

Fraunhofer

Das Magazin für Menschen, die Zukunft gestalten

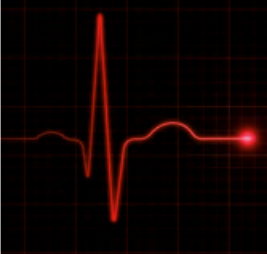
»Rückenwind für die Forschung!«
Ministerin Stark-Watzinger im Interview

Wir haben die Energie!

Sonne, Wind, Wärme – bereit für die Wende

Dr. Andrea Herbst,
Fraunhofer ISI

**Auto der Zukunft,
Mobilität der Zukunft**
Mehr Diversität für
unsere Straßen



Von Herzen
Forschung am
Puls des Lebens –
neue Techniken,
neue Therapien

The Quantum Breakthrough

FUTURAS IN RES, Berlin

Save the new date:
Sept. 28 – 29, 2022

The second generation quantum technologies have already resulted in an increasing number of practical applications and bear a high innovation potential for the years to come. Our invited international experts from research and industry

will present you the latest R&D advancements and applications in the visionary areas of Quantum Imaging & Optics, Quantum Communication, Quantum Sensing and Quantum Computing. Find out more: www.fraunhofer.de/fir2022

Editorial

Vorreiter in der Veränderung

Die Zukunft und die für ihre erfolgreiche Gestaltung erforderlichen Veränderungen gehören zur DNA der Fraunhofer-Gesellschaft. Die weltweit führende Organisation für anwendungsorientierte Forschung mit bald 30 000 Mitarbeitenden in 75 Instituten stellt sich den aktuellen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Herausforderungen. Hierzu zählen Fragen des klimaneutralen Forschungsbetriebs ebenso wie die Ausrichtung auf missionsorientierte Forschung zur Bewältigung großer gesellschaftlicher Herausforderungen: Klimawandel, Gesundheit, die Steigerung von Impact für Wirtschaft und Gesellschaft.

Mit dem Kompetenzprofil ihrer Institute ist die Fraunhofer-Gesellschaft gut gerüstet und schafft mit der Fraunhofer Agenda 2030 die notwendigen Rahmenbedingungen. Profilierte Leistungsbereiche müssen Exzellenz im Transfer ebenso sicherstellen wie eine Partizipation an öffentlich geförderten Großprojekten und Forschungsinfrastrukturen. Mit Blick auf die vor uns liegenden Aufgaben und das inhaltliche und kapazitive Wachstum in den vergangenen sechs Jahren fokussiert sich die Fraunhofer-Gesellschaft künftig zudem mit einem weiteren Forschungsvorstand systematisch auf Forschungsinfrastrukturen, Bau, Einkauf sowie die Digitalisierung und den Aufbau eines Wissensmanagements.

In Bezug auf die Klimaneutralität hat sich Fraunhofer zu dem Ziel bekannt, die eigene Organisation bis 2030 klimaneutral zu gestalten. Zur Erreichung dieses Ziels müssen die klimawirksamen Treibhausgasemissionen um mindestens 55 Prozent reduziert und durch Kompensationsmaßnahmen ausgeglichen werden. Bis zum Jahr 2045 wird sich Fraunhofer der Herausforderung stellen, die THG-Emissionen auf nahezu null zu senken. Für die Umsetzung dieses umfassenden Transformationsprozesses soll die Einrichtung eines Fraunhofer-Reallabors »klimaneutraler Wissenschaftsbetrieb« organisatorische Unterstützung leisten.

Anwendungsorientierte Forschung und die damit verbundene Generierung von ökonomischem, ökologischem und sozialem Impact zeichnen die Fraunhofer-Gesellschaft besonders aus. Zur Unterstützung der deutschen Wirtschaft in und nach der Corona-Pandemie investieren wir in diesem Jahr erneut mehr als 70 Millionen Euro Sondermittel für



Prof. Reimund Neugebauer

30 institutsübergreifende und systemrelevante Forschungsprojekte, die einen nachhaltigen Innovationspush in der Wirtschaft bewirken. Für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) hat Fraunhofer das Programm KMU-akut mit einem Volumen von zehn Millionen Euro aufgelegt.

Als den Reichtum seiner Heimat, als »Ersatz für die Güter, welche die Natur in allzu kärglichem Maße ausgestellt hat«, hat schon Alexander von Humboldt das »Wissen und Erkennen« bezeichnet. In seinem »Entwurf einer physischen Weltbeschreibung« hat er bereits vor 150 Jahren die Lage Deutschlands, wie sie noch 2021 gilt, treffend beschrieben. Nicht Rohstoffe, sondern Wissen und Erkennen sind der »Reichtum« Deutschlands.

Lassen Sie uns dieses Wissen gemeinsam nutzen, um Veränderungen organisch und zum Wohle aller zu erreichen. Denn um es noch einmal mit Alexander von Humboldt zu sagen: »Ideen können nur nützen, wenn sie in vielen Köpfen lebendig werden.«

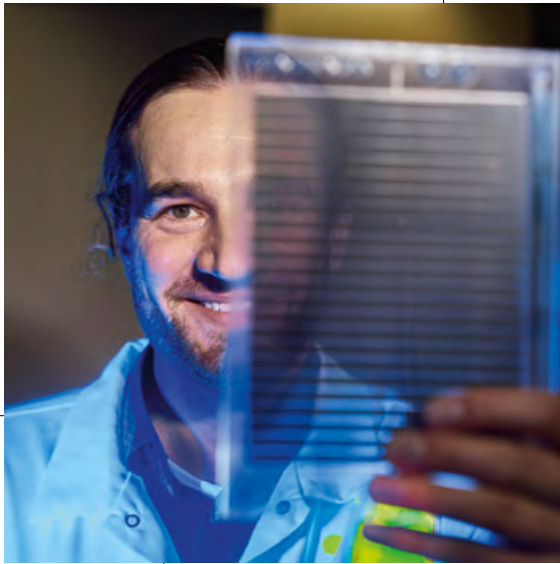
Ihr

Reimund Neugebauer
Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft

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



Inhalt



26 Wie bringen Sie die Windräder in Schwung, Frau Schwesig?

Mecklenburg-Vorpommern hat viel Wind und wenig Windenergie. Sie will das ändern: Ministerpräsidentin Manuela Schwesig im Interview.

10 Titel Wir haben die Energie!

Regenerativ lautet das Ziel der neuen Bundesregierung. Wie die Energiewende gelingen kann, wissen Fraunhofer-Forschende.

03 Editorial

06 Kurz gemeldet, Impressum

08 **Frau Stark-Watzinger, wofür braucht die Forschung mehr Rückenwind?**

Die neue Bundesministerin für Bildung und Forschung im Interview

10 **Wir haben die Energie!**

Klimaneutralität ist zu schaffen. Fraunhofer unterstützt mit neuen Lösungen

24 **3 x 3 Fragen**

Warum Fraunhofer-Forschende optimistisch sind für die Energiewende

26 **Frau Schwesig, wie bringen Sie die Windräder in Schwung?**

Mecklenburg-Vorpommerns wiedergewählte Ministerpräsidentin im Interview



38 Verkehr Mobil – aber wie?

Das Auto der Zukunft braucht Konzepte der Zukunft. Wie Fraunhofer hilft, den Verkehr neu zu organisieren.

38 Mobilität von morgen:

Für jeden Zweck das passende Mittel

Der Verkehr organisiert sich neu. Die Diversität nimmt zu – auch auf den Straßen. Clevere technische Lösungen und innovative Konzepte schaffen ganz neue Möglichkeiten, auch in Zukunft mobil zu bleiben

42 »Von Verboten halte ich nichts!«

Prof. Uwe Clausen, Vorsitzender der Fraunhofer-Allianz Verkehr, ist überzeugt von der Kraft eines kreativen Ideenwettbewerbs: »Technologien, die nicht gut sind, verschwinden ganz von selbst.«

46 Per Smartphone sicher unterwegs

Ohne Stau und Unfall durch den Stadtverkehr navigieren – vernetzte Kommunikation macht's möglich

48 »Unser Ziel ist es, dass das letzte Auto, das ein Lenkrad haben wird, ein Porsche ist.«

Autonom fahren können – aber lieber selbst fahren wollen: Marketing-Vorstand Detlev von Platen über die Zukunft einer deutschen Legende

30 Mit dem Mikro-U-Boot ins Gehirn

Krebs, Aneurysmen: Wie ein winziger Roboter Medikamente im Körper transportiert

32 Wo ist Emma?

Personensuche, Fahndung: In enger Zusammenarbeit mit Fraunhofer hat die Polizei ein neues Werkzeug bekommen

35 Staffellauf des Wissens, Folge 3

Wann wird Deutschland seinen Primärenergiebedarf regenerativ decken können? Antworten von Prof. Hans-Martin Henning

51 Wie Mathematik Diamanten zum Strahlen bringt

Zuschnitt und Schliff entscheiden über den Wert. Eine Software des Fraunhofer SCAI optimiert die Verfahren

52 Wenn der Avatar dem Arzt hilft

Mehr Tempo im Notfall: Das Patientenaufnahme-System TEDIAS nutzt die Wartezeit des Patienten

32 Wo ist Emma?

Und plötzlich ist das Kind weg! Fraunhofer hilft der Polizei mit einem neu entwickelten Messenger bei der Suche.



68 Die Welt trägt Maske

Monat für Monat verbraucht die Welt 129 Milliarden Mund-Nase-Masken. Fraunhofer-Forschenden gelingt die Kreislauflösung.

54 Kevin macht durch

Der mobile Laborroboter kann nächtelang PCR-Tests auswerten – zuverlässig und ermüdungsfrei!

56 Pflegebetrügern auf der Spur

Häufig kratzt die Kripo nur an der Oberfläche – das kann sich durch eine neue Software jetzt ändern

58 Lösungen für ein gesundes Herz

Fachleute am Fraunhofer IPK und Fraunhofer IKTS wollen Patienten eine bessere Zukunft ermöglichen

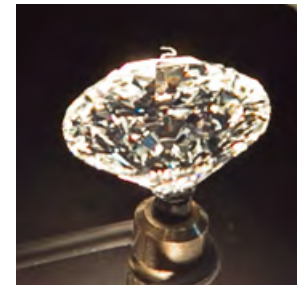
60 Grünes Licht für Phase 2

Prof. Thomas Thum ist einer der Pioniere der RNA-Therapie – und hat sie erfolgreich gegen eine Herzerkrankung getestet

62 Fraunhofer international

64 Stimme aus der Wirtschaft

Das Logistikunternehmen Dachser SE erwirtschaftet mehr als fünf Milliarden Euro Umsatz. CDO Stefan Hohm arbeitet daran, der Branche mit Open Logistics neue Möglichkeiten zu erschließen



51 Glitzernde Schönheiten

Erst der Schliff bringt Diamanten zum Strahlen. Fraunhofer hilft mit Mathematik.

66 Foto & Fraunhofer

2022 startet Fraunhofer gleich doppelt ins Weltall – mit einem Messinstrument, das im Klimawandel den Wasserkreislauf auf der Erde messen soll, und dem Nanosatelliten ERNST

68 Die Welt trägt Maske

So kommt das Massen-Utensil der Pandemie in den Kreislauf

71 Fraunhofer vor Ort

47 Prozent der deutschen Bevölkerung können sich bereits jetzt die Anschaffung eines Elektro-Autos vorstellen, ermittelte das »Soziale Nachhaltigkeitsbarometer 2021« – trotz Mängel bei der Ladeinfrastruktur. Die repräsentative Studie zeigt: Rund die Hälfte der Befragten ist bereit für die Verkehrswende. Sie soll aber bezahlbar bleiben.

47%

Kurz gemeldet



Laub könnte klimaneutrale Energie liefern – und auch noch als Dünger dienen.

Laub besser nutzen

Laub verrottet langsam, brennt aber gut. Forschende des Fraunhofer-Instituts für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT wollen es daher zur klimaneutralen Energiegewinnung in Biomassefeuerungen nutzen. Selbst die Asche ließe sich noch verwerten: Die darin enthaltenen Nährstoffe könnten sich als Dünger eignen.

Im Herbst fallen in deutschen Städten und Kommunen 620 000 bis 740 000 Tonnen Laub – mehr als die gesamte jährliche Abfallmenge der Millionenstadt Köln. Um rutschige Straßen, Gehwege und verstopfte Straßenrinnen zu vermeiden, muss die Straßenreinigung das Laub zeitnah beseitigen. Üblicherweise landet die gesammelte Biomasse auf Kompostieranlagen. Das Problem: Dort blockiert es verhältnismäßig lange die Kapazitäten.

Eine alternative Verwertung könnte die Verbrennung sein. Dabei ist die inhomogene Zusammensetzung des Laubs jedoch eine Herausforderung. Erdanhaftungen, Steine oder Sand verunreinigen es. Bis zu 50 Prozent der Asche stammen nicht aus den welken Blättern, was die spätere Nutzung als Dünger erschwert. Hinzu kommen, je nach Witterung, die unterschiedlichen Feuchtegehalte und ein saisonal stark abweichendes Aufkommen. Um konstant einen kosteneffizienten und nachhaltigen Brennstoff zu erhalten, werden daher in dem Projekt LaubCycle entsprechende Aufbereitungs- und Lagerungsverfahren untersucht. ■

3D-Modell hilft Frühchen retten

Die Lunge ist bei Frühgeburten vor der 35. Schwangerschaftswoche noch nicht vollständig ausgereift. Dadurch sind die Atemwege anfällig für Komplikationen. Dr. Claire Fabian vom Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI hat zusammen mit ihrer Kollegin Dr. Mandy Laube von der Universität Leipzig ein innovatives dreidimensionales Zellkulturmodell erstellt, ein sogenanntes Organoid der unreifen Lunge. Es soll die Entwicklung neuer Therapien und Wirkstoffe für Frühgeborene erleichtern und Tierversuche überflüssig machen.

Organoide spiegeln wesentliche Aspekte der strukturellen Gewebeorganisation und Organfunktion wider und können zur Modellierung von Entwicklungs- und Krankheitsprozessen verwendet werden. Das neue 3D-Modell bildet die Lunge in ihrer vorgeburtlichen Entwicklung ab und ermöglicht, die Organreifung zu untersuchen und



Droht eine Frühgeburt, wird in der Regel mithilfe von Kortison die Lungenreifung beschleunigt.

die für das frühgeborene Kind lebenswichtigen Funktionen zu verbessern.

Eine Störung der fetalen Lungenentwicklung kann schwerwiegende klinische Folgen für das Neugeborene haben wie das akute Atemnotsyndrom oder die chronische Lungenerkrankung Bronchopulmonale Dysplasie, die unter anderem zu einem dauerhaft erhöhten Sauerstoffbedarf und vermehrten Atemwegsinfekten führt. ■

Porzellan-Kunst aus dem Drucker

Mit einem innovativen 3D-Druckverfahren ist es dem Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS gelungen, wertvolle Exponate der weltberühmten Dresdener Porzellansammlung zu restaurieren. Begründet wurde die Sammlung von August dem Starken Anfang des 18. Jahrhunderts. Einige Jahre lang war er in Europa der Einzige, der das Geheimnis der Herstellung des exotischen Materials aus China kannte.

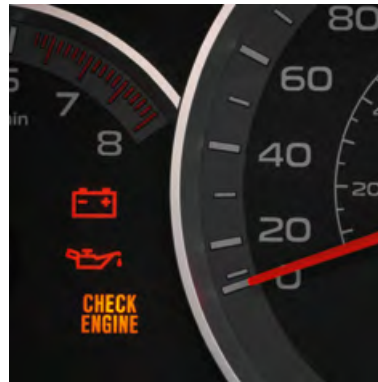
Die neue Methode des Fraunhofer IKTS erlaubt es zukünftig, Porzellan Kunst detailgetreuer und langlebiger als bisher zu restaurieren. Aktuell müssen Restauratoren die benötigten Kleinteile entweder händisch aus Porzellan formen oder auf nicht dauerhaft beständige Kunststoffe ausweichen, wenn sie 3D-Drucker einsetzen wollen. »Nun wird es möglich, höherwertige oder sogar originalgetreue Materialien wie eben Porzellan zu verdrucken«, erklärt Dr. Tassilo Moritz, der das Projekt RestaurAM im Fraunhofer IKTS geleitet hat.

»Die Resultate sind grandios«, bestätigt Restauratorin Heike Ulbricht von den Staatlichen Kunstsammlungen Dresden. »Dieses Verfahren hat das Potenzial, sich zu einer wichtigen Ergänzung für die Restaurierung wertvoller Kunstgegenstände aus Porzellan zu entwickeln.« Zudem hofft sie auf einen Schub für den digitalen Austausch zwischen nationalen wie auch internationalen Kunstsammlungen. Denn die Vasenfragmente müssen für den 3D-Druck zuvor eingescannt werden. Die dabei entstehenden 3D-Daten könnten Museen in Zukunft mit ähnlichen, aber an anderen Stellen beschädigten Exponaten abgleichen. ■

Der abgebrochene Rüssel der historischen Elefantenkopfvase konnte durch das neue Verfahren originalgetreu rekonstruiert werden.



Fotos: Chris Lawton/unsplash, Adobe Stock, Adrian Sauer/Porzellansammlung, Staatliche Kunstsammlungen Dresden, istockphoto



Die Energie- und Ökobilanz lässt sich mit reibungsarmen Motoren und Getrieben deutlich verbessern.

Läuft wie geschmiert

An nahezu reibungsfreien Motoren und Getrieben arbeiten Forschende des Fraunhofer-Instituts für Werkstoff- und Strahltechnik IWS. Verbesserte superharte Kohlenstoffbeschichtungen sollen beispielsweise Elektrofahrrädern mehr Reichweite pro Akkuladung verschaffen oder helfen, Industriemaschinen energieeffizienter zu betreiben, weil Reibung und Abwärme reduziert werden.

Das Konzept: Die Ingenieure versetzen die bereits reibungsarmen Kohlenstoffschichten im Motor zusätzlich mit Fremdatomen zum Beispiel aus Bor. Im Motor verbinden sich die Fremdatome dann chemisch mit bestimmten Schmierstoffmolekülen und erzeugen im laufenden Betrieb ultraschmierende Grenzflächen. Im Vergleich zu heutigen Lösungen sollen sie die Reibung im Motor halbieren. Die Forschenden schätzen, dass reibungsärmere Motoren allein in Deutschland jährlich bis zu zwei Terawattstunden Energie und damit rund 520 Kilotonnen CO₂ einsparen könnten. Das entspricht in etwa der Energie, die 800 000 Zweipersonenhaushalte in einem Jahr verbrauchen. Die ersten ultraschmierenden Motoren aus dem Forschungsprojekt »Prometheus« treiben voraussichtlich ab 2025 Serienfahrzeuge an. ■

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:

Roman Möhlmann (V.i.S.d.P.),
Josef Oskar Seitz (Chefredaktion),
Dr. Sonja Endres

Redaktionelle Mitarbeit:

Dr. Janine van Ackeren, Mandy Bartel,
Christine Broll, Meike Grewe, Sirka
Henning, Michael Krapp, Dr. Monika
Offenberger, Tim Schröder, Franziska
Sell, Mehmet Toprak, Britta Widmann

Layout + Litho:

Vierthaler & Braun

Titelbild und Fotografie der Titelstrecke »Energie«:

Johannes Arlt

Fotograf »Mobil – aber wie?«:


Heinz Heiss


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/fraunhofer

 **Klimaneutral**
Druckprodukt
ClimatePartner.com/1586-2110-1016

 **MIX**
Papier aus verantwortungsvollen Quellen
www.fsc.org FSC® C022647

»Der finanzielle Rückenwind sollte spürbar sein«

Zum ersten Mal seit 1965 besetzt die FDP Finanz- und Forschungsministerium. Die neue Forschungsministerin Bettina Stark-Watzinger über ihren Ehrgeiz, ihre Neugier und ihre Pläne für die Forschung in Deutschland.

Interview: Josef Oskar Seitz

Interview



Bettina Stark-Watzinger, 53, ist am 8. Dezember als Bundesministerin für Bildung und Forschung vereidigt worden. Vor ihrer Politik-Karriere leitete die Diplom-Volkswirtin als Geschäftsführerin das heutige Leibniz-Institut für Finanzmarktforschung.

Frau Stark-Watzinger, Ihr Motto ist: »Die Zukunft gehört denen, die etwas tun.« Was werden Ihre ersten Zukunftsaufgaben sein, die Sie angehen als Ministerin für Bildung und Forschung?

Bettina Stark-Watzinger: Als Koalition wollen wir mehr Fortschritt wagen. Dabei kommt Bildung und Forschung eine Schlüsselrolle zu. Sie sind die bedeutendsten Fortschrittsbeschleuniger unseres Landes. Es ist mein Ehrgeiz, auf das bisher Erreichte aufzubauen und zügig die Projekte des Koalitionsvertrages in meinem Bereich anzustoßen.

Die Corona-Pandemie hat den notwendigen Modernisierungsschub in der Bildung offengelegt. Deshalb liegt mir die Beschleunigung und Entbürokratisierung des Digitalpakts besonders am Herzen. Das BAföG soll reformiert und elternunabhängiger gemacht werden. Und mit dem Startchancen-Programm wollen wir denjenigen Kindern und Jugendlichen zusätzliche Unterstützung geben, die sie besonders brauchen. Die vielfältigen Herausforderungen können wir nur mit Forschung und Transfer bewältigen. Handlungsfelder sind exzellente Forschung, Daten und die Agenturen.

Sie selbst haben ja vor Ihrer Politik-Karriere als Geschäftsführerin ein Forschungsinstitut geleitet. Was haben Sie davon mitgenommen für Ihre neue Aufgabe?

Ich habe in dieser Zeit einen tiefen Einblick in den Alltag von Forscherinnen und Forschern und großen Respekt vor ihrer Arbeit bekommen. Ihre Neugierde begeistert mich bis heute jeden Tag. Ich habe mir vorgenommen, auch so neugierig zu bleiben. Als Ökonomin war es für mich natürlich naheliegend, in der finanzwissenschaftlichen Forschung tätig zu sein, in der ich mich zu Hause fühle. Zudem habe ich dadurch selbst erlebt, welche Herausforderung es ist, Forschung

überhaupt erst möglich zu machen, zum Erfolg zu führen und nachhaltig zu finanzieren. Das hilft mir nun als Bundesforschungsministerin. Dazu ein Beispiel: Mir ist wichtig, dass die Balance zwischen Grundfinanzierung und Projektförderung ausgewogen ist. Die Grundfinanzierung darf nicht zugunsten der Projektmittel abgeschmolzen werden.

Wir gehen gerade von einem Krisenjahr 2021 in ein Jahr 2022, das wieder in der Krise beginnt. Was erwarten Sie sich von der Forschung, um Deutschland resilienter zu machen?

Die Wissenschaft leistet hier bereits Hervorragendes, von der Gesundheits- über die Arbeits- bis zur Klimaforschung. Zunächst einmal ist es jedoch Aufgabe der Politik, unsere Gesellschaft widerstandsfähiger zu machen – im umfassenden Sinne. Resilienz bedeutet nicht nur, eine konkrete pandemische Lage oder ein einzelnes Extremwetterereignis schnell und gut zu meistern. Sondern Deutschland muss in Gänze resilienter werden. Das gilt mit Blick auf die Energie- und Rohstoffversorgung, und natürlich auch mit Blick auf die Wettbewerbsfähigkeit im Allgemeinen. Nur so sichern wir auch langfristig unsere Zukunftsfähigkeit und Chancen. Die neue Bundesregierung will deshalb die Souveränität Deutschlands und Europas in dieser Frage

weiter erhöhen. Denn wir wollen diese und künftige Krisen rasch und verantwortungsbewusst überwinden. Forschung kann uns dabei helfen, indem sie möglichst frühzeitig Risiken identifiziert und mögliche Lösungen vorausdenkt und erprobt. Meine Erwartung ist, dass auch künftig Forschung die Grundlage dafür legen wird, dass wir evidenzbasiert politisch entscheiden können, auch unter hohem zeitlichem Druck in aktuellen Notlagen. Mir ist es daher sehr wichtig, Forschungsförderung so auszurichten, dass zukunftssträchtige Innovationen möglich werden, ausgehend von der Grundlagenforschung über die angewandte Forschung bis zur experimentellen Entwicklung. Eine wichtige Voraussetzung für diese Innovationskraft ist dabei Technologieoffenheit. In der Pandemie waren wir auch deswegen in der Lage, eine schnelle wissenschaftliche Antwort zu finden, weil auf relevante Grundlagenforschung zurückgegriffen werden konnte. Deshalb wollen wir die freie, von wissenschaftlicher Neugier getriebene Grundlagenforschung weiterhin so umfassend unterstützen.

Mein Anspruch ist: Weltspitze bis hin zum Nobelpreis-Niveau. Eine zentrale Rolle wird grünen Zukunftstechnologien für klimaneutrale Energieträger und ressourceneffizientes Wirtschaften zukommen. Ich erwarte, dass wir hier in den nächsten Jahren wissenschaftliche Durchbrüche erzielen, die Deutschland zum globalen Technologievorreiter für die Themen Klima, Energie und Kreislaufwirtschaft machen.

Herzlichen Glückwunsch, Sie haben einen guten Draht zum Finanzminister – zum ersten Mal seit 1965 besetzt die FDP diese beiden Ministerien. Wofür braucht die Forschung mehr finanziellen Rückenwind? Angesichts der Herausforderungen, vor denen unser Land steht, wie Digitalisierung, Demografie und Klimawandel, sollte der finanzielle Rückenwind schon deutlich spürbar sein. Wir brauchen ihn für mehr Innovation, Wettbewerbsfähigkeit und klimaneutralen Wohlstand. Deshalb haben wir das 3,5-Prozent-Ziel im Koalitionsvertrag verankert. Ich möchte, dass dieser Rückenwind genutzt wird, um den wissenschaftlichen Fortschritt zu erzielen, den wir dringend brauchen.

Auch damit schaffen wir Chancen. Handlungsbedarf sehe ich insbesondere beim Erreichen unserer Klima- und Nachhaltigkeitsziele. Zudem wird der internationale Wettbewerb auch in Schlüsseltechnologien wie der Künstlichen Intelligenz oder den Quantentechnologien weiter zunehmen. Deutschland muss und will in dieser

sich ändernden globalen Lage ein starker Akteur sein und seine technologische Souveränität im europäischen Verbund weiter ausbauen. Die weltweite Sichtbarkeit, die Deutschland durch die Entwicklung des ersten mRNA-Impfstoffs erlangt hat, wollen wir nutzen, um zum international führenden Biotechnologie-Standort zu werden. Den Rückenwind für die Forschung erzeugen wir aber nicht allein durch zusätzliches Geld. Durch eine regelmäßige und umfassende Wirkungsprüfung werden wir außerdem die Effektivität und Effizienz von staatlichen Maßnahmen generell bewerten und uns neue Spielräume erarbeiten.

»Ich habe selbst erlebt, welche Herausforderung es ist, Forschung möglich zu machen!«

Bettina Stark-Watzinger

Für die FDP – und auch für Fraunhofer – stehen Klimaschutz und Wirtschaftswachstum nicht im Widerspruch. Energiewende, Verkehrswende, Kreislaufwirtschaft sind in diesem Fraunhofer-Magazin wieder die großen Themen unserer Forschungsgesellschaft. Was werden Sie tun, um Forschungsergebnisse noch schneller in die Anwendung und in die Wirtschaft zu bringen?

Deutschland ist in einer guten Startposition. Wir müssen aber die Vernetzung zwischen Wissenschaft

und Wirtschaft und den Transfer deutlich verbessern. Dabei ist für mich Transfer keine Einbahnstraße von der akademischen Forschung in die Wirtschaft, sondern ein Kreislauf. Das bedeutet, dass diejenigen, die Forschungsergebnisse am Ende anwenden oder Prototypen weiterentwickeln, von Anfang an in den Forschungsprozess eingebunden werden. Dies können Expertinnen und Experten aus der Wirtschaft, aber auch professionelle Anwender wie Ärztinnen und Ärzte oder die Bürgerinnen und Bürger als Nutzer sein.

