einrichtung für Mikrosysteme und Festkörper-Technologien EMFT in Regensburg eine neue Klasse von Testsystemen. Das Prinzip dahinter ist so clever wie simpel: Man lässt bewährte Zellkulturen auf der Oberfläche physikalischer Sensoren wachsen, die das Verhalten der Zellen direkt in messbare Signale umsetzen. Diese physikalischen Signalwandler registrieren laufend, ob und wie schnell die ihnen anhaftenden Zellen wachsen, ob sie sich teilen, bewegen oder sterben und ob sich ihre Form oder ihr zentraler Energiestoffwechsel ändert. Dazu werden die Zellen sehr kleinen, aber nicht-invasiven Stör-

größen wie Strom, Spannung, Licht oder Druck ausgesetzt. Bringt man sie dann mit bestimmten Substanzen oder anderen Stimulanzien in Kontakt, so zeigt sich ihre Reaktion am Verhalten dieser Störgrößen und nicht, wie in herkömmlichen Testverfahren, an der Konzentration zuvor ausgewählter Biomarker.

Ein Konzept mit vielen Vorteilen

Dieses Konzept hat viele Vorteile. »Wir müssen die Zellen nicht durch Farbstoffe, Antikörper oder Radionuklide markieren, sondern betrachten nur unsere Störgrößen. Die können wir kontinuierlich im Abstand von Millisekunden bis Stunden oder Tagen beliebig oft und lange messen und daraus Rückschlüsse auf den Zustand der Kulturen ziehen«, erläutert Joachim Wegener. Welche Störgrößen zum Einsatz kommen, hängt von der Art des Signalwandlers ab. Beim Electric Cell-Substrate Impedance Sensing, kurz ECIS, lässt sich das Zellverhalten über den Wechselstrom-Widerstand, die Impedanz, beobachten. Dazu wird der Boden einer Mikrowellplatte mit einem dünnen Goldfilm beschichtet und so strukturiert, dass das Edelmetall zwei Elektroden formt. Darauf werden Zellen ausgesät und mit einer Nährlösung am Leben erhalten, die durch ihren Salzgehalt zugleich als Leitmedium dient. Legt man nun einen geringen Wechselstrom an, so kann dieser zunächst ungehindert zwischen den beiden Elektroden fließen. Sobald sich aber Zellen auf den Elektroden ansiedeln und mit ihrem nicht-leitenden Zellkörper den Stromfluss behindern, steigt der Widerstand an – und zwar umso stärker, je mehr sich die Zellkultur ausbreitet.

Diesen Zusammenhang macht man sich bei toxikologischen Messungen zunutze: Wird eine Zelle vergiftet, dann ändert sie ihre Form, schwillt an oder schrumpft – und beeinflusst damit die Impedanz. Auch die Formänderungen

lebender Zellen lassen sich messen und können Aufschluss über die biologische Wirkung einer Testsubstanz geben. Beispiel Herzmuskelzellen: Im Körper bringen sie das Herz etwa einmal pro Sekunde zum Schlagen. Im selben Rhythmus kontrahieren und entspannen sie sich auch unter den künstlichen Bedingungen einer Zellkultur. Dabei ändert sich regelmäßig ihre Form – und damit der Widerstand, den sie dem elektrischen Strom entgegensetzen können. »Wo die Elektrode bewachsen ist, ist der Strom gezwungen, um die Zellen herumzuströmen und kann nur an den Zellgrenzen durchstoßen. Mit der Gestalt der Zelle ändern sich die Stromwege, weil die Zellzwischenräume größer oder kleiner werden. So lässt sich exakt der Schlagrhythmus der Herzmuskelzellen messen«, sagt Joachim Wegener.

Zahlreiche Anwendungsgebiete

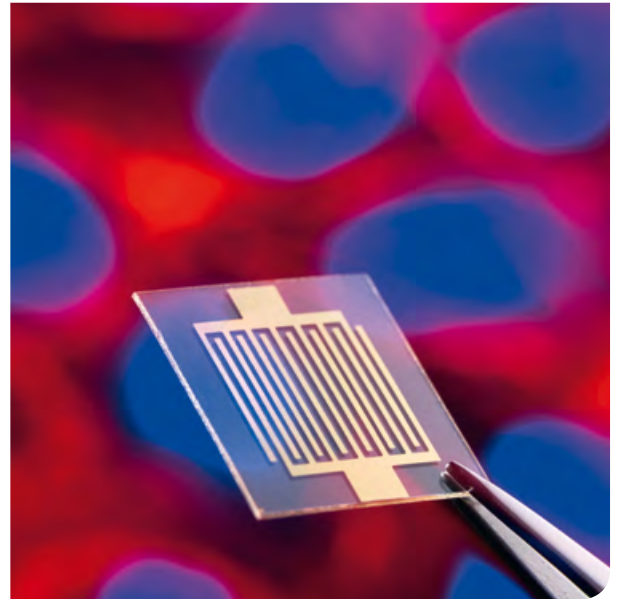
Der Markt für diese ECIS-Anwendung ist enorm. Denn jedes neu entwickelte Medikament muss vor seiner Zulassung auf Cardiac-Safety getestet werden, um auszuschließen, dass es den Herzmuskel aus dem Takt bringt. Die derzeit gängigen Tests erfassen elektrische Potenziale von kultivierten Herzmuskelzellen. »Dagegen misst die Impedanztechnik direkt die Kontraktion des Zellkörpers, also die ultimative Funktion des Herzmuskels. Damit ist ECIS den herkömmlichen Methoden überlegen«, betont Joachim Wegener. Weitere Anwendungsgebiete sieht der Chemiker bei den noch zu wenig erforschten biologischen Wirkungen von Nanomaterialien: »Hier versagen viele herkömmliche Assays, weil sie mit Fluoreszenzfarbstoffen arbeiten. Aber Nanomaterialien können Licht reflektieren oder absorbieren und stören dadurch die Messung. Dieses Problem stellt sich mit ECIS nicht.«

Bei der Entwicklung von ECIS hat Wegeners Team Pionierarbeit geleistet und zählt heute international zu den führenden Arbeitsgruppen. Die Fraunhofer EMFT kooperiert seit mehreren Jahren mit dem Institut für Analytische Chemie, Chemo- & Biosensorik der Universität Regensburg. In einer ersten gemeinsamen Studie im Jahr 2011 wurde die Giftigkeit von Nanosensoren mit ECIS erforscht. »Diese Studie zählt zu den vielen Vorarbeiten, durch die Fraunhofer auf unser Forschungsfeld aufmerksam wurde«, so Wegener. Seit Anfang 2017 baut der Wissenschaftler zusammen mit seiner langjährigen Mit-

arbeiterin, der Chemikerin Dr. Stefanie Michaelis, die zellbasierte Sensorik als ein zukunftsweisendes Forschungsgebiet an der Fraunhofer EMFT auf. Neben ECIS werden dort mehrere andere hybride Testsysteme entwickelt, die das Verhalten von Zellen mithilfe von Elektroden, akustischen Resonatoren oder optischen Wellenleitern messen. Weit fortgeschritten ist die Quarzmikro-



Zwei verschiedene Signalwandler vor stark vergrößerten Zellen: Schwingquarz zur Untersuchung der Zellmechanik (Bild unten) und Interdigital-Elektroden für ein Impedanz-basiertes Monitoring tierischer Zellen (Bild rechts).
© Fraunhofer EMFT/Bernd Müller



waage, kurz QCM, die einen piezoelektrischen Kristall als Signalwandler nutzt: »Sobald wir eine Wechselspannung anlegen, beginnt der Kristall zu schwingen. Wenn Zellen auf ihm wachsen, ändert sich sein Resonanzverhalten. Die Schwingung wird gedämpft – und zwar umso mehr, je steifer die Zelle ist. Das gibt uns Aufschluss über das Zytoskelett der Zelle, ob es intakt oder degeneriert ist«, erläutert der Regensburger Forscher. Tatsächlich zielen viele Krebsmedikamente unter anderem darauf ab, Zytoskelette zu schwächen, um zu unterbinden, dass sie die Tumorzellen teilen und vermehren. Mit der QCM lässt sich diese Wirkung präzise messen. Das gelingt auch mit kleinen Zellmengen, wie sie beispielsweise bei Biopsien anfallen – ein mögliches Einsatzfeld für die Anwendung der hybriden Sensoren.

