

Fraunhofer

Das Magazin für Menschen, die Zukunft gestalten

Leichter bauen
Klimaneutral –
vom Neubau bis
zur Sanierung

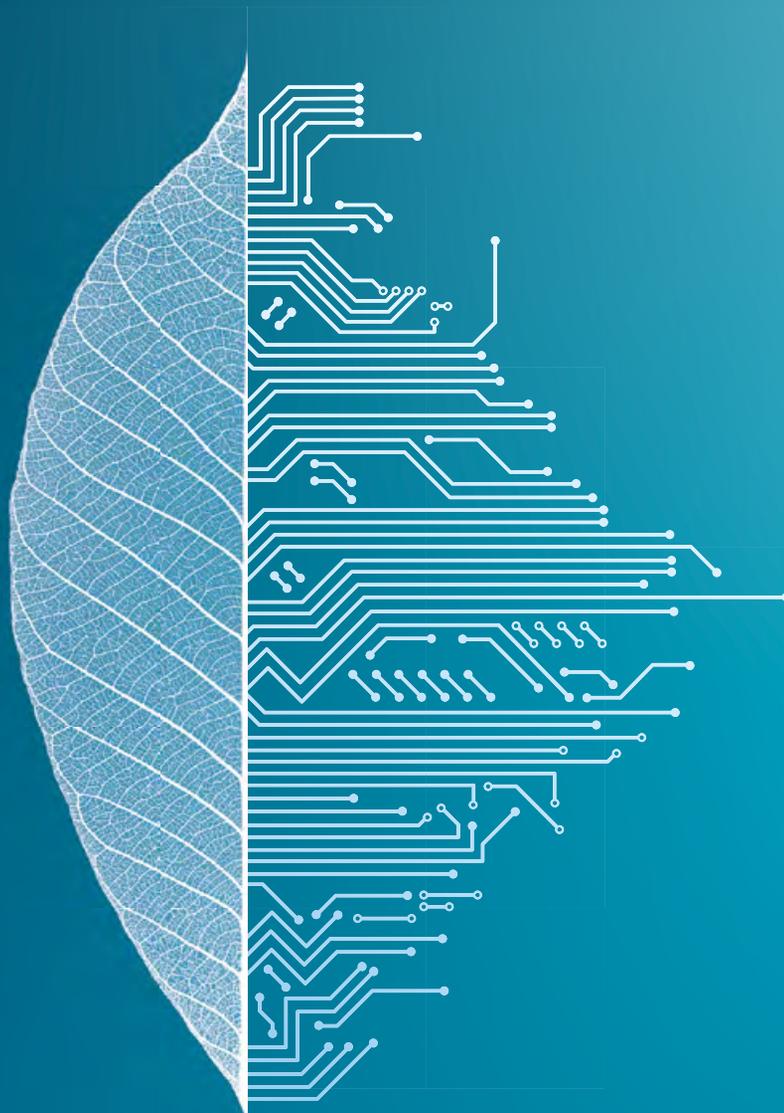
Hier keimt Hoffnung

Neue Chancen im
Kampf gegen Bakterien

Dr. Winterberg
und Dr. Dahlmann (r.),
Fraunhofer ITEM

Zukunftspreis 2024 an Fraunhofer
Bundespräsident Steinmeier verleiht
wichtigste Auszeichnung für Innovation

»Wir schaffen mehr!«
Ministerpräsident
Stephan Weil im Interview



TRANSFER für unsere
ZUKUNFT
2025

Editorial

Vom Wissen zur Wertschöpfung

Von Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka

Wir leben in volatilen Zeiten. So stehen wir am Ende eines spannungsreichen 2024 und haben das neue Jahr im Blick. Unser Fraunhofer-Motto für 2025 heißt: Transfer für unsere Zukunft. Für einen erfolgreichen Weg in unsere Zukunft wird es nicht genügen, das Bewährte und Betagte in Deutschland und Europa zu bewahren. Um uns zukunftsorientiert aufzustellen, müssen wir mehr denn je auf Innovationen setzen. Wir bei Fraunhofer wollen und werden unseren Beitrag dazu leisten, diese – ganz gemäß unserer Mission – gemeinsam mit Unternehmen zu entwickeln und in die breite Anwendung zu überführen.

Wie immer, wenn die Lage schwieriger wird, gilt es, sich auf seine Stärken zu fokussieren, die Kräfte zu bündeln und gezielt einzusetzen. So ist das für Deutschland und Europa nach dem Ausgang der Wahl in den USA. So ist das auch für Fraunhofer. Um uns auch künftig agil und handlungsfähig im weltweiten Wettbewerb positionieren zu können, müssen wir uns auf unser Kerngeschäft fokussieren. Unser Modell mit seiner ausgewogenen Zusammensetzung aus Wirtschaftserträgen, im Wettbewerb eingeworbenen öffentlichen Erträgen und Grundfinanzierung bildet dabei die Basis für unseren Erfolg, denn es garantiert die konsequente Marktorientierung unserer Forschung. Ideen, Anwendungen, Entwicklungen, Techniken in die Welt zu tragen: Das ist unser Auftrag.

Während sich die politische Debatte über Transfer viel zu häufig auf Start-ups fokussiert, verstehen wir bei Fraunhofer Transfer sehr viel breiter. Die Auftragsforschung ist nicht nur für uns, sie ist für unsere ganze Gesellschaft einer der wichtigsten Innovationsmotoren für Wertschöpfung, für Arbeitsplätze und auch für »Made in Germany«. Da entstehen ganz neue, ganz eigene Chancen. Theorie? Nein. Das ist durchaus praktisch. Nehmen wir das Beispiel der generativen KI. Künstliche Intelligenz wird Türen aufstoßen in eine neue Welt, die wir in allen Lebenssituationen erleben werden – und selbstverständlich in allen Wirtschaftsbereichen, ob in Materialforschung und Maschinenbau, ob in Energie und Mobilität. Und was geschieht? Deutschland wirkt mutlos, wenn es auf die großen US-Konzerne, deren Marktpotenziale und deren Marktmacht blickt.



Prof. Dr.-Ing.
Holger Hanselka

Dabei wird unsere Stärke genau das sein, was Google nicht kann. Größer ist eben nicht immer gleichzusetzen mit besser. Kleiner kann auch heißen: effizienter, energiesparender, kostensparender. Wenn wir es schaffen, unseren Mittelstand dazu zu befähigen, in die generative KI-Revolution einzusteigen und Geschäftsmodelle mit internationaler Strahlkraft zu entwickeln, können wir unser europäisches Wertesystem auch als Standard etablieren. Unser Anspruch bei Fraunhofer ist es, eigene Kompetenzen aufzubauen und damit als Innovationspartner unserem Mittelstand zur Seite zu stehen. Unser Angebot von Fraunhofer ist, anwendungsorientiert kundenspezifische und geschützte Communitys zu schaffen. Wir bei Fraunhofer haben gelernt: Unsere Wirtschaftspartner wollen die eigene Hoheit behalten. Sie wissen: Je schwieriger die Gemengelage zwischen Amerika und Asien für uns in Europa wird, desto wertvoller wird es sein, der Sicherheit seiner Daten vertrauen zu können.

Wenn wir beim Vertrauen sind: Gestatten Sie mir rund um Weihnachten und den Start in ein neues Jahr noch eine persönliche Bemerkung. Bei allen Unzufriedenheiten, die von interessierter Seite gerade in einem Wahljahr geschürt werden: Verlieren wir nicht den Blick auf unsere Stärken. Nutzen wir die Chancen, die sich uns bieten.

Vertrauen wir in unsere Zukunft.

Ihr

Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka
Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft

Inhalt



38 Multiresistente Keime Winzige Gegner, große Gefahr

Das Infektionsrisiko senken:
Dr. Belinda Loh vom Fraunhofer
IZI setzt auf Phagen.



22 »Wir benötigen einen aktiven Staat«

Stephan Weil, SPD-
Politiker und Minister-
präsident in Niedersach-
sen, über die Stärkung
von Wirtschaft und
Forschung.

03 Editorial

06 Kurz gemeldet

09 Impressum

20 Süße Versuchung

Labor-Leckerei: Proteine als
gesunde Zucker-Alternative

22 »Wir schaffen mehr!«

Kurskorrekturen auf dem Weg ins
neue Zeitalter: Ein Interview mit
Ministerpräsident Stephan Weil



10 Nachhaltigkeit Beton der Zukunft

Am Fraunhofer IBP sucht Mineraloge
Dr. Sebastian Dittrich nach neuen
Baustoff-Rezepturen.

10 Auf Wissen bauen

Pilze in der Hauswand statt Zement und Ziegel?
Innovative Wege zu mehr Umweltverträglichkeit
am Bau

68 Foto & Fraunhofer

Mit Künstlicher Intelligenz die Wälder bewahren:
Eine Analysesoftware erleichtert die Kontrolle
des Holzhandels

70 Wasserstoff trifft Wärmepumpe

Sektoren klug miteinander verbinden: So lassen
sich die Nebenprodukte der Elektrolyse für die
Energiewende nutzen

74 Das (ver-)packen wir!

Weniger Müll dank nachhaltiger Hüllen aus
Pilzen, Algen, Ölen oder Milchsäure

27 »Lust auf Zukunft!«

Digitales Licht (nicht nur) fürs Auto – Fraunhofer gewinnt mit ams OSRAM den Deutschen Zukunftspreis

28 Freude am Fahrzeug

Konzepte und Technologien, um die deutsche Automobilindustrie wieder in die Pole-Position zu bringen

36 Kontrollierter Knall

Mehr Sicherheit am Steuer – durch den weltweit ersten Crashtest mit Röntgenstrahlung

38 Kampf gegen die Zeit

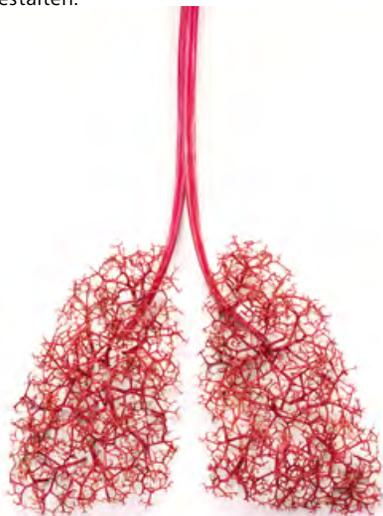
Forschung kann Leben retten: Die Welt braucht dringend neue Waffen gegen multiresistente Erreger

48 Stille Nacht, heile Nacht

Ein innovativer Bodyscanner macht Messer unter dem Wintermantel sichtbar

56 Aufatmen

Künstliche Mikrosysteme können die Arzneimittel-Forschung tierfreundlicher gestalten.



48 Sichere Weihnacht überall

Das Fraunhofer FHR hat einen Bodyscanner für große Menschenmengen entwickelt.

50 Aus Kulturgut wird Gigabyte

Das Fraunhofer-Spin-off Verus Digital unterstützt Museen bei der Digitalisierung

52 Stimme aus der Wirtschaft

Marie-Christine Ostermann, Präsidentin des Verbandes »Die Familienunternehmer e.V.«

54 Sichere Sache

Das Fraunhofer IPA will durch ein neuartiges Verfahren die Kosten der Krebstherapie senken

56 Modell satt Maus

Organe aus Kunststoff sollen die Zahl der Tierversuche deutlich reduzieren

58 Wenn KI die Verträge verhandelt

Was gilt juristisch, wenn eine Künstliche Intelligenz geschäftliche Abmachungen unterschreibt?

62 Wie kann KI nachhaltig werden?

Der Energiehunger der Künstlichen Intelligenz hängt auch von der Datenqualität ab



74 Ganz schön geschützt

Warum Verpacken wichtig ist – und wie es besser geht.

66 Mit Fingerspitzengefühl

Intelligente Prothesen können Betroffenen ein neues Körpergefühl schenken

72 Fraunhofer international**79 Fraunhofer vor Ort**

Bis zu 50 Prozent der Therapien mit Antibiotika werden nicht adäquat durchgeführt, zeigen internationale Studien. Die Arzneimittel werden beispielsweise in ungeeigneter Dosierung oder Behandlungsdauer verschrieben – eine Hauptursache für die Bildung von Resistenzen.

50%

Kurz gemeldet



Die Erdbeerernte im Freiland war im Jahr 2024 um rund ein Viertel geringer als im bereits schlechten Vorjahr.

Regionale Erdbeeren auch im Winter

An einer KI-gesteuerten ganzjährigen Indoor-Produktion von Beerenfrüchten arbeitet ein Forschungsteam am Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT im Projekt inBerry. Dafür nutzen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Indoor Vertical Farming, eine ressourceneffiziente, platzsparende und regionale Anbaumethode direkt am Ort des Bedarfs. Bisher wurde Indoor Vertical Farming hauptsächlich für den Anbau von Salaten und Kräutern eingesetzt. Das Produktionsspektrum soll nun im Rahmen von inBerry erweitert werden. »In Zusammenarbeit mit der auf die datenbasierte und KI-gesteuerte Produktion von Erdbeeren spezialisierten vGreens Holding GmbH arbeiten wir an einer Produktionsmethode für Beerenfrüchte, die durch den Einsatz von optischen Sensortechnologien für die Qualitätsbestimmung noch einmal auf ein höheres Level gehoben wird«, erklärt Volkmar Keuter vom Fraunhofer UMSICHT.

Bei Erdbeeren und anderen Beerenfrüchten sind die Erntemengen seit Jahren rückläufig – unter anderem eine Folge der zunehmenden Starkwetterereignisse, die im Geschäft mit Früchten und Beeren deutlich spürbar sind. Daher sind hier alternative Indoor-Kultivierungssysteme besonders gefragt. ■

Nachhaltig verpacken mit Schilf

Sind Moorpflanzen ein guter Rohstoff für biobasierte Verpackungen? Dieser Frage ging ein Forschungsteam am Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV nach. Im Projekt PALUDI untersuchten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler das Potenzial von Schilf, Seggen oder Rohrglanzgras und erprobten entsprechende Herstellungsverfahren. Im Vergleich zu Holz zeichnen sich Moorpflanzen durch einen niedrigeren Ligningehalt aus, wodurch beim Aufschluss der Pflanzenfasern weniger Chemikalien eingesetzt werden müssen. In weiteren Tests zeigte sich, dass die hergestellten Papiere über eine gute Verarbeitbarkeit verfügen. Durch die Zugabe von Additiven wie Stärke und Leimungsmittel konnten die Zugfestigkeit und Dehnbarkeit sowie die wasserabweisenden Eigenschaften der Papiere noch gesteigert werden. Darüber hinaus erwiesen sich die hergestellten Papiere für Verarbeitungsprozesse wie Falzen, Kleben und Bedrucken als geeignet. Mittels Faserguss- und

Tiefziehverfahren konnten die Forschenden aus Schilfrohrfasern stabile Papiertiegel und Schalen herstellen. Für die Produktion der Packmitteldemonstratoren hat das Team eigens eine Laboranlage entwickelt. ■

Pflanzen aus wiedervernässten Mooren sind eine gute Alternative zu Holz, das heute zu rund 80 Prozent importiert wird.





Wie oft taucht ein berühmter Kopf im TV-Programm auf? Eine KI-basierte Software liefert schnell Ergebnisse.

Medienpräsenz messbar machen

Gesichter und Stimmen in großen Medienarchiven und Datenbanken identifiziert die KI-basierte Software »InsightPersona«, die am Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie IDMT entwickelt wurde. In Sekundenschnelle liefert sie Auswertungen zur Präsenz von Personen, Personengruppen und Gesprächsinhalten. So kann man beispielsweise schnell ermitteln, wie stark Frauen in bestimmten Fernsehsendungen vertreten sind oder wie hoch ihr Redeanteil ist. Auch können nahezu in Echtzeit Nachrichtenbeiträge mit Audio- und Videoausschnitten passender Personen zusammengestellt werden. Die Ergebnisse der Suchaufträge lassen sich kundenindividuell visualisieren.

»Die Kombination aus audiobasierten und visuellen Erkennungstechnologien ermöglicht uns eine hohe Aussagekraft und Qualität der Suchergebnisse. Das ist besonders dann hilfreich, wenn sich die gewonnenen Informationen gegenseitig ergänzen, beispielsweise wenn Personen in einem Medienbeitrag sprechen, aber gerade nicht im Bild gezeigt werden«, erläutert Uwe Kühhirt, Experte für Videoanalyse am Fraunhofer IDMT. Zudem kann die Anzeige von Sprachverständlichkeit einen Beitrag zur Barrierefreiheit von Medieninhalten liefern. Mediatheken, Streaming-Dienste oder Kommunikationsdienstleister könnten ihren Kunden damit Mehrwerte bieten, zum Beispiel durch das Angebot einer alternativen Tonspur mit optimierter Verständlichkeit. ■

Sparsames Lawinen-Tracking

Mit Passivradar wollen Forschende des Fraunhofer-Instituts für Hochfrequenzphysik und Radartechnik FHR selbst in entlegenen Regionen erkennen, ob Lawinen nach kontrollierten Sprengungen tatsächlich ausgelöst wurden. Bislang geschieht dies vom Hub-schrauber aus, über Drähte, die beim Lawinenabgang reißen, oder mit aktiver Radartechnologie, bei der elektromagnetische Energie von Objekten reflektiert und zurückgelenkt wird.

Passivradar hingegen sendet nicht aktiv Strahlen aus, sondern nutzt Rundfunk- oder Mobilfunk-Signale. Da sie dafür weder Sendeantenne noch Übertragungslizenzen benötigt, ist die Technologie günstiger und auch stromsparend. Das Fraunhofer-Team setzt auf die Signale der Mega-Satellitenkonstellationen OneWeb oder Starlink, die durch ihre Vielzahl eine kontinuierliche Radarabbildung der Erdoberfläche ermöglichen: Sobald ein Satellit am Horizont verschwindet, taucht ein neuer auf.

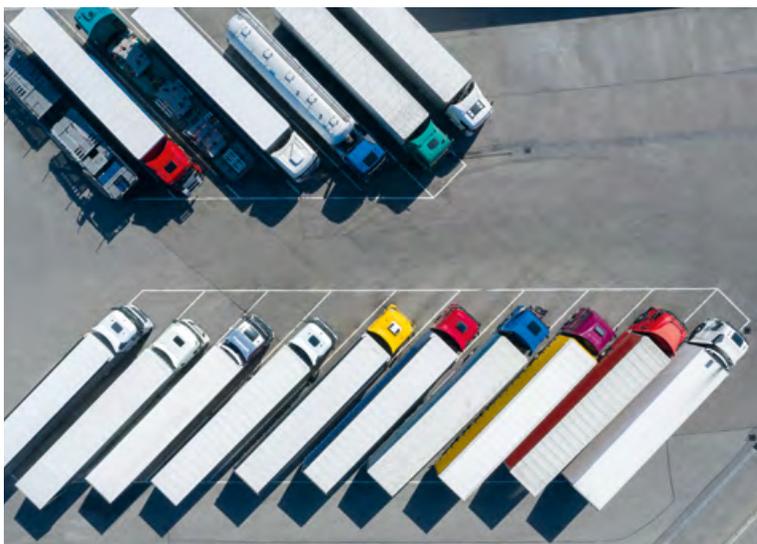
Getestet wurde die Idee in einer ehemaligen Basaltmine nahe Remagen, in der »Erdlawinen« entstehen, sobald ein Bagger seine Ladung in ein Loch schütet. Das Ergebnis: Passives Radar mit Signalen aus Mega-Satellitenkonstellationen ist geeignet, um Lawinenabgänge verlässlich zu bestätigen. ■



Lawinen können mit einer Geschwindigkeit von bis zu 300 Kilometern pro Stunde Berghänge hinabrutschen.

Parkplatz finden mit KI

Bundesweit fehlen entlang der Autobahnen rund 40 000 Lkw-Stellplätze.



Die Stellplatzsuche für Lkw-Fahrer und -Fahrerinnen erleichtern will eine innovative KI-gestützte Prognostik des Fraunhofer-Instituts für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut, HHI.

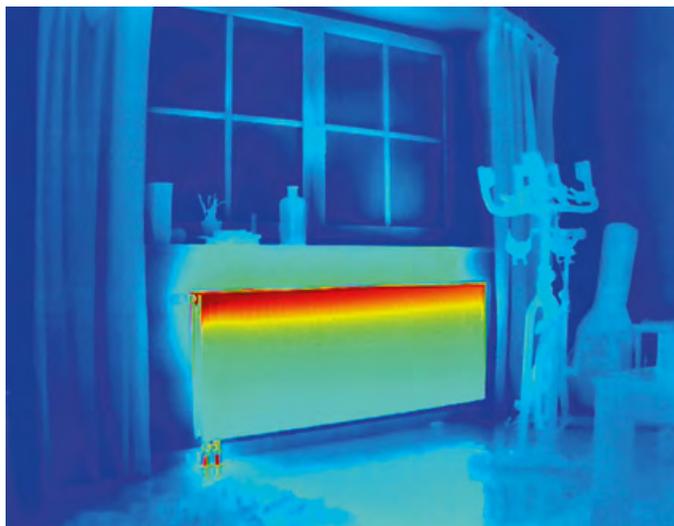
Die im Projekt SOLP entwickelte Lösung soll dabei helfen, vorhandene Parkflächen effizienter zu belegen, um so Unfälle zu vermeiden und den Verkehrsfluss auf den Autobahnen zu verbessern.

Das System liefert nach dem Ampel-Prinzip Informationen zu freien Parkflächen. In Rot (volle Rastanlage), Gelb (geduldeter Stellplatz) oder Grün (freie Rastanlage) zeigt das KI-gestützte digitale Vorschlagssystem in einer App oder einer On-Board-Unit den Fahrerinnen und Fahrern die Auslastung der Parkplätze entlang ihrer Route an. Die Prognose erfolgt im 15-Minuten-Takt für die nächsten zwei Stunden. Trainiert wird die KI mit Informationen über die Lage und Ausstattung von Parkplätzen innerhalb des Autobahnnetzes, über Verkehrsflussdaten aus Zählschleifen sowie Telematik- und Parkplatzbelegungsdaten. Für die Prognose werden dann die aktuellen Informationen analysiert und in Echtzeit mit den Fahrtrouten der Lkw-Fahrenden verknüpft. ■

Ein Agent für die Wärmewende

Wie gelingt die Wärmewende in unseren Kommunen? Ob in der Freiburger Altstadt, in Kassel oder in Berlin-Prenzlauer Berg – in puncto Heizen ist Deutschland ein Sanierungsfall. Um die Energiewende im Land voranzubringen, nutzt das Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE »Urban Twins« – Digitale Zwillinge für die Stadtplanung und energetische Optimierung.

»Wir verwenden vorliegende Geo-Daten, Statistiken, Gesetze, Verordnungen und Erhebungen«, erläutert Projektleiterin Helen Ganal vom Fraunhofer IEE. Am Ende dieses Prozesses entsteht »AgentHomeID« – ein Hilfsmittel für Planungsprozesse, das die Nah- und Fernwärmeversorgung darstellt. Bereits ganze Stadtviertel wurden am Institut durchgerechnet. Die Modelle des Fraunhofer IEE ermöglichen es, Emissionen und bestehende Heiztechnologien zu berücksichtigen und gezielte Optimierungsvorschläge zu entwickeln. Ziel ist es, Bauherren, Sanierer und Investoren dabei zu unterstützen, langfristig sinnvolle Entscheidungen zu treffen. ■



»AgentHomeID« hilft bei Investitionsentscheidungen in die Wärmeversorgung. ■

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:

Monika Landgraf (V.i.S.d.P.),
Josef Oskar Seitz (Chefredaktion),
Dr. Sonja Endres, Beate Strobel

Redaktionelle Mitarbeit:

Dr. Janine van Ackeren, Mandy Bartel,
Patrick Dieckhoff, Sirka Henning,
Andrea Kaufmann, Laura Rottenstei-
ner-Wick, Kathrin Schwarze-Reiter,
Mehmet Toprak, Yvonne Weiß

Layout + Litho:

Vierthaler & Braun

Titelbild und Fotografie

der Titelstrecke: Jonas Ratermann

Fotografie BAU: Marko Priske

Druck:

Kolibri Druck, Nürnberg

© Fraunhofer-Gesellschaft e.V.
München 2024

Fraunhofer in Social Media:

@Fraunhofer



www.facebook.com/
fraunhoferde



www.instagram.com/
fraunhofergesellschaft



www.linkedin.com/company/
fraunhofer-gesellschaft



www.youtube.com/
fraunhofer



Wenn Wärme durch
das Dach entweicht,
bilden sich Eiszapfen.

Kleiner Beitrag – große Wirkung

Wie lassen sich Heizungen optimal an die Gebäude,
in denen sie betrieben werden, anpassen? Forschende
am Fraunhofer IIS haben eine Idee.

Winterkälte treibt manchem den Schweiß auf die Stirn. Den Grund rechnet Dr. Andreas Wilde vor: »Durch ineffizientes Heizen können in einem durchschnittlichen Einfamilienhaus Nacht für Nacht unnötige Mehrkosten von bis zu 30 Prozent entstehen.« Der Chief Scientist am Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS will Hausbesitzerinnen und Mietern helfen, Geld zu sparen. Sein Projekt heißt: SHANGO.

Dafür hat sich der promovierte Physiker göttlichen Beistand geholt: »SHANGO bezieht sich auf den Gott Shango, zuständig für Donner, Blitz und Feuer. Und der Name SHANGO geht deutlich leichter ins Ohr als Smarte HeizungsANlaGenOptimierung«, sagt Wilde mit einem Augenzwinkern.

Durch ein optimiertes Heizungsmanagement ließen sich die Energiekosten bis zu einem Drittel verringern, verspricht der Forscher. Um die Betriebsdaten zu ana-

lysierten und Potenziale für eine Optimierung zu erkennen, setzt SHANGO Künstliche Intelligenz (KI) und maschinelles Lernen ein. Am Institutsstandort in Dresden wurde ein Versuchsstand aufgebaut, an dem die gängigsten Bedienfehler simuliert werden, um Lösungen für Nutzende zu entwickeln. Auch Montagefehler und unentdeckter Verschleiß können die Effizienz der Heizung reduzieren.