Ein Schwerpunkt wird die Gründung und der Aufbau der Deutschen Agentur für Transfer und Innovation (DATI) sein, die soziale und technologische Innovationen insbesondere an den HAW sowie den kleinen und mittleren Universitäten in Zusammenarbeit unter anderem mit Start-ups, kleinen und mittleren Unternehmen sowie sozialen und öffentlichen Organisationen fördert. Weiterhin werden wir Innovationsregionen nach britischem Vorbild schaffen und dafür Handlungsspielräume des nationalen wie europäischen Rechts nutzen und ausweiten. Ich setze hierbei auf eine missionsorientierte Forschungspolitik, die frühzeitig alle Beteiligten und insbesondere die späteren Anwender einbindet. Die Chancen der Digitalisierung werden wir nutzen und Datenpotenziale gezielt heben. Die Innovationsförderung des Bundes soll für gesellschaftliche, soziale und ökologische Innovationsvorhaben konsequent geöffnet werden. ■

Titel

Sonnenenergie nutzen, ohne für die Produktion von Solarzellen zu viel CO₂ zu verbrauchen: Daran arbeitet Lukas Wagner vom Fraunhofer ISE.

Wir haben die Energie!

Die Wende ist machbar:
Sonne, Wind, Wasserstoff, Geothermie –
viele Wege führen zum Ziel.

Von Dr. Janine van Ackeren, Fotografie: Johannes Arlt

Es ist kalt geworden in Deutschland, und der Winter macht es deutlich: Energie ist lieb – und teuer. Das spürt der Autofahrer bei deutlich gestiegenen Preisen an den Zapfsäulen. Das fühlt auch jeder, der es in der Wohnung warm haben will. Vervielfacht hat sich der Gaspreis, allein von April bis November ist er um 400 Prozent gestiegen. Doch wächst nicht nur der Druck, Energie intelligent zu steuern und einzusparen. Für den Einzelnen bieten erneuerbare Energien dank deutlich gesunkener Preise immer mehr Chancen, billig und umweltfreundlich seinen Energiebedarf zu decken. Für die Gemeinschaft geht es ums Klima. Das Klimaschutzgesetz gibt das Ziel

2045« veröffentlicht. Die Ergebnisse in Kurzform: erneuerbarer Strom, grüner Wasserstoff und grüne E-Fuels werden die wichtigsten Energieträger. Die erneuerbaren Energien müssen bis 2030 massiv ausgebaut werden. Der Ausstieg aus der Kohleenergie wäre demnach tatsächlich 2030 möglich – was die Regierungsparteien in ihrem Koalitionsvertrag als Ziel »idealerweise« festgeschrieben haben.

Die Forscherinnen und Forscher analysierten sechs verschiedene Szenarien zur Erreichung der Klimaziele, dazu vier Technologieschwerpunkte: direkte Elektrifizierung, Wasserstoff, synthetische E-Fuels wie Methan und einen Energiemix. Beteiligt waren aus dem Fraunhofer-Exzellenz-

»Wir können die Klimaneutralität bis 2045 erreichen. Doch ist das mit sehr großen Anstrengungen verbunden.«

Dr. Andrea Herbst, Fraunhofer ISI



vor, Deutschland bis 2045 zu einem klimaneutralen Land werden zu lassen. Dafür muss die Netto-Emissionsbilanz auf null gedrückt werden. Als Zwischenziel bis 2030 sollen die Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 um mindestens 65 Prozent gesenkt werden. Es gibt eine gute Nachricht. »Wir können die Klimaneutralität bis 2045 erreichen«, sagt Dr. Andrea Herbst. Allerdings fügt die wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer-Institut für System und Innovationsforschung ISI auch gleich hinzu: »Doch ist das mit sehr großen Anstrengungen verbunden.«

Zusammen mit mehr als 50 Forschenden aus diversen Institutionen hat Herbst kürzlich die Studie »Ariadne – Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität

cluster CINES neben dem Fraunhofer ISI auch die Fraunhofer-Institute für Solare Energiesysteme ISE, für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE sowie die Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG.

Die Ziele sind ehrgeizig. In der Industrie müssten die CO₂-Emissionen schon bis 2030 um 57 Prozent reduziert werden. »Sehr herausfordernd sind insbesondere Hochtemperaturprozesse wie Öfen und die Dampferzeugung, ebenso die Prozessemissionen, die durch chemische Reaktionen entstehen«, erklärt Herbst, Co-Leiterin des Ariadne-Arbeitspakets Industriewende. Es sind daher schnell Investitionen nötig, ebenso ein Austausch von Anlagen, bevor diese ihr Lebenszeitende ►

Leuchtende Zukunft: In der Ariadne-Studie sieht Dr. Andrea Herbst Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität.



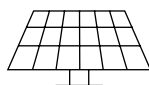
erreicht haben. Dazu kommt: Die Industrie muss von bisher günstigen Energiequellen auf zunächst teurere nachhaltige Energiequellen wie Strom oder Wasserstoff umschwenken. Dies ist nur mit einer Erweiterung des regulatorischen Rahmens, welche deutlich über die derzeit implementierten und beschlossenen Maßnahmen hinausgeht, möglich – Stichworte CO₂-Bepreisung, Forschungs- und Investitionsförderung, Schließung der Wirtschaftlichkeitslücke und Ordnungsrecht. Wichtig auch: Strom und Wasserstoff müssen rund um die Uhr und in ausreichenden Mengen zur Verfügung stehen. »Die Versorgungssicherheit ist da ein ganz großes Thema«, sagt Herbst. Auch im Bereich der Wärmewende sind die Ziele sportlich: Bis 2030 muss die jährliche Sanierungsrate auf 1,5 bis zwei Prozent steigen, fünf Millionen Wärmepumpen müssen installiert und etwa 1,6 Millionen Gebäude neu an das Fernwärmenetz angeschlossen sein. Kurzum: Um Deutschland in weniger als 25 Jahren klimaneutral zu machen, ist die neue Bundesregierung gezwungen, sehr schnell sehr viel auf den Weg zu bringen.

Wie die Energiewende gelingen kann, hat der Fraunhofer-Verbund CINES weiterhin in einer Energiesystemanalyse untersucht – und sieben Empfehlungen für die neue Bundesregierung ausgesprochen. So raten die Experten beispielsweise dazu, für die Industrie einen klaren Rahmen zu schaffen und Unternehmen auf diese Weise Investitionen in CO₂-neutrale Produktionstechniken zu erlauben. Auch gilt es, Perspektiven für die Abscheidung und Speicherung von CO₂ zu erarbeiten. Und: Ein stark beschleunigter Ausbau von Wind- und Solarenergie ist das Rückgrat der Energiewende.

Die Sonne

»Nimmt man an, dass sich die Menschheit als Ganzes für die kostengünstigste Alternative entscheidet, kommt man zu dem Ergebnis, dass die Photovoltaik die wich-

tigste Energiequelle werden wird«, sagt Dr. Jan Christoph Goldschmidt, langjähriger Mitarbeiter am Fraunhofer ISE und seit Kurzem Professor für Experimentalphysik an der Philipps-Universität Marburg. »Rund die Hälfte des weltweiten Stroms muss langfristig von der Sonne kommen. Das heißt: 2050 sollten 20 bis 80 Terawatt



Die Bedeutung der Photovoltaik wächst rasant: durchschnittlich jedes Jahr um 38 Prozent. Waren Anfang der 1990er-Jahre weltweit erst rund 100 000 Kilowatt installiert, kam der Sonnenstrom **2020 bereits auf 700 Millionen Kilowatt**. Bleibt es bei diesem Wachstum, werden **2035 etwa 60 Milliarden Kilowatt** installiert sein.

Photovoltaik-Leistung installiert sein, 2100 dann 80 bis 170 Terawatt.« Zum Vergleich: Ein Atomkraftwerk hat eine Leistung von etwas über einem Gigawatt, also 0,001 Terawatt.

Doch ist mit einem solchen Ausbau der Photovoltaik ein hoher Ressourcenbedarf verbunden. Eine neue Studie des Fraunhofer ISE und des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung PIK beleuchtet dieses Manko. Das Ergebnis: Ein derart ra-

santes Wachstum der Photovoltaik ist durchaus möglich. Doch braucht es dafür sowohl effizientere Herstellungstechnologien als auch Recyclingstrukturen für die Altanlagen. »Um das Ziel zu erreichen, müssen wir mit voller Kraft die heutigen Solarzellen installieren und gleichzeitig die Innovation vorantreiben«, betont Goldschmidt. Die Entwicklung bei den Solarzellen lässt sich über Lernkurven beschreiben: So ist nicht nur der Preis stetig gesunken, sondern auch der Energiebedarf bei der Herstellung sowie der Silberverbrauch.

Allerdings dürfte im Jahr 2100 mehr Glas für die Photovoltaikproduktion benötigt werden, als derzeit weltweit hergestellt wird. Kritisch könnte die Versorgungslage bei Metallen wie Silber werden: Der Gesamtverbrauch könnte sich bestenfalls nahe dem heutigen Niveau von rund 2860 Tonnen pro Jahr bewegen – ein gleichbleibendes Innovationstempo vorausgesetzt. Auch in puncto Herstellungsenergie macht die Studie Mut: Der Energieverbrauch für die Produktion von Photovoltaiksystemen dürfte sich bei etwa vier Prozent des Stroms einpendeln, den die Solarzellen liefern. Damit würde er in der gleichen Größenordnung liegen wie der Eigenenergieverbrauch bei den fossilen Energieträgern.

Aber auch hier ist Innovation notwendig: Würden viele Photovoltaik-Module mit Kohlestrom hergestellt, würde dies einen signifikanten Teil des CO₂-Budgets aufbrauchen. Doch ist Photovoltaik nicht gleich Photovoltaik, was den CO₂-Rucksack angeht. »Mit PV-Modulen, die in der EU hergestellt wurden, spart man 40 Prozent an CO₂-Emissionen im Vergleich zu Modulen, die aus China importiert wurden«, erklärt Neuhaus, Abteilungsleiter am Fraunhofer ISE. Das ergab eine weitere Studie des Fraunhofer ISE. Allerdings: Im Jahr 2019 wurden 76 Prozent aller Solarzellen und 71 Prozent der PV-Module in China produziert.

Die Grundlage für die Studie bildete ein Tool des Fraunhofer ISE zur Kostenkalkulation, das jeden einzelnen Herstel-

lungsschritt abbildet – vom Rohsilizium über die Waferherstellung bis hin zur Solarzellen- und Modulherstellung. »Wir können klare Aussagen dazu treffen, wie viel Energie für die Herstellung eines speziellen Moduls benötigt wird und wie groß sein CO₂-Rucksack in verschiedenen Ländern ist«, erläutert Dr. Holger Neuhaus, Abteilungsleiter am Fraunhofer ISE. »Den Unterschied macht vor allem der Energiemix, auf den das jeweilige Land setzt. Während in China ein großer Teil der Energie über Kohleverbrennung erzeugt wird, stammen in Deutschland mittlerweile über 50 Prozent des benötigten Stroms aus erneuerbaren Energiequellen.« Der Transport der Solarzellen von China nach Deutschland schlägt dagegen nur mit drei Prozent höheren Emissionen zu Buche. Unterschiede in der CO₂-Bilanz weisen auch die verschiedenen Solarzellen-Typen auf: So werden bei der Herstellung der rahmenlosen Glas-Glas-Module 7,5 bis 12,5 Prozent weniger klimaschädliche Gase emittiert als bei PV-Modulen mit Rückseitenfolien. Rechnet man noch die deutlich längere Lebenszeit der Glas-Glas-Module mit ein, so entstehen sogar 22 bis 27 Prozent weniger CO₂-Emissionen. Dennoch gilt es ob dieser Untersuchungen eines zu betonen: Obwohl Solarzellen aufgrund ihrer Herstellung natürlich nicht vollkommen emissionsfrei sind, ist diese Emission 40-mal geringer als die, die bei der Förderung und Verbrennung von Braunkohle entsteht.

Das Fraunhofer ISE belässt es jedoch nicht bei der Theorie der Studien, sondern entwickelt auch die nötigen Technologien, um das Innovationstempo aufrechtzuerhalten. Etwa im Bereich des Silberverbrauchs. So konnte der Materialverbrauch von Silber um etwa 20 Prozent reduziert und der Wirkungsgrad um ein Prozent gesteigert werden, indem die Kontakte dünner gestaltet wurden. Diese Technologie wird mittlerweile von der Fraunhofer-Ausgründung Highline weiter vorangetrieben. Die Fraunhofer-ISE-Ausgründung PV2plus dagegen konnte die Silberkontakte gänzlich durch Kontakte aus Kupfer er-

setzen. Dabei würde allein die Menge an Kupfer, die in Deutschland recycelt wird, für den zukünftigen globalen Bedarf in der Solarzellenherstellung ausreichen. Der energieeffizienten Herstellung von Photovoltaikmodulen widmet sich die Firma NexWafe, die ebenfalls aus einer Technologie des Fraunhofer ISE hervorgegangen ist. Mithilfe eines innovativen Produktionsverfahrens ist es ihnen gelungen, Silizium-Wafer, das Herzstück jeder Photovoltaikzelle, wesentlich effizienter herzustellen als bisher möglich.

Um den CO₂-Rucksack der europäischen Solarzellen weiter zu minimieren, kommt eine innovative Technologie wie gerufen: Gedruckte Solarzellen aus Perowskiten – also aus Doppelsalzen, die aus einem or-

Im Jahr 2009 zufällig für den Einsatz in der Photovoltaik entdeckt, spielen metall-organische Perowskite bereits in der Königsklasse mit. »Die Perowskit-Solarzellen haben heute schon Wirkungsgrade, die höher sind als die der meisten etablierten Technologien – nur monokristallines Silizium und GaAs (Galliumarsenid) sind noch ein wenig effizienter«, schwärmt Wagner. Was die Perowskite so besonders macht: Sie werden aus einer leicht handhabbaren Lösung hergestellt und bilden einen sehr dünnen – genauer gesagt einen 300 bis 500 Nanometer hohen – Kristallfilm. Zum Vergleich: Silizium ist 180 Mikrometer, also 180 000 Nanometer dick. Die Perowskit-Solarzellen lassen sich somit sehr materialeffizient herstellen. »Am Fraunhofer ISE entwickeln wir druckbare



»Die Perowskit-Solarzellen haben heute schon Wirkungsgrade, die höher sind als die der meisten etablierten Technologien.«

Lukas Wagner, Fraunhofer ISE

ganischen und einem metallischen Salz bestehen und sich bei Raumtemperatur aus einer Lösung kristallisieren lassen. »Bei der Herstellung von Perowskit-Solarzellen wird nur das CO₂ ausgestoßen, das man für die Herstellung des Glassubstrates braucht – verglichen mit der allerneuesten Siliziumtechnologie ist das nur ein Achtel«, weiß Dr. Lukas Wagner zu berichten, Wissenschaftler am Fraunhofer ISE. Auch die Kosten für die Perowskit-Solarzellen sind niedrig: Eine Modulfabrik in Deutschland wäre um 80 Prozent günstiger als eine herkömmliche Silizium-Photovoltaik-Fabrik, die Solarzellen selbst wären um 50 Prozent billiger.

Solarzellen, die mit einem Siebdrucker oder Tintenstrahldrucker auf eine Glasplatte aufgebracht werden – möglich sind auch Rolle-zu-Rolle-Verfahren«, erläutert Wagner. »Unsere Vision: Wir übernehmen zur Herstellung der Perowskit-Solarzellen etablierte Prozesse aus der Automobilglasindustrie und machen sie tauglich für die Massenproduktion. So kann die deutsche Glasindustrie zum Photovoltaikhersteller werden«, sagt Wagner.

Der Wirkungsgrad der neuartigen Solarzellen wird im EU-Projekt UNIQUE, geleitet vom Fraunhofer ISE, hochgetrieben – hier kommen alle Player für die druckbaren Solarzellen zusammen. ►

»Bei der Herstellung von Perowskit-Solarzellen wird nur das CO₂ ausgestoßen, das man für die Herstellung des Glassubstrates braucht – verglichen mit der allerneuesten Silizium-technologie ist das nur ein Achtel.«

Lukas Wagner, Fraunhofer ISE



Grüne Hoffnung:
Gedruckte Solarzellen
aus Perowskiten –
Doppelsalzen, die sich
bei Raumtemperatur
aus einer Lösung
kristallisieren lassen.

Das langfristige Ziel: Auf Modulebene gute Wirkungsgrade von über 20 Prozent zu erreichen. »Rekordwirkungsgrade werden meist über Materialien erreicht, die viel zu teuer für Hausdächer sind. Wir dagegen nutzen kostengünstige Materialien und setzen auf Prozesse, die auch für eine Leistung von einem Terawatt und mehr geeignet wären – etwa eine Grafitkontaktierung«, sagt Wagner, der mit seiner Forschung beim Ideenwettbewerb »Energie-Campus« der Stiftung Energie und Klimaschutz vor drei Jahren den zweiten Platz belegt hat. Neben dem Wirkungsgrad arbeiten die Forscher auch an der Stabilität der Perowskit-Solarzellen. »Die Perowskit-Community ist lange am Hotspot-Test verzweifelt. Wir konnten jetzt erstmals zeigen, dass es geht«, freut sich Wagner. Bei diesem Test wird eine Zelle abgeschattet – was der Fall sein kann, wenn beispielsweise ein Blatt darauf fällt. Klingt harmlos, doch wird die Zelle dann in Rückwärtsspannung betrieben. Es fließt der gesamte Strom durch diese Zelle, was zu Beschädigungen führen kann.

Durch die am Fraunhofer ISE verwendeten, sehr stabilen Kontaktschichten konnte nicht nur der Hotspot-Test bestanden werden, solche gedruckten Solarzellen zeigten auch Lebensdauern von 10 000 Stunden – das entspricht etwa zehn Jahre Dauerbetrieb auf einem deutschen Dach.

Ein entscheidender Faktor bei Solarzellen ist der Wirkungsgrad. Bei einzelnen Silizium-Solarzellen ist dieser auf 29 Prozent beschränkt – hier liegt das theoretische Wirkungsgradmaximum, höher geht's nicht. Verschaltet man jedoch zwei Solarzellen zu einem Tandem, sind theoretisch Wirkungsgrade von 40 Prozent möglich, mit drei Zellen sogar 45 Prozent. Würde man unendlich viele Solarzellen übereinander stapeln, läge das absolute Wirkungsgradmaximum bei über 85 Prozent. Der Grund: Während man mit einfachen Solarzellen das Licht aller Farben einsammelt, trennt man dies bei Tandem-Zellen. Sie teilen sich quasi die Arbeit in die unterschiedlichen Wellenlängenbereiche auf: Die obere Zelle »sieht« nur das blaue Licht, die darunter nur das grüne und so weiter,

jede Solarzelle ist für ihren Spektralbereich optimiert.

Im Fraunhofer-Leitprojekt »Manitu« entwickeln das Fraunhofer ISE und die Fraunhofer-Institute für Werkstoffmechanik IWM, für Silicatforschung ISC, für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS und die Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS nachhaltige Materialien für Tandem-Solarzellen auf Silizium-Perowskit-Basis: Dabei wird auf ein Silizium-Substrat eine Perowskit-Schicht aufgebracht. »Diese Tandemsolarzellen versprechen hohe Wirkungsgrade bei niedrigen Kosten und geringem Ressourcenverbrauch«, bestätigt Goldschmidt. Im ersten Schritt stand ein theoretisches Materialscreening auf der Agenda. »Dabei haben wir von vorneherein Nachhaltigkeitskriterien berücksichtigt – so schließen wir giftige Materialien wie Blei ebenso aus wie Materialien, die nicht ausreichend verfügbar sind«, sagt Goldschmidt. Mögliche Materialien sind bereits identifiziert, auch wurden bereits unterschiedliche Materialien synthetisiert. »Es läuft gut an, ich rechne damit, dass wir innerhalb des Projekts neue Rekorde erzielen werden«, ist sich Goldschmidt sicher. Auch Wagner möchte langfristig seine Perowskit-Solarzellen zu Tandem-Solarzellen koppeln.

Solarzellen auf Silizium-Basis sind selbst als Einzelzellen im Bereich Stromentstehungskosten bislang kaum zu übertreffen. Ergänzend dazu werden zunehmend auch andere Solarzellen interessant. So könnten beispielsweise flexible Solarzellen überall dort Strom erzeugen, wo sich Silizium-Module aufgrund ihrer starren Form nicht anbringen lassen, etwa an Säulen von Windrädern, an gekrümmten Fassaden oder – im Falle teiltransparenter Zellen – sogar auf Fensterscheiben oder Schatten spendend als Solargardinen. Wirtschaftlich interessant wird das ab einem Wirkungsgrad von 10 Prozent. Zum Vergleich: Der Wirkungsgrad von Silizium-Solarzellen liegt derzeit bei rund 25 Prozent. »Sollte es uns gelingen, den Wirkungsgrad von über 10 Prozent aus

dem Labor auf unsere Rolle-zu-Rolle-Anlage zu übertragen, würde eine industrielle Massenproduktion in greifbare Nähe rücken. Die Vorarbeiten im Labor sowie die notwendigen Anlagenumrüstungen werden 2021 abgeschlossen. 2022 könnten wir die Produktion flexibler Solarzellen revolutionieren«, sagt Ludwig Pongratz, Wissenschaftler am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT. Bis 2030, hofft Pongratz, könnten die flexiblen Solarzellen auf dem Markt sein und den Strommix etwa auf Gewächshäusern oder in Form von Solarmarkisen sinnvoll ergänzen.

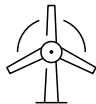
Große verglaste Fassadenflächen möchten auch Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Polymerforschung IAP langfristig zur Stromerzeugung nutzen. Dazu haben sich im vom Wirtschaftsministerium geförderten Projekt CoSoWin Stakeholder aus der Wertschöpfungskette vom Materialhersteller über den Fensterbau bis zum Wohnungsunternehmen zusammengeschlossen. Das Fraunhofer IAP bringt mithilfe von Nanopartikeln eine Schicht auf Fensterscheiben auf, die das Licht sammelt, an die Stirnseite der Glasscheiben leitet und dort einer organischen Solarzelle zuführt. »Zwar ist die Effizienz derzeit mit vier bis sieben Prozent noch recht begrenzt, doch gehen wir davon aus, zehn Prozent erreichen zu können«, sagt Dr. Armin Wedel, Abteilungs- und Forschungsbereichsleiter am Fraunhofer IAP.

Der Wind

Bis zum Jahr 2030 ist ein jährlicher Zubau von mindestens neun Gigawatt Windenergie notwendig, um genügend CO₂-frei erzeugten Strom für Deutschland zu produzieren. Maßgeblich zur Erreichung der Ziele sind größere und leistungsstärkere Windenergieanlagen auf See, ebenso die Optimierung des Anlagenbetriebs und eine Verringerung der Ausfallzeiten.

Windenergie basiert auf einer technologisch hochentwickelten Anlagen- ▶

technik, die auch das Ergebnis einer Vielzahl innovativer Forschungsprojekte ist. In den vergangenen fünf Jahren hat allein das Fraunhofer-Institut für Windenergie-



Windenergie ist aktuell die wichtigste Energiequelle für den Klimaschutz: Im Jahr 2020 produzierte sie in Deutschland **132 Terawattstunden** Strom. Damit überstieg ihr Anteil erstmals die Summe aller fossilen Quellen und leistete den **größten Anteil** am deutschen Energiemix. Zudem gelten Windenergieanlagen als besonders effektiv in der Vermeidung von Treibhausgasemissionen.

weitere Herausforderungen: Da das Fundament auf See sehr teuer ist, werden möglichst große Anlagen errichtet. Der aktuell größte Prototyp liefert bei einem Rotordurchmesser von 222 Metern eine Maximalleistung von 14 Megawatt. Im Vorfeld sind umfangreiche und realitätsnahe Tests der Anlagen und ihrer Komponenten notwendig. Das Fraunhofer IWES hat dazu die Prüfinfrastruktur aufgebaut und unterstützt die Industrie mit dem Test der neuesten Prototypen und der ständigen Weiterentwicklung der Validierungsmethodik.

Aber nicht nur extreme Stürme sind eine Herausforderung für die Hightech-Anlagen auf See – entscheidende Risiken für den Bau der riesigen Anlagen liegen auch verborgen im Meeresboden: Ein besonders großes Risiko stellen Objekte wie Findlinge im Boden dar, auf die die Gründungs-

können«, sagt Dr. Benedict Preu, Abteilungsleiter Baugrunderkundung beim Fraunhofer IWES. Das innovative Verfahren sprach sich unter den Windparkbetreibern schnell herum: »Wir haben für die nächsten Jahre bereits Anfragen für bis zu 120 Millionen Euro aus aller Welt – bei Weitem mehr, als wir stemmen können«, freut sich Preu. Nun sollen Lizenzverträge helfen, diesem Anfragesturm gerecht zu werden. Selbst bis in das Versicherungswesen hinein wirkt sich die Technologie aus: Versicherungen berücksichtigen die Untersuchungsmethode des Fraunhofer IWES bei der Berechnung der Prämien.

In einer Weiterentwicklung der Methode sollen im Boden verlegte Kabel ebenfalls detektiert werden – etwa Starkstromkabel, die den Strom der Windparks gen Land transportieren. Nach staatlicher Vorgabe muss die Lage und Tiefe solcher Kabel



»Wir haben für die nächsten Jahre bereits Anfragen für bis zu 120 Millionen Euro aus aller Welt.«

Dr. Benedict Preu, Fraunhofer IWES

systeme IWES an 500 Forschungsprojekten gearbeitet – vom Planungsprozess, der Entwicklung, der Errichtung sowie dem Betrieb, der Überwachung der Maschinen, der Reparaturprozesse, der Lebensdauer bis hin zum Abbau und der Wiederverwertung aller Komponenten.

Um das Potenzial der Offshore-Technologie voll auszuschöpfen, wird noch weitere Forschung nötig sein – schließlich sind die Bedingungen, unter denen die gigantischen Anlagen arbeiten müssen, extrem: Salzwasser, Orkane mit Windstärke 12, 15 Meter hohe Wellen. Hinzu kommen

struktur beim Einsetzen in den Boden stoßen könnte. Würde sie dabei derart stark beschädigt, dass sie entfernt und ersetzt werden muss, können direkte Kosten von bis zu 15 Millionen Euro entstehen – mit zusätzlichen Folgekosten in mehrstelliger Millionenhöhe. Über ein Messverfahren des Fraunhofer IWES und der Universität Bremen lässt sich das Risiko nun deutlich minimieren. »Wir leiten akustische Signale, erzeugt über eine elektrische Quelle oder eine Druckluftquelle, in den Boden ein. Befindet sich ein Objekt darin, wirft es den Schall zurück – was wir messen

einmal jährlich überprüft werden, um keine Gefährdung für die Fischerei darzustellen und eine zu starke Erwärmung des Meeresbodens auszuschließen. Allerdings müssen bei Anwendung konventioneller Verfahren die Stromkabel für diese Messung bis zu zwei Wochen abgeschaltet werden. Da oftmals bis zu zehn Windparks ihre Energie in ein einziges Starkstromkabel einspeisen, geht das schnell ins Geld. »Mit unserer Technologie können wir die Lage und Tiefe der Kabel erstmalig flächendeckend auch bei laufendem Betrieb untersuchen«, bestätigt Preu. ▶



Hoffnungsträger Windenergie:
Bei Rotorblättern bis zu einem
Durchmesser von 222 Metern
brauchen die Anlagen ein
stabiles Fundament. Dr. Benedict
Preu vom Fraunhofer IWES hat
eine Lösung, um die Risiken beim
Bau zu minimieren.

Wasserstoff

So wichtig die Stromerzeugung auch ist: Sie reicht nicht aus, um Deutschland klimaneutral werden zu lassen. Denn: Einige Bereiche lassen sich nur via Wasserstoff defossilisieren – etwa die Stahlherstellung. Auch diverse Hochtemperaturprozesse sind auf dem Weg zur Emissionsfreiheit auf Wasserstoff angewiesen.



Wasserstoff könnte überschüssige Wind- oder Solarenergie speichern und so eine wichtige Rolle bei der Energiewende spielen. Per Elektrolyse wird er emissionsfrei aus Wasser hergestellt.

Zusätzlich zum Ausbau der erneuerbaren Energien im Zuge der Stromerzeugung braucht es daher Erneuerbare-Energie-Anlagen, die rein für die H₂-Herstellung genutzt werden. Dabei trennen Elektrolyseure Wasser via (grünem) Strom in Wasserstoff und Sauerstoff.

Auf dem Weg zur Wasserstoffgesellschaft hat die Bundesregierung kürzlich drei Leitprojekte gestartet – mit etwa 740 Millionen Euro die in Summe größte Förderinitiative des Bundesforschungsministeriums für die Energiewende. Auch Fraunhofer bringt sein Know-how in puncto Wasserstoff in diese Projekte ein. Das größte dieser drei Leitprojekte, H₂Giga, widmet sich den Elektrolyseuren. Es soll den bisherigen Manufakturbetrieb ablösen und eine automatisierte Großfertigung der Elek-

trolyseure auf die Beine stellen. Das Leitprojekt H₂Mare, koordiniert von Siemens Energy und dem Fraunhofer IMWS, soll die offshore erzeugte Windenergie vor Ort zur Wasserstoffherstellung nutzen. Das dritte Leitprojekt, TransHyDE, koordiniert von der Entwicklungsgesellschaft cruh21 des Projekts AquaVentus, dem Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion und der Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG, zielt auf den Transport von Wasserstoff ab: Wie lassen sich bestehende Gaspipelines umwidmen, welcher Neubaubedarf an Wasserstoff-Pipelines wird erforderlich und welche Container-basierten Lösungen sind geeignet, um H₂ zu transportieren?