Tür an Tür auf dem Uni-Campus

Marktorientierte Forschung in allen grundlegenden und angewandten biomedizinischen Bereichen ist das erklärte Ziel der Fraunhofer-Einrichtung am Standort Regensburg. Auf dem Campus der Universität finden sich dafür die besten Voraussetzungen: Hier trifft die wissenschaftliche Expertise von Wegeners zwölköpfiger universitärer Forschungsgruppe auf die technischen Möglichkeiten der Fraunhofer EMFT. So gelingt der Brückenschlag von der zellbasierten Bioanalytik zur Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik. Tatsächlich entwickelt man an der Fraunhofer EMFT bereits mit Industriepartnern



Zell- und Gewebeprobe werden unter sterilen Bedingungen bei 37 °C im Inkubator kultiviert. Der rote Farbstoff im Nährmedium dient zur Überwachung des pH-Wertes.
© Fraunhofer EMFT/Bernd Müller

aus mehreren Bundesländern für sie maßgeschneiderte zell-basierte Assays. Zum Dienstleistungsangebot gehören neben Machbarkeitsstudien die Beratung zu Assayformaten und die Datenanalyse. Die Möglichkeiten von hybriden Testsystemen sind noch längst nicht ausgeschöpft, glaubt Joachim Wegener: »Wir arbeiten daran, verschiedene Signalwandler in einer

einigen Zellpopulation unterzubringen. QCM und ECIS können wir heute schon kombinieren. Wenn es uns gelingt, noch mehr Techniken in einem Testsystem zu vereinen, dann können wir ein Höchstmaß an Information über die fundamentalste Grundeinheit des Lebens gewinnen.« Fünf Patente hat das junge Fraunhofer-Team schon eingereicht. ■

Innovationen made by Fraunhofer

**70 JAHRE
ZUKUNFT**
#WHATSNEXT

High Efficiency Video Coding (HEVC)

Komprimierte Videodaten wachsen rasanter als je zuvor. Bereits heute bilden sie den mit Abstand höchsten Anteil von Bits im Internet und im mobilen Datenverkehr. Darüber hinaus nutzen heutige ultrahochauflösende Fernsehgeräte die vierfache Full-HD-Auflösung 4K. Dieser Trend zu qualitativ höherwertigen und höheraufgelösten Bildern und Videos geht jedoch auch mit einer stetig wachsenden Datenmenge einher. Um diese möglichst effizient übertragen zu können, bedarf es einer immer besseren Komprimierung. Der Standard H.265/ High Efficiency Video Coding (HEVC) bietet diese hocheffiziente Kompression. Er wurde vom Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut, HHI gemeinsam mit namhaften Herstellern aus den Bereichen Mobilfunk und Unterhaltungselektronik entwickelt und 2017 mit einem Primetime Engineering Emmy Award ausgezeichnet.

Momentan wird an der Standardisierung des HEVC-Nachfolgers Versatile Video Coding (VVC), an dem das Fraunhofer HHI erneut maßgeblich beteiligt ist, gearbeitet. VVC soll im Jahr 2020 50 Prozent Bitdatenreduktion gegenüber HEVC erreichen.

Mobiles Fernsehen – hocheffiziente Kompression macht es möglich.
© istock

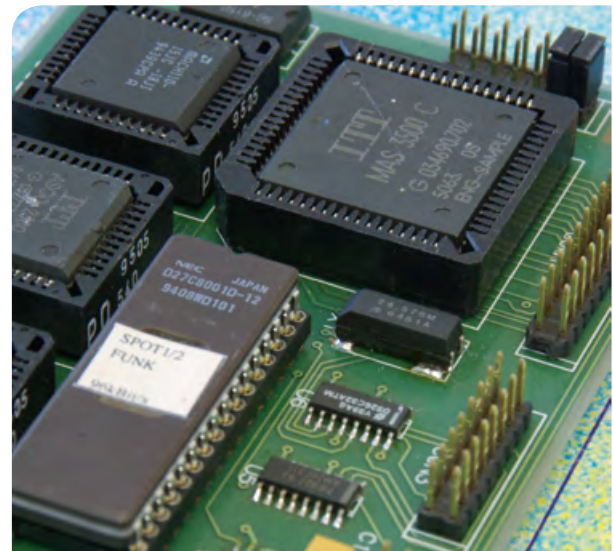


mp3 komprimiert Musikdaten

Aus heutiger Sicht ist mp3 die erste Generation in einer Reihe von Audiocodierverfahren, die am Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS entwickelt wurden. Audiocodierverfahren speichern Audiosignale deutlich intelligenter ab als z.B. die CD und sparen dadurch Daten ein. Der auch finanzielle Welterfolg von mp3 konnte in der zweiten und dritten Generation wiederholt werden.

Diese Technologien sind heute in allen Geräten der Unterhaltungselektronik enthalten. Die vierte Generation befindet sich derzeit in der Phase der Markteinführung, und erste größere Erfolge sind bereits erreicht. Ausschlaggebend für die lange Erfolgsgeschichte ist zum einen die wissenschaftliche Exzellenz des Fraunhofer IIS, das in den vergangenen 30 Jahren sämtliche technischen Audiostandardisierungswettbewerbe gegen größte internationale Konkurrenz gewinnen konnte, zum anderen die gelungene Vermarktung der Entwicklungsergebnisse mit weit über zehn Milliarden lizenzierten Geräten.

Erster Prototyp eines mp3-Spielers ohne bewegliche Teile von 1994.
© Fraunhofer IIS



Der Regenwald als Vorbild

Bevölkerungswachstum, schwindende Ressourcen, mangelnde Nachhaltigkeit – wie lassen sich solche Probleme der Menschheit in den Griff bekommen? In den Ökosystemen der Natur finden sich zahlreiche Vorbilder: etwa im tropischen Regenwald.

Text: Janine van Ackeren

Auf dem dunklen, schattigen Erdboden raschelt und wuselt es allerorten, während sich in den Baumwipfeln Affen von Ast zu Ast schwingen, schillernd bunte Vögel umherflattern und Insekten Schwärme summend die Luft bevölkern. Im tropischen Regenwald leben die verschiedenen Spezies so dicht neben- und miteinander wie in kaum einem anderen Lebensraum. Und das, ohne ihr Lebensumfeld dabei zu zerstören. »Im Regenwald herrscht eine Kreislaufwirtschaft, in der die Ressourcen nahezu optimal verwendet werden – freigesetzte Nährstoffe werden umgehend wieder genutzt«, bestätigt Prof. Christoph Schäfers, kommissarischer Institutsleiter am Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME. »Die Umwelt dort ist seit langer Zeit konstant, die Ressourcensituation stabil. Die verschiedenen Arten konnten sich anpassen, spezialisieren und hochdiverse ökologische Nischen besetzen. Dadurch ist eine ökologische Klimaxsituation entstanden.« Die Voraussetzung dafür: intelligente Wertschöpfungsnetze, die auf Vielfalt setzen und in denen alle sich bietenden Nischen besetzt werden.

Von Klimaxökologie zur Klimaxökonomie

Schön und gut – doch was hat das mit den Problemen der Menschheit zu tun? »Sehr viel«, ist Schäfers überzeugt. Denn die Natur kann in vielerlei Hinsicht als Vorbild und Ideengeber dienen – und das nicht nur hinsichtlich konkreter Technologien. Sondern auch bei der Frage: Wie können wir begrenzte Ressourcen auch für die kommende Generation verantwortlich verfügbar

machen? Wie können wir unseren Lebensraum Erde nachhaltig bewirtschaften?

