



# Fraunhofer

Das Methusalem-Gen  
Der Traum vom langen  
Leben wird wahr

Das Magazin für Menschen, die Zukunft gestalten

## Gründer- Zeit

Neue Impulse  
für die  
Wirtschaft



**Alles Fake?**  
Segen und Fluch  
der digitalen Welt

**»Modernisierung gelingt  
nur mit Forschung!«**  
Kanzlerkandidat Armin  
Laschet im Interview



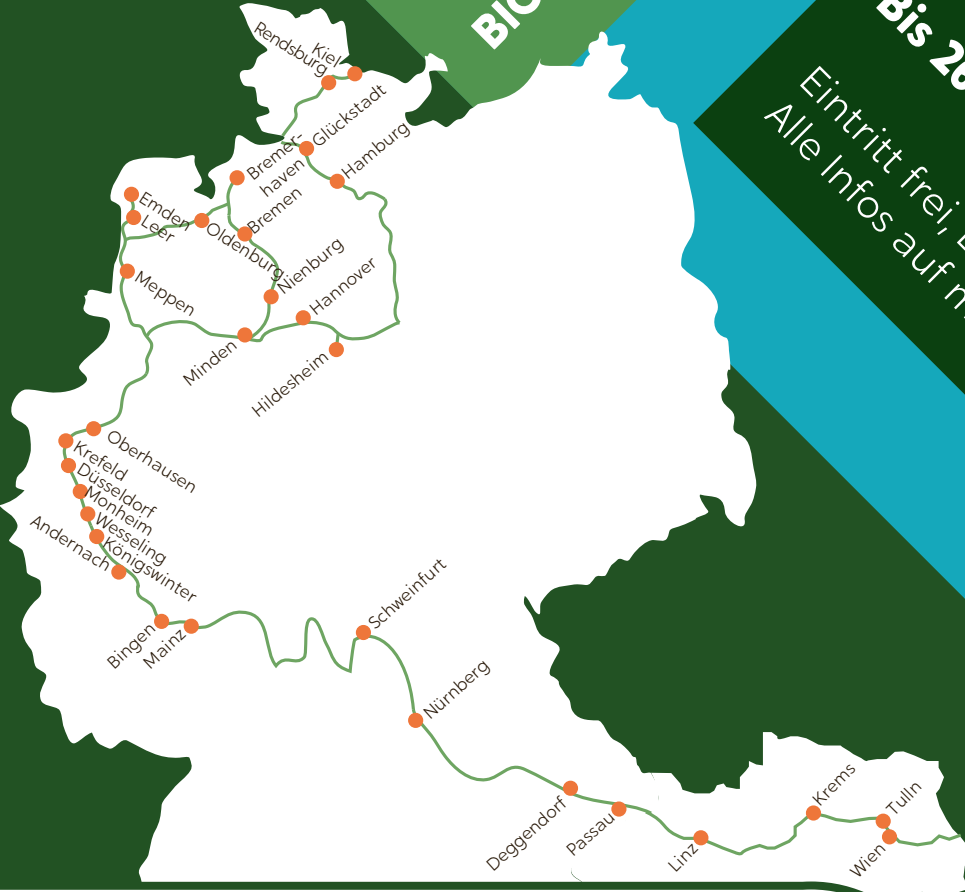


Die Mitmach-Ausstellung  
auf dem Frachtschiff

# MS WISSENSCHAFT

Wissenschaftsjahr 2020|21 -  
BIOÖKONOMIE

**Bis 26. Oktober 2021 auf Tour**  
Eintritt frei, Buchung erforderlich  
Alle Infos auf [ms-wissenschaft.de](http://ms-wissenschaft.de)



An der Ausstellung beteiligte Wissenschaftseinrichtungen:



Wissenschaftsjahr 2020|21

# BIOÖKONOMIE

## Editorial

# Wandel braucht Sicherheit

Die Corona-Pandemie hat in vielen Unternehmen den digitalen Wandel beschleunigt. Darüber hinaus werden Digitaltechnologien wie Künstliche Intelligenz, Next Generation Computing und Quantencomputing zum zentralen Enabler für Innovationen und die Wertschöpfung der Zukunft. Sowohl direkt in Form neuer Produkte, Services und Plattformdienste als auch indirekt durch neue Möglichkeiten für Forschung und Entwicklung.

Die Digitalisierung und die Investition in entsprechende Technologien sind entscheidend für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands. Gleichzeitig erfordert dies aber auch eine erhöhte Sicherheit von Datennetzen – insbesondere im Hinblick auf zentrale Infrastrukturen für Stromnetze, Verkehrswege, Krankenhäuser und Verwaltung. »Sicherheit und resiliente Gesellschaft« zählt zu den zentralen Zielen der Fraunhofer-Gesellschaft. Zusammen mit der Technischen Universität und der Hochschule Darmstadt betreibt Fraunhofer das nationale Forschungszentrum ATHENE für angewandte Cybersicherheit. 550 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler entwickeln hier Konzepte, Methoden und Technologien, die Cybersicherheit und Privatsphärenschutz unter Einbezug neuer Technologien über alle Lebensbereiche und kritischen Infrastrukturen hinweg nachhaltig verbessern und sicherstellen.

**Zur praktischen Schulung** von IT-Fachkräften und Sicherheitsverantwortlichen in Unternehmen, Industrie und öffentlicher Verwaltung bietet Fraunhofer in Kooperation mit ausgewählten Fachhochschulen und Hochschulen für Angewandte Wissenschaften an 16 Standorten in 8 Bundesländern die »Fraunhofer-Lernlabore Cybersicherheit« an und fördert damit die Entstehung lokaler IT-Sicherheitsökosysteme.

Durch die Zusammenarbeit mit exzellenten Partnern rund um den Globus stärkt Fraunhofer den Wissenstransfer und setzt neue Impulse für Deutschland und die internationalen Partner. Ein Beispiel im Kontext Cybersicherheit stellt das »Fraunhofer Project Center for Cybersecurity at the Hebrew University of Jerusalem« dar. Als bilaterale Forschungs- und Entwicklungs-



Prof. Reimund Neugebauer

plattform für Unternehmen entwickeln Expertinnen und Experten des Fraunhofer-Instituts für Sichere Informationstechnologie (SIT) und der Hebrew University neue Strategien, um Daten, IT-Systeme und kritische Infrastrukturen vor unerlaubten Zugriffen zu schützen.

**Fraunhofer vereint den raschen Transfer** exzellenter Spitzenforschung, zukunftsweisender Technologien und agiler Prozesse in die Anwendung und leistet damit einen entscheidenden Beitrag zum Ausbau technologischer Souveränität. Nur auf einer soliden, von Wettbewerbern unabhängigen Basis lassen sich innovative – vielleicht sogar disruptive – Lösungen entwickeln, die entscheidend für unsere wirtschaftliche Zukunft und unser aller Wohlergehen sind. Lassen Sie uns die Zukunft gemeinsam gestalten.

Ihr

Reimund Neugebauer  
Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft

Mehr zu den großen Forschungsthemen der Fraunhofer-Gesellschaft:  
**Prof. Reimund Neugebauer auf LinkedIn**





## Inhalt



### 10 Titel Zeit für Aufbruch!

Deutschland braucht Gründer. Aber was brauchen Gründer? Wie Fraunhofer immer wieder Starthilfe geben kann.



### 26 »Modernisierung gelingt nur mit Forschung!«

Armin Laschet, CDU-Parteivorsitzender und Kanzler-Kandidat, im Interview.

03 Editorial

06 Kurz gemeldet, Impressum

10 **Zeit für Aufbruch: Mut tut gut**  
Wie Gründer erfolgreich starten – und wie Fraunhofer dabei Hilfestellung gibt.

24 **3 x 3 Fragen**  
Wann haben Sie schlecht geschlafen? Die Antworten der Gründer.

26 **»Wir brauchen ein Modernisierungsjahrzehnt!«**  
Im Interview: Armin Laschet, Kanzlerkandidat der CDU



### 36 Extra Augen/schein

Corona hat uns einen Digitalschub gegeben. Fakt oder Fake: Was können wir noch glauben?

35 **Digitalisierung ist Segen. Und Fluch.**  
Zahlen und Fakten

36 **Augen/schein**  
Wie Deepfakes unsere Welt verändern – und was wir tun können.

40 **Eine Geschichte der Fälschungen**  
Wie Medien schon früh zum Mittel der Machtpolitik wurden.

42 **Neue Wege zum Schutz vor Cyberattacken**  
Fraunhofer-Forschende arbeiten an fälschungssicheren Bauteilen und Verschlüsselung in Lichtgeschwindigkeit.

45 **Deutschland-Index der Digitalisierung**  
Die aktuellen Zahlen der Studie zeigen neue Stärken – und alte Schwächen.

52 **»Deutschland digitalisiert sich«**  
Im Interview: Dr. Mike Weber, Mit-Autor der Studie



**30 Im Wettlauf mit den Viren**

Über Jahrzehnte wurden Impfstoffe vernachlässigt. Wie werden wir schneller?

**33 Grüner Wasserstoff**

Dr. Markus Wolperdinger im Interview: »Wir arbeiten am höheren Wirkungsgrad.«

**53 Droiden auf dem Acker**

Ressourcenschonender Ackerbau dank autonomer Feldroboter im Schwarm.

**54 Die Jagd auf die Tumorzellen**

Im Blut von Krebspatienten verbergen sie sich unter Milliarden gesunder Zellen. Clevere Technik hilft beim Aufspüren.

**56 CO<sub>2</sub> als Rohstoff**

Kunststoffe aus Kohlendioxid gewinnen? Ein Fraunhofer-Team macht es möglich.

**58 Fraunhofer international****60 Stimme aus der Wirtschaft**

Dr. Heike Riel, IBM

**62 Steife Brise**

Gegenwind für Klimasünder: Wie die Umweltbelastung durch die Schifffahrt verringert wird.

## 78 Virenfrei fliegen

Wie Airbus und Fraunhofer gemeinsam die Flugzeugkabinen desinfizieren wollen.



## 66 Joseph-von-Fraunhofer-Preise

Herausragende wissenschaftliche Leistungen – vom Internet der Dinge bis zu sicheren Impfstoffen.

**65 Herzenssache(n)**

Ökologisch und ökonomisch sinnvoll: Recycling von wertvollen Medizinprodukten.

**66 Joseph-von-Fraunhofer-Preise**

Seit 1978 zeichnet die Fraunhofer-Gesellschaft herausragende wissenschaftliche Leistungen aus – die aktuellen Preisträger.

**74 Jetzt wird die medizinische Diagnostik noch besser**

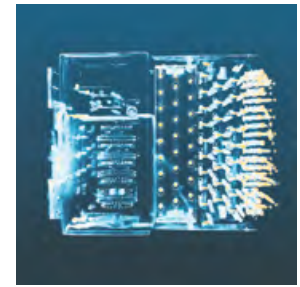
Wie Metamaterialien die MRT zuverlässiger machen – und bequemer für den Patienten.

**76 Der Traum vom ewigen Leben**

Die Suche nach dem Methusalem-Gen: Eine Pflanze wächst immer weiter, Fliegen verdoppeln ihre Lebenszeit.

**78 Wieder virenfrei fliegen**

So prüfen Fraunhofer und Airbus neue Methoden, um Flugzeugkabinen für Passagiere sicherer zu machen.



## 84 NS-Relikt im Geisternetz

Das Rätsel der sieben Ostsee-Enigmas. Wie ein Spezial-Scan hilft, Antworten zu finden.

**82 Fraunhofer & Foto**

Wie neueste Radartechnik mehr Sicherheit im Weltraum schaffen kann.

**84 NS-Relikt im Geisternetz**

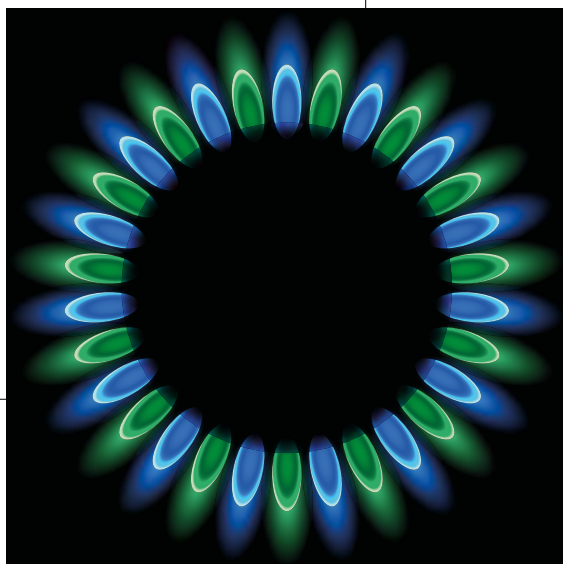
Chiffriermaschine Engima: Ein hochauflösender Scan hilft, ihre Rätsel zu entschlüsseln.

**87 Fraunhofer vor Ort**

**Die Corona-Pandemie** hat zu mehr Homeoffice geführt, zu mehr Online-Shopping und digitalem Lernen – und auch zu mehr Internetkriminalität. Das »Bundeslagebild Cybercrime 2020«, jährlich veröffentlicht vom Bundeskriminalamt, verzeichnet eine Steigerung um knapp 8 Prozent auf 108 474 registrierte Straftaten.

# 8%

## Kurz gemeldet



Ein flächendeckendes Verteilernetz für grünen Wasserstoff gibt es in Deutschland nicht – Erdgas-Pipelines könnten die Lösung sein.

## Grüner Wasserstoff direkt zum Verbraucher

Eine innovative Membran-Technologie macht es möglich, Wasserstoff und Erdgas gemeinsam durch das bundesweite Erdgasnetz zu befördern und am Zielort voneinander zu trennen. Entwickelt wurde sie von Forschenden des Fraunhofer-Instituts für Keramische Technologien und Systeme IKTS. Die röhrenförmige Membran besteht aus Kohlenstoff, der durch ein mehrstufiges, komplexes Verfahren als hauchdünne Schicht auf einem porösen, keramischen Trägermaterial aufgebracht wird. Im Kohlenstoff haben die Poren einen Durchmesser von unter einem Nanometer, wodurch sie sich gut für die Gastrennung eignen. Das Trennverhalten der Membran lässt sich durch physikalische und chemische Prozesse justieren. So ließe sich in Zukunft über das 511 000 Kilometer umfassende deutsche Gasnetz klimafreundlicher, mit regenerativer Energie erzeugter grüner Wasserstoff direkt zum Verbraucher transportieren (siehe auch Interview S. 33). ■

## Intensivmedizin für Kinder: Jede Minute zählt

Ein digitales Alarmsystem, das wichtige Vital- und Laborwerte direkt am Patientenbett zusammenführt und analysiert, entwickelt das Fraunhofer-Institut für Toxikologie und Experimentelle Medizin ITEM zusammen mit Partnern. Das lernende System ELISE soll Ärzte und Pflegekräfte in der Kinderintensivmedizin entlasten. Hier sind Erkrankungen mitunter schwierig zu erkennen und verlaufen zudem – je nach Alter und Geschlecht – unterschiedlich. Ob sich der Zustand ihrer schwerkranken

Patienten lebensbedrohlich verschlechtert, müssen Ärztinnen und Ärzte trotzdem zuverlässig erkennen – unter hohem Zeitdruck, weil in der Behandlung jede Minute zählt. Mit ELISE sollen Werte kontinuierlich interpretiert und so kritische Situationen schnell entdeckt werden. Vor allem bei der Diagnose von schweren Organstörungen und damit verbundenem Kreislaufversagen soll ELISE zunächst unterstützen – ein Problem, das häufig nach Operationen auftritt. ■



Die Forschenden suchen in den Daten von 5000 kleinen Patientinnen und Patienten nach wiederkehrenden Mustern, um ELISE gezielt zu trainieren.

## Intelligent Ernteauffälle verringern

Schädlinge und parasitäres Unkraut, das mit Kulturpflanzen um Nährstoffe, Wasser und Licht konkurriert, verursachen Jahr für Jahr Ernteeinbußen um bis zu 30 Prozent. Das Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB in Ilmenau untersucht gemeinsam mit Partnern den Einsatz von digitalen Technologien für den Pflanzenschutz.

Die Versuchsplattform FarmerSpace bietet Akteuren aus Forschung, Praxis und Industrie die Möglichkeit, Sen-

sor- und Datenübertragungssysteme, Funksensornetzwerke, optische und maschinengestützte Sensoren, Drohnentechnologie, Robotik und maschinelle Lernverfahren im Kampf gegen Pflanzenparasiten zu testen. Im Fokus steht zunächst die frühzeitige Erkennung und Bekämpfung von Unkräutern und Blattkrankheiten in Zuckerrüben und Sommerweizen, die eigens zu Forschungszwecken auf einem Versuchsfeld in der Nähe von Göttingen gesät wurden. ■



Digitale Technologien helfen, Viren, Pilze, Läuse und Co. frühzeitig zu erkennen und gezielt Gegenmaßnahmen einzuleiten.

Durch den Klimawandel breiten sich viele Erreger aus und treffen auf Anbauregionen, die nicht auf sie vorbereitet sind.

## Kontrolle in Echtzeit

Bauteile mobil in Echtzeit überprüfen: Das verspricht die Software MARQUIS – und nutzt dafür eine Kombination aus maschinellem Lernen und Augmented Reality. Bei der Lieferung von Bauteilen muss die Wareneingangskontrolle sicherstellen, dass diese die richtigen Maße haben und perfekt passen. Bisher inspizieren die Mitarbeitenden in der produzierenden Industrie die Qualität von Bauteilen vor allem per Sichtkontrolle. Forschende des Fraunhofer-Instituts für Graphische Datenverarbeitung IGD haben mit MARQUIS eine deutlich präzisere Alternative entwickelt. Sie erlaubt Abgleiche zwischen CAD-Daten und realem Produkt. »Das System kann nicht nur einzelne Bauteile überprüfen, sondern auch Zusammenbauten mehrerer Teile«, erklärt Holger Graf, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IGD. Der Clou am neuen System: Es ist mobil, die Mitarbeiter zücken also einfach ihr Smartphone oder ihr Tablet und nehmen damit das Bauteil ins Visier. ■



Ein Blick aufs Tablet reicht, um Mängel zu entlarven.





Das RIGRID-Planungstool übernimmt die 3D-Daten der betroffenen Gebiete samt Gebäuden und überträgt sie in ein virtuelles Szenario.

## Sicherer Strom für jede Region Europas

Gerade in den ländlichen Regionen Europas sind Stromnetze veraltet, wird die Versorgung oft nur über eine einzige Leitung aufrechterhalten. Bei steigendem Stromverbrauch häufen sich Versorgungsengpässe. Für eine sichere, zuverlässige, kostengünstige und zugleich ökologische Stromversorgung auf dem Land setzt sich das Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF zusammen mit Partnern im Projekt RIGRID ein, kurz für Rural Intelligent Grid.

Die Forscher sehen die Zukunft in dem Ausbau regenerativer Energie und dem Aufbau dezentraler, intelligenter Versor-

gungsnetze, sogenannter Smart Grids, die die Integration kleiner Energieerzeuger in das Versorgungsnetz und eine größere Unabhängigkeit von zentralen Energieversorgungsstrukturen ermöglichen. Im Projekt wurde ein solches regionales, intelligentes Energieversorgungsnetz und -managementsystem entwickelt und in der polnischen Stadt Puńsk sowie in der Kommune Dardesheim im Harz in Sachsen-Anhalt beispielhaft erprobt. Die Praxis zeigt: Mit dem innovativen Werkzeug lassen sich neue Energieinfrastrukturen und -versorgungssysteme im ländlichen Raum optimal planen, etablieren und betreiben. ■

## Abfälle aus dem gelben Sack verwerten statt verbrennen

Einen neuen, nachhaltigen Kunststoff aus gebrauchten PET-Getränkeflaschen gewinnen Forschende des Fraunhofer-Instituts für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF zusammen mit einem Partner aus der Industrie. Die mechanischen Eigenschaften des innovativen Werkstoffs sind vergleichbar mit denen von kurzglasfaserverstärkten Neeware-Polymeren. Im Gegensatz zu diesen hat er jedoch einen deutlich kleineren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck, wie der Projektpartner Öko-Institut in einer orientierenden Lebenszyklusanalyse ermittelte. Aufgrund seiner mechanischen Eigenschaften ist der recycelte Kunststoff vor allem für die Herstellung von größeren Bauteilen in technischen Anwendungen geeignet, zum Beispiel in Automobilen, in Möbeln oder im Baubereich. ■



Die mechanischen Eigenschaften des innovativen Werkstoffs sind vergleichbar mit denen von kurzglasfaserverstärkten Neeware-Polymeren.

**Impressum**

Fraunhofer. Das Magazin,  
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.),  
Josef Oskar Seitz (Chefredaktion),  
Dr. Sonja Endres, Roman Möhlmann

**Redaktionelle Mitarbeit:**

Dr. Janine van Ackeren, Mandy Bartel,  
Christine Broll, Meike Grewe, Sirka  
Henning, Dr. Monika Offenberger,  
Moritz Schmerbeck, Sibylle Schmitt,  
Tim Schröder, Eric Schütz, Mehmet  
Toprak.

**Layout + Litho:** Vierthaler & Braun**Titelbild und Fotografie  
der Titelstrecke:**

Jan von Holleben

**Fotograf Artikel Deepfake:**

Oliver Rüter

**Druck:**

hofmann infocom GmbH, Nürnberg

© Fraunhofer-Gesellschaft e.V.  
München 2021

**Fraunhofer in Social Media:**

@Fraunhofer



www.facebook.com/  
fraunhoferde



www.instagram.com/  
fraunhofergesellschaft



www.linkedin.com/company/  
fraunhofer-gesellschaft



www.youtube.com/c/  
fraunhofer



MIX  
Papier aus verantwor-  
tungsvollen Quellen  
FSC® C022647

# Mit dem Bohrhammer in die Klimageschichte

Bohren im Bodensee in mehr als 200 Metern Tiefe – das hat zuvor noch niemand geschafft. Der Bohrkern erlaubt Rückschlüsse auf das Klima der vergangenen 15 000 Jahre.

**A**blagerungen auf dem Grund von Seen und Meeren geben wichtige Einblicke in die Klimageschichte der Erde. Mithilfe des innovativen Bohrsystems Hipercorig gelang es Experten erstmalig, einen 24 Meter langen Bohrkern aus der tiefsten Stelle des Bodensees zu ziehen. Entwickelt wurde die Technologie von Forschenden der Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG zusammen mit Partnern aus Deutschland, Österreich und der Schweiz.

Gerade die für die Klima-Forschung besonders interessanten, tieferen Sedimente der Seen in Bergregionen blieben für herkömmliche Bohrgeräte bisher unerreichbar. Hipercorig ist modular aufgebaut, dadurch leicht zu transportieren, auf- und abzubauen – wichtige Kriterien, wenn man weltweit entlegene Seen in bergigen Regionen erschließen möchte. »Herzstück ist ein hydraulischer Bohrhammer an einem langen Druckschlauch, der die Vortriebskraft im Bohrloch selbstständig über rund

70 Hammerschläge pro Sekunde erzeugt und sie nicht erst über ein langes und schweres Bohrgestänge entwickeln muss«, erklärt Bohrexperte Volker Wittig von der Fraunhofer IEG. Statt einer klassischen Bohrspülung wird Seewasser für den Antrieb des 200-bar-Schlagwerks eingesetzt und so eine Umweltbelastung in den empfindlichen Ökosystemen ausgeschlossen.

Seen, die durch Gletscherwirkung entstanden sind, weisen oft dichte, harte und grobe Sedimente auf. Die bisher für die Wissenschaft verfügbare Bohrtechnik konnte kaum Bohrkern jenseits von zehn Metern Sedimenttiefe nehmen. Die mit Hipercorig gewonnenen, mehr als doppelt so langen Bohrkern sind für Geologen wie ein detaillierter Klimaatlas, der Rückschlüsse auf Niederschlagsverhältnisse, Gletscherschmelze und damit die Temperaturen zulässt. Die Erkenntnisse über die Vergangenheit ermöglichen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, Modelle für die zukünftige Klimaentwicklung zu erstellen. ■



Der Bohrhammer wird von einer kompakten, schwimmenden Plattform aus betrieben.





Per Ohr mit der digitalen Welt verbunden: Das Gründerteam von Ariosio Systems mit Jan Blochwitz-Nimoth und Holger Conrad (unten, v.l.), Hermann Schenk und Lutz Ehrig (oben, v.l.).



**Titel**

# Mut tut gut

Deutschland braucht Gründer.  
Aber was brauchen Gründer?  
Ideen und Energie. Überzeugung  
und Überzeugungskraft.  
Optimismus – und optimale  
Unterstützung. Immer wieder  
gibt Fraunhofer die  
nötige Starthilfe.

Von Dr. Janine van Ackeren  
Fotografie: Jan von Holleben

**E**s gibt sie wieder, die guten Nachrichten für Deutschland: Die Wirtschaft nimmt Fahrt auf! Im letzten Quartal 2020 stieg das Bruttoinlandsprodukt um 0,3 Prozent, verglichen mit den drei Monaten zuvor – trotz des Lockdowns. Auch die Perspektiven für 2021 machen Mut: Die Bundesregierung geht von einem Wirtschaftswachstum von 3,0 Prozent aus. Aufschwung geben dürften diese Zahlen nicht nur großen Unternehmen, sondern vor allem auch Gründerinnen und Gründern von Start-ups. Schließlich stehen sie ganz besonders hinter ihrer Idee, die sie vermarkten, brennen für ihre Sache und folgen ihrem Unternehmen durch Höhen und Tiefen in Richtung Markteroberung. Oft investieren sie ihr eigenes Vermögen, um sich den Traum von der eigenen Firma zu realisieren und ihrer Technologie zu einem Start auf dem Markt zu verhelfen: Laut Statista finanzieren sich 78,4 Prozent der Start-ups zumindest teilweise über eigene Ersparnisse. Die Wirtschaft wiederum profitiert vom Mut und der Entschlossenheit der jungen Unternehmer. Und auch Armin Laschet, Kanzlerkandidat der Union, sagt es im Fraunhofer-Interview (siehe S. 26): »Man kann kein Silicon Valley für Deutschland kopieren. Aber ich spüre die Bereitschaft gerade im Umfeld der Forschung, etwas anzupacken.« Und er fügt hinzu: »Das brauchen wir tausendfach.«

### »Unglaublich wertvoll«

Viele Existenzgründer kommen aus dem akademischen Bereich: Laut dem Deutschen Startup-Monitor DSM hatten im Jahr 2020 30,8 Prozent der Gründer einen Masterabschluss, 18,5 Prozent einen Bachelorabschluss. Nicht nur aus den Universitäten heraus starten die jungen Gründer ins Unternehmertum – auch die Fraunhofer-Gesellschaft ist eine »Gründungsschmiede«. So wagten

im Jahr 2020 trotz der Pandemie 26 Teams auf Basis von Fraunhofer-Technologie den Schritt in eine eigene Ausgründung. Ihre Chancen auf dem Markt sind gut: Verglichen mit den Ergebnissen des KfW-Gründungsmonitors erzielen Fraunhofer-Ausgründungen überdurchschnittlich oft einen signifikanten Umsatz – auch können sie schneller Investoren überzeugen. Ende Mai beispielsweise stieg beim Münchner Start-up Ampeers Energy die österreichische Bundesimmobiliengesellschaft BIG ein, mit 7,3

Millionen Quadratmetern vermietbarer Fläche einer der größten Immobilieneigentümer im Nachbarland.

Der schnelle Weg in den Markt liegt nicht nur, aber auch an der Unterstützung seitens der Forschungseinrichtung, bei der die Spin-offs gut auf den Markteintritt vorbereitet werden. Überzeugt von dieser Unterstützung zeigt sich Marius Bierdel, Geschäftsführer der Fraunhofer-Ausgründung ConstellR: »Das finde ich unglaublich wertvoll.« Bereits seit 2001 bildet Fraunhofer Venture eine eigene Abteilung innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft. Und bietet auch im zwanzigsten Jubiläumjahr Hilfestellungen für ein erfolgreiches Start-up aus einer Hand.

Die Starthilfe seitens Fraunhofer zahlt sich aus: 97 Prozent der Ausgründungen sind auch drei Jahre nach

Gründung noch am Markt tätig. Eine dieser Ausgründungen ist die Volterion GmbH – sie entstand bereits 2015 aus dem Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT. Nach wie vor fährt sie große Erfolge ein. Zum einen technologisch: Dem Team ist es gelungen, die Stacks von Redox-Flow-Energiespeichern deutlich kostengünstiger zu produzieren. Die Redox-Flow-Zellen werden damit erstmals massenmarktauglich und könnten somit zu einem unverzichtbaren Element der Energiewende werden. Zum anderen auch hinsichtlich der Sichtbarkeit: Die Volterion-Gründer wurden gerade mit dem Josef-von-Fraunhofer-Preis geehrt (siehe S. 68). Erfolgreich gründen macht Freude! ■

## 26 Teams wagten im Jahr 2020 auf der Basis von Fraunhofer- Technologie den Schritt in eine eigene Ausgründung.





# »Es macht jeden Morgen Freude, arbeiten zu gehen«

Nicht immer hat der Markt zu bieten, was gefragt ist. Dr. Karsten Schmidt suchte bei Fraunhofer nach einer Lösung. Sein Spin-off Ampeers Energy GmbH hat das Zeug, den Energiemarkt einfacher und profitabler zu machen.

Er tritt mit Ampeers Energy zur Energieoptimierung in Gebäuden an: Dr. Karsten Schmidt, Gründer.



**K**limabewusste Personen mögen kaum mehr Fleisch essen. Sie verzichten aufs Flugzeug. Sie springen aufs Rad, statt sich ins Auto zu setzen. All das trägt bei, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren. Doch: Etwa 30 Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen stammen aus dem Immobiliensektor, entstehen also rund um das Thema Wohnen. Wollten Immobilienbesitzer und assoziierte Unternehmer jedoch auf erneuerbare Energien umsatteln, standen sie insbesondere bei konkreten Fragen zur Art der erneuerbaren Energien, dem optimalen Betrieb und der Verbrauchsabrechnung der Mieter bislang nicht auf der Sonnenseite, sondern buchstäblich im Regen.

### CO<sub>2</sub>-neutral wohnen: Anspruch und Wirklichkeit

Diese Lücke, die zwischen Anspruch und Wirklichkeit klaffte, erkannte Dr. Karsten Schmidt schnell. Schließlich saß er an der Quelle: Er war bei der Fraunhofer-Gesellschaft für das Corporate Business Development im Bereich Energie tätig. Im »Open District Hub« – einem gemeinsamen Verein von Fraunhofer und mehr als 40 Industriepartnern, der sich mit erneuerbaren Energien in Quartieren auseinandersetzt – wurde Schmidt immer wieder mit einer Vielzahl von Fragen konfrontiert. Und immer wieder mit dieser: »Hat Fraunhofer nicht intelligente Softwarelösungen, die den Einsatz erneuerbarer Energien einfach und profitabel machen?« Kurzum: Der Bedarf nach Planungsinstrumenten und Softwarelösungen, die eine optimierte Betriebsführung sowie die Abrechnung der Energieflüsse ermöglichen, war riesig, das Angebot auf dem Markt gleich null. Schmidt begab sich daher auf die Fraunhofer-interne Technologiesuche. Bei Prof. Peter Bretschneider vom Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB-AST wurde er fündig: Dieser hatte mit seinem Team eine grundlegende Technologie entwickelt – eigentlich eine Technologie aus der Kraftwerks-Einsatzplanung. Schmidt beschloss, diese Basis zur Marktreife im Bereich dezentraler Energiekon-

zepte weiterzuentwickeln. »Ich habe also eine Art Technologie-Scouting bei Fraunhofer gemacht, bin fündig geworden und habe das in Form des Spin-offs Ampeers Energy GmbH in den Markt getragen«, schmunzelt er. »Und damit habe ich exakt die richtige Entscheidung getroffen: Es macht nach wie vor riesige Freude, morgens zur Arbeit zu gehen und das Thema mit den Kollegen voranzutreiben.«

### Wertvoller Sparringspartner: Fraunhofer Venture

Die Mitgründer waren schnell gefunden. Karsten Schmidt, Gerrit Ellerwald und Tobias Müller arbeiteten bereits im »Open District Hub« zusammen, Schmidt und Ellerwald hatten sogar gemeinsam studiert. Auch die Industriepartner kannten die Gründer, »wir hatten bei vielen Vereinsmitgliedern bereits einen Proof-of-Work

»Wir haben eine  
Riesenchance,  
einen großen  
Beitrag zur Energie-  
wende zu leisten!«

Dr. Karsten Schmidt



abgeliefert – und so waren rasch erste Investoren aus diesem Kreis bereit, unsere Idee mitzufinanzieren«, verrät der junge Gründer und Vater zweier kleiner Jungen.