Eine Herausforderung auf dem Weg zur Wasserstoffgesellschaft: Wasserstoff muss in ausreichender Menge produziert werden. Hierfür braucht es genügend grünen Strom, große Elektrolyseure sowie Transportmöglichkeiten für den Wasserstoff – Themen, die unter anderem in den Leitprojekten vorangetrieben werden. Deutschland wird, aller Anstrengung zum Trotz, nicht genügend Wasserstoff produzieren können, um die erwartete große Nachfrage bedienen zu können. Es geht daher kein Weg an Wasserstoff-Importen vorbei. Doch wie realistisch ist es, einen solchen Import bis 2030 auf die Beine zu stellen? Dies hat das Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT gemeinsam mit dem Institut der deutschen Wirtschaft und dem Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie untersucht. Das Ergebnis: »Die anvisierten Mengen der Nationalen Wasserstoffstrategie an grünen Wasserstoffimporten im Jahr 2030 in Höhe von 76–96 TWh/a wären technisch zwar möglich, aber nur mit teils erheblichen Abstrichen in Sachen Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit. Ingenieurtechnische wie die Umstellung beziehungsweise der Neubau von Pipelines oder die Verfügbarkeit von Schiffen, aber vor allem planungs- und genehmigungsrechtliche Zeithorizonte stehen der großskaligen Umsetzung im Weg«, sagt Dr. Christoph

Glasner, Wissenschaftler am Fraunhofer UMSICHT.

Während sich das Wuppertal-Institut die ausgewählten Zielländer Chile, Marokko, Spanien und Niederlande angeschaut hat, nahmen die Fraunhofer-Forschenden vor allem den Transport des Wasserstoffs nach Deutschland via Pipeline, Lkw und Schiff ins Visier. Wie steht es um die technische Realisierbarkeit? Gibt es genehmigungsrechtliche Einschränkungen, die Importe verhindern können? Über Lkw könnte man die benötigten Mengen transportieren, allerdings wären dafür bis zu 1,5 Millionen Lastwagenfahrten pro Jahr nötig – eine wenig klimafreundliche Option. Der Seeweg ist zurzeit keine Alternative: Es gibt schlichtweg noch keine zugelassenen Schiffe, die Flüssigwasserstoff transportieren könnten. »Zwar arbeitet Japan an einem kleinen Pilotschiff. Doch bis die Tests gelaufen, der Ansatz auf große Schiffe übertragen und diese gebaut sind, dürfte das Jahr 2030 bereits verstrichen sein«, ist sich Dr. Bärbel Egenolf-Jonkmanns, Wissenschaftlerin am Fraunhofer UMSICHT, sicher. Auch die Umwandlung von Wasserstoff in Ammoniak oder die Speicherung als flüssige organische Wasserstoffträger LOHC bietet keine kurzfristige Lösung: Bis 2030 dürfte es kaum gelingen, die nötige Anlagentechnik sowie die Infrastruktur an den Häfen aufzubauen. »Langfristig jedoch sind die technischen Potenziale für erneuerbare Energie in den vier untersuchten Ländern ausreichend hoch, sodass sie große Mengen grünen Wasserstoffs nach Deutschland liefern könnten«, sagt Egenolf-Jonkmanns. Bis dahin gilt es, den Wasserstoff verstärkt verbrauchsnahe zu erzeugen. Sprich: in Deutschland.

Aufschluss über künftige Importmöglichkeiten gibt ein PtX-Atlas des Fraunhofer IEE: Dieser zeigt erstmals die weltweiten Power-to-Liquid-Potenziale. Als PtL werden synthetische Kraftstoffe bezeichnet, die via Wasserstoff aus Strom hergestellt werden. Aufgrund der Umwandlungsverluste ist dafür äußerst günstiger regenerativer Strom vonnöten. ►



Hoffnungsträger Wasserstoff: Dr.-Ing. Andreas Menne vom Fraunhofer UMSICHT will ihn langfristig speicherbar und für den Import über weite Strecken transportierbar machen.

Deutschland und Europa sind daher in diesem Bereich eher nicht konkurrenzfähig. »In diesem offenen, interaktiven Werkzeug kann man sich alle Länder der Welt anschauen: Welches Potenzial haben sie, aus Strom synthetische Kraftstoffe herzustellen? Zu welchen Bedingungen und Kosten?«, fasst Maximilian Pfennig zusammen, Wissenschaftler am Fraunhofer IEE. Dabei berücksichtigten die Forscherinnen und Forscher Flächenressourcen, Wetterbedingungen, die lokale Wasserverfügbarkeit, Naturschutz sowie die Investitionssicherheit. Der Atlas zeigt: In vielen Regionen der Welt können große Mengen an den verschiedenen Power-to-X-Energieträgern regenerativ produziert werden – langfristig, wohlgeplant.

Unter die vielversprechendsten Power-to-X-Energieträger fällt Ammoniak: Er bietet eine gute Option für den langen Transport sowie für eine langfristige Speicherung von Wasserstoff. »Gehen wir davon aus, dass wir in 20 bis 30 Jahren etwa zwei Drittel unserer Energie in Form von Wasserstoff importieren werden, dann wird Ammoniak zu einer sehr spannenden Substanz«, sagt Dr.-Ing. Andreas Menne, Abteilungsleiter am Fraunhofer UMSICHT. Allerdings ist es derzeit noch herausfordernd, Ammoniak wieder zurück in Wasserstoff und Stickstoff umzuwandeln – dazu ist viel Energie nötig. Das Forscherteam rund um Menne bringt die für diese Umwandlung benötigte Wärme nicht wie bisher üblich von außen ein, sondern direkt in den Katalysator. Auf diese Weise kann die Umwandlung deutlich energieeffizienter stattfinden und der apparative Aufbau wird vereinfacht. »Wir gehen davon aus, dass wir die Effizienz auf diese Weise um wenigstens 20 Prozent verbessern können – was in der Verfahrenstechnik ein wahrer Quantensprung wäre«, freut sich Menne. Im Frühjahr 2022 soll der erste Prototyp stehen: Er wird etwa ein Kilogramm Wasserstoff pro Stunde herstellen können. Schlussendlich, so das Ziel der Forscher, wollen sie importierten Wasserstoff auf diese Weise an dezentralen Standorten günstiger bereitstellen als über einen lokalen Elektrolyseur.

Wie wertvoll warmes Wohnen ist, zeigt gerade dieser Winter überdeutlich. Ein nachhaltiger Weg des Heizens sind Solarkollektoren. Das Manko: Die Wärme entsteht vor allem im Sommer. Einen Weg, die Energie für die kalte Jahreszeit zu speichern, hat ein Team des Fraunhofer-Instituts für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP verbessert und das thermochemische Speichern im Projekt ZeoMet optimiert. Das

Nicht nur das Heizen, auch das Kühlen von Räumen ist ein großer »Energiefresser«: So wurden für die Kühlung von Wohn- und Geschäftsgebäuden im Jahr 2016 rund 2000 Terawattstunden verbraucht – das entspricht Schätzungen zufolge etwa zehn Prozent des gesamten weltweiten Stromverbrauchs. Bis 2050 könnte sich diese Menge verdreifachen. »Wenn man in Bestandsgebäuden eine vorhandene Wärmepumpe, also den Wärmeezeuger, im re-

»Gehen wir davon aus, dass wir in 20 bis 30 Jahren etwa zwei Drittel unserer Energie in Form von Wasserstoff importieren werden, dann wird Ammoniak zu einer sehr spannenden Substanz.«

Dr.-Ing. Andreas Menne, Fraunhofer UMSICHT



Forschungsfeld entwickelt sich rasant. Die Idee: Zeolithe sind hochporös und in der Lage, Wärme praktisch verlustfrei über einen langen Zeitraum zu speichern. So ließe sich die Wärme des Sommers im Winter nutzbar machen. Ein Problem: Bislang ließen sich nur jene Zeolith-Kügelchen erwärmen, die direkt mit der Energiequelle in Verbindung kamen. »Wir beschichten das Zeolith-Granulat mit Aluminium – so konnten wir die Wärmeleitfähigkeit bereits im ersten Anlauf verdoppeln, ohne dass dadurch die Wasseraufnahme und -abgabe beeinträchtigt wird. Aktuell streben wir durch Anpassung der Schichten eine Steigerung um den Faktor fünf bis zehn an«, sagt Dr. Heidrun Klostermann, Projektleiterin am Fraunhofer FEP. Um Hunderttausende Kügelchen gleichmäßig mit Aluminium zu beschichten, hat das Institut eine Spezialanlage entwickelt.

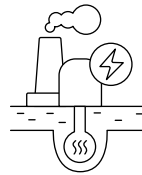
versiblen Betrieb zum Kühlen einsetzen könnte, ließe sich für die Kühlung das gleiche System verwenden, das bereits zum Heizen installiert ist«, sagt Sabine Giglmeier, Wissenschaftlerin am Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP. Klimageräte bräuchten dann nicht mehr neu angeschafft zu werden, auch ließe sich Energie einsparen.

Das Team führte eine Potenzialanalyse mit zwei Heizsystemen durch: Untersucht wurde, ob Radiatoren und Fußbodenheizungen Klimageräte ersetzen können. »Alles in allem konnten wir nachweisen, dass die über Radiatoren abgegebene Kühlleistung bei einem moderaten Fensterflächenanteil ausreichend ist«, resümiert Giglmeier. Wärmepumpen mit Kühlfunktion könnten in Bestandsgebäuden somit eine Alternative zu teuren Klimageräten sein.

Geothermie

Geht es um Klimaneutralität, ist meist von regenerativer Stromerzeugung die Rede. »Der Schlüssel zur Energiewende ist jedoch die Wärmewende«, weiß Prof. Rolf Bracke, Leiter der Fraunhofer IEG. Schließlich fließen 56 Prozent des jährlichen Endenergiebedarfs in die Wärmeerzeugung für Industrie, Fernwärme und Gebäude. Dagegen werden nur 14 Prozent der Primärenergie für die Stromerzeugung benötigt. »Wollen wir klimaneutral werden, müssen wir die Wärme aus erneuerbaren Quellen erzeugen. Die Solarthermie wird aufgrund ihres Platzbedarfes eine Nische bleiben. Bei der Biomasse bestehen nicht mehr viele Wachstumsmöglichkeiten – wir können nur so viel Holz verbrennen, wie heimisch nachwächst. Bleibt am Ende die Geothermie übrig«, sagt Bracke. Alleine der Bedarf für Raumwärme und Warmwassererwärmung in Gebäuden beträgt 31 Prozent am deutschen Endenergiebedarf. Während die Oberflächen-Geothermie im Wohnungsbau bereits in einem deutlich zweistelligen Prozentsatz bei Neubauvorhaben eingesetzt wird und die mitteltiefe Geothermie viele Nahwärmenetze für die Quartiersversorgung speist, gibt es bei der Tiefengeothermie nur wenige Großprojekte. Denn der Aufwand ist deutlich höher: Statt hundert Meter wie bei der Oberflächen-Geothermie bohrt man bei der Tiefengeothermie mehrere Tausend Meter tief, das Wasser hat dort eine Temperatur von 100 bis 150 Grad Celsius – aufgrund des hohen Druckes ist es bei diesen Temperaturen noch flüssig. Mit den Wärmemengen aus der Tiefengeothermie lassen sich die bestehenden Fernwärmenetze betreiben. Wichtig ist das insbesondere in den dicht bebauten Städten, wo nicht jedes Haus mit Oberflächengeothermie erschlossen werden kann. Zudem ist die Tiefengeothermie für industrielle Prozesse, Gewächshäuser, Bäckereien oder die Papierherstellung interessant, die mehr Energie brauchen als ein Eigenheim.

»Auch für die industrielle Prozesswärme bis 180 Grad könnte man Tiefengeothermie nutzen, etwa zusammen mit Großwärmepumpen – das entspricht bis zu einem Drittel des gesamten industriellen Wärmebedarfs«, sagt Bracke. Eine Kombination, mit der sich auch die Fraunhofer IEG beschäftigt. So entwickelte das Forscherteam gemeinsam mit dem Fraunhofer UMSICHT ein Konzept, um den wärmeintensiven Papiererzeugungsprozess einer



Die in der Erdkruste gespeicherte Wärmeenergie kann zum Heizen, Kühlen und zur Stromerzeugung eingesetzt werden.

Hagener Papierfabrik auf Tiefengeothermie samt Großwärmepumpe sowie ergänzendes Biogas umzustellen. »Die Vorlaufkosten der Tiefengeothermie sind zwar deutlich höher als bei Wärmequellen, die auf fossilen Brennstoffen basieren, doch belaufen sich die Betriebskosten nur auf 20 bis 25 Prozent. Daher hat sich eine Tiefenbohrung je nach Standort in fünf bis 15 Jahren amortisiert«, weiß Bracke. Über eine Tiefenbohrung denkt daher auch die RWE Power AG nach: Gemeinsam mit der Fraunhofer IEG entwickelt sie ein Geothermie-Kraftwerk, das den Aachener Raum ab 2029 mit regenerativer Wärme versorgen könnte. Denn dann wird dort das letzte RWE-Braunkohlekraftwerk heruntergefahren, welches das Aachener Fernwärmenetz versorgt. Auch mit den

Stadtwerken Düsseldorf und Duisburg sowie dem Flughafen Düsseldorf arbeitet die Fraunhofer IEG in puncto geothermische Wärmenetze zusammen.

Einen gänzlich eigenen Ansatz verfolgt die Fraunhofer IEG im Ruhrgebiet, das durch den Kohlebergbau mehr oder weniger unterkellert ist. »In Bochum wollen wir Zechen als saisonale Wärmespeicher nutzen, etwa für Abwärme aus der Industrie. Als Demonstrator bauen wir derzeit eine große Concentrated-Solar-Power-Anlage auf. Mit dieser heizen wir das 20 Grad warme Grubenwasser auf 70 Grad auf, um es dann bei Bedarf über eine Großwärmepumpe auf die Fernwärmetemperatur von 110 Grad zu bringen. Dieser Ansatz, leicht verfügbare Wärme noch mal zu verwerten, kann ein Schlüssel für die Wärmewende der Ballungsräume an Rhein und Ruhr werden«, freut sich Bracke. Die Großwärmepumpe aus der Fraunhofer IEG soll 2022 installiert werden.

Das Fraunhofer IEE dagegen macht sich für Niedertemperatur-Netze stark: Statt den derzeitigen 90 bis 120 Grad Celsius haben diese nur 40 bis 50 Grad. Wie sich solche Netze unter den unterschiedlichsten Randbedingungen realisieren lassen, zeigt ein Handbuch auf, das das Fraunhofer IEE gemeinsam mit dem Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK sowie europäischen Forschungspartnern erstellt hat. »Diese Niederwärmenetze bieten zahlreiche Vorteile«, weiß Dr. Dietrich Schmidt, Abteilungsleiter am Fraunhofer IEE. »So stehen in diesem Temperaturbereich deutlich größere Mengen an nutzbarer Abwärme sowie an Wärme aus geothermischen Quellen zur Verfügung. Auch die Effizienz von Wärmepumpen und Solarthermie-Anlagen steigt bei geringeren Temperaturen.« Nicht zuletzt werden vorhandene Rohre entlastet und Transportverluste minimiert. Die potenziellen Einsparungen summieren sich europaweit insgesamt auf 14 Milliarden Euro pro Jahr. Wer sich hohe Ziele steckt, muss offensichtlich in alle Richtungen blicken. Nach oben, zu Sonne und Wind. Aber auch nach unten, tief in die Erde. ■

3x3 Fragen

»Kreativität – und das fächerübergreifend«

Dr. Benedict Preu,
Fraunhofer-Institut für Windenergiesysteme IWES



1 Sind Sie optimistisch, dass die Energiewende gelingt?

Ein ganz klares »Ja«! Zwar haben wir zu spät und sehr langsam begonnen, aber vor allem während der vergangenen Jahre nimmt die Energiewende Fahrt auf. Insgesamt wird uns das Thema noch die nächsten zwei bis drei Generationen beschäftigen.

2 Gab es für Sie Herausforderungen, die unlösbar schienen – die Sie dann aber doch bewältigt haben?

Es stellt einen immer wieder vor schier unlösbare Aufgaben, komplexe geophysikalische Messergebnisse in Aussagen zu übersetzen, die für Ingenieure verwertbar sind. Gegen Missverständnisse hilft nur, von beiden Seiten mit viel Geduld und Verständnis aufeinander zuzugehen. Nur so können wir das ganze Potenzial der interdisziplinären Zusammenarbeit ausschöpfen.

3 Wie müssen wir unser Denken ändern?

Das Zeitalter, in dem einzelne Spezialisten die Durchbrüche und gesellschaftsverändernden Technologien voranbringen, ist vorbei. Interdisziplinäre, breit aufgestellte Teams und Netzwerke werden die Technologien der Zukunft entwickeln. Um diese fächerübergreifende Kreativität zu ermöglichen, müssen neue Strukturen geschaffen werden, die einen Fokus auf das Zusammenarbeiten in einem vertrauensvollen und vor allem wertschätzenden Rahmen legen. ■



»Stück für Stück zeigen wir: Es geht!«

Lukas Wagner,
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

1 Sind Sie optimistisch, dass die Energiewende gelingt?

Ja, das bin ich. Die Frage bleibt, wie schnell wir diese Transformation schaffen. Um den menschengemachten Klimawandel unter 1,5 °C zu begrenzen, wird die Zeit schon ziemlich knapp.

2 Gab es für Sie Herausforderungen, die unlösbar schienen – die Sie dann aber doch bewältigt haben?

Perovskite haben beeindruckende Eigenschaften. Wir haben es hier mit einem Halbleiter zu tun, dessen Kristallstruktur durch ionische statt durch kovalente Bindungen zusammengehalten wird. Das hat viele Vorteile. So kann man beispielsweise Kristallschichten mit sehr hoher Qualität leicht aus einer druckbaren Flüssigkeit herstellen. Die andere Seite der Medaille: Ionische Bindungen lösen sich leicht wieder. Vor ein paar Jahren, als es mit der Perovskitforschung losging, hatte ich Bedenken, ob diese Solarzellen jemals stabil sein können. Aber Stück für Stück zeigen wir gerade, dass es doch geht.

3 Wie müssen wir unser Denken ändern?

Viele globale Probleme, vor denen wir stehen, sind ja deshalb entstanden, weil es so schwer ist, außerhalb der Box zu denken. Ein wichtiger Ansatz ist sicherlich, die vielen sehr spezifischen Fragestellungen zur Energiewende immer wieder in den größeren Kontext der globalen Herausforderungen zu setzen. Und schließlich – das ist für Ingenieure, Physiker und Chemiker, die sich mit der unbelebten Natur beschäftigen, am schwierigsten – sehen wir uns ja nicht nur mit einer Klimakrise, sondern auch mit besorgniserregendem Biodiversitätsverlust konfrontiert. Daher sollten wir uns bei jeder Entwicklung auch diese Frage stellen: Welchen Einfluss könnte unsere Technologie dort haben? ■

Dr. Andrea Herbst,
Fraunhofer-Institut für
System- und Innovations-
forschung ISI



»Signalwirkung auf andere Bereiche«

1 Sind Sie optimistisch, dass die Energiewende gelingt?

Ich bin davon überzeugt, dass die Energiewende gelingen kann – trotz der Herausforderungen. Insbesondere die Dekade bis 2030 ist von großer Wichtigkeit, um die Weichen zu stellen: erneuerbare Energien, Infrastrukturausbau, Skalierung CO₂-neutraler Verfahren auf industrielles Niveau, Wärmewende und Sanierung von Gebäuden, aber auch die Elektrifizierung des straßengebundenen Verkehrs. Um bei dieser Transformation erfolgreich zu sein, müssen Politik, Wirtschaft und Gesellschaft gemeinsam handeln.

2 Gab es für Sie Herausforderungen, die unlösbar schienen – die Sie dann aber doch bewältigt haben?

Mein Forschungsschwerpunkt ist die Industriewende: Dort machen prozessbedingte Emissionen aus der Stahl-, Zement- und Chemieindustrie einen signifikanten Anteil der Emissionen aus. Sie stammen aus chemischen Reaktionen im Produktionsprozess, ihre Minderung galt lange Zeit als technisch schwierig oder gar unmöglich. Die Entwicklung wasserstoffbasierter CO₂-neutraler Verfahren in der Stahl- und Chemieindustrie hat jedoch gezeigt: Auch signifikante Teile der Prozessemissionen können zukünftig vermieden werden – wenn es gelingt, entsprechende Produktionskapazitäten aufzubauen. Die Anwendung CO₂-neutraler Prozesse zur Herstellung dieser Produkte kann auch Signalwirkung auf andere Bereiche der Industrie und entlang ihrer Wertschöpfungskette haben und deren Transformation beschleunigen.

3 Wie müssen wir unser Denken ändern?

Es ist wichtig, uns den Herausforderungen, welchen wir im Rahmen der Energiewende gegenüberstehen, zu stellen – seien diese technologisch, ökonomisch, sozial oder ökologisch. Zudem müssen wir uns bewusst werden, dass ein gemeinsames Handeln jetzt erforderlich ist und nicht auf später verschoben werden kann. ■

Interview

»Die Forschung hat schon Großartiges geleistet«

Erneuerbare Energien sieht Manuela Schwesig als Standortvorteil für die Wirtschaft: Mecklenburg-Vorpommerns Ministerpräsidentin im Interview.

Interview: Josef Oskar Seitz

Cool in Kühlungsborn (Ostsee): Als triumphale Siegerin ging Manuela Schwesig, 47, in ihre zweite Amtszeit als Ministerpräsidentin – mit dem zweitbesten Wahlergebnis der SPD-Geschichte in Mecklenburg-Vorpommern.



_____ **Und ewig grüßt das Virus: Von Corona-Welle eins zu Corona-Welle vier, von Lockdown zu Bundesnotbremse – alles scheint sich zu wiederholen. Frau Schwesig, ist Deutschland eigentlich lernfähig?**

Manuela Schwesig: Wir haben es nach wie vor mit einem gefährlichen Virus zu tun. Und deshalb müssen wir leider auch in diesem Winter besondere Corona-Schutzmaßnahmen ergreifen. Sicher hätte manches in den letzten Monaten besser laufen sollen. Zum Beispiel hätten die Auffrischungsimpfungen früher an Fahrt aufnehmen müssen. Denn der Weg aus der Pandemie führt nach meiner Überzeugung nur über das Impfen. Ich glaube aber nicht, dass wir aus den vergangenen Wellen etwas hätten lernen können, was uns jetzt völlig corona- und sorgenfrei durch diesen Winter gebracht hätte.

_____ **Zu Jahresbeginn hatten wir zu wenig Impfstoff, gegen Ende des Jahres 2021 zu wenig Impfbereitschaft. Warum fällt es offensichtlich vielen Menschen so schwer, der Forschung zu vertrauen?**

Die große Mehrheit der Menschen hat alles getan, um die Corona-Pandemie einzudämmen. Sie hat die Corona-Regeln eingehalten und sich impfen lassen, sobald das möglich war. Ich habe offen gestanden wenig Verständnis für diejenigen, die sich impfen lassen können, es bisher aber nicht getan haben. Denn die Fakten sprechen eine klare Sprache. Es gibt deutlich mehr Corona-Infektionen bei den Ungeimpften. Und auch die Gefahr eines schweren Verlaufs ist deutlich größer. Warum diese Fakten von einigen ignoriert werden, ist schwer zu erklären. Was gar nicht geht, sind die verbalen Angriffe auf die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die uns seit fast zwei Jahren nach bestem Wissen und Gewissen beraten.

_____ **Was wünschen Sie sich von der Forschung?**

Ich finde, dass die Forschung mit Blick auf Corona schon Großartiges geleistet hat. Die Entwicklung wirksamer und sicherer Impfstoffe in weniger als einem Jahr ist eine große Leistung und unsere stärkste Waffe gegen die Corona-Pandemie. Ein weiteres wichtiges Feld ist die Entwicklung von Medikamenten, die gegen Corona helfen.

»Die neue Landesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, dass wir bis 2035 unseren gesamten Energiebedarf aus den Erneuerbaren decken wollen.«

_____ **»Mich hat der Krebs erwischt – entgegen jeder Statistik«, haben Sie einmal gesagt und damit an die Impfbereitschaft gerade der Jüngeren appelliert. Hat die Krankheit Sie selbst verändert?**

Ja, das hat sie. Ich bin demütiger geworden und dankbarer. Ich weiß jetzt noch mehr, wie wichtig Familie und Freunde sind. Ich bin heute noch gerührt von den vielen Genesungswünschen, die ich aus der Bevölkerung bekommen habe. Gesundheit ist unser höchstes Gut. Ich wiederhole meinen Appell gern: Lassen Sie sich impfen. Übernehmen Sie Verantwortung für sich und andere!

_____ **Lässt sich von der Erkrankung des eigenen Körpers etwas lernen über den Umgang eines Staatswesens mit Krankheit?**

Ich kann natürlich nur für mich sprechen: Ich habe alle nur mögliche Unterstützung bekommen, sowohl im Krankenhaus als auch in der Reha. Und dafür bin ich sehr dankbar. Natürlich weiß ich, dass unser Gesundheitswesen gut, dennoch verbesserungswürdig ist. Jeder Mensch hat das Recht auf fachgerechte Behandlung und gute Betreuung. Dafür wollen wir uns weiterhin engagieren.

_____ **»Wir an der Basis«: So haben Sie neu-lich in einer Talkshow von sich und den anderen Ministerpräsidenten gesprochen. Woran sehen Sie, dass der Blick des Landespolitikers sich von dem Berliner Blick unterscheidet?** ▶



1989

Eine große Wende

Das Ende der DDR brachte die Wende im Leben der Manuela Frenzel, aufgewachsen im brandenburgischen Seelow. Die Arbeitslosigkeit des Vaters nach der Wiedervereinigung erinnert sie als »tiefen Einschnitt«.

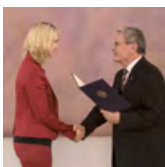


1990

Die Filmkarriere

Vor dem Mauerfall gedreht, nach dem Mauerfall vorgeführt: »Verbotene Liebe«.

Manuela Frenzel hatte für die Hauptrolle vorgesprochen, sie wurde die Nebenbuhlerin. Dadurch blieben ihr einige explizite Szenen erspart.



2013

Aufbruch nach Berlin

Nach ihren Stationen als Gesundheits- und Arbeitsministerin in Mecklenburg-Vorpommern wechselt Manuela Schwesig 2013 in die Bundespolitik. Bundespräsident Gauck überreicht die Ernennungsurkunde an die Bundesfamilienministerin.

Wir mussten in den letzten Monaten oft den Eindruck haben, dass Bundespolitik zu weit entfernt von der Lebenswirklichkeit der Menschen ist. Ich bin optimistisch, dass sich das jetzt ändert. Egal, wohin ich komme: Die Menschen sprechen mich an, erzählen von ihren kleinen und großen Sorgen. In unserem Bürgerreferat treffen viele Briefe und Mails ein, in denen die Menschen ihre Probleme schildern, Forderungen gestellt werden. Das alles sind große Herausforderungen.

_____ **Frau Schwesig, aus Ihnen hätte eine Schauspielerin werden können. 1989 hatten Sie sich um die Hauptrolle im Spielfilm**

»Verbotene Liebe« beworben. Es wurde die Nebenrolle. Hat das Ihren Ehrgeiz verletzt?

Nein. Mir hat das damals großen Spaß gemacht. Julia Brendler, die die Hauptrolle gespielt hat, ist heute eine erfolgreiche Schauspielerin.

_____ **Jetzt haben Sie als Ministerpräsidentin im 1,8-Millionen-Einwohner-Land Mecklenburg-Vorpommern eine Nebenrolle auf der politischen Bühne. Wird's nicht Zeit für die Bundespolitik? Immerhin bestaunt die Wochenzeitung »Die Zeit« das Schwesig-Phänomen, Sie seien »vom Bund ins Land gegangen – und größer geworden«. Und sogar die FAZ, eher unverdächtig, der SPD ungebührlich nahe zu stehen, feiert Ihren Wahlerfolg: »Ein Sieg, der für Höheres qualifiziert«.**

Ich bin sehr gerne Ministerpräsidentin von Mecklenburg-Vorpommern und freue mich, dass ich das nach der Landtagswahl weiter bleiben darf. Und die von Ihnen erwähnten Artikel zeigen, dass Ministerpräsidentin keine Nebenrolle ist. Ich kann jederzeit über den Bundesrat die Interessen unseres Landes einbringen. Und das werde ich auch weiter mit Nachdruck tun.