Ein Umdenkenprozess ist dringend erforderlich. »Wenn wir uns weiterhin auf Wachstumszahlen fokussieren und noch das letzte Quäntchen Steigerung ermöglichen wollen, destabilisieren wir die Welt«, sagt Schäfers. »Denn die Ressourcen fließen in die Industrienationen, während das Bevölkerungswachstum in den Entwicklungs- und Schwellenländern stattfindet. Was wir jetzt als Migrationsströme begreifen, sind Rinnale – verglichen mit dem, was langfristig passieren wird, wenn wir nicht umdenken. Dann erübrigt sich die Klimaxökologie, denn dann haben wir keinerlei Stabilität mehr. Das Ziel muss daher ein Optimum an Kreislaufwirtschaft und Vernetzung sein, was analog zur Klimaxökologie eine Klimaxökonomie bedeuten würde.«

Es gibt keine Allgemeinlösung

Wie das konkret aussehen kann, lässt sich am besten anhand von Beispielen erläutern, etwa der Mobilität. In urbanen Räumen sind die Verkehrssysteme kaum noch in der Lage, dem wachsenden Verkehrsaufkommen gerecht zu werden. Insbesondere besteht ein vielerorts ungelöstes »Last-Mile-Problem«: Der Mensch kommt mit öffentlichen Verkehrsmitteln zwar nahezu ans Ziel, tut sich aber schwer, die letzte Meile bis dorthin zurückzulegen – und steigt daher ins Auto. »Genau an dieser Schnittstelle können kleinere Akteure nach dem Vorbild der Klimaxökologie wertvolle Lösungsbeiträge liefern«, sagt Dr. Florian Herrmann, Bereichsleiter am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO. »Über digitale Plattformen zur Vermittlung einer angemessenen Mobilitätslösung, über elektrische Roller, eingebettet in einem intelligenten Sharingansatz oder Ähnlichem, können sie eine Nische besetzen, die bisher noch verwaist war.«

Ein wichtiges Stichwort bei der Klimaxökologie, ja man könnte sagen das Stichwort überhaupt, ist die Diversität. »Eine optimale Lösung, mit der man alle Probleme in den Griff bekommt – eine One-fits-it-all-Lösung –, kann es nicht geben. Vielmehr braucht es wie im Dschungel zahlreiche unterschiedliche Ansätze«, konkretisiert

Schäfers. Genau dies ist im Bereich der Mobilität zu beobachten: Zwar galt der PKW bislang als Universallösung. Mit den drohenden Fahrverboten findet jedoch ein zunehmendes Umdenken bei der Wahl des Verkehrsträgers statt.

Wie man Kooperationen von Start-ups mit anderen Firmen stärken und fördern kann, zeigt die Forschungsfabrik ARENA2036, an der unter anderem das Fraunhofer IAO beteiligt ist. Mit dieser Fabrik ist ein offenes Ökosystem entstanden, in dem unterschiedliche Industrieunternehmen, Start-ups und Forschungseinrichtungen zusammenarbeiten.

Energie: Smart Grids verknüpfen Energiesysteme

Auch im Bereich der Energie sieht der Forscher die Diversität als Weg der Wege. »Der Weg, immer größere zentrale Energieeinrichtungen aufzubauen, gehört ins letzte Jahrtausend. Auch die Windenergie kann nicht als alleinige Lösung funktionieren. Vielmehr brauchen wir ein vernetztes System, mit dem wir die Energie-Erzeugung und den Verbrauch in Übereinstimmung bringen können«, ist Schäfers überzeugt. Herrmann gibt ihm recht. Seine Kollegen arbeiten unter anderem an Mikro-Smart-Grids, die genau dieses Ziel verfolgen: Die Grids verknüpfen verschiedene Energiebausteine wie Pufferbatterien, Photovoltaik, H₂-Speicherlösungen miteinander, sodass die benötigte oder zur Verfügung stehende Energie in einem lokalen Bereich – etwa einer großen Wohnanlage – optimal generiert, gespeichert, ausgenutzt oder abgegeben wird.

Landwirtschaft: Robotik ermöglicht kleinteiligen Ackerbau

Fährt man über Land, sieht man: Die Äcker werden größer, Monokulturen nehmen zu, die Diversität geht verloren. »Das ist eine ganz klare Fehlentwicklung«, ist sich Schäfers sicher. »Denn über die Phase, in der wir die Erträge auf diese Weise maximieren konnten, sind wir schon lange hinweg.« Ziel sei es, entgegenzuwirken und eine diversere Produktion aufzubauen. Bis vor Kurzem war ein solch kleinteiliger Ackerbau noch nicht denkbar, er war schlichtweg zu

Im tropischen Regenwald haben sich die verschiedenen Arten spezialisiert und unterschiedlichste ökologische Nischen besetzt. Eine solche ökologische Klimaxsituation könnte als Vorbild für unsere Gesellschaft dienen. © 123rf



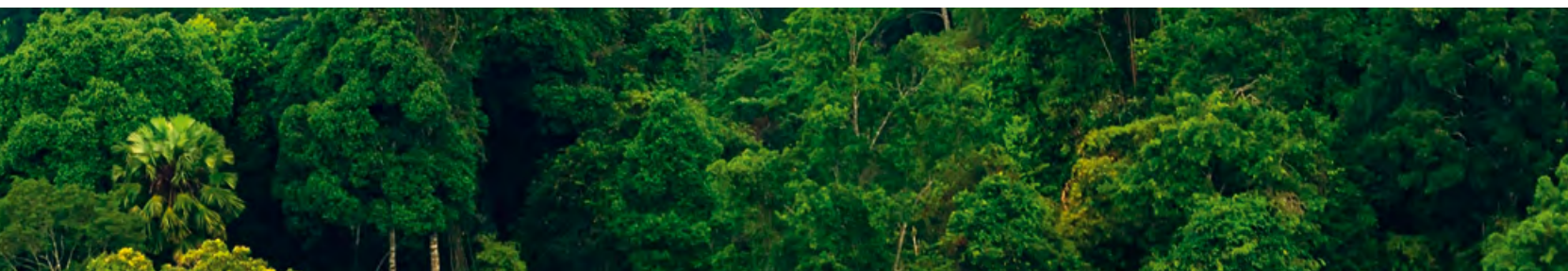
aufwendig. Mit der Robotik jedoch dürfte eine solche Diversifizierung des Ackerbaus über kurz oder lang rentabel werden.

**Nicht nur erneuern,
sondern auch erhalten**

Vielfach ist die Klimaxökologie nicht nur eine Frage der Erneuerns, sondern auch des Erhaltens. So

etwa in der Wirtschaft: Deutschland verfügt über eine starke Mittelstandswirtschaft – also über viel Diversität. Doch wie lassen sich diese Strukturen erhalten? »Fraunhofer hat hier eine große Verantwortung – und eine große Schlagkraft«, sagt Herrmann. »Stärken wir den Mittelstand, erhöhen wir unsere Resilienz.« Dazu gehört unter anderem, den Mittelstand in puncto Industrie 4.0 und Digitalisierung mitzunehmen. Im Großpro-

jekt »Business Innovation Engineering Center BIEC«, gefördert vom Land Baden-Württemberg, entwickeln Forscherinnen und Forscher vom Fraunhofer IAO daher entsprechende Lösungsbausteine auf Basis digitaler Technologien, die sich speziell an den Anforderungen des Mittelstandes orientieren. Ergo: Die Klimaxökologie des Regenwaldes lässt sich in vielfältiger Weise auf die Gesellschaft übertragen. ■



Wegweiser für die Forschung

Wie meistern wir die Herausforderungen der Zukunft? Welche Themen müssen auf der Forschungsagenda ganz oben stehen? Und was können Unternehmen dazu beitragen? Zukunftsstudien liefern Antworten auf diese Fragen und nutzen dafür seit neuestem auch Bürgerbeteiligung und Big-Data-Analysen.

Text: Christine Broll

Langsam wird es ruhig im Konferenzraum. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Workshops schließen die Augen, während die Moderatorin zu ihnen spricht: »Es sind 30 Jahre vergangen. Sie treten durch eine Tür in eine neue Welt. Was sehen Sie? Was hören Sie? Wen treffen Sie?« Alle sind tief in sich versunken und versetzen sich in Gedanken in die Zukunft. Ihre Visionen, ihre Ängste und Hoffnungen schreiben sie danach in kleinen Gruppen auf und diskutieren die Ergebnisse.

Für diese imaginäre Reise in die Zukunft trafen sich über 40 Bürgerinnen und Bürger am Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI in Karlsruhe. Sie kamen aus ganz Deutschland, um an der CIMULACT-Studie teilzunehmen. Die Studie hatte zum Ziel, die Zukunftswünsche von Bürgerinnen und Bürgern in 30 europäischen Ländern bei Workshops zu sammeln und daraus Vorschläge für die Gestaltung des europäischen Forschungsprogramms zu erarbeiten.

Da das jetzige EU-Forschungsrahmenprogramm »Horizon 2020« nächstes Jahr ausläuft, arbeitet die Kommission zurzeit am Nachfolgeprogramm »Horizon Europe«, das von 2021 bis 2027 die europäische Forschungslandschaft prägen wird. Mit CIMULACT hat die Kommission erstmals eine Studie mit Bürgerbeteiligung als eine der Grundlagen für das Aufstellen der Forschungsagenda in Auftrag gegeben.