Von der Tragfähigkeit des Konzeptes überzeugt war auch die Fraunhofer-Gesellschaft. »Die Betreuer von Fraunhofer Venture waren stets wertvolle Wegbegleiter, die uns Schritt für Schritt durch diesen Prozess geleitet haben, sowohl in der Vorgründungsphase als auch bei der Gründung selber. Ja, selbst heute noch«, begeis-

tert sich Schmidt. Er betont besonders das Doppelgespann, das jedem Gründerteam zur Seite gestellt wird: Ein kaufmännischer Begleiter unterstützt rund um Themen wie Businessplan und Unternehmensnetzwerke, ein juristischer Begleiter bei Gründungsdokumenten, Lizenzverträgen mit der Fraunhofer-Gesellschaft und Co. Neben dieser ersten Säule des Erfolgs, sprich der guten Vorbereitung, sieht Schmidt eine zweite Säule in der Arbeitsweise des jungen Teams. »Es gibt zwei wichtige Dinge, die ein Start-up beherzigen muss. Erstens: Vertrieb, Vertrieb, Vertrieb – man muss auf die Kunden zugehen und dem Markt mitteilen, dass es einen gibt. Zweitens: Team, Team, Team – man gewinnt oder verliert immer nur gemeinsam. Diese zwei Stärken haben wir, und so konnten wir bislang alle Herausforderungen lösen.«

Elementar für den Erfolg ist natürlich auch das angebotene Produkt. Und da gelang Schmidt die Punktlandung. »Wir bieten eine Softwarelösung von der Planung der erneuerbaren Energien über den optimierten Betrieb bis hin zur Abrechnung und Umsetzung von lukrativen Geschäftsmodellen innerhalb der Immobilie. Das macht uns am Markt einzigartig«, sagt der Gründer stolz.

### Wir sind alle Überzeugungstäter!

Der Markt scheint bereit zu sein für die Technologie: Die kleine Firma, die vor zwei Jahren mit drei Gründern an den Start ging, ist bereits auf 35 Mitarbeiter gewachsen. »Selbst durch den Lockdown kamen wir unbeschadet hindurch: Durch die Umstellung von realen Vor-Ort-Gesprächen auf digitale Kundengespräche konnten wir sogar deutlich mehr Kunden erreichen und unsere Reichweite drastisch erhöhen. Der Markt ist trotz – oder vielleicht auch dank – Corona schnell auf uns aufmerksam geworden«, sagt Schmidt enthusiastisch. »Zwar arbeitet jeder von uns deutlich mehr, als es in anderen Berufen der Fall wäre. Aber dafür macht uns allen die Arbeit große Freude: Wir haben eine Riesenchance, einen großen Beitrag zur Energiewende zu leisten – schließlich sind wir alle Überzeugungstäter im Sinne der Sache.« ■

Ganz Ohr: Holger Conrad,  
Head of MEMS Production  
and Development,  
Arioso Systems GmbH.



# »Wir machen alles anders!«

Ein Ohrstöpsel als Eintrittstor in die digitale Welt? Möglich dürfte es bald sein: Das Team des Start-ups Arioso Systems GmbH bietet mit seiner Innovation die passenden Mikrolautsprecher.

**V**ieles lässt sich heute mit dem Smartphone lösen. Doch wäre es nicht praktisch, morgen schon nur noch ein kleines drahtloses Gerät im Ohr zu benötigen, um Brötchen beim Bäcker zu bezahlen, die Wetternachrichten abzufragen, zu einem Ziel zu navigieren? Oder: Um eine direkte Übersetzung der Sätze zu erhalten, die uns der Vermieter der Ferienwohnung in Italien gut gelaunt entgegenplaudert, obwohl wir kein Wort verstehen? Laut Holger Conrad und Jan Blochwitz-Nimoth könnten solche sprachgesteuerten »True Wireless Systems« bald unser neues Eintrittstor in die digitale Welt sein.

Schließlich haben sie eine grundlegende Technologie dafür in der Tasche und möchten nun über ihre Firma Arioso Systems GmbH den entsprechenden Markt erobern: Mikrolautsprecher, die zu hundert Prozent aus Silizium bestehen und sich massenhaft und kostengünstig über übliche CMOS-Verfahren im Reinraum fertigen lassen. Auch erzeugen sie ihre Klänge äußerst energieeffizient. »Die neue

Die aktive  
Chipfläche des  
Lautsprechers ist  
nur etwa  
**10 mm<sup>2</sup>**  
groß – und kann  
**120 Dezibel**  
erzeugen.

Technologie macht alles anders als bisherige Techniken«, erläutert Conrad. Die Idee: »Wir haben das zentrale Element eines Lautsprechers, die Membran, quasi über Bord geworfen. Stattdessen integrieren wir viele dünne Biegebalken, ähnlich den Saiten einer Harfe, in einen MEMS-Siliziumchip. So erhalten wir eine große akustische Innenfläche, können aber gleichzeitig die Außenfläche minimal halten.« Das Ergebnis spricht für sich: Die aktive Chipfläche des Lautsprechers ist nur etwa zehn Quadratmillimeter groß – und kann 120 Dezibel erzeugen, bei bester Soundqualität. Auf nur 25 Siliziumwafern können somit bis zu 50 000 Mikrolautsprecher gefertigt werden, was die Fertigung kostengünstig macht. »Neben den technischen Besonderheiten kann unsere Technologie also in der Zukunft auch in Preisführerschaft gehen«, ist sich Conrad sicher.

## Aus einem Flop geboren

Dabei sah es anfangs alles andere als nach einem Erfolg aus. Um nicht zu sagen: ►

Der erste Ansatz floppte. Am Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS tüftelte Conrad an Spiegeln, deren Krümmungsradius verstellbar ist. »Für die Bewegung der Spiegel wollte ich piezoelektrische Biegeaktoren einsetzen, bin jedoch technologisch auf die Nase gefallen«, erinnert sich der Elektrotechniker. Er kramte also ein von ihm verworfenes Konzept für einen Mikroaktor aus der Schublade – und fing noch einmal von vorne an. Er ersetzte die Piezos durch einen elektrostatischen Biegeumwandler. Heraus kamen ein Patent, enorme Unterstützung des Institutsleiters Harald Schenk, eine eigene Projektgruppe und eine Vielzahl öffentlich geförderter Forschungsprojekte. Das Thema wuchs stetig. Doch: Es haperte noch an der konkreten Anwendung des neuen Mikroaktors – am besten eine, für die es bisher noch keine Lösung gab. Diese fand Conrad in den Mikrolautsprechern für Hearables und True-Wireless-Earbuds. »Ab diesem Zeitpunkt gingen überall Türen auf«, schmunzelt Conrad.

Eine solche Tür öffnete sich auch bezüglich der Vermarktung: Der ausgründungserfahrene Hermann Schenk, der im Kuratorium des Fraunhofer IPMS saß, wurde auf das Thema aufmerksam. Er holte Blochwitz-Nimoth hinzu – gemeinsam mit Conrad und dem Fraunhofer-Kollegen Lutz Ehrig gründeten sie 2019 formell die Arioso Systems GmbH, unterstützt wurden sie durch Fraunhofer Venture und 2020 begann das operative Geschäft. »Das Gründungsteam ist super: Hermann und ich bringen die Erfahrung in puncto Ausgründungen mit, Holger und Lutz den nötigen Drive«, erzählt Blochwitz-Nimoth begeistert.

### Skalieren – bis 100 Millionen Stück

Fünf Investoren finanzieren Arioso Systems bereits mit 2,6 Millionen Euro. Das Verkaufsargument ist gut: Die Technologie ist reinraumgeeignet und skalierbar. »Und skalieren müssen wir bis 100 Millionen Stück pro Jahr: Nach allen Erwartungen werden Hearables künftig auf dem Niveau

von Smartphones verkauft werden, also ein bis zwei Milliarden pro Jahr. Ein viel versprechender Markt – das Thema zieht ungemein«, freut sich Blochwitz-Nimoth. Auf Wachstumskurs ist auch die Mitarbeiterzahl: Bis Ende 2021 soll Arioso auf 13 Mitarbeitende wachsen, über die nächsten Jahre auf 50 bis 60. Doch auch das stellt der Geschäftsführer von Arioso Systems fest: »Ohne die Arbeit am Fraunhofer IPMS gäbe es uns nicht, und auch jetzt ist Fraunhofer noch ein wichtiger Partner für uns.« Schließlich ist nicht nur die Idee am Fraunhofer IPMS entstanden, auch darf

das Arioso-Team dort nach wie vor die Reinräume nutzen, bevor die Fertigung nach und nach in externe Produktionsstätten verlegt wird.

»Wir sehen auch viel Begeisterung auf der Kundenseite – und Begeisterung ist alles«, berichtet Blochwitz-Nimoth. Das Erfolgsrezept sieht er, neben der innovativen Technologie, in der frühen Kundenansprache. »Der frühe Kundenkontakt hilft uns, uns schnell aus einer Fraunhofer-Forschungsfirma zu einem eigenständigen erfolgreichen Unternehmen zu mausern.« ■

»Ohne die Arbeit am Fraunhofer IPMS gäbe es uns nicht, und auch jetzt ist Fraunhofer noch ein wichtiger Partner für uns.«

Jan Blochwitz-Nimoth,  
Managing Director von  
Arioso Systems.





# »Wir haben mitten in die Pandemie hinein gegründet«

Gründer brauchen Mut und Durchhaltevermögen, insbesondere in Corona-Zeiten. Diese Eigenschaften wurden von Claas Blume und seiner Clous GmbH gefordert.

**C**laas Blume hatte einen Traum. »Mein Traum«, erzählt er, »war immer ein Hightech-Start-up!« Und Blume beließ es nicht beim Träumen. Bereits während seines Maschinenbau-Studiums gründete er seine erste Firma: Er ließ in Gefängnissen Sticker für MacBooks produzieren. Doch die Idee trug nicht auf Dauer. Für seine Masterarbeit bewarb er sich am Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK in Berlin. »Denn: Wo kann man besser eine Technologie finden, mit der man gründen kann, als bei Fraunhofer?«, fragt er – und strahlt beim Videointerview in die Laptop-Kamera. Bei zahlreichen Forschungsprojekten des Fraunhofer IPK im Bereich Werkzeugbau merkte er: Der Maschinen- und Anlagenbau ist aufgrund der Globalisierung mit einem immensen Zeit- und Kostendruck konfrontiert. »Die Industrie 4.0 haben wir mitgestaltet und große Erfolge erzielt. Aber wirft man einen Blick auf die Prozessschritte vor der Produktion, so merkt man: Es hat sich in den letzten 30 Jahren wenig bis nichts getan. Da sitzt ein hochqualifizierter, teurer Ingenieur, der seine wertvolle Zeit auch mit Aufgaben vergeuden muss, die eigentlich gar nicht so komplex sind«, fasst der junge Gründer zusammen. »Und da habe ich Lunte gerochen.«

## Der Traum eines Start-ups wird Realität

Wie könnte man – fragten sich Blume und sein Fraunhofer-IPK-Kollege Tho-

mas Vorsatz, den er von seiner Idee überzeugte – solche Aufgaben in Algorithmen überführen und automatisieren? Da eine Vollautomatisierung zu teuer ist und als Geschäftsidee wenig taugte, entwickelte der Maschinenbauer Algorithmen, die die umfassenden Engineering-Prozesse

»Wo kann man besser eine Technologie finden, mit der man gründen kann, als bei Fraunhofer?«

Claas Blume,  
Gründer von Clous GmbH



in mehrere einfache Schritte aufsplitten. Diese Aufgaben lassen sich unabhängig voneinander und damit gleichzeitig lösen. Der größte Kostenfaktor für ein konstruierendes Unternehmen, also die Zeit von der Idee bis zum erfolgreichen Prototypentest, reduziert sich somit auf einen Bruchteil.

Die Idee erwies sich als tragfähig: Mittlerweile können Ingenieure weniger kom-

plexe Aufgaben mithilfe der Algorithmen isolieren und an die von Blume und Vorsatz gegründete clous GmbH geben. Diese lässt sie etwa von einem deutschen Masterstudenten oder auch über Nacht von einem indischen Ingenieur bearbeiten, die künftig ebenfalls per Algorithmus ermittelt werden sollen. Damit bietet die clous GmbH gleich zwei Lösungen an: Erstens hat der Ingenieur mehr Zeit für seine eigentlichen Aufgaben, zweitens wird es für das Unternehmen unter dem Strich kostengünstiger. »Wir vergleichen das oft mit einem Chefchirurgen: Er überlässt die Narkose dem Anästhesisten und fokussiert sich auf seine Kernaufgabe, etwa eine Operation am Herzen. Auch die Ingenieure können und sollen weiter am Herzen arbeiten. Doch wir können ihnen alle einfacheren Aufgaben drum herum abnehmen – auf Knopfdruck und zum Festpreis«, verdeutlicht Blume.

## Rat und Tat standen immer zur Verfügung

Beim Gründungsprozess fand Blume Unterstützung bei der Fraunhofer-Gesellschaft. So war er bei den FDays® – kurz für Fraunhofer Days, bei denen die Geschäftsmodelle systematisch entwickelt und evaluiert werden – das erste Mal mit professioneller Gründerkultur konfrontiert. Das spornte ihn weiter an. »Einen großen Anteil daran, dass wir dann tatsächlich loslaufen konnten, hatte das Fraunhofer Transferförderprogramm AHEAD, das seinerzeit ins Leben gerufen wurde: Die beiden Ansprechpartner von Fraunhofer ▶

Venture standen uns immer mit Rat und Tat zur Verfügung, sei es hinsichtlich juristischer Fragen, sei es beim Zugang zum Venture Capital«, erinnert sich der Geschäftsführer der clous GmbH.

Dennoch begann der Traum mit Hindernissen. »Wir haben mitten in die Pandemie hineingegründet«, berichtet der 34-jährige Blume. Genauer gesagt: im Dezember 2019. Bereits im März 2020 zog sich die Schlinge zu – der Industriesponsor, der mündlich zugesagt hatte, machte einen Rückzieher. Woraufhin auch der Co-Investor absprang. »Das war natürlich ein tiefes Tal in der Achterbahnfahrt: Wir konnten die Verträge der ersten Hilfswissenschaftler nicht verlängern«, erzählt Blume betreten. »Dennoch waren wir fest entschlossen, es zu schaffen!« Fraunhofer Venture blieb an der Seite der Gründer, und es ging wieder bergauf: Im Mai 2020 gewann das junge Gründerteam die Axel Springer Porsche GmbH & Co. KG als Investor, im September 2020 wurde zudem eine Frühphasenfinanzierung der Investitionsbank Berlin bewilligt. Die Firma konnte weitere Business-Angels gewinnen, Venture Capital aufnehmen und ihre Reichweite vergrößern. Und: Sie soll wachsen, von zwei Gründern und zwei Hilfswissenschaftlern am Anfang auf zwölf Mitarbeiter bis Ende 2021. »Im nächsten halben Jahr liegt das Ziel darin, robuste Prozesse aufzubauen – von der Kundenansprache bis hin zum glücklichen Kunden«, sagt Blume. »Das macht den Reiz eines solchen Start-ups aus.« ■

»Robuste Prozesse – von der Kundenansprache bis hin zum glücklichen Kunden«







Jeder in seiner Box:  
Er bringt weltweit  
Fachleute zusammen  
– und stellt trotzdem  
sicher, dass das  
Gesamtbild der  
Zulieferungen nur  
beim Auftraggeber  
entsteht: Claas  
Blume, Gründer.



# »Das Ding muss man in den Markt bringen!«

Ein weltweiter Bedarf in der Medizin – und eine innovative Lösung:  
Das macht die Cellbox Solutions GmbH so erfolgreich.

Freude an  
Innovation:  
Gründerin  
Prof. Kathrin  
Adlkofer



Zellen nicht mehr einzufrieren«, sagt Prof. Kathrin Adlkofer, »das ist unsere Zukunft.« Dabei spricht sie nicht vom Steak in der Tiefkühltruhe, das ja ebenfalls aus biologischen Zellen besteht, sondern von Zellsystemen, wie Forscherinnen und Forscher sie im Bereich der Biotechnologie verwenden. Anwendungen für solche Zellsysteme gibt es zahlreiche: So kann mit organoiden Systemen – also Zellverbänden, die einem menschlichen Organ möglichst nahekommen – die Zahl der Tierversuche bei der Testung von Medikamenten deutlich reduziert werden. Und mit Blutzellen, die Krebspatienten entnommen, genetisch verändert und wieder zurück in den Patienten gespritzt werden, könnte man auf Dauer eine schärfere Waffe gegen Tumore haben. Problematisch war bislang jedoch der Transport solcher biologischen Materialien – sei es von Biotechnologie- zu Pharmafirmen, sei es von der Klinik ins Labor und wieder zurück. Während die Zellen im Labor unter stets gleich bleibenden Temperaturen, CO<sub>2</sub>-Gehalten und Luftfeuchten in einem Inkubator gezüchtet und gelagert werden, mussten sie für den Transport bislang in flüssigem Stickstoff eingefroren werden, man spricht dabei von Kryokonservierung. Für das Gewebe ist dies mit Stress verbunden, die Zellen ändern sich physiologisch. Strukturen, die für dieses Prozedere zu empfindlich sind, ließen sich bislang schlicht nicht transportieren.

### Inkubator »to go«

Adlkofer hat die Lösung gegründet: die Cellbox Solutions GmbH. »Mit unserer Cellbox lassen sich biologische Materialien erstmalig lebend verschicken – in exzellenter Qualität und international«, schwärmt die Unternehmerin, die zudem einen Lehrauftrag an der Universität zu

Lübeck innehat. »Für den Bereich der regenerativen Medizin macht das einen Riesenvorteil für Forscher und Patienten.« Die Idee hinter der Ausgründung: Das Team hat den Inkubator transportabel gemacht. Für den Transport im Auto, Zug oder Lkw stellen sie den nötigen CO<sub>2</sub>-Gehalt über CO<sub>2</sub>-Kartuschen ein, im Flieger nutzen sie Trockeneis als CO<sub>2</sub>-Quelle.

Der Kerngedanke entstand an der Fraunhofer-Einrichtung für Marine Bio-

»Mit unserer Cellbox lassen sich biologische Materialien erstmalig lebend verschicken – in exzellenter Qualität und international.«

Prof. Kathrin Adlkofer,  
Gründerin von Cellbox Solutions GmbH

technologie EMB. »Nachdem ich bereits verschiedene Firmen im Gesundheitsbereich gegründet hatte, habe ich mich von Prof. Charli Kruse, dem Leiter der Fraunhofer EMB, überreden lassen, die Leitung der Abteilung Zelltechnik zu übernehmen«, erinnert sich die Molekularbiologin. Dort wurde ihr auch ein frühes Konstrukt der Cellbox zur Weiterentwicklung in die Hände gelegt. »Je mehr wir daran gearbeitet haben, desto klarer wurde mir: Das Ding muss man in den Markt bringen«, begeistert sich die Unternehmerin, die auch bei ihrem Hobby, dem Segeln, erstaunlich viel Biss zeigte: Zweimal nahm sie an den Olympischen Spielen teil, weitere zweimal holte sie sich den Weltmeister-Titel. Gemeinsam mit Kruse beschloss sie, den Weg eines Spin-offs zu gehen.

Zwar hatte Adlkofer Gründungserfahrung. Dennoch gab es viele Dinge, die sie rückblickend anders machen würde. »Eine Technologie, ein Produkt in den Markt zu bringen, ist eine andere Sache, als eine App zu vermarkten oder einen Antikörper zu lizenzieren. Bis hin zur Serienproduktion eine robuste Pipeline aufzubauen war eine wirklich große Herausforderung. Da ist es extrem wichtig, sich die richtigen Leute zu holen«, sagt Adlkofer. Sie suchte daher einen Firmenpartner, der internationale Vertriebserfahrung hat – und fand ihn in Wolfgang Kintzel. Was fasziniert den heutigen Chief Executive Officer daran, in einem Start-up zu arbeiten? Er nennt das junge und internationale Team. Und fügt hinzu: »Wir haben eine extrem reizvolle Kombination aus Produktgeschäft, Verbrauchsmaterialien und dem Bereich der komplexen biologischen Strukturen.«

### »Fraunhofer war vom ersten Tag an dabei«

Auf dem Weg von der Idee zum serienreifen Produkt erhielt das Team viel Unterstützung seitens der Fraunhofer EMB und Fraunhofer Venture. »Fraunhofer war vom ersten Tag an dabei – und ist nun aktiver Gesellschafter und begleitet uns mit Know-how, internationaler Erfahrung und finanziellen Beiträgen.« Mittlerweile verkauft das derzeit 15-köpfige Team den transportablen Zellinkubator weltweit, die Kunden kommen aus Deutschland, Europa, den USA, Asien mit Schwerpunkt China. »Dass wir in so kurzer Zeit international Fuß fassen konnten, macht mich schon sehr stolz«, sagt Kintzel. Vor ein paar Wochen hat die Cellbox Solutions GmbH sogar eine Tochterfirma an der Ostküste der USA gegründet. Und sorgt somit nun auch vom anderen Ende der Welt aus für einen sicheren Transport biologischer Materialien. ■

# Hilfe aus dem All

Satelliten so klein wie ein Schuhkarton: So will ConstellR jedem Bauern ermöglichen, passgenau Wetterdaten für seine Felder abzurufen – und die Landwirtschaft klimafester zu machen.

**S**atellitenmissionen mit großem sozialen Impact: So lautete eine Ausschreibung der Europäischen Weltraumorganisation ESA im Jahr 2017. Diese Ausschreibung bekamen auch Marius Bierdel und sein Kollege Max Gulde vom Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut EMI zu Gesicht. Sie beschlossen, sich zu beteiligen – aus Spaß. Mehr als 200 Teams reichten ihre Ideen ein, aller Konkurrenz zum Trotz schafften es Bierdel und Gulde »aufs Siebertreppchen« und ergatterten den dritten Platz. »In diesem Moment wurde uns erst so richtig klar, dass unser Ansatz tatsächlich einen signifikanten Mehrwert für die Gesellschaft hat«, erzählt der Ingenieur. Das Team will mit seiner Technologie der Landwirtschaft zu mehr Effizienz verhelfen – und somit sowohl eine Antwort auf die Folgen des Klimawandels als auch auf die drohende Nahrungsmittelknappheit bieten.

## Mehrwert für die Gesellschaft? Zweifelsohne!

Möglich machen soll es ein Messsystem, das integriert in Kleinsatelliten hochgenaue Temperaturdaten ermittelt. Klingt erst einmal lapidar, hat es aber in sich: Die Daten werden von Smart-Farming-Firmen aufbereitet und liefern dann Landwirten feldgenaue und detaillierte Informationen. Beispiel: »Sie sollten Ihre Felder heute bewässern und morgen die Ernte einholen.« Denn aufgrund des Klimawandels wird es stets schwieriger, die Felder allein über Erfahrungswerte zu bestellen, stattdessen müssen sich die Landwirte auf Wassermangel und Starkwetterereignisse einstellen.

Daten dieser Art ermitteln zwar auch heutige Satelliten bereits. Doch sind diese Erdtrabanten meist so groß wie ein Bus, eine einzige Satellitenmission kostet bis

zu 800 Millionen Euro. Deshalb gibt es zu wenige – über dem Feld des Landwirts zieht der Satellit nur alle paar Wochen einmal seine Bahn. »Für die Landwirtschaft sind regelmäßige Daten in einer feldgenauen Auflösung elementar«, weiß Bierdel. Eben-dies kann die neue Technologie leisten. Die beiden Forscher konnten die Messinstrumente so stark verkleinern, dass sie von Kleinsatelliten in der Größe eines Schuhkartons getragen werden können. »Die Kos-

Die Kosten sinken  
um den Faktor  
**400.**

ten sinken um den Faktor 400 – die Daten können täglich mit einer räumlichen Genauigkeit von unter hundert Metern ermittelt werden«, ist sich Bierdel sicher.

Die Frage, die sich nach der ESA-Ausschreibung stellte: Wie lässt sich die Idee in die Praxis überführen? Hier kam den beiden Forschern Fraunhofer Venture gerade recht: Sie wurden ausführlich über die Accelerator-Programme, die Fraunhofer für junge Gründer anbietet, unter anderem über die Fraunhofer Days, kurz FDays genannt, beraten. »Die FDays waren für uns der Startschuss – die Stimmung dort hat uns komplett gefangengenommen und begeistert. Ebenso wie die Idee, ein Start-up zu gründen und eigene Entscheidungen treffen zu können«, erzählt Bierdel. Auch personell änderten die FDays einiges: Dort lernten sie Christian Mittermaier kennen, der das naturwissenschaftlich geprägte Gründerteam mit seinem betriebswirtschaftlichen Hintergrund ergänzte.

## ConstellR-Technologie auf der Internationalen Raumstation ISS

Über eine Exist-Förderung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie und das Fraunhofer AHEAD-Programm konnte das Gründerteam etwa zwei Millionen Euro an öffentlichen Fördergeldern einwerben und die Technologie am Fraunhofer EMI weiter vorantreiben. Im April 2020 stand die Gründung ihres Start-ups ConstellR an. Das erste Highlight für das derzeit 19-köpfige Team: Am 1. Februar 2022 wird die ConstellR-Technologie ins All befördert – und dann für vier Monate gemeinsam mit der NASA auf der Internationalen Raumstation ISS betrieben. »Auf diese Weise können wir nachweisen, dass unser System im Weltall unter realen Bedingungen funktioniert, ohne jetzt schon einen eigenen Satelliten nach oben bringen zu müssen«, freut sich Bierdel. Eigene Satelliten sollen im Jahr 2023 folgen – vier an der Zahl. »Damit können wir bereits zehn Prozent der landwirtschaftlichen Flächen weltweit monitoren«, sagt Bierdel stolz.

Die Begeisterung der drei Gründer und die klare Roadmap hat auch die Investoren überzeugt. Statt zu überlegen, wie viel Geld die kleine Firma über Investoren zusammentragen kann, drehte das Team den Spieß auf Rat eines Fraunhofer-Mentors um und plante genau, was es zu welchem Zeitpunkt erreicht haben wollte. Hieß es in der ersten Finanzierungsrunde noch, »mehr als 500 000 Euro kann ein Start-up kaum einwerben«, hat das Team mittlerweile Investorengelder in Höhe von einer Million Euro in der Tasche. Bierdel freut sich: »Über ConstellR kann ich meinen Teil dazu beizutragen, die Herausforderungen der Nahrungsmittelknappheit, der wachsenden Weltbevölkerung und des Klimawandels angehen zu können. Das motiviert mich unglaublich.« ■





»Für die Landwirtschaft sind regelmäßige Daten in einer feldgenauen Auflösung elementar!«

Auf den Kopf gestellt: Marius Bierdel will die Landwirtschaft im Klimawandel aus dem All heraus revolutionieren.



# 3x3 Fragen

»Der Lockdown hat uns massiv gestärkt«

**Wolfgang Kintzel,**  
Cellbox Solutions GmbH



\_\_\_\_\_ **1 Wann haben Sie schlecht geschlafen?**

Der erste Lockdown fiel zusammen mit der Marketingphase unserer Technologie – da stand natürlich die Frage im Raum: Was macht das mit der Investitionsbereitschaft unserer Investoren? Vertrauen sie noch darauf, dass sich in einer solchen Zeit eine innovative Technologie in den Markt bringen lässt? Doch es zeigte sich: Die Investoren glaubten nach wie vor an das Produkt, und wir konnten die Zeit nutzen, um neue Produktlinien zu entwickeln, sodass uns diese Zeit massiv gestärkt hat.

\_\_\_\_\_ **2 Welcher Rat hat Ihnen geholfen?**

Letztendlich der Rat: Innovation setzt sich auf Märkten durch. Wenn exzellente Wissenschaft mit Markt-Know-how zusammenkommt, dann funktioniert das auch international.

\_\_\_\_\_ **3 Worauf sind Sie stolz?**

Wir konnten mit einer deutschen Technologie in relativ kurzer Zeit Märkte in Europa, Asien und Amerika bedienen – das ist für ein deutsches Unternehmen schon herausragend. Stolz bin ich auch darauf, dass wir die Ersten sind, die biologische Materialien in exzellenter Qualität international versendbar machen. ■

»Achtet auf euer Team!«

**Karsten Schmidt,**  
Ampeers Energy GmbH



\_\_\_\_\_ **1 Wann haben Sie schlecht geschlafen?**

Ich bin ein Unternehmertyp: Herausforderungen, die einen anderen vielleicht nicht schlafen lassen, sehe ich als Chance – frei nach dem Motto: Wo Schatten ist, gibt es auch Sonnenschein. Phasen mit schlechtem Schlaf gab es daher eigentlich nicht, zumindest nicht wegen des Jobs. Mit Augenzwinkern könnte man sagen: Es sind unsere zwei kleinen Jungs, die mich mitunter schlecht schlafen lassen, da sie die Zeit zwischen fünf und sechs Uhr morgens einfordern.

\_\_\_\_\_ **2 Welcher Rat hat Ihnen geholfen?**

Der Rat: »Achtet zum einen auf euer Team: Schaut alle in die gleiche Richtung, seid engagiert und motiviert. Und achtet zum anderen auf den Vertrieb und sagt dem Markt, dass es euch gibt.« Daran halten wir uns sehr stark. Leider weiß ich nicht mehr, wer uns das mit auf den Weg gegeben hat. Ich glaube, es war ein Investor in der ersten Finanzierungsrunde, der unsere Idee super, allerdings noch etwas zu jung fand und daher nicht investiert hat.

\_\_\_\_\_ **3 Worauf sind Sie stolz?**

Vor allem auf das Team, das wir aufgebaut haben. Ein Team, mit dem wir es innerhalb von zwei Jahren geschafft haben, im Markt anzukommen. Und natürlich auch darauf, dass man uns im Markt kennt, unsere Produkte und Dienstleistungsangebot nachfragt und gerne mit uns zusammenarbeitet. ■



**Marius Bierdel,**  
ConstellR GmbH

## »Darauf sind wir alle stolz«

### **1 Wann haben Sie schlecht geschlafen?**

Anfangs waren wir vier Gründer, einer ist jedoch ausgeschieden. Meine schlaflosen Nächte waren vor allem damit verbunden, dass es mit einem Teammitglied nicht so gelaufen ist, wie wir uns das vorgestellt haben. Da eine Lösung zu finden, war wirklich herausfordernd.

### **2 Welcher Rat hat Ihnen geholfen?**

Einen wichtigen Rat haben uns die Coaches von Fraunhofer Venture mit auf den Weg gegeben. Wir sollten bei der Planung des Start-ups nicht mit der Brille schauen, wie viel Geld wir von Investoren bekommen könnten. Stattdessen sollten wir uns überlegen: Wo möchte ich in einem Jahr stehen? Was möchte ich erreichen? Und erst dann darüber nachdenken, wie wir das realisieren und die nötigen Ressourcen dazu an Land holen können.

### **3 Worauf sind Sie stolz?**

Persönlich stolz bin ich darauf, dass die ConstellR nach einem Jahr bereits 19 Leute beschäftigt. Und auf die Firmenkultur, die geprägt ist von Feedback, Offenheit und Transparenz. Bei einem solchen Team dabei sein zu dürfen und an einer Sache zu arbeiten, die einen Mehrwert bietet, darauf sind alle Teammitglieder stolz. ■



## Interview

»Wir brauchen ein Modernisierungsjahrzehnt!«

Dieser Satz gehört zu den Standardforderungen des Kandidaten Armin Laschet. Was er dafür als Kanzler tun will, verrät er im Gespräch.

Interview:  
Josef Oskar Seitz

Armin Laschet, 60, hat sich als Kanzlerkandidat durchgesetzt – zumindest schon einmal innerhalb der Union.

\_\_\_\_\_ **Der Würfel ist gefallen, Herr Laschet, Sie sind Kanzlerkandidat der Union. Glückwunsch!**

**Armin Laschet:** Ich freue mich nun auf einen leidenschaftlichen Wahlkampf!

\_\_\_\_\_ **Sind Sie als historisch interessierter Mensch nicht erschrocken, als Ihr CSU-Mitbewerber Markus Söder die Entscheidung ausgerechnet mit diesem Satz akzeptierte: der Würfel sei gefallen?**

Im lateinischen Original ist das ja sogar Plural: *alea iacta sunt*.

\_\_\_\_\_ **So wird Julius Caesar zitiert. Allerdings bevor er mit seinem Heer den zum Sprichwort gewordenen Rubikon überschreitet – und der Bürgerkrieg beginnt.**

Es war ja klar, dass eine Entscheidung zwischen zwei Parteivorsitzenden und zwischen zwei Ministerpräsidenten nicht einfach werden wird. Aber klar ist uns beiden: Die Union ist nur gemeinsam erfolgreich und wir haben eine gemeinsame Verantwortung. In diesem Bewusstsein kämpfen wir beide für eine starke Union.

\_\_\_\_\_ **Dann sind wir ja beruhigt. Was zeichnet Armin Laschet als Kanzlerkandidat aus?**  
Das müssen andere sagen. Von Vorteil ist es, wenn man schon einmal eine Wahl gewonnen hat. Wenn jemand gezeigt hat, dass er ein großes Land wie Nordrhein-Westfalen regieren kann, ist das sicher auch eine gute Voraussetzung. Das Entscheidende ist aber, eine Grundorientierung zu haben. Ich habe eine klare Idee, wo es hingehen soll mit unserem Land: Wir brauchen ein Modernisierungsjahrzehnt!