_____ **Lassen Sie uns dennoch über Bundespolitik sprechen. Werfen wir gemeinsam einen Blick in den Koalitionsvertrag. Bis 2030 sollen 80 Prozent unseres Stroms aus erneuerbaren Energien kommen. Ihr Bundesland hat viel Platz und viel Wind, doch wenig Windenergie. Wie wollen Sie in Mecklenburg-Vorpommern die Windräder in Schwung bringen?**

Mecklenburg-Vorpommern ist einer der Vorreiter der erneuerbaren Energien in Deutschland. Wir erzeugen fast doppelt so viel Energie, als wir verbrauchen. Und die neue Landesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, dass wir bis 2035 unseren gesamten Energiebedarf aus den

Erneuerbaren decken wollen. Dazu müssen wir die erneuerbaren Energien weiter ausbauen. Wir setzen dabei vor allem auf die Windkraft auf See. Ich sehe darin zwei große Chancen im Ausbau der erneuerbaren Energien, verbunden mit dem Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft. Wir können so einen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Und das eröffnet uns auch neue wirtschaftliche Chancen. Die Wirtschaft in Deutschland muss klimafreundlicher werden. Und da werden die Standorte im Vorteil sein, die Strom aus erneuerbaren Energien und moderne Speichertechnologien anbieten können.

_____ **Ihr Land wird zu einem Viertel von Menschen über 65 bewohnt. Ist da Digitalisierung eher Last oder Lösung?**

Ich bin ganz klar der Meinung: Schnelles Internet gehört an jede Milchkanne. Wir brauchen das schnelle Internet in der Fläche: für Unternehmen, Kreativwirtschaftler, aber auch für Familien und für unsere älteren Mitmenschen. Die Medienkompetenz von Seniorinnen und Senioren in Mecklenburg-Vorpommern zu fördern, da sind ihre Interessenvertretungen und die Landesregierung sehr engagiert. Da sollte man die ältere Generation nicht unterschätzen. Hier möchte ich auf das Bundesprojekt Smarte Land.Regionen. verweisen, bei dem Bürgerinnen und Bürger aus ausgewählten Landkreisen – dazu gehört auch der Landkreis Vorpommern-Greifswald – aufgerufen sind, ihre Ideen vorzutragen. Es gibt viele zukunftsrelevante Themenfelder, wo durch den Ausbau neuer digitaler Dienste die Lebensqualität im ländlichen Raum verbessert werden kann.

_____ **Wie kann die Wissenschaft helfen, Digitalisierung in Ihrem Flächenland voranzubringen?**

Insgesamt finde ich es großartig, wie sich die Fraunhofer-Gesellschaft in unserem schönen Bundesland für die Digitalisierung engagiert. Das Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung in Rostock unterstützt Firmen durch seine Forschungs- und Entwicklungsarbeit vor allem zu Softwarelösungen für die maritime Wirtschaft, im Bereich Maschinen- und Anlagenbau oder Informations- und Kommunikationstechnologie. Es gehört auch zur interdisziplinären Forschungsgruppe der Fraunhofer-Gesellschaft »Smart Ocean Technologies«, die am Standort Rostock zukunftsweisende Meerestechnik und neue Lösungen für eine verträglichere Nutzung der Meere entwickelt. Sehr



Ministerpräsidentin Manuela Schwesig lobt das 2016 gegründete Fraunhofer-Netzwerk »Smart Ocean Technologies«, aber auch das »Digital Ocean Lab«.

»Insgesamt finde ich es großartig, wie sich die Fraunhofer-Gesellschaft in unserem schönen Bundesland für die Digitalisierung engagiert.«

spannend finde ich das geplante »Digital Ocean Lab«, ein Unterwasser-Testfeld in Küstennähe, in dem Materialien, Module und komplette Unterwassersysteme in einem realen Umfeld getestet, bewertet und optimiert werden sollen. Aber auch für die Landwirtschaft der Zukunft wird in Rostock geforscht. Das Fraunhofer-Zentrum für Biogene Wertschöpfung und Smart Farming entwickelt für landwirtschaftliche Betriebe innovative Technologien und Methoden.

Die Leere Mecklenburg-Vorpommerns wird oft als Mangel beklagt. Freuen wir uns doch einen Moment darüber: Was ist Ihr Lieblingsplatz, wenn Sie sich in der kalten Jahreszeit ein wenig zurückziehen wollen?

Ich habe viele Lieblingsplätze. Gemeinsam mit meiner Familie bin ich gern in Schwerin unterwegs. Wann immer ich Zeit habe, geht's eine Runde um den Pfaffenteich. Und ich liebe die kleine Insel Hiddensee. ■



2014

Der Griff zum Skalpell

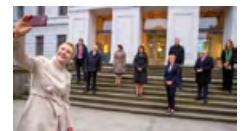
Als Bundesfamilienministerin besuchte sie mit Schülern einen Simulations-OP-Saal im Deutschen Herzzentrum Berlin. Das Kunstherz hat den Eingriff überlebt.



2017

Die Landesmutter

Vor der Wahl zur Ministerpräsidentin im Schweriner Landtag umarmt Manuela Schwesig noch einmal Sohn Julian. Ehemann Stefan hat Tochter Julia auf dem Arm.



2021

Regierungs-Selfi

Die neuen Ministerinnen und Minister hält die wiedergewählte Ministerpräsidentin mit dem Handy fest. Die SPD hatte die Landtagswahl im September mit 39,6 Prozent klar gewonnen.

Mit dem Mikro-U-Boot ins Gehirn

Winzige ferngesteuerte Schwimmer sollen im Körper bald wichtige Aufgaben übernehmen. Gelenkt und beobachtet werden sie über ein neues bildgebendes Verfahren: das Magnetic Particle Imaging.

Von Christine Broll

Vor uns liegt so etwas wie eine Spiralnudel. Rotbraun. Drei Millimeter klein. Erst auf den zweiten Blick zeigt sich eine hellgraue Spitze. Mit diesem Winzling hat Anna Bakenecker Großes vor. »Wir wollen den Mikroroboter mithilfe von Magnetfeldern durch den Körper navigieren«, sagt die Physikerin an der Fraunhofer-Einrichtung für Individualisierte und Zellbasierte Medizintechnik IMTE in Lübeck. »Er soll in der Krebstherapie Wirkstoffe direkt zum Tumor transportieren oder im Gehirn blutungsgefährdete Aneurysmen verschließen.«

Erste Prototypen des Mikro-U-Boots für die Blutbahnen im Körper werden gerade in der Universität Lübeck getestet. Zur Steuerung nutzt Anna Bakenecker die Magnetfelder eines Scanners, wie er beim Magnetic Particle Imaging eingesetzt wird. »Das Magnetic Particle Imaging, kurz MPI, ist in erster Linie ein bildgebendes Verfahren, mit dem man zum Beispiel den Blutfluss im schlagenden Herzen in 3D und Echtzeit visualisieren kann«, erklärt Prof. Thorsten Buzug, geschäftsführender Direktor der Fraunhofer IMTE und Direktor des Instituts für Medizintechnik der Universität zu Lübeck. Beschichtet sind die Schwimmer mit magnetischen Eisenoxid-Nanopartikeln, wie sie auch als Kontrastmittel beim MPI genutzt werden. »Die Na-

nopartikel sind gut verträglich und werden vom Eisenstoffwechsel des Körpers sicher weiterverarbeitet«, betont Buzug.

Aber wie bringt Anna Bakenecker die Schwimmer dazu, sich ohne eigenen Antrieb fortzubewegen? »Die Spitze des Schwimmers besteht aus Neodym-Eisen-Bor, einer Legierung, die auch zur Herstellung starker Permanentmagnete genutzt wird«, erklärt die Physikerin. Wenn man ein rotierendes Magnetfeld anlegt, richtet sich die Neodym-Eisen-Bor-Spitze in dem Feld aus und der Schwimmer beginnt sich zu drehen. Damit diese Rotation in eine Vorwärtsbewegung umgewandelt wird, hat der Schwimmer eine spezielle Spiralform. Vorbild für die Formgebung waren vertikale Windturbinen, bei denen die Flügel spiralförmig um eine zentrale Achse gewunden sind.

Schwimmer als Lebensretter

Als erstes Einsatzgebiet für die wendigen Schwimmer hat Anna Bakenecker den Verschluss von Aneurysmen geplant. Aneurysmen sind sackförmige Schwachstellen in arteriellen Blutgefäßen. Reißt ein Aneurysma, kann das zu lebensgefährlichen Blutungen führen. Besonders kritisch sind solche Blutungen im Gehirn. Bei der heute üblichen Behandlung werden über einen Katheter kleine Drahtge-



Das Mikro-U-Boot wird über eine Neodym-Eisen-Bor-Spitze gesteuert.

»Er soll in der Krebstherapie Wirkstoffe direkt zum Tumor transportieren oder im Gehirn blutungsgefährdete Aneurysmen verschließen.«

Anna Bakenecker,
Physikerin am
Fraunhofer IMTE

flechte in das Aneurysma eingebracht. Sie führen zu einer Gerinnung des Blutes in der Aussackung und verhindern damit, dass das Blutgefäß an dieser Stelle reißt. Statt der Drahtgeflechte möchte Anna Bakenecker die Schwimmer im Aneurysma positionieren und so das Einreißen verhindern. »Mit den kleinen Schwimmern könnten wir auch Schwachstellen der Blutgefäße im Gehirn behandeln, die mit dem Katheter nicht erreichbar sind«, sagt Bakenecker. »Gleichzeitig arbeiten wir an Materialien, die sich im Aneurysma ausdehnen und es so verschließen.«

Präzise Steuerung durch die Arterien

Um den ersten Schritt in die Anwendung zu gehen, arbeitete die Physikerin mit der Klinik für Radiologie und Nuklearmedizin sowie der Klinik für Neuroradiologie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein zusammen. Die Kollegen in der Neuroradiologie erstellten anhand von Patientendaten ein 3D-Modell einer

Hirnarterie mit Aneurysma. An diesem Modell gelang der Beweis, dass sich der Schwimmer wie ein Mikro-U-Boot durch die Arterie tatsächlich präzise an den Zielort steuern lässt.

Für die ganz großen Aufgaben sind selbst die Drei-Millimeter-Schwimmer noch nicht winzig genug. Zurzeit steht die Verkleinerung auf dem Programm. Die Mikro-U-Boote sollen nur noch wenige Mikrometer groß sein, um therapeutische Wirkstoffe zu schlecht erreichbaren Zielen zu bringen: zum Auge, zum Innenohr oder durch feine Blutgefäße zu Tumoren. »Wir möchten die Schwimmer aus einem Material fertigen, das sich am Zielort auflöst und den Wirkstoff dabei freisetzt«, plant Bakenecker. Thorsten Buzug geht mit seinen Überlegungen noch weiter: »Wir könnten mit den Mikro-Schwimmern auch schaltbares radioaktives Material zu einem Tumor bringen und damit eine nebenwirkungsarme Strahlentherapie ermöglichen. Die Technologie hat eine Bandbreite, die wir im Moment noch gar nicht überblicken können.« ■

»Wir können mit dem Mikro-Schwimmer auch schaltbares radioaktives Material zu einem Tumor bringen.«

Prof. Thorsten Buzug, geschäftsführender Direktor Fraunhofer IMTE



Größenvergleich:
Schwimmer neben
Reiskorn.

Neue Schwimmer im
Mikrometermaßstab.

Winter, wie er vor Corona war: Der Dresdner Striezelmarkt gilt als der älteste Weihnachtsmarkt Deutschlands, dokumentiert seit dem Jahr 1434. Um die zwei Millionen Besucher lockt er im Advent auf den Altmarkt – in normalen Zeiten.



Wo ist Emma?

Albtraumfall – ein Kind ist urplötzlich verschwunden. Durch die enge Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IVI hat die Polizei in Sachsen ein Werkzeug, das die Suche gezielt steuern und schnell eingrenzen lässt.

Von Dr. Monika Offenberger

Stellen wir uns einen Winter vor, ganz ohne Corona. Silvester-Feuerwerk mit Anstoßen und Umarmen, davor all die Treffen bei Stollen und Glühwein am Christkindlesmarkt in Nürnberg oder am Dresdner Striezelmarkt. Fröhliche Stimmung – und dann der Albtraum: Die kleine Emma ist weg! Eben stand sie noch mit einer Tüte Magenbrot vorm Karussell, jetzt ist sie wie vom Erdboden verschluckt. Alles Suchen und Rufen bleibt vergebens. Griff zum Telefon. Notruf 110.

»Vermisstes Kind in großer Menschenmenge, das ist ein typischer Fall für unsere Einsatzkräfte«, sagt Jan Hentschel, Leiter der Abteilung Information und Kommunikation im Polizeiverwaltungsamt Sachsen: »Da schicken wir sofort die nächste Streifenbesatzung hin und bitten die Mutter um ein Foto des Kindes. Das versenden wir mit dem neuen Polizei-Messenger MePol an alle Kräfte in der Nähe, zusammen mit dem letzten bekannten Standort, der sich in einer Karte anzeigen lässt. Darin können wir auch gleich einblenden, wo sich welche Kollegen aktuell befinden und wohin sie sich bewegen. Außerdem lässt sich damit abschätzen, wie schnell das Kind in der Menge vorwärtskommt und in welchem Radius es sich inzwischen aufhalten könnte. Dieses Gebiet suchen wir gezielt ab und werden in der Regel sehr schnell fündig.«

MePol wurde vom Dresdner Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI gemeinsam mit der Polizei Sachsen für den Regeldienst der Polizei entwickelt. Dafür hat der Freistaat rund drei Millionen Euro zur Verfügung gestellt. Bislang wurden

damit 4 300 Smartphones ausgestattet, die in einer besonders geschützten IT-Umgebung arbeiten und von der Polizei Sachsen selbst administriert werden.

Wie sehr das neue System die Arbeit der sächsischen Polizistinnen und Polizisten erleichtert, zeigt ein Blick zurück: »Früher hat man natürlich auch zuerst mit der Mutter gesprochen und sich ein Foto des Kindes geben lassen«, erläutert Jan Hentschel: »Das wurde dann aber mitgenommen, um ein Plakat für die Öffentlichkeitsfahndung herzustellen. Dann ging

ein Funkspruch raus, mit einer kurzen Personenbeschreibung und dem letzten Standort. Das mussten sich die Kolleginnen und Kollegen merken oder entsprechende Notizen machen.«

»Ein Riesenvorteil von MePol ist die Vernetzung der Smartphones mit der internen Computer-Infrastruktur unserer Führungs- und Lagezentren.«



Jan Hentschel,
Polizeiverwaltungsamt Sachsen

Kein Foto? Kein Lageplan. Keine Hilfsfunktionen? Und das in Zeiten von WhatsApp, Signal und wie sie alle heißen? »Als Polizei haben wir es zum Teil mit hochsensiblen Daten zu tun. Da muss ein hohes Maß an Datenschutz und IT-Sicherheit gewährleistet sein. Deshalb ist die Nutzung eines kommerziellen Dienstes für uns völlig unakzeptabel«, entgegnet Jan Hentschel.

2019 entstand die Idee, einen eigenen Messenger zu entwickeln. Er sollte einerseits die Leistungen handelsüblicher Anwendungen bieten: Austausch von Text- und Sprachnachrichten, Bildern und Videos sowie die Bildung von Gruppen, deren Mitglieder sich gegenseitig auf dem neuesten Stand halten. Darüber hinaus aber sollte er weitere, spezielle Bedürfnisse der Polizei erfüllen – zum Beispiel Einsatzmanagement, Lagedarstellung in Echtzeit, Einhaltung gesetzlich vorgeschriebener Löschfristen und Entscheidungsunterstützung. ▶

2019 entstand die Idee, einen eigenen Messenger zu entwickeln. Er sollte einerseits die Leistungen handelsüblicher Anwendungen bieten: Austausch von Text- und Sprachnachrichten, Bildern und Videos sowie die Bildung von Gruppen, deren Mitglieder sich gegenseitig auf dem neuesten Stand halten. Darüber hinaus aber sollte er weitere, spezielle Bedürfnisse der Polizei erfüllen – zum Beispiel Einsatzmanagement, Lagedarstellung in Echtzeit, Einhaltung gesetzlich vorgeschriebener Löschfristen und Entscheidungsunterstützung. ▶

Für MePol haben Polizisten und Forscher eng zusammengearbeitet. Sie haben Prioritäten definiert, Anforderungen erörtert, Arbeitsweisen diskutiert. »Das ist ein laufender Prozess, bei dem sich die Praktiker und Wissenschaftler permanent austauschen und abstimmen. Diese enge Zusammenarbeit ist der Schlüssel zum Erfolg«, erklärt Dr. Kamen Danowski, Abteilungsleiter »Strategie und Optimierung« am Fraunhofer IVI. Sein Team arbeitet bereits seit 2002 an neuen Technologien zur Einsatzführung und sicheren Informationsüber-

mittlung in den Bereichen Katastrophenschutz, Feuerwehr, Rettungsdienst und Polizei. 2013 wurde eine Innovationspartnerschaft mit dem Landeskriminalamt Sachsen begonnen, an der sich aktuell mehr als 20 Landes- und Bundesbehörden beteiligen. Der Fokus liegt auf einer Applikation für die Spezialeinheiten (SE), deren Einsätze zur Terrorismus- und Kriminalitätsbekämpfung mit einem erheblichen Gefahrenpotenzial verbunden sind. Ergebnis der gemeinsamen

Entwicklungsarbeit ist die Technologie SE-Netz, die als Bundesstandard etabliert und mit dem Fraunhofer Preis 2020 ausgezeichnet wurde. Sie ermöglicht die schnelle, sichere und zuverlässige länder- und behördenübergreifende Kommunikation bei SE-Einsätzen. »Auf dieser Basis konnten wir aufsetzen, um eine Lösung für den Regeldienst der Polizei zu entwickeln«, sagt Jan Hentschel.

Ergebnis ist ein flexibles System, das verschiedene Server, Endgeräte und mobile Apps vernetzt und dabei höchste Daten- und IT-Sicherheit garantiert. Im Bedarfsfall lässt es sich auch mit dem SE-Netz koppeln. »Ein Riesenvorteil von MePol ist die Vernetzung der Smartphones mit der internen Computer-Infrastruktur unserer Führungs- und Lagezentren. Das erleichtert den Nachrichtenaustausch zwischen den mobilen Kräften und der Einsatzleitung enorm«, so Hentschel. Zu den Kernfunktionalitäten von MePol gehören neben Nachrichtenaustausch und Lagedarstellung intelligente Algorithmen, die sekunden-schnell den jeweils optimalen Einsatz der verfügbaren Kräfte und Mittel berechnen. Jan Hentschel: »Nehmen wir einen Handtaschenraub in der Dresdner

Innenstadt. Wir wissen, das ist vor zehn Minuten vor der Kreuzkirche passiert, und der Täter ist zu Fuß flüchtig. Dann kann der Kollege im Lagezentrum auf der Karte bestimmte Fahndungsbereiche ausweisen und gezielt die fünf nächstgelegenen Funkwagen hinführen. Auch in diesem Fall lässt sich über die Weg-Zeit-Berechnung der mögliche Bewegungsradius der Zielperson visualisieren. Das ist eine klassische polizeitaktische Anforderung, die mit MePol hervorragend umgesetzt ist.«

»Zukunftsorientierte Forschung betreiben wir hinsichtlich 3D-Lageführung, Drohneneinbindung und Nutzung von Wearables.«



Dr. Kamen Danowski, Fraunhofer IVI

Der neue Messenger

kommt bei den Kollegen und Kolleginnen sehr gut an, stellt Jan Hentschel fest: »Entscheidend für die hohe Akzeptanz ist neben dem Funktionsumfang die leichte Bedienbarkeit. Denn MePol präsentiert sich im Wesentlichen ähnlich wie kommerzielle Apps, die man privat anwendet. Außerdem greifen wir laufend die Anregungen und Wünsche der Kollegen auf, die das System täglich nutzen. Und da haben wir den großen

Vorteil, dass wir mit dem Fraunhofer IVI sehr schnell neue Anforderungen umsetzen können.«

So konnte 2021 das gesamte MePol-System in die Sächsische Polizei-Cloud überführt werden. »Mit dieser hochverfügbaren und skalierbaren Cloud ist uns ein großer Schritt gelungen, um unsere sensiblen Daten sicher und performant abzulegen«, betont Jan Hentschel. Tatsächlich ändern sich nicht nur die verfügbaren Technologien, sondern auch die Aufgaben der Polizei und die Bedrohungslagen, mit denen sie konfrontiert ist. »In Polizeieinsätzen spielen die optimierte Lagedarstellung, die Echtzeit-Positionen der eigenen Kräfte und Mittel, die Kennzeichnung wichtiger Punkte und Bereiche eine entscheidende Rolle für den Erfolg. Zu diesem Zweck haben wir in MePol neben konventionellen digitalen Karten in 2D auch Augmented Reality implementiert. Zukunftsorientierte Forschung betreiben wir hinsichtlich 3D-Lageführung, Drohneneinbindung und Nutzung von Wearables«, sagt Kamen Danowski und betont: »Darin sehe ich unsere Aufgabe als Fraunhofer-Forscher: neue Technologien gemeinsam mit den Anwendern zu entwickeln und sie schnell den Einsatzkräften zur Nutzung bereitzustellen.«

»Das ist ein laufender Prozess, bei dem sich die Praktiker und Wissenschaftler permanent austauschen und abstimmen. Diese enge Zusammenarbeit ist der Schlüssel zum Erfolg.«

Dr. Kamen Danowski, Fraunhofer IVI

Staffellauf des Wissens

**Energie
regenerativ
gewinnen**

Für MePol haben Polizisten und Forscher eng zusammengearbeitet. Sie haben Prioritäten definiert, Anforderungen erörtert, Arbeitsweisen diskutiert. »Das ist ein laufender Prozess, bei dem sich die Praktiker und Wissenschaftler permanent austauschen und abstimmen. Diese enge Zusammenarbeit ist der Schlüssel zum Erfolg«, erklärt Dr. Kamen Danowski, Abteilungsleiter »Strategie und Optimierung« am Fraunhofer IVI. Sein Team arbeitet bereits seit 2002 an neuen Technologien zur Einsatzführung und sicheren Informationsübermittlung in den Bereichen

Katastrophenschutz, Feuerwehr, Rettungsdienst und Polizei. 2013 wurde eine Innovationspartnerschaft mit dem Landeskriminalamt Sachsen begonnen, an der sich aktuell mehr als 20 Landes- und Bundesbehörden beteiligen. Der Fokus liegt auf einer Applikation für die Spezialeinheiten (SE), deren Einsätze zur Terrorismus- und Kriminalitätsbekämpfung mit einem erheblichen Gefahrenpotenzial verbunden sind. Ergebnis der gemeinsamen

Entwicklungsarbeit ist die Technologie SE-Netz, die als Bundesstandard etabliert und mit dem Fraunhofer Preis 2020 ausgezeichnet wurde. Sie ermöglicht die schnelle, sichere und zuverlässige länder- und behördenübergreifende Kommunikation bei SE-Einsätzen. »Auf dieser Basis konnten wir aufsetzen, um eine Lösung für den Regeldienst der Polizei zu entwickeln«, sagt Jan Hentschel.

Ergebnis ist ein flexibles System, das verschiedene Server, Endgeräte und mobile Apps vernetzt und dabei höchste Daten- und IT-Sicherheit garantiert. Im Bedarfsfall lässt es sich auch mit dem SE-Netz koppeln. »Ein Riesenvorteil von MePol ist die Vernetzung der Smartphones mit der internen Computer-Infrastruktur unserer Führungs- und Lagezentren. Das erleichtert den Nachrichtenaustausch zwischen den mobilen Kräften und der Einsatzleitung enorm«, so Hentschel. Zu den Kernfunktionalitäten von MePol gehören neben Nachrichtenaustausch und Lagedarstellung intelligente Algorithmen, die sekunden-schnell den jeweils optimalen Einsatz der verfügbaren Kräfte und Mittel berechnen. Jan Hentschel: »Nehmen wir einen Handtaschenraub in der Dresdner

Innenstadt. Wir wissen, das ist vor zehn Minuten vor der Kreuzkirche passiert, und der Täter ist zu Fuß flüchtig. Dann kann der Kollege im Lagezentrum auf der Karte bestimmte Fahndungsbereiche ausweisen und gezielt die fünf nächstgelegenen Funkwagen hinführen. Auch in diesem Fall lässt sich über die Weg-Zeit-Berechnung der mögliche Bewegungsradius der Zielperson visualisieren. Das ist eine klassische polizeitaktische Anforderung, die mit MePol hervorragend umgesetzt ist.«

»Zukunftsorientierte Forschung betreiben wir hinsichtlich 3D-Lageführung, Drohneneinbindung und Nutzung von Wearables.«



Dr. Kamen Danowski,
Fraunhofer IVI

Der neue Messenger

kommt bei den Kollegen und Kolleginnen sehr gut an, stellt Jan Hentschel fest: »Entscheidend für die hohe Akzeptanz ist neben dem Funktionsumfang die leichte Bedienbarkeit. Denn MePol präsentiert sich im Wesentlichen ähnlich wie kommerzielle Apps, die man privat anwendet. Außerdem greifen wir laufend die Anregungen und Wünsche der Kollegen auf, die das System täglich nutzen. Und da haben wir den großen

Vorteil, dass wir mit dem Fraunhofer IVI sehr schnell neue Anforderungen umsetzen können.«

So konnte 2021 das gesamte MePol-System in die Sächsische Polizei-Cloud überführt werden. »Mit dieser hochverfügbaren und skalierbaren Cloud ist uns ein großer Schritt gelungen, um unsere sensiblen Daten sicher und performant abzulegen«, betont Jan Hentschel. Tatsächlich ändern sich nicht nur die verfügbaren Technologien, sondern auch die Aufgaben der Polizei und die Bedrohungslagen, mit denen sie konfrontiert ist. »In Polizeieinsätzen spielen die optimierte Lagedarstellung, die Echtzeit-Positionen der eigenen Kräfte und Mittel, die Kennzeichnung wichtiger Punkte und Bereiche eine entscheidende Rolle für den Erfolg. Zu diesem Zweck haben wir in MePol neben konventionellen digitalen Karten in 2D auch Augmented Reality implementiert. Zukunftsorientierte Forschung betreiben wir hinsichtlich 3D-Lageführung, Drohneneinbindung und Nutzung von Wearables«, sagt Kamen Danowski und betont: »Darin sehe ich unsere Aufgabe als Fraunhofer-Forscher: neue Technologien gemeinsam mit den Anwendern zu entwickeln und sie schnell den Einsatzkräften zur Nutzung bereitzustellen.« ■

»Das ist ein laufender Prozess, bei dem sich die Praktiker und Wissenschaftler permanent austauschen und abstimmen. Diese enge Zusammenarbeit ist der Schlüssel zum Erfolg.«

Dr. Kamen Danowski,
Fraunhofer IVI

Staffellauf des Wissens

Herr Prof. Henning,
wann kann es
gelingen, den
gesamten Primär-
Energiebedarf
Deutschlands aus
regenerativen
Quellen zu
gewinnen?

Staffellauf des Wissens, Folge 3

Herr Prof. Henning, wann kann es gelingen, den gesamten Primärenergiebedarf Deutschlands aus regenerativen Quellen zu gewinnen?

Serie:

Staffellauf des Wissens

Unsere Zeit wirft **viele Fragen auf** – **Fraunhofer-Forschende bemühen sich um Antworten.** Eine Fachfrau oder ein Fachmann gibt **eine Antwort** und stellt **eine Frage**, die sie oder er an den nächsten **Experten weiterreicht** – ein **»Staffellauf des Wissens«**. In dieser Ausgabe antwortet **Prof. Hans-Martin Henning**, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE, auf eine Frage von **Prof. Welf-Guntram Drossel**, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU.