Leben im Einklang mit der Natur

Dr. Philine Warnke vom Fraunhofer ISI war an der Konzeption und Durchführung der Studie maßgeblich beteiligt. Sie sagt: »Oberste Priorität hat für die Bürgerinnen und Bürger ein Leben im Einklang mit der Natur.« Um dieses Ziel zu erreichen, sollten Ansätze gefördert werden, die mehr Menschen dazu ermutigen, einen ökologischen Lebensstil einzuschlagen. An zweiter Stelle steht der Wunsch nach einer gerechten und ganzheitlichen Gesundheitsversorgung für alle Bürger. Wichtig waren den Studienteilnehmern auch gute, gesunde Nahrungsmittel. Hier wünschen sie sich mehr innovative Forschung und Aufklärung zum nachhaltigen Umgang mit Lebensmitteln. Als weitere Punkte stehen auf der Top-5-Liste neue Wege zur Energieeinsparung und die personalisierte Medizin.

 www.cimulact.eu

In einem begleitenden Bericht verglich das CIMULACT-Team die Ergebnisse der Bürgerbefragung mit 16 Zukunftsstudien, bei denen Experten gehört worden waren. »Die Themen sind gar nicht so unterschiedlich, aber der Zugang ist ein völlig anderer«, fasst Philine Warnke die Ergebnisse zusammen. »Die Bürgerinnen und Bürger schauen aus ihrer Alltagsperspektive auf die großen Themen und bringen damit einen ganzheitlichen Blick in die Diskussion.« Das macht es aber auch schwierig, die Empfeh-

© Adobe Stock/Vierthaler und Braun

Die Ergebnisse der Studie CIMULACT: Das wünschen sich die Bürgerinnen und Bürger für die Zukunft

1. Leben im Einklang mit der Natur
2. Eine gerechte und ganzheitliche Gesundheitsversorgung für alle Bürger
3. Gute und gesunde Lebensmittel
4. Neue Technologien zur Reduzierung des Energieverbrauchs
5. Personalisierte Medizin





© Photocase



Angeregt durch Fotos aus der Vergangenheit und Gegenwart entwickelten Bürgerinnen und Bürger beim CIMULACT-Workshop Visionen von der Zukunft. © Fraunhofer ISI/Petra Sandker

lungen aus CIMULACT direkt im Forschungsrahmenplan umzusetzen. Denn dort existiert keine Abteilung, die das »Leben im Einklang mit der Natur« fördern könnte. Stattdessen gibt es unterschiedliche Forschungssilos zu Themen wie Wasser, Landwirtschaft oder Energie.

»Der größte Erfolg der Studie ist, dass sie den Weg für mehr Bürgerbeteiligung in der Forschungsplanung geebnet hat«, betont Philine Warnke. Die OECD hat die Studie als Best-Practice-Beispiel herausgestellt und sie den Mitgliedsregierungen zur Nachahmung empfohlen. Auch in der deutschen Hightech-Strategie 2025 ist der Geist von CIMULACT angekommen. Denn darin ist zu lesen, dass man Bürgerinnen und Bürger verstärkt bei Forschung und Innovation einbeziehen wolle. Dazu soll der Dialog mit neuen, partizipativen Formaten ausgebaut werden: von der Einbindung der Zivilgesellschaft in die Agendasetzung bis hin zu eigenständigen Forschungsaktivitäten.

Internationale Expertenbefragung

Während am Fraunhofer ISI die CIMULACT-Studie lief, fand gleichzeitig die Erhebung der Daten für eine zweite Studie zur Vorbereitung von Horizon Europe statt: das Foresight-Projekt

BOHEMIA. »Wir analysierten in der Studie die zukünftigen globalen Herausforderungen mit einem Zeithorizont bis 2040 und zeigten auf, wie Forschung und Entwicklung zu Problemlösungen und Transformationen beitragen könnten«, erläutert Dr. Kerstin Cuhls vom Fraunhofer ISI, die an der Untersuchung intensiv mitgearbeitet hat.



Bohemia:
<http://s.fhg.de/bohemia-eu>

Zentrales Element der Studie war eine Delphi-Befragung, eine Methode der Zukunftsforschung, die – nach dem Orakel von Delphi benannt – Zukunftsinformationen für die Gestaltung von Politik bereitstellt. Bei der modernen argumentativen Delphi-Befragung legt man Experten Aussagen vor, die thesenhaft beschreiben, was in der Zukunft Realität sein könnte. Zum Beispiel: »Fünfzig Prozent der in der EU verkauften Lebensmittel stammen aus biologischem Anbau.« Die Experten sollen dann einschätzen, wann die These eintreten könnte, wie wichtig sie ist, und sie sollen ihre Meinung begründen. In einer zweiten Runde bekommen sie noch einmal die gleichen Aussagen vorgelegt, diesmal aber zusammen mit den Einschätzungen der anderen Experten. So können sie die Argumente anderer in ihre Überlegungen

einbeziehen, bewerten oder neue nennen und ihr Urteil anpassen.

Nachhaltigkeitsziele erreichen

Für BOHEMIA beurteilten über 700 internationale Experten verschiedener Fachgebiete insgesamt 147 Aussagen über die Zukunft von Forschung und Technologie sowie über gesellschaftliche Entwicklungen. Die wichtigsten Themen wurden dann vom Projektteam detailliert und schließlich zu 19 Szenarien zusammengefasst. »Im Vordergrund stehen Themen digitaler Vernetzung, Gesundheit oder auch Themen, die die alternde Gesellschaft betreffen«, erklärt Kerstin Cuhls. Daher lautet eine Empfehlung, älteren oder kranken Menschen das Leben in ihren eigenen vier Wänden beispielsweise mit Assistenzrobotern, Telemedizin oder neuen Services zu erleichtern. Weitere Themen für die Forschung sind die Bioökonomie mit der Entwicklung neuer Kreislaufprozesse, Konzepte zur Energieeinsparung, innovative Energiespeicher, Cyberwar, künstliche Organe oder Präzisionsmedizin.

Das wichtigste Ergebnis der Studie aber sind die übergeordneten Ziele, die das Projektteam den Verfassern des Forschungsprogramms ans Herz legt: »Wir brauchen einen neuen Pakt zwischen

Der Blick in die Zukunft gestern

Vor 2000 Jahren verkündete die Priesterin Pythia im Orakel von Delphi göttliche Weissagungen über die Zukunft.

Der Blick in die Zukunft heute

Heute beruhen Zukunftsstudien auf den Meinungen von Expertinnen und Experten sowie von Bürgerinnen und Bürgern.

© Adobe Stock/Antikensammlung Berlin



Wissenschaft, Gesellschaft und Politik«, formulieren sie in den Empfehlungen. »Forschung und Entwicklung sollen dazu beitragen, die großen gesellschaftlichen Herausforderungen anzupacken.« Die Forschungspolitik der EU könne der Motor für Veränderungen sein und die Voraussetzungen schaffen, die Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen zu erreichen.

Big-Data-Analysen

Wenn Unternehmen in die Zukunft schauen, stellen sie konkrete Fragen zur Entwicklung ihrer Markt- und Branchenumfelder. Denn für die Planung ihrer Strategie und der damit verbundenen Investitionen brauchen sie möglichst konkrete Szenarien. Wie zum Beispiel ein Verbund von 50 Unternehmen aus der Metropolregion Nürnberg, die gemeinsam Szenarien erarbeiten, um in der Region die Klimaschutzziele 2030 zu erreichen.

Wichtige Indikatoren weisen dabei den Weg von Zukunftspfaden: Ändern sich Einstellungen von Bürgerinnen und Bürgern so, dass von einem beschleunigten Ausbau der Windkraft in der Region ausgegangen werden kann? Welche Energiespeichersysteme vollziehen den Übergang vom Versuchsstadium zur Markt-

reife? Wie aus einer Vielzahl von Fragmenten öffentlich verfügbarer Informationen Antworten abgeleitet werden können, erarbeitet zurzeit die neu gegründete Forschungsgruppe »Future Engineering«, in der die Technische Hochschule Nürnberg und die Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Supply Chain Services SCS des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS zusammenarbeiten.

 **Future Engineering:**
<http://s.fhg.de/iofo>

Für ihre Zukunftsstudien setzt die Forschungsgruppe auf die systematische Analyse einer Vielzahl unterschiedlicher Datenquellen. »Wir haben im Internet mehr als tausend themenspezifische Quellen national wie auch international identifiziert, die uns nützliche Informationen liefern. Dazu gehören zum Beispiel Seiten von Unternehmen, Verbänden und Pressehäusern«, berichtet der Leiter der Forschungsgruppe Future Engineering, Prof. Ralph Blum.