Sparsamkeit ist für Wilde nicht nur bei den Heizkosten wichtig: »Wir beschäftigen uns nur mit den Mess- und Einstellmöglichkeiten, die ohnehin an der Heizung vorhanden sind. An den Geräten muss nichts zusätzlich installiert werden.« Trotz dieser Bodenständigkeit behält Wilde auch sein Fernziel im Blick: Gebäude sollen zukünftig nicht nur Energie verbrauchen, sondern zusätzlich zur Energiespeicherung genutzt werden, um so wenigstens teilweise die Schwankungen von Wind- und Sonnenstrom auszugleichen. ■

Auf WIS SEN b auen



Nachhaltigkeit

Pilzmyzel als Baustoff, umweltverträglicher Beton und smarte Recyclinglösungen ebnen den Weg zur Klimaneutralität.

Von Kathrin Schwarze-Reiter;
Fotograf: Marko Priske

Kleben mit Pilzmyzel: Dr. Henrik-Alexander Christ (l.) und Dr. Steffen Sydow forschen am Fraunhofer WKI zu neuartigen Bau- und Dämmstoffen.

Es gibt da die Geschichte von den drei kleinen Schweinchen, die sich jedes ein Häuschen bauen wollten. Das erste Schweinchen war etwas faul und baute sein Haus aus Stroh, das zweite war etwas fleißiger und verwendete Holz. Das dritte Schweinchen jedoch machte sich die Mühe, Stein auf Stein zu setzen. Nahezu jeder kennt dieses englische Volksmärchen aus dem 19. Jahrhundert und weiß, dass der böse Wolf schließlich das Stroh- und Holzhäuschen wegblies: »Then I`ll huff and I`ll puff and I`ll blow your house down«, rief er dabei. Nur beim Steinhaus hatte der Wolf keine Chance und landete im brennenden Kamin. Von da an lebten die drei Schweinchen glücklich und sicher in Haus Nummer 3.

Was diese Geschichte hier zu suchen hat? Klar, man lernt, dass sich ein wenig Mühe beim Bauen lohnt – und dass Stein eben ein sehr verlässliches Baumaterial ist. Das wissen die Deutschen seit Generationen: Von den mehr als 19 Millionen Wohngebäuden in Deutschland besteht der überwiegende Teil aus Naturstein, Ziegel oder Beton. Die Tradition reicht zurück bis in die Antike, boten die festen Mauern doch Schutz vor Stürmen, Feuer und Eindringlingen. Auch heute setzen die Deutschen auf Beständigkeit und Langlebigkeit. Stein ist außerdem natürlich wärmedämmend und reduziert so den Energieverbrauch.

Doch Stein hat auch seine Schattenseiten. Sowohl Naturstein als auch Zement bergen manchmal umwelt- und zum Teil sogar gesundheitsschädliche Stoffe. So können wasserlösliche Chromate im Zement Allergien auslösen.

als gesundheitsschädlich gilt und das Lungenkrebsrisiko erhöht. Naturstein wird zudem oft mit Chemikalien behandelt, etwa zum Polieren oder zum Schutz vor Witterungseinflüssen. Diese Versiegelungen und Oberflächenbehandlungen setzen mitunter flüchtige organische Verbindungen frei, die in geschlossenen Räumen die Luftqualität belasten können.

Klimaneutrales Bauen – eine Mammutaufgabe

Die Bundesregierung hat im neuen Klimaschutzgesetz beschlossen, den gesamten Gebäudebestand in Deutschland bis 2045 klimaneutral zu machen – ein Vorhaben von gewaltigem Ausmaß, aber auch mit enormen Chancen für die Zukunftsfähigkeit der deutschen Industrie. Bisher verursachen Bau und Nutzung von Gebäuden rund 30 Prozent der CO₂-Emissionen. Die Baubranche steht vor der Herausforderung, den Prozess vom Materialeinsatz bis zur Entsorgung zu überdenken und umzustellen.

Die Erfüllung der Klimaziele erfordert also eine fundamentale Veränderung, die so komplex ist wie das Bauen selbst. Auf dem Weg zur Klimaneutralität sind nachhaltige Baustoffe und intelligente Recyclingkonzepte zwei Säulen, die die Branche revolutionieren könnten. Zahlreiche Fraunhofer-Institute forschen an diesen Schlüsseltechnologien, die im Zusammenspiel eine klimaneutrale Bauwelt ermöglichen. Die Fraunhofer-Institute bieten Lösungen für die gesamte Wertschöpfungskette des Bauens – vom Rohstoff bis zum Endprodukt, vom Neubau bis zur Sanierung.



»Pilze haben beeindruckende Fähigkeiten, die man sich biotechnologisch zunutze machen kann.«

Lina Vieres, Fraunhofer UMSICHT

Zement ist außerdem stark alkalisch, was Haut und Schleimhäute reizen kann. Manche Natursteine wie Granit enthalten radioaktive Stoffe wie Uran, Thorium und Radium, die bei hoher Aktivitätskonzentration geringe Mengen an Radon freisetzen – ein radioaktives Gas, das

»Konventionelle Bauprodukte brauchen sehr viel Energie im Herstellungsprozess und werden oft aus Erdöl hergestellt, das aber endlich ist«, sagt Dr. Henrik-Alexander Christ vom Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut, WKI. »Auch die Entsorgung ►



Superkräfte der Pilze: Lina Vieres drückt am Fraunhofer UMSICHT Schallabsorber, die durch Pilze leichter und umweltfreundlicher werden.



Wertvolle Asche:
Dr. Sebastian
Dittrich und sein
Team am Fraun-
hofer IBP nutzen
Asche und
Schlacke, um
Beton weniger
ressourcenintensiv
zu machen.

oder das Recycling dieser Produkte ist schwierig. Oft bleibt nur die Verbrennung als letzte Station – doch auch hier werden große Mengen an CO₂ freigesetzt.« Experimentelle nachhaltige Baumaterialien stellen eine vielversprechende Antwort auf die ökologischen Herausforderungen der Baubranche dar. Diese innovativen Materialien zielen darauf ab, CO₂-Emissionen zu reduzieren, Ressourcen zu schonen und Abfall zu minimieren.

Die Superkräfte der Pilze

Bei Pilzen in den Wänden denken die meisten bisher nur an unansehnliche und gesundheitsschädliche Schimmelflecken. Christ und sein Kollege Dr. Steffen Sydow

dämmplatte. »Pilze haben beeindruckende Fähigkeiten, die man sich biotechnologisch zunutze machen kann«, ist Lina Vieres überzeugt, wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Abteilung Produktentwicklung am Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT. Vor fünf Jahren begann sie zusammen mit Biodesignerin Julia Krayer an Pilzwerkstoffen zu forschen – schließlich bilden die Lebewesen fantastische Formen, die extrem stabil werden können.

Im Projekt FungiFactoring impften sie in Kooperation mit einem Team des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik IBP eine Paste aus Reststoffen, die von einem Pilz durchwachsen wird. In ihrem Pilzlabor verarbeiteten die Forscherinnen und Forscher die Masse mit einem Kera-

»Kalkstein wird bei hohen Temperaturen gebrannt. Das benötigt viel Energie, verbraucht fossile Brennstoffe wie Kohle oder Erdgas und setzt chemisch gebundenes CO₂ frei.«

Dr. Sebastian Dittrich, Fraunhofer IBP



wollen das ändern. Sie forschen an Pilzmyzel, das sie als biobasierten Klebstoff für heißgepresste Bau- und Dämmstoffe nutzen wollen. Pilzmyzel besteht aus feinen langgestreckten Zellen, die ein komplexes dreidimensionales Netzwerk ausbilden. Dieses durchdringt die verwendeten Substrate – zum Beispiel Hanfschäben, Holzspäne oder andere Pflanzenfasern – und verwandelt sie in Verbundmaterialien mit guten technischen Eigenschaften. »Das Myzel ist sozusagen der biologisch gewachsene Klebstoff und damit eine Alternative zu herkömmlichen erdölbasierten Produkten«, sagt Henrik-Alexander Christ. Um die natürlichen Bindungskräfte der Pilze zu intensivieren, wird das Myzel in Heißpressen inaktiviert sowie das Material verstärkt und getrocknet.

Aber auch darüber hinaus haben Pilze wahre Superkräfte, wenn es ums Bauen geht: Ihr Myzel ist oft leichter als viele traditionelle Baustoffe, es ist extrem anpassungsfähig und kann flexibel in Form gebracht werden. Außerdem zeichnet es sich durch eine hohe Druckfestigkeit aus und wirkt thermisch und akustisch isolierend. In Versuchen war es ähnlich wärmeleitend wie eine Holzfaser-

mik-3D-Drucker zu Schallabsorbern. Sägespäne, Treber aus der Bierproduktion oder Stroh – also pflanzliche Reststoffe – sind der Nährboden für die Pilzzucht. In einem Inkubationsschrank wächst dann das Pilzmyzel und härtet das gedruckte Objekt, bis es steinhart ist. »Nicht alle Pilze eignen sich dazu – es sind vor allem holzabbauende Pilze wie der Lackporling und der Zunderschwamm.«

Um sich dieses Wissen anzueignen, beschäftigte sich Lina Vieres intensiv mit den Schirmlingen, nächstes Jahr macht sie eine Weiterbildung zur Fachberaterin für Mykologie. »Mein Freundeskreis wundert sich nicht mehr, wenn ich ins Gebüsch krieche und nach spannenden Pilzen suche«, sagt die Forscherin. Sie ist sich sicher: »Die Superkräfte der Pilze kann man viel weitreichender einsetzen als bisher.«

Die Beton-Verwandlung

Trotz aller Vorzüge: Einen wichtigen Baustoff kann Pilzmyzel nicht vollständig ersetzen – Beton. Seine hohe Stabilität und Druckfestigkeit, die für tragende ►

Strukturen notwendig sind, aber auch seine Langlebigkeit und Feuerfestigkeit sind von anderen Materialien bisher unerreicht. Das Problem: Beton ist nicht besonders umweltverträglich – hauptsächlich aufgrund der CO₂-intensiven Zementproduktion, die für etwa acht Prozent der weltweiten Treibhausgasemissionen verantwortlich ist. »Kalkstein wird bei hohen Temperaturen gebrannt«, sagt Mineraloge Dr. Sebastian Dittrich, Gruppenleiter Aufbereitung und Verwertung am Fraunhofer IBP. »Das benötigt viel Energie, verbraucht fossile Brennstoffe wie Kohle oder Erdgas und setzt chemisch gebundenes CO₂ frei.« Außerdem verschlingt die Betonproduktion große Mengen an Sand, Kies und Kalkstein, deren Abbau

an einem riesigen Webstuhl verwebt und in Beton als Verstärkung genutzt. Denkbar sind Bodenplatten in Gebäuden oder der Einsatz im Straßenbau. »Die herkömmliche Stahlbewehrung im Beton kann korrodieren, Flachs nicht«, nennt Haxter nur einen Vorteil. Mehr noch: Die biobasierte Variante der Bewehrung ist leicht, stabil und belastbar, was sie zu einem idealen Baustoff für langlebige und gleichzeitig nachhaltige Bauprojekte macht.

An einer neuen Rezeptur für Beton arbeiten Dr. Sebastian Dittrich und sein Team am Fraunhofer IBP im Verbundprojekt BAUSEP. Dafür nutzen sie sekundäre Rohstoffe wie Asche aus Hausmüllverbrennungsanlagen und Schlacken aus Stahlwerken. Die besonderen Produkte



»Ein wirklich spannendes Material, doch nur 26 Prozent des Baumaterials und 56 Prozent des Styropors, das für Verpackungen verwendet wird, werden in Österreich recycelt.«

Dr. Patrick Taschner, Fraunhofer Austria

natürliche Ökosysteme belastet und die Biodiversität gefährdet: Bäume werden gefällt, Flüsse verschmutzt, Lebensräume von Tieren zerstört.

Daher arbeiten verschiedene Fraunhofer-Institute an nachhaltigeren Varianten, indem sie die Inhaltsstoffe im Beton ersetzen. Auf Bakterien liegt die Hoffnung der Forschenden an den Fraunhofer-Instituten für Keramische Technologien und Systeme IKTS und für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP. Sie arbeiten an einem biogenen Baumaterial als Beton-Ersatz, das auf Cyanobakterien basiert. Die Kleinstlebewesen vermehren sich in einer Nährlösung und nutzen Fotosynthese, um Zusatzstoffe wie Sand oder Basalt in feste Strukturen zu binden, die an Gestein erinnern. Dabei entsteht im Gegensatz zur herkömmlichen Betonherstellung kein klimaschädliches CO₂ – stattdessen wird das Klimagas sogar im Material gebunden.

Christina Haxter vom Fraunhofer WKI setzt indes auf Gewebes: Naturfasergarn aus Flachs – einem in Deutschland wohlbekanntes Material – wird im Fraunhofer WKI

genenschaften des Betons bleiben trotz veränderter Inhaltsstoffe erhalten.

Die Asche wird mittels Ultraschallwäsche gereinigt, um Anhaftungen zu lösen, Glas wird aussortiert. Die neuen Rezepturen ermöglichen es, den Anteil von Primärrohstoffen zu reduzieren. »Der entwickelte Ansatz kann dazu beitragen, den Ressourcenverbrauch in der Baubranche deutlich zu reduzieren«, sagt Dittrich. Noch steckt das Projekt in der Versuchsphase – 150 Quadratmeter Pflastersteine hat das Team bereits hergestellt. »Wir sind überzeugt, dass der neue Beton sowohl in den Straßenbau als auch in den Hoch- und Tiefbau übertragen werden kann.«

Kreislaufwirtschaft und Recycling – Nachhaltigkeit durch Wiederverwertung

Nicht nur industrielle Abfallstoffe, auch mineralische Bau- und Abbruchabfälle lassen sich im Neubau wiederverwerten. Jährlich fallen in Deutschland rund 220,6 ▶

Styropor wegwerfen?
Von wegen! Dr. Patrick
Taschner von Fraunhofer
Austria sammelt, reinigt
und recycelt alten
Styropor zu neuen
Dämmplatten.



Millionen Tonnen an – das ist ein Großteil des gesamten Abfallaufkommens des Landes. Um natürliche Ressourcen zu schonen und weniger Energie zu verbrauchen, ist Wiederverwendung wichtig. Zahlreiche Projekte an verschiedenen Fraunhofer-Instituten beschäftigen sich mit dem Recycling in der Baubranche. So werden am Fraunhofer IBP Baustoffe aus recycelten Baumaterialien wie Beton, Ziegeln oder Asphalt hergestellt. Diese Sekundär-

reichweit altes Styropor effizient gesammelt, aufbereitet und wiederverwertet wird. Rund 5000 Sammelsäcke wurden schon mit QR-Codes versehen und an Partnerfirmen verteilt. Über eine App melden Bauunternehmen ganz einfach, wenn die Säcke voll und abholbereit sind. »Wir können das Styropor dann zerkleinern, reinigen und wieder in neue Dämmplatten einarbeiten.« 80 Prozent weniger CO₂ werden so ausgestoßen.

»Die Sanierung könnte um etwa 10 bis 15 Prozent schneller vonstattengehen, die graue Energie der Materialströme durch biobasierte Materialien und andere Ansätze auf die Hälfte reduziert werden.«

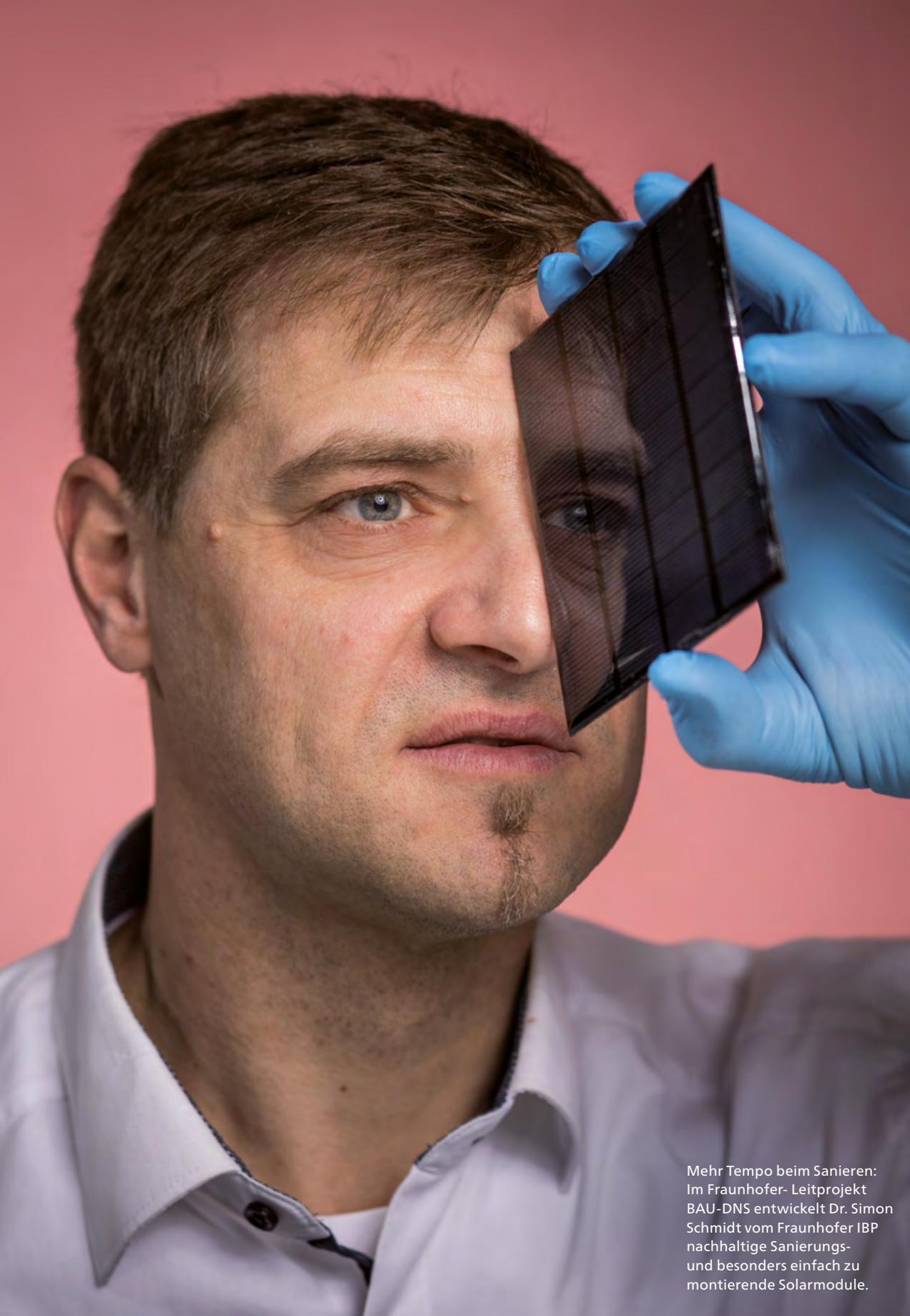
Dr. Simon Schmidt, Fraunhofer IBP



rohstoffe können anschließend im Hochbau wiederverwendet werden. Das reduziert den Abfall, mindert aber auch den Einsatz von Primärrohstoffen. So lässt sich der Lebenszyklus von Baustoffen verlängern. Im Projekt Bau-Cycle wird ein Verfahren zur Sortierung von Bauschutt entwickelt, das ihn in wertvolle Recyclate und Sekundärrohstoffe für den Bau unterteilt – ein Weg in die zirkuläre Bauwirtschaft.

Auch Styropor gehört zu den Bau- und Abbruchmaterialien, die massenweise anfallen und bisher meist einfach weggeworfen werden. Zur Dämmung wird es gerne und häufig genutzt. Expandiertes Polystyrol (EPS), wie Styropor fachlich korrekt bezeichnet wird, besteht zu 98 Prozent aus Luft und ist daher extrem isolierend. Außerdem benötigt es wenig Energie bei Herstellung und Transport. »Ein wirklich spannendes Material«, sagt Dr. Patrick Taschner von Fraunhofer Austria, »doch nur 26 Prozent des Baumaterials und 56 Prozent des Styropors, das für Verpackungen verwendet wird, werden in Österreich recycelt.« Taschner hat deshalb zusammen mit einem Konsortium des Forschungsprojekts EPSolutely, bestehend aus 13 Partnern, ein Konzept entwickelt, bei dem öster-

Wenn die Baubranche und der gesamte Baubestand bis zum Jahr 2045 klimaneutral sein sollen, muss auch bei Sanierungen umgedacht werden. »Die Prozesse sind oft langwierig und ressourcenintensiv«, erklärt Dr. Simon Schmidt, Abteilungsleiter Hygrothermik am Fraunhofer IBP. Das wollen Forschende aus sieben Fraunhofer-Instituten im Leitprojekt BAU-DNS ändern. Schmidt: »Die Sanierung könnte um etwa 10 bis 15 Prozent schneller vonstattengehen, die graue Energie der Materialströme durch biobasierte Materialien und andere Ansätze auf die Hälfte reduziert werden.« Mehr Tempo beim Sanieren wäre beispielsweise durch die systemische und funktionale Entwicklung nachhaltiger Sanierungsmodule möglich – ein Schwerpunkt von BAU-DNS. Die Module sollen industriell vorgefertigt und vor Ort zusammengebaut werden – so könnten Bauunternehmen auch dem Fachkräftemangel besser begegnen. Dr. Simon Schmidt weiß, wovon er spricht, denn er selbst kommt aus einer Handwerkerfamilie, hat Zimmerer gelernt. Als Bauingenieur fokussiert er sich nun auf die Bedürfnisse der Baufirmen, Nachhaltigkeit ist ihm besonders wichtig. »Nur so können wir die Baubranche in die Zukunft führen.« ■



»Nur so können wir die Bau-
branche in
die Zukunft
führen.«

Dr. Simon Schmidt,
Fraunhofer IBP

Mehr Tempo beim Sanieren:
Im Fraunhofer- Leitprojekt
BAU-DNS entwickelt Dr. Simon
Schmidt vom Fraunhofer IBP
nachhaltige Sanierungs-
und besonders einfach zu
montierende Solarmodule.

Süße Versuchung

Zucker schmeckt – und macht in großen Mengen krank. Eine gesunde Alternative entwickeln Forschende des Fraunhofer-Instituts für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME. Ihr Geheimnis: süße Proteine aus tropischen Pflanzen.

Von Yvonne Weiß

Ein Hut, ein Würfel, ein Kristall, getränkt in Wein, Kaffee, Tee. Zucker versüßt nicht nur einige Lebensmittel, sondern auch den Alltag. Mehr als 33 Kilo pro Kopf und Jahr konsumierten die Deutschen 2023, pro Tag rund 91 Gramm – und damit beinahe viermal so viel, wie von der Weltgesundheitsorganisation mit 25 Gramm empfohlen. Die möglichen Folgen: Adipositas, Diabetes Typ 2, Herz-Kreislauf-Erkrankungen.

An einer gesunden Alternative zum herkömmlichen Industriezucker forscht Dr. Stefan Rasche, Leiter der Abteilung Pflanzenbiotechnologie am Fraunhofer IME. Gemeinsam mit den Industriepartnern Candidum und metaX setzt Rasche im Projekt »Novel Sweets« auf Proteine, die in einigen tropischen Pflanzen vorkommen – und die von Natur aus süß schmecken. Deren Bauplan, die sogenannte Proteinsequenz, nutzen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler als Vorbild für ihren Zuckerersatz aus dem Labor.

»Die Proteine, die wir entwickeln, sind wie die natürliche Variante aus den Pflanzen extrem süß: bis zu 10 000 Mal süßer als Haushaltszucker«, erklärt Projektleiter Rasche. »Daher benötigen wir nur einen Bruchteil der Menge für unsere Lebensmittel. So können wir, abhängig vom Produkt, einen Großteil des ursprünglichen Zuckeranteils ersetzen – in manchen Fällen sogar komplett.« Das spare auch eine Menge Kalorien ein – bei gleichbleibender Süße und unverändertem Geschmack.

Natürliche Süße ohne Beigeschmack

Die Besonderheit im Vergleich zu bestehenden Süßstoffen: Die Proteine bieten mehr Möglichkeiten, etwa hinsichtlich ihrer Strukturveränderung. So lasse sich beispielsweise der Geschmack beeinflussen, erklärt Rasche: »Süßstoffe wie Stevia schmecken teilweise sehr speziell und sind daher abhängig vom individuellen Geschmacksempfinden. Hier möchten wir ansetzen – und Nebengeschmäcker in unserem Produkt idealerweise komplett entfernen.«

Laut dem Wissenschaftler sind die süß schmeckenden Proteine innerhalb ihrer Stoffgruppe zudem von Natur aus vergleichsweise prozessstabil. Sie ließen sich etwa kurzzeitig bis zu 80 Grad erhitzen, ohne dabei ihre Süße zu verlieren. Auch einem niedrigen pH-Wert hält die neue Zuckeralternative stand, so Rasche. Das sei entscheidend, damit die Proteine auch in Softdrinks wie Cola stabil – und somit süß – bleiben. »Faktoren wie Hitze und pH-Wert müssen wir neben dem Geschmackserlebnis unbedingt berücksichtigen und noch weiter verbessern, um später den Einsatzbereich unseres Produkts auszuweiten.« Mittels unterschiedlicher Modellierungs- und bioinformatischer Methoden testen die Forschenden im Labor, wie das Protein an die Süßrezeptoren im Mund andockt; so eruieren sie etwa, welche Faktoren Nebengeschmäcker verursachen und wie diese sich gezielt ausschalten lassen. Die Sequenz des Proteins passt das Team anschließend entsprechend an – und verkostet das Ergebnis.

Derzeit erproben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ein Kakaogetränk, das anstelle von Zucker anteilig das neue Ersatzprodukt enthält. Die süß schmeckenden Proteine mischen die Forschenden in Pulverform bei. Das Ergebnis? Geschmacklich überzeugt es laut Rasche bereits. Lediglich an der Süße feile das Team noch, da sie momentan noch minutenlang auf der Zunge spürbar sei. Weitere Lebensmittel wie Softdrinks sind ebenfalls in Planung.

In den USA gibt es bereits Getränke und Schokolade, die mit dem Protein Brazzein gesüßt sind. Allerdings wird hier laut Stefan Rasche die ursprüngliche Proteinsequenz, die sogenannte Wildtyp-Sequenz, verwendet, bei der das Geschmacksprofil noch nicht optimiert ist. Was seine Variante aus dem Labor betrifft, ist der Leiter der Abteilung Pflanzenbiotechnologie am Fraunhofer IME daher optimistisch: »Ich bin zuversichtlich, dass wir mit dem verbesserten Produkt auf dem Markt bestehen können – und so ein Stück weit dazu beitragen, den übermäßigen Zuckerkonsum und damit die Folgeerkrankungen zu reduzieren.« ■



Mehr als
33 kg
Zucker
pro Kopf
konsumierten
die Deutschen
2023.