Das Bundes-Klimaschutzgesetz sieht Treibhausgasneutralität bis 2045 vor. Für die Energieversorgung bedeutet dies, dass bis zu diesem Jahr eine vollständige Versorgung mit erneuerbaren Energien erreicht werden muss. Kann das gelingen? Und wenn ja: wie? Zunächst die gute Botschaft: Dieses Ziel kann noch erreicht werden. Zumindest ist dies das übereinstimmende Ergebnis verschiedener aktueller Studien, erstellt vom Thinktank Agora Energiewende, von der Deutschen Energie-Agentur DENA und verschiedenen wissenschaftlichen Einrichtungen einschließlich Fraunhofer bis zum Bundesverband der deutschen Industrie BDI. Betrachten wir einige Ergebnisse näher.

Am Anfang steht die Frage, wie sich unser Energiebedarf entwickeln wird. Hier gibt es eine Bandbreite an denkbaren Entwicklungen, die sich in den untersuchten Szenarien widerspiegelt: stetige Erhöhung aufgrund eines weiterhin wachsenden Konsums, steigenden Verkehrsaufkommens und zunehmender Pro-Kopf-Wohnfläche, genauso aber der mögliche Rückgang des Bedarfs aufgrund geänderter gesellschaftlicher Verhaltensweisen, beispielsweise im Bereich der Mobilität. Die Konsequenzen sind erheblich: Je geringer der Energiebedarf, desto leichter fällt die Deckung durch



Prof. Hans-Martin Henning leitet das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Alle Studien sind sich einig: Die im Bundes-Klimaschutzgesetz festgelegte Absenkung der Treibhausgasemissionen ist erreichbar, bedarf aber auch großer Anstrengungen und eines hohen Tempos bei der Umsetzung.

Foto: Fraunhofer ISE

erneuerbare Energien. Allerdings gilt trotz der Unterschiede in der angenommenen Entwicklung des Energiebedarfs für alle untersuchten Szenarien aller Studienersteller, dass der Primärenergiebedarf im Jahr 2045 deutlich geringer ausfällt als heute, und zwar um 30 bis 58 Prozent gegenüber dem Vor-Corona-Jahr 2019, als er bei 3557 Terawattstunden lag.

Strom macht warm und mobil

Der wichtigste Grund liegt in einer sehr viel stärkeren Nutzung von Strom für Wärmebereitstellung und Mobilität, die sich durch eine sehr viel höhere Effizienz der eingesetzten Energie auszeichnet. Während zum Beispiel ein Gaskessel bestenfalls eine Wandlungseffizienz von 100 Prozent erreichen kann, lässt sich mit einer Kilowattstunde Strom in einer Wärmepumpe das Drei- bis Fünffache an Heizwärme bereitstellen.

Neben der direkten Stromnutzung gelangen alle Untersuchungen aber auch zur klaren Erkenntnis, dass weiterhin stoffliche Energieträger – mit erneuerbarem Strom hergestellter Wasserstoff und auf Basis von Wasserstoff hergestellte flüssige Energieträger und Chemierohstoffe – benötigt werden, beispielsweise für Prozesse in der Industrie, für Verkehrsträger, bei denen ein ausschließlich batteriebasierter Antrieb ausscheidet, und für die Strom-

versorgung, wenn nicht ausreichend Sonne und Wind zur Verfügung stehen. Was die Menge und den zukünftigen Importanteil dieser Energieträger betrifft, gibt es in den Untersuchungen ebenso große Unterschiede wie für die Werte der installierten Leistung für die wichtigsten Wandler erneuerbarer Energien bis zum Jahr 2045.

Im Mittel der Szenarien ergibt sich eine rund sieben Mal höhere installierte Leistung für Photovoltaik (heute 58 Gigawatt) und Wind auf See (heute 7,8 Gigawatt) sowie eine Verdreifachung für Wind an Land (heute 56 Gigawatt). Die notwendigen Flächen hierfür stehen grundsätzlich zur Verfügung.

Alle Studien sind sich einig, dass die im Bundes-Klimaschutzgesetz festgelegte Absenkung der Treibhausgasemissionen erreichbar ist, aber auch, dass dieser Pfad sehr ambitioniert ist und großer Anstrengungen und eines hohen Tempos bei der Umsetzung bedarf. Als eine der größten Herausforderungen dabei erscheint mir die Ressourcenfrage. Denn um die notwendige Energiewende global zu vollziehen, werden riesige Mengen an unterschiedlichsten Materialien von Stahl, Glas, Beton und Kupfer bis hin zu seltenen Erden gebraucht für die riesige Anzahl an benötigten Wandlern, Speichern und Transportsystemen. Deshalb kommt auch für eine globale Energiewende dem Übergang zu zirkulärer Wertschöpfung eine Schlüsselrolle zu. ■

In der nächsten Ausgabe:

Meine Frage: Welche Ressourcenstrategie benötigt die globale Energiewende?

Verkehr

Mobil – aber wie?

Das Auto der Zukunft braucht eine Mobilität der Zukunft. Die Chancen sind groß – die Herausforderungen auch.

Von Mehmet Toprak, Fotografie: Heinz Heiss

Die Faszination Fahren hat viele Formen: Wenn sich die Mobilität verändert, sieht Dr. André Häusler vom Fraunhofer-Institut ILT die Chance auf mehr Diversität im Straßenverkehr. Auch wenn er nicht jedem Wagen und Wägelchen für jeden Einsatzzweck die gleichen Potenziale zutraut. Sein Institut arbeitet daran, durch lasergestützte Schweißverfahren Autos leichter zu machen. Das ist kein Kinderspiel – anders als die dampfgebogenen Minimobile, die durch die Fotografien der nächsten Seiten rollen.



Neuzeit, neue Herausforderungen – und neue Herausforderer: E-Mobilitätspionier Tesla, der 2013 mit dem Model

S auf den deutschen Markt startete, hatte im Oktober Grund zum Feiern. Dreistellig waren die Zuwachsraten in der Zulassungsstatistik für Deutschland: ein Plus von 482,9 Prozent. Die deutschen Hersteller rutschten zweistellig ins Minus – Ausnahme Porsche, fast stabil bei nur minus 0,8 Prozent (s. Interview S. 48).

Auch Volkswagen, Mercedes, BMW und Audi haben die Herausforderung E-Mobilität angenommen. Die Fraunhofer-Gesellschaft trägt mit ihrer Forschungsfabrik Batteriefertigung, an der zehn Fraunhofer-Institute beteiligt sind, dazu bei, die technologische Spitzenposition deutscher Batteriefertigung auszubauen und zu festigen. Und doch wird es mehr brauchen, damit der Deutschen liebstes Kind nicht

zum Schmutzkind in Ökologie und Ansehen wird.

Diversität – auch auf den Straßen

Das Auto der Zukunft braucht eine Mobilität der Zukunft. Gegen Scheuklappen auf den Straßen plädiert Dr. André Häusler. Der Fachmann vom Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen ist überzeugt, dass Diversität im Verkehr erforderlich sein wird. Er sieht die verschiedenen Antriebskonzepte in friedlicher Koexistenz – je nach Raum und Anforderung. In fünf Minuten volltanken und dann 650 Kilometer weit fahren? Vorteil Wasserstoff. Ländlicher Raum mit dünnem Netz an Stromzapfsäulen? Vorteil Hybridmodell aus Verbrenner und Elektromotor. »In den kommenden Jahren werden Automobilhersteller nicht nur eine Antriebsart im Portfolio haben«, sagt Häusler. »Sie werden

für jeden Bedarf eine eigene Lösung anbieten müssen – Wasserstoff-, Elektro-, Benzin-, Diesel- und Hybrid-Modelle.«

Doch wird das nicht genügen. Es ist an der Zeit, Mobilität neu zu denken. »Wir müssen die Weiterentwicklung von Fahrzeugen, Verkehrssystemen und Technologien viel stärker von der Lösung konkreter Probleme und Aufgaben her angehen und weniger von der Weiterentwicklung bestehender Techniken«, fordert Sebastian Stegmüller vom Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO in Stuttgart. Stegmüller ist Leiter des Forschungsbereich Mobilitäts- und Innovationssysteme. Zusammen mit seinen Teams versucht er, solide, zukunftsweisende Innovationen von kurzlebigen Hypes zu unterscheiden.

Abspecken für die Zukunft: Ganz unabhängig vom Antriebskonzept gilt eine einfache Regel. Je weniger ein Fahrzeug wiegt, desto geringer kann sein Energie-

Wenn die Technik die Arbeit macht, wird der Fahrer mehr zum Passagier werden und Unterhaltung auch auf Monitoren genießen können, glaubt Sebastian Stegmüller. Mit seinem Forschungsbereich am Fraunhofer IAO will er mehr über neue Lösungen nachdenken und weniger über die Weiterentwicklung bestehender Techniken.



verbrauch sein. Das gilt speziell für E-Autos, die ihrer schweren Batteriemodule wegen besonders unter Reichweiteproblemen leiden. Das Fraunhofer ILT hat ein lasergestütztes Schweißverfahren entwickelt, mit dem sich hochfeste Stähle auch an sehr kleinen Stellen nahtlos und präzise schweißen lassen. Die Stähle sind dünner und leichter, ohne deshalb an Festigkeit zu verlieren. »Wir arbeiten auch an einem Verfahren, bei dem Metall und Kunststoff miteinander verschweißt werden. Daraus lassen sich tragende Bauteile herstellen, die keine verbindenden Elemente mehr benötigen. Sie sind damit ebenfalls leichter«, erklärt Dr. André Häusler, Teamleiter für das Mikrofügen von metallischen Werkstoffen.

Das Potenzial innovativer Schweißtechniken demonstrieren Häusler und sein Team auch im Bereich der Wasserstoff-Antriebe. Brennstoffzellen sind prädestiniert für den Einsatz in Lkw, Transistoren oder anderen Nutzfahrzeugen. Mit dem am Fraunhofer ILT entwickelten Hochgeschwindigkeits-schweißprozess lassen sich beispielsweise die für eine Brennstoffzelle benötigten 200 Bipolarplatten mit jeweils 1,4 Meter langer Naht heliumdicht verbinden. Und zwar schneller, effizienter und kostensparender als mit klassischer Schweißtechnik.

»Mobilität ist mehr als das berühmte **Von-A-nach-B.** Beim Auto gibt es Aspekte, die über das rein Rationale hinausgehen.«

Sebastian Stegmüller, Fraunhofer IAO

Leichtigkeit, Nachhaltigkeit und Sicherheit, das ist auch die Devise beim Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts haben sich mit den Partnern HOBUM Oleochemicals GmbH und Porsche Motorsport an der Entwicklung des Bioconcept-Car

für das Rennteam Four Motors beteiligt. Die Fraunhofer WKI-Expertinnen und -Experten setzen auf die Naturfaser Flachs als Ersatz für das teure Carbon, das im Rennsport überall da eingesetzt wird, wo extreme Festigkeit gefragt ist. Der Flachs wird zu einem textilartigen Gewebe verarbeitet und anschließend mit einem biobasierten Epoxidharz umhüllt. Das Flachs-gewebe beziehen die Forschenden dabei von einem Zulieferer. Das vibrationsdämpfende Material kann dort verbaut werden, wo die Festigkeit nicht ganz so hoch wie bei Carbon sein muss, beispielsweise im Bereich der Türen, bei der Sitzaufhängung oder im Dachhimmel. »Unser Projekt beweist, dass mit Naturfasern verstärkte Bio-Kunststoffe auch unter hohen Belastungen tatsächlich funktionieren«, erklärt Fraunhofer WKI-Experte Ole Hansen. Hinzu kommen die ökologischen Vorteile, denn die Flachspflanze bindet CO₂ und wächst in der Region, lange Lieferwege entfallen.

Kompakt und vernetzt

»Das Auto braucht nicht nur neue Technik, es braucht generell neue Konzepte. Es muss kompakter werden und sich intelligent mit anderen Mobilitätsformen verbinden«, sagt Monika Beck, zuständig für Technology Transfer – Wireless Microsystems am Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS in Dresden. Ein entscheidender Baustein für die Einbindung des Autos in zukünftige Verkehrssysteme ist die Elektronik. Schon heute sind Fahrzeuge vollgepackt mit ECUs (Electronic Control Units). Diese kontrollieren inzwischen auch sicherheitskritische Bereiche wie Motor, Schaltung, Gas oder Bremsen. In einem modernen Auto arbeiten zwischen 30 und 150 dieser Einheiten zusammen, alle sind mit Prozessoren ausgestattet. Die Automobilindustrie ist hier allerdings von einigen wenigen Herstellern und deren oft für spezielle Anwendungen überdimensionierten Prozessoren abhängig. Hier setzt das Fraunhofer IPMS an. Es hat einen IP-Core basierend auf der transparenten RISC-V-Architektur entwickelt, die sich individuell anpassen lässt. »Modularität und Erweiterbarkeit sind die größten Stärken der offenen RISC-V-Architektur. Sie ermöglicht es damit,

maßgeschneiderte Prozessoren zu entwerfen«, erklärt Monika Beck.

Der RISC-V-Prozessor bietet aber noch ein weiteres, sehr wesentliches Novum. Als erster Prozessor für Automotive-Anwendungen ist er auch als Safety-Variante erhältlich. In dieser Variante ist das Design ASIL-D ready nach ISO 26262 vorzertifiziert. Diese Norm regelt die Entwicklung sicherheitsrelevanter elektronischer Systeme in Kraftfahrzeugen. Dabei werden beispielsweise bestimmte Datenströme redundant angelegt oder nach einem Ausfall einer Komponente vordefinierte Aktionen eingeleitet. Ein entsprechender Prozessor könnte in sicherheitskritischen Funktionen wie etwa der Sensorik genutzt werden, um diese stabil und ausfallsicher zu gestalten. Gerade selbstfahrende Autos sind auf absolut zuverlässige Sensorik-Systeme angewiesen.

Für diese Sensorsysteme ist eine Vernetzung mit der Außenwelt und schnelle Auswertung der Daten entscheidend. Dies kann nicht in den Fahrzeugen allein geschehen, da diesen nur begrenzte Rechenpower zur Verfügung steht. Hierbei spielen Edge-Computing, 5G und V2X-Funkverbindungen (Vehicle-to-X) eine wichtige Rolle (s. Artikel S. 46). Auch die Unterstützung der Fahrzeug-Sensorik durch weitere Sensoren auf den Straßen ist ein wichtiger Baustein für selbstfahrende Autos. Das könnte so aussehen: Auf erhöhten Positionen wie etwa einer Straßenlaterne überwachen Kameras, LiDAR-Scanner (Light Detection and Ranging) und Radar Gefahrenstellen wie Kreuzungen oder bestimmte Straßenabschnitte. Das System sammelt die eingehenden Daten und sendet sie via 5G an ein nahe gelegenes Edge-Cloud-System, das die Daten mit KI-Unterstützung auswertet. So entsteht ein Bild aller Verkehrsteilnehmer mit ihren jeweiligen Geschwindigkeiten und Abständen zueinander. Mittels Deep Learning analysiert das System die Verkehrslage, teilt diese über 5G wieder den Fahrzeugen mit und erkennt Gefahrensituationen. Wenn sich beispielsweise ein nicht-autonomes Auto auf Kollisionskurs mit einem autonomen Fahrzeug befindet, erkennt das Edge-Cloud-System die Gefahrensituation. Nun schickt es – wieder über 5G – eine Warnung an das selbstfahrende Auto, das dann autonom den Kurs korrigiert oder ►

eine Notbremsung durchführt. Dies alles geschieht nahezu in Echtzeit.

Die Infos zu den Fahrzeugen beschränken sich auf Fahrzeugklasse, Position und Geschwindigkeit. Informationen zu den Haltern oder Nummernschilder werden nicht übermittelt. Es sind auch Lösungen gänzlich ohne Kamera und nur mit LiDAR beziehungsweise Radar denkbar. Auch eine smarte Ampel, die je nach Verkehrsgeschehen intelligent schaltet und zusätzlich zu den optischen Anzeigen über hochzuverlässigen 5G-Funk ihre Ampelsignale an die Verkehrsteilnehmer sendet, ist in so einem intelligenten Verkehrs-Monitoring-System realisierbar.

Solche Systeme befinden sich aktuell noch in der Entwicklung. Fraunhofer-Forschende bemühen sich mit Hochdruck,

diese Vision in Feldversuchen zu realisieren. Darunter auch das Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut, HHI in Berlin. »Wir arbeiten an der Weiterentwicklung von Kameras, Lasern für LiDAR-Scanner und KI für Radar, beispielsweise für die Verkehrserfassung. Prinzipiell also an allen Arten von Sensoren, die zur Erkennung und Lokalisierung von Objekten dienen. Wir optimieren Funktechnologien wie 5G weiter und arbeiten schon an 6G-Konzepten, mit denen auch große Datenmengen zuverlässig in Echtzeit übertragen werden können. Wir haben sogar eine neue KI-Abteilung am Institut gegründet, zur intelligenten Analyse und Weiterverarbeitung von Rohdaten«, erklärt Dr. Tristan Visentin, Innovation Manager am Fraunhofer HHI.



»Von Verboten halte ich nichts«

Hat das Auto noch eine Zukunft in der Mobilität von morgen? Antworten von Prof. Uwe Clausen, Vorsitzender der Fraunhofer-Allianz Verkehr.

Interview: Mehmet Toprak

Herr Prof. Clausen, wie kann das Auto in der öffentlichen Diskussion aus der Defensive kommen?

Da muss sich vieles, sehr vieles verändern. Deutlich verbessern muss sich beispielsweise der ganze Bereich der Kreislaufwirtschaft. Schon bei der Konstruktion des Autos gilt es darauf zu achten, die Einzelkomponenten und Materialien später recyceln zu können. Wir brauchen mehr ökologisch unbedenkliche Materialien im Fahrzeugbau. So könnte man bei bestimmten Komponenten wie etwa Türen biobasierte Harze verbauen.

Zurück zum Trabi mit seiner Karosserie aus gehärtetem Kunstharz?

Immerhin ist der heute Kult (lacht)! Wir müssen die alten Vorurteile gegenüber

Rezyclaten oder biobasierten Materialien hinter uns lassen. Solche Materialien können heute schon haptisch ansprechend und hochwertig wirken. Es kommt auf die Verarbeitung an. Die Kolleginnen und Kollegen am Fraunhofer WKI haben mit ihren flachsbasierten Komponenten gezeigt, dass das möglich ist.

Gibt es weitere Lösungen?

Es gibt viele spannende Einzellösungen, egal, ob Batteriefertigung, intelligenter Leichtbau oder Assistenzsysteme. Wenn man diese im Fahrzeugbau miteinander kombiniert, verschafft das dem Automobil einen Qualitätssprung.

Läuft alles auf das E-Auto zu?

Es ist schlüssig, dass die Automobilindus-

trie verstärkt auf das E-Auto setzt. Wenn bei der Herstellung und beim Laden zunehmend erneuerbare Energien genutzt werden und zugleich weniger Verbrenner unterwegs sind, haben Sie einen positiven Effekt bei den CO₂-Emissionen.

Das alles macht das Auto aber noch nicht zu einem attraktiven Verkehrsmittel der Zukunft.

Das eine Auto der Zukunft wird es nicht geben. Es wird Teil einer ganzheitlichen Mobilitätsstrategie sein und sich in komplexe Verkehrssysteme einbinden lassen. Die Vision der vernetzten Mobilität ermöglicht ein Miteinander von Autos, Bussen und Bahnen, E-Scootern und Lastenfahrrädern, Taxis und Fußgängern. Um hier noch bessere Lösungen zu



Ganz verschiedene Formen der Mobilität intelligent verbinden – und das auch in ländlichen Regionen: Das ist das Ziel von Dr. Karina Villela und Matthias Koch vom Fraunhofer IESE.

**Auto der Zukunft:
Prof. Uwe Clausen
im Fraunhofer-Podcast:**



Die digitalisierte Verkehrssteuerung integriert Automobile, Bikes, E-Scooter und Fußgänger in ein umfassendes Mobilitätskonzept. »Das Auto der Zukunft wird Teil einer ganzheitlichen Mobilitätsstrategie sein und sich in komplexe Verkehrssysteme einbinden lassen«, bestätigt Prof. Uwe Clausen, Vorsitzender Fraunhofer-Allianz Verkehr (siehe Interview unten).

Und das oft vergessene Land?

Doch je mehr Optionen, desto komplexer wird auch die Mobilität für die Passagiere. Dr. Karina Villela, Project Manager Digital Innovation Design am Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE in Kaiserslautern, hat sich dieses Problems angenommen und im Projekt ▶

entwickeln und zu verbreiten, engagieren wir uns als Fraunhofer-Allianz Verkehr – koordiniert durch die Fraunhofer-Institute IAO und IML – in der europäischen Initiative EIT Urban Mobility. Neben den Chancen, die uns durch Digitalisierung eröffnet werden, muss das Automobil in allen Komponenten, in Leistung und Ausstattung immer wieder neu gedacht und als Element einer nachhaltigen, vernetzten Mobilität konzipiert werden.

_____ **Muss die Politik den Markt mit Verboten und Ausstiegssterminen regeln?**

Davon halte ich nichts. Aufgabe der Politik muss es sein, Anreize für die Entwicklung zu setzen, Impulse zu geben und Rahmenbedingungen zu schaffen. Nur so wird der Ideenwettbewerb für die künftige Mobilität in Gang gesetzt. Am Ende gewinnen Ideen und clevere Konzepte, von denen die Menschen wirklich einen Nutzen haben. Technologien, die nicht gut sind, verschwinden ganz von selbst.

_____ **Welche Rolle werden Komfort und Infotainment spielen?**

Eine sehr große. Der Mensch lebt nicht vom Nutzen im Sinne des Transports allein. Komfort spielt grundsätzlich eine

große Rolle. Und beim elektrisch angetriebenen Fahrzeug müssen Fragen auch neu beantwortet werden. Während ein Verbrennungsmotor viele störende Geräusche einfach überdeckt hat, ist das beim leisen Elektromotor völlig anders. Hier haben wir viele Lösungen, z.B. Metamaterialien, die beim Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF entwickelt werden. Das große Ziel ist die Vernetzung des Automobils mit dem gesamten Verkehrsgeschehen. 5G-Funktechnik und KI-gesteuerte Software bilden dafür eine technologische Grundlage. Institute wie das Fraunhofer HHI oder das Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS arbeiten daran, um nur zwei Beispiele zu nennen. Die Vernetzung wird viele spannende Ansätze ermöglichen, von denen nicht nur Autos profitieren. Es wird Mobilitäts-Dienstleister mit ganz neuen Ideen und ungeahntem Komfort geben. Denken Sie nur an die Möglichkeit, Ihr selbstfahrendes Auto als mobiles Büro zu nutzen! Konstrukteure und Designer bei den Autoherstellern müssen sich heute an die Arbeit machen und Konzepte entwickeln. Wir bei Fraunhofer tun das.

_____ **Einer Ihrer Forschungsschwerpunkte ist die Logistik. Gibt es Technologien, die in die private Mobilität hineinspielen?**

Definitiv! Beim Megatrend »automatisch fahren« gibt es Lösungen für den Güterverkehr wie den Personenverkehr und wir lernen gemeinsam mit unseren Industriepartnern in Projekten auch für den jeweils anderen Bereich. Wir sehen mehr Online-Handel und innovative Letzte-Meile-Lösungen, von der Packstation über Lastenräder bis zu autonom fahrenden Lieferrobotern. Mehr Logistikservices im Consumer-Bereich erlauben dann, wenn sich Privatpersonen ein Auto anschaffen oder eines nutzen wollen, mehr Flexibilität etwa bei der Fahrzeuggröße.

_____ **Wird die Automobilindustrie auch in Zukunft der bedeutendste Industriezweig in Deutschland bleiben?**

Es spricht sehr viel dafür – allerdings als Teil eines tief greifenden Strukturwandels. Automobilhersteller müssen sich als Mobilitätsanbieter verstehen, bei denen Maschinenbau, Design, Energiekonzepte, Softwarekompetenz und Verkehrskonzepte zu einer attraktiven Einheit zusammenfließen. ■



Mehr Sicherheit im Verkehr ist eines der großen Zukunftsthemen. Dr.-Ing. Tristan Visentin vom Fraunhofer HHI arbeitet als Innovationsmanager an der Entwicklung aller Arten von Sensoren, um Objekte zu erkennen und lokalisieren zu können.

Smart MaaS (Mobility as a Service) eine Mobilitäts-Plattform geschaffen, um genau dieses Problem zu lösen – zusammen mit den Partnern Fiware, Cleopa, DFKI und better mobility. Auf der B2B-Plattform können alle Anbieter von Mobilität, Informationsdiensten oder anderen Dienstleistungen ihr Angebot einstellen: Taxiunternehmer ebenso wie Shuttlebus-Betreiber, E-Bike-Verleiher, der öffentliche Nahverkehr oder

»Wir arbeiten an der Weiterentwicklung von Kameras, Lasern für LiDAR-Scanner und KI für Radar, beispielsweise für die Verkehrserfassung. Wir haben sogar eine neue KI-Abteilung gegründet.«

Dr. Tristan Visentin, Fraunhofer HHI

Carsharing-Anbieter, Hotels und Tourismusinformationen. Das Ökosystem vereint so alle Akteure auf einem Marktplatz – Dienstleister, Informationsanbieter und Vermittler.

All diese Informationen werden vom Mobility-Broker ausgewertet. Sucht nun ein Kunde nach der besten Route für einen bestimmte Fahrt, generiert der Broker sofort ein passendes Angebot, inklusive der passenden Verkehrsmittel und Umsteigemöglichkeiten. »Die Kunden können in ihrer Anfrage auch festlegen, ob ihr Trip besonders preisgünstig, besonders komfortabel oder besonders schnell sein soll. »Für die Passagiere entsteht so stressfreie Mobilität von Tür zu Tür«, sagt Villela. Sie sieht Smart MaaS als Chance für Start-ups oder kleine Unternehmen mit spezialisierten Services, die sich auf der Plattform präsentieren können.

Matthias Koch, Senior Requirements Engineer am Fraunhofer IESE in Kaiserslautern, konzentriert sich in seinem Projekt Kom MaaS auf die ländliche Region. Hier gibt es nicht zu viele Fahrmöglichkeiten, sondern eher zu wenige. Die Grund-

idee besteht darin, diese wenigen Möglichkeiten besser zugänglich zu machen und miteinander zu verbinden. So könnten Bürgerbusse durch die Ortschaften fahren und Menschen mobil machen, die kein eigenes Auto besitzen. Das Team um Matthias Koch hat gemeinsam mit Partnern die passende Web-Anwendung entwickelt. Wer eine Beförderungsmöglichkeit braucht, meldet sich zunächst telefonisch beim regionalen Bürgerbus-Dienst und teilt den Fahrtwunsch mit. Oder er nutzt eine Smartphone-App, um den Beförderungswunsch zu signalisieren. Die Anfrage wird durch das Planungsteam des Bürgerbusses über die Anwendung erfasst und eingeplant. Die Anbieter haben nun die Möglichkeit, individuelle Wege zu einzelnen Passagieren optimal zu einer Gesamtroute zu verbinden. Der Fahrer des Bürgerbusses wiederum sieht auf dem Display im Fahrzeug, wo Passagiere abzuholen oder hinzubringen sind. Wer mit dem Privatauto eine Fahrt in die nahe gelegene Stadt plant, wird in späteren Entwicklungsstufen über Kom MaaS eine Mitfahrgelegenheit anbieten können.

Koch und sein Team haben die Web-Anwendung mit dem Fokus auf einfache und effiziente Funktionen entwickelt. »Wir wollen die Mobilität für die Menschen erhöhen, die kein eigenes Automobil haben, und gleichzeitig die Auslastung der Fahrzeuge verbessern. Mobilität und Verkehr haben immer auch einen sozialen Aspekt. Das dürfen wir bei der Entwicklung von vernetzten Mobilitätskonzepten nicht vergessen«, sagt Koch. Die Bürgerbusfahrten wurden bereits praktisch erprobt. Erste Landkreise in Rheinland-Pfalz haben auch schon ihr Interesse signalisiert. All diese Konzepte haben eines gemeinsam: Wir fahren nicht mehr zwingend im eigenen Auto, sondern wählen die Option, die gerade am besten passt.

Seinen besonderen Rang wird das Automobil nach Meinung der Fraunhofer-Forschenden nicht verlieren. Sebastian Stegmüller glaubt an die emotionalen Faktoren: »Mobilität ist mehr als das berühmte Von-A-nach-B. Beim Auto gibt es Aspekte, die über das rein Rationale hinausgehen.« Komfort, Ausstattung und Privatsphäre werden im Auto der Zukunft deshalb nicht weniger, sondern mehr Gewicht haben.