Alle Neuigkeiten und Feeds der ausgewählten Webseiten werden automatisch abgezogen und in einer großen Datenbank gespeichert, mitunter mehrere Tausend wöchentlich. Da solche Datenmengen unterschiedlicher Formate und

Inhalte von Personen nicht mehr effizient gesichtet werden können, nutzt die Forschungsgruppe innovative Methoden des »natural language processing« oder der semantischen Web-Analyse, um die für sie relevanten Informationen zu extrahieren. So können zum Beispiel Pressemeldungen über die Zuweisung von entsprechenden Gemeindeflächen ein Maß für mittelfristig zu installierende Windkraftkapazitäten sein. Der Mehrwert: Pressemeldungen unterschiedlicher Art werden so für eine Prognose zukünftiger Entwicklungen nutzbar gemacht.

Die Datenanalyse kombiniert die Forschungsgruppe dann mit klassischen Methoden der Zukunftsforschung, wie zum Beispiel einem Delphi-Verfahren. Ob diese Zukunftsbilder realistisch sind, beurteilt zum Schluss nach wie vor eine Expertengruppe.

Ralph Blum denkt aber schon weiter. »Wir können Ergebnisse auch über soziale Netzwerke und Blogs im Internet kommunizieren und sie von einer Crowd bewerten lassen.« Dann wäre es möglich, sowohl die Big-Data-Analyse als auch die Meinung der Bürger als Basis für Studien zu nutzen. »Bis jetzt sind diese Ideen aber noch Zukunftsmusik«, meint der Zukunftsforscher. ■

Wenn Betroffene ihre Krankheit erforschen

Wer kann eine Erkrankung besser erforschen, als die Menschen, die mit ihr leben? Dieser Gedanke steht hinter dem »Patient Science«-Projekt, in dem Mukoviszidose-Erkrankte mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zusammenarbeiten. Sie untersuchen, wie Betroffene mit der Krankheit umgehen und wie man ihre Lebenssituation verbessern könnte.

Text: Christine Broll



Mukoviszidose-Patientinnen und -Patienten müssen regelmäßig inhalieren, um den zähen Schleim in ihren Bronchien zu lösen.
© Shutterstock

tionsforschung ISI in Karlsruhe. Er betritt mit dem Projekt Neuland. »Im Gesundheitsbereich gibt es bisher noch keine Studien, bei denen Patientinnen und Patienten als gleichberechtigte Partner aktiv eingebunden sind. In den klinischen Studien kommt ihnen in der Regel nur eine passive Rolle zu«, sagt Nils Heyen. Wichtigster Projektpartner ist die Mukoviszidose-Ambulanz des Universitätsklinikums Frankfurt. Die Klinik hat auch die elf Personen rekrutiert, die jetzt als Patientenforscherinnen und -forscher arbeiten. Dazu gehören Betroffene und Eltern erkrankter Kinder. Finanziert wird das Vorhaben vom Bundesforschungsministerium im Rahmen der Initiative zur Förderung der Bürgerforschung (siehe Kasten).

Alltagsprobleme der Erkrankten besser verstehen

Im April 2018 fanden die ersten beiden Workshops statt, an denen Patientenforscherinnen und -forscher, Fachärzte der Uniklinik, die Geschäftsführerin des Mukoviszidose-Bundesverbandes und einige Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler teilnahmen. Gemeinsam entwickelten sie ein Forschungskonzept mit dem Ziel, einen Beitrag zur Verbesserung der Lebenssituation der Betroffenen zu leisten. Erster Schritt ist eine Onlinebefragung von Patientinnen, Patienten und Angehörigen, bei der das Team mit dem Mukoviszidose-Verband zusammenarbeitet. Man möchte möglichst viele der rund 8 000 in Deutschland lebenden Betroffenen erreichen.

Katja Wecke arbeitet als Patientenforscherin an dem Projekt mit. Die 39-jährige Diplom-Verwaltungswirtin leidet seit ihrer Geburt an Mukoviszidose. Bei dieser erblichen Stoffwechselerkrankung produzieren viele Organe einen zähflüssigen Schleim, was vor allem im Darm und in den Bronchien zu starken gesundheitlichen Problemen führt. Früher lag die Lebenserwartung bei 20 bis 30 Jahren. Heute können Betroffene auch das Seniorenalter erreichen. Allerdings nur, wenn sie die zeitaufwendige Therapie diszipliniert durchhalten.

»Ich muss morgens und abends jeweils 45 Minuten inhalieren, damit sich der Schleim lockert«, berichtet Katja Wecke. Dazu kommt die medikamentöse Behandlung, um die Krankheit im Griff zu behalten. Trotz Therapie und Vollzeit-Berufstätigkeit hat sie sich entschlossen, bei dem »Patient Science«-Projekt mitzuarbeiten: »Ich möchte meine Erfahrungen, die ich mit der Krankheit gesammelt habe, dokumentieren und an Betroffene weitergeben.« Leiter des »Patient Science«-Projekts ist Dr. Nils Heyen vom Fraunhofer-Institut für System- und Innova-



Da die Patientinnen und Patienten sehr anfällig für Infektionen sind, bedeuten Fahrten in öffentlichen Verkehrsmitteln ein großes Risiko. © Shutterstock

Zurzeit erarbeiten Profis zusammen mit Patientinnen und Patienten den Fragebogen. »Die Betroffenen erklären uns, welche Fragen wichtig sind. Wir Berufsforscher und -forscherinnen sagen dann, wie man die Fragen so stellt, dass die Antworten nachher auch belastbar sind«, erklärt Nils Heyen die konstruktive Zusammenarbeit. Durch den Fragebogen will das Forscherteam erheben, mit welchen Problemen die Erkrankten im Alltag zu kämpfen haben und wie sie das meistern.

Hohes Infektionsrisiko

Viele der Alltagsprobleme haben eine gemeinsame Ursache: Mukoviszidose-Kranke sind sehr anfällig für Infektionen. Eine einfache Erkältung kann bei ihnen schwerwiegende Folgen haben, denn der zähe Schleim in Bronchien und Lunge

ist ein idealer Nährboden für Bakterien. Um sich vor Infektionen zu schützen, meiden viele den Kontakt mit Menschen. Fahrten mit öffentlichen Verkehrsmitteln sind daher ebenso eine Herausforderung wie das Treffen mit Freunden. Sehr belastend ist auch das tägliche Inhalieren, besonders für Eltern, die ihre Kinder tagtäglich dazu motivieren müssen.

Die bei der umfangreichen Erhebung gewonnenen Daten werden von den Patientenforscherinnen und -forschern sowie den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern gemeinsam ausgewertet. Aus den Ergebnissen soll unter anderem ein Selbsthilfe-Leitfaden entstehen. Für Patientenforscherin Katja Wecke wäre damit ein wichtiges Ziel erreicht. Ihre Erfahrungen, die in das Projekt eingeflossen sind, kommen dann vielen anderen Betroffenen zugute. ■

Citizen Science – Bürger machen Wissenschaft

Immer mehr Menschen begeistern sich für Forschung und arbeiten an Projekten verschiedener Institutionen mit. Als das Bundesministerium für Bildung und Forschung erstmals die Förderung von Projekten mit Bürgerbeteiligung ausschrieb, war die Resonanz riesig: Mehr als 300 Projekte wurden vorgeschlagen. Eine Expertenjury wählte daraus 13 Projekte, die seit Juli 2017 gefördert werden. An fünf dieser »Citizen-Science«-Projekte sind Fraunhofer-Institute beteiligt. Neben dem »Patient-Science«-Projekt am Fraunhofer ISI sind das:



CitizenSensor – Umweltanalytik für alle, Fraunhofer EMFT

Um den Nährstoffgehalt des Bodens zu bestimmen, muss man Bodenproben im Labor analysieren. Das ist aufwändig und teuer. Damit Hobbygärtnerinnen und -gärtner schnell und unkompliziert den Düngerbedarf in ihren Beeten messen können, arbeitet die Fraunhofer-Einrichtung für Mikrosysteme und Festkörper-Technologien EMFT zusammen mit einer offenen Münchner Bürgerwerkstatt an einem neuen Messgerät. Es basiert auf elektrochemischen Sensoren der Fraunhofer EMFT. Gleichzeitig wird in dem Projekt ein Leitfaden für die Zusammenarbeit zwischen institutionalisierter Forschung und der Maker-Szene erarbeitet.

Hear how you like to hear – Selbstbestimmtes Hören für Menschen mit und ohne Hörbeeinträchtigung, Fraunhofer IDMT

Obwohl mehr als die Hälfte der über 65-Jährigen von Hörbeeinträchtigungen betroffen ist, greift nur ein Viertel von ihnen zu Hörgeräten. Um neue Impulse für die Entwicklung von Hörhilfen der nächsten Generation zu sammeln, setzt das Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie IDMT in Oldenburg auf die Kreativität von Bürgerinnen und Bürgern. In Workshops erproben sie mit einfachen technischen Mitteln individualisierte Alltagslösungen und entwickeln innovative Design-Ideen. Ziel ist es, das Wohlbefinden der Betroffenen in den Mittelpunkt zu stellen.