\_\_\_\_\_ **Da hat die Corona-Krise einige Schwächen gnadenlos offengelegt.**  
Dass die Gesundheitsämter am Anfang noch mit Faxgeräten und Papier arbeiten mussten, ist in sehr kurzer Zeit abgestellt worden. Aber es bleibt eine Aufgabe für alle staatlichen Institutionen, wirklich digital zu arbeiten. Die Wissenschaft macht es, die Wirtschaft macht es. Da darf der Staat nicht der Letzte sein. Die Pandemie hat uns auch gelehrt, dass wir bei der Versorgung mit medizinischer Schutzausrüstung unabhängiger von anderen Ländern sein müssen. Dass billigste OP-Masken als Atemschutz nicht verfügbar waren, weil die Produk-

»Klimaneutralität umzusetzen – das geht nur, wenn die Forschung alle Möglichkeiten bekommt!«

tion komplett nach China verlagert war, zeigt uns, dass wir in Europa in Zukunft bestimmte Grundversorgungen selbst treffen müssen.

\_\_\_\_\_ **Gab es für Sie auch Stärken, die sich in der Krise gezeigt haben?**

Echte Hilfsbereitschaft! Da waren die Jungen für die Alten da, da haben sich Menschen im Ehrenamt engagiert. Da hat sich gezeigt, welche Stärke in unserer Gesellschaft steckt. Ich bin mir sicher, wenn wir Bilanz ziehen, werden wir feststellen, dass wir im weltweiten und im europäischen Vergleich gut durch die Krise gekommen sind. Es gab eine große Solidarität.

\_\_\_\_\_ **Die aber in der Politik nicht immer erkennbar war.**

Ach, am Anfang schon. Erst später kam der Dissens um die Frage der Öffnungen. Wobei meine Grundposition immer war, dass auch in einer Pandemie die Grundrechte zu gelten haben. Da mag es manchmal pragmatischer sein, alles zu schließen und vieles zu verbieten. Aber ein Eingriff in die Grundrechte muss tagtäglich auf den Prüfstand! Vorsicht allein kann nicht die Begründung sein, dass der Staat in jedem Lebensbereich seine Ziele mit Verordnungen durchsetzt. Das darf er eben nur, wenn die Gefahr für Gesundheit und Leben akut ist.

\_\_\_\_\_ **Sehen Sie in der Klimaerwärmung eine akute Gefahr für Leben und Gesundheit?**  
Klimapolitik wird eine zentrale Herausforderung für die nächsten 30 Jahre sein. Ich glaube nicht, dass wir diese gesellschaftliche Aufgabe mit dem Vorschreiben einzelner Lebenswege bewältigen, etwa mit dem systematischen Zurückdrängen von Eigenheimen. Ich glaube an die Überzeugungskraft. Nur so gehen die Menschen auf Dauer mit. Sicher ist, die Maßnahmen zum Klimaschutz werden uns allen viel abverlangen. Wir brauchen einen Struktur- ▶



»Wir sind in vielem viel zu durchreguliert und zu wenig mutig. Es ging uns zu gut.«



## 1980

Armin Laschet mit seiner späteren Frau Susanne auf Prag-Reise mit der Jungen Union.



## 1994

Für Aachen zieht er in den Bundestag ein. Vier Jahre später verliert er das Direktmandat.



## 90er

Als stolzer Vater präsentiert sich Armin Laschet mit Tochter Eva und den Söhnen Johannes und Julius.

wandel. Aber den müssen wir so ausgestalten, dass der Wohlstand in der Breite unserer Gesellschaft erhalten bleibt – und damit der Zusammenhalt der Gesellschaft. Mein Ziel ist es, dass wir ein klimaneutrales Industrieland werden: mit der Stahlindustrie, mit der chemischen Industrie, mit der Autoindustrie. Deutschland galt einmal als die Apotheke der Welt. Alle wichtigen Medikamente wurden hier entwickelt und produziert. Hier können wir ansetzen, denn der Bedarf wird auch für künftige Pandemien groß sein. Die Ambition, grünen Stahl herzustellen, ist eine Jahrhundertaufgabe. Diese Ambition habe ich. Ich will auch, dass noch im Jahr 2045 Autos – oder wie immer man das dann nennen wird! – in Deutschland fahren und in Deutschland produziert werden.

Da spricht auch der Interessenvertreter Nordrhein-Westfalens. Was hat ein Kanzler Laschet aus seiner Zeit als Ministerpräsident Laschet gelernt?

Mein Bundesland kennt Strukturwandel seit 60 Jahren. Noch 1965 hatten wir im Ruhrgebiet 500 000 Bergleute und null Studierende. Heute haben wir 280 000 Studierende und null Bergleute. Der Strukturwandel von der Industriegesellschaft in die Wissensgesellschaft hat viele Konflikte mit sich gebracht. Er hat vom Staat verlangt, den Wandel sozial abzufedern. Aber: Es hat funktioniert.

Sie kennen den Umbruch aus der eigenen Familie.

Mein Vater war Bergmann im Aachener Revier. Dort wurden die Zechen schon in den Sechzigerjahren geschlossen. Da hat er für sich erkannt, dass er so keine Perspektive hat. Er hat dann die Möglichkeit genutzt, dass Menschen mit Berufserfahrung erleichtert in den Lehrerberuf wechseln konnten. Er hat nachts gearbeitet und tagsüber studiert – und so für sich und seine vier Söhne den Bildungsaufstieg geschafft. Doch wird der Wandel, der jetzt kommt, noch gravierender sein. Wir brauchen für viele Be-

reiche des Klimawandels Forschungsfortschritte. Wir brauchen in der Speichertechnologie Forschungsfortschritte. Wir brauchen bei der Wasserstofftechnologie Forschungsfortschritte. Beschlüsse zur Klimaneutralität sind der einfache Teil. Klimaneutralität umzusetzen – das geht nur, wenn die Forschung alle Möglichkeiten bekommt. Wir müssen den Wandel durch Forschung möglich machen.

Was kann die Forschung von einem Kanzler Laschet erwarten?

Als Erstes eine hohe Wertschätzung. Es genügt nicht, die im Bundeshaushalt beschlossenen Mittel einzuhalten. Es ist existenziell, Geld bereitzustellen, um die Rahmenbedingungen zu schaffen. Modernisierung gelingt nur mit Forschung – nicht mit Verordnungen und Regeln, nicht mit Vorschriften und Verboten.

Und wie lässt sich der Wissenstransfer in die Wirtschaft und in die Anwendung beschleunigen?

Da kann und muss die Politik die Rahmenbedingungen schaffen. Der Staat muss Gründern das Leben so einfach wie möglich machen: Bürokratie abwenden und bei den finanziellen Rahmenbedingungen helfen. Aber es braucht auch immer den Wissenschaftler, der den Willen hat, seine Erkenntnisse nicht nur zu publizieren, sondern den Drive hat, Partner zu finden und seine Idee umzusetzen.

Sie plädieren für eine neue Gründerkultur?

Sehen Sie, wir leben in Deutschland heute von der Substanz der Familienunternehmen, die vor 100 oder 150 Jahren gegründet wurden. Oft übrigens im Sauerland und im Münsterland, in den kleinsten Orten Nordrhein-Westfalens, wo wir heute mehr Industriearbeitsplätze haben als im Ruhrgebiet. Der Mittelständler, der sein Produkt entwickelt und damit den Weltmarkt erobert hat, der ist der Grundbestand Deutschlands.

Was ist seit dieser Gründerzeit, die Sie beschwören, verlorengegangen?

Ich glaube, wir sind in vielem viel zu durchreguliert und zu wenig mutig. Es ging uns zu gut. Da hatten wir uns zu behaglich eingerichtet.

War Deutschland zu satt geworden?

Ja. Mit Sicherheit. Zu viele Systeme haben abgefedert, was an Risiken da war. Ich glaube aber, dass wir seit einigen Jahren an einem Punkt





Das Gespräch fand im Büro des Ministerpräsidenten statt. Im Hintergrund die Flagge seines Bundeslandes Nordrhein-Westfalen mit den Landesfarben Grün-Weiß-Rot.

»Modernisierung gelingt nur mit Forschung – nicht mit Verordnungen und Regeln, nicht mit Vorschriften und Verboten.«

sind, wo sich das Klima ändert. Man kann kein Silicon Valley für Deutschland kopieren. Aber ich spüre die Bereitschaft, gerade im Umfeld der Forschung etwas anzupacken. Ein gutes Beispiel ist Biontech. Das brauchen wir tausendfach.

\_\_\_\_\_ **Das klingt nach Vision. Was macht die Realität?**

Die bleibt oft stecken. Sehen Sie, ich teile ja die Idee der Grünen, dass wir innerdeutsch nicht fliegen sollten. Dazu braucht es Alternativen. Mit der Bahn fahren Sie in Deutschland manchmal mit Tempo 300, dann aber wieder auf Trassen, gebaut gleich nach dem Ersten Weltkrieg. Wir brauchen schnellere Planungen und Genehmigungen, um das zu erneuern. Sie können aber davon ausgehen, dass jede Bürgerinitiative gegen eine neue Trasse von den Grünen angeführt wird. Das Gleiche gilt bei der Windenergie. Es genügt eben nicht, nur Überschriften zu formulieren.

\_\_\_\_\_ **Weil wir gerade bei den Grünen sind: Wann waren Sie das letzte Mal im »Sassella«?**

Gar nicht so lange her. Ein sehr schönes Restaurant in Bonn. Seit 1994 haben sich dort die damals jungen Abgeordneten der CDU und der Grünen getroffen. »Pizza-Connection« hieß das.

\_\_\_\_\_ **Wer die Karte kennt, der weiß: Pizza wurde dort nicht gegessen.**

Wir haben gut gespeist, und wir hatten viele angenehme Abende. Das Lebensgefühl der jungen Grünen war uns damals näher als das Lebensgefühl vieler Älterer in unseren eigenen Reihen. Da sind schöne Kontakte entstanden. Und die haben geholfen, die damaligen Feindbilder aufzubrechen. Wir haben die Gegensätze offen ausgesprochen, hatten aber eine menschliche Wertschätzung. Heute sind die Gemeinsamkeiten viel größer als damals.

\_\_\_\_\_ **Sie sind christlich sozialisiert, bis hin zu Ihrer Arbeit als Chefredakteur einer Kirchenzeitung. Wie wichtig sind Ihnen christliche Werte für die reale Politik?**

»C« ist der erste Buchstabe im Parteinamen.

\_\_\_\_\_ **Sie meinen aber nicht »C« wie Chaos oder »C« wie Crash?**

Christlich ist eine extreme Herausforderung. Als Politiker müssen Sie einen Grundkompass haben. Der ist bei mir immer europäisch und wird immer christlich bleiben.

\_\_\_\_\_ **Sind Sie eher Modell Auge um Auge? Oder halten Sie im Zweifel auch die andere Wange hin?**

Man muss in der Politik für seine Positionen kämpfen. Und da gibt es viele Kämpfe, die ich gewonnen habe. ■



## 1998

Er beendet seine Medienkarriere als Verlagsleiter, zuvor war Laschet Chefredakteur der »KirchenZeitung Aachen«, Volontär bei Radio Charivari in München und freier Journalist beim Bayerischen Fernsehen.



## 2018

Rot-grüne Doppelspitze: Armin Laschet mit Cem Özdemir im Karneval. Das Steuerrad hält der CDU-Mann.



## 2021

Die Kanzler-Geste beherrscht Armin Laschet bereits. Mehr wird die Bundestagswahl am 26. September zeigen.

# Im Wettlauf mit den Viren

Das West-Nil-Virus ist schon da, Zika, Dengue und Co. werden kommen. Die nächste Pandemie ist nur eine Frage der Zeit. Wie lassen sich Impfstoffe schneller herstellen?

Von Dr. Sonja Endres



60 Prozent der  
Infektionskrankheiten  
beim Menschen  
haben ihren Ursprung  
bei Tieren.

Die wärmeliebende  
Ägyptische Tigermücke  
gilt als Hauptüberträger  
von Gelbfieber,  
Dengue und Zika.

**M**it dem Klimawandel werden tropische Moskitos zunehmend heimisch in Deutschland und verbreiten gefährliche Krankheitserreger. Auch hiesige Mücken sind mittlerweile Überträger. Noch ist die Zahl der registrierten Fälle gering, doch Experten rechnen in den nächsten Jahren mit einem rapiden Anstieg. Das West-Nil-Virus hat sich in der Gegend um Leipzig, Halle und im südlichen Brandenburg bereits ausgebreitet. Einen Impfschutz gibt es nicht – ebenso wenig gegen Zika, Dengue oder Malaria, die schon vereinzelt in Südeuropa auftreten.

Die Gefahr von Zoonosen, also von Krankheitserregern, die vom Tier auf den Menschen überspringen, steigt. Das »Global Virome Project«, eine internationale Forschungsinitiative, schätzt, dass es momentan etwa 1,6 Millionen verschiedene Viren gibt, die in Säugetieren und Vögeln zirkulieren. Davon sollen etwa 700 000 das Potenzial haben, Menschen zu infizieren. Nicht alle werden von Mensch zu Mensch weitergegeben, machen krank oder können sogar töten. Trotzdem: Corona wird kein Einzelfall bleiben, da sind sich die Fachleute einig.

**»Wenn wir Pandemien in Zukunft wirkungsvoll bekämpfen wollen, müssen wir in der Vakzin-Herstellung wesentlich schneller werden«,** sagt Prof. Holger Ziehr, Bereichsleiter Pharmazeutische Biotechnologie am Fraunhofer-Institut für Toxikologie und Experimentelle Medizin ITEM. Er koordiniert das instituts- und fächerübergreifende Forschungskonsortium »Fraunhofer Vaccine Technologies«, das sich als Reaktion auf die Corona-Pandemie gebildet hat. Hier arbeiten Impfstoff-Experten, Bioverfahrenstechniker, Produktionsingenieure und Verpackungsspezialisten daran, Impfstoffe schneller verfügbar zu machen – wie entscheidend das ist, haben die Monate der Pandemie gezeigt. Dafür wollen sie Vakzin-Kandidaten zügig in die klinische Prüfung bringen, Technologieplattformen entwickeln und vorhalten, Fertigung und Verpackung optimieren und massentauglich machen.

Weltweit wurden Impfstoffentwicklung und -produktion seit Jahrzehnten vernachlässigt. Herstellungstechnologien für klassische Totimpfstoffe haben sich seit den 1940er-Jahren kaum verändert, weil sich damit zu wenig Geld verdienen ließ. »Das Bewusstsein für ihre Bedeutung ist infolge der Corona-Pandemie deutlich gewachsen«, beobachtet Dr. Sebastian Ulbert, Leiter des Forschungsbereichs Infektionspathologie am Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI in Leipzig. Der Virologe und Experte für Zoonosen ist zusammen mit Ziehr einer der Initiatoren von »Fraunhofer Vaccine Technologies«.

»SARS-CoV-2  
war der Idealfall.  
Schneller geht  
es nicht.«

Dr. Sebastian Ulbert,  
Leiter des Forschungsbereichs  
Infektionspathologie am  
Fraunhofer IZI

»Bei Covid-19«, so erklärt Ulbert, »hatten wir Glück.« Viele günstige Voraussetzungen seien zusammengetroffen, die eine schnelle Impfstoffentwicklung ermöglicht haben: Es gab Erkenntnisse und Vorarbeiten zu den verwandten Coronaviren SARS-CoV-1 und MERS. Das Antigen, das eine schützende Immunreaktion im Körper auslöst, war bereits identifiziert. Auch Infektionsmodelle zur Impfstofftestung standen zur Verfügung. »SARS-CoV-2 war der Idealfall. Schneller geht es nicht«, ist er überzeugt.

Normalerweise dauert es mehrere Jahre, um einen vielversprechenden Impfstoff-Kandidaten zu finden – Zeit, die man in einer Epidemie oder Pandemie nicht hat. Deshalb ist es entscheidend, mögliche Kandidaten für potenzielle Erreger schon zu identifizieren, bevor sie in großen Mengen benötigt werden.

Für das West-Nil-Virus ist Ulbert und seinem Team das bereits gelungen. Erkrankte leiden häufig an hohem Fieber, Erbrechen, Durchfall, Erschöpfung, Gliederschmerzen. In seltenen Fällen kann es auch zu Gehirn- oder Hirnhautentzündungen kommen – wie bei FSME, das zur gleichen Virusfamilie gehört. Im Unterschied zu FSME wird das West-Nil-Virus jedoch nicht durch Zecken, sondern von der Gemeinen Hausmücke übertragen. In Leipzig mussten vergangenen Sommer elf Patienten mit schweren Verläufen stationär behandelt werden.

**»Bevor sich das Virus in Deutschland weiter verbreitet – und das wird es sicher tun –, ist es wichtig, einen Impfstoff zu haben, zumal man sich vor Mückenstichen ungleich schwieriger schützen kann als vor Zeckenbissen«,** warnt Ulbert. Jetzt ist er auf der Suche nach Partnern aus der Industrie, um mit seinem Impfstoff-Kandidaten klinische Studien durchführen zu können.

Auch Ziehr und sein Team am Fraunhofer ITEM konnten bereits einen Erfolg verbuchen: Durch eine Abkürzung des üblichen Verfahrens gelang es ihnen, einen Antikörper-Wirkstoff gegen Covid-19 innerhalb von sechs Monaten anstatt der üblichen zwei Jahre von der präklinischen in die klinische Phase zu bringen. Der sogenannte Passivimpfstoff soll das Immunsystem schwer erkrankter Patienten mit extern produzierten Antikörpern im Kampf gegen SARS-CoV-2 unterstützen. »Auch Virus-Proteine für konventionelle Impfstoffe wären so problemlos schneller herzustellen«, sagt Ziehr. Die Lösung: Er und sein Team vermehrten nicht den Klon, also die mühsam identifizierte Zelle, die den Antikörper am besten herstellt, sondern einen ganzen Zellpool, der diese Arbeit ebenfalls erledigt – auch wenn hier die einzelne Zelle vielleicht weniger produktiv ist. »Wir hatten in einem vorangegangenen Projekt festgestellt, dass die aus dem Klon hervorgegangenen Zellen nach vielen Teilungen nicht mehr völlig identisch waren. Offenbar waren dabei Fehler passiert«, erklärt Ziehr. Daher stellte sich die Frage: ►



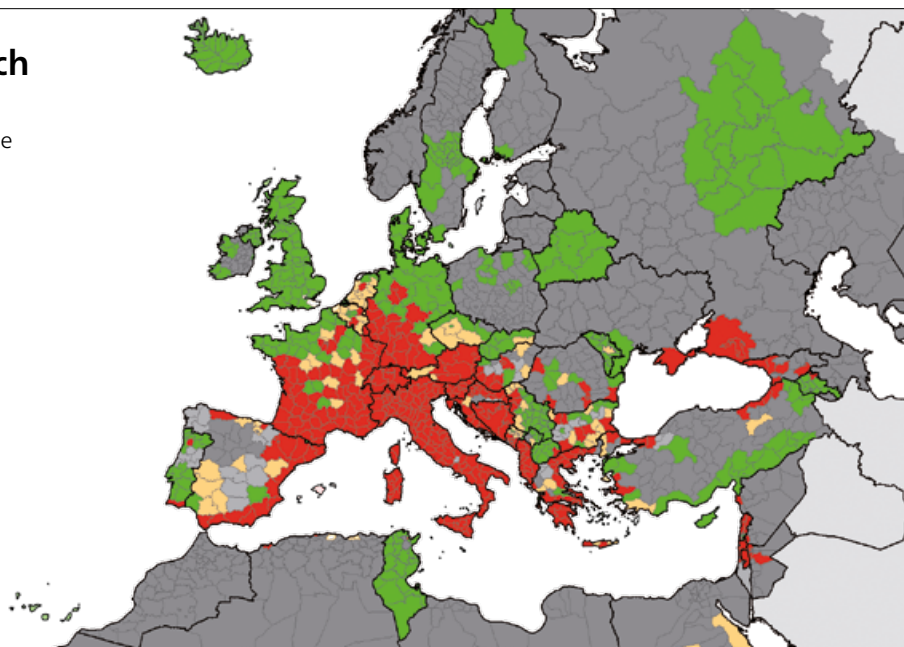
## Moskitos auf dem Vormarsch

Verbreitung von tropischen Mückenarten der Gattung Aedes in Europa, die gefährliche Krankheiten übertragen können.

- etabliert
- nachgewiesen
- nicht nachgewiesen
- keine Daten
- unbekannt

Stand: März 2021

Quelle: European Centre for Disease Prevention and Control and European Food Safety Authority



Lohnt sich dann überhaupt der Aufwand, den Klon zu finden? Insbesondere in Zeiten einer Pandemie, in denen es um schnelle Lösungen geht? Sie wagten ein Experiment, setzten die anfängliche Suspension mit rund 5 000 000 Zellen unter Selektionsdruck und fanden so diejenigen, die den Antikörper herstellen konnten. »Das Ergebnis gibt uns recht. Die Zellen produzieren große Mengen Antikörper in Pharmaqualität, mit denen bereits Patienten behandelt werden.«

Neben Vektorimpfstoffen, für die das Fraunhofer-Institut für Grenzflächen und Bioverfahrenstechnik IGB virusähnliche Partikel entwickelt, gelten besonders die innovativen mRNA-Vakzine als Hoffnungsträger im Kampf gegen neue Infektionskrankheiten. Produktionstechnologie und -prozesse sind jedoch noch nicht ausgereift.

**Eine der größten Herausforderungen ist die Verkapselung der mRNA in Lipide.** Nur mithilfe dieser schützenden Hülle ist es der mRNA möglich, durch den Körper zu wandern, ohne abgebaut zu werden, in die Zelle einzudringen und dort die Antigen-Produktion in Gang zu bringen. Dafür muss die Kapsel eine bestimmte Dicke und Zusammensetzung haben – zu große Unterschiede könnten die Wirksamkeit des Impfstoffs beeinflussen. Die

Herstellung dieser winzigen Nanopartikel ist kompliziert und zeitaufwendig. Forschende an den Fraunhofer-Instituten für Mikrotechnik und Mikrosysteme IMM, für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK und am Fraunhofer IZI, Institutsteil Bioanalytik und Bioprozesse BB, arbeiten daher daran, eine effiziente Massenproduktion zu ermöglichen.

Vielversprechend sind sogenannte Mikromischer, in denen die Lipid- und die mRNA-Lösung durch eine raffinierte Kanalstruktur gepumpt werden und sich so auf die gewünschte Weise verbinden. Die Vorteile der Technologie, die am Fraunhofer IMM entwickelt wurde: Sie produziert zuverlässig einheitliche, präzise definierte Nanopartikel nahezu ohne Ausschuss. Dabei sind die Mikromischer problemlos skalierbar, das heißt, sie funktionieren sowohl im kleinen Labor als auch in der großen Produktionshalle. Da mRNA-Impfstoffe nicht mit den herkömmlichen Analysemethoden geprüft werden können, müssen die Forscherinnen und Forscher für sie auch ein neues Qualitätssicherungssystem erstellen. Am Fraunhofer IZI-BB testen sie in isolierten Zellkomponenten, sogenannten zellfreien Systemen, ob die mRNA tatsächlich zur Produktion des anvisierten Proteins führt – ein effizientes, unkompliziertes und damit schnelles Verfahren.

**Der wirksamste Impfstoff nutzt jedoch nichts, wenn er nicht abgefüllt werden kann** – auch hier hat die Corona-Pandemie deutliche Schwächen offengelegt. »Allein in Europa werden Hunderte Millionen Glasvials, also Injektionsfläschchen, benötigt, doch die gibt es nicht. Die Herstellungskapazitäten sind begrenzt«, erklärt Ziehr. Verpackungstechniker am Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST und am Fraunhofer IPK entwickeln daher Alternativen aus Kunststoff, die schneller und wesentlich kostengünstiger per Spritzguss hergestellt werden könnten. Außerdem sind die Polymer-Ampullen bruchsicher, leichter und damit für den Transport besser geeignet. Das Problem: Der Kunststoff darf mit dem Impfstoff nicht reagieren und ihn so unbrauchbar machen. Eine schützende Beschichtung könnte die Lösung sein.

»Wir verfolgen vielfältige Ansätze, um in Zukunft besser mit neuen Viren Schritt halten zu können. Die Vernetzung im Forschungskonsortium ist dabei ein großer Vorteil. So werden beispielsweise bereits in der präklinischen Phase alle Beteiligten eingebunden und Voraussetzungen für die Herstellung des Impfstoffs in großem Maßstab mitbedacht. Prozessschritte laufen parallel, nicht hintereinander«, erklärt Ziehr. »Das spart Zeit, Kosten und führt zum besten Ergebnis.« ■

# Grüner Wasserstoff: »Wir arbeiten am höheren Wirkungsgrad«

Ist mit regenerativer Energie erzeugter grüner Wasserstoff der »Rockstar unter den sauberen Energien der Zukunft«, die »Wunderwaffe«, das »Zaubermittel«? Was er wirklich kann, und welches Potenzial er für die Chemieindustrie hat, erklärt Dr. Markus Wolperdinger, Chemiker und Leiter des Fraunhofer-Instituts für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB in Stuttgart.

Interview: Dr. Sonja Endres

\_\_\_\_\_ **Wasserstoff ist ein wichtiger Ausgangsstoff für viele Basischemikalien. Warum wird klimafreundlicher, aus Wasser gewonnener grüner Wasserstoff bisher in der Industrie nicht in großem Stil eingesetzt?**

Für die Erzeugung braucht es erhebliche Mengen an erneuerbarer Energie. Und die haben wir noch nicht. Mit den bisherigen Verfahren ist es nicht möglich, effizient und in einer Größenordnung zu produzieren, die mit der konventionellen, bisher wirtschaftlichsten Wasserstoffherstellung aus Erdgas mithalten kann – die allerdings hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht.

\_\_\_\_\_ **Das wollen Sie jetzt mit dem Hydrogen Lab in Leuna ändern, einer Testplattform für die Erzeugung und Nutzung von grünem Wasserstoff, die Sie in Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS aufgebaut haben. Wie kann sie dazu beitragen, den Wandel schnell voranzubringen?**

Was unser Lab einzigartig macht, das unter anderem vom Land Sachsen-Anhalt gefördert wird, ist die Integration in einen Chemiepark. So haben wir die Anbindung an die Praxis, sind in die Stoffkreisläufe und Prozesse involviert und profitieren vom direkten Austausch mit den Unternehmen vor Ort. Wir testen verschiedene Elektrolyseur-Systeme, die Wasser unter Strom setzen, sodass sich Wasserstoff und Sauerstoff voneinander trennen. Um den Wirkungsgrad zu erhöhen, arbeiten wir an der Optimierung der physikalisch-chemischen Abläufe im Elektrolyseur, beispielsweise an geeigneten Regelmechanismen. Eine besondere Herausforderung ist, die Elektroly-

seure so auszurichten, dass sie mit den schwankenden Energiemengen gut zurechtkommen. Manchmal gibt es eben viel Wind und Sonne, manchmal wenig, manchmal sogar nichts von beidem.

\_\_\_\_\_ **Welche Lösungsansätze haben Sie?**

Ideal wäre die Schaffung von Speichersystemen als Puffer, wo Wasserstoff bei Überproduktion zugeleitet und bei Unterproduktion abgeleitet werden könnte. Besonders geeignet für diesen Zweck sind eventuell Salzkavernen, also Hohlräume in Salzstöcken, die in Mitteldeutschland zahlreich vorhanden sind. Das Fraunhofer IMWS und einige Unternehmen testen zurzeit diese Möglichkeit.

\_\_\_\_\_ **Wie transportieren Sie den Wasserstoff?**

Im Chemiepark in Leuna gibt es ein Wasserstoff-Pipelinennetz unseres Kooperationspartners Linde, das für den Transport zu den Unternehmen genutzt wird. Das gibt es natürlich nicht überall. Wasserstoff ließe sich aber auch über normale Erdgas-Leitungen befördern, sogar gemeinsam mit Erdgas. Über spezielle Membranen könnte man die beiden Gase beim Empfänger dann wieder trennen. An dieser Methode arbeitet das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS.

\_\_\_\_\_ **Wie kann grüner Wasserstoff in Zukunft billiger werden?**

Kostenreduzierung ist immer eine Frage der Skalierung. Das heißt: Wie kann ich eine größere Menge mit derselben Anlagentechnologie produzieren? Die andere Möglichkeit ist, ich nutze viele kostengünstige kleine Anlagen und schalte sie nach Bedarf zu

## Interview



Dr. Markus  
Wolperdinger

»Was unser Lab  
einzigartig macht, ist  
die Integration in  
einen Chemiepark.«

oder ab. Dafür müssten aber die Herstellungskosten für Elektrolyseure und die Betriebskosten, also im Wesentlichen die Stromkosten, reduziert werden. Kurz: Wir brauchen sehr viel kostengünstigen Ökostrom.

### Woher soll der kommen?

Unter anderem durch den Ausbau der regenerativen Energien. Gerade ist ein riesiger Windpark in der Nordsee in Planung.

### Die Bundesregierung setzt auf den Import von grünem Wasserstoff – beispielsweise aus Afrika.

Sonnenenergie gibt es dort genug, insofern würde sich das technologisch anbieten. Für die Elektrolyse könnte man Meerwasser nutzen – allerdings nur, wenn es vorher entsalzt wird. Damit käme ein neuer Kostenfaktor hinzu. Auch der Transport ist noch ungeklärt. Denkbar wären Pipelines. Wenn man Wasserstoff per Schiff nach Europa bringen wollte, müsste man ihn vorher verflüssigen, um das Volumen zu verkleinern. Dafür müsste er auf minus 253 Grad Celsius heruntergekühlt werden. Das ist

energieintensiv und teuer. Da sind also noch zahlreiche Fragen offen. Aber ich bin mir sicher: Wir werden die Antworten finden.

### Nach dem jüngsten Urteil des Bundesverfassungsgerichts zum Klimaschutzgesetz will die Bundesregierung die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2030 um 65 Prozent reduzieren – zehn Prozent mehr als bisher geplant. Kann dieses Ziel mithilfe von grünem Wasserstoff erreicht werden?

Grüner Wasserstoff wird sicher einen Beitrag leisten. Er hilft, CO<sub>2</sub> zu binden. Zum Beispiel lässt sich aus Wasserstoff und CO<sub>2</sub> Methanol herstellen, das zu einem synthetischen, erdölfreien Kraftstoff für Verbrennungsmotoren weiterverarbeitet werden kann. Daran arbeiten wir in Leuna zusammen mit der TOTAL-Raffinerie, einer der modernsten und größten in Europa, und der Firma Sunfire. Um die CO<sub>2</sub>-Ziele zu erreichen, sind aber zusätzliche Maßnahmen notwendig, beispielsweise unsere Entwicklungen im Bereich der Bioökonomie. Letztendlich muss vor allem CO<sub>2</sub> vermieden werden, das ist der entscheidende Punkt. ■



# Digitalisierung ist Segen.

## Wir leben online

Das Internet täglich genutzt  
haben im Jahr 2020 in Bayern  
**75,3 %** der Menschen.

## Wir arbeiten online

**70 %** der Menschen  
arbeiteten in Hamburg  
und Berlin dank Internet  
zumindest gelegentlich  
im Homeoffice.

## Wir sehen online

Filme oder Serien übers  
Internet streamten 2020  
**71,7 %** der Menschen in  
Nordrhein-Westfalen.

## Interview



Dr. Markus  
Wolperdinger

»Was unser Lab einzigartig macht, ist die Integration in einen Chemiepark.«

oder ab. Dafür müssten aber die Herstellungskosten für Elektrolyseure und die Betriebskosten, also im Wesentlichen die Stromkosten, reduziert werden. Kurz: Wir brauchen sehr viel kostengünstigen Ökostrom.

### Woher soll der kommen?

Unter anderem durch den Ausbau der regenerativen Energien. Gerade ist ein riesiger Windpark in der Nordsee in Planung.

**Die Bundesregierung setzt auf den Import von grünem Wasserstoff – beispielsweise aus Afrika.** Sonnenenergie gibt es dort genug, insofern würde sich das technologisch anbieten. Für die Elektrolyse könnte man Meerwasser nutzen – allerdings nur, wenn es vorher entsalzt wird. Damit käme ein neuer Kostenfaktor hinzu. Auch der Transport ist noch ungeklärt. Denkbar wären Pipelines. Wenn man Wasserstoff per Schiff nach Europa bringen wollte, müsste man ihn vorher verflüssigen, um das Volumen zu verkleinern. Dafür müsste er auf minus 253 Grad Celsius heruntergekühlt werden. Das ist

energieintensiv und teuer. Da sind also noch zahlreiche Fragen offen. Aber ich bin mir sicher: Wir werden die Antworten finden.