Für die Automobilhersteller eröffnet sich die große Chance, wirklich neuartige Konzepte vorzulegen. Eine Studie für dieses Zukunftskonzept haben Fraunhofer-Forschende unter dem Namen Vision PI bereits vorgestellt. Die Fahrgastzelle ist dabei nach einem Schalenprinzip konstruiert und lässt sich flexibel an die individuellen Bedürfnisse der Passagiere anpassen. Tagsüber oder bei der morgendlichen Pendelfahrt könnte die Fahrgastzelle beispielsweise als mobiles Office für Arbeit und Videokonferenz dienen. Die HMI-Technologien (Human Maschine Interfaces) des Fahrzeuges verbinden sich dabei nahtlos mit mitgebrachten Devices wie Tablets oder Kopfhörern und ermöglichen auf diese Weise ein integriertes Medienelebnis. Die Routenwahl wird automatisch nach Kriterien wie Netzverfügbarkeit, ruhiger Fahrweise und anstehenden Terminen gestaltet und angepasst. Abends verwandelt sich die Fahrgastzelle in einen Ruheraum mit abgedunkelten Scheiben und alle Sinne ansprechenden Wellness-Funktionen – für die entspannte Heimfahrt nach der Arbeit. Die Verwendung hochwertiger Materialien steigert dabei den Wohlfühlfaktor. Gemütliches Lounge-Ambiente statt nüchternem Cockpit-Feeling. »Was heute die PS-Zahl ist, wird in Zukunft die kontextspezifisch personalisierbare Ausstattung und haptische Qualität eines Fahrzeuginnenraums sein«, ist Stegmüller überzeugt.

»Mobilität und Verkehr haben auch einen sozialen Aspekt!«

Wenn Grundvoraussetzungen wie Beachtung sozialer Standards bei der Produktion, ökologische Nachhaltigkeit und Sicherheit erfüllt sind, dann spricht auch nichts mehr dagegen, dass uns das Auto als individuelles Konsumgut erhalten bleibt. Prof. Michael Lauster, Institutsleiter am Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen INT, ist jedenfalls optimistisch: »Das Auto wird noch eine lange und glänzende Zukunft haben. Es bleibt auch weiterhin einer der wesentlichen Träger individueller Mobilität. Mit dem Trend zum Benutzen statt Besitzen wird es allerdings nur noch weniger als Statussymbol dienen.« ■



So stellte sich der bekannte Illustrator Klaus Bürgle 1955 den Verkehr der Zukunft vor. Auch autonom fahrende Autos hielt er für möglich.

Per Smartphone sicher unterwegs

Schnell, stau- und unfallfrei durch den Stadtverkehr navigieren – vernetzte Kommunikation macht's möglich.

Von Moritz Schmerbeck

Ein Stauende hinter einer Kurve oder Gegenstände auf der Fahrbahn – im Straßenverkehr lauern viele Gefahren, die menschliche Sinne häufig erst dann erfassen, wenn es schon zu spät ist. Helfen soll in Zukunft die Vehicle-2-X-Kommunikation, die Verkehrsteilnehmer untereinander und mit der Verkehrsinfrastruktur vernetzt. Das Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS in Berlin entwickelt und optimiert diese Technologie schon seit Jahren, damit autonome und vernetzte Fahrzeuge in Echtzeit Informationen über Unfälle, Baustellen, Staus oder andere Gefahren auf der Strecke austauschen können.

Die Fraunhofer-Forschenden wollen die Vernetzung jetzt auch für andere Verkehrsteilnehmer per Smartphone nutzbar machen. »Vulnerable Road Users (VRU), wie Fußgänger, E-Scooter- oder Radfahrer, tragen im innerstädtischen Verkehr ein besonders hohes Verletzungsrisiko. Mit unserer hochgenauen Lokalisierung, die als Dienst in jede App integriert werden kann, wollen wir diesen Nachteil ausgleichen und die Nutzerinnen und Nutzer sicherer und schneller an ihr Ziel bringen«, sagt Dr. Ilja Radusch, Leiter des Geschäftsbereichs Smart Mobility am Fraunhofer FOKUS. So sollen sich unter anderem Radfahrer bald sicherer fühlen können – 44 Prozent tun das wegen der Gefahren im Straßenverkehr bisher nicht.

Radusch und sein Team entwickelten eine Schnittstelle, mit der sich Smartphones an die vernetzte Mobilität anschließen lassen: Die VRU werden im digital vernetzten Verkehrssystem endlich »sichtbar«. Eine Person kann so beispielsweise problemlos wahrgenommen werden, wenn sie zwischen parkenden Fahrzeugen hindurchläuft und in wenigen Augenblicken den Fahrweg eines oder mehrerer Fahrzeuge kreuzt. Herannahende Autos, Fahrräder oder E-Scooter werden frühzeitig vor einer möglichen Kollisionsgefahr gewarnt, Fußgängerinnen und Fußgänger via Smartphone auf das Risiko aufmerksam gemacht.

Die Rechenarbeit wird ausgelagert

Grundlegende Voraussetzung für schnelle Warnungen ist eine Mobile Edge Cloud (MEC). Sie besteht aus vielen kleinen Recheneinheiten, die an Mobilfunkmasten oder in Telefonkästen am Straßenrand untergebracht sind, und bildet die Schnittstelle zu anderen Fahrzeugen sowie zur Verkehrsinfrastruktur. Aber auch für die kontinuierliche und exakte Lokalisierung der Nutzerinnen und Nutzer zu Fuß und auf dem Rad ist die MEC unabdingbar. Die gesamte Rechenarbeit für die Sicherheitsfunktionen ist in die

Cloud ausgelagert, auf die dann per Mobilfunknetz zugegriffen wird. Das entlastet das Smartphone und wirkt sich positiv auf dessen Akkulaufzeit aus.

Die GPS-Daten von Smartphones sind jedoch teils ungenau und weichen bis zu mehreren Metern ab. Das macht gerade im engen Stadtverkehr einen gefährlichen Unterschied. Läuft eine Fußgängerin oder ein Fußgänger mitten auf einer Hauptstraße oder sitzt sie oder er nur an der Bushaltestelle am Straßenrand? Dieser sogenannte Ortsfehler wird durch Signalabschattungen aufgrund von Gebäuden, aber auch durch Wolken erzeugt. Um die Positionsdaten nachträglich zu verbessern, entwickelten die Forscherinnen und Forscher am Fraunhofer FOKUS einen Algorithmus, mit dem sich die GPS-Daten einer Plausibilitätsprüfung unterziehen und korrigieren lassen.

Dr. Ilja Radusch weiß, dass für eine hohe Akzeptanz solcher Apps die Zuverlässigkeit entscheidend ist: »Falsch-Positiv-Ereignisse, also beispielsweise das irrtümliche Auslösen einer Kollisionswarnung, führen dazu, dass Nutzerinnen und Nutzer das System abschalten oder einzelne Funktionen deaktivieren. Dank der algorithmischen Korrektur haben wir nun aber ein wirklich zuverlässiges Tool.«

Die hochgenaue Lokalisierung ermöglicht darüber hinaus eine grüne Welle auf Knopfdruck. Mittels einer App kann passend zu den Ampelphasen an das Wunschziel navigiert werden, da auch die Verkehrsinfrastruktur Teil der vernetzten Mobilität ist. Automatisch soll eine Strecke mit weniger Ampelschaltungen ausgewählt werden. Die App weist die Radfahrerinnen oder den Radfahrer darauf hin, ob es sich lohnt, vor der nächsten Kreuzung noch kräftig in die Pedale zu treten oder bereits ein paar Hundert Meter davor die Geschwindigkeit zu reduzieren. Zur Akzeptanz der App trägt auch bei, dass der Datenschutz gewahrt bleibt – alle Positionsdaten werden komplett anonymisiert verarbeitet.

Dass sich die hochgenaue Lokisierungstechnologie der Forscherinnen und Forscher auch in der Praxis bewährt, soll im nächsten Schritt zusammen mit Industriepartnern bewiesen werden. In einem Pilotprojekt können Hamburger Bürgerinnen und Bürger die vernetzte Mobilität im realen Straßenverkehr selbst ausprobieren. Die Hansestadt unterstützt dabei tatkräftig bei der Ausstattung der Ampelanlagen mit entsprechenden Schnittstellen, die Industriepartner sorgen für den Aufbau der Mobile Edge Cloud im Stadtgebiet und die Bereitstellung der Smartphone-Apps. Startschuss war im Oktober auf dem ITS Weltkongress in Hamburg, der weltgrößten Veranstaltung für intelligente Mobilität und Digitalisierung des Verkehrs. ■

44%
der Radfahrer fühlen sich wegen der Gefahren im Straßenverkehr nicht sicher.

Beim RealLabor Hamburg mitmachen

und die Fraunhofer-Technologie schon heute in der Hafenstadt an der Elbe ausprobieren:



<https://reallab-hamburg.de>



Info-Video zur Technologie:

<https://www.youtube.com/watch?v=KzalTVkMyUc&t=26s>

»Porsche? Der Letzte mit einem Lenkrad!«

Interview

Autonom fahren können – aber selbst fahren wollen: Marketing-Vorstand Detlev von Platen über die Zukunft einer deutschen Legende.

Interview: Josef Oskar Seitz

Keine Kristallkugel, aber auf der Suche nach der Zukunft: Detlev von Platen, Vorstandsmitglied für Vertrieb und Marketing der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG



_____ **Herr von Platen, wie weit komme ich mit einem elektrischen Porsche Taycan bei der abgeregelten Höchstgeschwindigkeit von 250 Stundenkilometern?**

Durchgängig werden Sie wohl nirgends mit Höchstgeschwindigkeit fahren können (lacht). Die Reichweite des Taycan im normalen Fahrbetrieb liegt bei gut 350 Kilometern. Und mit unserem neuen Modell, dem Taycan GTS, kommen Sie auf mehr als 500 Kilometer. Es greift aber zu kurz, nur auf diesen Wert zu schauen. Wir wollten mit dem Taycan nie Reichweitenweltmeister werden. Für uns sind Gewicht und Fahrdynamik wichtig sowie eine kurze Ladezeit. Mit der 800-Volt-Technologie haben wir hier weltweit Maßstäbe gesetzt. Der Taycan lädt wesentlich schneller als die meisten anderen E-Autos: in 22,5 Minuten von 5 auf 80 Prozent SOC.

_____ **Noch beginnen die Telefonnummern in Ihrer Zentrale mit 911, dabei haben Sie in diesem Jahr mehr Taycan als klassische 911 ausgeliefert. Wird es Zeit, die Telefonanlage auf eine neue Zeit umzustellen – und auf welche Nummer?**

Tatsächlich lag der Taycan bei den weltweiten Auslieferungen in den ersten drei Quartalen des Jahres 2021 auf Augenhöhe mit dem 911. Wir freuen uns über die tolle Resonanz auf den ersten rein elektrischen Porsche. Vor allem, weil rund 50 Prozent der Taycan-Käufer bereits Porsche-Kunden sind. Wir haben also genau den Nerv unserer Fans getroffen und zugleich eine neue Zielgruppe erobert; Menschen, die noch nie einen Porsche gefahren haben. Wir vergrößern durch den Elektrosportler unsere Fangemeinde. Ungeachtet dessen ist der 911 weiterhin unsere Ikone. Kein Fahrzeug wird enger mit unserer Marke verbunden, und das seit fast 60 Jahren. Damit bleibt die »911« auch für unsere Telefonnummern die erste Wahl.

_____ **Ist E-Mobilität für Sie die Zukunft?**

Bei Porsche steht die Elektromobilität für die Mobilität von morgen. Der Fokus liegt auf der Elektrifizierung unserer Modelle. Hier stellen wir uns breit und technologisch führend auf. Beispielsweise haben wir mit Customcells das Joint Venture Cellforce gegründet, ein Unternehmen zur Entwicklung und Fertigung von Hochleistungs-Batteriezellen. Mit Rimac halten wir zudem eine Beteiligung an einem der innovativsten E-Mobilitätsunternehmen. Das Schnellladen haben wir gemeinsam mit weiteren Automobilherstellern über das Joint Venture IONITY angestoßen, das jetzt aufs Tempo drückt: Bis 2025

soll die Zahl der Ladestationen von derzeit knapp 400 auf mehr als 1000 steigen. Zusätzlich arbeiten wir an einem exklusiven, Porsche-eigenen Ladenetz. Eine sinnvolle Ergänzung sind für uns grüne eFuels, mit denen sich traditionelle Verbrennungsmotoren nahezu CO₂-neutral betreiben lassen.

_____ **Von den gut 13 000 Autobahnkilometern in Deutschland hat jeder dritte eine Geschwindigkeitsbeschränkung, auf nicht einmal zwei Prozent der Straßen gilt freie Fahrt, selbst die Hälfte der ADAC-Mitglieder plädiert nach einer Umfrage dieses Jahres für ein Tempolimit – schlechte Zeiten für einen Sportwagenhersteller?**

In Bereichen, in denen man sicher fahren kann, ohne andere zu gefährden, bin ich gegen ein Tempolimit. Man sollte den Menschen diese persönliche Freiheit lassen. Das Tempolimit gilt häufig als Argument, um die Zahl der Unfälle zu reduzieren. Die Unfallhäufigkeit auf bundesdeutschen Autobahnen ist aber fünf Mal geringer als auf Landstraßen. Autobahnen gehören statistisch zu den sichersten Straßen der Welt. Die künftige Ampel-Koalition hat sich auch aus diesem Grund im Koalitionsvertrag gegen die Einführung eines generellen Tempolimits ausgesprochen.

_____ **Nach welchen Kriterien werden Auto-käufer in zehn Jahren ihre Entscheidung treffen?**

Die Marke ist immer Kaufgrund Nummer eins für unsere Kunden gewesen. Wir sehen, dass sich dieser Trend weiter verstärkt. Deswegen beschäftigen wir uns intensiv mit der Frage, was die Marke Porsche auch in Zukunft einzigartig und anziehend macht. Etwa durch emotionale Markenerlebnisse, die so kein anderer Hersteller bietet. Natürlich wird auch der Aspekt der Nachhaltigkeit immer wichtiger. Auch hier wollen wir Vorreiter sein. Bis 2025 investieren wir 15 Milliarden Euro in Elektromobilität, digitale Transformation und nachhaltige Produktion. Die Dekarbonisierung ist ein zentrales Handlungsfeld unserer Nachhaltigkeitsstrategie – und wir setzen uns ambitionierte Ziele: Bis 2030 soll Porsche über die ganze Wertschöpfungskette und den Lebenszyklus der Fahrzeuge hinweg bilanziell CO₂-neutral sein. All das wird bei der Entscheidung von Kunden in Zukunft eine stärkere Rolle spielen.

_____ **Wann wird sich der Porsche-Käufer dem autonomen Fahren anvertrauen – und wird der Autopilot im Sportmodus chauffieren?**

Unser Ziel ist, dass das letzte Fahrzeug, das ein Lenkrad haben wird, ein Porsche ist. Unsere Sport-

»Auf allen Gebieten sind intelligente Konzepte gefragt. Hier müssen wir als Hersteller eng mit Wissenschaft und Forschungsinstituten zusammenarbeiten.«

Porsche-Marketing-Vorstand
Detlev von Platen

wagen sind auf den Fahrer ausgerichtet, auf Fahrspaß und Dynamik. Einen Porsche wird man immer selbst fahren wollen. Gleichwohl kann es für unsere Kunden entlastend sein, wenn ihr Fahrzeug beispielsweise im Stau mitrollt oder selbstständig einparkt. Denkbar ist auch eine hoch automatisierte Fahrt über eine Rennstrecke – auf einem Kurs, den vorher ein bekannter Rennfahrer gefahren ist. Das wäre ein Porsche-typischer Anwendungsfall.

Was macht die Faszination Porsche aus?

Porsche steht für Freiheit, Unabhängigkeit und den inneren Antrieb, Ziele zu erreichen. Das drückt auch unser Brand Purpose »Driven by Dreams« aus. Er kommt tief aus der Historie des Unternehmens. Unser Gründer Ferry Porsche konnte den Sportwagen seiner Träume nicht finden. Also hat er ihn selbst gebaut. Das ist die Haltung, die uns heute noch antreibt. Und zwar nicht nur beim Thema Sportwagenbau, sondern auch gesellschaftlich. Wir wollen Menschen darin unterstützen, ihre Träume zu realisieren, für ihre Träume zu kämpfen. Zugleich spielen unsere Produkte eine entscheidende Rolle. Jedes Fahrzeug aus unserem Haus muss ein echter Porsche sein: Design, Qualität und Handling sind zentrale Eigenschaften.

Wie kann, wie muss, wie wird sich das Markengefühl anpassen?

Nur weil Porsche sich stets verändert hat, ist Porsche immer Porsche geblieben. Veränderungen in der Produktpalette haben schon oft im Vorfeld zu skeptischen Fragen geführt – etwa beim Cayenne als erstem SUV oder bei unserem ersten Elektrofahrzeug, dem Taycan. »Ist das wirklich ein echter Porsche?« Sobald die Menschen hinter dem Lenkrad saßen, war die Frage in der Regel mit einem kla-

ren »Ja« beantwortet. Alle unsere Fahrzeuge sind Sportwagen. Sie verbindet ihre Design-DNA; sie fühlen sich an wie ein Porsche und haben den Porsche-typischen Sound. Das wird auch in Zukunft so sein. Daneben geht es beim Markengefühl um echte Erlebnisse. Emotional und einzigartig. Wir bauen beispielsweise unsere Porsche Experience Center – kurz PEC – weltweit weiter aus. Gerade erst haben wir neue Standorte in Italien und Tokio eröffnet, als Nächstes folgt mit Toronto PEC Nummer zehn.

Was eigentlich spricht – rational! – für einen Porsche?

Diese Frage wurde schon häufig wie folgt beantwortet: »Wir bauen Fahrzeuge, die keiner braucht, aber jeder möchte.« Das gilt bis heute. Gleichwohl zeichnen sich unsere Fahrzeuge durch die optimale Verbindung von Performance und Alltagstauglichkeit aus. Ein Porsche ist weit mehr als ein Auto für Wochenendausfahrten. Unsere Sportwagen sind beliebt bei allen Menschen, die dynamische Fahrerlebnisse mit Praktikabilität im Alltag verbinden möchten. Je nachdem, welche Präferenz stärker ausgeprägt ist, können wir mit unserer breiten Produktpalette sämtliche Ansprüche bedienen.

Welches Detail lieben Sie selbst besonders?

Für mich ist es weniger ein Detail. Es ist das Gesamtgefühl. Es entsteht bei mir bis heute – auch nach mehr als 20 Jahren bei Porsche. Jeden Morgen, wenn ich in mein Auto steige, habe ich beim Anlassen des Motors ein kleines Schmunzeln auf den Lippen. Das gilt beim Taycan Cross Turismo, den ich aktuell fahre, übrigens gleichermaßen wie beim 911. Und das macht für mich die Leidenschaft für unsere Produkte aus.

Was wünschen Sie sich von der Forschung?

Die Automobilindustrie befindet sich in einem massiven Wandel. Eine Transformation, wie es sie in den vergangenen 100 Jahren nicht gegeben hat. Autonomes Fahren und digitale Vernetzung bestimmen die öffentliche Debatte. Das Auto der Zukunft soll nachhaltige Mobilität bieten, ist digital und voll vernetzt. Auf all diesen Gebieten sind intelligente Konzepte gefragt. Hier müssen wir als Hersteller eng mit Wissenschaft und Forschungsinstituten zusammenarbeiten. Aber auch mit Start-ups und neuen Playern. Wir suchen aktiv den Austausch und sind offen für Kooperationspartner, mit denen wir den Wandel aktiv gestalten können. ■



Wertvolle Software

Zuschnitt und Schliff sind entscheidend für den Wert von Diamanten. Die neue Software OptiRough hilft, den maximalen Verkaufspreis zu erzielen.

Von Michael Krapp

Rohdiamanten funkeln und glänzen nicht. Sie sind wie schmutzige Steine. Erst das Zuschneiden und der Schliff lassen die Schönheit sichtbar werden und schaffen wertvolle Schmuckstücke. Doch zuvor stellen sich entscheidende Fragen: Wie viele Diamanten sollen aus einem Rohdiamanten geschnitten werden? Welche Form und welchen Schliff sollen die Steine erhalten? Wie lässt sich die höchstmögliche Karatzahl erreichen? Mit den Antworten hat sich Dr. Jan Hamaekers beschäftigt, Leiter des Geschäftsfelds »Virtual Material Design« im Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI. Er hat die Herausforderung angenommen, als ihn Dave Oste kontaktierte, Direktor von Tensor Diamond Technology by in Antwerpen.

Es geht um Geld, viel Geld. Denn die Antworten auf diese Fragen haben größten Einfluss auf den Verkaufspreis. Beispielsweise enthalten die meisten Rohdiamanten Einschlüsse in Form kleiner Mineralkristalle. Je nach Größe mindern sie den Wert des Diamanten. Dies gilt es zu berücksichtigen, ebenso wie die sich täglich ändernden Verkaufspreise an der Diamantenbörse für bestimmte Schriffe.

»Beim Zuschnitt und Schliff von Rohdiamanten im Hinblick auf den maximalen Verkaufspreis geht es um die Lösung eines äußerst komplexen Optimierungsproblems«, sagt Jan Hamaekers. Für ihn als Mathematiker handelt es sich um eine kombinatorische Frage – wie viele Diamanten mit welchem Facettenschliff sollen aus dem Rohdiamanten entstehen? Für jeden der geschliffenen Steine sind die Position, die Drehung, verschiedene Formparame-

ter und die Qualitätsstufe zu berücksichtigen. Eine zusätzliche Schwierigkeit stellen dabei die Preistabellen für Diamanten dar. Denn sie enthalten Preissprünge, sodass schon sehr kleine Änderungen etwa hinsichtlich der Größe oder der Reinheit des Diamanten einen erheblichen Einfluss auf den Marktpreis der fertig geschliffenen Diamanten haben können.

Ein komplexes Optimierungsproblem – und seine Lösung

»Bisherige Lösungsansätze lieferten nur dann zufriedenstellende Antworten, wenn nicht mehr als ein oder zwei geschliffene Diamanten aus einem Rohdiamanten entstehen«, beschreibt Diamantfachmann Oste das Problem. Da Rohdiamanten aber fast immer mehrere Einschlüsse aufweisen, waren die vorhandenen Softwarelösungen in der Praxis nur bedingt brauchbar.

Hamaekers und seinem Team gelang es, nach der Überprüfung verschiedener Methoden und der Analyse zahlreicher Benchmark-Beispiele eine Lösung zu entwickeln. »Wir haben Sparse-Grid-Methoden und genetische Algorithmen kombiniert«, fasst Hamaekers zusammen. Sparse-Grid-Methoden – ein mathematischer Ansatz, zu dem Prof. Michael Griebel, Institutsleiter des Fraunhofer SCAI, bereits zahlreiche grundlegende Arbeiten veröffentlicht hat – eignen sich besonders gut, um hochdimensionale Probleme effizient zu lösen.

Genetische Algorithmen orientieren sich an den Prinzipien der Evolution, um zu immer besseren Lösungen eines Optimierungsproblems zu kommen. Will man genetische Algorithmen zur Lösung komplizierter Op-



Ein kleiner Fehler beim Schliff kann den Wert eines Diamanten halbieren. Antwerpen ist für seine weltweit besten Schleifer bekannt.

timierungsaufgaben einsetzen, besteht die Kunst darin, sie in geeigneter Weise an die spezifischen Herausforderungen der Problemstellung anzupassen. Das Team des Fraunhofer SCAI hat eine Kombination dieser Methoden als Modul in die Software OptiRough integriert. Der neue Algorithmus berücksichtigt vor allem, dass bereits kleinste Änderungen des Karatgewichts große Auswirkungen auf den Verkaufspreis haben können. »Hier kann man leicht Zehn- oder Hunderttausende von Euro gewinnen oder verlieren«, sagt Hamaekers.

Da es beim Schneiden und Schleifen eines Rohdiamanten zahlreiche weitere Randbedingungen gibt, liefert das Programm nicht nur eine optimale Lösung, sondern zur umfassenden Unterstützung des Planungsprozesses von Schnitt und Schliff auch eine Liste verschiedener vielversprechender Kandidaten unter den zur Auswahl stehenden Rohdiamanten.

»Die Software des Fraunhofer SCAI hat es ermöglicht, die schwierige und oft langwierige Planungsphase vor dem Schneiden deutlich zu verkürzen und zu verbessern. Sie funktioniert gut bei Einschlüssen und berücksichtigt auch Kombinationen aus zwei oder mehr Steinen«, würdigt Dave Oste die Fraunhofer-Entwicklung. Ein Folgeprojekt mit weiteren Software-Funktionen ist geplant. ■

Wenn der Avatar dem Arzt hilft

Faxe in Gesundheitsämtern wurden in der Pandemie zum Sinnbild für digitale Rückständigkeit. Auch in deutschen Kliniken regiert die Zettelwirtschaft. Das wollen Forschende des Fraunhofer IPA jetzt ändern.

Von Dr. Sonja Endres

Allergien? Beschwerden? Vorerkrankungen? Wer mit einem Leiden ins Krankenhaus kommt, erlebt eine weitere Leidensgeschichte: Immer und immer wieder beantwortet er dieselben Fragen. Dabei hat er doch bei der Aufnahme bereits zahlreiche Formulare ausgefüllt und alle Angaben gemacht.

Dr.-Ing. Jens Langejürgen arbeitet daran, solche Mehrfachbelastungen für Patienten und Ärzte abzuschaffen – und alle erfassten Daten sofort per Mausklick auf Station verfügbar zu machen. »Mithilfe unseres digitalen Patientenaufnahme-Systems TEDIAS wollen wir nicht nur die Zettelwirtschaft beenden, sondern vor allem Routinearbeiten wie die Erfassung der medizinischen Grunddaten oder die Messung von Vitalfunktionen automatisieren«, erklärt der Abteilungsleiter für Klinische Gesundheitstechnologien am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA. So soll das medizinische Personal mehr Zeit für das Wesentliche haben: das ausführliche Therapiesgespräch mit den Patientinnen und Patienten, Fragen und Sorgen, umfassende Aufklärung und Behandlung.

Politisch stehen die Zeichen auf Veränderung, die Digitalisierung in den Kliniken soll Fahrt aufnehmen. Mit dem Krankenhauszukunftsgesetz für die Digitalisierung vom 29. Oktober 2020 will die Bundesregierung den Kliniken »zu einem schnellen Update verhelfen«, wie es auf der Homepage des Bundesgesundheitsministeriums heißt. Dafür stehen im Krankenhauszukunftsfonds 4,3 Milliarden Euro bereit – günstige Voraussetzungen

für Langejürgen und sein Team, die eng mit dem Universitätsklinikum Mannheim kooperieren. Ihre Büros und Labors liegen auf dem Gelände des Klinikums, im sogenannten CUBEX41 direkt neben der Cafeteria. »Wir bekommen den Klinikbetrieb hautnah mit, das macht auch kurzfristige Abstimmungen problemlos möglich – man kommt einfach auf einen Kaffee zusammen«, sagt Langejürgen.

4,3
Milliarden Euro
stehen im
Krankenhaus-
zukunftsfonds
für ein schnelles
Update der
Kliniken bereit.

Das Team des Fraunhofer IPA entwickelt TEDIAS, das vom Forum Gesundheitsstandort Baden-Württemberg gefördert wird, anfangs für zwei Anwendungsfälle: die elektive, also geplante Patientenaufnahme, zum Beispiel, weil eine Magenspiegelung gemacht werden soll. Und für die Notaufnahme sogenannter »fußläufiger Patienten«, also Notfälle, die nicht mit dem Krankenwagen transportiert wurden. Dabei konzentrieren sich Langejürgen, seine Kolleginnen und Kollegen zunächst auf Patienten mit neurologischen Leitsympto-

men, sprich Schwindel, Kopfschmerzen oder Lähmungen. Später soll das Patientenspektrum nach und nach erweitert werden. Das Aufnahmeverfahren besteht in beiden Anwendungsfällen im Wesentlichen aus der Feststellung der Anamnese, also der Krankengeschichte, und einer Voruntersuchung, in der unter anderem Blutdruck, Puls, Gewicht und Größe erfasst werden.

Die Idee: Statt im Wartezimmer untätig den erlösenden Aufruf herbeizusehen, sollen die Patientinnen und Patienten in einer TEDIAS-Kabine Platz nehmen. In den Stuhl integriert sind Messsysteme, unter anderem zur Bestimmung von Körpertemperatur, Gewicht, Blutdruck, Herz- und Atemfrequenz – also Werte, die normalerweise in der Voruntersuchung genommen werden. »Davon bekommt der Patient idealerweise gar nichts mit. Bei einigen Messungen muss er aber auch unterstützen, zum Beispiel, sich ein Pulsoximeter anlegen. Das ist dieser Fingerclip, mit dem man die Sauerstoffsättigung des Blutes erfasst«, erklärt Langejürgen. Auf einem gegenüberliegenden Monitor wird der Patient von einem Arzt-Avatar begrüßt, der ihm wichtige Informationen über notwendige Untersuchungen und die Behandlung gibt, ihm Fragen stellt zu Krankengeschichte, Beschwerden, Lebensumständen und Allergien. Diese Informationen bündelt TEDIAS und präsentiert sie später dem realen Arzt übersichtlich auf einem Dashboard. Automatisiert werden die Daten abgeglichen und Unstimmigkeiten angezeigt. »Zum Beispiel, wenn eine Patientin angegeben hat, keine weiteren Erkrankungen zu haben, aber Tabletten gegen Herzrhythmusstörungen einnimmt.