Städtische Agrikultur – nachhaltige Integration und Vernetzung von Nahrungsmittelkleinproduktionen, Fraunhofer UMSICHT

In Städten und Kommunen erzeugen viele Menschen bereits ihre eigenen Lebensmittel, im Balkongarten genauso wie in Stadtfarmen. Das Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT und der Wissenschaftsladen Bonn wollen gemeinsam mit Bürgerinnen und Bürgern neue Ideen für eine bessere Nahrungsmittelproduktion in der Stadt erarbeiten. Dazu entwickeln sie angepasste Technologien. In Oberhausen und Bonn werden Forschungsfragen erarbeitet, an zwei Erntefolgen erprobt und vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeit bewertet.

OpenLabNet – Make Science! (Verbundprojekt), Fraunhofer IMWS

OpenLabNet – Make Science! vereint mehrere Citizen-Science-Projekte mit unterschiedlichen Themenschwerpunkten, vom Feinstaubmessen über Green Blogging und nachhaltigen Alltag bis hin zur Frage des autarken Wohnens im Alter. Das Projekt »Vermessung der Welt 2.0« des Fraunhofer-Instituts für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS ermittelt die Feinstaubwerte von Halle (Saale). Im Wettbewerb »Make Science! Open« können Bürgerinnen und Bürger Preisgelder für eigene Forschungsthemen erhalten.

Fraunhofer-Forschung Made in Sweden



Vor 18 Jahren gründete die Fraunhofer-Gesellschaft in Göteborg erstmals ein Forschungszentrum im europäischen Ausland. Mittlerweile ist Schweden zu einem wichtigen Partnerland für die angewandte Forschung geworden: Fraunhofer-Teams entwickeln an zwei Standorten praktische Lösungen für schwedische und deutsche Unternehmen, unter ihnen führende Hersteller von PKW und Nutzfahrzeugen.

Text: Monika Weiner

Flanieren am Hafen? Kaffeetrinken in der Altstadt? Besichtigung des Windjammers Viking? Eigentlich gehört all das zwingend zu einem Besuch in Göteborg. »Ich nehme mir das auch jedes Mal vor, wenn ich hinfliege«, beteuert Prof. Dieter Prätzel-Wolters. »Aber dann fahre ich doch wieder nur vom Flughafen zum Campus der Chalmers Universität und wieder zurück. Die Zeit vergeht einfach immer viel zu schnell.« Mindestens dreimal im Jahr fliegt der Leiter des Fraunhofer-Instituts für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM in die schwedische Hafen-

stadt. Dort befindet sich, auf dem Gelände der Chalmers Universität, das Fraunhofer-Chalmers Research Centre for Industrial Mathematics FCC. Das Forschungszentrum wurde 2001 als erste Fraunhofer-Tochter im europäischen Ausland gegründet. Seither reisen nicht nur der Institutsleiter, sondern auch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des ITWM regelmäßig für Projektbesprechungen und Forschungsaufenthalte nach Göteborg. Im Gegenzug kommen die schwedischen Kolleginnen und Kollegen nach Kaiserslautern. Wenn sich die Forscherinnen

und Forscher treffen, kreisen die Gespräche immer um ein zentrales Thema: Wie kann man mit mathematischen Methoden industrielle Produkte, Prozesse und Arbeitsabläufe verbessern? Patentrezepte gibt es da nicht. Ein Kunde aus der Papierindustrie braucht andere Lösungen als ein Hersteller von Baumaschinen. »Doch dank des sehr breiten Know-how-Spektrums der deutschen und schwedischen Teams können wir für unsere mittlerweile 200 Kunden maßgeschneiderte Lösungen erarbeiten«, betont der Leiter des schwedischen Centre Johan Carlsson

Fraunhofer-Forscherinnen und -Forscher reisen häufig nach Göteborg zu ihren langjährigen Kooperationspartnern. © 123rf

18 Jahre gemeinsame Forschung

Die Erfolgsgeschichte des Fraunhofer-Chalmers Research Centre begann mit einem Treffen der Mathematiker Prof. Helmut Neunert, ehemaliger Leiter des ITWM, und Dr. Uno Nävert, damals Leiter des schwedischen Institut für Tillämpad Matematik ITM. Beide Forscher waren begeistert von der Idee, das Know-how ihrer Institute für gemeinsame Forschungsprojekte zu nutzen und damit auf dem schwedischen und deutschen Markt zu akquirieren. Eine Herausforderung: Während in Deutschland viele kleine und mittelständische Unternehmen Forschungsaufträge vergeben, dominieren in Schweden große Unternehmen wie beispielsweise Volvo, ABB und Tetra Pack.

Im Jahr 2001 war es dann so weit: Unter Einbeziehung der Universität Chalmers wurde in Göteborg das Fraunhofer-Chalmers Research Centre gegründet. Eine Stiftung, an der Fraunhofer und Chalmers als gleichberechtigte Partner beteiligt sind, sorgte von Anfang an für die nötige Grundfinanzierung. Zu Beginn hatte das Centre vier Mitarbeiter, einer von ihnen war Johan Carlson, der das FCC mittlerweile leitet. Heute sind es 70. Das Centre hat ein Budget von sechs Millionen Euro – 40 Prozent davon stammen aus Industrienaufträgen.

PhD. Die Mathematikerinnen und Mathematiker in Göteborg sind Spezialisten für Multiphysik-Simulation, Geometrie, Modellierung biologischer Systeme, Data Mining und Softwareentwicklung. Die ITWM-Forscherinnen und Forscher bringen jahrzehntelange Erfahrungen mit im Materialdesign, in High Performance Computing, in der Strömungs- und Fahrzeugsimulation sowie der Optimierung von Produkten und Prozessen.

Die Kooperation mit Schweden ist dabei nicht nur für Mathematiker interessant. Seit zwei Jahren arbeiten das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU in Chemnitz sowie das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT in Aachen eng mit schwedischen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Königlichen Technischen Hochschule KTH sowie der Forschungsorganisation RISE zusammen. Gemeinsam haben die Teams das »Powertrain Manufacturing for Heavy Vehicles Application Lab«, kurz PMH, in



Das Fraunhofer-Chalmers Research Centre wurde 2001 in Göteborg gegründet.
© alamy



Stockholm aufgebaut. »Die Idee, zusammen mit Fraunhofer ein anwendungsnahes Forschungs- und Entwicklungslabor für Produktionstechniken zu eröffnen, kam von den Nutzfahrzeugherstel­lern Scania und Volvo sowie dem Werkzeugher­steller Sandvik«, erinnert sich Prof. Thomas Bergs vom Fraunhofer IPT. Nach einem Standort musste man nicht lange suchen: »Der Campus der KTH in Stockholm bietet alle technischen Möglichkeiten, es gibt hochmotivierten Nach­wuchs, und die Industriekunden befinden sich in unmittelbarer Nähe«, schwärmt Dr. Jannik Henser, der das PMH aufgebaut hat und leitet.

Gemeinsame Interessen

Tatsächlich sind sowohl die schwedische Hauptstadt Stockholm als auch die zweitgrößte Stadt Göteborg Top-Adressen für angewandte Forschung. Hier haben die großen Unternehmen ihren Sitz – das skandinavische Land ist unter anderem führend in der Herstellung von Autos