**Nach dem jüngsten Urteil des Bundesverfassungsgerichts zum Klimaschutzgesetz will die Bundesregierung die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2030 um 65 Prozent reduzieren – zehn Prozent mehr als bisher geplant. Kann dieses Ziel mithilfe von grünem Wasserstoff erreicht werden?**

Grüner Wasserstoff wird sicher einen Beitrag leisten. Er hilft, CO<sub>2</sub> zu binden. Zum Beispiel lässt sich aus Wasserstoff und CO<sub>2</sub> Methanol herstellen, das zu einem synthetischen, erdölfreien Kraftstoff für Verbrennungsmotoren weiterverarbeitet werden kann. Daran arbeiten wir in Leuna zusammen mit der TOTAL-Raffinerie, einer der modernsten und größten in Europa, und der Firma Sunfire. Um die CO<sub>2</sub>-Ziele zu erreichen, sind aber zusätzliche Maßnahmen notwendig, beispielsweise unsere Entwicklungen im Bereich der Bioökonomie. Letztendlich muss vor allem CO<sub>2</sub> vermieden werden, das ist der entscheidende Punkt. ■



# Corona hat gezeigt: **Digitalisierung** **ist Segen. Und Fluch.**

## **Wir leben online**

Das Internet täglich genutzt haben im Jahr 2020 in Bayern **75,3 %** der Menschen.

## **117,4 Millionen**

neue Schadprogrammvarianten wurden in Deutschland 2020 gezählt.

## **100 Milliarden Euro**

Schaden allein für die deutsche Wirtschaft sollen 2019 durch Internet-Angriffe entstanden sein.

## **Wir arbeiten online**

**70 %** der Menschen arbeiteten in Hamburg und Berlin dank Internet zumindest gelegentlich im Homeoffice.

## **Wir sehen online**

Filme oder Serien übers Internet streamten 2020 **71,7 %** der Menschen in Nordrhein-Westfalen.

## **108 474 Fälle**

von Cyberkriminalität erfasste das Bundeskriminalamt in seiner Statistik für das Jahr 2020.

## Fakt & Fake

# Augen/ scheine

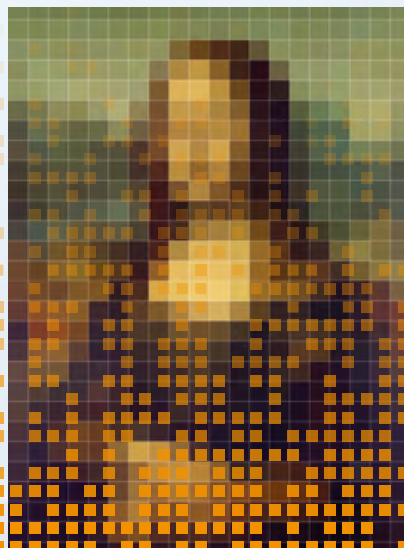
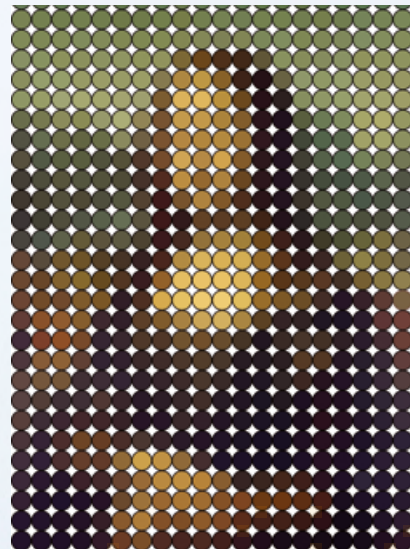
Sie können alte Fotos zum Leben erwecken und der Kunst zu neuen Möglichkeiten verhelfen. Und sie sind Werkzeuge, um digital zu diffamieren und Wahlen zu manipulieren. Deepfakes verändern unsere Vergangenheit – und unsere Zukunft.

Von Mandy Bartel  
Fotografie: Oliver Rüter

Prof. Martin  
Steinebach,  
IT-Forensiker  
am Fraunhofer-  
Institut für Sichere  
Informations-  
technologie SIT







Fotos: AdobeStock (10)



**V**ideokonferenzen ersetzen heute immer häufiger reale Treffen, Gesprächspartner erleben wir vorwiegend virtuell. Doch können wir dem digitalen Anschein immer trauen? »Sogenannte Face-Swap-Algorithmen, mit denen sich Gesichter einfach austauschen lassen, sind im Bewegtbild auch in Echtzeit schon sehr gut«, weiß Prof. Martin Steinebach, Head of Media Security and IT Forensics am Fraunhofer-Institut für Sichere Informationstechnologie SIT in Darmstadt. »Aber um realistisch zu wirken, braucht es auch gute Schauspieler, die sich in Mimik und Gestik möglichst nah am Original bewegen.«

Seit 20 Jahren beschäftigt sich der Forensik-Experte mit der Echtheit von Videos. Deepfakes – ein Kofferwort aus »Deep Learning (Methode des maschinellen Lernens)« und »Fake (Fälschung)« – sind da ein relativ neues Phänomen. Die Anfänge gehen aufs Jahr 2014 zurück. Mit der Entwicklung sogenannter »Generative Adversarial Networks« (GAN) – neuronale Netzwerke, die selbstständig lernen – wurde die technologische Basis für Deepfakes gelegt. GANs bestehen aus zwei Künstlichen Intelligenzen (KI), von denen die eine das Bild fälscht und die andere versucht, die Fälschung zu erkennen. Bei erkannter Fälschung optimiert die Erstere ihre Ergebnisse eigenständig. So werden die Fakes immer besser. Waren damit vor sechs Jahren erste verpixelte, plump wirkende Gesichtsfälschungen möglich, entwickelte sich die Technologie durch immer bessere Grafikkarten und leistungsfähigere KI rasant weiter. 2017 fanden sich immer mehr realistische Fälschungen im Internet.

Noch machen pornographische Inhalte mit 95 Prozent den Großteil der Deepfakes im Netz aus. Politisch motivierte Fälschungen sind laut Martin Steinebach eher die Ausnahme. Doch der Experte warnt auch, dass die Technologie ein mächtiges Werkzeug zur politischen Destabilisierung sein kann. Politikerinnen und Politiker können diffamiert, Beweise gefälscht, Straftaten vorge täuscht oder verschleiert werden. Zudem erlaubt sie es Wirtschaftskriminellen, ihren Opfern durch gezielte Täuschung sensible Daten zu entlocken. Die Krux: Die KI-Algorithmen sind heute als Open Source für jeden frei erhältlich. Um jedoch wirklich gute Ergebnisse zu erzielen, ist einiger Aufwand nötig. Es braucht professionelle Technik und Zeit, die KI entsprechend zu trainieren, damit sie

Gesichter aus verschiedenen Blickwinkeln und mit verschiedenen Mimiken erkennt, sowie ein ähnliches Setting der übereinandergelegten Aufnahmen. Für eine Minute gefälschtes Videomaterial mit 30 Frames pro Sekunde müssen 1800 Bilder so manipuliert werden, dass sie alle nahtlos ineinander übergehen. »Mit aktuellen Grafikkarten braucht man für ein 30-sekündiges Video in 4k-Auflösung etwa einen Tag«, so Steinebach.

Doch Deepfakes müssen nicht immer zur Gefahr werden: So lassen sich mit derselben Technologie und einer entsprechenden App auch alte Familienfotos zum Leben erwecken. In sogenannten Nostalgie-Fakes bringt die Software Urnahmen, die man nie gesehen hat, zum Lächeln oder verleiht ihnen realistische Kopf- und Augenbewegungen.

Und auch für die Film- und Werbeindustrie sind die KI-Algorithmen ein Segen, denn mit ihnen lassen sich ohne großen Aufwand noch realistischere Szenen darstellen. So können etwa bei der Synchronisation von Filmen die Lippenbewegungen der Schauspieler wesentlich besser den unterschiedlichen Sprachen angepasst werden oder Doubles leichter dem Original angeglichen. Mit dem ersten Deepfake-TV-Werbespot in Deutschland machte im

Mai 2021 das Elektrizitäts-Start-up Tibber von sich reden: In einer satirisch überspitzten Darstellung warb Angela Merkel für die Energiewende. Nicht zuletzt sind Unterhaltungs-Apps ein großer Markt für solche KI-Algorithmen.

### Audio-Deepfakes: Wenn vertraute Stimmen gekapert werden

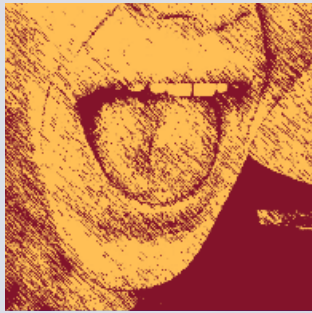
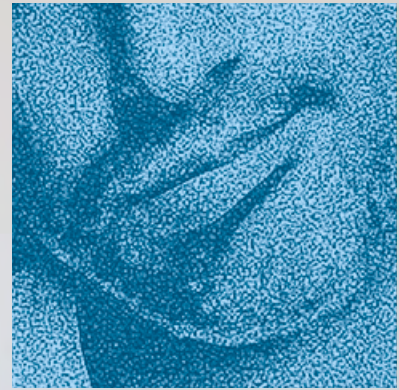
Schneller als Videos lassen sich mit KI Audioaufnahmen manipulieren – ein erhebliches Sicherheitsrisiko für Sprach-ID-Systeme, mit denen sich Nutzer heute schon bei Banken oder Telekommunikationsanbietern per Stimme authentifizieren können. »Da normale Spracherkennungssysteme solche Audiofälschungen noch nicht aufspüren, wären mit Voice-ID gesicherte Zugänge in Zukunft leicht zu hacken«, sagt Nicolas Müller. In seinem Forschungsteam am Fraunhofer-Institut für Angewandte und Integrierte Sicherheit AISEC muss man sich entscheiden, ob man zu den Guten oder den Bösen gehören will. »Team Rot« sind die Angreifer, die mithilfe neuronaler Netzwerke immer ausgeklügeltere Fake-Audiodateien erstellen. »Team Blau« versucht mit der gleichen Tech- ▶

**Eine Minute gefälschtes Videomaterial benötigt 1800 manipulierte Bilder.**

Die Technologie ist heute als **Open Source** frei erhältlich.

»Mit Voice-ID gesicherte Zugänge wären in Zukunft leicht zu hacken«, fürchtet Nicolas Müller, Fraunhofer-Institut für Angewandte und Integrierte Sicherheit AISEC.





# Eine kleine Geschichte der Fälschungen

## 315/317 n. Chr.



Die Konstantinische Schenkung gilt als eine der bedeutendsten Geschichtsfälschungen. Die Urkunde, mit der Kaiser Konstantin im 4. Jahrhundert angeblich dem Papst und seinen Nachfolgern die Herrschaft über das westliche Römische Reich übertrug, nutzte die Kirche über Jahrhunderte, um ihren Machtanspruch zu untermauern. Das Dokument wurde erst im 15. Jahrhundert als Fälschung aus dem Jahr 800 erkannt.



## 1920

Josef Stalin ließ unter seiner Herrschaft zahlreiche Bilder aus den Anfängen der Sowjetunion retuschieren. Die wohl berühmteste Manipulation: die Entfernung der beiden später in Ungnade gefallenen Revolutionäre Leo Trotzki und Lew Kamenew aus dem 1920 aufgenommenen ikonischen Bild einer Rede Lenins.

## 1997



Nach einem Terroranschlag im ägyptischen Luxor veröffentlichte das Schweizer Magazin »Blick« ein plakativ bearbeitetes Bild: Vor dem Hatshepsut-Tempel erscheint durch rote Einfärbung eine schlichte Pfütze als riesige Blutlache.

## 2003/2004

Seit der Gründung von Myspace und Facebook kann jeder Inhalte weltweit mit einem großen Publikum teilen – Fakten und Meinungen verschwimmen immer wieder. 2018 hatten die acht erfolgreichsten Falschmeldungen mehr Facebook-Interaktionen als fast alle Artikel der größten Nachrichtenseiten in Deutschland. 2,8 Milliarden Menschen weltweit nutzen heute Facebook, mehr als ein Viertel der Weltbevölkerung.

## 2019

In der von Facebook ausgerufenen »Deepfake Detection Challenge« versuchten ca. Teilnehmende, mit KI-Algorithmen 10 000 Deepfake-Videos automatisch zu erkennen. Das Siegerteam erreichte eine Erfolgsrate von 65 Prozent. Ziel war es, die Forschung in diesem Bereich weiter voranzutreiben.



## 1855

Als Geburtsstunde der Kriegsfotografie gilt das Bild »The Valley of the Shadow of Death«, aufgenommen 1855 von Roger Fenton während des Krimkrieges. Für mehr Dramatik arrangierte Fenton Kanonenkugeln auf dem tristen Schotterweg, die auf einer vorherigen Bildversion nicht vorhanden waren.



## 1912

Auch die Forschung ist vor Fälschung nicht gefeit. 1912 stellte ein britischer Hobbyarchäologe einen Knochenfund vor, der das lang gesuchte Bindeglied zwischen Affen und Menschen in der Evolution sein sollte. Die Wissenschaft wollte so sehr daran glauben, dass mit dem »Piltdown Man« ein Vorfahr des Neandertalers gefunden war, dass es 40 Jahre dauerte, bis er als primitive Fälschung aus Affen- und Menschenknochen entlarvt wurde.



## 1983

Mit den Hitler-Tagebüchern präsentierte der »Stern« einen Sensationsfund, durch den »die deutsche Geschichte in weiten Teilen neu geschrieben werden« müsse, wie das Medium behauptete. Die durch chemische Analysen nachgewiesene Fälschung von Konrad Kujau gilt bis heute als das größte Fiasko der deutschen Mediengeschichte.



## 2017

Im Herbst 2017 veröffentlichte ein anonymer Reddit-Nutzer unter dem Pseudonym »Deepfakes« pornographische Videos, in die Gesichter weiblicher Prominenter manipuliert wurden. Damit etabliert sich die Bezeichnung »Deepfake«, aus Deep Learning und Fake. Mit größeren Datenmengen und effizienteren Algorithmen beschleunigen neue KI-Architekturen die Entwicklung von Deepfakes. Politische Brisanz hatte ein Deepfake-Video von Barack Obama, in dem er Donald Trump einen Vollidioten nannte.





nologie, diese von authentischen Aufnahmen zu unterscheiden.

Das funktioniert so: Die neuronalen Netze werden vom Forscherteam Rot mit vielen Datensätzen, etwa Reden von Politikern, trainiert. Sie lernen die typischen Stimmuster und können sie damit auch auf neue, noch gar nicht trainierte Wörter anwenden. Den Erkennungsalgorithmus wiederum füttert das Forscherteam Blau mit Paaren von echten und gefälschten Aufnahmen. Dadurch lernt er mitunter kleinste Unterschiede, etwa ein Rauschen oder ein nicht richtig gesprochenes Wort. Im Gegensatz zu bisherigen Erkennungsmethoden werden den neuronalen KI-Netzen von den Forscherinnen und Forschern keine festen Regeln vorgegeben, sondern sie lernen die Unterschiede selbstständig.

Das klappt in diesem Rahmen mit bekannten Datensätzen zu über 90 Prozent. Die Trefferrate außerhalb der Trainingsdatensätze dürfte jedoch geringer sein. Müller vergleicht das mit bekannten Kunstfälschern, deren Handschrift man schneller identifizieren kann, weil man sie kennt. Tritt ein unbekannter Fälscher auf den Plan, ist das Gelernte nicht 1:1 übertragbar, die KI muss neu lernen. Das Problem: Es gibt noch zu wenige valide Datensätze, um belastbare Aussagen zu treffen. Deshalb muss Team Rot möglichst variantenreiche Fakes erstellen, um die Trainingsbasis der Algorithmen zu erweitern.

Forschende am Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM in Kaiserslautern umgehen dieses Problem der unzureichenden Datenbasis mit mathematischen Methoden. »Bei Analysen fiel auf, dass GANs beim Generieren von Bildern inhärente Fehler machen. Diese sind zwar für das menschliche Auge kaum sichtbar, lassen sich mathematisch aber sehr leicht im Fourier-Raum abbilden«, erläutert Dr. Janis Keuper vom Fraunhofer ITWM und nun Professor für »Analytics and Data Science« an der Hochschule Offenburg. Auf dieser Basis entwickelten sie eine Methode, für die nur sehr wenig Beispieldaten gebraucht werden, um diese Fehler zuverlässig zu erkennen. Der Clou: Da der Fehler systemisch bedingt ist, können die Algorithmen auch nicht lernen, ihn zu umgehen.

## Wie lassen sich Deepfakes erkennen?

Martin Steinebach und sein Team am Fraunhofer SIT setzen zur Erkennung von Video-Deepfakes auf forensische Methoden wie Rauschanalysen. Mit anderen, teilweise auch KI-basierten Verfahren lassen sich minimale Farb- oder Mimik-

unterschiede im Gesicht, ein unnatürlicher Puls oder kleinste Differenzen in den übereinander gelegten Bildern, wie Unschärfen oder Bildfehler, erkennen. »Bei nicht nachbearbeiteten Deepfake-Videos können heute Erkennungsraten um die 70 Prozent erreicht werden. Wird allerdings mit Abgleichalgorithmen, Weichzeichnern oder Rauschfiltern nachjustiert, kommt auch die automatisierte Erkennung an ihre Grenzen. Hier steht die Forschung erst am Anfang«, betont der Experte.

Wissenschaft und Wirtschaft arbeiten bei Lösungen des Problems Hand in Hand: So rief Ende 2019 Facebook zu einer großen »Deepfake Detection Challenge« auf mit dem erklärten Ziel, die Forschung weiter voranzubringen. Das soziale Netzwerk stellte 10 000 Deepfake-Videos zur Verfügung und circa 2000 Teilnehmende versuchten mit unterschiedlichen Lösungen die Fälschungen automatisch zu erkennen. Das Siegerteam erreichte eine Erfolgsrate von 65,1 Prozent.

Wo die Technik an ihre Grenzen stößt, sind gesunder Menschenverstand und Eigenverantwortung gefragt. »Inhalte kritisch zu hinterfragen, genau hinzuschauen und vor allem auf vernünftige Sicherheitsarchitekturen zu achten, schützt davor, Opfer solcher Täuschungen zu werden«, rät Steinebach (siehe Randspalte). Wenn etwa Videokonferenzen über entsprechende Protokolle und Zertifikate oder Videos mit Herkunftsdaten oder Signaturen grundlegend abgesichert sind, haben Deepfakes kein so leichtes Spiel.

## Was kann die Politik tun?

Die neuen Möglichkeiten haben auch die Politik längst aufgeschreckt. Mit jeder Wahl steigt die Wahrscheinlichkeit auf Manipulation. Deshalb hat die EU unlängst eine Studie zu Deepfakes in Auftrag gegeben, an der auch Murat Karaboga vom Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI in Karlsruhe mitarbeitet. Um das Problem möglichst ganzheitlich zu betrachten, haben er und sein Team 30 Handlungsempfehlungen an die EU verfasst, die an unterschiedlichen Hebeln ansetzen. So ließe sich schon die Produktion von Deepfakes besser kontrollieren, wenn die dafür notwendige Technologie in der »EU-Verordnung zur Regulierung von KI« als Hochrisikotechnologie eingestuft und durch besondere Auflagen reguliert würde. Um die Verbreitung gefakter Videos in den Griff zu bekommen, müssten künftig die großen Plattformen im Rahmen der »EU-Verordnung über digitale Dienste (Digital Services Act)« mehr in die Pflicht genommen werden. Das setzt jedoch voraus, dass Fälschungen sicherer ►

# 5

## Tipps für mehr Sicherheit:

### Achten Sie auf technische Bildfehler

– bei untypischen Gesichtsbewegungen, Verzerrungen oder Unschärfen an Übergängen.

### Vorsicht! Am Smartphone oder Laptop

lassen sich technische Ungenauigkeiten schwerer erkennen als am kalibrierten, größeren Monitor.

### Beobachten Sie die Mimik:

Ist sie natürlich und typisch für den Protagonisten, gibt es auffallende Unterschiede zu vergleichbaren Videos?

### Sichern Sie die Quellen ab:

Woher stammt das Video? In Videokonferenzen durch Rückbestätigung oder digitale Signaturen den richtigen Gesprächspartner sicherstellen.

### Hinterfragen Sie Inhalte kritisch:

Wie glaubhaft sind die Aussagen, auch außerhalb der eigenen Filterblase? Im Zweifel bei Faktenchecker-Webseiten recherchieren.



»Der Grat zwischen Sicherheit und Freiheit, zwischen sinnvoller Regulierung und wahrgenommener Bevormundung ist ein sehr schmaler.«

Murat Karaboga

erkannt werden können. Wirksam und sinnvoll könnten bei Zweifel an der Echtheit auch automatische Zwischenfragen sein, ob dieser Inhalt wirklich geteilt werden soll.

Zudem gilt es zum einen Schutzmaßnahmen für Betroffene zu verbessern. Heute können diese oft nicht einmal beweisen, dass sie Opfer einer Fälschung geworden sind, wenn beispielsweise Zugänge gehackt wurden. Dies erfordert auch neue Wege in der juristischen Beweisfindung. Als eine Gegenmaßnahme werden in Sicherheitskreisen sogenannte »Immutable Logs«, ähnlich einer Blockchain für das eigene Leben, diskutiert. Doch seien diese aufgrund von Datenschutzbedenken als sehr kritisch zu bewerten, sagt Karaboga. Zum anderen muss auch die Täterfrage juristisch neu bewertet werden. Wie lassen sich Täter überhaupt überführen, wenn sie ihre digitalen Spuren verwischen? Wie müssen Gesetze angepasst werden, um sie angemessen bestrafen zu können?

Die entscheidende Rolle kommt jedoch dem Publikum zu. Heute ist jede und jeder selbst der Gatekeeper für die konsumierten Inhalte, eine Aufgabe, die früher dem klassischen Journalismus vorbehalten war. Deshalb ist es wichtig, »Medienpädagogik schon früh zum festen Bestandteil des Schulunterrichts zu machen und unabhängige Faktenchecker im individuellen Medienkonsum zu etablieren, um die Medienkompetenz zu erhöhen«, ist der Politikwissenschaftler überzeugt. Denn nicht Politik allein ist verantwortlich, sondern jede und jeder Einzelne trägt die Verantwortung, genau hinzuschauen und zu hinterfragen. Darum ist gerade beim Setzen der politischen Rahmenbedingungen das Ringen um den richtigen Weg so schwer. »Der Grat zwischen Sicherheit und Freiheit, zwischen sinnvoller Regulierung und wahrgenommener Bevormundung ist ein sehr schmaler«, sagt Murat Karaboga. ■

## Der Chip Ihres Vertrauens

Schutz vor Wirtschaftsspionage und Cyberattacken? Zwei Projekte am Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS verfolgen einen grundsätzlichen Ansatz: fälschungssichere Bauteile und Verschlüsselung in Lichtgeschwindigkeit.

Von Mehmet Toprak

**D**ie Gefahr ist real und die Vorfälle mehren sich. Unternehmen müssen sich gegen Wirtschaftsspionage, Hacking oder Cyberattacken auf Soft- und Hardwareseite schützen. Neue Wege geht das Forschungsvorhaben »Velektronik«. Es will den gesamten Fertigungsprozess der Hardware von Design über Fertigung bis zur Analyse manipulations- und fälschungssicher gestalten. Ziel ist der Aufbau einer Vernetzungsplattform für Hersteller von »vertrauenswürdiger Elektronik«. Somit könnte ein Unternehmen die Fertigung hochentwickelter elektronischer Komponenten problemlos an einen oder mehrere Industriepartner abgeben. Manipulationen an den Bauteilen, etwa zum Einbau digitaler Hintertüren, sollen somit vermieden

oder mit geeigneten Konzepten der Integration umgangen werden. Die Vernetzungsplattform wird dabei die gesamte Wertschöpfungskette miteinbeziehen.

An »Velektronik« arbeitet das Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS in Dresden gemeinsam mit Instituten der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD) und weiteren Partnern. Die Dresdner konzentrieren sich hierbei auf den Fertigungsprozess, spezieller den Split-Manufacturing-Ansatz. Das Institut verfügt über eine eigene Chipfertigung im Reinraum und hat jahrelange Erfahrung im Bereich der Fertigung sicherer MEMS-Bauelemente sowie deren sichere Anbindung an CMOS-Ansteuerelemente, sei es monolithisch (2D) oder heterogen (3D). ►

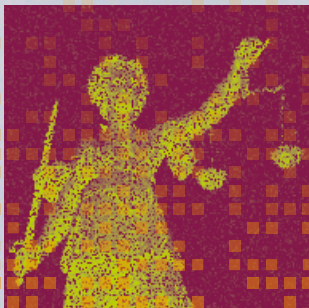
»Die Grundidee besteht darin, die Fertigung eines elektronischen Bauelements auf verschiedene Fertigungsstätten zu verteilen.«

Thomas Zarbock





Schärfere Werkzeuge für Justitia fordert Murat Karaboga, Fraunhofer-Institut für System und Innovationsforschung ISI. Aber auch mehr Verantwortungsbewusstsein und Medienkompetenz beim Nutzer.





## Teilen schafft Sicherheit

Die Teams unter der Leitung von Thomas Zarbock, Division Director MEMS Engineering, Manufacturing & Test, evaluieren hier weitere Möglichkeiten des »Split Manufacturing«. »Die Grundidee besteht darin, die Fertigung eines elektronischen Bauelements auf verschiedene Fertigungsstätten zu verteilen. Diese stellen jeweils ein Prozessmodul des Gesamtprodukts her, können es aber nicht manipulieren, weil sie die anderen Module des Bauelements nicht kennen«, erklärt Linus Elsässer, Gruppenleiter für Prozessmodule & Integration. Das Unternehmen, das die Fertigung in Auftrag gibt, behält seine technologische Souveränität und muss nicht befürchten, dass einzelne Module verändert oder korrumpiert werden.

So logisch die Idee, so komplex die Realisierung. Das Team am Fraunhofer IPMS arbeitet an Fertigungskonzepten für CMOS-Bauelemente, die mehrere Umverdrahtungsebenen aufweisen. Das »Splitten« der Fertigung muss dabei gut koordiniert und für die gesamte Wertschöpfungskette transparent und manipulationssicher ausgearbeitet werden, idealerweise unabhängig von Technologie und Fertigungsstätte.

## Fälschungssichere Bauteile

Die Forschenden haben auch Ideen, wie man die Bauteile selbst vor Manipulationen und Fälschungen schützt. So könnte ein Fingerprint, beispielsweise in Form eines QR-Codes, auf einen Chip integriert werden, der nach dem Auslesen die Authentizität des Produkts belegt und eindeutig identifizierbar ist. Eine weitere Möglichkeit ist, die Produkte mit versteckten Merkmalen zu versehen, die nur durch entsprechendes Know-how ausgelesen werden können. Denkbar ist auch, die optischen Materialeigenschaften, welche nur der Hersteller kennt, so zu verwenden, dass eine opto-analytische Identifizierung ermöglicht wird.

»Es geht um die Souveränität der Fertigungsprozesse, sodass sichergestellt ist, dass nur vertrauenswürdige Komponenten und Schaltkreise verbaut werden. Wir können Unternehmen, darunter auch kleine und mittlere, bei der Entwicklung einer vertrauenswürdigen Fertigung unterstützen, bisher erworbene Kompetenzen anbieten und bei der Entwicklung neuer Ansätze behilflich sein. So können sie ihre Wertschöpfungskette wirksam vor ungewollten externen Eingriffen schützen«, sagt Teamleiter Zarbock.

## So logisch die Idee, so komplex die Realisierung

Einen anderen Fokus setzt ein Expertenteam aus mehreren Gruppen am Fraunhofer IPMS. Im Projekt »Silhouette« (Silicon Photonics for Trusted Electronic Systems) geht es darum, die Datenübertragung und Speicherung innerhalb einer Hardware-Komponente und darüber hinaus zu sichern. Hierzu kombinieren die Forschenden klassische Silizium-Chips mit photonischen Bauelementen. Marcus Pietzsch, Gruppenleiter IP Core und ASIC Design am Fraunhofer IPMS und Leiter von »Sil-

houette« sagt: »Durch die lichtbasierte Datenübertragung lassen sich die Daten innerhalb der Komponente hochsicher verschlüsseln.« Dafür werden speziell Laser-optimierte Fotodioden sowie aktive und passive Lichtmodulatoren zu sogenannten photonischen Prozessoren integriert. Zufallszahlen- oder Schlüsselgeneratoren arbeiten dabei teilweise in der optischen Domäne.

Die speziellen Eigenschaften von Licht lassen völlig neue Ansätze für Rechenoperationen zu, die um ein Vielfaches schneller durchgeführt werden können, als dies mit klassischer Elektronik möglich wäre. »Ein photonischer Zufallsgenerator erzeugt beispielsweise im selben Zeitraum ungleich mehr Zahlen, als dies mit herkömmlichen Ansätzen möglich wäre. Gleichzeitig kann auf diesem Wege eine hohe Güte des Zufalls erreicht werden, nämlich eine gleichmäßige Wahrscheinlichkeitsverteilung für alle Zahlen, eine Art weißes Rauschen. Das ist für Hacker nach heutigem Stand unknackbar«, erklärt Pietzsch.

## Abhörsicher und energieeffizient

»Die Chips könnten beispielsweise in der Telekommunikation gute Dienste leisten. Entsprechend ausgestattete Smartphones wären dann abhörsicher«, sagt Pietzsch. Die »Silhouette«-Bauteile eignen sich daneben für alle Anwendungen, in denen es auf extrem schnelle Codierung ankommt. Dazu gehört auch der Quantencomputer.

Derzeit ist die Anlage noch auf dem Labortisch montiert. Ziel des Projekts ist, alle Komponenten in einem Chip zu integrieren. Dann rückt die kostengünstige Massenfertigung energieeffizienter, schneller und abhörsicherer Bauteile in Reichweite. Entstehen soll eine universelle Technologie-Plattform, mit der Unternehmenskunden ihre eigene hochsichere Hardware-Lösung entwickeln können. Wie auch bei Velektronik profitieren besonders kleine und mittlere Unternehmen von der Technologie. ■



»Die Chips könnten beispielsweise in der Telekommunikation gute Dienste leisten. Entsprechend ausgestattete Smartphones wären dann abhörsicher.«

Marcus Pietzsch, Fraunhofer IPMS



70,2

Punkte – 2021

68,3

Punkte – 2019

62,3

Punkte – 2017

# Deutschland- Index der Digitalisierung 2021



Infrastruktur



Digitales Leben



Wirtschaft &amp; Forschung



Digitales Engagement



Digitale Verwaltung

## Grad der Digitalisierung in Deutschland –

Fortschritt in Zwei-Jahres-Stufen

Der **Deutschland-Index** setzt sich zusammen aus den Indizes **Infrastruktur (25 %)**, **Digitales Leben (20 %)**, **Wirtschaft und Forschung (20 %)**, **Bürgerservices (10 %)** und **Digitale Kommune (25 %)**.



Alle gesammelten Daten, Angaben zur Methodik und zum Erfassungszeitraum finden Sie hier: [www.oeffentliche-it.de/digitalindex](http://www.oeffentliche-it.de/digitalindex)

# Deutschland wird digitaler

**Das Gefälle** zwischen den Ländern, insbesondere zwischen West und Ost **hat abgenommen.**

Die Skepsis gegenüber Internet und digitalen Diensten ist weitgehend verschwunden. **70 Prozent** aller Bürgerinnen und Bürger ab 16 **sind technikaffin.**

**Kommunale Web-Portale** haben großes Potenzial.

Deutlich gestiegen ist während der Pandemie die **Nachfrage** nach **digitalen Verwaltungsleistungen.**

# INFRASTRUKTUR

Die Corona-Pandemie verstärkte auch in Privathaushalten die Nutzung von Anwendungen mit hohen Ansprüchen ans Netz. Noch bleibt Bedarf an schnellem Internet.

**71%** Hamburg

**3%** Bremen

## Glasfaser

Anteil der Haushalte, die **Ende 2019** mit **Glasfaser** bis zum Gebäude versorgbar waren.

Die Information lässt sich auch über die Verformung der Deutschlandkarte darstellen. Die Kartenfläche wird dann nicht mehr von der Fläche der Länder, sondern von dem jeweiligen Indikator, z. B. Glasfaser-Anschluss, bestimmt.

**3,8%** Rheinland-Pfalz

**2,6%** Saarland

**15,5%** Bayern

**26,3%**  
Schleswig-Holstein

**11,7%**  
Mecklenburg-Vorpommern

**10,9%**  
Niedersachsen

**7,2%** Berlin

**6,9%**  
Brandenburg

**11,4%**  
Nordrhein-Westfalen

**12,4%**  
Sachsen

**8,7%**  
Hessen

**7,9%** Sachsen-Anhalt

**3,6%** Thüringen

**5%**  
Baden-Württemberg



## Internet nur übers Handy

**6 Prozent der Bremer, 5,6 Prozent in Sachsen-Anhalt** und **1,6 Prozent in Schleswig-Holstein** nutzten das Internet zu Hause nur über ihr Mobiltelefon.