Das Patientenaufnahme-System TEDIAS könnte dafür sorgen, dass sich in Zukunft die Wartezeiten in Kliniken verkürzen.



Dann erhält der Arzt den Hinweis, dass er noch mal nachhaken muss«, verdeutlicht Langejürgen. Das Anlegen von Messgeräten, Dokumentieren der Werte und Erfassen der medizinischen Grunddaten dauert bei der klassischen Patientenaufnahme rund 45 Minuten – Zeit, die die Ärztin oder der Arzt jetzt für ein ausführliches Gespräch nutzen kann. Und auch die Kolleginnen und Kollegen auf Station, in der Radiologie, in der Anästhesie oder im OP sollen auf diese Informationen zugreifen können – und von wiederholten Routinearbeiten entlastet werden.

»Wir planen Schnittstellen zu gängigen Krankenhaus-IT-Systemen«, kündigt Langejürgen an – und verspricht, dass TEDIAS ein Angebot sein soll, kein Zwang: »Parallel ist nach wie vor das herkömmliche Verfahren möglich. Wir wollen die Ärztin oder den Arzt nicht ersetzen, das können wir auch gar nicht, sondern sie bestmöglich unterstützen.« Generell sei die Avatar-Lösung barrierearm und auch für Menschen einfach zugänglich, die nicht digitalaffin sind. Der virtuelle Arzt soll in der Lage sein, Dialoge eigenständig zu führen – nicht nur auf Deutsch, sondern perspektivisch auch auf Englisch, Französisch, Türkisch etc.

Bis die Avatar-Lösung einsatzbereit ist, sollen die Patienten Tablets erhalten, um hier per digitalem Fragebogen ihre Anamnese-Daten in TEDIAS selbst einzugeben. Die eingepflegten Informationen ziehen bestimmte Prozesse im Krankenhaus nach

sich, zum Beispiel Schmerzen im Handgelenk nach einem Sturz eine Röntgenaufnahme. Diese Prozesse sollen dem Patienten in Zukunft transparent angezeigt werden. »Die stärkere Einbindung des Patienten wirkt sich positiv auf die Zufriedenheit und das Vertrauen in die Klinik aus«, zeigt sich Langejürgen überzeugt. Statt zwei Stunden passiv im Wartebereich einer Notaufnahme zu sitzen und zu befürchten, möglicherweise vergessen oder an der Anmeldung nicht richtig verstanden worden zu sein, fühle sich der Patient gleich besser aufgehoben und betreut.

Die per digitalem Fragebogen standardisiert erhobenen Daten bringen noch einen weiteren Vorteil gegenüber den häufig sehr uneinheitlichen, handschriftlich ausgefüllten Formularen: Sie sind vergleichbar, vollständig und haben eine hohe Qualität – wichtige Voraussetzungen, um sie später automatisiert zum Beispiel per künstlicher Intelligenz auswerten zu können. So könnte man etwa frühe Indizien für bestimmte Erkrankungen finden. Oder im Nachhinein ermitteln, wann ein Patient mit gewissen Symptomen, Messwerten und einer konkreten Anamnese besonders erfolgreich behandelt wurde.

Im Sommer 2022 soll die erste TEDIAS-Kabine am Uniklinikum Mannheim getestet werden. Die Ärztinnen und Ärzte, so Langejürgen, sehen die neue Technologie nicht als Zeichen digitaler Kälte, sondern im Gegenteil als Chance, sich mehr auf ihre eigentliche Arbeit konzentrieren zu können: die Patientinnen und Patienten. ■

Kevin macht durch

Um Millionen PCR-Tests schnell auszuwerten und Infektionsketten rasch zu unterbrechen, arbeiten Laborantinnen und Laboranten häufig Tag und Nacht. Die Nacht- und Wochenendschichten könnte künftig Kevin übernehmen – der mobile Laborroboter eines Fraunhofer Spin-offs.

Von Mandy Bartel

Allein 80,3 Millionen PCR-Tests führten Labore in Deutschland bis Anfang November durch, bis zu 1,5 Millionen pro Woche – eine Belastungsprobe für die Mitarbeitenden. Einem macht keine Überstunde etwas aus. Er wird nicht müde, braucht keine Pause, macht selbst mitten in der Nacht keinen Fehler. Er druckt Etiketten, beklebt Röhrchen, transportiert Zellkulturen. Monotone Aufgaben und wiederkehrende Prozesse sind sein Element. Kevin ist ein Cobot, ein mobiler Laborroboter, entwickelt am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA und an einem Spin-off des Instituts.

Ausgestattet mit einem kollaborativen Roboterarm, zwei Kameras, einem Bildverarbeitungsprogramm und einem Lernalgorithmus navigiert er autonom per Laser und Karte durchs Labor. Er kann die unterschiedlichen Geräte und manuellen Arbeitsplätze flexibel miteinander vernetzen und Prozesse automatisieren, ohne dass Laborbetreiber die gesamte bestehende Infrastruktur kostspielig ändern müssen. »Kevin schlägt die Brücke zwischen Laborabläufen, die sich in den letzten Jahrzehnten im Prinzip kaum geändert haben, und der digitalen Welt«, sagt Tobias Brode, Leiter des Geschäftsfelds Medizin- und Biotechnik am Fraunhofer IPA und Gründer des Spin-offs. Das Problem bisher: Moderne Geräte in heutigen Labors können zwar Teilprozessschritte automatisiert ausführen; aufgrund fehlender Kompati-

bilität schaffen sie es jedoch kaum, die einzelnen Schritte miteinander zu vernetzen. Diese Lücke schließt Kevin, dessen großer Vorteil seine Softwareunabhängigkeit ist. »Dabei gilt: Je umfangreicher der Digitalisierungsgrad und die Vernetzungsmöglichkeiten zu einzelnen Geräten, desto smarter kann Kevin arbeiten«, erläutert Tobias Brode.

Als hochspezialisierter Transportroboter basierend auf Fraunhofer-Technik kann er Menschen die Arbeit erleichtern, indem er zum Beispiel nachts die Proben vorbereitet, sodass die Laboranten und Laborantinnen gleich früh mit den Testungen starten können. So hilft der mobile Roboter, die Einsatzzeiten der teuren Laborgeräte auszuweiten. Damit können nicht nur Kosten gesenkt, sondern auch Wirkstoffe und Therapeutika beschleunigt entwickelt oder Tests schneller durchgeführt werden – entscheidend und oft lebensrettend gerade in Krisenzeiten. Eines allerdings ist Tobias Brode wichtig, wenn er Kevin und seine speziellen Fähigkeiten lobt: »Es geht nicht darum, dass der Roboter Menschen ersetzt. Kevin und seine Kollegen sollen den Menschen helfen, dass die sich auf die wertschöpfenden Schritte der Laborprozesse konzentrieren können.«



Weitere Infos:
www.kevinrobot.com



Bis zu
1,5
Millionen
PCR-Tests
pro Woche
führen Labore
in Deutschland
durch.

Kevin allein im Labor: Diese 3D-Visualisierung wurde auf Basis von Konstruktionsdaten von 3DEXCITE/Dassault Systèmes im Rahmen des 3DEXPERIENCE Lab für Start-ups erstellt.

Medikamentengabe gehört zu den Aufgaben der ambulanten Pflege. Die Einsatzpläne sind oft genauso unübersichtlich wie ein gut gefüllter Medikamentenschrank.

Pflegebetrüger auf der Spur

Ambulante Pflege ist zum Milliardengeschäft geworden. Eine neue Software soll helfen, schwarze Schafe schneller zu überführen – und die Kriminalpolizei bei den Ermittlungen wirksam unterstützen.

Von Tim Schröder

Die Zahl der Pflegebedürftigen in Deutschland hat sich seit dem Jahr 1999 auf etwa vier Millionen Menschen verdoppelt. Allein für die ambulante Pflege, die Bedürftige in ihren eigenen vier Wänden erhalten, zahlt die Pflegeversicherung aktuell rund 25,2 Milliarden Euro pro Jahr. Die dunkle Seite: Aktenkundig wurden beim »Spitzenverband Bund der Krankenkassen« fürs Jahr 2018 Schäden durch Pflegebetrug in einer Gesamthöhe von knapp sieben Millionen Euro. Es gilt als offenes Geheimnis, dass die Dunkelziffer erheblich höher liegt.

Von Anfang 2023 an soll der Prototyp einer Software zur Verfügung stehen, der die Aufklärung von Pflegebetrug schneller machen soll, sicherer – und vor allem: konsequenter. Entwickelt wird er vom Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM in Kaiserslautern.

»Bisher öffnet die Zettelwirtschaft Betrügern Tür und Tor«, erklärt Elisabeth Loeff, stellvertretende Abteilungsleiterin »Finanzmathematik« am Fraunhofer ITWM die Problematik. Noch immer sind Papierlisten weit verbreitet in der Pflegebranche. Die Tourenpläne der Pflegekräfte werden täglich ausgedruckt und von jedem Pflegedienst individuell erstellt. Die abrechenbaren Leistungen werden auf sogenannten Leistungsnachweisen dann von den Pfl-

gekräften mit Kürzel abgezeichnet. Für diese Leistungsnachweise gibt es zwar Vorgaben, aber kein bundesweit einheitliches Format. In Verdachtsfällen ist es deshalb für die Polizei extrem zeitraubend, Betrüger zu überführen. Dafür müssen die Beamten Tausende von Tourenplänen mit den Leistungsnachweisen vergleichen – per Hand und Zeile für Zeile, weil kaum etwas digitalisiert ist.

30 000 Tourenpläne, neun Monate Polizeiarbeit

Da aber in der Regel an verschiedenen Tagen verschiedene Pflegekräfte unterwegs sind, muss die Polizei die Tourenpläne von mehreren Angestellten sichten. Schon bei nur zehn Mitarbeitenden, die rund um das Jahr zehn Patienten betreuen, ergibt das schnell rund 30 000 Tourenpläne. Laut der Polizei Sachsen benötigten die Beamten für die manuelle Sichtung einer solchen Menge bis zu neun Monate. »Diese stumpfsinnige Arbeit übernehmen bislang hochqualifizierte Kriminalbeamte, die dann für andere Aufgaben ausfallen«, sagt Dr. Henrike Stephani, stellvertretende Abteilungsleiterin »Bildverarbeitung« am Fraunhofer ITWM. Wenn es am Ende überhaupt zu einem Gerichtsverfahren komme, würden die Betrüger oftmals nur für einen Bruchteil der begangenen Straf-





Foto: Stocksy/F1 Online

taten verurteilt, weil der Polizei schlicht die Zeit fehle, längere Zeiträume minutiös zu überprüfen. Stephani: »Dann werden die betroffenen Pflegedienste nur für einige Wochen oder Monate Betrug verklagt, obwohl alle im Gerichtssaal wissen, dass der Betrug schon seit Jahren läuft.« Hilfskräfte könne die Polizei für die manuelle Auswertung nicht einsetzen, da es um vertrauliche Patientendaten gehe.

Das vom Bundesforschungsministerium geförderte Projekt gliedert sich in zwei Teile – einerseits die automatische Bilderkennung und andererseits die Analyse der Inhalte. Für die Bilderkennung sind Henrike Stephani und ihr Team zuständig. Sie benutzen einerseits Texterkennungsprogramme, um Teile von Tourenplänen und Leistungsnachweisen auszulesen. »Für gedruckte Texte in den Tabellen wie etwa die Adressen ist das noch recht einfach«, sagt Henrike Stephani. »Aber für die handgeschriebenen Inhalte müssen wir individuelle Lösungen finden, die auf Maschinellem Lernen basieren. Eine besondere Herausforderung sind Uhrzeiten, die man auf ganz verschiedene Art schreiben kann.« Im zweiten Schritt wird die Information zusammengeführt. Dann folgt die Datenauswertung, auf die Elisabeth Leoff spezialisiert ist. »Wir arbeiten eng mit der Polizei zusammen, um zu lernen, welche Inhalte für die Ermittlungen entscheidend sind. Denn unser Ziel ist ein Software-System, das die Polizei künftig selbstständig im Alltag nutzen kann.«

KI, aber rechtssicher

Eine Herausforderung ist in dem Projekt derzeit, dass die Daten anonymisiert werden müssen, ehe die Polizei sie dem Fraunhofer ITWM-Team zur Verfügung stellen kann. Das sei eine zusätzliche Hürde bei der Datenauswertung. Und noch etwas müssen Elisabeth Leoff und Henrike Stephani bedenken. Die Daten müssen so aufbereitet werden, dass sie vor Gericht

Bestand haben, dass sie, wie Elisabeth Leoff sagt, den »Maßgaben des Justizsystems entsprechen«. Bei aller künstlichen Intelligenz und Algorithmik muss für einen Richter nachvollziehbar sein, welche Daten der Analyse zugrunde liegen und wie die Ergebnisse zustande gekommen sind. Sonst hat die Staatsanwaltschaft keine Chance, dass Täterinnen und Täter verurteilt werden.

Mit dem ersten Prototypen 2023 wird das Projekt zunächst enden. »Wir haben mit der Polizei einen sehr engagierten Kooperationspartner, sodass wir davon ausgehen können, dass das Projekt weiterverfolgt und das System in wenigen Jahren einsatzbereit sein wird«, sagt Elisabeth Leoff. Künftig können die Kriminalbeamten dann den gesamten Prozess selbstständig durchführen – vom Einscannen der Dokumente bis zur Analyse. Die Software wird so flexibel gehalten, dass sie sich leicht an die Erfordernisse des jeweiligen Betrugsfalls anpassen lässt.

Für Elisabeth Leoff und Henrike Stephani ist das Projekt ganz anders als die üblichen Vorhaben am Fraunhofer ITWM; einerseits, weil es sehr nah am Menschen ist und andererseits, weil es bei Pflegedaten um sehr persönliche Informationen von hoher Schutzwürdigkeit geht.

Normalerweise taucht Elisabeth Leoff in ihren Projekten eher in die Finanz- und Versicherungsbranche ein. Und Henrike Stephani hat oftmals mit industrienahen Dingen zu tun – in einem aktuellen Projekt etwa mit der automatischen Bilderkennung zur Identifikation von illegal gehandeltem Tropenholz. Zusammen mit der Polizei ein Fahndungswerkzeug zu entwickeln, um Tausende von Arbeitsstunden einzusparen und Kriminalität effektiver zu bekämpfen, ist da etwas ganz Besonderes. ■

»Unser Ziel ist ein Software-System, das die Polizei künftig selbstständig im Alltag nutzen kann.«

Dr. Henrike Stephani,
Fraunhofer ITWM

KI gegen Pflegebetrug –
der Fraunhofer-Podcast:



Lösungen für ein gesundes Herz

Defekte Herzklappen, verengte Herzkranzgefäße – die Liste an Herzerkrankungen ist lang. Fachleute am Fraunhofer IPK und am Fraunhofer IKTS forschen an Lösungen, die trotz Herz-Kreislauf-Problemen ein gutes Leben und ein hohes Alter ermöglichen.

Von Britta Widmann



Ist das Herz krank, kommen immer öfter Ballonkatheter zum Einsatz, um Wirkstoffe zu transportieren. Die Katheter werden bisher manuell beschichtet – nun besteht Hoffnung auf mehr Schnelligkeit und Verlässlichkeit.

Der Brustkorb schmerzt, das Atmen fällt schwer, Schweiß bricht aus, Panik! So kündigt sich häufig ein Herzinfarkt an. Auslöser ist oftmals die koronare Herzkrankung (KHK). Neue Technik soll jetzt helfen, diese Lebensgefahr zu verringern.

KHK entsteht durch Kalkablagerungen, die die Herzkranzgefäße verengen. Meist weiten Ärzte den Engpass durch einen Stent. Doch in vielen Fällen verengt sich das Blutgefäß erneut – weitere Eingriffe sind nötig. In der minimalinvasiven Herzchirurgie löst daher ein medikamentenbeschichteter Ballonkatheter die Stent-Behandlung ab. Beim Aufdehnen wird der Wirkstoff über die Ballonoberfläche direkt in die Arterienwände transportiert, wo Immunsuppressiva und Zytostatika einen erneuten Verschluss des Gefäßes verhindern.

Problem: Noch heute werden diese Ballons manuell mit Medikamenten beschichtet. »Man mag es kaum glauben«, findet Gregor Dürre, Wissenschaftler am Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK. »Das Verfahren ist zeitaufwendig und fehleranfällig. Fachleute mit entsprechender Expertise gibt es kaum.« Gemeinsam mit seinem Team erforscht Dürre, wie sich das Verfahren zur Beschichtung der Ballonkatheter automatisieren lässt.

Aktuell entwickelt das Fraunhofer IPK einen Beschichtungsautomaten zusammen mit den Partnern InnoRa GmbH und Organical CAD/CAM GmbH. »Damit könnten wir die Ausschussrate reduzieren und die Fehlerquote senken, den Umsatz an Ballons massiv erhöhen und Prozesssicherheit garantieren«, erwartet der Forscher.

Die Konstruktion des Automaten ist anspruchsvoll. Ziel ist, dass die mikroskopischen Kristalle des Medikaments gleichgerichtet nach außen zeigen. Nur so kann der Wirkstoff schnell und zuverlässig in die Zellwände eindringen und dort möglichst lange wirken. Parameter wie die Schichtdicke und die Beschaffenheit der Beschichtungsoberfläche spielen daher eine entscheidende Rolle. »Die Ballonkatheter müssen das Medikament sofort in

die Arterienwand transportieren. Das darf maximal eine Minute dauern. Sonst wird die Sauerstoffversorgung des Herzens zu lange unterbrochen«, erklärt Gregor Dürre. Nach Abgabe des Wirkstoffs wird der Ballonkatheter wieder entfernt.

Faktoren wie Kinematik, Andruckstärke, Beschichtungsgeschwindigkeit, Beschichtungsdauer und Rotationsgeschwindigkeit beeinflussen die Kristallstruktur und somit die Konstruktion des Beschichtungsautomaten. Der Ballon des Katheters ist eine fragile, extrem dünne Membran, die im ausgedehnten Zustand beschichtet werden muss. »Das ist sehr diffizil. Kleinste Fehler führen zu einem Riss der 20 bis 80 Mikrometer dünnen Membran«, sagt Annika Brehmer, Biotechnologin und Kollegin von Gregor Dürre.

Das macht den Bau der Beschichtungseinheit so herausfordernd. Zwei Motoren rotieren den Draht, auf dem der Ballon aufgespannt ist, damit er von allen Seiten gleichmäßig beschichtet werden kann. Der Beschichtungskopf ist in Abhängigkeit zur Ballonmembran positioniert. Ein integriertes Oberflächenmessgerät übernimmt die Qualitätskontrolle, indem es konstant die Schichtdicke misst. Der Beschichtungsvorgang dauert drei bis fünf Minuten. »Anders als beim manuellen Prozess können wir permanent die Qualität kontrollieren«, verspricht Dürre. Bis Anfang 2023 soll der Prototyp marktreif sein.

Verkalkung stoppen – aber wie?

Zweithäufigste Herzerkrankung ist eine defekte Herzklappe. Wenn sie nicht mehr richtig öffnet und schließt, muss sie durch eine künstliche Klappe ausgetauscht werden. Der Trend geht zum biologischen Ersatz. Vorteil ist, dass der Patient keine blutverdünnenden Medikamente wie Marcumar einnehmen muss. Der Nachteil der Bioprothesen gegenüber mechanischen Klappen: Sie verkalken schnell. Die biologischen Klappen, die aus Aortenklappen von Schweinen oder aus Herzbeutelgewebe von Rindern hergestellt werden, arbeiten maximal 15 Jahre zuverlässig. Kristallines

Hydroxylapatit lagert sich an den Klappen-segeln ab und löst die Verkalkung aus. Mit neuen chemischen Vorbehandlungen wollen Forscherinnen und Forscher am Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS diese Verkalkung stoppen. Dabei arbeiten sie eng mit dem Institut für Angewandte Medizintechnik, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen und dem Meshalkin National Medical Research Center im russischen Novosibirsk zusammen.

»Üblicherweise werden die Prothesen mit Glutaraldehyd vorbehandelt. Das Fixationsmittel stabilisiert das Kollagengerüst der Klappenprothese«, sagt Dr. Natalia Beshchasna, Wissenschaftlerin am Fraunhofer IKTS. Für ihre Versuche wählten Beshchasna und ihr Team Herzbeutelgewebe (Perikardgewebe) als Basismaterial und stabilisierten es mit Wirkstoffmolekülen. Im Gegensatz zur klassischen Vernetzung mit Glutaraldehyd setzten sie auf Diepoxid und Bisphosphonat. »Glutaraldehyd bindet gut an Kollagen, nicht jedoch an Elastin, das auch Bestandteil des Perikardgewebes ist. Daher sucht man nach Alternativen. Wir haben uns für Diepoxid entschieden«, erklärt die Ingenieurin. Die Vernetzung erfolgte mit und ohne die Zugabe von Bisphosphonaten – Medikamenten, die in den Knochenstoffwechsel eingreifen und etwa zur Therapie von Osteoporose verwendet werden.

Das Ergebnis der In-vitro-Tests: Diepoxide und Bisphosphonate sind aufgrund ihrer sehr guten Vernetzung des Gewebes eine vielversprechende Alternative zu Glutaraldehyd. »Herzbeutelgewebe hat eine Neigung zur Bindung von Kalziumionen, die wiederum Phosphationen binden, was die Verkalkung des Herzklappenersatzes begünstigt. Diepoxide und Bisphosphonate können dieser Langzeitkomplikation entgegenwirken und die Reaktion zwischen Kalzium- und Phosphationen verhindern«, so Beshchasna. »Bislang ist es nicht gelungen, eine ideale Klappenprothese zu konstruieren. Wir hoffen, diesem Ideal mit unserer neuen chemischen Vorbehandlung einen Schritt näher zu kommen.« ■

Grünes Licht für Phase 2

Prof. Thomas Thum ist einer der wichtigsten Pioniere der RNA-Therapie. Er hat als Erster einen RNA-Wirkstoff gegen eine Herzerkrankung erfolgreich in der Klinik getestet. Im Januar 2021 ist der Kardiologe als Institutsleiter des Fraunhofer ITEM gestartet.

Von Christine Broll



Prof. Thomas Thum

- ▶ gehörte 2021 zu den meist-zitierten Wissenschaftlern weltweit.
- ▶ erhielt im April den Paul-Martini-Preis. Die Stiftung setzt sich für die Förderung der Arzneimittelforschung ein.
- ▶ leitet seit Januar 2021 gemeinsam mit Prof. Norbert Krug das Fraunhofer ITEM.
- ▶ wurde am 16. November 1974 in Hildesheim geboren.

RNA (Ribonukleinsäure) setzt sich aus einer Kette von Nukleotiden zusammen.



Thomas Thum hat erreicht, wovon viele Forschende träumen. Er hat einen therapeutischen Wirkstoff von der ersten Idee bis zur Anwendung beim Menschen gebracht. Der 47-jährige Kardiologe erinnert sich noch genau an den Tag, als alles begann. Es war im Jahr 2005, als er in der Fachzeitschrift »Nature« las, dass Mikro-RNAs in der Leber von Mäusen regulatorische Aufgaben übernehmen. Damals dachte die Wissenschaft, dass die vielen kurzen RNA-Stücke in den Zellen nicht mehr seien als Abbauprodukte längerer RNAs, also genetischer »Müll«. Die Frage nach einem neuen Therapie-Ansatz ließ ihn nicht mehr los – bis er, knapp 15 Jahre später, die erste Ampulle mit einem RNA-Wirkstoff gegen Herzinsuffizienz in Händen hielt.

Inzwischen arbeitet Thomas Thum intensiv an neuen RNA-Therapien – seit Januar 2021 auch am Fraunhofer-Institut für Toxikologie und Experimentelle Medizin ITEM in Hannover, das er gemeinsam mit Prof. Norbert Krug leitet. Hier steht unter anderem die Lungenfibrose im Fokus. Lungenfibrose ist eine Erkrankung, bei der sich das Lungengewebe umbaut und die Lunge nach und nach verhärtet. Thum hofft, dass sich diese bislang unheilbare Krankheit mithilfe der RNA-Therapie ursächlich behandeln lässt. »Parallel dazu etablieren wir am Fraunhofer ITEM, das sich traditionell mit Lungenerkrankungen beschäftigt, die Erforschung von Herzkrankheiten«, berichtet Thum, der gleichzeitig das Institut für Molekulare und Translationale Therapiestrategien an der Medizinischen Hochschule Hannover leitet.

RNA kann in vielen Varianten im Körper vorkommen. Am bekanntesten sind die messenger RNAs (mRNAs). Sie tragen in ihrer Struktur einen Code, der als Bauplan für Proteine dient. Als Corona-Impfstoff sind mRNAs weltweit der große Hoffnungsträger im Kampf gegen die Pandemie. Thomas Thum beschäftigt sich mit einem anderen Typ: den nichtcodierenden RNAs, also solchen, die keinen Bauplan für ein Protein in sich tragen. »Mittlerweile weiß man, dass die menschliche RNA zu über 90 Prozent aus nicht codierender RNA besteht«, erklärt Thomas Thum. »Viele von ihnen sind an der Regulation wichtiger Körperfunktionen beteiligt.«

Aktiver im kranken Herz

Schon bald nachdem Thum den Beitrag über die Mikro-RNAs bei Mäusen gelesen hatte, begann er mit der Untersuchung von Mikro-RNAs im Herzgewebe. Dabei entdeckte er, dass bestimmte Mikro-RNAs im kranken Herzen wesentlich aktiver sind als in gesundem Gewebe. In Herzen, bei denen das Bindegewebe

krankhaft verändert war, fand er besonders hohe Konzentrationen der Mikro-RNA 21. Dann kam die entscheidende Überlegung: Lässt sich die krankhafte Bindegewebsveränderung rückgängig machen, wenn man diese RNA hemmt?

Der Durchbruch: Anti-Mikro-RNA

Zusammen mit einem Kooperationspartner konstruierte Thums Team eine Anti-Mikro-RNA, die die krankmachende Mikro-RNA neutralisiert. Das war der Durchbruch. Denn er konnte zeigen, dass die Hemmung der Mikro-RNA einen therapeutischen Effekt hat. Diese Sensation konnte die Arbeitsgruppe patentieren und 2008 in der renommierten Fachzeitschrift »Nature« publizieren. Die Anti-Mikro-RNA 21 wird mittlerweile vom Pharmakonzern Sanofi in einer klinischen Phase-2-Studie bei Patienten mit Nierenfibrose getestet.

Bei den Experimenten an Herzgewebe ist Thums Team noch eine weitere Mikro-RNA aufgefallen. Sie trägt die Nummer 132 und stimuliert ein pathologisches Herzwachstum, das schließlich zu einer Herzinsuffizienz führt. Und auch hier ließ sich durch Hemmung der Mikro-RNA ein positiver, heilender Effekt erzielen. Zuerst in den Zellkulturschalen, später in weiteren präklinischen Versuchen. Damit erfüllte die Anti-Mikro-RNA 132 alle Voraussetzungen, um in der Klinik an Patienten mit Herzinsuffizienz getestet zu werden.

Allein in Deutschland leiden rund vier Millionen Menschen an Herzinsuffizienz. Bei ihnen ist das Herz krankhaft vergrößert und zu schwach, das Blut durch den Körper zu pumpen. Die Patienten klagen über Atemnot, Wassereinlagerungen und Gewichtszunahme. »In den letzten 20 Jahren wurden in der Behandlung wenig Fortschritte erzielt«, betont Thomas Thum. Nach Angaben der Herzstiftung sterben in Deutschland jährlich mehr als 40 000 Betroffene an der Krankheit.