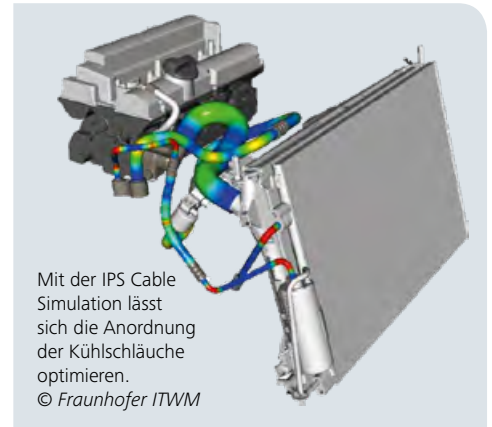
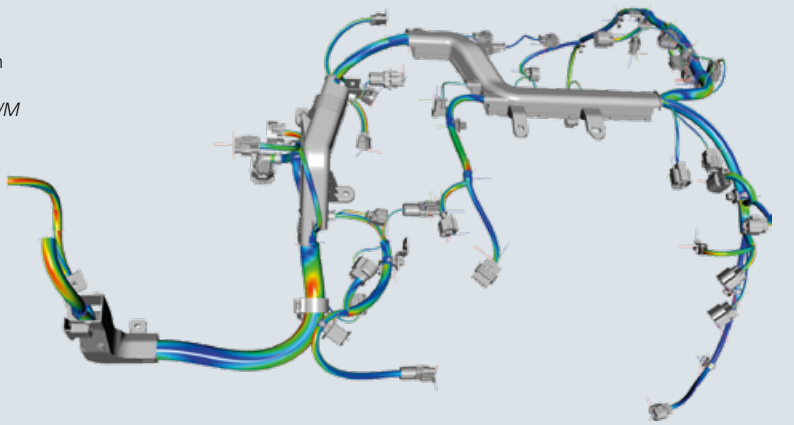
in Stockholm erarbeiten schwedische und deutsche Teams das Know-how für die Fahrzeugindustrie 4.0. © iStock

und Nutzfahrzeugen sowie in der Holz- und Papierverarbeitung. Für die Fraunhofer-Teams bedeutet das: kurze Wege zum Kunden und eine Vielzahl potenzieller Kooperationen. Schwerpunkt der Forschung ist dabei der Fahrzeugbau. Dieser ist nicht nur für Schweden einer der wichtigsten Wirtschaftszweige, sondern auch für Deutschland. Von gemeinsamen Projekten können daher beide Länder profitieren.

Zuverlässiges Design, smart verlegte Kabel

So erarbeiteten die Forscherinnen und Forscher am Fraunhofer-Chalmers Research Centre zusammen mit dem ITWM und sechs europäischen LKW-Herstellern – DAF, Daimler, IVECO, MAN, Scania und Volvo – ein Handbuch für robustes

Die Verlegung von Kabelbäumen in der Simulation.
© Fraunhofer ITWM



Mit der IPS Cable Simulation lässt sich die Anordnung der Kühlschläuche optimieren.
© Fraunhofer ITWM

und zuverlässiges Fahrzeugdesign. Der »Guide to Load Analysis for Durability in Vehicle Engineering« erschien 2013 und bildet die Grundlage für neue Entwicklungen im Nutzfahrzeugbau.

Ein Simulationsprogramm zur Auslegung und virtuellen Absicherung von Schläuchen, Kabeln und Kabelbäumen, das Mathematiker-Teams in Göteborg und Kaiserslautern gemeinsam entwickelt haben, hilft Fahrzeugbauern Zeit und Kosten zu sparen. Mit der »IPS Cable Simulation Software« lässt sich schon während der Designphase herausfinden, ob die Materialien den Anforderungen der Praxis standhalten. Keine triviale Aufgabe: Bis zu drei Kilometer Kabel sind in einem durchschnittlichen PKW verbaut. Bei einem Hybridfahrzeug können es noch ein paar Kilometer mehr sein. »Während eines Fahrzeuglebens müssen diese Kabel nicht nur Hitze, Kälte und Vibrationen, sondern auch mechanischen Belastungen standhalten.« Die Software kann nicht nur all diese Faktoren simulieren, sondern auch in Echtzeit darstellen«, erläutert Centre-Leiter Carlson. »Der Anwender sieht das Ergebnis seiner Eingaben sofort auf dem Bildschirm.« 80 Unternehmen in Europa, Asien und USA nutzen das Programm bereits. Vermarktet wird die Cable Simulation-Software durch ein Spin-off des Göteborger Centres, die 2012 gegründete IPS Industrial Path Solutions Sweden AB sowie durch die fleXstructures GmbH in Kaiserslautern, eine Ausgründung des ITWM. Auf der Hannover Messe 2017 wurde fleXstructures mit dem Robotics Award ausgezeichnet, kurz darauf erhielt das Unternehmen den Pfalz-Zukunftspreis.

Schlaue Lackierroboter

Derzeit arbeitet das Fraunhofer-Team in Göteborg an einer vollautomatischen Lackierzelle. »Mit dem Projekt SelfPaint wollen wir den Ferti-

gungsprozess im Fahrzeugbau beschleunigen«, erläutert Carlson. Derzeit komme es bei der Produktion immer wieder zu Verzögerungen, wenn eine Lackiereinheit auf ein neues Modell und damit neue Geometrien umgerüstet werden müsse. Zusammen mit den Forscherinnen und Forschern vom ITWM und vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA haben die schwedischen Mathematikerinnen und Mathematiker jetzt den Prototypen einer schnellen und flexiblen Lackierzelle entwickelt: Eine Simulationssoftware berechnet vorab den gesamten Beschichtungsprozess. Läuft das zu lackierende Teil dann vom Band, wird es von 3D-Scannern exakt vermessen.

Mithilfe dieser Daten lassen sich die Roboter so steuern, dass die Farbschichten überall gleichmäßig und in der gewünschten Dicke aufgetragen werden. Während des Lackiervorgangs lässt sich dann mit Terahertz-Strahlen berührungslos ermitteln, ob die Lackierung den Vorgaben entspricht. Bei Abweichungen können intelligente Algorithmen nachsteuern. Das Konzept der vollautomatischen Lackierung wollen Carlson und sein Team zusammen mit Experten aus anderen Fraunhofer-Instituten jetzt auch an die Bedürfnisse kleiner und mittlerer Unternehmen, die Einzelteile herstellen, anpassen.

Vernetzte Maschinen

In Zukunft sollen digitale Technologien helfen, die Produktion schneller und flexibler zu machen. Im Stockholmer »Powertrain Manufacturing for Heavy Vehicles Application Lab« erarbeitet ein schwedisch-deutsches Team jetzt das Know-how für die Fahrzeugindustrie 4.0. »Oberstes Ziel ist es, die Flexibilität in der Produktion sowie die Auslastung der Maschinen zu steigern«, erklärt Bergs. Um herauszufinden,

wie sich dies in der Praxis erreichen lässt, wurde in Stockholm eine einzigartige Versuchsumgebung geschaffen: Das »Swedish-German Testbed for Smart Production« umfasst drei Standorte – Stockholm, Aachen und Chemnitz. An allen Standorten stehen Produktionseinheiten, die miteinander vernetzt sind und miteinander kommunizieren. In einem der laufenden Projekte werden Zahnräder für LKW-Getriebe gefertigt. Während dies passiert, tauschen die Maschinen Daten aus und lernen voneinander. Beispielsweise, welche Zerspantechnologie die optimale ist, wie oft die Werkzeuge ausgetauscht werden müssen und wie die Auslastung der verschiedenen Maschinen verbessert werden kann. Ein eigens entwickelter Nachrichtendienst, eine Art Twitter für Maschinen, hilft dabei, die Daten drahtlos und in Echtzeit zu übertragen. Das schwedische Unternehmen Ericsson steuert hierfür die 5G-Mobilfunktechnologie bei.

Digitale Zwillinge

Noch um einiges komplexer ist ein Industrie-4.0-Forschungsprojekt, bei dem an den zwei deutschen Standorten verschiedene Motor- und Getriebeteile für den Antriebsstrang gefertigt und in Stockholm weiterverarbeitet werden. Alle Informationen über die Art der Bearbeitung, die Festigkeit, die Geometrie und die Belastbarkeit, die während der Produktion anfallen, werden dabei in einer Datenbank gesammelt. So entsteht, zeitgleich mit dem realen Werkstück, ein digitaler Zwilling. »Dieser sorgt dafür, dass Daten über die gesamte Zuliefer- und Produktionskette hinweg auch standortübergreifend verfügbar sind und genutzt werden können, um die Bearbeitung zu optimieren«, erläutert Bergs. Auf der Hannover Messe 2019, bei der Schweden Partnerland ist, werden die Forscher erste Anwendungen präsentieren. ■

Modellierung kann die Belastung des Menschen am Arbeitsplatz senken. Hier ist die Simulation mit der Software IPS IMMA zu sehen. © Industrial Path Solutions Sweden AB