Viele bunte Smarties:
Eine Zuckeralternative
könnte Deutschland
gesünder machen.

Interview

»Wir schaffen mehr!«

Automobilindustrie, Energie, Regierungskrise – ein schwieriges Jahr geht zu Ende. Ministerpräsident Stephan Weil ist über das Land Niedersachsen mit 20 Prozent an Volkswagen beteiligt und schmiedet mit Erfolg politische Koalitionen. Was können wir für 2025 lernen?

Interview: Josef Oskar Seitz

Seit 2013 regiert Stephan Weil Niedersachsen mit wechselnden Koalitionen. Vor dem 66. Geburtstag am 15. Dezember hat er schon angekündigt: Die dritte Amtszeit wird seine letzte sein.

_____ **Herr Ministerpräsident, kennen Sie den größten Golf-Platz der Welt?**

Nein, wirklich nicht.

_____ **Es ist – Wolfsburg! Aber mit alten Witzen aus der Generation Golf 1 wollen Sie wahrscheinlich nicht ankämpfen gegen etwas, was Sie als Standortnachteil für Deutschland ausgemacht haben: schlechte Laune.**

Keinesfalls, da bin ich sicher mehr bei Ludwig Erhard. Von dem früheren Wirtschaftsminister und Bundeskanzler stammt die Einsicht, 50 Prozent der Wirtschaftspolitik seien Psychologie. Wir haben im Moment objektive Schwierigkeiten. Aber die schlechte Stimmung hemmt noch einmal zusätzlich, insbesondere bei den Investitionen.

_____ **Sie präsentieren sich als Anwalt der Wirtschaft. Hildegard Müller, die Präsidentin des Verbandes der Automobilindustrie VDA, formuliert das eher als Forderung. Sie sagt, die deutsche Wirtschaft sei wettbewerbsfähig. Für nicht wettbewerbsfähig hält sie allerdings die Rahmenbedingungen in Deutschland – also schlichtweg das, was die Politik der Wirtschaft als Standort Deutschland vorgibt.**

Das mit dem Anwalt der Wirtschaft stimmt nur bedingt. Ich bin mir bewusst, wir brauchen eine starke Wirtschaft für eine starke Gesellschaft. Ich engagiere mich jedoch nicht in erster Linie für große Gewinne. Zu der Aussage der von mir ansonsten sehr geschätzten Frau Müller: Wir haben bei den Rahmenbedingungen Handlungsbedarf, aber in manchen Bereichen liegen die Ursachen für fehlende Wettbewerbsfähigkeit auch bei der Wirtschaft selber. Wenn wir beispielsweise auf die digitalen Investitionen schauen, dann stellen wir fest, dass Deutschland im Ländervergleich keinesfalls vorne liegt. Die Digitalisierung aber ist einer der Haupttreiber künftigen Wachstums, insofern fragen sich viele Unternehmen zu Recht, was sie auch selber noch tun können. Aber zurück zu den Rahmenbedingungen: Die Energiekosten sind zu hoch. Große Bereiche der deutschen Industrie denken sehr ernsthaft und sehr grundsätzlich über ihre Wettbewerbsfähigkeit in Deutschland nach. Es ist völlig klar: Für einen wirklich attraktiven Standort brauchen wir wettbewerbsfähige Energiekosten. Und von denen sind wir ein großes Stück entfernt.

_____ **Sie denken an die Kosten für den Netzausbau?**

Ja. Wir werden weitere 10, 15 Jahre lang viel Geld in die Netzmodernisierung investieren müssen. Diese Investitionen legen wir zur Zeit schlichtweg um auf die Verbraucherinnen und Verbraucher. Mehr Investitionen heißt also bislang: höhere Energiekosten. Wenn wir das nicht ändern, dann wäre das

»Wir können stolz sein auf die außeruniversitäre Forschungslandschaft.«

Stephan Weil



ein klares Signal an bestehende und an zukünftige Unternehmen, dass sie in Deutschland nicht glücklich werden können. Wichtige Teile der künftigen Wirtschaft werden hoch energieintensiv sein. Denken Sie an die großen Rechenzentren oder an die Produktion von Batterie- oder Solarzellen.

_____ **Energie ist also das eine Thema, das Sie umtreibt. Wie steht es mit der Bürokratie: Braucht Deutschland einen Elon Musk als Kampfansage an Regulierungen und Regulierer?**

Nein.

_____ **Die Antwort überrascht mich bei Ihnen nicht allzu sehr.**

Nun wollen wir doch erst einmal sehen, wie weit das Experiment Musk als Staatsreformer trägt. Ich persönlich habe da schlimme Befürchtungen. Ich bin nicht für eine Entstaatlichung. Aber ich bin sehr dafür, dass unser Staat sich klug zu beschränken weiß, kooperativ ist und kundenfreundlich. Wir sind zu kompliziert. Weil wir zu kompliziert sind, dauern Prozesse zu lange. Weil sie zu lange dauern, wird es am Ende auch noch teurer.

_____ **Eine schöne Aufzählung: 1, 2, 3.**

Deshalb jetzt auch 1, 2, 3 die Lösung: Wir müssen einfacher werden, dann werden wir auch schneller und kostengünstiger.

_____ **Herr Weil, jetzt sind Sie ja nicht ganz neu im Amt eines Ministerpräsidenten. Was ist so schwer daran, Bürokratie abzubauen. Alle wollen es doch! Hinter jeder Regelung steckt eine gute Absicht. Es ist aber die Summe aller guten Absichten, die uns blockiert. Natürlich müssen wir in vielen Bereichen ausdifferenzieren im Interesse eines möglichst sachgerechten Verwaltungshandelns. Wenn das aber dazu führt, dass sich nichts mehr bewegt und dadurch das Gesamtsystem leidet, dann ist der Schaden für die Gesellschaft größer als der Nutzen für Einzelne.** ▶



Heiter zum Ernst des Lebens

»Zum Schulanfang wusste ich noch nicht, was ich werden wollte«, verrät Stephan Weil.



Von HH nach H

In Hamburg ist Stephan Weil am 15. Dezember 1958 geboren. 1965 zog die Familie nach Hannover.



Lebenslänglich mit Kette und Blumen

Vom Stadtkämmerer stieg Weil 2006 zum Oberbürgermeister der Stadt Hannover auf. Als Stadtoberhaupt ernannte er sich selbst zum »lebenslangen Hannoveraner«.



Ob grün, ob schwarz: immer mit Weil

Es ist anzunehmen, dass Stephan Weil und seine Ehefrau Rosemarie Kerkow-Weil 2013 bei der Landtagswahl SPD angekreuzt haben. Weil bleibt Ministerpräsident – wenn auch mit wechselnden Koalitionen.

Wir ersticken also in guten Absichten?

Das ist sehr stark zugespitzt. Aber wir haben Handlungsbedarf. Es ist einfach ein Regelungswust entstanden, der klug reduziert werden muss. Und das ist leider wesentlich leichter gesagt als getan.

Wo waren Sie erfolgreich beim Bürokratieabbau?

Sehen Sie sich die neue niedersächsische Bauordnung an. Die haben wir wesentlich entschlackt. Und so manches andere Land scheint sich gerade an unseren Änderungen zu orientieren.

Wo sind Sie gescheitert?

Noch sind wir mitten im Prozess. Aber: Wir ringen mitunter lange um schlanke Lösungen. Wir haben so viele Programme, bei denen für relativ kleine Förderungen umfangreiche Förderunterlagen ausgefüllt werden müssen. Diese müssen dann anschließend mit viel Aufwand geprüft und abgerechnet werden. Jetzt arbeiten wir an einfacheren Herangehensweisen.

Ihren Optimismus haben Sie noch nicht verloren?

Ein Politiker ohne Zuversicht sollte seinen Job wechseln.

Sie sind seit fast 45 Jahren in der Politik.

Ja, wenn Sie den Eintritt in die SPD nehmen, das war 1980. Als Berufspolitiker bin ich ein Spätberufener.

Hat Ihnen das geholfen?

Ja. Ich bin mit 47 Jahren Oberbürgermeister von Hannover geworden. In dem Alter weiß man schon in etwa, wie es im wirklichen Leben zugeht. Die reine Berufspolitiker-Biografie – vom Kreißaal in den Hörsaal und dann in den Plenarsaal – birgt Risiken.

Was regt Sie nach den Jahrzehnten an der Politik noch immer auf?

Immer mehr! (*lacht*) Der Hauptpunkt, an dem wir Politiker wirklich sehr aufpassen müssen, ist folgender: Infolge des permanenten internen Wettbewerbs und der engen Bezüge zwischen Politik und Medien besteht die Gefahr, dass alles, was uns im Moment gerade wichtig erscheint, dann auch der Bevölkerung als angeblich wichtig übermittelt wird. Vieles von dem, was Politiker so beschäftigt, hat aber nicht unmittelbar etwas mit den eigentlichen Problemen von Bürgerinnen und Bürgern zu tun. Das ist aber der Maßstab, an dem Bürgerinnen und Bürger Politik messen: Was tun die eigentlich, um meine Probleme zu lösen? Ist die Antwort unbefriedigend, sorgt das für Entfremdung. Und die kann man sich in der Politik nicht leisten.

Das heißt aber auch, dass Politik immer mehr zum Sprint wird und die Luft ausgeht für die Langstrecke.

Leider ja. Da gibt es diesen schönen Satz von Mark Twain: Als sie ihr Ziel aus den Augen verloren hatten, verdoppelten sie die Anstrengungen. Das ist schon eine echte Gefahr.

Als junger Mann haben Sie Zivildienst in einer Jugendpsychiatrie gemacht. Haben Sie in dieser Zeit etwas für die Politik gelernt?

Sehr viel. Vielleicht waren das sogar die andert-halb Jahre, in denen ich am meisten gelernt habe. Nach einem behüteten Leben in einem bürgerlichen Elternhaus bin ich mit Verhaltensweisen konfrontiert worden, von denen ich zuvor noch nicht einmal eine Ahnung hatte. Das hat mir tatsächlich sehr geholfen. Es ist gerade in der Politik ein großer Vorteil, wenn man Verhaltensauffälligkeiten mit größerer Gelassenheit erträgt. Außerdem habe ich im Zivildienst meine Frau kennengelernt. Sie sehen: Da gab es eine sehr nachhaltige und sehr positive Wirkung.

Ihre Frau war Präsidentin der Hochschule Hannover. Deshalb die Frage auch an Sie: Wie steht es mit dem Bildungsstandort Deutschland?

Es gibt ja eine sehr verbreitete Kritik an der Bildungsqualität in Deutschland. Und die hat auch ihren Grund, wenn man sich internationale Vergleiche anschaut. Andererseits liefern viele Hochschulen gute Arbeit. Wir können auch stolz sein auf die außeruniversitäre Forschungslandschaft. Dieses Kompliment möchte ich gerne untergebracht haben.

Wie kann es dann gelingen, Innovationen schneller in die Wirtschaft und in die Wirklichkeit zu bringen?

Luft nach oben haben wir an den Hochschulen bei der Orientierung auf Wirtschaft und praktische Anwendung. Es gibt zwar immer wieder beeindruckende Beispiele, aber leider auch Hochschulen, die das wenig engagiert betreiben. In Niedersachsen wollen wir diesen Aspekt in unseren Leistungsvereinbarungen mit den Hochschulen zukünftig noch stärker betonen.

Dann kehren wir noch einmal zur langen Linie zurück. Sie haben gesagt: Deutschland befindet sich in einer Schwächephase.

Die Schwäche ist ganz einfach zu erkennen. Nehmen Sie die Entwicklung des Bruttonsozialprodukts im Vergleich zu anderen entwickelten Industrieländern. Wir sind wirtschaftlich jetzt seit drei Jahren ununterbrochen in einer Seitwärtsbewegung. Die Wirtschaft in anderen

Ländern wächst. Das heißt: Der Abstand wird immer größer.

_____ **Jetzt helfen Sie mir doch einmal: Welche Partei hat in den vergangenen drei Jahren, von denen Sie sprechen, den Kanzler gestellt?**

Das ist, mit Verlaub, ein wenig billig. Mit Beginn der Regierungszeit begann auch der Ukrainekrieg. Und wir wissen inzwischen, dass sich für die Regierung drei Partner zusammengetan haben, die nicht zusammenpassten. Das hat dazu beigetragen, dass insbesondere die letzten ein- einhalb Jahre dieser Regierung von vielen als quälend empfunden wurden.

_____ **Wie lässt sich zu neuer Stärke finden?**

Wo soll ich da anfangen? Digitale Bildung in unseren Schulen, kontrollierte Zuwanderung und erfolgreiche Integration. Wir werden es schaffen müssen, unsere höchst erfolgreiche Industrie in ein neues Zeitalter zu führen. Für all das werden wir einen aktiven Staat benötigen.

_____ **Da fallen mir zwei Nachrichten des Tages ein: Berlin streicht sechs Millionen Euro für Quantenförderung. Beim Thema Grüner Wasserstoff rohen Deutschland und Europa die Technologieführerschaft an China und die USA zu verlieren. Beschreiben diese zwei Zufallsmeldungen den zu passiven Staat, den Sie beklagen?**

Ich könnte weitere Beispiele hinzufügen. Es beunruhigt mich sehr, dass die Forschungsmittel für Batterieentwicklung massiv zusammengestrichen worden sind. Und um in der Branche weiterzumachen, in der ich mich ganz gut auskenne: Man unterschätzt vielfach die Bedeutung, die unsere Automobilindustrie als wichtigste Industriebranche auch für Forschung und Entwicklung in Deutschland hat. Wenn wir an der Forschung sparen, sparen wir an der Zukunft. Das können wir uns nicht leisten. Natürlich muss manches kritisch überprüft werden,

»Bei der Forschung würde ich persönlich nicht kürzen.«

Stephan Weil



weil wir als Staat offenkundig mit dem Geld nicht auskommen. Bei der Forschung würde ich persönlich nicht kürzen.

_____ **Das ist ein Satz, den wir gerne hören. Sind wir damit bei der Schuldenbremse angekommen?**

Wir wollen ja keine Schulden um ihrer selbst willen machen. Ich will das nicht. Ich war zehn Jahre Stadtkämmerer und ich weiß: Es ist kein Spaß, Kredite aufzunehmen. Man muss sie verzinsen und man muss sie zurückzahlen. Andererseits haben wir riesigen Investitionsbedarf, den wir nur mit einem auch finanziell leistungsfähigeren Staat auflösen können. Und deshalb sehe ich in der Tat Reformbedarf bei der Schuldenbremse.

_____ **Was macht Ihnen Hoffnung?**

Wir sind nach wie vor die drittgrößte Volkswirtschaft der Welt. Wir sollten uns nicht kleiner machen, als wir sind. Wir haben sehr viele vor allem mittelständige Unternehmen, die nichts von ihrer Innovationskraft verloren haben. Aber bei einigen in der Wirtschaft Verantwortlichen gefällt mir die derzeitige Körpersprache nicht. Mitunter hängen die Schultern zu weit nach unten. Ich wünschte mir einen geraden Rücken, eine sehr offene und ehrliche Diskussion und das Signal: Wir schaffen mehr.

_____ **Fahren Sie privat noch Ihren alten Golf?**

Ja. Wir fahren einen Golf, der elf Jahre alt ist. Der will und will nicht kaputtgehen. Und meine Frau ist so zufrieden mit unserem Auto, dass ich mit meinen Versuchen, so langsam einen Wechsel in Richtung Elektromobilität einzuleiten, noch nicht erfolgreich gewesen bin. Insofern unterscheidet sich unsere hausinterne Diskussion nicht von der in vielen anderen deutschen Familien.

_____ **Sie zögern also nicht wegen Ihres Zweifels an der Elektromobilität. Sie zögern, weil die alte Karre einfach zu gut funktioniert.**

Zweifel? Im Gegenteil. Ich befasse mich ja durchaus intensiv mit der Sache. Und ich weiß, auch privat kann ein Elektrofahrzeug außerordentlich sinnvoll sein. Wir könnten dann auf die Garage eine schöne PV-Anlage setzen und unseren eigenen Strom laden. Das wäre umweltfreundlicher und wesentlich preisgünstiger.

_____ **Wenn wir von Ihrem guten alten Golf zu den aktuellen Zahlen aus der Verkehrsbbranche kommen: Ford kündigt an, 4000 Stellen abbauen zu wollen. Beim Autozulieferer Bosch geht es um 3500 Arbeitsplätze. Bei Volkswagen wird um drei Werke und 30 000 Beschäftigte** ▶



Weils Freude am Fahren

Im Käfer, Jahrgang 1956, posieren Weil, der damalige Bundeswirtschaftsminister Sigmar Gabriel (l.) und der VW-Vorstandsvorsitzende Martin Winterkorn (r.). Doch die Basis schwankt: 2015 beginnt für VW der Dieselskandal.



Weils Leid beim Fahren

Vom Abgasskandal 2015 bis zu drohenden Werkschließungen 2025: VW ist in Niedersachsen auch immer politisch. Das Land hält 20 Prozent der Stimmrechte und hat damit eine Sperrminorität im Konzern mit 120 000 Beschäftigten in Volkswagen-Werken in Deutschland. Die Beteiligung geht zurück auf das VW-Gesetz von 1960. VW rüttelt den Ministerpräsidenten immer wieder durch.



Sommer, Sonne, Strand und Stephan

Sehr privat zeigt sich der Ministerpräsident gut geschützt mit Käppi im Nordseeheilbad Carolinensiel. Privates behält er gerne für sich. Außer einem: Der gläubige Katholik ist aus der Kirche ausgetreten – »weil mir das Verbot der Pille nicht gepasst hat.«



Knallroter Moment des Jubels

Wiedergewählt! Die Landtagswahl 2022 bestätigt Stephan Weil. Nach Rot-Grün (bis 2017) über Rot-Schwarz (bis 2022) bildet der Ministerpräsident für seine dritte Amtszeit wieder eine Koalition mit den Grünen.



Viel Fläche im Flächenland

Hinter seinen Schreibtisch in der Staatskanzlei hat sich Ministerpräsident Stephan Weil ein sehr spezielles Bild hängen lassen: Es heißt »Shy Beauty«. Die »schüchterne Schöne« verlässt die Szene, und die Kuh hinterlässt am Bildrand ihre Kehrseite – und viele Kuhfladen auf grüner Wiese. Ironie in der Politik hält der Ministerpräsident für gefährlich. Ironie an der Wand gönnt er sich.



Vorgeschmack auf den Ruhestand?

Zum Urlaubsende im Juli 2024 zeigt sich der Ministerpräsident beim Bügeln unterm Apfelbaum. »Die Arbeit ruft!«, schreibt er dazu, um seine Vorbereitungen zu erklären. Nach seiner aktuellen Amtszeit soll Schluss sein.

gerungen. Hat die Automobilindustrie nicht doch zu ausschließlich auf die Elektromobilität gesetzt und die Bedürfnisse ihrer Kundschaft aus den Augen verloren?

Sicher nicht. Volkswagen hat nicht ausschließlich auf Elektromobilität gesetzt. Diese Antriebsart zu priorisieren aber war richtig. Brüssel schreibt bis zum Jahr 2035 klipp und klar vor, wie viel CO₂-Emissionen wir verursachen dürfen. Und ab wann sehr hohe und sehr fühlbare Strafzahlungen drohen. Das ist doch die eigentliche Grundlage für das, was in vielen Automobilunternehmen und auch bei Volkswagen geschehen ist.

Heißt: Brüssel ist schuld?

Nein, es gibt ja gute Gründe für diese EU-Vorgaben. Der Klimawandel ist inzwischen auch bei uns deutlich spürbar. Die Entwicklung hin zur Elektromobilität war in Deutschland organisch und wachsend. Dann kam der Beschluss der Bundesregierung zum sofortigen Stopp jeder Verkaufsförderung. Sehr schnell ist dann der Absatz eingebrochen. Das war ein großer Fehler der Politik. Die Bürger schauen ja auch einfach sehr genau, ob der Staat eigentlich selbst daran glaubt, was er empfiehlt.

Jetzt frage ich doch noch einmal: Welche Partei hat in den vergangenen drei Jahren den Bundeskanzler gestellt?

Ich gebe Ihnen dieselbe Antwort. Auch Politik macht Fehler. Interessant ist aber doch die Frage: Wie geht sie mit Fehlern um?

Und wie sollte damit umgegangen werden?

Erstens zugeben: Ja, das war falsch. Zweitens: korrigieren. Die alte Ampel hat noch den Vorschlag gemacht, wie man bei Dienstflotten, die etwa 50 Prozent der Gesamtverkäufe ausmachen, zu mehr Elektrofahrzeugen kommen kann. Geplant sind da degressive Abschreibungen. Das kann und muss man dann aber auch auf private Haushalte ausweiten, etwa über Steuerermäßigungen.

Die »Zeit« hat Ihnen gratuliert, dass Sie der Großunternehmer seien unter den deutschen Politikern: Volkswagen, Stahlwerk Salzgitter, Meyer Werft. Ist es richtig, dass sich Politik so massiv in die Wirtschaft einmischt?

Das war ein vergiftetes Lob. Tatsächlich handelt es sich um grundverschiedene Konstellationen: Bei der Meyer Werft engagieren wir uns mit 200 Millionen Euro zur vorübergehenden Krisenintervention. Wir wollen einem Unternehmen mit hohen Potenzialen und vollen Auftragsbüchern den Weg in die Zukunft ermöglichen. Bei

»Was regt Sie an der Politik auf?«
»Immer mehr!«



Stephan Weil

Salzgitter und natürlich bei Volkswagen ist das Land langfristig engagiert, bei Volkswagen seit 75 Jahren. In dieser Zeit ist Volkswagen ein erfolgreiches Weltunternehmen geworden.

Kann Politik Wirtschaft?

Ja.

Das ist auch Ihre Erfahrung bei VW?

Für Niedersachsen behaupte ich: Wir machen's richtig.

Herr Weil, Sie können als Ministerpräsident mit Grün, Sie können auch mit Schwarz. Beides haben Sie in Ihren Koalitionen bewiesen. Deshalb die Frage an Sie mit Blick auf das Wahljahr 2025: Welche Eigenschaft braucht erfolgreiche Politik in Zeiten schwieriger Mehrheitsverhältnisse?

Das ist ganz einfach: Die Grundlage müssen gemeinsame Inhalte und möglichst viele gemeinsame Ziele sein. Es muss um die Sache gehen. Scheingefechte und Inszenierungen helfen nicht weiter. Wichtig sind Stringenz und Verlässlichkeit. Das mag dann Politik manchmal vielleicht etwas langweilig machen, aber dafür überzeugender. Und ich habe den Eindruck, dass wir das in den letzten elf Jahren in Niedersachsen ganz gut hinbekommen haben.

Sie waren so freundlich, mir die Ahnengalerie der niedersächsischen Ministerpräsidenten auf dem Flur vor Ihrem Büro zu zeigen und die Gemälde zu kommentieren. Sie sind erklärtermaßen in Ihrer letzten Amtszeit als Ministerpräsident angekommen. Wie soll Ihr Bild für die Ewigkeit aussehen?

Bei all dem, worüber wir gerade gesprochen haben, werden Sie verstehen, dass ich noch keine Zeit hatte, darüber nachzudenken. Und mein Ausscheiden steht ja auch überhaupt noch nicht an.

Aber Sie wissen schon, wo das Bild hängen wird.

Ganz rechts, hinter dem Kleiderständer. ■

»Lust auf Zukunft!«

Eine LED-Matrix lässt den Autoscheinwerfer zum Projektor werden: Für die Umsetzung dieser Idee hat der Bundespräsident ein Forscher-Team von Fraunhofer und ams OSRAM mit dem Deutschen Zukunftspreis ausgezeichnet.

Von Josef Oskar Seitz

Besser sehen, weniger blenden: Diesen Wunsch vieler Autofahrer gerade in der dunklen Jahreszeit bringt ein Forscher-Team von Fraunhofer und ams OSRAM der Wirklichkeit sehr viel näher. Und mehr noch: Tatsächlich lässt die neuartige LED-Matrix den Scheinwerfer zum Projektor werden. Diese Lösung findet Bundespräsident Frank-Walter Steinmeier so zukunftsweisend, dass er die Umsetzung dieser Idee mit dem Deutschen Zukunftspreis 2024 auszeichnete.

Der Deutsche Zukunftspreis für Technik und Innovation ist der einzige Preis des Präsidenten der Bundesrepublik Deutschland. Er ist mit 250 000 Euro dotiert und wird seit 1997 jährlich verliehen für »herausragende technische, ingenieur- und naturwissenschaftliche Leistungen, die zu anwendungsreifen Produkten führen«. Für Fraunhofer ist dies bereits der 10. Deutsche Zukunftspreis. Er gilt als wichtigster Innovationspreis Deutschlands.

Kleiner, leichter, effizienter, intelligenter und präziser in der Lichtabstrahlung: Das sind die Kennzeichen der grundlegend neuen Lichttechnik, entwickelt von einem Experten-Team um Dr.-Ing. Hermann Oppermann, Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM in Berlin, und Dr. Norwin von Malm sowie Stefan Grötsch von ams OSRAM. Anders als herkömmliche Scheinwerfer verfügt die Neuentwicklung nicht nur über zwei Lichtquellen, sondern über 25 600 LEDs in einer Matrix aus 320 mal 80 Lichtpunkten. Jede einzelne LED lässt sich über ein digitales Signal ansteuern. Zusammen mit einer Optik entsteht so ein Scheinwerfer, der ähnlich wie ein Videoprojektor arbeitet. Dadurch lässt sich das Licht nicht nur

optimal an die Erfordernisse anpassen und blendfrei für Entgegenkommende in seiner räumlichen Verteilung steuern. Es benötigt auch nur minimalen Bauraum und arbeitet hocheffizient: Anders als bei passiver Modulation wird nicht die volle Leistung abgeschattet, sondern tatsächlich nur das benötigte Licht erzeugt. Als zusätzliche Sicherheitskomponente haben sich ams OSRAM und Fraunhofer noch etwas Besonderes einfallen lassen: Die Lichtquelle kann Warnhinweise auf die Straße projizieren, um beispielsweise auf Gefahr durch Glatteis oder eine drohende Geisterfahrt aufmerksam zu machen.