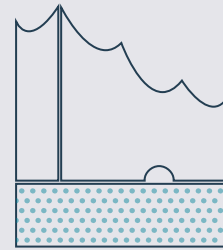
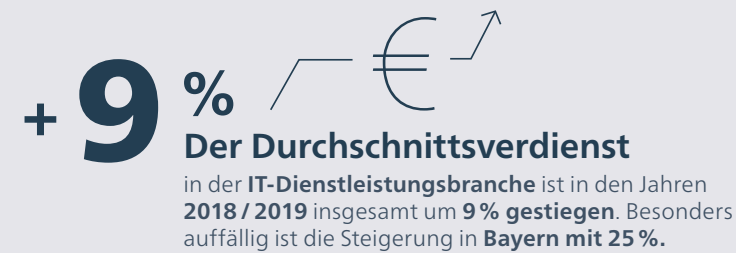
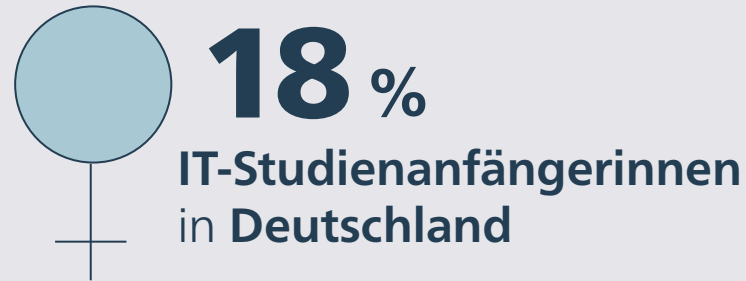
## Keine Chance auf Homeoffice

Anteil der Beschäftigten, die angegeben haben, aufgrund ihrer Internetverbindung nicht von zu Hause aus arbeiten zu können: **15,3% Berlin, 7,1% Baden-Württemberg, 14,6% Hessen.**

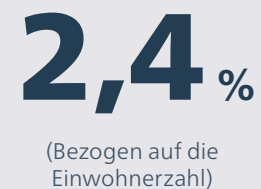


# WIRTSCHAFT & FORSCHUNG

Wie leistungsfähig ist die IT-Branche? Diese Zahlen gelten als Indikatoren für eine moderne Gesellschaft.



Der Anteil der  
IT-Beschäftigten  
ist in Hamburg  
am höchsten:



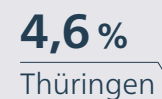
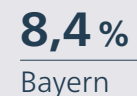
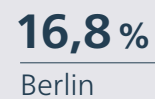
# DIGITALES ENGAGEMENT

Wer wird selbst aktiv – und in welcher Form zeigt sich diese Aktivität? Diese Zahlen zeigen Unterschiede der Regionen.



## Entwicklung von Open-Source-Software

Anteil der Einwohnerinnen und Einwohner, die angegeben haben, in den letzten 12 Monaten Open-Source-Software entwickelt zu haben.



## Beteiligung an Online-Petitionen

28,9% der Bevölkerung; 31,8% der Internetnutzenden.



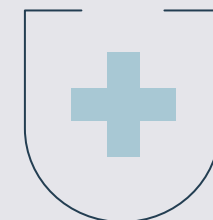
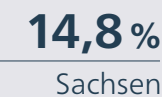
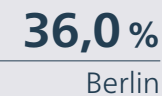
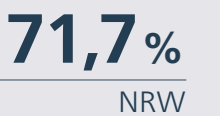
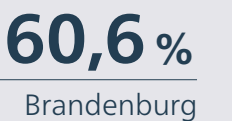
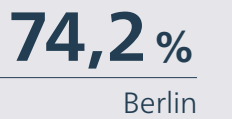
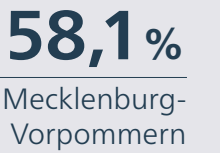
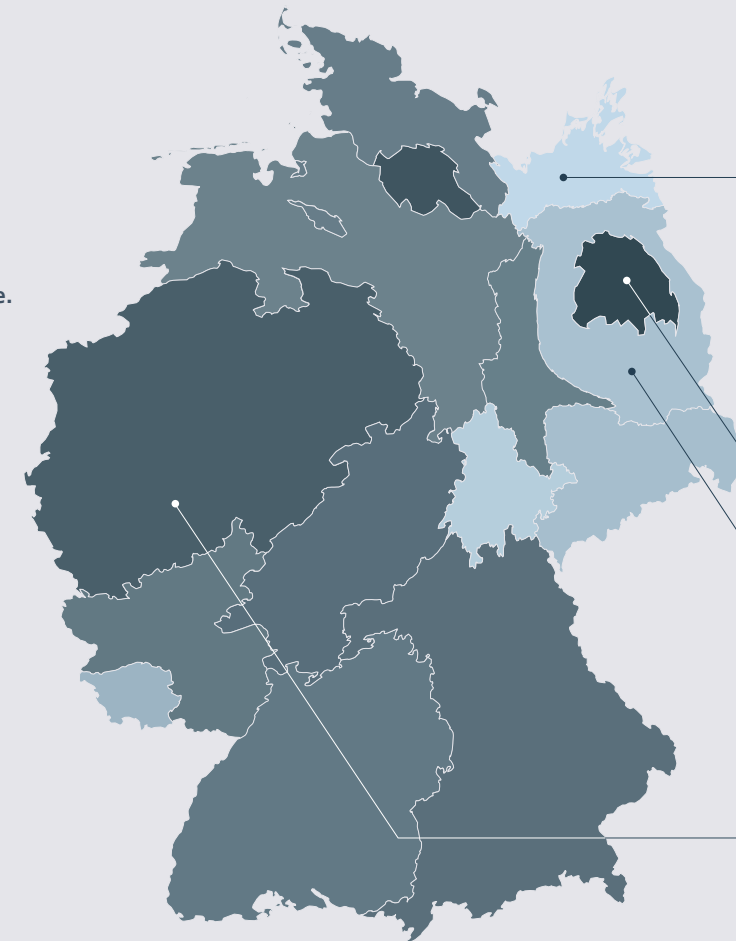
## Wer engagiert sich wie intensiv online?

16,8% der Befragten in Berlin haben eine eigene Website oder pflegen einen Blog. In Bayern sind es 8,4%, Schlusslicht ist Thüringen mit 4,6%.



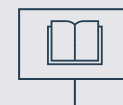
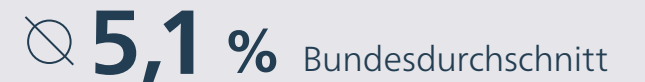
## Videostreaming

So viele schauen zumindest gelegentlich Filme, Serien oder Videos über ihren Internetanschluss zu Hause.



## Telemedizin

So viele nutzten Telemedizin-Angebote.



## Online-Lernangebote

So viele nutzten Online-Lernangebote.

# DIGITALES LEBEN

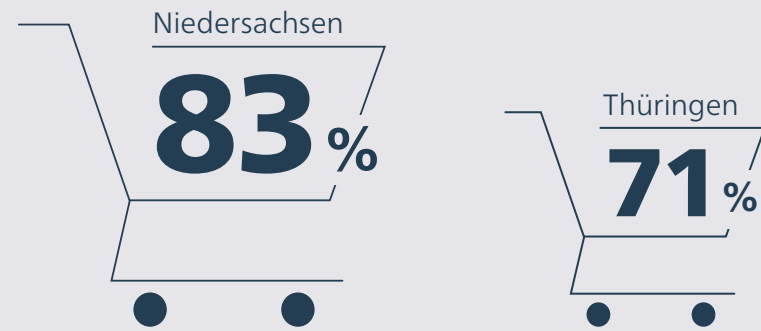
Die Digitalisierung verändert und öffnet Gestaltungsmöglichkeiten des täglichen Lebens. Dies betrifft zum Beispiel die Informationsbeschaffung, die Pflege zwischenmenschlicher Beziehungen, gemeinwohlorientiertes Engagement, den Kauf von Waren.



Die **Stadtstaaten** sind die Hochburgen des **Online-gamings**.

**55,7%**  
Bremen

**53,1%** Hamburg  
**52,6%** Berlin



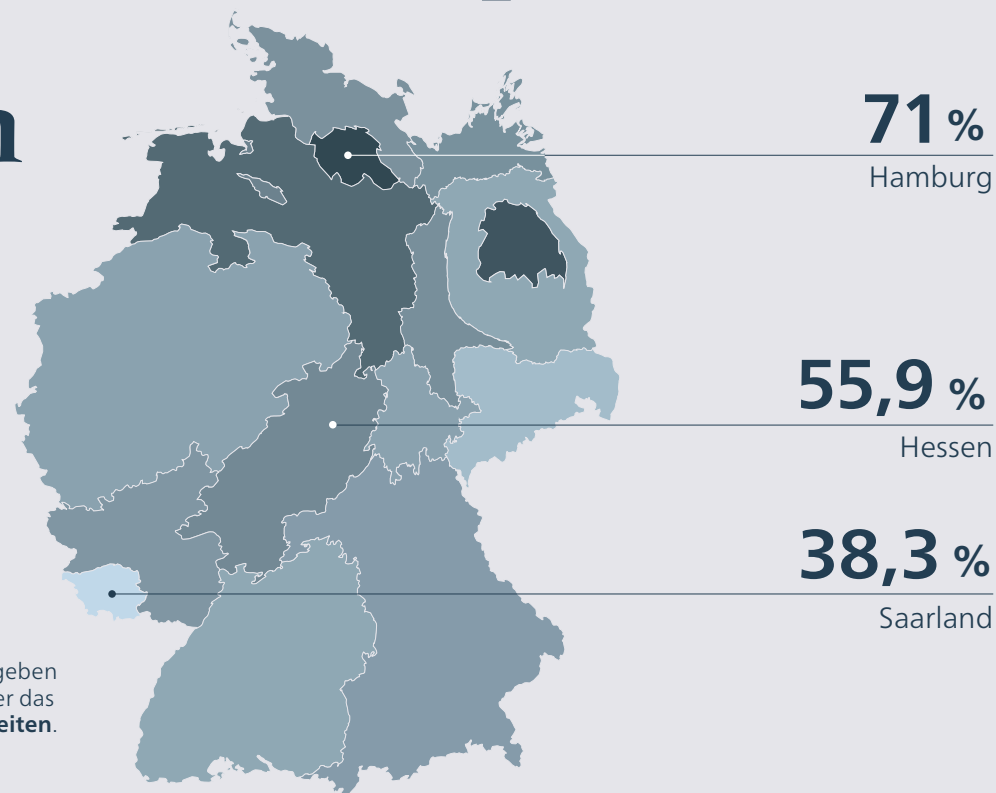
**Beim Onlineshopping** zeigt sich noch ein geringes **West-Ost-Gefälle**. In **Niedersachsen** kaufen **83,0%** online ein, in **Thüringen** sind es nur **71,0%**.

**9,1%** der Einwohnerinnen und Einwohner in Deutschland **nutzen kein Internet**. In **Mecklenburg-Vorpommern** sind es sogar **20,3%**.



## Machen jetzt alle Home-office?

Anteil der Beschäftigten, die angegeben haben, zumindest gelegentlich über das **Internet von zu Hause aus zu arbeiten**.

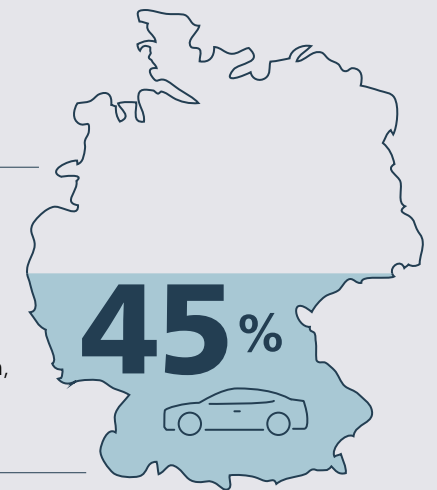


# DIGITALE VERWALTUNG

Die Pandemie machte deutlich, dass digitale Angebote der Behörden nicht nur eine Ergänzung sind, sondern sehr schnell Voraussetzung für eine funktionierende Verwaltung werden können.

## Welche Verwaltungsleistungen funktionieren schon digital?

Die größte Dynamik gab es bei der **Kfz-Zulassung**. **Fast in der Hälfte** aller untersuchten **Kommunen** kann die Kfz-Zulassung mittlerweile **online** erfolgen, während dies **2019** nur in etwas mehr als **jeder zehnten Kommune** möglich war.



**100%**  
Berlin  
Hamburg  
Bremen

## Vertrauen die Menschen der digitalen Verwaltung?

**73%** der Befragten gaben an, der **öffentlichen Verwaltung** im Umgang mit ihren **persönlichen Daten** zu **vertrauen**.

**32,5%**  
Bundesdurchschnitt



**Online-Bürgerbeteiligung**  
Anteil der untersuchten **Kommunen**, für die über das **kommunale Web-portal** Möglichkeiten zur **digitalen Bürgerbeteiligung** existierten.

**6,7%**  
Rheinland-Pfalz  
Saarland



**Der Boom der digitalen Verwaltung**  
In Hamburg haben

**50,2%** der Bürgerinnen und Bürger binnen Jahresfrist Formulare online übermittelt oder digitale Anträge gestellt. **Schlusslicht Sachsen: 33,9%**.

# »Langsam – aber robust!«

Als Mit-Autor des Deutschland-Index der Digitalisierung beobachtet Dr. Mike Weber die Entwicklungen genau. Er weiß, wo Deutschland gut aufgestellt ist – und welche Aufgaben die Politik schnell anpacken muss.

**Interview: Mehmet Toprak**

## Interview



Dr. Mike Weber,  
Fraunhofer FOKUS

\_\_\_\_\_ **Herr Weber, welches Ergebnis im Deutschland-Index hat Sie überrascht?**

Die schnelle Verbreitung der Gigabit-Anschlüsse, die nach der Indexerstellung noch einmal deutlich an Fahrt aufgenommen hat. Fast 60 Prozent der Haushalte könnten mit Gigabit-Geschwindigkeit surfen – entweder über Glasfaser oder Fernsehkabel. Das ist eine wunderbare Überraschung.

\_\_\_\_\_ **Deutschland ist also gar nicht zu langsam bei der Digitalisierung?**

Ich will das nicht so negativ sehen. Richtig ist, dass bestimmte Bereiche sich eher langsam entwickeln. Nehmen Sie etwa die Anzahl von IT-Gründungen. Oder auch die Nutzung von FabLabs und Makerspaces. Auch bei der Nutzung von Social Media sind wir im europäischen Vergleich zurückhaltend – was ja kein Nachteil sein muss. Das ist immer auch ein gesellschaftliches Thema. Die Art und Weise, ob und wie Menschen digitale Angebote nutzen, ändert sich nicht von heute auf morgen. Insgesamt aber würde ich sagen: Deutschland digitalisiert sich.

\_\_\_\_\_ **Geben Sie uns noch ein oder zwei Beispiele für positive Entwicklungen.**

Wir sehen in vielen Bundesländern eine starke Zunahme der Zahl der Beschäftigten im IKT-Sektor (Informations- und Kommunikationstechnologie). Der Arbeitsmarkt ist ja immer ein guter Indikator. Passend dazu steigen die Zahlen von Auszubildenden in der IKT und von Informatikstudierenden. Im Saarland wählen schon fast sieben Prozent der Studienanfängerinnen und Studienanfänger Informatik. Das ist eine positive Entwicklung.

\_\_\_\_\_ **Was muss die Politik tun, damit auch die Defizite verschwinden?**

Beim Angebot von Online-Dienstleistungen der kommunalen Web-Portale gibt es dringenden Nachholbedarf. Viele Verwaltungsleistungen lassen sich nur in einzelnen Kommunen online nutzen. Der Deutschland-Index hat gezeigt, dass die Menschen großes Vertrauen in die digitale Verwaltung haben. Da hat sich ein Zeitfenster geöffnet. Das sollten die politisch Verantwortlichen unbedingt nutzen.

\_\_\_\_\_ **Alles digitalisieren und das immer schneller, kann das wirklich das Ziel sein?**

Digitalisierung ist immer nur ein Mittel, um das Leben der Menschen einfacher und inklusiver zu machen. Eine umfassende Digitalisierung ist dabei heute Voraussetzung für eine Gesellschaft, die auch bereit und fähig zu Innovationen ist. Für uns Fraunhofer-Forschende ist bei allen wissenschaftlichen Projekten entscheidend, dass wir bei der Zielsetzung den Menschen und seine Bedürfnisse in den Mittelpunkt stellen.

\_\_\_\_\_ **Klingt ein bisschen platt ...**

Wenn Sie bei wissenschaftlichen Projekten darauf achten, dass die Menschen einen realen Nutzen haben, dann ist das nicht platt. Der Einsatz der künstlichen Intelligenz oder die Digitalisierung der medizinischen Diagnostik, etwa bei der Früherkennung von Krankheiten durch bildgebende Verfahren, wäre so ein Beispiel.

Daneben arbeitet die Fraunhofer-Gesellschaft auch an Projekten wie Gaia X mit, einer europäischen Dateninfrastruktur. Die soll die Verfügbarkeit von Daten erhöhen, Transparenz schaffen, die Datensouveränität bewahren. Das hilft uns allen. ■



# Field Wars – Droiden auf dem Acker

Science-Fiction oder doch bald Realität? Mit Feldschwarm® beteiligen sich das Fraunhofer IVI und IWU an einem völlig neuen Maschinenkonzept für die Landwirtschaft: Autonome Feldroboter mit regenerativen Antriebsenergien und Schwarmverhalten sollen den ressourcenschonenden Ackerbau der Zukunft prägen.

Von Moritz Schmerbeck

**D**ie Weltbevölkerung wächst – und mit ihr wächst der Bedarf an Nahrungsmitteln. Um die Landwirtschaft effizienter zu machen, lautet die Devise von Landmaschinenherstellern: größer, schneller, weiter. Moderne Mähdrescher bringen bis zu 27 Tonnen auf die Waage, Zuckerrübenroder sogar bis an die 60 Tonnen. Störender Nebeneffekt: Die schweren Maschinen verdichten den Unterboden. Dies verringert langfristig die Bodenfruchtbarkeit und begünstigt die Entstehung von Hochwasser – das Konzept stößt an seine Grenzen.

## Schwarmintelligenz statt Schwergewicht

An einer Lösung arbeitet Feldschwarm®. Der Zusammenschluss von vier Forschungseinrichtungen und sieben Unternehmen, darunter das Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI und das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, entwickelt Grundlagentechnologien für die Ackerbewirtschaftung von morgen. Die Idee: Ein Schwarm autonom oder halb-autonom operierender Feldroboter orientiert sich entweder völlig selbstständig auf dem Acker oder an einem von Menschen geführten Leitfahrzeug.

Feldschwarmeinheiten sind kleiner, schmaler und leichter. Die neue Feldbearbeitungstechnik ist somit nicht nur flexibler als die üblichen Schwergewichte, sie schonen bei gleichem Ertrag den Boden und erhöhen durch individuelle Bodenbearbeitung die Qualität der Feldfrüchte. Um die nötige Technologie dafür zu entwickeln, setzen die Forschenden auf eine enge Zusammenarbeit in den Bereichen Landtechnik, Werkstoffwissenschaft, Elektrotechnik, Maschinen- und Fahrzeugbau sowie Energie-, Anlagen- und Automatisierungstechnik.

Die Entwicklungsaktivitäten betreffen zu einem großen Teil die Umfeldsensorik. Einerseits damit Hindernisse zuverlässig erkannt sowie die Positionen der Feldroboter zentimetergenau bestimmt werden können. Nur so lassen sich dynamische Schwarmkarten für die Navigation erstellen und die Routen der einzelnen Einheiten mit deren Schwarmmanövern exakt abfahren. Andererseits wird Sensorik entwickelt, die fortwährend die Bodenbeschaffenheit analysiert und die Intensität der Bodenbearbeitung individuell und in Echtzeit steuert. Eine gleichmäßig hohe Bodenqualität ist das Ergebnis.

Funktionaler Leichtbau und elektrische Antriebstechnik – beides Schlüsseltechnologien des Feldschwarm®-Konzepts – tragen darüber hinaus zur Gewichts-

reduktion bei. Neu entwickelt werden zudem Bodenbearbeitungswerkzeuge, die zugleich Vortriebskräfte erzeugen. Die Synergie führt zu einer Entlastung des primären Elektroantriebs und folglich zu einem idealen Energieeinsatz mit wenigen Verlusten. Denn der Zusatzvortrieb spart überflüssiges Gewicht und Leistung auf den Antriebsrädern. Das Projekt Feldschwarm ist nur eine von vielen Initiativen der Fraunhofer-Gesellschaft im Bereich Smart Farming.

## Innovationsdurststiller COGNAC

Im Fraunhofer-Leitprojekt »Cognitive Agriculture« (COGNAC) forschen acht Fraunhofer-Institute unter der Leitung des Fraunhofer-Instituts für Experimentelles Software Engineering IESE.

Ihr Ziel: Smart Farming par excellence, um Landwirtinnen und Landwirten in einer digitalisierten Welt hohe Produktivität im Einklang mit Nachhaltigkeit, Ressourceneffizienz und Produktqualität zu ermöglichen. Mithilfe innovativer Konzepte für Automatisierungen, neuartiger Sensorik und KI-gestützten Entscheidungshelfern baut Fraunhofer ein datenbasiertes landwirtschaftliches Ökosystem auf – einen »Agricultural Data Space«, der zum Meilenstein in der digitalisierten Landwirtschaft werden soll. ■



Beeindruckend – und beeindruckend schwer: Bis zu 27 Tonnen wiegen moderne Mähdrescher.

# Die Jagd auf die Tumorzellen

Im Blut von Krebspatienten verstecken sich einige wenige Tumorzellen zwischen Milliarden von gesunden Zellen. Sie aufzuspüren und zu isolieren erfordert eine clevere Technologie.

Von Christine Broll

Zirkulierende Tumorzellen enthalten wichtige Informationen und ermöglichen, die individuell richtige Therapie zu finden.

**S**ie strömen als mikroskopisch kleine Zeitbomben durch den Körper. Krebszellen, die sich von einem Tumor abgelöst haben, können den Tod bringen – indem sie durch die Blutbahn zu anderen Organen gelangen und dort Metastasen bilden. Nur einer von zehn Krebsstoten stirbt am Primärtumor. In 90 Prozent der Fälle sind es Tochtergeschwülste, die das Leben kosten.

Die Krebsforschung kennt das zerstörerische Potenzial der zirkulierenden Tumorzellen (Circulating Tumor Cells, kurz CTCs) schon lange. Doch bisher war es äußerst schwierig, ihrer habhaft zu werden. Bei Krebspatienten findet man in einem Milliliter Blut nur einige Dutzend CTCs – neben zehn Milliarden roten und weißen Blutkörperchen. Diese sprichwörtlichen Nadeln im Heuhaufen kann ein neues System aufspüren, das vom Fraunhofer-Institut für Mikrotechnik und Mikrosysteme IMM entwickelt wurde. »Unser CTSelect-System ist das erste, das zirkulierende Tumorzellen gleichzeitig in einem vollautomatisierten Prozess anreichern und vereinzeln kann«, erklärt Projektleiterin Dr. Sabine Alebrand vom Fraunhofer IMM.

Damit erschließt das System neue Perspektiven für Forschung und Therapie. Denn die zirkulierenden Tumorzellen stecken noch voller Geheimnisse. Viele Fragen lassen sich an ihnen untersuchen: Welche CTCs haben das Potenzial, Metastasen zu bilden? Wie kann man das verhindern? Wie unterscheiden sie sich vom Primärtumor?

## Eine Blutprobe genügt

Um bei einem Krebspatienten die zirkulierenden Tumorzellen zu isolieren, benötigt das CTSelect-System eine Blutprobe, die normalerweise 7,5 Milliliter hat. Im ersten Schritt werden die CTCs angereichert. Dazu versetzt man die Blutprobe mit winzigen magnetischen Kügelchen. Diese sogenannten Beads sind mit einem Antikörper beschichtet, der spezifisch an Krebszellen bindet. Mithilfe eines Magneten können die Beads mit den daran haftenden Krebszellen aus der Blutprobe gefischt werden.

Eine große Herausforderung war die Entwicklung des Moduls, in dem die CTCs isoliert werden. Dafür werden die Zellen zuerst mit einem fluoreszierenden Farbstoff markiert und dann in einen mikrofluidischen Chip eingeleitet: Während sie durch die winzigen, mäandrierenden Kanäle strömen, wird ihre Fluoreszenz optisch detektiert. Sobald eine Zelle erkannt ist, gibt es einen Druckstoß auf den Chip

Nur  
**einer**  
von zehn  
Krebspatienten  
stirbt am  
Primärtumor.

und an der Spitze fällt ein Mikrotropfen heraus, der eine einzelne Zelle enthält. »Die Kunst dabei war, die Mikrofluidik so präzise anzusteuern, dass in jedem Tropfen wirklich genau eine Zelle ist«, verdeutlicht Alebrand. »Bei der Untersuchung der CTCs zählt jede einzelne Zelle.«

Projektpartner Prof. Jürgen C. Becker bestätigt den Erfolg. Der Leiter des Instituts für Translational Skin Cancer Research am Universitätsklinikum Essen hat reale Blutproben untersucht. »Die molekularen Analysen der einzelnen Zellen zeigen eindeutig, dass es sich wirklich um Tumorzellen handelte«, erläutert Prof. Becker in einem früheren Interview und weist auf die Bedeutung hin. »Diese Analysen ermöglichen ganz neue Einsichten in die Heterogenität von Tumoren und erklären damit das nur schwer vorhersagbare Ansprechen beziehungsweise Versagen von Therapien.«

Im Gegensatz zu vielen anderen Projekten wurde hier nicht nur die technische Entwicklung gefördert, sondern auch die klinische Validierung und die Bedarfsanalyse bei potenziellen Anwenderinnen und Anwendern. Möglich wurde dieser integrative Ansatz durch das VIP+-Programm

des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF. Das Programm hat zum Ziel, die Wege von der Forschung in den Markt zu verkürzen.

## Die Anwender gleich im Blick

»Der Kreis möglicher Anwendungsbereiche ist groß«, erklärt Dr. Heike Aichinger vom Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Um herauszufinden, in welchen Bereichen CTSelect eingesetzt werden könnte und welche Anforderungen die verschiedenen Anwendergruppen an das System stellen, führte Aichinger Interviews mit Expertinnen und Experten aus Forschung und Diagnostik, die zum Beispiel in Forschungslaboren in der Universitätsmedizin, Dienstleistungslaboren für die Routine-Versorgung oder in der Forschung bei multinationalen Pharmaunternehmen tätig sind. »Gerade im wissenschaftlichen Kontext besteht der Wunsch nach Flexibilität, möglichst viele Parameter sollen frei wählbar sein. Dies bietet das CTSelect-System«, betont Aichinger. »Zum Beispiel könnten durch den Austausch der Antikörper für die Anreicherung perspektivisch unterschiedliche Typen von CTCs isoliert werden. Dahingegen steht in der Routine-Diagnostik der Aspekt der Standardisierung im Vordergrund.« In der Befragung wurde auch deutlich, dass sich die künftigen Nutzerinnen und Nutzer eine Parallelisierung der Ansätze wünschen, um den Durchsatz zu erhöhen. Bevor das System einmal in der Routinediagnostik eingesetzt werden kann, ist noch viel Entwicklungsarbeit nötig.

Zuerst wird aber ein Investor gesucht, um das System auf den Markt zu bringen. An Forschungsfragen, die in der Krebsmedizin geklärt werden können, besteht kein Mangel. Zusammen mit Prof. Becker haben die Fraunhofer-Forschenden bereits einen Antrag für weitere Untersuchungen an zirkulierenden Tumorzellen initiiert. ■



**CTSelect im Video:** Der Hürdenlauf der mikrofluidischen Systementwicklung <https://s.fhg.de/mikrofluid>



# Kunststoffe aus Kohlendioxid

Klimagas als Rohstoff? Das funktioniert! Ein Fraunhofer-Team filtert CO<sub>2</sub> aus der Luft und stellt damit hochwertige Chemikalien her.

Von Tim Schröder

**D**ie Uhr tickt. Wenn die Menschheit eine Erwärmung der Erde um mehr als durchschnittlich 1,5 Grad verhindern will, dann sind die derzeitigen Anstrengungen zum Energiesparen nicht genug. Denn weltweit steigen die Kohlendioxid-Emissionen – mal abgesehen vom Corona-Jahr 2020. Um die Klimaziele zu erreichen, braucht es ein großes Bündel weiterer Maßnahmen. Besonders vielversprechend ist eine Idee des Fraunhofer-Instituts für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB: »Wir holen das Kohlendioxid aus der Luft und nutzen es als Rohstoff für die chemische Industrie. Dafür braucht man allerdings große CO<sub>2</sub>-Abscheider und spezielle chemische Prozesse«, sagt Dr. Lénárd-István Csepei, Themenfeld-Leiter »Chemische Katalysatoren«. »Das rechnet sich nur, wenn man aus dem Kohlendioxid besonders hochwertige Chemikalien herstellt.«

Genau das ist Csepei gelungen. Zusammen mit seinen Kolleginnen und Kollegen am Fraunhofer IGB und Kooperationspartnern aus der Industrie hat er im EU-Projekt Celbicon ein komplexes Verfahren entwickelt, das das Zeug dazu hat, künftig eine Fülle erstklassiger Produkte aus Kohlendioxid zu liefern. Das Besondere: Csepei und sein Team verknüpfen eine technische Anlage mit einem biotechnologischen Prozess, an dessen Ende Bakterien die wertvollen Chemikalien herstellen – so wie heute beispielsweise Insulin von Mikroorganismen produziert wird. »Eine solche Anlage gab es bislang noch nicht«, sagt Csepei. »Wir mussten sie komplett neu aufbauen.« Wobei die verschiedenen Celbicon-Partner wichtige Elemente zugeliefert haben. Die schweizerische Firma Climeworks etwa hat ihre Anlage zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung beigesteuert. Im Inneren befindet sich ein

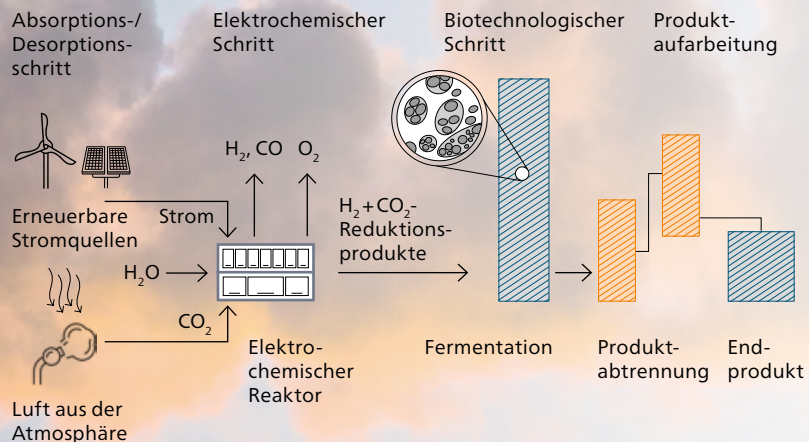
spezielles Adsorbermaterial, das gezielt CO<sub>2</sub> bindet. Ist das Adsorbermaterial gesättigt, wird es erhitzt, dadurch das CO<sub>2</sub> freigesetzt und anschließend zwischengespeichert.

## »Eine mühevoll e Arbeit«

Der Climeworks-CO<sub>2</sub>-Abscheider wurde direkt am Fraunhofer IGB-Institutsteil BioCat in Straubing installiert, damit das Team vor Ort die ganze Kette von der Kohlendioxid-Gewinnung bis zum fertigen Produkt durchspielen konnte. In der Demonstrationsanlage wird das Kohlendioxid in einer Elektrolysezelle mithilfe von Katalysatoren chemisch umgewandelt. »Zunächst mussten wir hier am Institut aus mehreren Hundert verschiedenen Katalysatoren die richtigen auswählen«, sagt Lénárd-István Csepei – eine mühevoll e Arbeit. Doch sie führte zum Ziel. Die Forscherinnen und Forscher fanden gleich mehrere Katalysatoren, mit denen sich in der Elektrolysezelle gezielt verschiedene kleine kohlenstoffhaltige Verbindungen herstellen lassen – unter anderem Ameisensäure, Methanol oder Ethanol. Diese dienen anschließend den Bakterien als Nahrung.