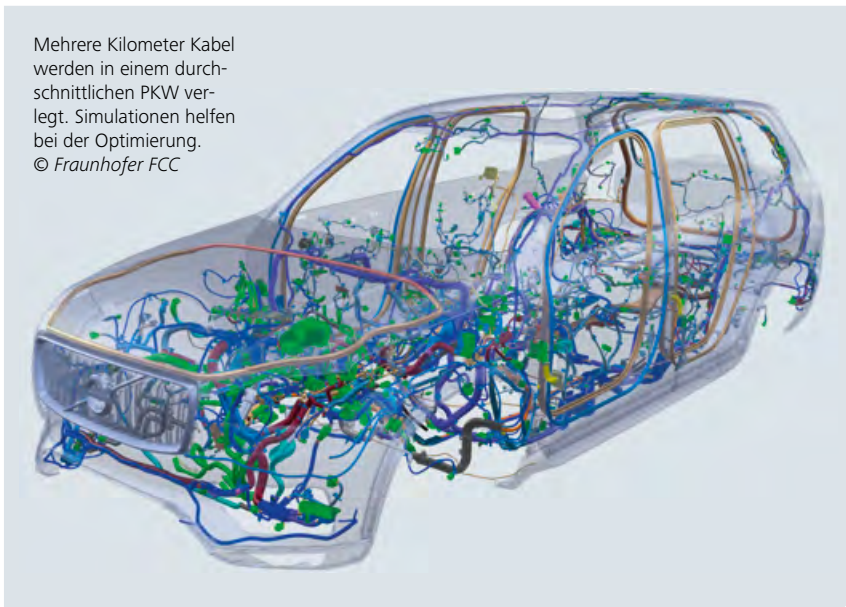
Das Fraunhofer-Chalmers Research Centre: Mathematik für die Praxis

Mathematische Modelle können das Leben leichter machen: In einem Projekt zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen im Automobil- und Nutzfahrzeugbau entwickelten Forschende in Göteborg zusammen mit Expertinnen und Experten aus fünf verschiedenen Fraunhofer-Instituten ein digitales Modell des Menschen. Mit diesem lassen sich Bewegungsabläufe der Arbeiterinnen und Arbeiter darstellen, die Maschinen bedienen. Dank des Modells können jetzt Produktionsanlagen so geplant werden, dass der Mensch am Arbeitsplatz weniger gesundheitsschädigenden Belastungen ausgesetzt ist.

Mit Simulationen lassen sich Verpackungen optimieren. Für die schwedische Papierindustrie wurde ein Computermodell erarbeitet, das zeigt, wie die Auswahl von Zellstoff und Herstellungsverfahren die Qualität von Verpackungen für Flüssigkeiten beeinflusst. Die Software macht die Mikrostruktur des Papiers sichtbar und erlaubt die Modellierung der mechanischen Eigenschaften – beispielsweise der Dicke, der Härte und der Falbarkeit.

Mathematik hilft auch beim Bau: Im Projekt DigiRoad – »Simulation and Visualization of Road Construction« – entwickelten die Forscherinnen und Forscher zusammen mit dem Bau- und Immobilienkonzern NCC AB ein Computermodell, mit dem sich beispielsweise die Stabilität einer Schotteraufschüttung voraussagen lässt. Die Simulation berücksichtigt unter anderem die Größe der Steine, ihre Verteilung und Verdichtung. So lässt sich kosteneffizient eine hohe Qualität im Straßenbau erzielen und gleichzeitig der Wartungsaufwand reduzieren.

Mehrere Kilometer Kabel werden in einem durchschnittlichen PKW verlegt. Simulationen helfen bei der Optimierung.
© Fraunhofer FCC



Das PMH Application Lab in Stockholm entwickelt Fertigungstechnologien für den Antriebsstrang von Nutzfahrzeugen.
© Volvo Trucks Corporation



Events im Jubiläumsjahr

70 JAHRE
FRAUNHOFER
70 JAHRE
ZUKUNFT
#WHATSNEXT

26. März in München

Festakt, Empfang der Bayerischen Staatsregierung, Jubiläumsdinner

Am 26. März 1949 hat im Bayerischen Wirtschaftsministerium die Geschichte der Fraunhofer-Gesellschaft begonnen. Zum Festakt am Gründungsort werden sich hochrangige Vertreter aus Politik, Wissenschaft und Wirtschaft dem Thema »Forschung für Europa« widmen. Abends lädt die Bayerische Staatsregierung zum Empfang in die Münchner Residenz, wo ein Jubiläumsdinner unter der Überschrift »Fraunhofer-Talente« die Geburtstagsfeier abschließt.



1. bis 5. April in Hannover

Hannover Messe

Fünf Tage lang zeigen fast 40 Fraunhofer-Institute und -Einrichtungen auf einer der größten Industriemessen der Welt Lösungen und Projektideen für unsere Industriekunden. Im Jubiläumsjahr setzt Fraunhofer den Fokus auf die Bedeutung Kognitiver Systeme für Industrie-4.0-Technologien.



Fraunhofer auf Messen

Februar, März, April

26. – 28. Februar
Embedded World, Nürnberg
Embedded Technologies

12. – 14. März
JEC, Paris, Frankreich
Composites, Werkstoffe

1. – 5. April
Hannover Messe, Hannover
Industrielle Produktion

Mai, Juni

7. – 10. Mai
Control, Stuttgart
Optik, Messtechnik, Prüfsysteme

3. – 6. Juni
BIO, Philadelphia, USA
Biotechnologie

4. – 7. Juni
Transport und Logistik, München
Logistik, Mobilität, IT und
Supply Chain Management

Juni

17. – 23. Juni
SIAE, Le Bourget, Frankreich
Luft- und Raumfahrttechnologien

24. – 27. Juni
Laser, München
Laser in der Fertigung, optische Technologie

25. – 27. Juni
Sensor und Test
Messtechnik, Sensorik

Informationen zu allen Messen:
www.fraunhofer.de/messen
www.fraunhofer.de/veranstaltungen

Franziska Kowalewski
Susanne Pichotta

franziska.kowalewski@zv.fraunhofer.de
susanne.pichotta@zv.fraunhofer.de

8. bis 9. Mai in München

Jahrestagung

Den Forschungstrends der Zukunft widmen sich die internen und externen Veranstaltungen der Jahrestagung und greifen dabei die Prioritären Strategischen Initiativen und ausgewählte Foresight-Themen auf. Höhepunkt ist die feierliche Verleihung der Joseph-von-Fraunhofer-Preise sowie des Fraunhofer-Preises »Technik für den Menschen«.



20. November in Berlin

Alumni-Summit

Erfolgreiche Alumni sind das beste Aushängeschild der Fraunhofer-Gesellschaft. Einmal im Jahr versammeln wir kluge Köpfe aus Wirtschaft, Politik und Industrie zu einem überraschenden und unterhaltsamen Event. Als Auftaktveranstaltung zur Konferenz FUTURAS IN RES steht auch hier das Thema Künstliche Intelligenz im Mittelpunkt.



21. und 22. November in Berlin

FUTURAS IN RES

Unter dem Titel »What's the IQ of AI« diskutieren hochrangige Expertinnen und Experten aus Forschung, Wirtschaft und Politik mit einem internationalen Publikum die Potenziale und Grenzen Künstlicher Intelligenz. Die Konferenz verbindet wissenschaftliche Exzellenz, vernetzte Internationalität und industrielle Wertschöpfung.

WHAT'S THE IQ OF AI? FUTURAS IN RES

Impressum**Fraunhofer-Magazin »weiter.vorn«**

Zeitschrift für Forschung, Technik und Innovation.

ISSN 1868-3428 (Printausgabe)

ISSN 1868-3436 (Internetausgabe)

Herausgeber:

Fraunhofer-Gesellschaft
Hansastraße 27c, 80686 München
Redaktionsanschrift wie Herausgeber
Telefon +49 89 1205-1301
magazin@zv.fraunhofer.de
www.fraunhofer.de/magazin

Kostenloses Abonnement:

Telefon +49 89 1205-1301
publikationen@fraunhofer.de

Redaktion:

Janis Eitner (V.i.S.d.P.), Dr. Sonja Endres
(Chefredaktion), Roman Möhlmann

Redaktionelle Mitarbeit:

Janine van Ackeren, Anika Aßfalg, Mandy Bartel, Christine Broll, Viktor Deleski, Thomas Eck, Inés Gutiérrez, Chris Löwer, Franz Miller, Monika Offenberger, Tim Schröder, Mehmet Toprak, Monika Weiner, Britta Widmann.

Graphische Konzeption: BUTTER. Düsseldorf

Layout + Litho: Vierthaler & Braun, München

Titelbild: Fraunhofer

Druck: H. HEENEMANN GmbH, Berlin



© Fraunhofer-Gesellschaft, München 2019

Bereit für den Job der Zukunft?



WEITERBILDUNG MIT FRAUNHOFER

Erleben Sie Innovationen, qualifizieren Sie sich berufsbegleitend und sichern Sie sich Ihren Wissensvorsprung.
www.academy.fraunhofer.de