Die zukünftigen Anwendungsmöglichkeiten der digital steuerbaren LED-Matrix gehen über den Straßenverkehr weit hinaus – etwa für die optische Datenkommunikation

zwischen Computerchips in Datenzentren für Anwendungen der Künstlichen Intelligenz. Oder auch für Augmented Reality (AR). Bei einer AR-Brille, die neben der realen Umgebung zusätzlich digitale Informationen ins Gesichtsfeld einspiegelt, wird die Lichtmatrix zum virtuellen Monitor.

»Sie machen Lust auf Zukunft!«, sagte Bundespräsident Frank-Walter Steinmeier bei der Preisverleihung am 27. November in Berlin. Auch Fraunhofer-Präsident Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka würdigt die Leistung: »Das Team des Fraunhofer IZM hat eindrücklich das Engagement, die Kreativität sowie den Forscher- und Unternehmergeist bewiesen, der die Fraunhofer-Gesellschaft auszeichnet und die Grundlage für unseren Erfolg ist.« ■



Bei der Verleihung des Deutschen Zukunftspreises 2024 (v.l.): Bundespräsident Frank-Walter Steinmeier, Markus Blume (Bayerns Staatsminister für Wissenschaft und Kunst), Dr. Norwin von Malm und Stefan Grötsch (ams OSRAM), Dr.-Ing. Hermann Oppermann (Fraunhofer IZM), Fraunhofer-Präsident Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka.

Freude am Fahrzeug

Hat die deutsche Automobilindustrie den Anschluss verloren? Forschende haben die Ideen, Technologien und Konzepte, mit denen der Transfer in die Zukunft gelingen kann.

Von Mehmet Toprak
Fotos: Barbara Eismann



Sonne, Strand und – ganz viele Autos. Das Fahrzeug der Zukunft wird anders aussehen, aber das Bedürfnis nach individueller Mobilität wird bleiben.

Aus dem Buch »Kleine Autos, Große Welt«, Verlag »Delius Fine Books«, Autor: Veit Golinski.



»Wir brauchen in Deutschland ein klares politisches und gesellschaftliches Bekenntnis zum Automobil.«

Prof. Thomas Bauernhansl, Fraunhofer IPA



Den Führerschein hat Dr. Gerald Rausch schon als 17-Jähriger angefangen, damit er pünktlich zum 18. Geburtstag mit Pappas Auto fahren konnte. Sein erster eigener Wagen war ein roter Opel Kadett. Ottomotor, 4 Zylinder, 53 PS, 4 Gänge – bis Mitte der Achtzigerjahre eines der meistverkauften Autos in Deutschland. Jährlich rollten Tausende vom Fließband. Heute ist der autobegeisterte Rausch Sprecher der Automotive Group der Fraunhofer-Allianz Verkehr. Das Auto hat sich ebenfalls verändert. »Die Fahrzeugarchitektur, die Komponenten, der Antrieb, das Mobilitätsverhalten, das Image des Autos und der Markt, alles ist anders geworden«, sagt Rausch. Nur die großen deutschen Autohersteller tun sich offensichtlich schwer mit der Zukunft. Sommer und Herbst brachten fast täglich neue Hiobsbotschaften über sinkenden Absatz, geplante Werksschließungen und Entlassungen. Nach Meinung vieler Expertinnen und Experten hat die einst führende deutsche Autoindustrie gerade im internationalen Vergleich den Anschluss verloren.

Der Blick zurück von Gerald Rausch auf das Erfolgsmodell Opel Kadett und die Goldenen Zeiten des deutschen Automobilbaus ist keineswegs nostalgisch. Der Autofachmann weiß: »Die angewandte Forschung hat jede Menge Konzepte und Technologien in der Schublade, mit denen deutsche Autobauer wieder vorne mitspielen können.« Wer einen Rundgang durch die Labore und Entwicklungszentren der Fraunhofer-Institute macht, findet für jeden Bereich des Automobilbaus zukunftsweisende Innovationen.

Vom schnell ladenden Akku über Konzepte für intelligentes Lademanagement, Wasserstofftechnologie, Sensorik und Computerchips für autonomes Fahren bis hin zu kreativen Innenraumkonzepten, Leichtbau-Karosserien und modularer Fertigung. Kreislauffähigkeit und CO₂-neutrale Produktion jeweils inbegriffen.

Das Auto der Zukunft ist fertig. Es muss nur noch gebaut werden.

Die Mitbewerber unterschätzt

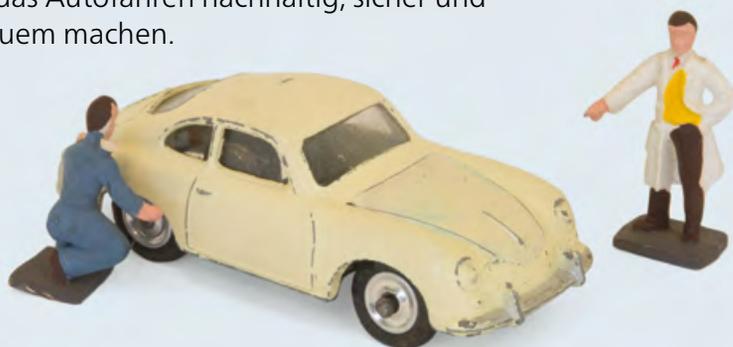
Doch woran liegt es, dass die deutsche Automobilindustrie im Vergleich zu Wettbewerbern aus den USA oder China gerade nicht in die Gänge kommt?

Prof. Thomas Bauernhansl ist geschäftsführender Institutsleiter am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA und Mitglied zahlreicher Gremien und Arbeitskreise rund um die Themen Industrie und Produktion. Als Mitglied im Expertenkreis »Transformation der Automobilwirtschaft« des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz berät er auch die Bundesregierung. Seine Diagnose: »Wir haben in Deutschland die Geschwindigkeit unterschätzt, mit der Unternehmen wie Tesla in den USA oder Mitbewerber aus dem asiatischen Raum ihre Produktion modernisiert und neue Technologien implementiert haben. Im Bereich der Digitalisierung sind die USA deutlich vorne, bei der Batterietechnik für E-Autos haben chinesische Hersteller die Führung übernommen. Außerdem



Gute Fahrt mit guter Technik

Von der umweltverträglichen Karosserie über den sicheren Akku bis zum Klimaassistenten für den Innenraum: elf ausgewählte Fraunhofer-Projekte, die das Autofahren nachhaltig, sicher und bequem machen.



CombiPower – Autos als rollende Energiespeicher:

Elektroautos sollen in Zukunft als rollende Speicher fungieren, deren Akku nicht nur Energie verbraucht und dann wieder aufgeladen werden muss, sondern nicht benötigte Energie an das Stromnetz abgibt. Forschende des Fraunhofer-Instituts für Energiewirtschaft IEE arbeiten an einer multifunktionalen, bidirektionalen Lade- und Antriebseinheit, die zudem Platz und Gewicht spart. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz mit insgesamt 4,19 Millionen Euro gefördert.



Schöne Karosse: Großussteile aus Aluminium statt vieler Einzelbleche ermöglichen die umweltfreundliche Fertigung hochwertiger Karosserien.

bauen sie sehr kostengünstige Autos. Die deutsche Industrie ist hier im Moment nicht wettbewerbsfähig.«

Ganz ähnlich sieht das Prof. Steffen Ihlenfeldt, Sprecher der Fraunhofer-Allianz autoMOBILproduktion: »Fluktuierende Märkte und steigende Anforderungen an die ökologische Nachhaltigkeit stellen insbesondere die Produktion vor neue Herausforderungen.« Er fordert eine »höhere Innovationsgeschwindigkeit sowohl der Produkte als auch der Produktion in Deutschland«.



Flotter Flitzer: Weniger Regulierungen aus der Politik könnten die Innovationsgeschwindigkeit in Deutschland deutlich erhöhen.

Laut Bauernhansl bremsen Regulierungen der Politik kreative Lösungen. Als Beispiel nennt er die Sicherheitstechnik in selbstfahrenden Autos. »Auch wenn das Auto autonom fährt, schreibt die Regulierung vor, dass man als Fahrer oder Fahrerin die Hände immer am Lenkrad halten muss, sonst gibt es einen Warnton. Ohne diese Regulierung würden Hersteller innovative Lösungen finden, wie etwa eine Innenraumkamera, die den Menschen beobachtet und erst dann warnt, wenn er zu lange nicht nach vorne geschaut hat.« Für solche und andere ►

Nachhaltige Karosseriekonzepte: Effizientere Prozesse und Technologien für den nachhaltigen Bau hochwertiger Karosserien für Elektrofahrzeuge – für dieses Ziel haben sich acht Fraunhofer-Institute zusammengeschlossen. Zum Einsatz kommen sollen beispielsweise hoch integrierte Großussteile aus Aluminium anstelle vieler Einzelbleche. Zudem arbeiten die Forschungsteams an Verbesserungen bei Reparaturfähigkeit und Crashesicherheit. »Bei Elektrofahrzeugen ist die Karosserie nach der Batteriefertigung der zweitschlimmste Emissionstreiber von CO₂. Da Nachhaltigkeit den Einbezug des ganzen Lebenszyklus erfordert, arbeiten wir an ganzheitlichen Lösungsansätzen und Methoden zur Bewertung und Entwicklung nachhaltiger Karosseriekonzepte«, sagt Prof. Stephan Krinke, Abteilungsleiter Nachhaltigkeitsmanagement und Life Cycle Engineering am Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST.

Modulare Produktion mit Open-Source-Faktor: Eine intelligent agierende Fertigung mit flexibel einsetzbaren Robotern und Maschinen, die für jeden Auftrag individuell geplant werden können: Das ist das Ziel der Produktionsarchitektur SWAP-IT. Das softwarebasierte Konzept vereint Automatisierung, Vernetzung und Flexibilisierung von Produktionsmitteln und soll beitragen, die Herstellung zu modularisieren. Das erleichtert auch die Fertigung kleiner Stückzahlen.

Herzstück von SWAP-IT ist eine Beschreibungssprache für Maschinen, Prozesse und Produkte, in der das Produktionssystem autonom Aufträge an die einzelnen Maschinen oder Roboter gibt. Zehn Fraunhofer-Institute bündelten ihr Know-how im Leitprojekt SWAP, dessen Ergebnisse nun als Open Source verfügbar sind. Viele Akteure der Fertigungsbranche können so eigene Szenarien gestalten und zukünftig modular fertigen.



Weitere Informationen:

CombiPower
<https://s.fhg.de/combipower>

Karosseriekonzepte
<https://s.fhg.de/karosserie>

Modulare Produktion
<https://s.fhg.de/swapit>



Sorglos reisen: Ladestationen für E-Autos auf öffentlichen Parkplätzen oder vor Supermärkten wären ein schöner Service.

Innovationen muss die Politik jetzt die Rahmenbedingungen schaffen, mahnt der Autoexperte.

Sicherheit für selbstfahrende Autos

Ideen und Technologien für die Sicherheit in autonomen Autos kommen aus der Forschung. So untersucht das Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE im Predictive Autonomy Lab, wie gut der Mensch reagiert, wenn er nach

einer Ruhezeit im selbstfahrenden Auto wieder ans Steuer greifen muss. Zum Einsatz kommen Eye-Tracker oder Sensoren für die Messung von Vitaldaten wie den Herzschlag (weitere Informationen zu den im Folgenden vorgestellten Projekten siehe grauer Kasten unten). »Ziel ist letztlich der Aufbau eines Digitalen Zwillings eines menschlichen Fahrers. Automobilhersteller oder Anbieter von Fahrassistenzsystemen können ihre Systeme im Predictive Autonomy Lab testen und weiterentwickeln«, erklärt Ralf Kalmar, Head of Business Development am Fraunhofer IESE.

Für das vernetzte, autonome Auto der Zukunft ist enorme Rechenpower erforderlich. Schon heute werden in Autos 50 bis 100 kleine Rechereinheiten verbaut. Im Verbundprojekt CeCaS arbeiten Forschende des Fraunhofer-Instituts für Photonische Mikrosysteme IPMS an einer Systemarchitektur, bei der eine Rechnerplattform viele elektronische Komponenten zentral verwaltet. Sie schicken ihre Daten über ein schnelles Ethernet-Backbone und lassen sich im Bedarfsfall über WLAN updaten. Das ermöglicht vernetzte und echtzeitfähige Steuerung des Autos.

Die Angst vor dem leeren Akku

Die Fraunhofer-Experten Bauernhansl und Rausch sind sich einig, dass gerade die Batterietechnik entscheidend für den Erfolg ist. Am Fraunhofer-Projektzentrum für Energiespeicher und Systeme ZESS entwickeln Forschende eine Festkörperbatterie als Alternative zum klassischen Lithium-Ionen-Akku



Weitere Informationen:

Batteriegehäuse
<https://s.fhg.de/coolbat>

Betriebssicherheit Festkörperbatterien
<https://s.fhg.de/festkoerper>

CO₂-einsparende Batteriegehäuse: Das Ziel eines reichweitenstarken Akkus, der sich schnell aufladen lässt und dessen Herstellung klimafreundlich ist, verfolgt das Verbundprojekt COOLBat. Ein wichtiger Baustein hierzu ist das Gehäuse. Forschende des Fraunhofer-Instituts für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU arbeiten gemeinsam mit Partnern an einem Batteriegehäuse der nächsten Generation. Sie setzen auf Leichtbaumaterialien wie etwa Faser-Kunststoff-Verbunde. Clevere Strukturen in Rahmen, Deckeln sowie Bodenplatten helfen, die Last zu verteilen, leiten die Wärme ab und schützen den Batteriekern bei Unfällen vor Beschädigungen.

Mehr Betriebssicherheit für Festkörperbatterien: Lithium-Festkörperbatterien (All-Solid-State-Batterien – ASSB) bieten höhere Energiedichte und geringeres Gewicht als herkömmliche Lithium-Akkus, die flüssige oder gelartige Elektrolyte verwenden. Die Festkörperbatterien nutzen einen Feststoff, der den Ionentransport zwischen den Elektroden ermöglicht. Der Festkörperelektrolyt bietet außerdem große Vorteile in puncto Betriebssicherheit, da das Risiko von Leckagen und Bränden minimiert wird. Das Fraunhofer-Zentrum für Energiespeicher und Systeme ZESS erforscht und entwickelt hierfür eine prototypische und flexible Fertigungskette vom Material bis zur Batteriezelle.

mit flüssigem Elektrolyt. Mehr Sicherheit, niedrigeres Gewicht und höhere Reichweiten sind die Vorteile. An einer möglichst schnellen und automatisierten Produktion der komplexen Brennstoffzellen durch Roboter arbeiten Fraunhofer-Forschende im Projekt H2FastCell.

Im Projekt COOLBat optimieren Expertinnen und Experten das Akkugehäuse. Durch Nutzung spezieller Kunststoffe und cleverer Strukturen im Gehäuse wird die Batterie leichter und leitet Hitze zügig ab. Außerdem ist der Batteriekern beim Unfall besser geschützt.

Eine ebenso überraschende wie naheliegende Idee steckt im Projekt CombiPower. Ein bidirektionales Lade- und Antriebsmodul sorgt dafür, dass der Akku eines E-Autos nicht nur zügig aufgeladen wird, sondern nicht benötigte Energie in das Stromnetz zurückgibt. Früher waren Autos Stand-alone-Maschinen. In Zukunft könnten sie integraler Teil der Strom- und Energienetze sein und ihren Teil dazu beitragen, das Stromnetz zu stabilisieren, etwa wenn Lastspitzen auftreten.

Beim viel diskutierten öffentlichen Ladenetz geht es nicht nur darum, möglichst schnell möglichst viele Ladestationen aufzustellen. Hier hofft der Auto-Experte Rausch, dass in Zukunft immer mehr Unternehmen

Ladestationen auf dem Firmenparkplatz installieren. Bei Dienstschluss ist der Akku wieder voll. Auf Parkplätzen von Einkaufszentren oder Supermärkten wäre eine Schnellladestation ein schöner Service.

Ebenfalls gefragt: mehr Komfort beim Aufladen. Beim Einstöpseln des Ladekabels meldet das Smartphone den Wagen automatisch an.

Wenn der Akku aufgeladen ist, erhält die Autobesitzerin oder der Autobesitzer via App eine Nachricht.

»All diese Lösungen werden dazu beitragen, dass die Menschen die Angst verlieren, sie könnten auf halber Strecke mit leerem Akku stehen bleiben«, hofft Rausch.

Schon heute werden in Autos

50 bis 100

kleine Rechereinheiten verbaut.

Effiziente Fertigung für das individuelle Auto

Neben der Batterietechnik liegt in der Fertigung der Weg zum Erfolg. Ein zukunftsweisendes Konzept ist die modulare Produktion. Sie könnte die in die Jahre gekommene

Plattform-Bauweise ablösen. Die Produktionsarchitektur SWAP-IT sieht vor, dass die Fertigung weitgehend automatisiert mit flexibel einsetzbaren Robotern und Maschinen erfolgt. Diesen werden für jeden Auftrag einzelne Montage-Jobs zugeteilt. Die Ergebnisse sind Open-Source-verfügbar. Damit können viele Akteure der Fertigungsbranche eigene Szenarien für ►

PEM-Brennstoffzellen – leicht und leistungsstark:

Einige Fraunhofer-Institute beschäftigen sich mit PEM-Brennstoffzellen (Protonen-Austausch-Membran) für eine nachhaltige Mobilität. Diese sind wegen ihrer hohen Leistungsdichte und kompakten Bauweise gut für den Einsatz in Fahrzeugen geeignet. Hier steht beispielsweise die Produktion von Membranelektroden-einheiten (MEA) im Fokus. In der MEA findet die Umwandlung von Wasserstoff zu Strom, Wärme und Produktwasser statt. Besonders aktiv sind hier die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE.

Brennstoffzellen schnell produziert: Ein Forschungsteam vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA hat gemeinsam mit dem Campus Schwarzwald im Projekt H2FastCell eine Roboterzelle entwickelt, die Brennstoffzellen automatisiert und sehr schnell herstellt. Ein Roboter nimmt die Bipolarplatten vom Fließband auf und legt sie auf einem Stapel (Stack) ab. Ein zweiter Roboter stapelt Membran-Elektroden-einheiten. Ein Stack mit 400 Brennstoffzellen ist nach 13 Minuten fertig. Kameras, die die Abmessungen und die Beschaffenheit der Bipolarplatten scannen, gewährleisten Qualität und hohe Präzision der Herstellung. Die Technologie ermöglicht so die effiziente Massenproduktion von Brennstoffzellen insbesondere für den Schwerlastverkehr.



Weitere Informationen:

PEM-Brennstoffzellen

<https://s.fhg.de/pem-wasserstoff>

Brennstoffzellen schnell produziert

<https://s.fhg.de/fastcell>

»Die Individualmobilität wird bleiben und die Zukunft des Autos wird bunt sein.«

Dr. Gerald Rausch,
Leiter Fraunhofer-
Arbeitsgruppe
Automotive



ihre modulare Fertigung gestalten. Open Source und der Community-Gedanke werden für den gemeinsamen Erfolg der deutschen Automobilbauer und Zulieferer in Zukunft immer wichtiger.

Modulare Fertigung ermöglicht es auch, künftig Automobile und Mobilitätskonzepte deutlich variabler auszudifferenzieren. Expertinnen und Experten gehen davon aus, dass es in Zukunft sehr viel mehr unterschiedliche Autos geben wird. Darunter individualisierte Modelle, Autos für bestimmte Regionen oder Anwendungen in kleinen Stückzahlen, Autos mit neuen Innenraumkonzepten – das rollende Home Office –, und Autos, die sich als Teilnehmer in ein komplexes Verkehrsnetz integrieren. In Zukunft werden Menschen eine komplette Reise mit mehreren Verkehrsmitteln in einer App planen können. Sie werden mit dem ICE in die nächste große Stadt fahren, am Bahnhof direkt in ein Robotertaxi oder in ein Carsharing-Auto umsteigen, in die nahe gelegene Kleinstadt fahren und für die letzten drei Kilometer auf den E-Scooter umsteigen.

Wie Spaß und Faszination zurückkommen

Durch eine möglichst CO₂-freie und ressourcenarme Herstellung und das Denken in Wertstoffkreisläufen könnte auch das Feindbild vom Umweltverschmutzer Automobil fallen. Aber wo bleiben Faszination und der Spaß beim Fahren? »Die werden sicher wieder kommen, aber in anderer Form. Statt dicker Boliden werden wir kompakte, intelligente, vernetzte Vehikel mit coolen Designs sehen, die sich als lernende

Systeme auf die Bedürfnisse des Fahrers oder der Fahrerin einstellen und genau dadurch ein Höchstmaß an Mobilität ermöglichen«, erwartet Rausch und verspricht: »Die Individualmobilität wird bleiben und die Zukunft des Autos wird bunt sein.«

Dass Autohersteller aus Deutschland eine gute Chance haben, wieder vorne mitzufahren und erfolgreich Wertschöpfung am Standort Deutschland zu betreiben, daran zweifeln Bauernhansl, Ihlenfeldt und Rausch keine Sekunde. »Wir befinden uns am Anfang eines schmerzhaften, aber produktiven Lernprozesses. Wir müssen die Vergangenheit loslassen, dann gelingt der Transfer in die Zukunft«, ist Rausch überzeugt. Ihlenfeldt sagt: »Die Produktion in Deutschland war zwar schon immer teurer als im Rest der Welt. Aber durch auf den Menschen zentrierte Automatisierung, robuste Prozesse und die daraus resultierende sehr gute Qualität der Automobile können wir das vielfach ausgleichen.«

Auch Bauernhansl ist optimistisch: »Wir brauchen in Deutschland ein klares politisches und gesellschaftliches Bekenntnis zum Automobil. Die Ingenieurinnen und Ingenieure der deutschen Autoindustrie haben in den vergangenen 60 oder 70 Jahren einen exzellenten Job gemacht. Das können sie auch in Zukunft. Man muss sie nur lassen.«

Und vielleicht gibt es dann auch wieder ein Auto im Stil des Opel Kadett, den Gerald Rausch einst fuhr: Einen kleinen, soliden und preisgünstigen Wagen, mit dem Führerschein-Neulinge in ihre mobile Zukunft aufbrechen. ■



Weitere Informationen:

Autonomes Fahren
[https://s.fhg.de/
predictive-autonomy](https://s.fhg.de/predictive-autonomy)

Bessere Sicht
[https://s.fhg.de/
mems-scanner-lidar](https://s.fhg.de/mems-scanner-lidar)

Wie gut interagiert der Mensch mit autonom fahrenden Autos? Assistenzsysteme in Fahrzeugen können das Fahren teilweise oder ganz übernehmen. Doch wie kommen die Fahrenden damit zurecht, wenn sie nach einem definierten Zeitintervall das Steuer wieder selbst übernehmen sollen?

Die Forschenden im Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE testen in ihrem Predictive Autonomy Lab (PAL) mit einem Fahrsimulator, wie der Mensch den Wechsel zwischen Ruhepause und Übernehmen der Fahrzeugsteuerung bewältigt. Und wie gut er nach Übernahme des Steuerers auch kritische Fahrsituationen meistert. Im Fahrsimulator sitzt der Mensch in einem Automodell, das Verkehrsgeschehen erscheint in einer 180-Grad-Panorama-Projektion als virtuelle Umgebung über eine Breite

von drei Metern, dazu gibt es digitale Außen- und Rückspiegel. 5.1 Surround Audio und ein Bewegungssystem sorgen für ein realistisches Fahrerlebnis.

Bessere Sicht auch bei Nebel, Dunkelheit, Schneefall: Ein Forschenden-Team am Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS entwickelt ein »scannendes Auge« aus MEMS-Scannerspiegeln (Micro-Electro-Mechanical Systems), die für hochauflösendes 3D-Sehen eingesetzt werden. Diese werden mit LiDAR (»Light Detection and Ranging«) kombiniert. Die laserbasierte LiDAR-Technologie dient zur Entfernungsmessung und 3D-Umgebungserfassung. Sie erkennt Hindernisse auf der Straße auch bei schlechten Sichtverhältnissen.

Fahrfreude: Intelligente Fahrzeuge mit coolen Designs und individuellen Innenraumkonzepten sollen den Spaß am Fahren zurückbringen.



Wenn das Auto das Hören übernimmt: Beim autonomen Fahren haben die Insassen Zeit für Arbeit, Entspannung oder Entertainment. Gleichzeitig gewinnt die akustische Interaktion zwischen Mensch und Fahrzeug an Bedeutung. Das Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie IDMT bietet mit SpatialSound Wave eine 3D-Audiotechnologie, die Lösungen für Entertainment, Fahrsicherheit und akustische Mensch-Maschine-Interaktion umfasst. Diese zentrale Audioplattform ermöglicht ein ganzheitliches Soundmanagement im Fahrzeug und die Steuerung aller audiofähigen Funktionen. Dadurch entsteht eine 360-Grad-Wahrnehmung der Fahrzeugumgebung. Gefahren wie eine herannahende Bahn oder ein Fahrzeug im toten Winkel werden in Echtzeit und räumlich exakt als Audioobjekte wiedergegeben. Nähert sich

beispielsweise eine Bahn von links hinten, dann ertönt links hinten im Fahrzeug das Geräusch der Bahn.

DressMAN: Behaglich fahren – auch im Winter:

Ein thermisch komfortables Innenraumklima und die damit verbundenen behaglichen Temperaturen sind für das Wohlbefinden der Insassen und für die Sicherheit beim Fahren gut und wichtig. Doch die für die Heiz- und Kühlvorgänge nötige Energie kann gerade bei E-Autos die Reichweite verringern. Mit der am Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP entwickelten Messpuppe DressMAN können die thermischen Randbedingungen im Auto und das Komfortempfinden des Menschen erfasst werden. Daraus entwickeln die Forschenden thermische Komfortmodelle sowie Heiz- und Kühlkonzepte für den Innenraum.



Weitere Informationen:

Auto übernimmt Hören
<https://s.fhg.de/spatial>

DressMAN
<https://s.fhg.de/car-climate>

Kontrollierter Knall

Deutsche Firmen tun sich gerade schwer im Automarkt. Doch in Sachen Sicherheit bleibt Deutschland an der Spitze. Fraunhofer-Forschende haben den weltweit ersten Crashtest mit Röntgenstrahlung entwickelt – und damit ein neues Verkaufsargument.