»In Celbicon haben wir insbesondere das Bakterium *Methylobacterium extorquens* eingesetzt«, erläutert Dr. Jonathan Fabarius vom Fraunhofer IGB, der in Celbicon die biotechnologischen Arbeiten geleitet hat. »Dieser Organismus kann einfache Kohlenstoffverbindungen wie Ameisensäure und Methanol als Energielieferant nutzen und in seinem Stoffwechsel komplexe Verbindungen herstellen. Andere Bakterien benötigen meist sehr viel energiereichere Zuckermoleküle als Nahrung.« Dem Team um Jonathan Fabarius gelang es, das Bakterium genetisch so

### Integrierte Prozesskaskade zur chemisch-biotechnologischen Verwertung von CO<sub>2</sub>



zu verändern, dass es Ameisensäure und Methanol zu einem knallroten Farbstoff umsetzt – einem sogenannten terpenoiden Farbstoff. Terpene sind eine chemische Stoffklasse, die vielseitig eingesetzt wird – nicht nur in Farbstoffen, sondern beispielsweise auch als Geschmacks- und Geruchsstoff. »Damit ist es uns erstmals gelungen, das Kohlendioxid in einer Prozesskette in ein hochwertigeres Produkt umzusetzen.«

Was so einfach klingt, war anspruchsvolle Arbeit. Die Expertinnen und Experten mussten den elektrochemischen Teil mit dem biotechnologischen verknüpfen und dafür sorgen, dass stets genug Ameisensäure zur Verfügung steht, damit die Bakterienkultur versorgt ist. Etliche Pumpen, Kolben, Regler und Sensoren mussten dafür miteinander verbunden werden. Ein weiteres Ziel war die Automatisierung. Immerhin sollen solche Anlagen ununterbrochen von allein laufen.

Mehr noch: Will man den Klimawandel künftig zumindest zu einem Teil mit CO<sub>2</sub>-Abscheidern bekämpfen, dann müssen sehr große Mengen von Kohlendioxid aus der Luft geholt werden. Denn durch die Verbrennung von Gas, Kohle und Öl gelangen jährlich 38 Milliarden Tonnen in die Atmosphäre. Das Ziel von Celbicon war es deshalb, den Durchfluss der Anlage zu erhöhen.

#### »Die Technik funktioniert«

In den ersten Laborversuchen lag die Ausbeute pro Durchgang bei rund 150 Milliliter Ameisensäure. Einer

der Partner, die Firma Gaskatel, hat dann eine größere Elektrolyse-Zelle aufgebaut, die jetzt 10 Liter liefert. Kombiniert man mehrere Zellen, lässt sich die Ausbeute noch deutlich steigern. Natürlich ist das noch weit von einem künftigen Tausende-Tonnen-Maßstab entfernt. »Aber mit unserer Anlage haben wir den Beweis erbracht, dass die Technik funktioniert«, sagt Fabarius.

Als Nächstes wollen die Forscher die Bakterien auf Höchstleistung trimmen. Andere Mikroben wie das Darm-

bakterium *Escherichia coli*, das unter anderem für die Herstellung von Arzneimitteln genutzt wird, wurden in jahrzehntelanger Forschungsarbeit optimiert. *Methylobacterium extorquens* ist weit weniger gut erforscht, hier sieht das Fraunhofer IGB-Team noch Bedarf.

Das Potenzial der biotechnischen Kohlendioxid-Verarbeitung ist in jedem Fall riesig, weil Bakterien eine Fülle von chemischen Verbindungen liefern können – unter anderem Milchsäure oder Polyhydroxybuttersäure, die sich für die Kunststoffherstellung

eignen. »Solche Produkte sind der Einstieg in eine echte Kreislaufwirtschaft«, erklärt Lénárd-István Csepei. »Kohlendioxid aus der Atmosphäre wird in Produkte umgesetzt. Je langlebiger sie sind, desto länger bleibt das Kohlendioxid der Atmosphäre entzogen – und durch Recycling könnten sie wiederverwertet werden.« Selbst wenn die Kunststoffe irgendwann verbrannt werden sollten, gelangt nur so viel Kohlendioxid in die Atmosphäre, wie man ihr vorher entzogen hat. ■

Durch die Verbrennung von Gas, Kohle und Öl gelangen jährlich

# 38

Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre.



Für das Färben von einem Kilo Garn werden rund 60 Liter Wasser benötigt.



## TÜRKEI

### Abwasser intelligent wiederverwerten

Aus der Textilherstellung stammen 20 Prozent der weltweiten industriellen Wasserverschmutzung. In dem von der türkischen Konya Teknik Universität koordinierten EU-Projekt Waste2Fresh arbeiten die Forscherinnen und Forscher an einem geschlossenen Kreislauf, in dem das Abwasser gesammelt, recycelt und wiederverwendet werden kann.

Dabei werden katalytische Abbauprozesse mit hochselektiven Trenn- und Extraktionstechniken entwickelt, die auf Nanotechnologie basieren. Das Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik IBMT testet die Nanomaterialien in einer Reihe von In-vitro-Toxizitätsstudien mit menschlichen Zellen. Die Ergebnisse werden für die Entwicklung von Sicherheitsvorschriften für die neue Recyclingtechnologie genutzt.



## ITALIEN

### Arbeitsroboter: Flexibel, robust und sicher

Fraunhofer Italia entwickelt zusammen mit Partnern im Projekt CONCERT eine neue Generation von konfigurierbaren Industrierobotern, die über autonome Fähigkeiten und kollaborative Intelligenz verfügen. Diese Cobots sind in der Lage, ihre Umgebung selbstständig zu erfassen und darin ferngesteuert Anweisungen auszuführen. Ihr Hauptmerkmal ist die Modularität der Komponenten, die je nach Aufgabe und Umfeld individuell in Form und Funktion zusammengefügt



Die Cobots helfen, Gesundheitsgefahren für Arbeiter zu reduzieren.

werden können. Vorrangig sollen sie zunächst für körperlich schwere oder potenziell gefährliche Arbeiten auf Baustellen eingesetzt werden. Darüber hinaus sind Anwendungen in der Fertigung, Logistik und Landwirtschaft geplant.

# Fraunhofer international



● Standorte der Fraunhofer Gesellschaft



Mehr Infos:

[www.fraunhofer.de/international](http://www.fraunhofer.de/international)

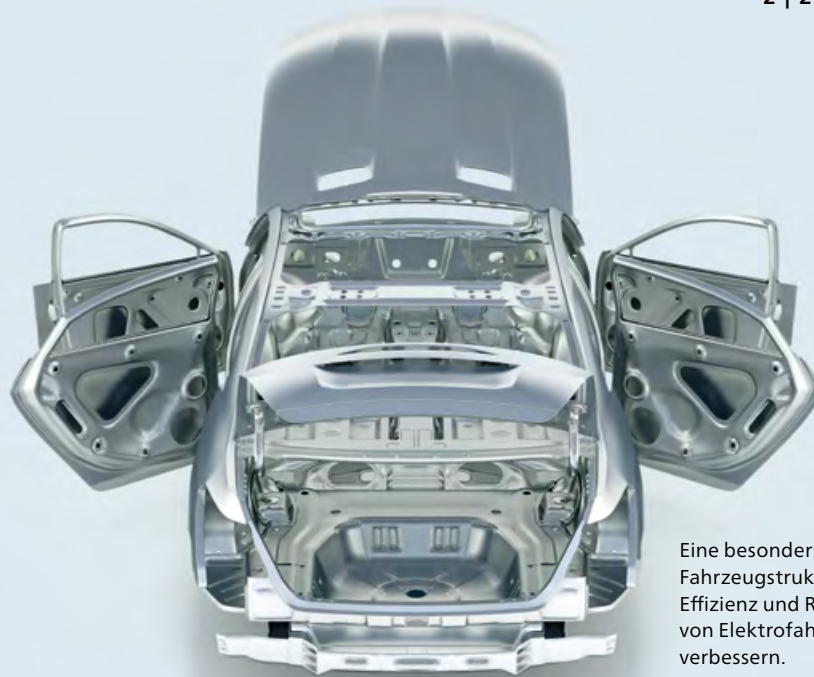




## SPANIEN

### Weniger Gewicht, mehr Reichweite

E-Mobilität und Leichtbau bestimmen die Entwicklung moderner Fahrzeuge. Im ALMA-Projekt arbeitet das Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM zusammen mit acht europäischen Organisationen an energieeffizienteren und nachhaltigeren Autos – unter anderem, indem sie deren Gewicht reduzieren. Das spanische Automotive Technology Centre of Galicia übernimmt die Projektleitung und Materialcharakterisierung. Das Fraunhofer ITWM erstellt maßgeschneiderte Simulationstools, die



Eine besonders leichte Fahrzeugstruktur soll die Effizienz und Reichweite von Elektrofahrzeugen verbessern.

dabei helfen, Festigkeit und Schädigungsverhalten einzelner Fahrzeugteile vorherzusagen und Leichtbaustrukturen zu optimieren. Ziel ist eine Gewichtsreduktion der Fahrzeugstruktur um 45 Prozent.



## SPANIEN

### Mikroelektroden gegen Nervenschäden

Mit intramuskulären Dünnschicht-Elektroden hilft das Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik IBMT, pathologischen Tremor zu lindern und alternative Therapien zu ermöglichen. Bislang sind komplexe chirurgische Eingriffe nötig, um Nervenlektroden zu implantieren. Im EU-Projekt EXTEND, koordiniert vom Spanish National Research Council, entwickeln neun Partner minimalinvasive Technologien für die Echtzeit-Kommunikation zwischen Nerven und externen Geräten, um Bewegungsstörungen beispielsweise durch Elektrostimulation zu korrigieren. Ermöglichen sollen dies sogenannte bidirektionale, hyperverbundene neuronale Systeme (BHNS), die über ein Netzwerk implantierter, drahtloser Mikroelektroden die neuromuskuläre Aktivität synchronisiert erfassen, analysieren und stimulieren.



## SCHWEIZ

### Digitaler Weltempfänger

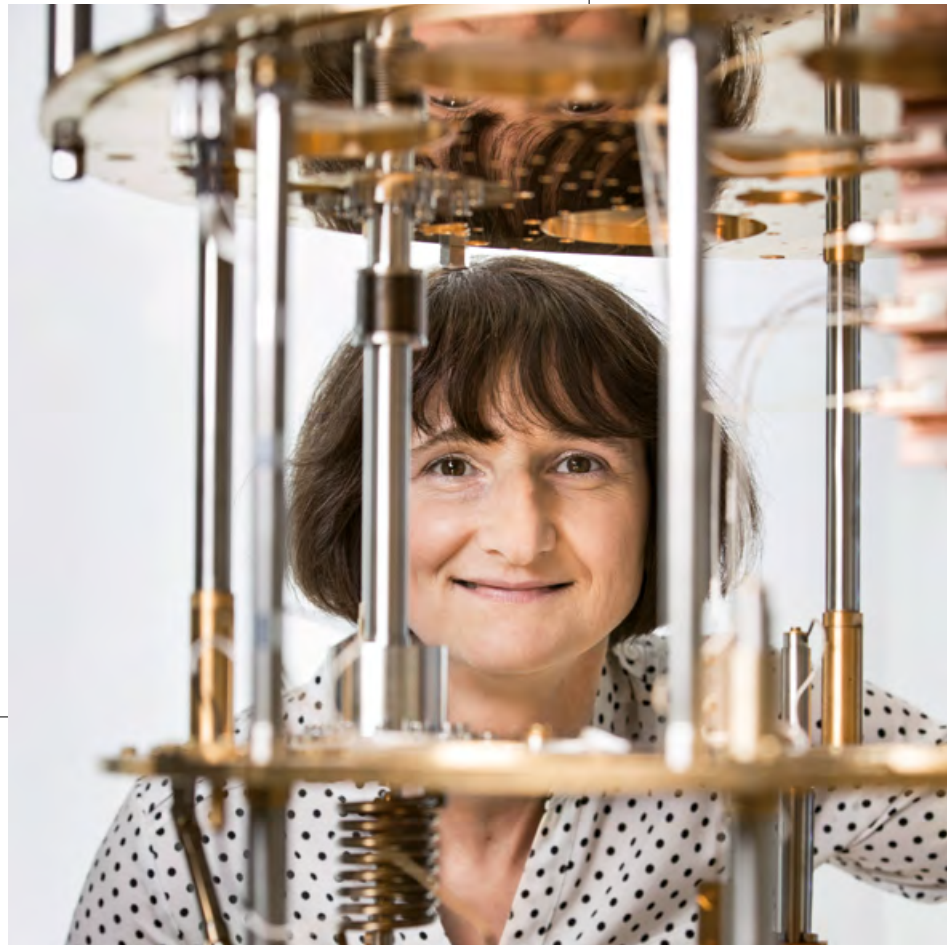
Störungsfreien, globalen Digitalradio-Empfang für unterwegs bietet eine neue Android-App, entwickelt am Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS in Kooperation mit dem Schweizer Unternehmen Star-

waves. Sie funktioniert auch dann, wenn lokale Mobilfunknetze nicht verfügbar sind. Die »Starwaves DRM Soft-Radio«-App enthält Fraunhofer IIS-Entwicklungen wie den xHE-AAC-Audiocodec für optimale Tonqualität selbst bei niedrigsten Datenraten und den Journaline Dienst, der auch ohne Internetempfang aktuelle Nachrichten, Sportergebnisse, Wettervorhersagen, Reisetipps, Verkehrsinfos und Notfall-Alarmierungen bereitstellt.



Für die Nutzung der App wird lediglich ein gängiger Radio-Empfänger-Dongle mit USB-Anschluss benötigt.

## Stimme aus der Wirtschaft



Physikerin Dr. Heike Riel, 50, erlebte mit, wie der erste Quantenprozessor in der Cloud allgemein verfügbar wurde – »etwas ganz Besonderes«.

## »Wir wollen unlösbare Probleme knacken!«

In diesen Monaten wird Technologiesgeschichte geschrieben: Die Fraunhofer-Gesellschaft und IBM haben den aktuell leistungsstärksten Quantencomputer für Industrie und Forschung nach Europa gebracht. Es ist eine Erfolgsgeschichte, in der wir gemeinsam einen Beitrag zur Zukunft der Forschung und der Wirtschaft leisten.

Ein Standpunkt von Dr. Heike Riel, IBM Fellow, Head of IBM Quantum Research EMEA & Africa

**W**ie fing es an? Ganz zu Beginn war es nur ein kleines IBM-Team von Physikern im T. J. Watson Forschungszentrum in Yorktown Heights, nördlich von New York City, das nach jahrelanger Forschungsarbeit im Jahr 2015 den ersten 5-Qubit-Prozessor im Labor präsentierte. Dieser kleine Chip hat mittlerweile eine technologische Revolution in Gang gebracht, die das Potenzial hat, die Zukunft der Computertechnik auf Jahrzehnte hinaus zu prägen. Im Mai 2016 machte IBM eben diesen ersten Quantenprozessor in der Cloud für jedermann verfügbar.

Für mich ganz persönlich war das ein Moment, in dem mir klar wurde: Hier entsteht etwas ganz Besonderes – der Start von Quantum Computing in der Cloud.

**Seitdem ist viel passiert.** Die eigentliche Herausforderung stand noch vor uns: einen Quantencomputer zu bauen, der Aufgaben lösen kann, die Industrien revolutionieren können, an denen aber klassische Supercomputer und Großrechner scheitern. Zu den bisher erkundeten Anwendungsbereichen gehören beispielsweise die quantenmechanische Simulation von Molekülen, die zeitnahe Berechnung von Risiken bei Investmentportfolios oder die beschleunigte Analyse von Elementarteilchenkollisionen mithilfe von KI-Tools.

Diese Aufgabe bedarf aus unserer Sichtweise des Zusammenbringens dreier mächtiger Denkweisen. Zunächst die wissenschaftliche Denkweise, die stets danach strebt, die fundamentalen Gesetzmäßigkeiten und Ursachen zu verstehen, auf denen alles gründet. Dann der Ansatz der »Roadmaps«, der einen genauen Fahrplan für die Entwicklung der Technologie und Produkte der nächsten Jahre festlegt. Und schließlich die Idee einer agilen Unternehmens- und Team-Kultur, die aus der Welt der Software entspringt und deren Ziel es ist, innerhalb eines Projekts fortlaufend Verbesserungen und Mehrwert zu generieren.

Die wissenschaftliche Denkweise ist die Quelle neuer bahnbrechender Ideen – und sie war es auch für den Quantencomputer. Hierzu brauchte es zunächst die grundsätzliche Idee und ein fundamentales Verständnis der Grundlagen, was stets verbunden ist mit ho-

»Es stimmt mich optimistisch, dass Fraunhofer mit seinem direkten Draht zur Industrie diese Phase mitgestaltet.«

## Dr. Heike Riel

- ▶ Ein besonderer Tag war für Dr. Heike Riel der 15. Juni, als der erste IBM Quantum System One in Europa der Öffentlichkeit vorgestellt wurde. Betrieben wird der Quantencomputer in einem Gemeinschaftsprojekt mit IBM und der Fraunhofer-Gesellschaft.
- ▶ Heike Riel, in Nürnberg geboren, lernte Schreinerin, bevor sie Physik an den Universitäten Erlangen-Nürnberg und Bayreuth studierte. Schwerpunkt ihrer Forschung war die Halbleiter-Physik.
- ▶ 2003 wurde Heike Riel von der »Technology Review« des Massachusetts Institute of Technology unter die Top 100 der Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler gewählt. 2012 erhielt sie einen Preis der Schweizerischen Vereinigung der Ingenieurinnen, 2005 den Preis für Angewandte Physik der Schweizer Physikalischen Gesellschaft. 2013 wurde sie IBM Fellow.

hem Risiko, aber hoffentlich auch großem Nutzen und Gewinn. Unschwer zu erraten: Das benötigt einen langen Atem. Auch beim Quantenrechner hat es schließlich fast 40 Jahre gedauert, die Idee in die Realität umzusetzen. Durch eine gute Zusammenarbeit zwischen Universitäten, Forschungseinrichtungen und der Industrie können aber auf diesem Weg vielversprechende Innovationen und wirtschaftliche Vorteile generiert werden.

Darüber hinaus ist eine klar definierte »Roadmap« für die Technologie ein essenzieller Schritt, um ein Ökosystem von unabhängigen Partnern und deren Investitionen aufzubauen und zu koordinieren. Einen guten Schritt in diese Richtung haben wir mit unserer Entwicklungs-Roadmap zur Hard- und Software der IBM Quantencomputer getan. Darin zeigen wir auf, wie wir die Quantenprozessoren weiterentwickeln werden und parallel ein offenes Software-Ökosystem aufbauen wollen.

So werden wir über die nächsten drei Jahre die Anzahl der Quantenbits (Qubits) auf einem Prozessor auf über 1000 Qubits erhöhen und gleichzeitig weitere Parameter, die die Leistungsfähigkeit bestimmen, optimieren. Unser Ziel ist es, mit dem Quantencomputer stets komplexere Probleme zu lösen und den sogenannten Quantenvorteil möglichst bald zu erreichen – also zu zeigen, dass ein Quantencomputer für seine klassischen Pendanten unlösbare Probleme knacken kann.

**Die Vielfalt an Anwendungsmöglichkeiten,** bei denen Quantencomputer die Lösung von Problemen beschleunigen oder gar erst ermöglichen könnten, ist groß. Und nur durch enge Kooperation mit Unternehmen und Forschungseinrichtungen werden wir das Potenzial der neuen Technologie ausschöpfen.

Mit der Fraunhofer-Gesellschaft als weltweit führender Organisation für anwendungsorientierte Forschung steigt nun ein Schlüsselpartner ins Boot – einer, der die vitale Rolle eines Bindeglieds zwischen Wissenschaft und Industrie erfüllt. Es stimmt mich optimistisch, dass Fraunhofer mit seinem direkten Draht zur Industrie diese Phase mitgestaltet, in der die ersten Quantencomputer aus dem Labor in die Hände der Anwender aus den verschiedensten Branchen gelangen. ■





Luftverschmutzung –  
die Schattenseite des  
weltweiten Schiffsverkehrs.



# Steife Brise

Die Umweltbelastung durch Schiffe soll drastisch verringert werden. In der Theorie ist das geregelt. Doch die Überwachung fällt bis heute schwer. Jetzt wird es möglich, die Schadstoffquellen zuverlässig zu ermitteln – Gegenwind für Klimasünder.

Von Dr. Monika Offenberger

**D**er globale Schiffsverkehr trägt erheblich zum Klimawandel und zur Umweltverschmutzung bei. Schätzungen zufolge geht der weltweite Ausstoß von Kohlendioxid zu 3 Prozent, der von Stickstoff und Schwefel zu 13 Prozent respektive 15 Prozent auf das Konto der Seeschifffahrt. Durch internationale Regelungen soll die Emission dieser Treibhausgase und Luftschadstoffe drastisch reduziert werden: Seit dem 1. Januar 2018 sind Reedereien verpflichtet, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß ihrer Schiffe bei Reisen von, nach und innerhalb europäischer Gewässer der EU zu melden. Und seit 1. Januar 2020 darf auf hoher See nur noch Schweröl mit einem Anteil von höchstens 0,5 Prozent statt bisher 3,5 Prozent Schwefel verbrannt werden. Das ist die Theorie. In der Praxis ist jede Vorschrift nur so gut wie ihre Überwachung – und die ist alles andere als einfach. Daher lautet die entscheidende Frage: Wie lassen sich Emissionen zuverlässig erfassen und zweifelsfrei bestimmten Schiffen zuordnen?

**Antworten darauf suchen zwei Forschungsteams** am Fraunhofer-Center für Maritime Logistik und Dienstleistungen CML in Hamburg. Im Projekt EmissionSEA nutzen sie Aufzeichnungen von Wetterdiensten sowie Navigationsdaten von Schiffen, um Rückschlüsse auf deren CO<sub>2</sub>-Emissionen zu ziehen. Und im Projekt SCIPPER entwickelt das CML als einer von 17 Partnern aus acht europäischen Ländern neue Messmethoden zur Identifizierung und Quantifizierung von Luftschadstoffen. Beiden Projekten ist gemeinsam, dass sie zur weltweiten Überwachung und Bewertung von Schiffsemissionen beitragen wollen; die darin entwickelten Tools sollen künftig sowohl Schiffseignern als auch Kontrollbehörden zur Verfügung stehen. Was sie unterscheidet, bringt EmissionSEA-Projektleiterin Constance Ugé auf die knappe Formel: »Wir schätzen Emissionen, die Kollegen von SCIPPER messen sie.«

Ein Schiff setzt umso mehr Abgase frei, je mehr Kraftstoff es verbrennt. Der Verbrauch – das kennt

**3%**  
des weltweiten Ausstoßes von Kohlendioxid und

**13%**  
von Stickstoff und Schwefel werden durch die Schifffahrt verursacht.

man ja vom Autofahren – hängt nicht nur von Größe und Ladung des Gefährts sowie von den Wetterbedingungen ab, sondern auch von der gewählten Route und vom Fahrstil. »Diese Variablen kennt nur die Schiffsbesatzung. Das sind Betriebsgeheimnisse, die keine Reederei gerne herausgibt, die aber für die Umweltbelastung bedeutsam sind«, betont Constance Ugé. Gemeinsam mit der Hochschule Wismar, der JAKOTA Design Group und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. entwickelt die Wissenschaftlerin eine Rechensoftware, die auch ohne diese internen Informationen aussagekräftige Schätzwerte generiert. Dazu gleicht sie Informationen der Wetterdienste mit Positionsdaten des Automatischen Identifikationssystems (AIS) ab: »Dieses Funksystem wurde ursprünglich eingerichtet, um Schiffskollisionen zu verhindern. Doch die AIS-Daten geben auch Auskunft darüber, wo welche großen und mittelgroßen Schiffe langgefahren und wie schnell sie vorangekommen sind. Aus den angegebenen Tiefgangdaten können wir schließen, ob ein bestimmtes Schiff wenig oder stark beladen war und wie viel Kraftstoff es verbraucht hat. Und das verrät uns letztlich, wie viel CO<sub>2</sub> es emittiert hat.«

Diese Informationen will das EmissionSEA-Team online verfügbar machen und so aufbereiten, dass auch interessierte Schiffseigner davon profitieren. »Wir haben einen Demonstrator entwickelt, auf dem man die historischen Reiserouten und den CO<sub>2</sub>-Verbrauch individueller Schiffe nachvollziehen kann«, erklärt Ugés Kollege Hans-Christoph Burmeister. Er soll künftigen Nutzern ermöglichen, alternative Schiffsrouten oder unterschiedliche Fahrtgeschwindigkeiten hinsichtlich ihrer CO<sub>2</sub>-Emissionen zu bewerten. Vor allem sollen sich damit eigene Routenentscheidungen und die resultierenden Verbrauchswerte mit denen anderer Flotten vergleichen lassen. »So wollen wir ein Bewusstsein schaffen und Orientierungshilfen geben, wie sich der Treibstoffverbrauch optimieren und CO<sub>2</sub> einsparen lässt, beispielsweise durch effizientes Wetter-Routing«, so Burmeister, also die Streckenoptimierung nach meteorologischen Daten. ▶

SCIPPER zielt weniger darauf ab, eine Dienstleistung für Schiffsbetreiber anzubieten. »Wir arbeiten daran, wie man Emissions-Sünder möglichst präzise ausfindig machen kann«, sagt Projektleiter Jonathan Weisheit und schildert das Problem: »Wenn sich auf einer stark befahrenen Wasserstraße eine große Wolke von Schadstoffen über dem Ozean bildet, dann kann das irgendwer gewesen sein. Man kann davon ausgehen, dass die Reedereien die Verantwortung von sich weisen werden.« Das von der EU mit gut fünf Millionen Euro geförderte Forschungskonsortium hat bewiesen, dass es sehr wohl möglich ist, konkrete Verursacher dingfest zu machen: »Unsere Partner haben es geschafft, von Satelliten erfasste Stickstoffwolken mit AIS-Daten abzugleichen und bestimmten Schiffen zuzuordnen«, so Weisheit. Neben diesem sehr aufwendigen Verfahren werden im Gesamtprojekt weitere Techniken auf ihre Leistungsfähigkeit zur Überprüfung und Durchsetzung von Emissionsregularien erprobt. Bei fünf Messkampagnen in europäischen Häfen und Seestraßen kommen Sniffer zum Detektieren von Abgasen zum Einsatz, Drohnen und Instrumente wie Laser-Spektrometer und Ultrafeinstaub-Messgeräte.

Die damit erhobenen Daten werden am CML gesammelt und gesichtet. So soll erstmals im großen Maßstab europaweit ein Austausch über verschiedene Messtechniken und Detektionsverfahren ermöglicht werden, erklärt Jonathan Weisheit: »Alle Projekt-

partner können ihre Messdaten auf unserem Server hochladen, wo sie visualisiert werden. Das schafft uns einen Überblick, wie groß die Emissionsbelastungen entlang ausgewählter Schifffahrtsrouten sind. Außerdem lässt sich so herausfinden, welche Verfahren unter welchen Bedingungen belastbare Resultate bringen«. Sein eigenes Team setzt auf eine möglichst einfach handhabbare und kostengünstige Lösung: »Wir haben eine Sensorbox entwickelt, die neben Rußpartikeln, Lufttemperatur und -feuchtigkeit die Gase NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> messen kann. Sie lässt sich direkt an Bord betreiben und ist einfach zu bedienen.«

**Im Herbst soll die Sensorbox zeigen**, was sie kann, so Weisheit: »Die schwedische Reederei Stena Line hat sich bereit erklärt, dass wir auf einer Fähre zwischen Göteborg und Kiel mitfahren dürfen. An Bord messen wir dann an mehreren Positionen mit verschiedenen Geräten die gleiche Schadstoffwolke. So sehen wir, wie effektiv die Sensorbox im Vergleich zu aufwendigeren Messverfahren ist.« Geschickt eingesetzt und kombiniert, könnten Sensorboxen, Sniffer, Drohnen und Satelliten einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leisten, hofft Jonathan Weisheit: »Damit wäre die Grundlage geschaffen, die schwarzen Schafe mit Sanktionen zu belegen. Und umweltbewusste Reeder, die wirklich ihre Emissionen senken wollen und in entsprechende Technik investieren, zu belohnen.« ■

»Wir arbeiten daran, wie man Emissions-Sünder möglichst präzise ausfindig machen kann.«

Jonathan Weisheit, SCIPPER-Projektleiter







# Herzens- Sache(n)

Herzkatheter:  
hochwertiger  
Kunststoff für  
anspruchsvolle  
Aufgaben.

**D**ie Herzkatheter-Intervention ist in Deutschland ein lebensrettender Standardeingriff: Knapp 750 000 Mal im Jahr geht das Prozedere unter die Haut und dringt bis in das Herz vor. Die Elektrophysiologie-Katheter – wie Medizinerinnen und Mediziner sie nennen – bestehen aus hochwertigen Kunststoffen. Es ist also sinnvoll, sie mehrfach einzusetzen. Aufbereitete Katheter retten im Durchschnitt 2,1 Herzen – und helfen auch Patientin Erde.

Forschende des Fraunhofer Cluster Circular Plastics Economy CCPE belegen, dass die Wiederaufbereitung von Medizinprodukten sich in mehrerlei Hinsicht auszahlen kann. Dabei untersuchen die Fraunhofer-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler den Lebenszyklus von Elektrophysiologie-Kathetern. Sie vergleichen die Neuproduktion mit dem Wiederaufbereiten – Medical Remanufacturing. Dieses reduziert den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck um über 50 Prozent. Der Ressourcenverbrauch geht um fast ein Drittel zurück.

## Patientensicherheit steht an erster Stelle.

Die auf den ersten Blick kurze Lebensdauer eines Herzkatheters liegt nicht an der Qualität des Materials. Viel eher sind die hohen Standards der zertifizierten Wiederherstellungsverfahren dafür verantwortlich. Die Medizinprodukte müssen

validierte Reinigungs- und Sterilisationsverfahren sowie umfangreiche Funktionalitäts- und Hygieneprüfungen durchlaufen. Vor einem erneuten Einsatz sind zahlreiche Hürden fehlerfrei zu nehmen. Schon eine unleserliche Seriennummer bringt das vorzeitige Aus.

## Ein Katheter rettet im Durchschnitt 2,1 Herzen.

Medical Remanufacturing ist häufig die einzige Chance für Medizinprodukte, im Kreislauf zu bleiben. Sie bestehen meist aus Hochleistungspolymeren mit exzellenten Eigenschaften. Im Fall der Herzkatheter muss der Kunststoff besonders glatt sowie stabil und flexibel zugleich sein, um verletzungsfrei durch die Adern zum Herz zu gelangen. Das Recycling solcher Spezialkunststoffe ist industriell jedoch nicht abbildbar und daher unwirtschaftlich. Landen die Herzkatheter in der Tonne, enden sie in der Müllverbrennung, um noch

Selbst Medizinprodukte fürs Herz lassen sich heute recyceln. Das ist ökologisch sinnvoll und medizinisch unbedenklich – und rechnet sich nicht nur wirtschaftlich, sondern auch für Patientin Erde.

Von Moritz Schmerbeck

einen Funken Energie zu gewinnen. Oder eben auf der Deponie, wo sie dank ihrer beständigen Produkteigenschaften die Herzkatheterpatientinnen und -patienten um ein Vielfaches überleben. Medical Remanufacturing hingegen stellt sicher, dass die Qualität erhalten bleibt und den hohen medizinischen Anforderungen auch bei einem zweiten Einsatz zuverlässig genügt.

**Die ökologische und ökonomische Synergie** ist Vorbild für viele weitere Anwendungsbereiche. Anna Schulte, Leiterin der Studie am Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, resümiert: »Unsere Studie hat gezeigt, dass das Medical Remanufacturing von medizinischen Einwegprodukten in beiden Kategorien – CO<sub>2</sub>-Fußabdruck und Ressourcenverbrauch – im Vergleich zur Neuproduktion von Herzkathetern zu signifikanten Einsparungen führt. Es ist ein tolles Beispiel, wie die Transformation hin zu einer Circular Economy gelingen kann. Und das sogar im hochsensiblen Medizinbereich.«

Zahlreiche Kliniken setzen bereits auf Medical Remanufacturing. Vor allem der Aspekt der Wirtschaftlichkeit findet dort großen Anklang. Das Gesundheitssystem kann dadurch nachhaltig entlastet werden – und zwar ohne Kompromisse bei Sicherheit und Funktionalität. ■

# Vom kleinen Funksensor zum großen Ökosystem

Für das »Internet der Dinge« hat ein Forscherteam vom Fraunhofer IIS das Funkübertragungssystem mioty® marktreif entwickelt – und erhält dafür den Joseph-von-Fraunhofer-Preis.

Von Dr. Janine van Ackeren

**D**er Traum eines jeden Forschenden: etwas bewegen, Dinge zum Besseren verändern. Ebendiesen Traum konnte sich ein Forscherteam am Fraunhofer IIS erfüllen. Es geht um Kommunikation im Internet der Dinge – und das über große Entfernungen.

»Unser Ziel war es, ein gesamtes Ökosystem zu schaffen und die Funktechnologien so weit voranzutreiben, dass sie auf dem Markt gegen andere Systeme bestehen und diese sogar weit übertreffen können«, erläutert Michael Schlicht, Bereichsleiter am Fraunhofer IIS, begeistert. Das ist hervorragend gelungen: Das Forscherteam hat nicht nur die grundlegende Technologie mioty® ausgetüfelt, 30 Patentfamilien angemeldet und ein Start-up initiiert, sondern auch die Technologie international standardisiert, eine Industriallianz gegründet, einen Patentpool aufgesetzt und erste Lizenzverträge in Millionenhöhe geschlossen. Stellvertretend für das Team werden Michael Schlicht, Josef Bernhard und Gerd Kilian mit dem Joseph-von-Fraunhofer-Preis ausgezeichnet. Die Jury begründet die Preisvergabe unter anderem mit der »konsequenten Einführung der neuen Technologie zur Verbindung von Sensornetzen mit einer hohen Zahl von einfachen batteriebetriebenen Sensorknoten«.