Mit der Gründung des Start-ups Cardior Pharmaceuticals gelang Thum 2016 der Sprung vom Labor in die klinische Studie am Menschen. Daran nahmen 28 Herzinsuffizienz-Patienten teil. Die Ergebnisse sind vielversprechend. »Wir haben gezeigt, dass die Therapie mit Anti-Mikro-RNA 132 sicher ist und keine Nebenwirkungen an anderen Organen hervorruft«, berichtet Thum. »Außerdem konnten wir eine Verbesserung der Herzinsuffizienz-Marker beobachten.« Nach diesem positiven Befund gab es frisches Kapital und damit grünes Licht für die Phase-2-Studie. Sie startet bereits im ersten Quartal 2022 und wird an 280 Patienten in acht Ländern durchgeführt. ■

4 Millionen Menschen in Deutschland leiden an Herzinsuffizienz.

»Wir haben gezeigt, dass die Therapie mit Anti-Mikro-RNA 132 sicher ist.«

Prof. Thomas Thum,
Co-Institutsleiter,
Fraunhofer ITEM

**RNA-Forschung:
Hoffnungsträger
und mehr – Prof.
Thomas Thum im
Fraunhofer-Podcast:**





In einer Bekleidungsfabrik wurde das Sensor-System bereits erfolgreich getestet.



PORTUGAL
Wohlfühlen am Arbeitsplatz

Produktivität, Ergonomie und psychosoziales Wohlbefinden von Arbeitenden in der Industrie fördern wollen Forschende des Fraunhofer-Center for Assistive Information and Communication Solutions AICOS in Porto, Portugal. Dafür haben sie Sensoren entwickelt, die Arbeitsablauf, Bewegung und Körperhaltung in Echtzeit analysieren. So sollen auch Verletzungs- und Unfallrisiken minimiert werden. Die Sensoren lassen sich problemlos in die Kleidung integrieren und behindern nicht bei der Ausübung der Tätigkeiten. Über einen Selbstbericht-Sensor haben die Arbeitenden die Möglichkeit, ihr Wohlbefinden zu erfassen. Die Daten werden an eine von AICOS entwickelte Plattform gesendet, dort ausgewertet und visualisiert dargestellt. Automatisiert erfasst das System zudem Umgebungsdaten wie Wärme, Lärm, Beleuchtung und Vibrationen am Arbeitsplatz. In der ersten Phase des Projekts analysierte das Fraunhofer-AICOS- Team die Arbeit von Fachkräften in einer Bekleidungs-fabrik, jetzt ist ein Folgeprojekt in der Automobilindustrie geplant.



EUROPA
Wiederverwerten statt wegschmeißen

Verpackungsmaterialien in einem geschlossenen Kreislauf zu halten, ist das Ziel des Projekts CIRCULAR FoodPack. Lebensmittelverpackungen bestehen meist aus verschiedenen, untrennbar verbundenen Kunststoffschichten. Da sie weder sortiert noch aufbereitet oder wiederverwertet werden können, landen sie in der Regel auf Deponien oder werden verbrannt. Koordiniert vom Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV arbeiten 14 europäische Partner daran, Verpackungen herzustellen, die zum Teil aus Rezyklaten bestehen und für den direkten Lebensmittelkontakt geeignet sind. Das Fraunhofer IVV ver-



Von den 76 kg Plastikmüll pro Person in Deutschland war 2019 die Hälfte Verpackungsabfall.

bessert die Recyclingprozesse und entwickelt innovative Monomaterial-Verpackungen mit funktionaler Barriere für Nahrungsmittel sowie Körperpflegeprodukte. Diese sollen den hohen Anforderungen der Produkte entsprechen, sind aber leichter zu sortieren und somit besser zu recyceln als Multi-materialverbunde. Bislang können die Abfallströme von Food- und Non-Food-Verpackungen nicht getrennt werden – wertvolle Ressourcen gehen verloren. Jährlich landen mehr als 16 Millionen Tonnen Mehrschichtverpackungen europaweit auf Deponien oder werden verbrannt, weil sie nicht sortierbar sind.

Fraunhofer international



● Standorte der Fraunhofer-Gesellschaft



ÖSTERREICH Aktives Altern leicht gemacht

Die digitale Welt bietet zahlreiche Hilfsmittel für ein selbstbestimmtes Leben im Alter, ob im eigenen Heim oder in betreuten Einrichtungen. Offene Plattformen sind frei verfügbare Softwaresysteme, die die Vernetzung dieser digitalen Technologien ermöglichen – exakt zugeschnitten auf die individuellen Bedürfnisse der Nutzerin oder des Nutzers. Das Projekt PlatformUptake.eu mit Sitz in Wien will die Entwicklung und Akzeptanz dieser Plattformen in ganz Europa fördern. Das Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD hat dafür vorhandene Systeme analysiert, bewertet und ein Vergleichsportal aufgesetzt, auf dem Pflegeeinrichtungen die optimale Plattformlösung für ihre Bewohnerinnen und Bewohner finden können. Ideal ist ein digitales Ökosystem, sicher und einfach zu handhaben, das die Nutzerinnen und Nutzer mit Gesundheits- und Sozialfürsorgeangeboten oder Programmen zur Prävention versorgt sowie mit Heimtechnologie verbindet.



Digitale Angebote helfen, sollten aber gut aufeinander abgestimmt sein.



ITALIEN Und er läuft und läuft und läuft

Sie sind leicht, stabil und bieten langfristig Kostenvorteile: Bauteile aus kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen (CFK) für E-Autos. Das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU hat zusammen mit den Partnern EDAG und INVENT jetzt einen Fahrzeugrahmen samt Sitzstruktur aus CFK entwickelt, der sich 30 Jahre lang und bis zu einer Laufleistung von einer Million Kilometern wiederverwenden lässt.

Die Komponenten werden nicht recycelt, sondern direkt aufbereitet und wieder genutzt. In diesem Design-for-Re-Use-Ansatz sind die einzelnen Bauteile so gestaltet, dass sie leicht demontiert und erneut für ein zweites



Den Fahrzeugrahmen einfach weiterverwenden – eine Neuentwicklung des Fraunhofer IWU macht's möglich.

oder drittes Fahrzeug eingesetzt werden können. Die intelligente wiederverwertbare Plattform für E-Autos wurde im Rahmen des EU-Projekts FiberEUse entwickelt, koordiniert von der Universität Politecnico di Milano.



NORWEGEN Schadstoffe im Wasser erkennen und vermeiden

Nicht nur giftig, sondern auch besonders langlebig und mobil sind bestimmte Chemikalien, die unser Trinkwasser bedrohen. Eine Kontamination kann irreparabel sein, weil diese sogenannten persistenten, mobilen Substanzen, kurz PM, Filter überwinden und die Trinkwasseraufbereitung überstehen. PM werden häufig bei der Herstellung von Funktionstextilien eingesetzt, aber auch in der Papierindustrie oder in Pflanzenschutzmitteln. In dem EU-Projekt ZeroPM arbeiten Forschende des Fraunhofer-Instituts für Toxikologie und Experimentelle Medizin ITEM unter der Leitung des Norwegischen Geotechnischen Instituts zusammen mit 15 Partnern an einem wirkungsvollen Schutz von Mensch und Umwelt.

Das Team des Fraunhofer ITEM will Gefährdungen durch PM-Substanzen



Natürliche Barrieren im Wasserkreislauf wie die Filterung während der Bodenpassage halten PM-Stoffe nicht zurück.

identifizieren und charakterisieren. Dafür modelliert es Aufnahme und Verteilung dieser Stoffe im Menschen. Die Risikobewertung der toxischen Wirkung soll helfen, Präventions- und Sanierungsstrategien zu entwickeln. Gleichzeitig wollen die Forschenden dazu beitragen, dass neue kritische Stoffe in Zukunft schneller erkannt und vermieden werden können.

Stimme aus der Wirtschaft



Stefan Hohm, 49, leitet als Chief Development Officer das Vorstandsressort IT & Development der Dachser Group SE. Das Logistikunternehmen mit Sitz in Kempten erwirtschaftete im Jahr 2020 mit mehr als 30 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern einen Umsatz von 5,6 Milliarden Euro.

»Koopkurrenz oder Coopetition!«

Open Source statt klassischer Konkurrenz: Mit der neu gegründeten Open Logistics Foundation wollen Unternehmen wie Dachser, DB Schenker, duisport und Rhenus die Interessen aller voranbringen – Digitalisierung gelingt nach ihrer Überzeugung nicht im Alleingang.

Ein Standpunkt von Stefan Hohm, CDO, DACHSER SE

Open Source wirkt für manchen vielleicht schon wie ein »alter Hut«. Auch wir bei Dachser nutzen längst zahlreiche Open-Source-Komponenten im Bereich der Softwareentwicklung. Wir setzen sie für die Entwicklung unserer beiden Transportmanagement-Systeme in den Geschäftsfeldern Luft- und Seefracht sowie Road Logistics ein. Die Erfolgsstory von Open Source in diversen Segmenten wie Serverbetriebssystemen, Web- und Mailserver, Datenbanken, Smartphone Apps belegt, welche Bedeutung Open Source gewonnen hat.

Dass sich Open Source über verschiedene Industrien so erfolgreich etabliert hat, ist nicht zuletzt auf die Vorteile unternehmensübergreifender Standardisierung zurückzuführen. Der Fall Linux beweist zudem, dass das modular aufgebaute Betriebssystem von Softwareentwicklern auf der ganzen Welt weiterentwickelt wird. Damit verfallen die Unternehmen als Anwender nicht in eine Abhängigkeit zu einzelnen Anbietern. Zwar kann es auch bei Open Source zu einer hohen Divergenz hinsichtlich Qualität und Kosten kommen, dennoch zeigen Plattformen wie GitHub, dass die Chancen die Herausforderungen deutlich überwiegen.

Auch die Logistik nutzt diese Vorteile – allerdings nur zu einem Teil. Bisher versuchen die Logistikunternehmen, sich vermeintliche Wettbewerbsvorteile über proprietäre, nicht interoperable Insellösungen zu verschaffen. Das ist mit einem beträchtlichen Aufwand verbunden. Standards konnten auf diese Weise nicht entstehen. Zudem verhindert ein solcher Ansatz heute die pragmatische und in der modernen Welt dringend notwendige Vernetzung von Partnern und Kunden.

In der Branche gibt es deshalb einen gemeinsamen Schmerz, den alle Marktteilnehmer fühlen. Und genau an diesem Punkt wollen die Gründer der Open Logistics Foundation den »alten Hut« Open Source für die Logistik jetzt neu denken. Ausgewählte Soft- und Hardwarekomponenten sollen für alle Beteiligten der Supply Chain offen und kostenfrei zur Verfügung stehen. Dadurch wird es, zum Vorteil aller Beteiligten, möglich werden, einzelne Anwendungsfälle aus dem Repository zu entnehmen und damit einen unmittelbar anwendbaren Standard zu schaffen. Jedes Unternehmen kann folglich auf den »Com-

»In der Branche gibt es einen gemeinsamen Schmerz, den alle Marktteilnehmer fühlen.«

Stefan Hohm

- ▶ ist seit Januar 2021 als Chief Development Officer (CDO) Leiter des neu geschaffenen Vorstandsressorts IT & Development und verantwortet die Bereiche IT, Forschung & Entwicklung, Ideen- und Innovationsmanagement, Kontraktlogistik sowie unternehmensweite Branchenlösungen.
- ▶ begann vor fast 30 Jahren bei Dachser als dualer Student in Frankfurt, verantwortete später die Entwicklung des Warehouse Management Systems MIKADO.
- ▶ übernahm 2004 die Leitung der neu gegründeten Niederlassung Erfurt und 2008 die Leitung der Niederlassung Hof.
- ▶ baute von 2016 als Corporate Director u.a. eine zentrale Unit für Forschung und Entwicklung im Dachser Head Office auf.

modities« aufbauen und seine knappen Entwicklerressourcen darauf konzentrieren, einen eigenen USP zu schaffen und zu schärfen. Das trägt dazu bei, den Exzellenzgrad in der gesamten Branche zu steigern. Um Taten folgen zu lassen, bedarf es eines geeigneten Vehikels: der Open Logistics Foundation und des dazugehörigen Vereins, Open Logistics Foundation e.V.

Es ist mir auch ganz persönlich ein Anliegen zu betonen, dass es sich nicht um eine geschlossene Gesellschaft handelt. Im Gegenteil, die Kernprinzipien der Stiftung lauten: Neutral und unabhängig sowie offen für Interessierte aus allen Bereichen, die mit der Logistik verbunden sind. Diese Konstellation soll es ermöglichen, in diesem klar umgrenzten Bereich vom klassischen Wettbewerbsdenken wegzukommen, also »Koopkurrenz oder Coopetition« zu leben, De-facto-Standards zu schaffen und die Digitalisierung gemeinsam voranzutreiben. Die technische Plattform, auf der entsprechende Komponenten für alle open source zur Verfügung stehen werden, baut auf europäischen Rechtsnormen und Werten insbesondere im Betrieb des Repositories auf. Die Open Logistics Foundation unterstützt darüber hinaus bei der Auswahl gemeinschaftlicher Projekte und der Beurteilung von Skaleneffekten.

Das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML insbesondere in der Person von Prof. Michael ten Hompel hat einen entscheidenden Beitrag – quasi die Geburtshilfe! – geleistet. Ohne seine Leidenschaft für Zusammenarbeit in der Logistik würde es die Open Logistics Foundation mit den Stiftungsgründern Dachser, DB Schenker, duisport und Rhenus nicht geben. Es freut mich umso mehr, dass durch die Beteiligung des Fraunhofer IML die enge Verzahnung von Wissenschaft, Forschung und Praxis auch in Zukunft gewährleistet sein wird. Der Grundstein ist also gelegt. Nun gilt es in den Unternehmen ein entsprechendes Open Source Mindset zu verankern und weitere Anwendungsfälle zu identifizieren. Das geht nur, wenn der gemeinschaftliche »Wir-Gedanke«, den wir mit der Open Logistics Foundation für die Digitalisierung in der Logistik etablieren wollen, auch im Jahr 2022 mit Leben gefüllt wird. Wir sind bereit, unseren Beitrag zum Gelingen der Plattform zu leisten. Getreu unserem Motto: »Gemeinsam packen wir es an!« ■

Kein Spaziergang: Die beiden Astronauten Akihiko Hoshide (o.) und Thomas Pesquet bei einem sogenannten Raumspaziergang von sechs Stunden und 54 Minuten im September 2021.



Foto & Fraunhofer

Schwerelose Schwerstarbeit

Ein Astronaut hat seine Arbeit an Bord der Internationalen Raumstation ISS einmal so beschrieben: »Stellen Sie sich vor, Sie wollen den Motorraum Ihres Autos auseinanderschrauben und wieder korrekt zusammensetzen. Und tragen dabei sämtliche dicken Winterklamotten, Schutzbrille, Handschuhe und noch einen prall gefüllten Trekkingrucksack. Außerdem findet die Reparatur in dunkelster Nacht und bei Minusgraden statt.« Ein faszinierender Arbeitsplatz bleibt die ISS allemal – und Fraunhofer wird 2022 mit zwei Raumfahrtmissionen zur Erdbeobachtung beitragen.

Für Februar geplant ist die Reise eines neuartigen Messinstruments zur ISS, das im Klimawandel helfen soll, den Wasserkreislauf auf unserem Planeten zu vermessen. Entwickelt wurde es vom Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut EMI und dessen Ausgründung ConstellR, an der Entwicklung einer speziellen Optik dafür waren das Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF und dessen Ausgründung SpaceOptix beteiligt. Im Juni soll der Start des Nanosatelliten ERNST folgen. Lediglich 20 Kilogramm leicht und nur so groß wie eine halbe Bierkiste, aber perfekt ausgerüstet mit einer kyrogekühlten Infrarotnutzlast, wird der vom Fraunhofer EMI in Zusammenarbeit mit den Fraunhofer-Instituten für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB und für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen INT entwickelte 12U-CubeSat Raketenstarts detektieren und die Leistungsfähigkeit von Kleinsatelliten für die Bundeswehr demonstrieren.

Houston, wir haben eine Lösung!



Die Welt trägt Maske

129 Milliarden Einmal-Masken werden weltweit pro Monat verbraucht. Fraunhofer-Forschende bringen sie in einen Kreislauf – nachhaltig und hygienisch.

Von Franziska Sell

Corona bleibt, und die Welt trägt medizinische Maske. Monatlich, so schätzen Experten, werden 129 Milliarden Stück verbraucht. In Deutschland gibt das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) vor: Gebraucht sind Masken im Restmüll zu entsorgen, um kontaminiertes Material durch Verbrennen sicher zu beseitigen. Damit gehen aber auch wertvolle Rohstoffe in Rauch auf. Lassen sich die Altkunststoffe wiederverwerten, fossile Ressourcen einsparen und wachsende Müllberge vermeiden? Fraunhofer-Forschende haben dafür eine Kreislauflösung gefunden.

»Vor dem Hintergrund der Corona-Pandemie wurde das Thema Einwegmasken omnipräsent«, sagt Dr. Franziska Auer, Gruppenleiterin Recyclingtechnologien am Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Institutsteil Sulzbach-Rosenberg. Gemeinsam mit Partnern aus der Wirtschaft starteten

die Fraunhofer-Forschenden ein Projekt mit hochambitioniertem Ziel: Zusammen mit Fach-Teams von Procter & Gamble und dem Chemieunternehmen SABIC sollten Rohstoffe aus den benutzten und weggeworfenen Masken zurückgewonnen und erneut der Wertschöpfungskette der Produktion zugeführt werden.

Thermochemische Stofftrennung

»Wir sind Experten für chemisches Recycling«, erläutert Dr. Alexander Hofmann, Abteilungsleiter Kreislaufwirtschaft am Fraunhofer UMSICHT. Zusammen mit seinem Team entwickelte der Wissenschaftler den iCycle-Prozess, ein Verfahren zur thermochemischen Stofftrennung: »Kunststoffe und organische Bestandteile werden in sauerstofffreier Atmosphäre thermisch zersetzt und verflüchtigt. Auf diese Weise trennen wir diese von enthaltenen Metallen oder Fasern ab. Durch die hohe Tem-



Corona macht kreativ – zumindest den Illustrator Steffen Kraft. Der Wiesbadener hat seinen eigenen Weg gefunden, die Einwegmasken einer Weiterverwendung zuzuführen.

peratur werden Kontaminationen wie Schadstoffe oder Krankheitserreger beseitigt – ideale Voraussetzungen für das effiziente Recycling medizinischer Masken.«

Procter & Gamble stellte dafür an seinen Produktions- und Forschungsstandorten in Deutschland eigens ausgewiesene Sammelbehälter auf. Die gebrauchten Masken schickten sie zur Weiterverarbeitung an das Fraunhofer-Team, das diese in seinen speziellen Forschungs- und Pyrolyseanlagen thermochemisch behandelte und in Pyrolyseöl umwandelte. Durch Hitze und Sauerstoffausschluss wird der Kunststoff bei der Pyrolyse in molekulare Fragmente zerlegt. »Die Ausbeute an Öl ist hoch. Sie liegt bei 50 bis 60 Prozent. Dieses Öl ist der Ausgangsstoff, den die chemische Industrie weiterverarbeiten kann, um neue Rohstoffe für Kunststoffe und Masken zu gewinnen. Im Falle des chemischen Recyclings haben diese Neuwere-Qualität und erfüllen so selbst die Anforderungen an Medizinprodukte«, freut sich Franziska Auer über den Erfolg.

Im nächsten Schritt reichten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler das frisch gewonnene Pyrolyseöl an ihre Kolleginnen und Kollegen bei SABIC weiter. Diese nutzten es erfolgreich als Ausgangsmaterial für die Herstellung von neuwertigem Polypropylen (PP).

Abschließend verarbeiteten die Fachleute von Procter & Gamble das hochwertige PP-Polymer zu Vliesfasern. Der Kreislauf zur Maskenproduktion schloss sich. In nur sieben Monaten hatten die Fraunhofer-Forschenden zusammen mit ihren Partnern das Projekt entwickelt und umgesetzt – vom Einsammeln der Gesichtsmasken bis hin zur Produktion. Der Kreislauf-Maßgabe sind sie bis

ins Detail treu geblieben: So entstehen im iCycle-Prozess drei Produkte: ein Feststoff, ein Öl und ein Gas. Letzteres kann man dazu verwenden, die Energie für das Verfahren bereitzustellen.

Echtes Closed-Loop-Recycling

»Es ist toll, dass uns ein echtes Closed-Loop-Recycling gelungen ist, dass wir wirklich von einem Produkt wieder zu exakt diesem Produkt kommen und dabei keinerlei Qualitätsverluste verzeichnen müssen«, freut sich Hofmann. »Das ist gerade in der Medizinbranche und bei Hygieneartikeln ungemein wichtig – und kann durch chemisches Recycling realisiert werden.«

Ob auch FFP2-Masken Teil dieses Kreislaufs werden können? Franziska Auer sieht darin keine Schwierigkeit: »Es spricht nichts dagegen, denn der Vorteil des iCycle-Prozesses ist, dass man auch Verbundmaterialien, bei denen das mechanisch nicht möglich wäre, auf diese Weise wiederverwerten kann – weil wir sie ja in die Einzelbestandteile zersetzen. Selbst der Draht oberhalb der Nase muss nicht vorab entfernt werden.«

Das Team am Fraunhofer UMSICHT verfolgt nun das Ziel, den Prozess von Gesichtsmasken auf Krankenhausabfälle im Allgemeinen zu übertragen. Auer: »Mechanisches Recycling für medizinische Abfälle gestaltet sich aufgrund der hohen Hygienestandards schwierig. Wir können mit unserem chemischen Verfahren Produkte bereitstellen, die wieder Neuwere-Qualität haben. Das ist ein entscheidender Vorteil.«

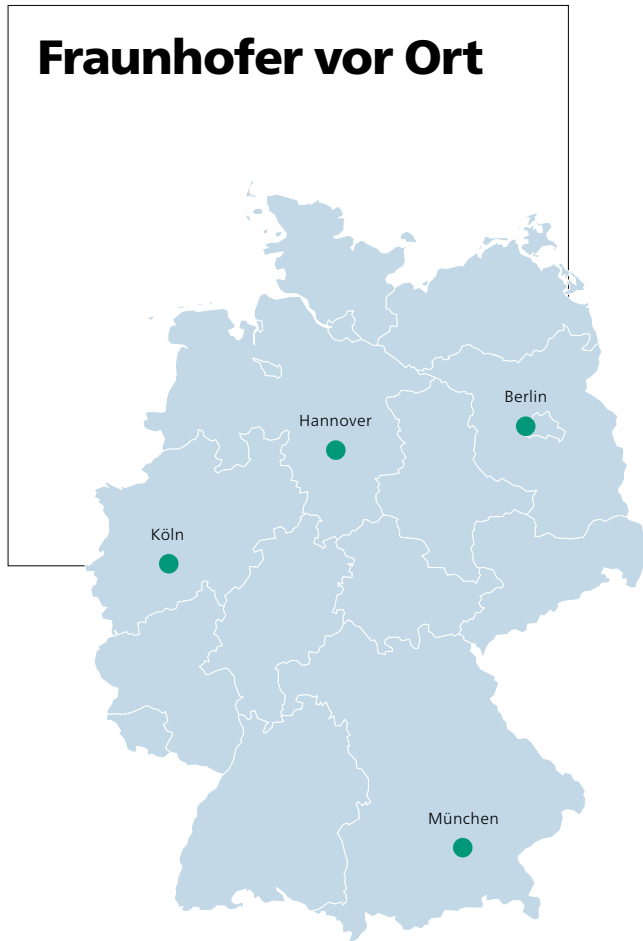
**Masken-
Recycling im
Video – das
thermochemi-
sche Verfahren:**





Seasons's
Greetings

Fraunhofer vor Ort



 **Berlin**
5.–6.4.2022
hub.berlin
 Europas interaktives
 Business-Festival für digitale
 Macherinnen und Macher

 **Hannover**
25.–29.4.2022
Hannover Messe
 Weltleitmesse der Industrie

 **Berlin**
26.–28.4.2022
DMEA
 Leitveranstaltung zur
 Digitalisierung des
 Gesundheitswesens

 **München**
26.–29.4.2022
**LASER World
 of Photonics**
 Weltleitmesse für
 Komponenten, Systeme
 und Anwendungen der
 Photonik

 **Köln**
26.–29.4.2022
Anuga Foodtec
 Internationale Zuliefer-
 messe für die Lebensmittel-
 und Getränkeindustrie

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

Fraunhofer-Magazin

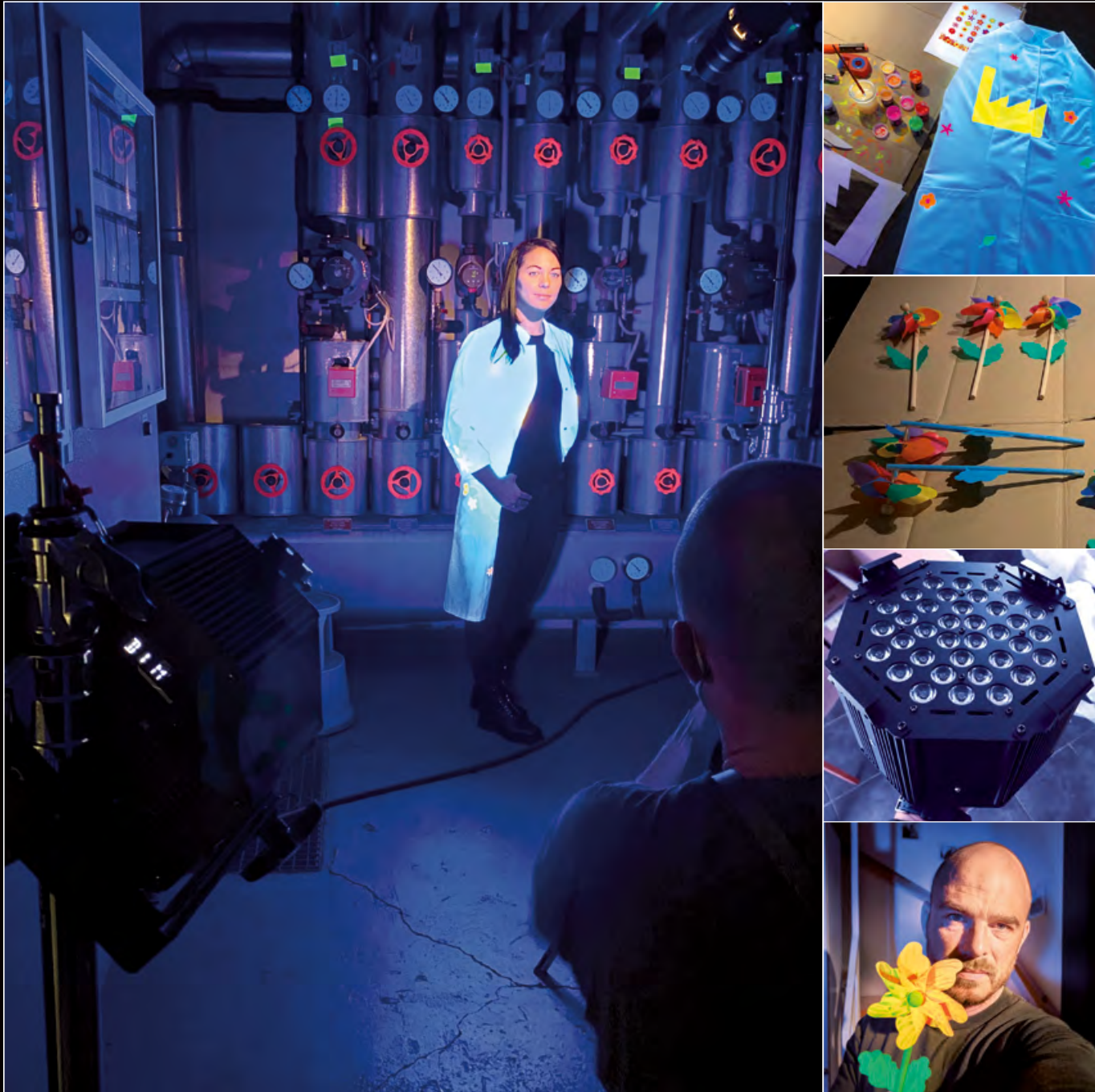
Das Magazin für Menschen, die Zukunft gestalten

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



»Ich versuche immer, das Bild zusammen mit den Protagonisten zu entwickeln. Wenn das klappt, ist es ein gutes Bild.«

Johannes Arlt, Fotograf



Vier Kilo wog der UV-Scheinwerfer, mit dem sich Johannes Arlt (r.) auf Reisen machte, um die Energie zum Strahlen zu bringen. Im Gepäck des Fotografen: bemalte Laborkittel, Requisiten und viel fluoreszierende Farbe. Eine Herausforderung war, die Gesichter natürlich zu beleuchten, ohne den Schwarzlichteffekt zu stören – Millimeterarbeit, die Geduld erforderte.