Von Yvonne Weiß



Es knallt. Und das ist gut so. Um herauszufinden, wie sich ein Auto und dessen Insassen bei einem Unfall verhalten, lassen Fahrzeughersteller ihre Autos kontrolliert gegen ein Hindernis rasen: bereits seit 1959, als Mercedes-Benz den ersten Crashtest der Welt durchführte. Aktuell wirbt der Hersteller mit dem Argument Sicherheit – und nutzt dafür Fraunhofer-Technik.

»Wir haben den weltweit ersten Crashtest entwickelt, bei dem Röntgentechnologie zum Einsatz kommt«, erklärt Dr. Malte Kurfiß, Leiter des Crashzentrums am Fraunhofer-Institut für Kurzezeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI. »Mit 1000 Bildern pro Sekunde können wir in das Fahr-

zeug hineinsehen – und so Dinge beobachten, die uns bisher verborgen blieben.« Diese Erkenntnisse können Hersteller dabei unterstützen, Crash-Simulationen noch besser zu machen – und damit Fahrzeuge sicher und effizient zu entwickeln.

Für den ersten Röntgen-crashtest, den die Fraunhofer-EMI-Forschenden gemeinsam mit Mercedes-Benz durchgeführt haben, stellten Malte Kurfiß und sein Team ein Szenario des amerikanischen Insurance Institute for Highway Safety nach: Eine 1,9 Tonnen schwere Vorrichtung mit Stoßbarriere rammt mit einer Geschwindigkeit von 60 Stundenkilometern die linke Seite einer Mercedes C-Klasse-Limousine. Ein Testdummy sitzt hinter dem Steuer.

Wie bei einem herkömmlichen Crashtest filmen Hochgeschwindigkeitskameras den Aufprall von außen, zahlreiche Inboard-Kameras das Wageninnere. Auch der Dummy ist mit Sensoren ausgestattet; so lässt sich etwa feststellen, ob sein Kopf gegen die Autotür prallt. Das Problem: Aus den Daten lässt sich zwar indirekt schließen, was passiert sein könnte – aber nicht immer im Detail beobachten, was tatsächlich passiert ist. Ausgelöste Airbags im Wageninneren schränken zudem die Sicht ein.

Hier setzen Malte Kurfiß und sein Team an: »Die entscheidenden Strukturen des Fahrzeugs, die die Insassen bei einem Unfall schützen, sind nicht von außen gut sichtbare Teile wie etwa der



Nach dem Crashtest: Dummies zeigen, wie sicher ein Fahrzeug ist.

Kotflügel, sondern innere Trägerstrukturen oder Airbags. Sie nehmen die Energie des Aufpralls auf, sind aber im Inneren des Autos verborgen«, erklärt der Physiker. »Dank unserer Röntgentechnik bekommen wir hier einen Einblick – und sehen so, was genau im Moment eines Unfalls abläuft.«

Für den Versuch im Crashzentrum bringen die Forschenden oberhalb des Autodachs eine Röntgenquelle an, einen speziell modifizierten Linearbeschleuniger. Auf dem Boden unterhalb des Fahrzeugs befindet sich ein Röntgendetektor, den das Entwicklungszentrum Röntgentechnik EZRT des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS bereitstellt. Er nimmt die Bilder auf – und zeigt nicht nur,

was dem Dummy während des Versuchs widerfährt, sondern auch, wie es dazu gekommen ist.

»Unsere Messmethode gibt uns Antworten auf besonders schwer zu beobachtende Fragestellungen«, so Kurfiß. »Neben dem Dummy beobachten wir auch, was mechanisch mit den Schutzstrukturen passiert bei einem Aufprall.«

Dank der Röntgenbilder lässt sich etwa detailliert feststellen, wie sich die Wagentür bei einem Unfall verschiebt – welche Türstruktur also an welcher Position in den Innenraum eindringt und so zu einer erhöhten Gefährdung führen könnte, beispielsweise für die Beine oder den Brustkorb der Insassen. Diese Informationen

können Entwicklern der Fahrzeughersteller bei der Auslegung der Fahrzeugstruktur sowie Crashtestsimulationen helfen.

Neben Mercedes-Benz setzen bereits weitere Autohersteller auf den Röntgen-Crashtest des Fraunhofer EMI. Aktuell fehlen Malte Kurfiß und sein Team an präzisen 3D-Messungen. Auch der E-Mobilität widmen sich die Forschenden und beobachten, wie sich Batterien bei einem Aufprall verhalten.

Die Technologie begeistert Malte Kurfiß: »Verkehr ist ein wichtiges Grundbedürfnis unserer Gesellschaft. Es fasziniert mich, mit unserem Test möglichst viele Informationen bereitzustellen, Simulationen zu optimieren – und damit zur Unfallsicherheit beitragen zu können.« ■

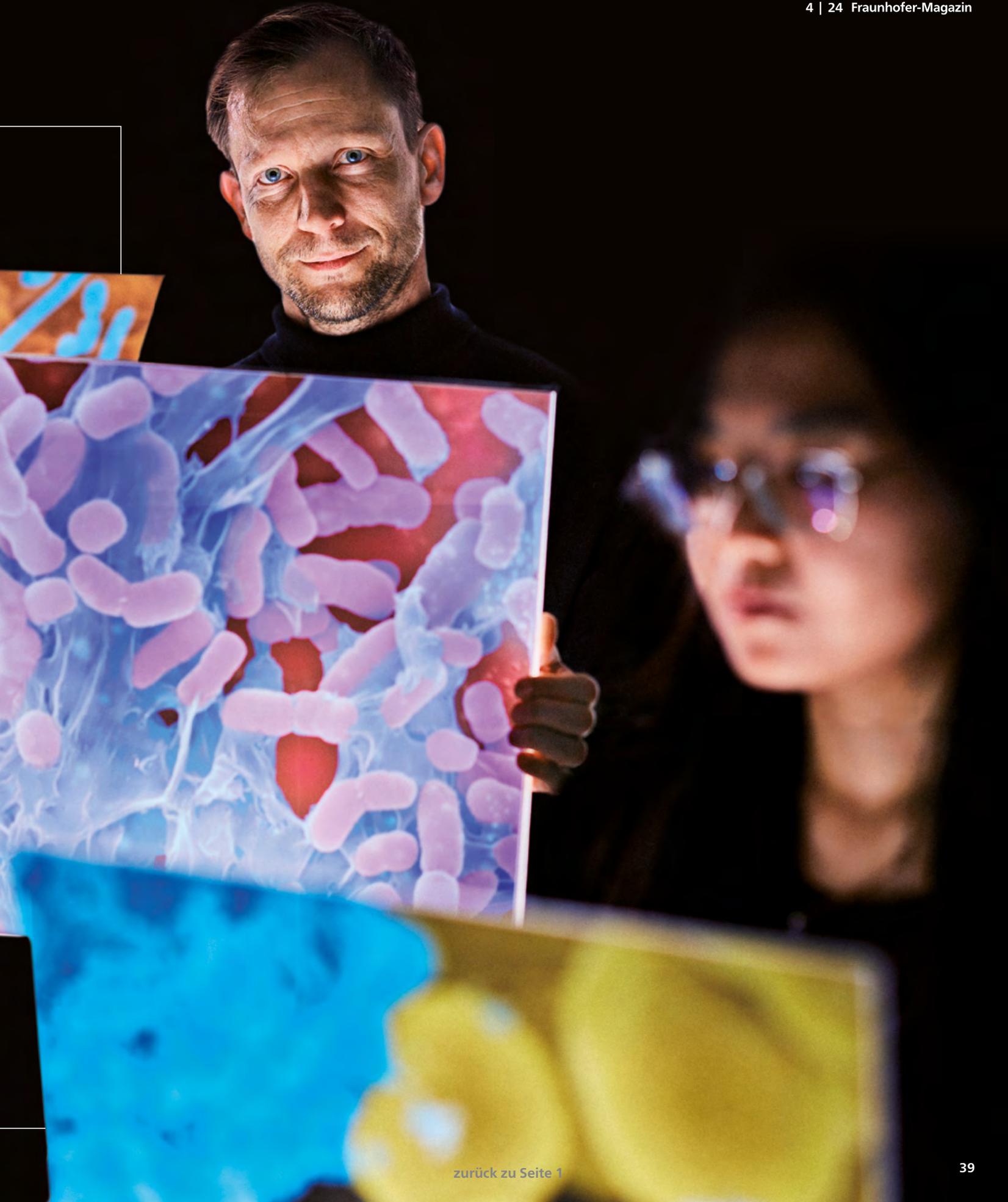
Multiresistente Keime

Kampf gegen die Zeit

Die Waffen gegen gefährliche Bakterien werden zunehmend stumpf, immer häufiger können lebensbedrohliche Infektionen nicht mehr therapiert werden. Ersatz gibt es bisher kaum – höchste Zeit zu handeln.

Von Dr. Sonja Endres;
Fotograf: Jonas Ratermann

Schön, aber beängstigend: Problemkeime unter dem Rasterelektronenmikroskop. Prof. Till Schäberle vom Fraunhofer IME will mit einem neuen Wirkstoff gegen sie vorgehen.



Früher kämpfte Prof. Till Schäberle im Kader der deutschen Nationalmannschaft gegen die internationale Karate-Elite. Heute sind seine Gegner wesentlich kleiner, aber mindestens genauso furchteinflößend: Bakterien, gegen die Antibiotika nicht mehr wirken.

Die Weltgesundheitsorganisation schätzt, dass weltweit jedes Jahr 1,3 Millionen Menschen an antibiotikaresistenten Infektionen sterben. Mehr als 39 Millionen Todesfälle bis 2050 prognostiziert eine umfassende Studie, veröffentlicht im September 2024 in der Fachzeitschrift »The Lancet«, sollte sich an der derzeitigen Versorgungssituation nichts ändern. Die Autorinnen und Autoren haben einen dringenden Appell: Erforscht neue Antibiotika!

Schäberle, der am Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie IME in Gießen die Abteilung »Naturstoffforschung« leitet, hat bereits einen aussichtsreichen Kandidaten identifiziert: Darobactin. Die Substanz wird von *Photobacterium* gebildet, einem Bakterium, das im Darm von Fadenwürmern lebt. Diese dringen in Insektenlarven ein und nutzen den Mikroorganismus als todbringende Waffe: Einmal injiziert sterben die Larven aufgrund von Toxinen, die das Bakterium bei seiner Vermehrung freisetzt. »Um seine Nahrungsquelle zu schützen, produziert es den Wirkstoff Darobactin. Damit tötet es Fressfeinde – andere Bakterien, für die die nährstoffreichen Larven ebenfalls attraktiv sind«, erklärt Schäberle. Darobactin zielt auf ein Target, also einen Wirkort, den keines der herkömmlichen Antibiotika attackiert: das überlebenswichtige Protein BamA, das sich in der äußeren Membran von gramnegativen Bakterien befindet – also in genau jenen Problemkeimen, gegen die neue Wirkstoffe dringend gesucht werden. Schäberle: »Die Angriffspunkte gängiger Antibiotika sind relativ begrenzt, da hat sich seit den 1960er-Jahren nicht viel getan. Ein neues Target heißt: Es wirkt auch gegen multiresistente Bakterien – eine große Chance!«

So ist Darobactin nicht nur für den Fadenwurm ein unverzichtbarer Helfer, sondern könnte auch für uns ein wichtiger Verbündeter im Kampf gegen lebensbedrohliche Keime werden.

Bakterien sind Meister der Anpassungsfähigkeit. Darum überleben sie selbst an unwirtlichen Orten wie heißen Quellen, in der Tiefsee oder in stark radioaktiven Umgebungen. Jeder Einsatz von Antibiotika fördert die Bildung von Resistenzen: Empfindliche Bakterien werden abgetötet, andere finden einen Weg zu überleben, sich zu vermehren und genetisch so zu verändern, dass das Antibiotikum keine Angriffspunkte mehr hat. Resistente Erreger treten daher oft dort auf, wo viele dieser Medikamente eingesetzt werden, beispielsweise in Kliniken.

Bei Darobactin gibt es jedoch Hoffnung: »Unsere Studien zeigen, dass Bakterien, die ihr Target veränderten,

um sich Darobactin zu entziehen, weniger gefährlich sind«, erzählt Schäberle. Er und sein Team arbeiten jetzt daran, die molekulare Leitstruktur zu optimieren: »Die Natur hat die Substanz nicht für die Anwendung im Menschen entwickelt. Wir müssen sie gegen die Pathogene, die uns betreffen, aktiver machen – und sicherstellen, dass sich keine toxischen Effekte zeigen.« Klar sei aber auch, dass ein einziger neuer Wirkstoff nicht reicht, um die Antibiotika-Krise in den Griff zu bekommen. »Wir brauchen eine ganze Toolbox, also viele verschiedene Lösungen, die man kombinieren kann und sollte, um lebensbedrohliche Infektionen erfolgreich zu bekämpfen.« Die Biodiversität biete zahlreiche Möglichkeiten. Schäberle appelliert: »Wir müssen alles nutzen, was geht!«

Gifte, die heilen

Eine dieser Möglichkeiten, die bisher in der Antibiotikaforschung kaum wahrgenommen wurde, sind Tiergifte. Schäberles Kollege Dr. Tim Lüddecke, der ebenfalls am Fraunhofer IME forscht und dort die Arbeitsgruppe »Animal Venomics« leitet, will das ändern. Lüddecke: »In Tiergiften steckt viel Potenzial für neue Arzneistoffe. Einige wichtige Medikamente basieren auf ihnen, wie zum Beispiel der verbreitete Blutdrucksenker Captopril, der ein leicht abgewandeltes Toxin aus der südamerikanischen Lanzenotter enthält.«

Im August haben er und sein Team entdeckt, dass einzelne Bestandteile aus der Giftstofffamilie des Bücherskorpions eine starke Wirkung gegen einen der häufigsten und gefährlichsten Krankenhauskeime haben: MRSA oder Methicillin-resistente *Staphylococcus aureus*. Der Erreger ist bei 20 bis 30 Prozent der Menschen auf Haut und Schleimhäuten zu finden, ohne krank zu machen. Gelangt er jedoch beispielsweise über OP-Wunden in den Körper, kann er Infektionen verursachen, die oft einen schweren Verlauf nehmen, denn MRSA ist gegen viele Antibiotika unempfindlich.

Lüddecke und sein Team konzentrieren sich bei ihrer Forschungsarbeit auf einheimische Gifttiere wie den Bücherskorpion, der durchschnittlich nur drei Millimeter groß wird und sich gerne in Büchern auf die Jagd nach Staubläusen macht. Er gehört zur Gruppe der Pseudoskorpione, die weltweit rund 3000 Arten umfasst. Lüddecke: »Im Vergleich zu richtigen Skorpionen besitzen sie keinen Giftstachel, sondern haben ihre Giftwerkzeuge vorne in den Scheren – also völlig verrückte Tiere.« Ihr Gift nutzen sie, um ihre Beutetiere, zu denen auch Milben und Fruchtfliegen gehören, zu lähmen.

Doch wie kommt man an das Gift dieser Winzlinge? »Mit erheblichem Aufwand«, sagt Lüddecke und lacht, als er den Weg beschreibt. Um das Bücherskorpion-Gift zu melken, baute das Fraunhofer IME-Team eine aufwendige Apparatur. Lüddecke: »Bis wir genug Gift für unsere ▶

»Herausstechend
ist aber wirklich
diese starke
Wirksamkeit
gegen MRSA.«

Dr. Tim Lüddecke, Fraunhofer IME



Das Gift in den Scheren des
Bücherskorpions lähmt
Beutetiere – und kann auch
gefährliche Krankenhaus-
keime außer Gefecht setzen,
entdeckte Dr. Tim Lüddecke.



Erinnern ein wenig an rote Christbaumkugeln: Phagen, die sich an eine Bakterienwand heften. Dr. Dorothee Winterberg (l.) und Dr. Franziska Dahlmann vom Fraunhofer ITEM vertrauen auf das therapeutische Potenzial dieser Bakterienfresser.

chemische Analyse zusammenhatten, dauerte es ewig. Aber glücklicherweise mussten wir diese Prozedur nur einmal machen.« Denn sobald der Giftcocktail aufgeschlüsselt ist, kann man ihn chemisch-synthetisch oder biotechnologisch herstellen. Lüddecke: »Das gilt nicht nur für das Gift des Bücherskorpions, sondern für alle Tiergifte, mit denen wir arbeiten.« Diese sind in der Regel komplexe Gemische aus vielen verschiedenen Toxinen. »Es gibt Spinnen, deren Gift aus bis zu 3000 einzelnen Stoffen besteht«, begeistert sich Lüddecke. Auch der kleine Bücherskorpion gehört zu den Spinnentieren. Sein Gift enthält zwar nicht ganz so viele Wirkstoffe, jedoch einen, der es in sich hat: Checacin haben Lüddecke und sein Team das Toxin getauft, das hochwirksam gegen MRSA ist. Es attackiert auch andere häufige Krankenhauskeime wie E. coli oder Pseudomonas aeruginosa und einige pathogene Pilze wie Candida. Lüddecke: »Herausstechend ist aber wirklich diese starke Wirksamkeit gegen MRSA.«

Noch stehen er und sein Team am Anfang ihrer Forschung, die genauen Eigenschaften und Wirkmechanismen von Checacin sind unklar. Lüddecke: »Bevor das Toxin als Arzneimittelwirkstoff in Betracht kommen kann, müssen wir beispielsweise untersuchen, ob die Moleküle im Blutserum stabil bleiben oder schnell zerfallen.« Für diesen Fall scheidet der Einsatz als Antibiotikum aus. Schneller umsetzbar, weil mit weniger Hürden, Zeit- und Kostenaufwand verbunden, sei zunächst die Verwendung in antimikrobiellen Beschichtungen, denn MRSA wird häufig über medizinische Instrumente und Geräte übertragen. So ließe sich insbesondere die Infektionsgefahr von immungeschwächten Patientinnen und Patienten im Krankenhaus mit dem gefährlichen Bakterium eindämmen.

Viren, die Bakterien töten

Hat eine Infektion bereits stattgefunden, steht eine andere vielversprechende Therapieoption gegen MRSA und andere Problemerreger bereit: Bakteriophagen, zu Deutsch »Bakterienfresser«. Die Viren, die Bakterien als Wirte nutzen, sich in ihnen vermehren und sie so zum Platzen bringen, will ein Team am Fraunhofer-Institut für Toxikologie und Experimentelle Medizin ITEM in die pharmazeutische Anwendung bringen.

Obwohl die Phagentherapie bereits seit mehr als 100 Jahren existiert und in Russland und Osteuropa verbreitet ist, gibt es bisher keine Studien, die ihre klinische Wirksamkeit wissenschaftlich gesichert nachweisen – und

dementsprechend keine in der EU oder den USA zugelassenen Phagen-Medikamente. Nachdem in den USA 1943 ein Weg gefunden worden war, Penicillin in großen Mengen zu produzieren, setzte der Westen auf Antibiotika. Denn im Vergleich zu Phagen sind Antibiotika der klinisch einfachere und erfolgversprechendere Weg: Sie wirken breit gegen Bakterien, während Phagen wählerisch sind. Sie infizieren nur bestimmte Stämme einer Bakterienart. Um passende Phagen auswählen zu können, muss daher vor Therapiebeginn genau abgeklärt werden, welcher Erreger die Infektion verursacht. Im Unterschied zu Anti-

biotika kann die Behandlung nicht bereits auf Verdacht gestartet werden. Das ist umständlicher und teurer, aber gleichzeitig auch ein Vorteil: Phagen verschonen die gesunden Bakterien im menschlichen Mikrobiom, die von Antibiotika unterschiedslos attackiert werden, was oft Nebenwirkungen von Durchfall bis zur Schwächung des Immunsystems zur Folge hat.

In der georgischen Hauptstadt Tiflis befindet sich am Georgi-Eliava-Institut, gegründet

1923, die größte Phagensammlung der Welt. Hier landen viele Anfragen von Patientinnen und Patienten, denen Antibiotika nicht mehr helfen können. Die Therapie ist ihre letzte Hoffnung. Die Phagen, die sie erhalten, entsprechen jedoch nicht den Sicherheits- und Qualitätsanforderungen des europäischen Arzneimittelrechts. Die Behandlung ist entsprechend riskant.

Phagen-Cocktails sicher produzieren

An sicheren Alternativen arbeiten Forscherinnen am Fraunhofer ITEM. Im Projekt Phage4Cure wollen sie gemeinsam mit dem Leibniz-Institut DSMZ – Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH und der Charité Berlin die Wirksamkeit der Phagen-Therapie belegen und erstmalig in der EU ein Phagen-Arzneimittel auf den Markt bringen.

Der Cocktail aus drei verschiedenen Phagen wirkt gegen Bakterien der Art Pseudomonas aeruginosa, die häufig die Lunge befallen und hier für schwere Entzündungen sorgen. Die meisten Stämme sind gegen eine Vielzahl von Antibiotika resistent. Dr. Sarah Wienecke und Dr. Imke Korf, Expertinnen für biotechnologische Produktionsverfahren und Phagenbiologie, gelang am Braunschweiger Standort des Fraunhofer ITEM ein Durchbruch: Sie identifizierten nicht nur Phagen mit therapeutischem Potenzial, sondern stellten den Phagen-Cocktail auch ►

»Die Herstellung von Phagen ist anspruchsvoll, denn Phage ist nicht gleich Phage.«

Dr. Sarah Wienecke, Fraunhofer ITEM

unter GMP-Bedingungen her – und schufen damit eine zwingende Voraussetzung für dessen Zulassung. GMP steht für »Good Manufacturing Practice« – strenge Auflagen zur Qualitätssicherung, zum Beispiel in Bezug auf die Reinheit und Sicherheit der Wirkstoffe oder die genaue Dokumentation aller Prozessabläufe.

Wienecke: »Die Herstellung von Phagen ist anspruchsvoll, denn Phage ist nicht gleich Phage.« Die Bakterienfresser haben ihre individuellen Vorlieben, was beispielsweise Temperatur, Nährmedium oder Sauerstoffbegasung angeht. Die drei Phagen gegen *Pseudomonas aeruginosa* werden daher nicht gemeinsam produziert, sondern in voneinander getrennten Prozessen, und erst später zusammengemischt. Die Wissenschaftlerinnen entwickelten eine Herstellungsplattform, die sich – individuell angepasst – auch für andere Phagen nutzen lässt. Korf: »Die Infrastruktur für die Phagenproduktion steht. Inzwischen wissen wir, an welchen Schrauben wir drehen müssen, um für jeden Phagen die idealen Bedingungen zu schaffen. Je mehr Phagen wir herstellen, desto mehr Erfahrungen sammeln wir – und desto stärker lässt sich der Prozess beschleunigen.«

Doch bevor der Phagen-Cocktail den ersten Probanden in der Charité verabreicht werden durfte, musste er in präklinischen Studien unter anderem auf unerwünschte Nebenwirkungen oder Toxizität getestet und die Dosis-Wirk-Beziehung ermittelt werden. Dr. Dorothee Winterberg, Abteilungsleiterin Präklinische Toxikologie am Fraunhofer ITEM in Hannover: »Das Präparat wird inhaliert. Wir konnten zeigen, dass das eine sichere Sache ist, weil die Phagen im Tiermodell ausschließlich dort landeten, wo sie hinsollten: in der Lunge. Sie sind weder ins Blut noch in andere Organe gewandert.« Dadurch habe man hier auch keine Nebenwirkungen zu befürchten. Hohe Konzentrationen und eine tägliche Inhalation des Präparats von bis zu 14 Tagen in Folge zeigten keine negativen Effekte.

Insgesamt waren die Studienergebnisse so gut, dass das Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte BfArM grünes Licht für die Aufnahme der klinischen Studien an der Charité geben konnte, die seit Herbst 2023 laufen – zunächst an gesunden Freiwilligen, zurzeit an Patientinnen und Patienten, die unter einer chronischen Besiedlung der Lunge mit *Pseudomonas aeruginosa* leiden. Im Herbst 2025 sollen erste Ergebnisse veröffentlicht werden.

Doch Phagen sind nicht einfach die besseren Antibiotika, Bakterien können auch gegen sie Resistenzen entwickeln. Ideal könnte daher eine Kombination aus beiden sein. »Wir haben infizierte Lungenschnitte mit

unserem Phagen-Präparat und Antibiotika behandelt und gesehen, dass das deutlich besser funktioniert, als wenn man nur eins von beiden einsetzt«, berichtet Dr. Franziska Dahlmann, Gruppenleiterin Infektion und Immunologie. Ihre Wunschvorstellung für die Zukunft: Phagen-Cocktails gezielt mixen und einsetzen zu können, um solche Bakterien abzutöten, die durch Mutation der Antibiotika-Therapie entgehen.