## Technologie am Nerv der Zeit

Die Vernetzung von Objekten im Internet der Dinge, kurz IoT, steht hoch im Kurs. Glaubt man den Marktanalysen, so könnten bereits im Jahr 2025 zwischen 20 und



Die Preisträger:  
Prof. Michael Schlicht,  
Josef Bernhard und  
Dr. Gerd Kilian (v.o.).

40 Milliarden verbundene IoT-Geräte benötigt werden. Wichtig sind hier vor allem einfache, batteriebetriebene Sensorknoten, bestehend aus einem Sensor und einem Funksystem, die über mehrere Kilometer hinweg mit einer Basisstation kommunizieren. Dabei geht es meist um kleine bis sehr kleine Datenmengen, die nur

gelegentlich oder sporadisch übertragen werden müssen. Beispiele sind etwa Wasserzähler, die drahtlos ausgelesen werden. Bislang fehlte allerdings eine geeignete, zuverlässige Kommunikation, mit der sich viele tausend Datenpakete zur gleichen Zeit übertragen lassen – bisherige Technologien waren sehr stör anfällig. Zudem müssen sich die Daten energieeffizient übertragen lassen, das System sollte viele Jahre stabil funktionieren und sich einfach um neue Sensoren erweitern lassen.

mioty® bietet hierzu einen völlig neuen Lösungsansatz: Es überträgt die Daten von mehreren tausend bis zu hunderttausend Sensorknoten pro Quadratkilometer – also bis zu 1,5 Millionen Datenpakete pro Tag – verlustfrei an eine einzige Sammelstelle, und zwar auch in Gegenden ohne Mobilfunkabdeckung. Und all das bei einer Bandbreite von nur 200 Kilohertz. Die Endgeräte sind dabei so energieeffizient, dass die Batterien bis zu 20 Jahre durchhalten. Auch ein mobiler Betrieb der Sensorknoten in Fahrzeugen ist möglich – selbst wenn diese mit Geschwindigkeiten über 120 Kilometer pro Stunde über die Autobahn brausen. »mioty® leistet überall dort, wo viele kleine Objekte energiesparend und sicher über viele Jahre vernetzt werden müssen, einen unschätzbaren Nutzen«, fasst Kilian zusammen. Stellt sich die Frage: Wie ist dem Forscherteam das gelungen? »Der Clou liegt vor allem darin, dass wir die Sensordaten nicht in einem Stück senden, sondern in viele kleine Stücke zerhackeln«, verrät Kilian, der sein Know-how vor allem bei der Realisierung der Technologie einbrachte. Dieses Auf-

# Joseph-von-Fraunhofer-Preise

Seit 1978 verleiht die Fraunhofer-Gesellschaft Preise für herausragende wissenschaftliche Leistungen ihrer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.



Gemessen wird überall – doch wie lassen sich die Daten zuverlässig und energiearm über weite Entfernungen übertragen?

teilen des Signals wirkt sich nicht nur positiv auf die Energie aus, die der Sensor-knoten verbraucht, sondern lässt die Übertragung auch robuster werden: Selbst dann, wenn einige Datenschnipsel auf ihrem Weg zur Sammelstelle beschädigt werden sollten, lässt sich die Nachricht wieder komplett herstellen.

Anwendungen für mioty® finden sich allerorts: Bei der Umweltdatenerfassung in der Landwirtschaft, der Überprüfung von Rohrleitungen auf Korrosion und Leckagen ebenso wie der Steuerung von Klimaanlageanlagen oder der Fernwartung und -überwachung von Anlagen wie Raffinerien. »Die Anwendungen sind so vielfältig wie die zu übertragenden Datenschnipsel«, bestätigt Schlicht, der seine Erfahrung in der Lizenzierung und Vermarktung in das Team einbrachte.

## Am Ziel: Standardisierung, Vermarktung, Lizenzierung

Eine weitere Besonderheit: Das Forscherteam hat die Technologie nicht nur entwickelt, sondern auch in eine ETSI-Spezifikation eingebracht – das European

Telecommunications Standards Institute ETSI schafft weltweit anwendbare Standards für die Informations- und Kommunikationstechnologie. »Wir bieten mit mioty® die erste standardisierte Low-power-Wide-area-Kommunikationslösung an, welche auf unserem Telegram-Splitting basiert«, hebt Bernhard eines der wichtigen Alleinstellungsmerkmale der mioty-Technologie hervor. Josef Bernhard leitete die Arbeiten in der Standardisierungsgruppe. Ein Funkkommunikationssystem alleine lässt sich jedoch nur schwer vermarkten, schließlich brauchen Kunden Lösungen, nicht nur Technologien. Seit 2018 übernimmt unter anderem das Unternehmen BehrTech aus Kanada die

Aufgabe, mioty®-basierte Lösungen zu entwickeln und zu vermarkten. Suchen interessierte Unternehmen Kontakt zu Chip-Design-Anbietern oder Distributoren der mioty®-Software, so ist die internationale »mioty alliance« die richtige Adresse. Derzeit umfasst sie 25 Mitglieder, darunter bekannte Unternehmen wie Texas Instruments, Diehl, Ragsol und stackforce. Zur Lizenzierung wurde von der Firma Sisvel der mioty®-Patentpool gegründet. »Mit einem gehörigen Anteil Agilität und Hartnäckigkeit haben wir aus einer ersten Idee ein lizenzfähiges Produkt auf dem Markt platziert: ein standardisiertes Funkprotokoll, das sich im realen Umfeld behaupten wird«, ist sich Bernhard sicher. ■



Lukas Kopieth und Prof. Christian Doetsch (r.) präsentieren eine Revolution in der Speichertechnik: Ihre Redox-Flow-Batterie ist 80 Prozent leichter – und um 40 Prozent günstiger in den Materialkosten.



# Schlüsseltechnologie für die Energiewende

Redox-Flow-Batterien eignen sich hervorragend, um große Mengen regenerativer Energien zu speichern. Allerdings haben sie noch einen Nachteil: die hohen Materialkosten. Forschende des Fraunhofer UMSICHT hatten den Mut, den Aufbau der Batterie völlig neu zu denken. Das brachte ihnen den Fraunhofer-Preis ein.

**M**anchmal entstehen die besten Ideen in der Kaffeeküche. Auch eine Entwicklung des Fraunhofer-Instituts für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT in Oberhausen nahm dort ihren Anfang.

Prof. Christian Doetsch und Dr.-Ing. Thorsten Seipp nutzen eine Kaffeepause, um eine wichtige Frage zu diskutieren: Wie

lassen sich Redox-Flow-Batterien, mit denen man regenerative Energie bis zum Verbrauch speichern kann, einfacher und vor allem kostengünstiger gestalten?

Mitten im Austausch gesellte sich Dipl.-Ing. Lukas Kopieth zu der kleinen Runde. Anders als die beiden Kollegen forscht er nicht im Bereich Energie, sondern befasst sich mit der Entwicklung von Kunststoff. Und dieser Hintergrund be-

scherte dem Trio die bahnbrechende Idee: »Könnte man nicht«, überlegte Lukas Kopieth laut, »die Herstellungsweise des elektrisch leitfähigen Kunststoffs so ändern, dass dieser flexibel bleibt und sich verschweißen lässt?«

Seine Kollegen waren umgehend überzeugt: »Wenn das möglich ist«, begeisterte sich Thorsten Seipp, »dann könnte man den ganzen Stackaufbau völlig neu denken ...«

Das ist keine Kleinigkeit. Denn Redox-Flow-Zellen sind eine der Schlüsseltechnologien für die Energiewende: Sie sind zyklenstabil – ihre Kapazität nimmt also auch nach Tausenden Zyklen nicht merklich ab – sind nicht brennbar und sie lassen sich in puncto Leistung und Kapazität auf den Bedarf auslegen. Auch brauchen sie keine kritischen Materialien und ihre Elektrolyte können vollständig zurückgewonnen werden. Doch: Bis dato waren sie schlichtweg zu teuer für den Massenmarkt.

### Kostengünstig, leicht und kompakt

Ausgehend von der Kaffeeküchenidee ist mittlerweile ein fertiges Produkt entstanden, das vom Spin-off VOLTERION vermarktet wird: Der entwickelte Stack, das Herzstück einer jeden Redox-Flow-Batterie, ist von den Materialkosten her 40 Prozent günstiger, auch die Produktionskosten konnten deutlich gesenkt werden – dazu wiegt er 80 Prozent weniger als ein herkömmlicher Stack und ist nur etwa halb so groß. Für diese Entwicklung erhalten Prof. Christian Doetsch und Lukas Kopietz vom Fraunhofer UMSICHT und Dr.-Ing. Thorsten Seipp von der VOLTERION GmbH den Joseph-von-Fraunhofer-Preis. Die Jury begründete ihre Entscheidung unter anderem mit »der Ausgründung und dem erfolgreichen Exit von Fraunhofer, die prototypisch den Weg der Vermarktung von neuen Fertigungstechnologien zeigen«.

Handelsübliche Stacks bestehen meist aus 40 Zellen, die sich wiederum aus einer Kunststoff-Bipolar-Platte, einer Anode, einer Membran und einer Kathode zusammensetzen – insgesamt kommt so ein Stack also auf 160 gestapelte Komponenten, die mit einer Vielzahl von Schrauben und massiven Metallplatten zusammengehalten und über zig Dichtungen abgedichtet werden. Die Kunststoff-Bipolar-Platten werden spritzgegossen: Bei diesem Prozedere büßen sie jedoch ihre Verformbarkeit ein und werden spröde – das Material ähnelt dem einer Bleistiftmine. Mit Lukas Kopietz' Idee, die Kunststoffe sowohl flexibel als auch verschweißbar zu gestalten, könnte der Verzicht gelingen auf die zahlreichen Dichtungen, die mit der Zeit spröde werden.



»Bisher waren die Kunden Stacks gewohnt, die mit einem Kran an Ort und Stelle gebracht werden müssen. Da ist es ein großes Verkaufsargument, wenn man die Stacks mit zwei Leuten einfach aus dem Kofferraum ziehen kann.«

Dr.-Ing. Thorsten Seipp

Kurzerhand machte er sich ans Werk und probierte es aus. »Schnell war klar: Das könnte etwas werden – auch wenn uns das Ausmaß der Entwicklung noch nicht klar war«, erinnert sich Doetsch. »Aber Lukas hat an sein neues Kunststoffmaterial geglaubt, und ich habe an Lukas Fähigkeiten, das zu schaffen, geglaubt.«

Problematisch beim Spritzgießen sind die hohen nötigen Temperaturen und Drücke. Um diese zu umgehen, verwendet das Forscherteam zwar ähnliche Ausgangsstoffe, also Graphite und Ruße, bereitet diese jedoch anders auf und prozessiert sie anders. Genauer gesagt: Pelletförmiger Kunststoff wird auf bis zu minus 80 Grad gekühlt, zu Pulver vermahlen und mit 80 Gewichtsprozent Graphit gemischt. Das entstehende Pulver schickt das Forscherteam durch ein System aus mehreren verschiedenen beheizten Walzen – man spricht dabei von einem Kalandrierungsprozess. Zwischen den Walzen wird das Pulver bei moderaten Temperaturen und geringen Drücken kurz aufgeschmolzen und zu Plat-

ten gewalzt. »Der Clou: Das neue Material erhält dabei thermoplastische Eigenschaften, es ist also biegsam und verschweißbar, obwohl der Kunststoff nur einen Anteil von 20 Prozent hat«, erläutert Lukas Kopietz. Der Stack kommt somit ohne eine einzige Dichtung aus, auch Schrauben sind überflüssig – die Zellen werden einfach miteinander verschweißt. Ein weiterer Vorteil: Über diese Methode lassen sich nicht nur deutlich schneller und damit kostengünstiger Bipolarplatten herstellen, sondern es gibt auch keine Größenbegrenzung mehr. Bipolarplatten mit bis zu mehreren Quadratmetern sind problemlos möglich.

### In der VOLTERION GmbH bis zur Batterie umgesetzt

Der zweite entscheidende, weil kosten-senkende Schritt war die Entwicklung eines kontinuierlichen Produktionsverfahrens: des Rolle-zu-Rolle-Verfahrens, in dem sich die Bipolarplatten als »Endlos«-Rolle fertigen lassen. Auf diese Weise lassen sich sehr dünne Platten herstellen. Ist die Plattendicke beim Spritzgießen produktionsbedingt auf mehrere Millimeter begrenzt, können sie beim Rolle-zu-Rolle-Verfahren zwischen 0,1 und 0,4 Millimeter dünn werden. Es ist also deutlich weniger Material notwendig, was den Preis wiederum senkt und leichtere und kompaktere Stacks ermöglicht. »All dies verschafft ganz neue Möglichkeiten in der Konstruktion, die wir in der VOLTERION GmbH bis hin zur ganzen Batterie umgesetzt haben«, sagt Seipp. »Bisher waren die Kunden Stacks gewohnt, die mit einem Kran an Ort und Stelle gebracht werden müssen. Da ist es ein großes Verkaufsargument, wenn man die Stacks mit zwei Leuten einfach aus dem Kofferraum ziehen kann.«

Mittlerweile hat VOLTERION bereits über tausend Stacks gebaut und in den Markt gebracht. Was die Fraunhofer-Forscher angeht: Sie haben die Technologie komplett an VOLTERION verkauft. »So können wir uns künftig auf das Thema Brennstoffzellen bzw. Elektrolyse konzentrieren – uns also neu ausrichten und eine andere Richtung einschlagen«, sagt Doetsch. Und vielleicht auch in dieser Branche etwas Revolutionäres beitragen. ■



# Außer Konkurrenz!

Elektronische Mikrochips sollen immer kleiner, leistungsfähiger und schneller werden. Fraunhofer ISIT und die IMS Nanofabrication GmbH haben einen Coup gelandet: einen Maskenschreiber, an dem kein Weg vorbei geht, wenn es um die neueste Generation geht. Dafür gibt es den Fraunhofer-Preis.

**K**leiner, schneller, leistungsfähiger: So etwa lässt sich die stete Entwicklung von Smartphones und anderen elektronischen Geräten zusammenfassen. Kernstück dieser Geräte sind Mikrochips, die – wie könnte es anders sein – im Zuge dieser Entwicklung ebenfalls immer kleiner und besser werden müssen. Jahrzehntlang hat das gut funktioniert, doch nun stoßen eine Reihe von derzeitigen Herstellungstechnologien an ihre Grenzen.

Aus diesem Dilemma bietet eine neuartige Technologie den bislang weltweit einzigen Ausweg: der Elektronen-Multistrahl-Maskenschreiber, entwickelt von der Wiener IMS Nanofabrication GmbH. Das Schlüsselbauelement für dieses Gerät kommt aus dem Fraunhofer ISIT. Ließen sich auf den Chips bisher nur Strukturen von knapp unter 10 Nanometern Größe realisieren – ein Atom ist 0,1 Nanometer groß – so rücken mit dem neuen Herstellungsverfahren Strukturen von 7 Nano-

metern und weniger ins Reich des Machbaren. Das heißt: Pro Quadratmillimeter können sich bis zu 91 Millionen Transistoren befinden! Dies ist im weltweiten Vergleich unerreicht, für eine weitere Miniaturisierung der Chips führt kein Weg am Elektronen-Multistrahl-Maskenschreiber vorbei. Dass »die IMS Nanofabrication GmbH mit dieser Technologie ihre marktführende Stellung erreichen konnte«, lobte auch die Jury des Joseph-von-Fraunhofer-Preises 2021 – und ehrt Mi-



chael Kampmann und Martin Witt vom Fraunhofer ISIT sowie Dr. Jacqueline Atanelov von der IMS GmbH mit dieser Auszeichnung.

### Chipherstellung: Ein Crashkurs

Um die preiswürdige Entwicklung verstehen zu können, ist zunächst einmal ein Ausflug in die herkömmliche Chipherstellung nötig. Dabei wird eine Scheibe aus dem Halbleitermaterial Silizium gleichmäßig mit Fotolack bedeckt. Auf diesem bis zu 30 Zentimeter großen »Siliziumwafer« wird über eine Maske in einem Belichtungsgerät mit vierfacher Verkleinerung ein kleines Bild projiziert, durch Verschieben des Siliziumwafers mehrfach, sodass die gesamte Waferoberfläche mit feinen Strukturen belichtet ist – ähnlich wie ein Dia auf eine Leinwand. An den belichteten Stellen härtet der Lack aus, an unbelichteten Orten bleibt er weich. In einem Entwicklungsbad wird der weiche Lack entfernt, das Silizium liegt dort blank und kann gezielt bearbeitet werden: Es lässt sich beschichten, mit geätzten Strukturen versehen oder in seinen elektrischen Eigenschaften verändern. Anschließend wird der Fotolack auch auf den bislang noch bedeckten, weil zuvor belichteten Stellen entfernt und der gesamte Wafer erneut mit neuen Schichten und Fotolack bedeckt. Diese Schritte werden bei komplizierten Chips mit bis zu 70 verschiedenen Masken wiederholt, bis die gewünschten komplexen Schaltelemente – man spricht dabei von Transistoren – auf dem Wafer entstanden sind. Der Siliziumwafer wird dann mit einer Diamantsäge in einzelne Teile, die Chips, zerlegt.

Um die benötigten Masken für die gezielte Belichtung des Fotolacks herzustellen, werden quadratische Quarzglas-Scheiben mit Metall bedampft – das Prozedere ähnelt dem der Chipherstellung. Allerdings wird für Feinststruktur-Masken ein Lack verwendet, der für auftreffende Elektronenstrahlen empfindlich ist. In jüngster Zeit wurden Extended-Ultra-Violet-EUV-Belichtungsgeräte entwickelt, bei denen die Wellenlänge des »Lichtes« lediglich 13,5 Nanometer beträgt. Die dafür benötigten EUV-Masken müssen mit komplexen Nanostrukturen unter 40 Nanometer Größe



Den Ausweg aus der Mikrochip-Sackgasse entwickelten Michael Kampmann, Dr. Jacqueline Atanelov und Martin Witt (v.o.).

mit sehr hoher Dichte geschrieben werden – da das projizierte Bild vierfach verkleinert wird, ergeben sich am Siliziumwafer Strukturen von unter zehn Nanometern. Aus diesem Grund stoßen die gängigen Elektronen-Einzelstrahl-Maskenschreiber jedoch an ihre Grenzen. Wollte man noch kleinere und dichtere Strukturen herstellen, würde man dazu mehr als einen Tag benötigen, was weder wirtschaftlich ist noch die hohen Qualitätsanforderungen der Nanostrukturen ermöglicht.

### Komplexe Strukturen innerhalb weniger Stunden

Der Clou des neuen Verfahrens: »Statt die Strukturen auf dem Elektronenempfindlichen Lack mit einem einzigen Strahl zu schreiben, verwenden wir 512 mal 512 Strahlen, also 262 000 Strahlen«, fasst Kampmann zusammen. »Auf diese Wei-

se können wir komplexe Strukturen in hoher Qualität und Auflösung innerhalb weniger Stunden erzeugen«, fügt Atanelov hinzu. Das heißt aber auch: Jeder dieser 262 000 Strahlen muss einzeln und äußerst präzise programmierbar sein. Möglich macht es ein Micro-Electro-Mechanical-System (MEMS)-Schaltelement aus dem Fraunhofer ISIT – welches quasi das Herzstück des neuen Multistrahl-Maskenschreibers bildet. Vereinfacht gesagt gleicht dieses Mikrosystem-Schaltelement einer Membran mit 262 000 Öffnungen, durch welche die Elektronenstrahlen hindurchfliegen können. Jedoch laufen diese nicht parallel wie Wasserstrahlen aus einem Duschkopf, sondern lassen sich über spezielle Steuerelektroden einzeln ansteuern und ablenken. Die abgelenkten Strahlen können nachfolgend ausgeblendet werden.

Erst allmählich verstand das Team, wie die über 200 notwendigen Einzelschritte in der MEMS-Fertigungstechnologie zusammenwirken – und wie sie sich aufbauen und verbessern lassen. »An zahlreichen Stellen mussten wir bestehende MEMS-Technologien neu denken und kombinieren«, erklärt Witt. »Schwierig war beispielsweise die elektrostatische Optimierung: Denn lädt sich das MEMS-Schaltelement elektrostatisch auf, fliegen die negativ geladenen Elektronen nicht hindurch.« Dies löste das Forscherteam durch Metallschichten auf der Membran, sodass die überschüssigen Ladungen abfließen können.

Der neuartige Elektronen Multistrahl-Maskenschreiber ist bisher konkurrenzlos. Und: Er ist unverzichtbar, wenn man die heute kleinsten erreichbaren Strukturen auf Mikrochips schreiben will. Entsprechend groß ist die Nachfrage am Markt. Derzeit erzielt IMS mit den Geräten einen Jahresumsatz von 400 Millionen US-Dollar. Für 2022 wird sogar ein Markt prognostiziert, der einem Umsatzvolumen von knapp einer Milliarde US-Dollar entspricht. Das macht sich auch am Fraunhofer ISIT bemerkbar: Die Industrieumsätze übersteigen eine Million Euro pro Jahr deutlich. Die preisgekrönte Technologie ermöglicht also nicht nur eine weitere Miniaturisierung, sondern geht auch mit einem überragenden wirtschaftlichen Erfolg einher. ■

# Sichere Impfstoffe – und das frei von Chemikalien!

Vakzine umweltfreundlicher, schneller und effizienter produzieren? Neuartige Denkweisen hat ein Forscherteam aus drei Fraunhofer-Instituten erfolgreich verfolgt und umgesetzt. Dafür erhält es den Fraunhofer-Preis »Technik für den Menschen und seine Umwelt«.

**E**in kleiner Piki – und dann zurück zum gewohnten Alltag? Inwiefern sich diese weltweite Hoffnung erfüllt, wird die Zeit zeigen müssen. Doch so viel ist klar: Impfstoffe sind Teil der Lösung, um als Gesellschaft gegen Gegner wie Covid-19 und andere Viren zu bestehen. Auch wenn der Fokus derzeit klar auf dem Coronavirus liegt, sind Impfstoffe gegen andere Krankheitserreger ebenfalls elementar.

Die Wege, Impfstoffe zu produzieren, sind seit Jahrzehnten bekannt. Wie sehr es sich jedoch lohnt, auch bei etablierten Prozessen die ausgetretenen Pfade zu verlassen und Abläufe vollkommen neu zu denken, zeigte ein Forscherteam aus drei Fraunhofer-Instituten: Herausgekommen ist ein Verfahren zur Herstellung inaktivierter Totimpfstoffe, mit dem sich Vakzine nicht nur schneller, sondern auch umweltfreundlicher, effizienter und kostengünstiger herstellen lassen als bisher. Stellvertretend für ihre Teams werden Dr. Sebastian Ulbert und Dr. Jasmin Fertey vom Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI, Frank Holm Rögner vom Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP und Martin Thoma vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA mit dem Fraunhofer-Preis »Technik für den Menschen und seine Umwelt« 2021 ausgezeichnet. Die Jury betont insbesondere »die einfache und effiziente Methode, die für die Impfstoffwirkung wichtigen Struktu-



Mit ihren Teams freuen sich die Preisträger Dr. Jasmin Fertey, Frank-Holm Rögner und Martin Thoma (v.o.).

ren weitgehend zu erhalten und auf sonst notwendige chemische Zusätze vollständig zu verzichten«.

## Elektronenstrahlen statt Chemie: Viren in Millisekunden abtöten

Die Herstellung von Totimpfstoffen basiert bisher auf Chemikalien: Die Krankheitserreger werden zunächst in großem Maßstab gezüchtet und dann in toxischen Chemikalien, vor allem Formaldehyd, gelagert – so lange, bis die Erbinformation der Viren gänzlich zerstört ist und sie sich nicht mehr vermehren können. Man spricht dabei von Inaktivierung. Werden diese »toten« Viren bei der Impfung in den Körper gespritzt, erkennt das Immunsystem die unschädlich gemachten Eindringlinge und bildet entsprechende Antikörper. Das Schachmatt-Setzen der Viren durch chemische Behandlung ist allerdings in mehrfacher Hinsicht problematisch: Zum einen zerstört die Chemikalie nicht nur die Erbinformation im Inneren des Virus, sondern auch einen Teil der Außenstrukturen – die das Immunsystem jedoch benötigt, um die Antikörper zu bilden. Zum zweiten: Bei der Impfstoffherstellung im industriellen Maßstab fallen große Mengen der toxischen Chemikalien an, eine Herausforderung für die Arbeitssicherheit und eine Belastung für die Umwelt. Und: Je nach Virus kann es Wochen, mitunter sogar Monate dauern, bis die Viren tatsächlich »abgetötet« sind.

»Statt die Viren über toxische Chemikalien zu inaktivieren, beschießen wir sie mit Elektronen.«

Dr. Sebastian Ulbert, Fraunhofer IZI

Mit ihrem neuartigen Ansatz räumt das Expertenteam mit all diesen Nachteilen auf. »Statt die Viren über toxische Chemikalien zu inaktivieren, beschießen wir sie mit Elektronen«, erläutert Ulbert. »Die Außenhülle der Viren bleibt dabei fast vollkommen intakt, wir haben keine Chemikalien, die entsorgt werden müssen, und der ganze Prozess dauert nur einige Sekunden.« Was die Desinfektion von medizinischen Materialien angeht, wird ionisierende Strahlung bereits seit Jahrzehnten genutzt – dort allerdings die radioaktive Gammastrahlung oder hochenergetische Elektronen im Megaelektronen-Volt-Bereich. Könnte man die deutlich ungefährlicheren und leichter handhabbaren Elektronenstrahlen mit niedriger Energie im Kilo-Elektronen-Volt-Bereich nicht nutzen, um Viren zu inaktivieren? Die Hürde, die zu meistern war: Elektronenstrahlen drin-

gen nur wenige hundert Mikrometer tief in Flüssigkeiten ein, wobei sie zunehmend schwächer werden. Sollen in der Flüssigkeit umherschwimmende Viren durch die Strahlen zuverlässig abgetötet werden, darf der Flüssigkeitsfilm nicht dicker als etwa 100 Mikrometer sein – zudem muss er gleichmäßig transportiert werden. »Dafür war eine anspruchsvolle Anlagentechnik vonnöten, aus diesem Grund haben wir das Fraunhofer IPA mit ins Boot geholt«, erzählt Rögner.

### Auf dem Weg zur industriellen Anwendung

Die Rechnung ging auf: Thoma am Fraunhofer IPA entwickelte gleich zwei Ansätze. »Für aussagekräftige Vorversuche eignet sich das Beutelmodul – hier werden etwa 30 Milliliter Flüssigkeit in einem versiegelten Beutel transportiert und bestrahlt«, beschreibt der Physiker. Das Rollenmodul dagegen punktet bei größeren Mengen. Die Viren-Flüssigkeit befindet sich in einem komplett geschlossenen, gekapselten Behälter. Eine sich drehende Rolle taucht halb in diese Flüssigkeit und wird bei ihrer Drehbewegung mit einem dünnen Flüssigkeitsfilm benetzt. Dieser wird bestrahlt und abgestreift, bevor die Rolle erneut Flüssigkeit aufnimmt. Fertey untersuchte unter anderem FSME-, Influenza- und Herpes-Viren sowie Bakterien wie Tuberkulose neben zahlreichen anderen Erregern, die diesem Prozedere zuvor unterzogen wurden. »Wir konnten alle Erregerklassen erfolgreich und sicher inaktivieren«, freut sich die Biologin.

Das Potenzial der Entwicklung erkannte auch die Bill & Melinda Gates Foundation – und investierte 1,84 Millionen US-Dollar in die Entwicklung eines Prototyps im Industriemaßstab. Dieser wurde 2018 fertiggestellt, am Fraunhofer IZI in Betrieb genommen und weiterentwickelt. Bereits im Folgejahr gewann das Forscherteam einen Lizenzpartner und sicherte vertraglich Lizenzerträge von knapp einer Million Euro. In etwa fünf bis sieben Jahren könnten die kühlstrankgroßen Herstellungsmodul in die pharmazeutische Produktion integriert werden und Impfstoffe produzieren – schnell, umweltfreundlich und effizient. ■

»Der ganze Prozess dauert nur einige Sekunden«, erläutert Dr. Sebastian Ulbert einen der großen Vorteile der neuen Technik.







# Metamaterialien machen die MRT besser – und bequemer

Sie gehören zum Besten, was die medizinische Diagnostik zu bieten hat: MRT-Scanner liefern detailgetreue Bilder aus dem Inneren des menschlichen Körpers. Fraunhofer-Forschende haben eine Technologie entwickelt, mit der die Messeffizienz nochmals gesteigert werden kann. Gleichzeitig wird die Untersuchung für die Menschen weniger beschwerlich.

Von Mehmet Toprak

**S**chon heute gehört die nicht-invasive Magnetresonanztomographie (MRT) zu den besten bildgebenden diagnostischen Methoden, um krankhafte Veränderungen im Körper zu erkennen. Das Fraunhofer-Institut für Digitale Medizin MEVIS in Bremen und das Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik FHR in Wachtberg arbeiten daran, diese Technik zu verbessern: gesteigerte Messeffizienz bei geringerer Belastung – und das in den bestehenden Geräten.

In der MRT durchdringt ein starkes Magnetfeld, welches meist von einem zylinderförmigen Elektromagneten erzeugt wird, den Patienten. Die Kerne der Wasserstoffatome im menschlichen Körper werden durch dieses Magnetfeld leicht ausgerichtet und verhalten sich im Grunde wie kleine Kreisel. Nun zwingen Hochfrequenzimpulse aus speziellen Spulen die Atomkerne zu Präzessionsbewegungen. Nach Ende eines jeden Pulses schwingen die Atomkerne wieder in ihre Ruhelage zurück und geben dabei die zuvor aufgenommene Energie in Form von Radiowellen wieder ab. Diese wiederum werden von Spulen empfangen, vom Computer ausgewertet und Schicht für Schicht zu einem detailgetreuen Bild vom Inneren des menschlichen Körpers zusammengesetzt.

Ihre anerkannten Stärken hat die MRT im Bereich der Tumordiagnostik. Aber auch die Organe im Bauchraum, das Herz, Knochen, Knorpel- und Muskelgewebe und sogar das Gehirn lassen sich so untersuchen. Nach Angaben des Statistikdienstes Statista wurden allein 2017 in Deutschland 143,4 MRT-Untersuchungen pro 1000 Einwohnern durchgeführt.

### Metamaterialien bündeln die Signale

Um die MRT weiter zu verbessern und neue Anwendungen zu ermöglichen, setzen die Forschenden an den beteiligten Fraunhofer-Instituten auf sogenannte Metamaterialien. »Deren Eigenschaften werden so modifiziert, dass sie selbsttätig auf bestimmte äußere Einflüsse reagieren, und zwar ganz ohne aktive Steuerung«, erklärt Dr. Thomas Bertuch, Teamleiter am Fraunhofer FHR. Metamaterialien werden heute in vielen Bereichen genutzt, in der Thermik, der Seismik, der Akustik, der Optik oder auch der Antennentechnik, einem der Spezialgebiete des FHR.

Die Metamaterialien des Fraunhofer-Projekts bestehen aus Trägerplatten mit aufgedruckten,

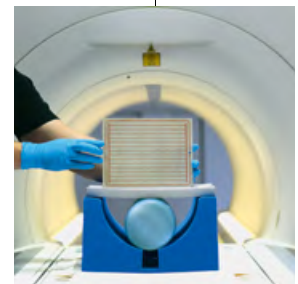
periodisch angeordneten Leiterbahnen. Damit verbessern sie die Empfangssignale der MRT-Spulen, ohne eine eigene Stromversorgung zu benötigen.

Im MRT werden diese Platten auf die zu untersuchende Körperregion des Menschen gelegt. Es wäre auch möglich, die Leiterbahnen auf einer Folie aufzubringen und diese beispielsweise um ein Kniegelenk zu wickeln. Wenn die Wasserstoffkerne im Körper die Radiowellen zurücksenden, werden die Metamaterialien angeregt, bündeln diese Signale und leiten sie an die Empfangsspulen des MRT-Scanners weiter. Die Messsignale werden also stärker, was denselben Effekt hat wie eine erhöhte Messempfindlichkeit des Scanners. Für den untersuchenden Arzt oder die Ärztin entsteht ein Bild, in dem die zu untersuchende Körperregion wie unter einer Lupe oder einem Lichtspot erscheint – und das detailgenauer als im herkömmlichen MRT-Bild. »Werden die Metamaterialien mit den im MRT verbauten Spulen verwendet, lässt sich das Signal-zu-Rausch-Verhältnis um einen Faktor von bis zu fünf steigern«, erklärt Bertuch. Die konstruierten Metamaterialien sind zudem in Hinblick auf die Patientensicherheit optimiert, um die Translation in die klinische Praxis zu ermöglichen. Nicht-lineare Elemente sorgen dafür, dass nicht mehr Leistung in das Gewebe eingestrahlt, sondern nur das Messsignal beeinflusst wird.

Falls die Signalsteigerung für die Diagnose gar nicht erforderlich ist, dann lässt sich die Untersuchung im MRT-Scanner abkürzen. Dennis Philipp, wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Imaging Physics & Devices am Fraunhofer MEVIS, sagt: »Prinzipiell besteht je nach Anwendung die Wahlmöglichkeit: Entweder entscheidet man sich für eine höhere Auflösung in der gleichen Zeit oder begnügt sich mit gleich bleibender Auflösung, aber die Prozedur ist schneller zu Ende.«

Ausgiebig getestet wurde die Technologie am Fraunhofer MEVIS in Bremen. »Von Zwiebel über Grapefruit bis Kiwi war schon alles als Testobjekt dabei«, schmunzelt Philipp. »Die Metamaterialien arbeiten mit vorhandenen MRT-Geräten zusammen, sodass sich die neue Technik zukünftig in Kliniken, Arztpraxen und medizinischen Zentren schnell durchsetzen könnte.« Weder die Software noch die interne Elektronik der MRT-Scanner muss ausgetauscht werden. Der nächste Schritt auf dem Weg in die klinische Praxis sind nun Validierungsstudien. ■

Die neue Fraunhofer-Technik arbeitet mit bestehenden MRT-Geräten zusammen. So könnte sie sich schnell durchsetzen.



2017  
in Deutschland  
**143,4**  
MRT-Untersuchungen  
pro 1000  
Einwohnern

# Der Traum vom ewigen Leben

Eine Pflanze, die nicht aufhört zu wachsen.  
Fliegen, die ein Methusalem-Gen tragen.  
Auch dem Menschen könnte diese Forschung helfen – im Kampf gegen Krebs.

Von Christine Broll

**T**abak ist eine einjährige Pflanze. Er keimt im Frühling, wächst heran bis auf höchstens 1,50 Meter Größe, bildet Blüten und Samen. Im Herbst stirbt er. Ganz anders der Riesentabak im Gewächshaus des Fraunhofer-Instituts für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie IME in Aachen. Er ist mehr als vier Meter hoch aufgeschossen. An einem kräftigen Stamm trägt er ungewöhnlich große Blätter. Seine Lebenserwartung hat er inzwischen um das Doppelte überschritten. Und: Er hört nicht auf zu wachsen.

»Longaevitas«, das lange Leben, heißt die Arbeitsgruppe, die dem Wuchs des Tabakriesen auf den Grund geht. Dr. Philip Känel leitet diese Attract-Arbeitsgruppe. Der Biotechnologe beschäftigt sich mit einer Familie von Genen, die bei Bakterien, Pflanzen und Tieren die Entwicklung regulieren. Bei dem Riesentabak steigerten Känel und seine Kolleginnen und Kollegen durch Gentransfer die Produktion eines blütenhemmenden Proteins. Die Tabakpflanzen blühten nicht – sie wuchsen und wuchsen.

Die Produktionssteigerung von Tabak ist nicht das Hauptziel von Philip Känel.

Fliegen mit  
injiziertem  
Methusalem-Gen  
lebten bis zu  
**40 %**  
länger als ihre  
Artgenossen.



»Wir untersuchen anhand dieser Modellpflanze, welche Rolle die PEBP-Proteine in den Signalsystemen der Pflanze spielen«, erklärt er. »Dabei suchen wir Faktoren, die sich in der Anwendung nutzen lassen.« Die an Tabak gewonnenen Erkenntnisse will er dann auf wichtige Nutzpflanzen übertragen.

Philip Känel experimentiert nicht nur mit blütenhemmenden, sondern auch mit blütenaktivierenden Genen und hat damit ein ungewöhnliches Experiment gewagt. Er schleuste ein blütenaktivierendes Gen aus Tabakpflanzen in *Drosophila*-Fliegen ein. Dazu baute er das Gen in einen Vektor ein, der es in die DNA einbaut. Dieses Gen taxi injizierte er in Fliegegeneier. Und tatsächlich: Das Gen aus Tabak war in den Fliegen aktiv. Mit einem ganz besonderen Effekt. Es wirkte wie ein Methusalem-Gen. Die Fliegen starben nicht wie üblich nach 40 bis 50 Tagen, sondern erst nach 60 bis 65 Tagen. Das heißt, sie lebten 30 bis 40 Prozent länger als normale Artgenossen. Außerdem waren sie im Alter vitaler als unbehandelte Fliegen.

»Wir haben festgestellt, dass das vom Tabakgen produzierte Protein in der Flie-





Die linke Tabakpflanze hat ihre Lebenserwartung weit überschritten – und wächst weiter.

Unbehandelter  
Tabak wird  
höchstens 1,50  
Meter hoch. Der  
Riesentabak  
wächst und  
wächst – bis über  
**4**  
Meter.

ge unterschiedliche Prozesse beeinflusst«, berichtet Philip Känel. Zum einen wandert es in den Zellkern und wirkt dort auf die Genregulierung. Zum anderen interagiert es mit verschiedenen Proteinen.

Mehrere dieser Interaktionspartner sind in der Wissenschaft schon bekannt. Einer von ihnen sorgt dafür, dass die Protein-Homöostase im Körper intakt bleibt, dass also auch im hohen Alter die Synthese, die Reparatur und der Abbau von Proteinen in einem gesunden Gleichgewicht stehen. Andere Interaktionspartner des Tabakproteins spielen eine Rolle im TOR-Signalweg, der über viele Stellschrauben den Stoffwechsel reguliert. »Der TOR-Signalweg wurde bereits in zahlreichen Studien untersucht. Dabei hat sich gezeigt, dass man durch Beeinflussung des Signalweges die Lebensdauer verschiedenster Organismen verlängern kann«, verdeutlicht Känel.

Auch beim Menschen arbeitet Känel mit den PEBP-Genen. »Zwei aus dieser Familie spielen bei der Krebsentstehung eine wichtige Rolle«, sagt der Wissenschaftler. Denn PEBP-Gene stehen an der Schnittstelle von Signalwegen, die darüber

entscheiden, ob eine Krebszelle weiterwächst oder abstirbt.

Indem er pflanzliche PEBP-Gene in kultivierte menschliche Krebszellen einbaut, will Känel auch hier den Signalwegen auf die Spur kommen und Angriffspunkte für neue Krebsmedikamente identifizieren. So könnten die PEBP-Gene auch beim Menschen das Leben verlängern.

### Sparmodus ohne Leiden?

Wer seine biologische Uhr zurückdrehen will, der sollte öfters hungern. Das gilt für Wasserflöhe genauso wie für Fische, Mäuse und Ratten. Bei diesem Effekt spielt ein Protein namens TOR die Schlüsselrolle. Es wird in Hungerphasen gehemmt, worauf die Zellen in den Sparmodus umschalten. Sie stellen das Wachstum ein, recyceln defekte Proteine und setzen Reparaturmechanismen in Gang. Dem Organismus scheint das gut zu tun. Die Zellen teilen sich nicht, so kann auch kein Krebs entstehen.

Seit dieses Phänomen bekannt ist, beschäftigt Altersforscher eine Frage: Wie kann man den Sparmodus einschalten, ohne leiden zu müssen? Bei Versuchen mit

Mäusen zeigte das Immunsuppressivum Rapamycin den gewünschten Effekt. Die Lebensdauer der Tiere stieg im Schnitt um 14 Prozent. Damit war bewiesen, dass Medikamente die Lebensspanne verlängern können. Allerdings ist Rapamycin wegen der starken Nebenwirkungen nicht für den Dauergebrauch beim Menschen geeignet.

Als aussichtsreichster Kandidat für ein Anti-Aging-Mittel gilt das bereits seit Jahrzehnten genutzte Diabetesmedikament Metformin. Genau wie Rapamycin hemmt es den TOR-Signalweg. In einer klinischen Studie mit neun Probanden testeten kalifornische Forscher ein Jahr lang eine Kombinationstherapie von Metformin mit zwei anderen Wirkstoffen. Das Ergebnis verblüffte die Fachwelt: Das durch Veränderungen an der DNA messbare biologische Alter der Probanden wurde durch die Behandlung um rund zweieinhalb Jahre zurückgedreht. In den USA bereitet die »American Association of Aging Research« gerade eine groß angelegte Metformin-Studie (TAME) vor. An über 3000 Personen soll getestet werden, ob Metformin die Entstehung und das Fortschreiten altersbedingter Erkrankungen verzögern kann. ■

# Wieder sicher fliegen

Airbus und Fraunhofer suchen neue Verfahren zur Desinfektion von Flugzeugkabinen – und gehen dabei ganz ungewohnte Wege.

Von Christine Broll

**E**infach in ein Flugzeug steigen. Deutschland hinter sich lassen. Sonne tanken. Als Dr. Natalia Sandetskaya und Arianna March die Flugzeugkabine betreten, haben sie aber weder Ferienlektüre noch Sonnencreme im Gepäck. Die beiden Wissenschaftlerinnen des Fraunhofer-Instituts für Zelltherapie und Immunologie IZI bringen stattdessen einen Koffer voller Laborgeräte mit. Und sie werden auch nicht fliegen. Denn die Kabine, in der sie stehen, ist nur ein begehrtes Flugzeugmodell, welches in einem riesigen Hangar auf dem Gelände von Airbus in Hamburg steht.

Mit ihrem Laborequipment wollen Natalia Sandetskaya und Arianna March dazu beitragen, das Verreisen mit dem Flugzeug wieder so sicher und selbstverständlich zu machen wie vor der Pandemie. Sie untersuchen, mit welcher Desinfektionsmethode sich SARS-CoV-2-Viren in der Flugzeugkabine am besten abtöten lassen. Diese Informationen möchte Airbus dann an die Airlines weitergeben. ▶

Foto: Ramon Kagie /Unsplash



Faszination Fliegen: Selten ist sie so spektakulär zu erleben wie vor dem Flughafen St. Martin in der Karibik, der direkt hinter dem weißen Strand beginnt.







Dr. Natalia Sandetskaya (l.) und Arianna March verteilen in der Flugzeugatrappe Kunststoffplättchen, auf die sie eine Virenlösung pipettiert haben.



Die Vorarbeiten zu dem Feldversuch begannen bereits einige Monate zuvor im Sicherheitslabor des Fraunhofer IZI in Leipzig. »Airbus wollte in dem Projekt auch untersuchen, ob man durch Hochheizen der Kabine SARS-CoV-2-Viren zuverlässig abtöten kann«, erklärt Dr. Jasmin Fertey, die das Projekt und die Arbeitsgruppe Impfstofftechnologien am Fraunhofer IZI leitet. Im Fokus standen jene Kabinenteile, mit denen die Passagiere in Berührung kommen, wie zum Beispiel die Klapptische. Denn hier sammeln sich möglicherweise besonders viele virenhaltige Tröpfchen, wenn ein infizierter Passagier niest oder spricht.

### Wie lange überleben Viren auf Flugzeugklapptischen?

Da sich Flugzeugklapptische im Sicherheitslabor nur schlecht untersuchen lassen, stellte Airbus dem Fraunhofer IZI briefmarkengroße Kunststoffplättchen aus dem gleichen Material zur Verfügung. Die SARS-CoV-2-Viren für die Tests vermehrte das Projektteam in eigenen Zellkulturen. Alle Versuche fanden in einem Speziallabor der biologischen Sicherheitsstufe 3 statt. Dabei tragen die Wissenschaftlerinnen unter anderem eine spezielle Schutzausrüstung mit einem Gebläseatemschutz, der wie eine flexible Taucherglocke auf dem Kopf sitzt.

Im Praxistest: Begasung mit verdampftem Wasserstoffperoxid, Versprühen von Desinfektionsmittel, Bestrahlung mit UV-C-Licht und das Hochheizen der Kabine.

»Wir haben die Plättchen sterilisiert und dann eine virenhaltige Lösung darauf getropft«, berichtet Jasmin Fertey. Diese Proben stellte sie dann in einen Inkubator und setzte sie unterschiedlicher Temperatur und Luftfeuchtigkeit aus. Nach der Inkubation wurden die Plättchen abgespült, um danach in der Spülflüssigkeit die Virusaktivität zu messen.

Der Rahmen für diese Versuche war von Airbus vorgegeben. Für das Hochheizen der Kabine zwischen Landung und dem nächsten Start stehen maximal zwei Stunden zur Verfügung. In dieser Zeit soll die Abtötung der Viren erfolgen. Dabei darf die Temperatur wegen der in der Kabine verarbeiteten Klebstoffe 55 Grad nicht überschreiten. »Das Virus ist unglaublich stabil«, stellten Fertey und ihre Kolleginnen fest. Bei 30 Grad konnte nach zwei Stunden kaum ein Verlust an Aktivität festgestellt werden. »Um das Virus abzutöten, braucht man entweder sehr hohe Temperaturen oder eine sehr hohe Luftfeuchtigkeit. Ideal wäre eine Kombination aus beidem«, lautet das Fazit der Laborversuche.

### Schweineviren als Double für SARS-CoV-2

Da bei den Versuchen in der Flugzeugatmosphäre aus Sicherheitsgründen keine echten SARS-CoV-2-Viren verwendet werden, suchte das Fraunhofer IZI-Team nach einem Virus, das sich ähnlich verhält, aber ungefährlich ist. In der Sammlung von Viren, mit denen man am Institut bereits Erfahrung hat, fand sich bald ein geeigneter Kandidat: das Porzine Reproductive und Respiratorische Syndrom Virus, kurz PRRS-Virus. Dieser Erreger verursacht bei Schweinen Atemwegserkrankungen und Frühgeburten. Menschen kann er nicht infizieren. Genau wie die Coronaviren ist PRRSV auch ein RNA-Virus. Da es sich bei den Inkubationstests im Labor sehr ähnlich verhielt wie SARS-CoV-2, wurde es vom Projektteam als Ersatz für die Desinfektionsversuche in der Kabine ausgewählt. Nach diesen Vorarbeiten konnten

die Versuche in der Flugzeugatmosphäre starten. Die Airbus-Ingenieure testeten dabei unterschiedliche Desinfektionsverfahren, zum Beispiel Begasung mit verdampftem Wasserstoffperoxid, Versprühen von Desinfektionsmittel, Bestrahlung mit UV-C-Licht und das Hochheizen der Kabine.

Auch hier nutzten Natalia Sandetskaya und Arianna March die Kunststoffplättchen, mit denen

sie bereits im Labor gearbeitet hatten. Auf die Plättchen tropften sie die virenhaltige Lösung und verteilten die Plättchen in der gesamten Kabine, unter anderem auf den Klappstischen, den Armlehnen und den Klinken zum Waschraum. Dann startete Airbus eines der Desinfektionsverfahren. Die Effektivität des jeweiligen Verfahrens prüften die Wissenschaftlerinnen, indem sie im Anschluss die verbliebene Virusaktivität bestimmten.

»Die beste Desinfektion wurde mit Wasserstoffperoxid erreicht«, berichtet Natalia Sandetskaya. Das war

auch zu erwarten, da diese Methode ein anerkanntes Verfahren zur Dekontamination ist. Die Methode ist aber im Flugbetrieb nicht zur täglichen Routine geeignet, da Wasserstoffperoxid sehr aggressiv ist. Die UV-Bestrahlung ist zwar einfach in der Anwendung, lieferte aber keine überzeugenden Ergebnisse. Vor allem senkrechtstehende Oberflächen, wie zum Beispiel die Klinken an den Waschräumen, wurden bei der Bestrahlung nicht gut erreicht und trugen noch aktive Viren.

Mit Hitze und Feuchtigkeit konnten hingegen alle Flächen gleichmäßig desinfiziert werden. »Durch das Einleiten feuchter heißer Luft konnten wir 99 Prozent der Viren eliminieren«, freut sich Jasmin Fertey. Und tatsächlich: Mit den leistungsfähigen Heizungen der Flugzeuge lassen sich die dafür erforderlichen hohen Temperaturen ohne großen Aufwand erzielen. ■



**Die Desinfektionsversuche in der Flugzeugatmosphäre im Video:**  
<https://youtu.be/TdSBd9xP7ws>

»Beim Einleiten feuchter heißer Luft konnten wir **99 %** der Viren eliminieren.«

Dr. Jasmin Fertey,  
Fraunhofer IZI

»Das Virus ist unglaublich stabil. Um es abzutöten, braucht man entweder sehr hohe Temperaturen oder eine sehr hohe Luftfeuchtigkeit. Ideal wäre eine Kombination.«

Dr. Jasmin Fertey



## Foto & Fraunhofer

# Fraunhofer und die Sicherheit im Orbit

Sehr viel wird gerade spekuliert über Ufo-Sichtungen. US-Geheimdienste sollen bisher geheime Unterlagen über unidentifizierte Flugobjekte öffentlich machen. Von Außerirdischen weiß man beim Fraunhofer-Institut für Hochfrequenz-Physik und Radartechnik FHR aktuell nichts. Sehr viel allerdings ist bekannt über Hinterlassenschaften von uns Erdlingen im Weltall. Mehr als 900 000 menschengeschaffene Objekte, größer als zehn Zentimeter, fliegen durch den Raum.

Um unnötige Ausweichmanöver zu vermeiden, müssen Satellitenbahnen optimiert werden. Das Fraunhofer FHR liefert dafür die Daten mit seinem europaweit einzigartigen Weltraum-Beobachtungsradersystem TIRA (Tracking and Imaging Radar) im nordrhein-westfälischen Wachtberg. Dank Zielverfolgungsradar, Abbildungsradar und einer 34 Meter großen Parabolantenne können Satelliten und Weltraumschrott hochpräzise verfolgt werden. Neu entwickelt hat das Fraunhofer FHR das teilmobile Überwachungsradar GESTRA (German Experimental Space Surveillance and Tracking Radar). Anders als das zielgenaue TIRA überwacht es einen großen Raumausschnitt im erdnahen Orbit rund um die Uhr. Wenn also Außerirdische näher kommen sollten ...



Die Rückseite der GESTRA-Antenne mit 77 Planks, in denen die 256 Empfangsmodule enthalten sind. Ihr Einbau und ihre Justierung war eine der technischen Herausforderungen vor der Inbetriebnahme.

Foto: Deutsche Raumfahrtagentur im DLR

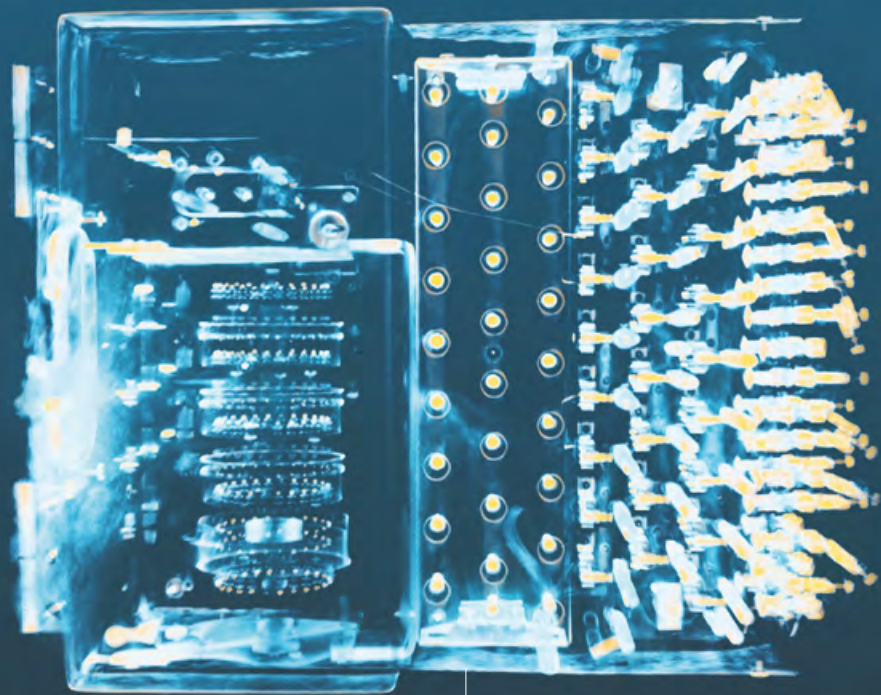


# NS-Relikt im Geisternetz

Sieben Enigma-Maschinen wurden aus der Ostsee geborgen und geben Historikern Rätsel auf. Mit einem hochauflösenden CT-Scan hilft das Fraunhofer IMTE bei der Aufklärung.

Von Dr. Sonja Endres

Auf dem CT-Scan deutlich zu erkennen ist das Herzstück der NS-Chiffriermaschine Enigma: die drehbaren Walzen, sogenannte Rotoren, mit den jeweils 26 Buchstaben des Alphabets. Die Erfindung des deutschen Ingenieurs Arthur Scherbius kombinierte erstmalig verschiedene Verschlüsselungsverfahren und galt daher als besonders sicher.



Die Strahlen durchdrangen die Enigma mit einer Energie von

# 520

Kiloelektronenvolt.

**E**igentlich waren die Taucher in der Geltinger Bucht bei Flensburg auf der Suche nach herrenlosen Fischernetzen, sogenannten Geisternetzen, die für Fische, Robben oder Tauchvögel oft zu tödlichen Fallen werden. Doch dieses Mal hatte sich im Netz etwas anderes verfangen. Die meisten hätten es wohl für eine alte Schreibmaschine gehalten und nicht weiter beachtet. Nicht so das Team von Submaris, einem Unternehmen, das Forschungstauchen für wissenschaftliche Institute, Verbände und Medien als Dienstleistung anbietet. Neben Meeresbiologen war an diesem Tag auch ein Unterwasserarchäologe dabei. Ihm war sofort klar: Das ist eine Enigma! Weitere sechs fand ein Kollege kurz darauf ganz in der Nähe in der Ostseeförde Schlei.

**Enigma, griechisch für Rätsel**, nannte der deutsche Ingenieur Arthur Scherbius seine Chiffriermaschine, die er 1918 patentieren ließ und die die Wehrmacht im Zweiten Weltkrieg für die Verschlüsselung ihrer Kommunikation nutzte. Ein Rätsel blieb sie allerdings nicht lange – ihr Code wurde im Januar 1940 erstmals von einem Expertenteam des britischen Geheimdienstes MI 6 geknackt. Die Deutschen bemerkten davon nichts. Die Dechiffrierung ermöglichte der Royal Navy unter anderem, deutsche Versorgungsschiffe für Erwin Rommels Afrikakorps in großer Zahl zu versenken und erleichterte der britischen Flugabwehr bei der Luftschlacht um England erheblich die Arbeit, weil sie über Angriffsziele, ja sogar die Zahl der beteiligten deutschen Flugzeuge im Vorfeld informiert war.

Rund 75 Jahre später sind die sieben Enigmas aus der Ostsee der Albtraum für jeden Restaurator: voller Sediment, verrostet, im Innern leben sogar Muscheln. Dazu der Materialmix aus Metall, Holz und Kunststoffen. Abhilfe schafft ein hochauflösender CT-Scan aus der Fraunhofer-Einrichtung für Individualisierte und Zellbasierte Medizintechnik IMTE in Lübeck, der die filigranen Strukturen in der Enigma sichtbar macht. »Normalerweise weisen wir mit unserer Technologie Chirurgen den Weg durch den Körper, wenn sie beispielsweise ein elektrisches Tiefenimplantat im Gehirn an einer bestimmten Stelle platzieren wollen, um Parkinson zu therapieren«, erklärt Prof. Thorsten Buzug, Direktor der Fraunhofer IMTE. »Jetzt zeigen wir Restauratoren, wie sie zerstörungsfrei durch die Enigma navigieren können.«

Dafür stellten die Fraunhofer-Forscher die Chiffriermaschine auf einen Drehteller zwischen Röntgenquelle und Detektor, also der Kamera, und bewegten sie Schritt für Schritt um insgesamt 360 Grad. Die Strahlen durchdrangen die Enigma mit einer Energie von 520 Kiloelektronenvolt – rund fünfmal so viel wie in der Medizin genutzt werden, um einen Knochenbruch zu untersuchen. Um das komplette Volumen zu erfassen und die beste Bildqualität zu erreichen, scannten die Forscher die Enigma scheinbar auf unterschiedlichen Höhen. »Wir haben rund 4000 Bilder aus allen Richtungen aufgenommen, insgesamt 170 Gigabyte Rohdaten«, sagt Maximilian Wattenberg, wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung für Individualisierte Diagnostik.

Dabei arbeiteten Wattenberg und seine Kollegen unter Hochdruck: Für die Scans blieb ihnen wenig Zeit, weil die Enigma nur kurz aus ihrem konservierenden Wasserbad genommen werden durfte. »Bei Kontakt mit Sauerstoff rostet sie sehr schnell«, erklärt er. Damit die Röntgenstrahlung den kompakten Klotz nicht in voller Länge durchdringen musste, stellten die Forscher ihn hochkant. So kam wesentlich mehr Strahlung am Detektor an, was die Bildqualität zwar deutlich verbesserte, jedoch die Fixierung der Enigma auf der Drehscheibe erschwerte. Schließlich durfte die Maschine auf keinen Fall umkippen. Befestigungen konnten wegen der korrodierten, extrem empfindlichen Oberfläche nur mit äußerster Vorsicht angebracht werden. Auch das Materialgemisch machte die Tomographie aufgrund der erheblichen Dichteunterschiede anspruchsvoll. Um die hohen Qualitätsanforderungen zu erfüllen, verwendeten Wattenberg und sein Team ein Verfahren, bei dem seriell Ausschnitte der Enigma gescannt wurden. Im Anschluss rekonstruierten sie diese Teilbereiche zu einem Ganzen.

**Ergebnis des Aufwands:** gestochen scharfe Bilder mit einer Auflösung von 139 Mikrometern. Zum Vergleich: Ein Haar hat einen Durchmesser von durchschnittlich 50 bis 80 Mikrometern. Bald sollen die restlichen Enigmen folgen. »So könnte man beispielsweise sehen, welches der Geräte am besten erhalten ist und wo sich eine Restaurierung am ehesten lohnt«, sagt Buzug. Denn für die Wiederherstellung aller fehlt es an Geld und Personal. Dr. Ulf Ickerodt, Direktor des Archäologischen Landesamtes Schleswig-Holstein, betont: »Natürlich möchte man als Archäologe und

»Wir haben rund 4000 Bilder aus allen Richtungen aufgenommen, insgesamt 170 Gigabyte Rohdaten.«

Maximilian Wattenberg, wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Fraunhofer IMTE



75 Jahre schlummerten die Enigmas auf dem Boden der Ostsee, bevor sie Forschungstaucher zufällig entdeckten. Die NS-Verschlüsselungsmaschinen werden zurzeit in großen Wasserwannen gelagert, wo sie ein Jahr entsalzen müssen.



»Wir hoffen, dass wir mit der Hilfe von Fraunhofer einen Weg finden, die Funde in Zukunft so zu digitalisieren und zu speichern, dass die Daten auch langfristig erhalten bleiben.«

Dr. Ulf Ickerodt, Direktor des Archäologischen Landesamtes Schleswig-Holstein

Historiker immer alle Fundstücke konservieren und aufheben, aber das geht nicht. Dafür sind es zu viele.« Bis zu 500 werden dem Amt pro Jahr gemeldet – Objekte aus Rettungsgrabungen, die häufig aufgrund von Tiefbauarbeiten notwendig werden, nicht mitgerechnet.

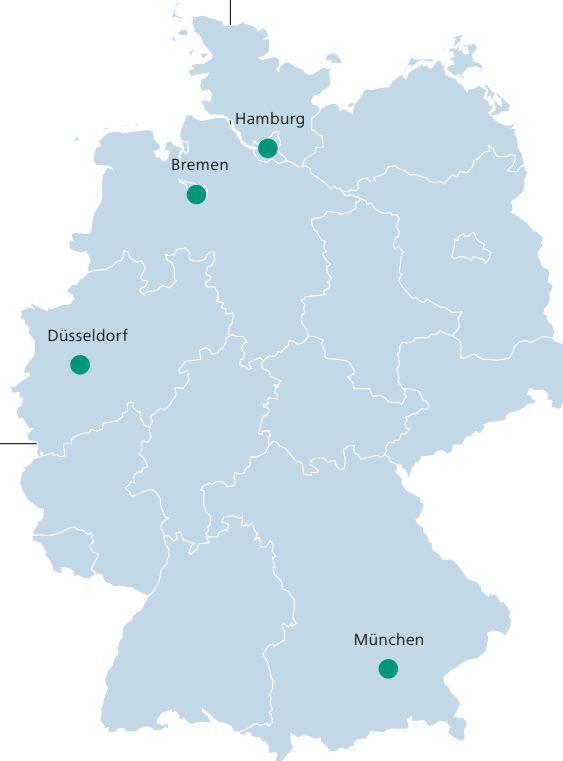
**Die Geschichte der Enigma**, ihre technische Weiterentwicklung und Entschlüsselung ist gut erforscht. Die Wehrmacht ließ bis zu 200 000 dieser kompakten, batteriebetriebenen Geräte produzieren, Dutzende sind erhalten geblieben und werden in verschiedenen Museen weltweit präsentiert. »Dagegen hat ein steinzeitliches Unikat sicher einen höheren archäologischen Wert«, erklärt Ickerodt. Trotzdem sind die Funde für Historiker wertvoll, denn sie könnten wichtige Informationen über die letzten Kriegstage auf der Ostsee liefern. Ickerodt vermutet, dass die Chiffriermaschinen im Zuge des sogenannten Regenbogen-Befehls im Meer entsorgt wurden: Die deutschen Besatzungen sollten ihre Schiffe und U-Boote in den ersten Maitagen des Jahres 1945 selbst versenken, damit sie nicht in die Hände der Siegermächte fielen. Schauplatz dieser Aktion war unter anderem die Geltinger Bucht – der Fundort

der ersten Enigma. Über die Seriennummern der Geräte, die Marinehistoriker auf den CT-Bildern aus der Fraunhofer IMTE zu entdecken hoffen, ließen sie sich möglicherweise bestimmten Schiffen oder U-Booten zuordnen.

»Die Enigma-Scans waren nur der Startschuss, wir wollen in Zukunft die Kooperation mit der Fraunhofer IMTE weiter fortführen und ausbauen«, sagt Ickerodt. In der Digitalisierung sieht er eine große Chance, auch Fundstücke für nachfolgende Generationen zu bewahren, bei denen eine Konservierung und Restaurierung nicht möglich ist. Das digitale Objekt könnte auch in (virtuellen) Ausstellungen einen Platz finden. »Besonders bei komplexen technischen Geräten wie der Enigma ist es für die Besucher doch spannend, auch reinschauen zu dürfen, statt nur von außen drauf«, ist er überzeugt. Die digitale Erfassung per hochauflösender Computertomographie erleichtere zudem erheblich die Forschung – problemlos könnten weltweit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf die detaillierten 3D-Modelle zugreifen. »Wir hoffen, dass wir mit der Hilfe von Fraunhofer einen Weg finden, die Funde in Zukunft so zu digitalisieren und zu speichern, dass die Daten auch langfristig erhalten bleiben.« ■

## Fraunhofer vor Ort

**Stand: Mitte Juni.** Aufgrund der Pandemie kann es zu Änderungen kommen. Bitte beachten Sie die Informationen der Veranstalter.



-  **Amsterdam, NL**  
**3.–6. Dezember 2021**  
**IBC**  
 Weltweite Fachmesse für Film-, Fernseh- und Rundfunkproduktion.  
[www.show.ibc.org](http://www.show.ibc.org)

-  **München 7.–12. September 2021**  
**IAA mobility**  
 Neu ausgerichtet auf ganzheitliche Mobilität, intelligente Verkehrslösungen und visionäres Denken – alles, was Mobilität von morgen formt und erlebbar macht.  
[www.iaa.de/de/mobility](http://www.iaa.de/de/mobility)
-  **Hamburg 11.–15. Oktober 2021**  
**ITS World Congress**  
 Weltkongress zur Förderung der intelligenten Mobilität und Digitalisierung des Verkehrs.  
[www.itsworldcongress.com](http://www.itsworldcongress.com)
-  **Bremen 16.–18. November 2021**  
**Space Tech Expo**  
 Fachmesse für Technik und Innovation im Bereich Raumfahrt.  
[www.spacetechexpo.eu](http://www.spacetechexpo.eu)
-  **Düsseldorf 15.–18. November 2021**  
**Medica/Compamed**  
 Weltführende Informations- und Kommunikationsplattformen für die Medizintechnik-Branche.  
[www.medica.de](http://www.medica.de)

## Fraunhofer-Magazin

Das Magazin für Menschen, die Zukunft gestalten

Wollen Sie das Fraunhofer-Magazin sofort bei Erscheinen in Ihrem Briefkasten? Bestellen Sie direkt online unter <http://s.fhg.de/bestellen>





»Spiel ist für mich einfach immer  
sehr ernst zu nehmen.«

Jan von Holleben, Fotograf



Der Berliner Jan von Holleben arrangierte und fotografierte die Gründer und ihre Ideen für dieses Fraunhofer-Magazin. Er gibt zu: »Es war vielleicht manchmal etwas unbequem«. Freude hatten Fotograf und Fotografierte dennoch.