Dafür wäre eine sogenannte magistrale Zubereitung in Apotheken ideal, vermuten ihre Kolleginnen Wienecke und Korf: Hier könnten die Cocktails individuell auf die Patientinnen und Patienten abgestimmt zusammenge-

mischt werden. Auf kostspielige und langwierige klinische Studien könnte man so verzichten, auf entwickelte Resistenzen schnell reagieren und die Zusammensetzung der Phagen-Cocktails flexibel verändern. Im Projekt PhagoFlow haben sie gemeinsam mit der Apotheke, der Mikrobiologie und der Chirurgie des Bundeswehrkrankenhauses Berlin sowie dem Leibniz-Institut DSMZ diesen Weg bereits getestet – mit Erfolg. Finanziert wurde das Pilotvorhaben vom Gemeinsamen Bundesausschuss. Wienecke: »Ich darf schon so viel verraten: Bei einzelnen Patientinnen und Patienten des Bundeswehrkrankenhauses haben die Phagen-Präparate sehr gut geholfen. Wir sind über jeden Fall froh. Wenn man so lange daran forscht, ist es wirklich schön zu sehen, dass man etwas bewirken konnte.« Bevor die Lösung jedoch großflächig umgesetzt werden kann, muss eine Möglichkeit geschaffen werden, den Apotheken sehr viel mehr Phagen für die unterschiedlichen Bakterienarten bereitzustellen. Denn wie jeder Barkeeper sich aus einer Vielzahl an Zutaten bedienen können muss, so muss auch jede Apothekerin und jeder Apotheker auf zahlreiche Phagen-Präparate zugreifen können, um patientenindividuelle Cocktails zu mixen. Mit der Phagen-Herstellungsplattform aus dem Fraunhofer ITEM sind zwar die Voraussetzungen für eine Massenproduktion in großem Stil geschaffen, doch sind aktuell die GMP-Anforderungen zu hoch, um noch mehr Tempo gewinnen zu können. Korf: »Hier wäre es wichtig, sich in Zukunft auf Minimalanforderungen zu einigen, um den Produktionsprozess so schlank und schnell wie nötig zu gestalten.«

»Die Infrastruktur für die Phagenproduktion steht.«

Dr. Imke Korf, Fraunhofer ITEM

reits getestet – mit Erfolg. Finanziert wurde das Pilotvorhaben vom Gemeinsamen Bundesausschuss. Wienecke: »Ich darf schon so viel verraten: Bei einzelnen Patientinnen und Patienten des Bundeswehrkrankenhauses haben die Phagen-Präparate sehr gut geholfen. Wir sind über jeden Fall froh. Wenn man so lange daran forscht, ist es wirklich schön zu sehen, dass man etwas bewirken konnte.« Bevor die Lösung jedoch großflächig umgesetzt werden kann, muss eine Möglichkeit geschaffen werden, den Apotheken sehr viel mehr Phagen für die unterschiedlichen Bakterienarten bereitzustellen. Denn wie jeder Barkeeper sich aus einer Vielzahl an Zutaten bedienen können muss, so muss auch jede Apothekerin und jeder Apotheker auf zahlreiche Phagen-Präparate zugreifen können, um patientenindividuelle Cocktails zu mixen. Mit der Phagen-Herstellungsplattform aus dem Fraunhofer ITEM sind zwar die Voraussetzungen für eine Massenproduktion in großem Stil geschaffen, doch sind aktuell die GMP-Anforderungen zu hoch, um noch mehr Tempo gewinnen zu können. Korf: »Hier wäre es wichtig, sich in Zukunft auf Minimalanforderungen zu einigen, um den Produktionsprozess so schlank und schnell wie nötig zu gestalten.«

Abwasser als Fundgrube

Auch Dr. Belinda Loh vom Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI in Leipzig glaubt, dass wir es uns nicht leisten können, im Kampf gegen multiresistente Keime weiterhin auf Phagen zu verzichten. ►



Dr. Belinda Loh geht in Kläranlagen auf Phagen-Jagd – mit Erfolg. Ihre Sammlung am Fraunhofer IZI umfasst inzwischen 200 unterschiedliche Phagen. Rund die Hälfte ist gegen *Klebsiella pneumoniae* wirksam, einem gefürchteten Krankenhauskeim (orange eingefärbt).

Gemeinsam mit ihrer Forschungsgruppe und in Kooperation mit mitteldeutschen Krankenhäusern arbeitet die Wissenschaftlerin aus Singapur daher ebenfalls an der Entwicklung von Phagen-Therapeutika.

Um wirksame Bakterienfresser gegen häufige Problemkeime aufzuspüren, machen sich Loh und ihr Team regelmäßig auf den Weg zur Kläranlage. »Je schmutziger das Wasser, desto besser«, sagt sie. Denn Phagen entdeckte man nur dort, wo sich ihre Wirte tummeln, die Bakterien. »Es ist eine Koevolution. Man kann das eine nicht ohne das andere finden.« Loh gibt zu: »Das gehört nicht gerade zu meinen Lieblingsjobs. Das Wasser ist so schmutzig, dass es zum Teil nicht einmal mehr flüssig ist, und der Geruch ist wirklich furchtbar.« Doch die Qual lohnt sich: Das Abwasser ist eine wahre Fundgrube. Inzwischen umfasst ihre Sammlung rund 200 Phagen, etwa die Hälfte ist gegen *Klebsiella pneumoniae* wirksam – ein gefürchteter Krankenhauskeim, der bei geschwächten Kranken schwere Lungenentzündungen oder Sepsis, also Blutvergiftung, auslösen kann. Er ist zunehmend resistent gegen gängige Antibiotika und kann weitere Infektionen begünstigen. Auch gegen andere problematische Erreger wie *Pseudomonas aeruginosa* oder multiresistente Enterokokken hat Loh wirksame Phagen entdeckt.

Neben dem Einsatz der Phagen selbst erforschen Loh und ihr Team auch die therapeutische Verwendung ein-

zelner Phagen-Proteine. Loh: »Ein Phage besteht aus DNA, die von einer Proteinhülle umschlossen ist. Zudem produziert er weitere Proteine, die Bakterien abtöten können. Um das Bakterium zu zerstören, nutzen wir bestimmte Phagen-Proteine, die Zellwand und Zellmembran durchlöchern.« Man könne sich das Bakterium wie einen prall gefüllten Wasserballon vorstellen, in den mit sehr dünnen Nadeln gepikst wird: »Irgendwann platzt er.« Die Vorteile dieser Methode: Antibakterielle Proteine wirken nicht nur auf sehr spezifische Bakterienstämme, sondern breiter. Loh: »Weit wichtiger ist jedoch, dass die Arzneimittelzulassung vereinfacht wird.« Denn die therapeutischen Proteine dürfen im Unterschied zu Viren als sogenannte Biologika produziert werden. Man könnte sie wie ein chemisches Antibiotikum einsetzen. Das Problem bestehe allerdings darin, so Loh, geeignete Proteine zu finden: »Ich schaue mir daher jeden Phagen genau an und identifiziere alle Gene, die potenziell

interessant sein könnten. Dann stelle ich die Proteine separat in Bakterien her und teste sie.«

Doch selbst wenn die Phagen-Forschung zurzeit an Dynamik gewinnt: Es wird wohl noch einige Zeit dauern, bis erste Präparate auf den Markt kommen. Bis dahin ist es umso wichtiger, die Ausbreitung der gefährlichen Erreger einzudämmen und die Zahl der Infektionen, vor allem in Krankenhäusern oder Altenheimen, so gering wie möglich zu halten. Ein Forschungsteam am Fraun-

»Weit wichtiger ist jedoch, dass die Arzneimittelzulassung vereinfacht wird.«

Dr. Belinda Loh, Fraunhofer IZI

Turbo-Diagnostik in Briefmarken-Größe

Egal, ob Phagen oder Antibiotika – entscheidend für den Behandlungserfolg sind schnelle Diagnostiksysteme, die idealerweise bereits vor Ort im Krankenhaus den Infektionserreger inklusive vorhandener Resistenzen identifizieren. Daran arbeitet ein Team am Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie, Institutsteil für Bioanalytik und Bioprozesse IZI-BB in Potsdam. Emily Mattig, technische Mitarbeiterin in der Arbeitsgruppe Point-of-Care-Technologien: »Der klassische Erregernachweis über eine Blutkultur dauert etwa fünf bis sieben Tage. Wir wollen es in vier Stunden schaffen.« Bei schweren Infektionen und besonders bei Sepsis, also einer Blutvergiftung, ret-

tet die Zeitersparnis Leben. Der Trick: Mattig und ihr Team weisen das Bakterium über seine DNA nach, statt die Blutprobe in speziellen Nährmedien zu bebrüten und darauf zu warten, dass mögliche Mikroorganismen langsam heranwachsen, um sie identifizieren zu können. Dafür isolieren die Forscherinnen und Forscher zunächst die Bakterien-DNA, vervielfältigen sie und geben sie auf ein Microarray – einen Chip, auf dem zahlreiche DNA-Gegenstücke unterschiedlicher Bakterien angeordnet sind.

»Wenn die DNA an einem dieser Gegenstücke bindet, die wir Sonden nennen, haben wir den Erreger gefunden«,

hofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart hatte zu diesem Zweck eine einfache, aber sehr effektive Idee, die bereits erfolgreich in zwei Kliniken getestet wurde: antimikrobielle Wandfarbe, die Bakterien und Viren zuverlässig abtötet. Dr. Christina Bauder, Teamleiterin Lackchemische Anwendungstechnik: »Wir haben der Farbe photokatalytisch aktive Pigmente beigemischt. Durch Tageslicht oder künstliche Raumbelichtung werden sie aktiviert und bilden Radikale, die mit den Keimoberflächen reagieren und sie so zerstören.« Dafür müssen die Erreger noch nicht einmal mit der Wandfläche direkten Kontakt haben – es reicht, wenn sie durch die Luftzirkulation in die unmittelbare Nähe kommen. »Das Schöne an unserer Methode ist: Die chemische Reaktion läuft endlos weiter, der Photokatalysator wird nicht verbraucht«, unterstreicht Bauder. Denn er nutzt den Sauerstoff und das Wasser aus der Raumluft, um die für Menschen ungefährlichen Radikale zu erzeugen. So behält die Wandfarbe dauerhaft ihre Wirksamkeit – im Unterschied zu anderen antimikrobiellen Beschichtungen, die nach und nach Stoffe abgeben, um die Keime abzutöten. Bauder: »Wenn diese Substanzen aufgebraucht sind, ist der Schutz nicht mehr gegeben. Das kann bei uns nicht passieren. Sogar im Dunkeln hat unser Photokatalysator eine Restaktivität, die mindestens 24 Stunden anhält.« Die Ergebnisse der Feldversuche in der Oberchwabenklinik in Ravensburg und im Kantonsspital Graubünden in Chur sind beeindruckend: Die Farbe war hochwirksam, die Abstrichproben, die die Forschenden von den Wänden nahmen, waren nahezu keimfrei.

Trotz aller Lösungsansätze bleibt die Antibiotikakrise hochgefährlich, denn es gibt ein besonderes Problem:

Antibiotika sind nicht lukrativ. Die Preise sind niedrig, die Entwicklungskosten hoch. »Eigentlich müssten wir in der Lage sein, dieser schleichenden Pandemie, wie es der frühere Präsident des Robert Koch-Instituts Lothar Wieler einmal formuliert hat, mehr entgegenzusetzen«, sagt Dr. Dorothee Winterberg vom Fraunhofer ITEM. Es gebe zwar zahlreiche Forschungsinitiativen, aber leider zu wenig Geld. Winterberg seufzt: »Das macht einen manchmal verückt.« Ähnlich sieht das Prof. Till Schäberle vom Fraunhofer IME. »Der Markt wird es nicht richten, das muss staatlich gesteuert werden«, ergänzt er. Er setzt Hoffnungen auf große, global agierende Förderinitiativen wie CARB-X, die unter anderem von der Bill & Melinda Gates Foundation, der US-amerikanischen und kanadischen Regierung sowie dem deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung unterstützt wird. Schäberle ist überzeugt: »Es ist nötig und daher wird sich auch etwas tun.« ■

Emily Mattig forscht am Fraunhofer IZI-BB an Diagnostiksystemen, die lebensbedrohliche Erreger wie *Pseudomonas aeruginosa* (in Blau) und Resistenzen rasch erkennen.



erklärt Mattig. Gemeinsam mit ihren Kolleginnen und Kollegen ist es ihr gelungen, modifizierte Sonden auch für Resistenzen zu entwickeln: »Bei Resistenzen reicht es nicht, nur das Gen nachzuweisen. Es kommt auf spezifische Punktmutationen an, die sich in dem Gen befinden. Aber auch die können wir identifizieren.« Dabei ist das Microarray winzig. Auf einer Fläche von etwa drei Quadratzentimetern finden 5000 Sonden Platz. Das komplette Diagnostiksystem ließe sich problemlos im Behandlungszimmer einer Klinik unterbringen. So könnte man sich den zeitraubenden Weg über externe Labore zukünftig sparen.

Stille Nacht, heile Nacht

Der neue Personenscanner vom Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik FHR sorgt dafür, dass der Bummel über den Weihnachtsmarkt rundum sicher verläuft.

Von Laura Rottensteiner-Wick

Weihnachtsmarkt: Das bedeutet Glühwein, süße Leckereien, Vorfreude aufs Fest – und leider, wie jede Veranstaltung mit vielen Menschen, auch ein gewisses Sicherheitsrisiko. Im Jahr 2023 wurden gleich zwei mutmaßliche Anschlagspläne in Niedersachsen und NRW bekannt. Im weihnachtlichen Gedränge und an allen anderen Orten mit großen Menschenmengen könnte der neue Personenscanner des Fraunhofer-Instituts für Hochfrequenzphysik und Radartechnik FHR in Wachtberg bei Bonn künftig für mehr Sicherheit sorgen, ohne dadurch die friedliche Adventsstimmung zu stören.

»**Gewalttätige Übergriffe** zeigen uns leider immer wieder, dass in der Öffentlichkeit ein großer Bedarf herrscht an präventiven Sicherheitsmaßnahmen, die aber gleichzeitig praktikabel sein müssen und nicht in die natürlichen Abläufe und Persönlichkeitsrechte eingreifen sollen«, erläutert Patrick Wallrath, Gruppenleiter 3D-Signalverarbeitung am Fraunhofer FHR, die schwierige Ausgangslage. »Etablierte Systeme sind auf dünne Kleidung und Stillstand angewiesen und so für eine breit gefächerte und niederschwellige Detektion von gefährdenden Gegenständen nicht geeignet.« Wallrath und sein Team haben im Rahmen des übergeordneten »NATO Science for Peace and Security«-Programms DEXTER nun eine Lösung entwickelt, die eine einfache Sicherheitsüberwachung an Orten mit hohem Personenaufkommen ermöglichen könnte. Ein neuartiger Bodyscanner, der die Vorbeilaufenden mittels einer Vielzahl von Radarantennen und -empfängern auch in

Bewegung nach einschlägigen Geometrien absuchen und so Messer, Pistolen und andere gefährliche Gegenstände detektieren kann. »Das Material der Gegenstände ist dabei nicht ausschlaggebend, obwohl Metall im Bild ein bisschen stärker leuchtet«, erklärt Wallrath.

Die Bildgebung in Bewegung wird möglich durch eine innovative Verschaltung vieler sogenannter MIMO-Radarsysteme, kurz für »multiple Input, multiple Output«: Durch 352 Sende- und 528 Empfangsantennen lässt sich von einer Person selbst in Bewegung ein Bild erzeugen. Das Prinzip: Die Radarwellen durchdringen die Kleidung und werden von einem Messer oder anderen Waffen reflektiert. Jede Messung liefert etwa 80 000 Signale, aus denen jeweils in Echtzeit mehrere Bilder rekonstruiert werden. Dafür implementierte das Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI in Sankt Augustin die Rekonstruktionsalgorithmen des Fraunhofer FHR auf eine Grafikkarte. Das System kompensiert die Geschwindigkeit der abzubildenden Person während der Bilderstellung. Pro Sekunde erzeugt der Scanner fünf Bilder, deren Auswertung mittels künstlicher Intelligenz in Echtzeit erfolgt; diesen Teil lieferte der französische Partner ONERA. Dabei kann der Scanner auch optisch verborgen installiert werden, um keine Aufmerksamkeit darauf zu lenken.

»Sich für den richtigen Frequenzbereich zu entscheiden, ist herausfordernd. Hierbei muss zwischen zwei Ansprüchen abgewogen werden: Je hochfrequenter, desto besser ist die Bildauflösung. Niedrigere Frequenzen begünstigen aber die Durchdringung, die ja nötig ist, um etwa auch unter Winterkleidung versteckte Ge-

genstände zu entdecken«, sagt Dr. André Froehly, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer FHR. »Wir verwenden Radarwellen im Frequenzbereich von 6,5 bis 10,5 Gigahertz, so ist auch dickere Kleidung kein Problem.« Das bietet zwei Vorteile: Zum einen bewegt sich die Sendeleistung des Scanners in einem gesundheitlich unbedenklichen Bereich – wie etwa die eines Mobiltelefons. Zum anderen sind auf den Bildern keine Personen identifizierbar, somit sind sie in Bezug auf den Datenschutz unkritisch.

»**Der angestrebte Einsatzbereich** sind öffentliche Räume mit hohem Personenaufkommen«, so Wallrath. »Es gibt auch schon konkrete Anfragen von Sicherheitsbehörden.« In einer U-Bahnstation in Rom wurde ein Prototyp des Scanners bereits erfolgreich getestet. Aufgrund von auftretenden Verschattungen auf den Bildern ist allerdings eine geeignete Positionierung der Scanner relevant. »Optimal ist eine Verengung, an der die Personen einzeln hintereinander gehen, wie etwa an einer Rolltreppe. Mit mehreren Scannern nebeneinander können auch viele parallele Durchgänge überwacht werden, wie zum Beispiel am Eingang eines Weihnachtsmarkts.« Derzeit kann eine Durchgangsbreite von 80 Zentimetern abgedeckt werden. Im Hinblick auf eine erhöhte Funktionalität strebt das Team nun eine Erweiterung auf etwa zwei Meter an. »Das Ziel ist definitiv machbar«, zeigt sich Patrick Wallrath optimistisch. »Aktuell suchen wir geeignete Partner für die Weiterentwicklung, damit unser Scanner irgendwann breitgefächert eingesetzt werden und für möglichst viele Menschen mehr Sicherheit schaffen kann.« ■



Foto: Sebastian Weingart/DML-BY

»Der angestrebte Einsatzbereich sind öffentliche Räume mit hohem Personenaufkommen.«

Patrick Wallrath,
Fraunhofer FHR

Unbeschwerte Weihnachtszeit: Dafür müssen auch Christmärkte (Foto: Striezelmarkt in Dresden) abgesichert werden.

Gründen mit Fraunhofer:
**Aus der Wissenschaft in
 die Wirtschaft**

Aus Kulturgut wird Gigabyte

Mit einem mobilen 3D-Scan-System unterstützt das Fraunhofer-Spin-off Verus Digital Museen beim Sprung ins digitale Zeitalter. Auch die Polizei hat Interesse an der Highend-Technologie.

Von Beate Strobel



Für die Ewigkeit: COO Martin Schurig digitalisiert ein römisches Schwert des Osloer Kulturhistorik Museum.

Der wahre Schatz deutscher Museen liegt nicht in der Vitrine, sondern im Verborgenen: Nur rund drei Prozent der Exponate werden tatsächlich ausgestellt, der Mammutanteil des kulturellen Erbes lagert in Kellern, in Archiven und Depots. Wäre es da nicht wunderbar, auch diese Werke der weltweiten Öffentlichkeit zugänglich machen zu können? Und das womöglich sogar, ohne dass die Interessenten und Interessentinnen extra anreisen und durch die Lager geführt werden müssten?

Die Lösung für das Dilemma lautet: Digitalisierung. Egal, ob es um die Inventarisierung und Verwaltung von Sammlungen geht, um Forschung, Ausstellungskonzepte oder Partizipation der Bevölkerung am Kulturerbe: Digitale Technologien können die Arbeit der Museen erleichtern – und stellen diese zugleich vor große Herausforderungen hinsichtlich

Fachwissen und Durchführung. »Die meisten Museen und Kulturinstitutionen haben nur begrenzt Zugang zu IT- und 3D-Experten im Haus«, erklärt Matevz Domajnko. Der aus Slowenien stammende Ingenieur forschte über mehrere Jahre in der Abteilung »Digitalisierung von Kulturerbe« des Fraunhofer-Instituts für Graphische Datenverarbeitung IGD in Darmstadt an technischen Möglichkeiten, selbst fragile Artefakte zu scannen. Mit dem dafür entwickelten CultLab3D-System gewann das Team mehrere Innovations- und Kulturpreise: Die aus zwei über ein Laufband verbundenen Scan-Stationen bestehende Digitalisierstraße erfasst Objekte vollautomatisch binnen zehn Minuten von allen Seiten und bildet diese mit einer Auflösung im Sub-Millimeter-Bereich digital ab.

Für den mobilen Einsatz in Museen rund um den Globus ist das acht Meter lange CultLab3D-System allerdings zu

groß. Als Alternative entwickelte Matevz Domajnko deshalb mit den Fraunhofer-Kollegen Reimar Tausch und Martin Schurig den CultArm3D: eine Kombination aus Roboterarm und 3D-Scanner, der auf Knopfdruck völlig autonom alle sichtbaren Oberflächen eines Objekts scannt und aus den Daten dessen Digitalen Zwilling generiert, der »web ready« ist, also im Internet und für VR- und AR-Anwendungen genutzt werden kann – oder aber als Datenquelle für den 3D-Druck dient.

Die Realität hochpräzise abbilden

»Bei der Entwicklung des CultArm3D waren uns drei Faktoren besonders wichtig: die Sicherheit des Objekts, die Geschwindigkeit des Scans – und die Qualität des 3D-Modells«, betont Domajnko. Denn nur wenn die Technologie absolut konsistente Resultate liefert, kann das Digitalmodell



Sehenswert: Digitale Ergebnisse des CultArm3D in Aktion finden Sie in diesem Video.

»Unser Ziel für 2025 ist, die Technologie weiterzuentwickeln, Standards zu setzen und uns als globale Nummer eins zu etablieren.«

Matevz Domajnko,
CEO Verus Digital

über die Präsentation im Museum oder im Internet hinaus für wissenschaftliche Analysen und Simulationen verwendet werden.

Auch das Handling des Systems wurde denkbar einfach gestaltet. Domajnko: »Der Kurator muss lediglich das Objekt platzieren. Das System lernt dann automatisch die wichtigsten Parameter des Objekts, also etwa Größe und Form, sodass der Arm beim Scan das Kunstwerk nicht versehentlich zerstört.« Dadurch ist das Museumspersonal bereits nach einer kurzen Schulung in der Lage, den CultArm3D zu bedienen.

Die digitale Transformation in den Museen und Instituten hat erst begonnen, es gibt noch viel zu tun. Daher begeisterten sich die drei Forscher schnell für die Idee, die Technologie als Spin-off des Fraunhofer IGD voranzutreiben und auf den Markt zu bringen. 2023 gründete das Wissenschaftstrio das Start-up Verus Digital mit Domajnko als CEO, Reimar Tausch als VP Engineering und Martin Schurig als COO. Inzwischen ist das Team auf acht Mitarbeiter angewachsen, auch weil das Einsatzgebiet von CultArm3D ausgeweitet wurde auf die Forensik. Für Geschäftsführer Domajnko ein logischer Skalierungsschritt: »Bei Funden von Verdächtigen oder Tatorten geht es um die maximal präzise und konsistente digitale Dokumentation der potenziellen Beweismittel, die gegebenenfalls auch vor Gericht standhalten muss. Den Kriminalbeamten und -beamtinnen bietet das 3D-Modell die Möglichkeit der Simulation, ohne dafür das reale Objekt nutzen zu müssen.« Aktuell arbeitet Verus Digital hier mit der Polizei Hessen zusammen, die ihre Asservatenkammer mit der CultArm3D-Technologie für effiziente Analysen und eine bessere Präsentation digitalisieren will. Eine Ausweitung der Systemnutzung für die Landeskriminalämter sowie das BKA ist bereits angedacht.

Die starke Verbindung zu Fraunhofer bleibt

Hilfe für die Gründungs- und Startphase von Verus Digital holte sich das Team im

Fraunhofer-Programm AHEAD, das als eine Art Business-Inkubator Geschäftsmodelle validiert und potenzielle Entrepreneure aus der Forschung mit Workshops und Coachings auf das »Überleben« in der freien Wirtschaft vorbereitet. Auch die Expertise von Fraunhofer Venture, dem Ausgründungs- und Beteiligungsmanagement der Fraunhofer-Gesellschaft, war den Business-Neulingen sehr wichtig. Das Fraunhofer IGD ist von Beginn an Shareholder des Start-ups und unterstützt bei der Weiterentwicklung der Technologie: »Die Connection zu Fraunhofer ist nach wie vor sehr stark«, so Domajnko.

Zusammen mit zwei externen Business Angels haben die jungen Gründer bereits neue Anwendungsfelder detektiert, etwa die Kooperation mit geologischen Instituten für die Digitalisierung von Gesteinsformationen. Oder aber die Arbeit für Auktionshäuser, die ihrer weltweiten Kundschaft dadurch einen detaillierten Blick auf die Ware ermöglichen können. Auch der 3D-Druck von Kunstwerken und Gemälden ist interessant, da CultArm3D nicht nur Formen, sondern auch Farben präzise scannen und verarbeiten kann. Matevz Domajnko zeigt ein dreidimensional gedrucktes Gemälde, bei dem jeder einzelne Pinselstrich erkennbar ist: »Man sieht keinerlei Unterschied zum Original!«

Vorerst aber sollen bei Verus Digital die Schwerpunkte »Heritage« und »Forensik« im Zentrum stehen: »Unser Ziel für 2025 ist, die Technologie in diesen Feldern weiterzuentwickeln, hier Standards zu setzen und uns als globale Nummer eins zu etablieren«, fasst Domajnko zusammen. Es soll etwas Ruhe in den Alltag kommen, denn die Jahre seit dem Aufkeimen der Gründungsidee wirken auf den CEO rückblickend wie eine Achterbahn: »In zwei Tagen ereignete sich oft so viel wie davor in zwei Monaten.« Seine wichtigste Botschaft an andere Entrepreneure – bei einer guten Geschäftsidee nicht lange zaudern, sondern einfach durchstarten: »Je länger man auf die perfekten Rahmenbedingungen wartet, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass man das Zeitfenster verpasst.« ■

Stimme aus der Wirtschaft



Marie-Christine Ostermann leitet das Familienunternehmen Rullko mit rund 200 Mitarbeitenden und einem Umsatz von 91 Millionen Euro.

Innovation braucht Freiheit und Zuversicht

Weniger staatliche Regulierungen, mehr Mut zu Investitionen in unsere Zukunft – das könnte die deutsche Wirtschaft wieder nach vorne bringen.

Ein Standpunkt von Marie-Christine Ostermann, Präsidentin des Verbandes »Die Familienunternehmer e.V.«

Erinnern Sie sich an große staatlich induzierte Erfindungen oder Errungenschaften? Ja, sicher, es gab sie – zum Beispiel die von den USA unter Präsident Kennedy angestrebte und dann schließlich auch erreichte Mondlandung. Ein großer Wurf, der in unglaublich vielen Feldern Fortschritt und Grundlagen geschaffen hat. Aber letztendlich sind erfolgreiche Wissenschaftsprojekte, bei denen der Staat die Richtung vorgibt, sehr selten. Zu oft dienen sie nur kurzfristigen politischen Zielen oder dem Prestige. Auch die Mondlandung war, trotz der unglaublichen Katalysatorleistung für unzählige Wirtschaftszweige, ein Projekt mit Hintergedanken. Das schnelle Ende der auskömmlichen Finanzierung der NASA nach dem Sieg im »Space Race« spricht hier Bände.

Aber wie viele Innovationen kommen dagegen von privat startenden Erfindern, Tüftlern, Ingenieuren, Freigeistern? Wie viel mehr könnten es gerade bei uns in Deutschland sein, wenn nicht alles von vornherein staatlich vorgegeben würde? Wie oft höre ich von Familienunternehmern, dass die PV-Anlage nicht aufs Dach kann, weil sie zu groß ist, weil das Netz nicht ausreicht, weil rechtliche Hemmnisse sie unwirtschaftlich machen.

Wie oft stehen staatliche Regularien im Weg? Wie oft fehlt das Eigenkapital für Wagnisse, weil die Steuerlast in Deutschland im internationalen Wettbewerb so hoch ist, dass nur Ersatzinvestitionen möglich sind und keine Erweiterungsinvestitionen. Laut einer Umfrage unter Familienunternehmern wollen bzw. können nur noch 18 Prozent ihr Unternehmen durch Investitionen erweitern. 49 Prozent der Unternehmen wollen gar keine Investitionen tätigen, nicht einmal Ersatzinvestitionen.

Ich lese die neuesten Meldungen über das US-amerikanische Raketensystem Starship via Google News auf meinem iPhone und verfasse in Microsoft Word Gastbeiträge dazu – und frage mich: Wo sind eigentlich die deutschen Musks, Pages, Brims, Jobs´ und Gates´? Wo sind unsere deutschen Genies und wirtschaftlichen Einhörner? Es gibt sie sicherlich, denn unser Land ist ja zu Recht berühmt für seinen Erfindergeist. Aber werden sie hier auch erfolgreich? Nein, weil bei uns die Rahmenbedingungen nicht stimmen.

Eine private Finanzierung mit Risikokapital – genau das, was für Innovationen nötig ist – finden die wenigsten. Denn in Deutsch-

»Wir brauchen ein Steuersystem, das Mut akzeptiert und auch Gewinne nicht bestraft.«

Marie-Christine Ostermann

- ▶ ist seit 2015 Gesellschafterin der Startup Teens GmbH und stellvertretende Vereinsvorsitzende des STARTUP TEENS Netzwerk e.V., der junge Menschen für das Unternehmertum begeistern will.
- ▶ trat 2013 in die FDP ein und wurde im selben Jahr Präsidiumsmitglied des Verbands »Die Familienunternehmer e.V.«; seit April 2023 ist sie dessen Präsidentin – die erste Frau in dieser Position seit Gründung der Lobbyorganisation vor 75 Jahren.
- ▶ war zunächst als Bereichsleiterin bei Aldi Süd in München tätig, bevor sie 2006 bei dem von ihrem Urgroßvater 1923 gegründeten Lebensmittelgroßhandel Rullko Großeinkauf GmbH & Co. KG als geschäftsführende Gesellschafterin einstieg.
- ▶ wurde 1978 in Hamm geboren. Nach dem Abitur absolvierte sie von 1997 bis 1999 eine Ausbildung zur Bankkauffrau, studierte anschließend Betriebswirtschaftslehre an der Universität St. Gallen und machte 2004 ihren Abschluss als Diplomkauffrau.

land ist mutiges unternehmerisches Risiko immer verdächtig, weshalb auch privates Kapital als Ressource von deutschen Politikern abschätzig oder zumindest gierig betrachtet wird. Wenn überhaupt muss es aus Sicht der um sich greifenden Staatsgläubigkeit besteuert werden. Aber privat eingesetzt? Um Erfolg zu haben? Womöglich noch, um Geld zu verdienen? Schockschwerenot. Also gehen die deutschen Stars von morgen doch lieber dorthin, wo sie Chancen haben: ins Ausland.

Auch die »alteingesessenen« Familienunternehmer würden gern mehr wagen, haben aber die gleichen Probleme wie die Start-ups. Wir haben in Deutschland hohe Lohnnebenkosten – von denen bei meinen Mitarbeitern leider netto viel weniger ankommt –, hohe Energiekosten, hohe Steuerlasten, wahnsinnig hohe Bürokratiekosten, eine lahme Digitalisierung, eine ineffiziente Verwaltung.

Von der Rendite des eingesetzten Kapitals halten wir trotz all dieser Kosten unsere Betriebe am Laufen. Wir Unternehmerinnen und Unternehmer investieren, was wir können, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Aber viel bleibt dann nicht übrig, um mal ins Risiko zu gehen und einfach etwas auszuprobieren und womöglich auch zu scheitern. Und vieles, was man ausprobieren möchte, stößt dann auch noch auf bürokratische Hürden. Schon allein unser Arbeitsrecht ist derart restriktiv, dass wir Unternehmer Angst haben müssen, wenn vielleicht ein paar leidenschaftliche Mitarbeiter noch nach Feierabend an einer pfiffigen Idee basteln wollen. So bringen wir keine Innovationen hervor!

Statt Verzagtheit brauchen wir Zuversicht und Freiheit. Freiheit, um zu wirtschaften und Eigenkapital anzusammeln und um eine Idee oder einen Versuch wagen zu können. Wir brauchen ein Steuersystem, das Mut akzeptiert, Investitionen und Verlustphasen geltend werden lässt und auch Gewinne nicht bestraft. Denn wer keine Aussicht auf Gewinn hat, der investiert nicht – auch nicht in Innovationen.

Vor allem aber brauchen wir eine neue Mentalität. Eine Gesellschaft, die ein Scheitern nicht verurteilt, sondern die anerkennt, die etwas versuchen. Wir brauchen einen Staat, der die Freigeister, Ingenieure und Unternehmer machen und ausprobieren lässt, statt sich anzumaßen, es besser zu wissen, oder vorzugeben, wie die Zukunft auszusehen hat. Innovation braucht Freiheit – auf allen Ebenen. ■

Sichere Sache

Krebstherapie ist teuer und aufwendig. Ein Verfahren, mit dem sich Immuntherapeutika deutlich günstiger herstellen lassen, entwickeln Forschende des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA – ganz ohne Reinraum und dennoch steril.

Von Yvonne Weiß

Sofern sie wirksam ist, kann sie beinahe Unmögliches möglich machen – und selbst aggressive Formen von Krebs, etwa Leukämie, vollständig heilen. Moderne Gen- und Immuntherapien wie die sogenannte CAR-T-Zelltherapie sind hochwirksam. Doch die Behandlung hat ihren Preis: Etwa 300 000 Euro pro Patient kostet beispielsweise eine Therapie mit dem Wirkstoff Kymriah.

An einer kostengünstigeren und damit für mehr Menschen einsetzbaren Lösung arbeiten Fraunhofer-Forschende im Projekt SteriDoc: »Wir möchten einen teuren Schritt in der Herstellung von Immuntherapeutika optimieren – und die Kosten für eine Behandlung damit senken«, erklärt Michael Pfeifer, Experte im Bereich Technologie- und Geräteentwicklung am Fraunhofer IPA.

Leiden Patientinnen und Patienten etwa an Leukämie, wird ihnen zunächst Blut abgenommen; die Immunzellen werden danach extrahiert. Die körpereigenen Zellen werden anschließend genetisch so modifiziert, dass sie – millionenfach vermehrt und zurück im Körper – in der Lage sind, bösartige Krebszellen effektiv zu bekämpfen.

Um die isolierten Zellen zu separieren, zu reinigen, genetisch zu verändern, zu vermehren und abschließend zu konzentrieren, kommt bisher ein sehr komplexes

Verfahren zum Einsatz. Dieses findet – zur Sicherheit der Patienten – in hermetisch abgeschlossenen Behältern statt, die mit Schläuchen untereinander verbunden sind. Der Prozess selbst geschieht in speziellen Anlagen größtenteils automatisiert

»Perspektivisch ist es möglich, derzeit unheilbare Krankheiten zu heilen. Es motiviert uns sehr, wenn wir dazu etwas beitragen können.«

Michael Pfeifer,
Fraunhofer IPA

und dauert bis zu zwei Wochen. Währenddessen werden mehrmals Substanzen aus kleinen Flaschen, sogenannten Vials, hinzugegeben. Um die Sterilität sicherstellen zu können, darf das geschlossene System dabei nicht geöffnet werden. Die Subs-

tanzen befähigen die körpereigenen Zellen, später den Tumor im Körper anzugreifen.

Die Übertragung vom Fläschchen in das geschlossene Schlauchsystem erfordert bislang absolute Sterilität und Handarbeit: »Bisher werden die modifizierten Zellen unter strengen Vorschriften im Reinraum transferiert«, erklärt Experte Richard Rösch. »Grund dafür ist, dass die Zellkultur im Gegensatz zum menschlichen Körper kein eigenes Immunsystem besitzt. Gerieten Keime hinein, würden sie also ungehindert mitwachsen.«

Gemeinsam mit ihrem Kollegen Markus Schandar möchten Richard Rösch und Michael Pfeifer eine automatische Verbindung zwischen Vials und geschlossenen Systemen möglich machen – und so den teuren und aufwendigen Verbindungsschritt im Reinraum durch ein Laborgerät ersetzen. Pfeifer: »Sobald eine wirksame Therapieform gefunden wird, die viele Menschen benötigen, muss sie bezahlbar und so für die breite Masse zugänglich sein. Hier wollen wir unterstützen.«

Die Idee der Forschenden: Um die modifizierten Zellen sicher zwischen zwei geschlossenen Systemen transferieren zu können, kommt eine spezielle Nadel zum Einsatz. Diese ist von einer Silikonhülle umgeben, welche sich induktiv erhitzen lässt. Bevor die Nadel in das verschlossene Fläschchen mit der Zellkultur eindringt,

Absolut steril: Um Krebsarten wie Leukämie effizient zu bekämpfen, kommt die sogenannte CAR-T-Zelltherapie zum Einsatz.

wird ihre Hülle erhitzt – und tötet so mögliche Keime ab.

Ist die Nadel anschließend wieder abgekühlt, wird das Gefäß gedreht. Daraufhin lassen sich die Reagenzien mit Unterdruck durch die Nadel entnehmen. So können immer wieder unterschiedliche Substanzen hinzugefügt werden, die für die Modifikation der körpereigenen Zellen nötig sind. Ist die Kultivierung abgeschlossen und sind die veränderten Zellen aufbereitet, landen sie im Schlauchsystem – und können später dem Patienten zugeführt werden.

Aktuell feilen Pfeifer, Rösch und Schandrar an der Produktion der Nadel und ihrer Umhüllung; deren Material muss nicht nur biologisch verträglich, sondern auch induktiv erhitzbar sein. Einen Demonstrator der Technologie gibt es schon, ihre Funktionalität haben die Fraunhofer-Forscherinnen damit bereits bewiesen.

Die Chancen, die die Technologie für diverse Behandlungsmethoden künftig bieten kann, stimmen die Wissenschaftler optimistisch: »Perspektivisch ist es möglich, derzeit unheilbare Krankheiten zu heilen«, so Michael Pfeifer. »Es motiviert uns sehr, wenn wir dazu etwas beitragen können.«

Auch Richard Rösch freut sich, das Projekt voranzutreiben: »Der Markt ist noch offen, es gibt bisher keinen Produktionsstandard. Es macht Spaß, in diesem Bereich Pionierarbeit zu leisten.« ■



Modell statt Maus

Fast jeder zweite Mensch in Deutschland erkrankt in seinem Leben an Krebs. Um herauszufinden, wie sich Tumorzellen optimal bekämpfen lassen, setzen Fraunhofer-Forschende nun auf ein künstliches Mikrosystem anstatt auf Tierversuche – und modellieren dafür menschliche Organe aus Kunststoff.

Von Yvonne Weiß

Sie ist schwammig-weich, etwa 800 Gramm schwer und überlebensnotwendig: die menschliche Lunge. Am Ende verschlungener Atemwege sitzen mehr als 300 Millionen Bläschen. Entwickeln sich bösartige Tumore in der Lunge, passiert dies meist in den Zellen dieser Bläschen. Wie sich Tumorzellen in der Lunge ausbreiten und mit neuen Medikamenten effizienter bekämpfen lassen, haben Forschende des Fraunhofer-Instituts für Werkstoff- und Strahltechnik IWS und des Fraunhofer-Instituts für Toxikologie und Experimentelle Medizin ITEM in einem Projekt mit der Universität Regensburg untersucht.

Anstelle eines Tierversuchs setzen sie dabei auf ein spezielles Mikrosystem: Aus Kunststoff erschaffen die Forschenden das Modell einer menschlichen Lunge – und bilden darin mithilfe menschlicher Zellen Abläufe des Körpers sowie Krankheitsprozesse ab: »Mit unserem System möchten wir verschiedene Facetten des Körpers möglichst realitätsnah simulieren«, erklärt Prof. Armin Braun, Leiter des Bereichs Präklinische Pharmakologie und Toxikologie am Fraunhofer ITEM.

Menschliche Organe im Modellformat

Zum Einsatz kommt das System, um neue Behandlungswege zu testen. Während herkömmliche Tumorthérapien nicht nur bösartige, sondern auch gesunde Zellen angreifen, sollen neue Wirkstoffe das Immunsystem stärken und Bremsen lösen.

Diese Bremsen hat der Tumor, vereinfacht gesagt, installiert, um das Immunsystem zu blockieren. Anschließend ist es nicht mehr in der Lage, den Tumor anzugreifen.

Um die Wirksamkeit der neuen Therapien zu prüfen, braucht es laut Prof. Braun ein System, das dem menschlichen Körper ähnlicher ist als etwa der Körper einer Maus. Zudem dauere es mehrere Tage, die neuen Medikamente zu testen. In diesem Zeitraum müssten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die zu untersuchenden Tumor- und Immunzellen am Leben erhalten.

Aus mehreren Lagen Kunststoff bilden Florian Schmieder, Gruppenleiter Mikro- und Biosystemtechnik am Fraunhofer IWS, und sein Team menschliche Organe nach. Ausgestattet mit Kanälen und Kammern, Pumpen und Ventilen ist das Modell in etwa so groß wie ein Smartphone. Innerhalb des Systems kultivieren die Forschenden auf einem visitenkarten-großen Chip menschliche Zellen. Diese stammen aus dem Gewebe einer Lunge, die von einem Tumor befallen wurde. Die Probe enthält also lebende Immun- sowie Tumorzellen.

»Unsere Organe sind im Körper eingebettet in eine physiologische Umwelt«, erklärt Florian Schmieder. »Diese Umwelt stellen wir in unserem Modell realitätsnah nach – und steuern Faktoren wie Sauerstoffkonzentration, pH-Wert und CO₂-Gehalt.« Herz- und Lungenfunktion simuliert Schmieder dabei elektrisch mit einer Pumpe. Eine blutähnliche Nährstofflösung ersetzt den Blutfluss und garantiert das Überleben der Zellen.

Die Tests der befallenen Gewebeprobe zeigen: Neue Medikamente lösen die Bremsen des Tumors tatsächlich und stärken so das Immunsystem. Wie wirksam und sicher ein Medikament im menschlichen Körper ist, lässt sich mithilfe des Mikrosystems gut beobachten – und das bereits in einem sehr frühen Stadium der Forschung. Zudem wären langfristig deutlich weniger Tierversuche notwendig.

Technologie hilft, weitere Krankheiten zu bekämpfen

Auch für die Erprobung anderer Medikamente bietet die Technologie Chancen. Aktuell untersuchen die Forschenden im Mikrosystem etwa, wie sich virale Infektionen wie die Parainfluenza bekämpfen lassen: eine Form der Grippe, gegen die weder ein Impfstoff noch ein Medikament existiert. Gerade bei viralen Infektionen sei laut Bereichsleiter Braun ein humanes Testsystem unverzichtbar.

Prof. Braun blickt optimistisch in die Zukunft: »Mit unserem System entwickeln wir ein Tool, das es uns erlaubt, etwas für die Menschheit zu tun. Es kann helfen, neue Medikamente schneller und sicherer zu entwickeln – was in besonderen Situationen wie etwa Pandemien besonders wichtig ist.« Auch Florian Schmieder fasziniert die Vorstellung, was mithilfe des Mikrosystems künftig möglich sein wird: »Unser System kann Gewebe künstlich lange am Leben erhalten. Damit kommen wir künstlichen Organen, die wir eines Tages haben werden, einen entscheidenden Schritt näher.« ■

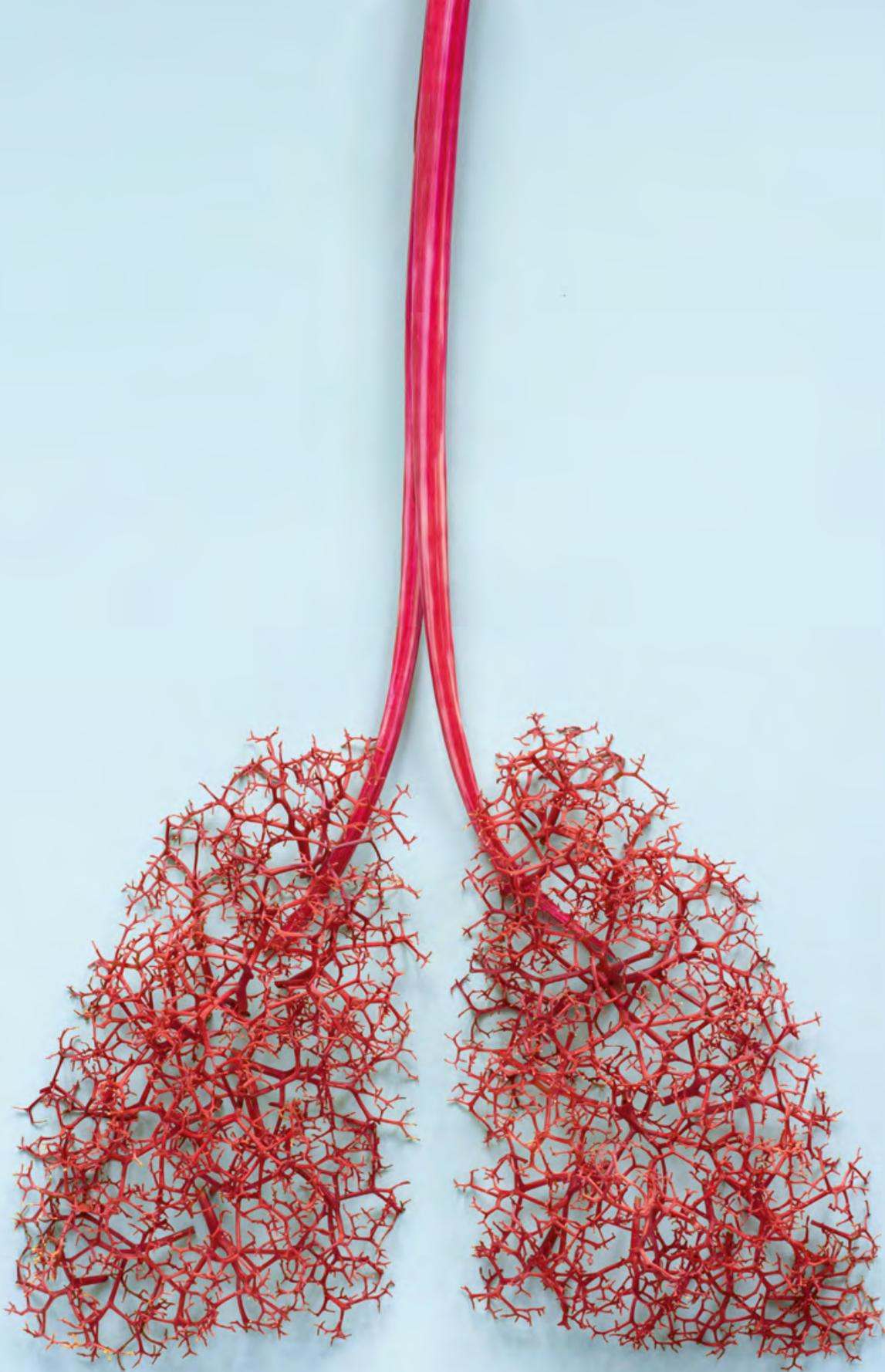


Foto: Eva Häberle

Am Ende
verschlungener
Atemwege
sitzen mehr als

300
Millionen
Lungen-
bläschen.

Überlebensnotwen-
dig: Über verästelte
Blutbahnen versorgt
die Lunge das Blut
mit Sauerstoff.

Wenn KI die Verträge verhandelt

Unter dem Vertrag prangt die »Unterschrift« der KI – ist das rechtsgültig?

Von Dr. Janine van Ackeren



Landgericht Südingen, 8. August 2024. Im Sitzungssaal 123 erheben sich ein Angeklagter samt rechtlichem Vertreter, ebenso die Kläger samt Rechtsbeistand, als der Richter mit zwei Schöffen eintritt. In der Gerichtsverhandlung geht es um die Lieferung von Wälzlagern. Der Angeklagte hält den Kaufvertrag für unwirksam. Nachweislich sei er im Urlaub gewesen, als der Vertrag unterzeichnet wurde. Damit könne er nicht rechters sein – und er selbstverständlich nicht verpflichtet, die vermeintlich bestellte Ware abzurufen. Die Beson-

derheit: Der Vertrag wurde nicht von menschlichen Unterzeichnern geschlossen, sondern von Künstlicher Intelligenz. Ist ein Vertrag, an dessen Abschluss kein Mensch beteiligt war, rechtlich bindend?

Das Landgericht Südingen ist erfunden, der Gerichtssaal 123 aber existiert am Landgericht Frankfurt/Main. Anwälte und Richter sind echt, die Verhandlung ist fiktiv – und ihre Bedeutung groß. Bereits heute lässt der US-amerikanische Einzelhandelsriese Walmart den Einkauf testweise von einem Chatbot erledigen.

Künstliche Intelligenz im rechtsverbindlichen Raum: Willkommen in der juristischen Grauzone.

Wie rechtssicher also ist ein Vertrag, der von Künstlicher Intelligenz statt von menschlichen Mitarbeitenden unterzeichnet wurde? Hält er einer gerichtlichen Auseinandersetzung stand? Mit diesen Fragen befassten sich wissenschaftlich auch Forschende der Fraunhofer-Institute für Materialfluss und Logistik IML sowie für Software- und Systemtechnik ISST, des Instituts für Rechtsinformatik der Universität des Saarlandes und des Horst-Görtz-Instituts für IT-Sicherheit der Ruhr-Universität Bochum im Projekt »Industrie 4.0 Recht-Testbed«. »Unser Ziel lag vor allem darin, Politik und Unternehmen Handlungsempfehlungen für neue rechtliche Standards zu geben«, sagt Projektleiter Benjamin Korth vom Fraunhofer IML.

Um dies tun zu können und eine technologische Basis zu schaffen, entwickelten die Forschenden zunächst ein digitales Experimentierfeld für automatisierte Geschäftsprozesse – das »Recht-Testbed«. Mit diesem lässt sich der gesamte Geschäftsprozess automatisiert durchexerzieren, von der Vertragsverhandlung über den Vertragsabschluss bis hin zur Vertragsdurchführung – eine bislang einmalige Möglichkeit. »Als Beispiele haben wir zwei Szenarien beleuchtet«, sagt Philipp Hagenhoff, der diese Use-Cases als Wissenschaftler am Fraunhofer ISST zusammen mit weiteren Projektmitgliedern vorangetrieben hat und für ihre Gestaltung und Konzeptionierung verantwortlich war. »Das eine ist ein Transport-Szenario, bei dem Ware an einen Logistikdienstleister übergeben werden soll, das andere ein Produktionsszenario, bei dem wiederkehrend eine gewisse Anzahl an Wälzlager produziert und geliefert wird.«

Vertragsverhandlung: Feilschende Software-Agenten

Zunächst einmal gilt es, einen Vertrag auszuhandeln mit den relevanten Größen: Preise, Lieferzeitpunkt, Lieferabrufe. Die Probleme sind vielfältig. Beispiel Lieferzeitpunkt: Wird die Ware früher geliefert als benötigt, muss sie zwischengelagert werden – es entstehen Kosten durch Ein- und Auslagerung. Es kann daher sinnvoll sein, mehr zu investieren, damit der Transportdienstleister zuverlässig am gewünschten Tag einen Fahrer bereitstellt. Bevor die Künstliche Intelli-

genz ihr O. K. unter einen Vertrag setzt, muss sie auch die Vertrauenswürdigkeit des Gegenübers abklopfen. Erfüllt dieser die Anforderungen, die das Unternehmen an einen Vertragspartner hat? Gibt es Gründe, die gegen eine Zusammenarbeit mit dem potenziellen Vertragspartner sprechen? Gelingen soll dies über eine digitale Selbstauskunft, in der die Unternehmen Informationen zu ihrer Rechtsform und dem Standort ihres Hauptsitzes geben sowie Zertifikate wie IT-Sicherheitszertifikate oder die ISO-9001-Zertifizierung für ein normiertes Qualitätsmanagementsystem hinterlegen. Nur wenn alle vorab festgelegten Bedingungen erfüllt sind, steigt die KI in die Verhandlung ein.

Wie aber bringt man Maschinen dieses Verhandeln bei? »Dazu haben wir Algorithmen entworfen, die verschiedene Verhandlungsstrategien abbilden«, erläutert Korth. Die Forschenden setzten einen Software-Agenten ein, der nachgiebig verhandelt – also mit einem hohen Preis anfängt, jedoch schnell entgegenkommt –, aber auch einen Hardliner, der sehr lange auf seiner Position beharrt. Sind alle Konditionen ausgehandelt, folgt der Vertragsabschluss: Sämtliche Bedingungen werden rechtsgültig niedergeschrieben und von beiden Seiten bestätigt. Die Besonderheit: Anders als bei menschlichen Verhandlern genügt nicht der Vertragstext. Festgehalten werden darüber hinaus auch das Datenmodell und die maschinenlesbare Logik. Den Grund beschreibt Philipp Hagenhoff: »Mit ihr können beide Vertragspartner die Schritte der KI transparent nachverfolgen.« Sämtliche Ereignisse, die für die Vertragsdurchführung wichtig sind, werden von der KI in die Blockchain geschrieben. Alle Daten bleiben bestehen, die Liste wird lediglich erweitert um Ergänzungen wie das Verschicken oder das Entgegennehmen der Ware. Auf diese Weise wird die gesamte Handlungskette manipulationssicher gespeichert. »Es war eine große Herausforderung, dies in eine Logik zu gießen«, erinnert sich Korth. »Die Inhalte in der Blockchain sind je nach Vertrag sehr individuell. Ein Beispiel sind Störfälle wie das Standgeld: Kommt der Lkw-Fahrer zur vereinbarten Abholzeit zum Übergabepunkt, die Ware steht jedoch noch nicht bereit, kann er seiner Arbeit nicht wie vorgesehen nachgehen. In wessen Risikosphäre fällt diese Verzögerung und ein damit

►

Bevor die Künstliche Intelligenz ihr O. K. unter einen Vertrag setzt, muss sie auch die Vertrauenswürdigkeit des Gegenübers abklopfen.

Bereits heute lässt der US-amerikanische Einzelhandelsriesen Walmart den Einkauf testweise von einem Chatbot erledigen.



KI in der Logistik:
Darf sie Verträge
verhandeln und
absegnen?

gegebenenfalls anfallendes Standgeld? Korth: »Die Informationen über einen solchen Vorfall werden vom Smart Legal Contract ausgewertet und als Update zum Vertragszustand und den damit anfallenden Verpflichtungen in die Blockchain geschrieben.«

So sinnvoll die Blockchains für die Nachvollziehbarkeit sind, so problematisch sind sie für Datenschutz und Geschäftsgeheimnisschutz. Denn Geschäftsgeheimnisse, zu denen auch die geschlossenen Verträge gehören, dürfen keineswegs in die Hände der Konkurrenz gelangen. Mit der Wahl der Blockchain – der Hyperledger Fabric – konnte das Team dieses Problem umgehen: Die Blockchain bietet separate Kanäle, sodass die gespeicherten Daten nur von berechtigten Knoten eingesehen werden können. Das heißt: Für jede Vertragsbeziehung wird eine eigene Blockchain aufgesetzt, zu der niemand außer den beteiligten Vertragspartnern Zugriff erhält.

Schnuppermöglichkeit für Unternehmen

Das Projekt ist mittlerweile abgeschlossen, das »Recht-Testbed« steht interessierten Unternehmen online kostenfrei zur Verfügung (<https://s.fhg.de/industrie40-rtb>). Mit diesem können sie verschiedene automatisierte Verhandlungs-Szenarien durchspielen – und vorab einstellen, welche Parameter die Software-Agenten verhandeln und auf welche Dinge sie Wert legen sollen. »Auf diese Weise können Unternehmen sich an die automatisierte Vertragsführung herantasten und testen, wie so etwas ablaufen kann«, erläutert Korth. Der Experte geht davon aus, dass eine Umsetzung schrittweise und zunächst in Teilbereichen erfolgen könnte. Die ersten Anwendungen sieht er vor allem bei Transportdienstleistungen und bei wiederkehrenden Bestellungen. »Bei Individualverhandlungen dagegen, wo sehr ausgefeilte Vertragsbedingungen nötig sind, wird sicherlich noch eine ganze Weile der Mensch die Verträge schließen.«

Das Urteil ist gesprochen: Vertrag ist Vertrag

Doch zurück zur Gerichtsverhandlung: Wie wasserdicht sind sie denn nun, die automatisiert geschlossenen Verträge? Der Richter zog einen Sachverständigen hinzu, der das Verfahren bis in den Quellcode hinein haarklein untersuchte. Auf dessen Expertise basierend sprach er sein Urteil: Ob vom Menschen oder von Künstlicher Intelligenz unterzeichnet – Vertrag ist Vertrag. Damit können automatisch geschlossene Verträge als rechtssicher gelten. ■



Forscherinnen im Fokus – Wir schaffen Veränderung

Frau N. Hofer: 42 Frauen begeistern für Wissenschaft



Ein Buch voller Erfolgsgeschichten, wie Frauen ihren Weg zu Mathematik und Informatik, Naturwissenschaft und Technik finden. Ab sofort kostenfrei als E-Book.
<https://s.fhg.de/ki-buch-forscherinnen-im-fokus>



Wie kann KI nachhaltig werden?

Künstliche Intelligenz braucht enorme Mengen an Energie. Wie lässt sich das ändern?

Von Dr. Janine van Ackeren





Foto: Felix Wong Photo/News.com/picture alliance

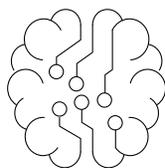
Die Zukunft im Blick:
Eine Verbesserung der
Trainingsdaten kann
KI-Modelle energetisch
optimieren.

Künstliche Intelligenz ist ein wahrer »Energiefresser«: Schätzungen der Internationalen Energieagentur zufolge verbrauchen KI-Anwendungen weltweit 500 Terawattstunden Strom pro Jahr – deutlich mehr als der Stromverbrauch Deutschlands im Jahr 2023, der bei 467 Terawattstunden lag. Bis 2026 soll sich der KI-Hunger nach Energie laut Prognosen gar verdoppeln. Microsoft plant daher, das US-Atomkraftwerk Three Mile Island wieder in Betrieb zu nehmen, das 1979 nach einem schweren Störfall vom Netz ging. Aus ökologischer Sicht wirft all das kein gutes Licht auf die Transformationstechnologie Künstliche Intelligenz: Wie nachhaltig ist der Einsatz von KI tatsächlich?

»Nachhaltigkeit ist mehr als der Stromverbrauch«, konkretisiert Dr. Paulina Prantl, Abteilungsleiterin am Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS. »Neben der Ökologie gehören auch ökonomische und soziale Aspekte dazu – beispielsweise, wenn sich eine Technologie positiv auf die Gesellschaft auswirkt.« Die Antwort auf die Nachhaltigkeitsfrage liegt also im Detail, spricht im konkreten Anwendungsfall. Denn KI kann – auch im Sinne des Energieverbrauchs – durchaus nachhaltig sein: Etwa, wenn sie dazu eingesetzt wird, den Energieverbrauch in Produktionsstraßen oder der Logistik durch Prozessoptimierungen zu senken.

Trainingsphase: Die Datenqualität steigern

Doch wie kommt es überhaupt zu einem derart hohen Energieverbrauch der Künstlichen Intelligenz? Ausschlaggebend dafür sind vor allem zwei Aspekte: die Trainingsphase und die Nutzungsphase. Je nach Anwendungsfall kann der Energieverbrauch bei der einen oder der anderen über die Lebenszeit des Modells hinweg größer sein. Während der Trainingsphase treiben sowohl eine hohe Datenmenge als auch eine hohe Komplexität des Anwendungsfalls oder schlechte, ungenaue Daten den Energiehunger in die Höhe. In der Nutzungsphase spielt die Größe und Komplexität der vorab trainierten Modelle eine große Rolle. Prantl betrachtet mit ihrem Team insbesondere den Bereich des Trainings.



Schätzungen
zufolge
verbrauchen
KI-Anwendungen
weltweit
500
Terawattstunden
Strom pro Jahr.

Um die KI nachhaltiger zu gestalten, widmen sich die Forschenden des Fraunhofer IIS zum einen der Datenseite. »Beim Data Centric AI genannten Ansatz untersuchen wir, wie wir die Datenqualität so steigern können, dass weniger Trainingsdaten sowie ein kleineres Modell nötig sind – und damit sowohl der Aufwand für die Firmen als auch der Energieverbrauch in der Anlernphase sinken«, sagt Prantl. Ein Ansatzpunkt dafür liegt im Labeln der Daten, also im Anhängen einer für die KI-Analyse relevanten Information über einzelne Datenpunkte. Im Produktionsumfeld fehlen solche Label vielfach. Zwar werden meist viele Prozessdaten erhoben, das fertige Bauteil am Ende aus Kostengründen jedoch nicht immer überprüft. »Die Daten gleichen dann einem Rohdiamanten. Erst der Schliff – also beispielsweise die Information, ob das Bauteil in der Qualitätssicherung als okay oder als Ausschussware gekennzeichnet wurde – würde die Daten einfacher verwertbar machen und das Training energiesparender werden lassen«, erklärt Prantl.

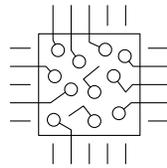
Als einen möglichen Ansatz labeln die Forschenden am Fraunhofer IIS die Daten daher automatisiert, um die Effizienz und Information zu erhöhen und damit Energie für das Training der Modelle zu sparen. Erste Lösungen für automatisches Labeling sind auf dem Markt bereits verfügbar, doch müssen diese meist noch auf die jeweilige Anwendung zugeschnitten werden. Dies hat das Forschungsteam des Fraunhofer IIS beispielsweise im Projekt »ARGOS – Aufklärung von reaktivierbaren Gewerbeflächen mittels optisch-basierter Systeme« getan. Deutschland hat viel bebaute Fläche, dementsprechend schwierig ist es für Industrieunternehmen, weitere bislang ungenutzte Flächen erschließen zu dürfen. Stattdessen sollen Brownfields – Flächen, die bereits versiegelt sind – als Baugrund dienen. Vielfach mangelt es allerdings an der Information, ob diese Flächen brachliegen oder noch genutzt werden. Das Forschungsteam verwendete bereits vorhandene annotierte, also mit Anmerkungen versehene Daten, um eine KI als Assistenten für den Annotationsprozess zu trainieren. Durch diese Hilfe konnte eine große Zahl weiterer Bilddaten automatisiert annotiert werden – man spricht dabei von Pseudo-Labeling. Diese Daten können nun dazu genutzt werden, KI-Modelle mit möglichst we-

nig Aufwand nachhaltig zu trainieren, damit sie die wertvollen Brownfields zur Reaktivierung für neue Bauvorhaben ausfindig machen.

Zudem haben die Forschenden herausgefunden: Es macht einen großen Unterschied, welcher Datenpunkt in welcher Reihenfolge für das Lernen herangezogen wird. »Mit den richtigen Datenpunkten lässt sich schneller auch mit weniger Daten eine gute Performance erzielen. Beim Active Learning wählt der Algorithmus die Daten aus, die für ihn den größten Informationsgewinn bieten«, erläutert Prantl. Für ein Maschinenbauunternehmen hat das Team die Trainingsdaten bereits optimiert. Ursprünglich mussten Menschen jedes Bauteil begutachten, automatisiert messen und Defekte in einer Bildbearbeitungssoftware manuell nachfahren und markieren, um Trainingsdaten zu generieren. Die Mitarbeitenden mussten also nicht nur überprüfen, welche Bauteile einen Fehler aufweisen, sondern auch schauen, welcher Fehler so viel zusätzlichen Informationsgewinn liefert, dass sich die aufwendige Markierung lohnt. In der automatisierten Prüfung dagegen sollen alle Bauteile kontrolliert, schlussendlich jedoch nur diejenigen Bauteile durch einen Menschen annotiert werden, die dem Modell einen Mehrwert geben. Damit können unnötiger Aufwand für die manuelle digitale Annotation der Daten eingespart und Modelle mit weniger relevanten Daten energieeffizient trainiert werden.

Anwendungsphase: Kleinere Modelle und Nachtrainieren

Künstliche Intelligenz einmal entwickeln – und dann läuft's? Damit ist es nicht getan. KI muss wie jede andere Anlage gewartet und gegebenenfalls repariert, sprich nachtrainiert werden. Das Material schimmert etwas anders als zuvor? Die Materialflussröhren sind leicht zugewachsen und der Druck hat sich minimal verändert? »Schon bei solchen kleinen Änderungen kann es notwendig werden, dass man mit dem KI-Training von vorne anfangen muss«, weiß Prantl. Die Forschenden haben daher für das Unternehmen Siemens Digital Industries einen Mitarbeiter-effizienten und energieschonenden Ansatz entwickelt. In den Hallen des Unternehmens gibt es mehrere Produktionsstätten für Lötplatten, die einander recht ähnlich, aber doch unter-



»Nachhaltigkeit ist mehr als der Stromverbrauch. Neben der Ökologie gehören auch ökonomische und soziale Aspekte dazu.«

Dr. Paulina Prantl,
Fraunhofer IIS

schiedlich genug sind, um ein und dieselbe Qualitätssicherungs-KI an ihre Grenzen kommen zu lassen. Für jede Anlage wäre somit ein eigenes Training erforderlich. Nicht so mit der automatisierten Lösung aus dem Fraunhofer IIS: »In diesem sind mehrere unterschiedliche Modelle hinterlegt, von denen jeweils das für den aktuellen Anwendungsfall optimale Modell automatisiert ausgewählt wird«, sagt Prantl. Solche Lösungen können sogar den Energieverbrauch als eines der Auswahlkriterien heranziehen. »Sinn ergibt eine solche Lösung überall dort, wo ein Modell in verschiedenen Varianten immer wieder benötigt wird oder man es aufgrund von Umgebungsänderungen immer wieder adaptieren muss.«

Zwar verbraucht die einmalige Anwendung von KI deutlich weniger Energie als das Training, dennoch lässt sich auch hier noch einiges einsparen. Vor allem über die Auswahl der genutzten KI-Modelle: Der Einsatz großer Modelle wie tiefer neuronaler Netze kann je nach Anwendungsfall mitunter dem Versuch gleichen, mit Kanonen auf Spatzen zu schießen. Dabei verbrauchen sie deutlich mehr Energie, liefern jedoch nicht zwangsläufig bessere Lösungen. Prantl: »Wenn möglich, greifen wir deshalb auf kleinere Modelle wie Entscheidungsbäume zurück: Sie sind einfacher, nachvollziehbarer und weniger energieintensiv.«

Wie sieht die Expertin die generelle Chance für eine nachhaltige Künstliche Intelligenz? »Von ChatGPT wissen wir, welche Überraschungen an Qualität und Output möglich sind – denkbar ist eine solche sicherlich auch im Bereich der Nachhaltigkeit. Dennoch sehe ich aktuell den größten Hebel im bewussten Umgang mit KI: Nicht für alle Fragestellungen sind große generalisierte Modelle nötig. Deutlich nachhaltiger können spezifische spezialisierte kleine Modelle sein, die konkret auf bestimmte Anwendungen zugeschnitten sind«, fasst Prantl zusammen. »Andererseits führt auch kein Weg an KI vorbei, denn viele Firmen finden keine qualifizierten Fachkräfte mehr.« Die nicht immer nachhaltige KI trägt also ihrerseits auch zur Nachhaltigkeit bei. Neben der bereits angesprochenen Nutzung zur Energieoptimierung von Prozessen unter anderem, indem sie das Loch der fehlenden Fachkräfte stopft und damit auf den sozialen und ökonomischen Aspekt der Nachhaltigkeit einzahlt. ■

Den Tastsinn menschlicher
Hände sollen künftig
intelligente Prothesen
simulieren.



Mit Fingerspitzengefühl

Intelligente Prothesen können Betroffenen dank neuronaler Schnittstellen das eigene Körpergefühl zurückgeben – bis in die Fingerspitzen. Wie die dafür notwendigen Mikrochips über Jahrzehnte hinweg im Körper funktionieren, untersuchen Forschende des Fraunhofer-Instituts für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM.

Von Yvonne Weiß

Die Herausforderung ist ein rohes Ei. Will ein Patient mit Unterarmprothese das mit Daumen und Zeigefinger aufheben, droht es zu zerbrechen – es sei denn, Sensoren am Ende der Prothese registrieren die Berührung des Eis und senden ein elektrisches Signal über das Implantat und die Nerven zurück ans Gehirn. Durch Training kann das Gehirn des Patienten dieses taktile Feedback mit der Zeit entschlüsseln und als Berührung empfinden: Das Fingerspitzengefühl des Patienten kehrt zurück.

In Deutschland verlieren Jahr für Jahr 60 000 Menschen eine Extremität, in den USA rund dreimal so viele. Amputationen können nicht nur durch unfallbedingte Verletzungen notwendig werden, sondern auch als Folge von Diabetes, Gefäßkrankungen oder Krebs.

Wie sich der Alltag Betroffener dank intelligenter Prothesen revolutionieren lässt, untersuchen Forschende im von der Europäischen Union mitbegründeten Projekt NerveRepack, an dem sich 27 Einrichtungen aus zehn europäischen Ländern beteiligen und das vom Forschungsinstitut IMT Rumänien koordiniert wird. Dank neuronaler Schnittstellen sollen sich künstliche Hände, Beine und Füße künftig mehr wie der eigene Körper anfühlen – und Patientinnen und Patienten etwa ihren Tastsinn wiedererlangen.

»Die Prothese soll ein intuitives Nutzererlebnis ermöglichen und das Gefühl der eigenen Hand simulieren«, erklärt Dr. Joshua Wilson. So können Betroffene feinmotorische Kontrolle zurückerlangen. Wilson ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Arbeitsgruppe Technologies for Bioelectronics am Fraunhofer IZM.

»Im Projekt arbeiten wir an Technologien, die Menschen mit Amputation, gelähmten Gliedmaßen oder einer Rückenmarksverletzung ihre Mobilität im Alltag zurückgeben sollen«, fügt er hinzu. Zwei Exoskelette für Menschen mit Lähmungen der Beine und eine Unterarmprothese wollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler entwickeln. Wilson forscht gemeinsam mit seinen Kolleginnen und Kollegen an speziellen Gehäusen für die

»Unsere Innovation kann bei bestimmten Lähmungen und motorischen Störungen helfen, für die kein Arzneimittel existiert.«

Dr. Joshua Wilson, Fraunhofer IZM

notwendige Elektronik: Sie sorgen dafür, dass die Implantate über Jahrzehnte hinweg sicher und effektiv im menschlichen Körper arbeiten können – ohne weitere Eingriffe.

Dank eines Implantats, das im Stumpf des Patienten eingesetzt wird, kann die Unterarmprothese in zwei Richtungen kommunizieren: Das Gehirn sendet einen Bewegungsimpuls an die Prothese, die wiederum überträgt die Berührung in Form eines Signals zurück an das Gehirn.

Entscheidend für den Erfolg der Technologie ist, dass die Implantate langfristig in einem sich stetig verändernden Körper funktionieren. Dort sind sie ungünstigen Bedingungen ausgesetzt, Wasser und Salze greifen elektronische Bauteile an – und führen im schlimmsten Fall zu ihrem Aus-

fall. Deshalb kommt es besonders auf eines an: die richtige Verpackung.

Um etwa Herzschrittmacher zuverlässig zu schützen, setzt man bisher vor allem auf Keramikgehäuse. Diese sind allerdings verhältnismäßig groß und unflexibel. Daher lassen sie sich nicht nah genug am Zielgewebe einsetzen, was wiederum störanfällige Kabel erfordert.

Wilson und sein Team nutzen deshalb Gehäuse, die Keramik- mit Polymerschichten kombinieren – und gleichzeitig feiner sind als ein menschliches Haar. »Durch ihre dünne Beschichtung bieten unsere biokompatiblen Gehäuse erhebliche Vorteile für das Implantat: Aufgrund der geringen Größe sinkt das Risiko möglicher Immunreaktionen. Ist das gesamte Implantat kleiner, lässt es sich zudem nahe am Zielgewebe platzieren – und wir können auf störanfällige Kabel verzichten.«

Bevor die Technologie zum Einsatz kommt und eine sichere Implantation im Menschen möglich ist, arbeiten die Forscherinnen und Forscher derzeit unter anderem an Testsystemen, mit denen sie die Beschichtungen überprüfen. Sie entwickeln die einzelnen Komponenten und testen die Materialien hinsichtlich ihrer Biokompatibilität. Wilson ist bereits gespannt auf das Feedback der Patientinnen und Patienten – und freut sich über das Potenzial der Technologie: »Unsere Innovation kann bei bestimmten Lähmungen und motorischen Störungen helfen, für die kein Arzneimittel existiert. Langfristig dürften unsere intelligenten Prothesen die Lebensqualität von Millionen von Menschen mit Amputation, gelähmten Gliedmaßen oder Rückenmarksverletzung verbessern – und ihre soziale und finanzielle Unabhängigkeit fördern.« ■



Ob Birke, Buche oder Pappel:
Die KI-Software zur Baum-
erkennung wurde einzeln
auf jede Holzart trainiert.
Laubhölzer kann sie bereits

Foto & Fraunhofer

Auf dem Holz-Weg

Im Dschungel der EU-Richtlinien hat ein neuer Baum Wurzeln geschlagen: Die EU-Entwaldungsverordnung (EUDR) verpflichtet holzverarbeitende Unternehmen ab 2025 dazu, nicht nur die verwendeten Holzarten zu deklarieren, sondern auch deren legale Herkunft zu belegen. Und das aus gutem Grund: Illegale Holzfällung ist eine der Hauptursachen für die globale Entwaldung. Schätzungen gehen davon aus, dass weit mehr als die Hälfte der weltweiten Abholzungen nicht rechens sind.

Die Bestimmung von Holzart und -herkunft mag bei Möbeln noch relativ einfach sein. Doch bei Holzprodukten wie Spanplatten, Papier oder Pappe ist dies ein höchst zeitintensiver und aufwendiger Prozess: Erst werden die Holzzellen aus dem Material gelöst, dann eingefärbt sowie auf einem Objektträger platziert und schließlich unter dem Mikroskop individuell begutachtet und anhand des Erscheinungsbildes klassifiziert.

Damit das künftig effizienter geht, entwickeln Forschende des Fraunhofer-Instituts für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM in Kaiserslautern nun in Kooperation mit dem Hamburger Thünen-Institut für Holzforschung eine Analysesoftware, die das mühsame Prüfverfahren automatisieren und damit effizienter machen soll. In dem Projekt KI_Wood-ID trainieren sie Neuronale Netze mit Referenzpräparaten aus dem Fundus des Thünen-Instituts so lange, bis die Künstliche Intelligenz in der Lage ist, eigenständig die typischen Merkmale einer Holzart zu identifizieren und den Befund mit der deklarierten Holzart abzugleichen.

Ein erster Prototyp kann bereits elf Laubhölzer eindeutig anhand von hochaufgelösten Mikroskop-Bildern erkennen; als nächster Lernschritt stehen Nadelhölzer an. Langfristig soll die KI-basierte Bilderkennung Institute und Behörden weltweit bei der Kontrolle des Holzhandels unterstützen. Und so den Holzweg deutlich nachhaltiger gestalten.

Wasserstoff trifft Wärmepumpe

Bei der Herstellung von grünem Wasserstoff aus erneuerbaren Energien fallen Sauerstoff und Wärme als Nebenprodukte an, die sich nutzen lassen.

Von Mandy Bartel

Wasserstoff gilt in Deutschland als das Schlüsselement der Energiewende.

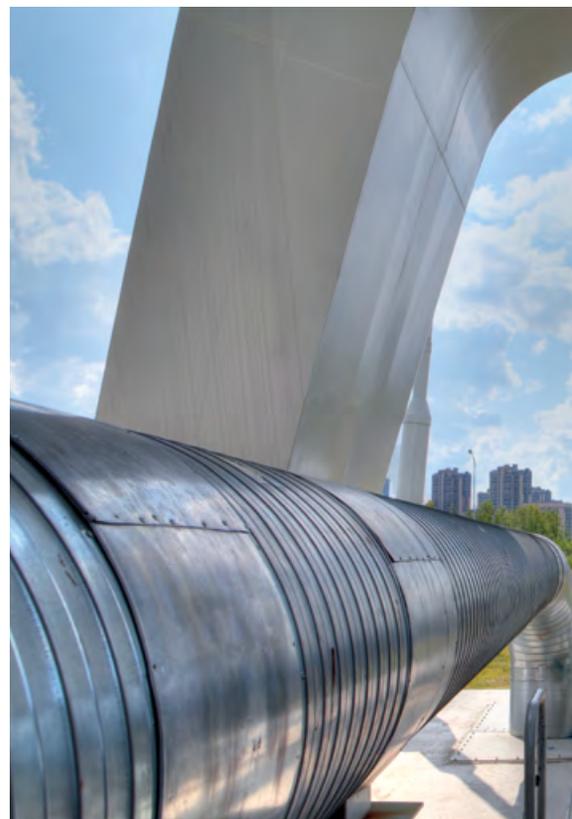
Laut der Wasserstoffstrategie der Bundesregierung sollen 30 bis 50 Prozent des Zukunftsgases bis 2030 im Land selbst produziert werden, der Rest sei durch Importe abzudecken. Besonders begehrt ist der aus erneuerbaren Energien hergestellte Wasserstoff. Doch die Produktion des sogenannten grünen Wasserstoffs aus Ökostrom ist noch sehr teuer und nicht sinnvoll in die weitere Wertschöpfung integriert.

In einer neuen Versuchsanlage in Zittau will ein Team um Dr.-Ing. Clemens Schneider von der Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG Wege finden, durch Sektorenkopplung den Vorgang der sogenannten PEM-Elektrolyse wirtschaftlicher zu gestalten. Bei diesem Verfahren wird Wasser durch möglichst regenerativen Strom in Wasser-

stoff und Sauerstoff aufgespalten. Polymer-Elektrolyt-Membranen, kurz PEM, dienen der Trennung der beiden Moleküle und lassen gezielt nur Wasserstoffmoleküle hindurch. Dabei entsteht Abwärme, welche durch eine Wärmepumpe so aufgewertet werden soll, dass sie im Fernwärmenetz der Stadt genutzt werden kann.

Auf die Kopplung von Sektoren kommt es an

»Die Austrittstemperatur am Elektrolyseur liegt bei 55 bis 60 Grad Celsius, für das Fernwärmenetz brauchen wir jedoch etwa 90 Grad«, erklärt Projektleiter Schneider. »Deshalb wird die Temperatur mit einer Wärmepumpe angehoben, damit wir sie ins Fernwärmenetz einspeisen und damit Haushalte mit Wärmeenergie versorgen können.« Mit einem Kilowatt Strom, den die Wärmepumpe benötigt, lässt sich das Drei- bis Vierfache an Wärme produzieren.



30–50

**Prozent des
Zukunftsgases**

sollen bis 2030
im Land selbst
produziert werden.

Im Projekt IntegrH2te untersuchen die Forschenden gemeinsam mit dem Projektpartner, der Linde GmbH, wie die verschiedenen Systeme zusammenarbeiten, also die Kopplung zwischen PEM-Elektrolyse, Wärmepumpe und Wärmenetz, aber auch dem Strom- und Gassektor. Je nachdem, ob der Fokus auf der Nutzung von grünem Überschussstrom, der Einsparung von fos-



»Durch die Anbindung an das Fernwärmenetz in Zittau können wir die Anlage unter Reallabor-Bedingungen mit unterschiedlichen Temperaturen und Bedarfen im Winter und Sommer testen.«

Dr.-Ing. Clemens Schneider, Fraunhofer IEG



Doppelt nachhaltig:
Die Abwärme aus der
Wasserstoff-Produktion
kann in Fernwärmenetzen
verwendet werden.

silen Energieträgern oder der optimalen Wasserstoffherstellung liegt, ändern sich Betriebsweise und Betriebsparameter. Mit der neuen Anlage prüft das Projektteam nun in der Praxis die Konzepte, die es in den letzten Jahren entwickelt hat. »Durch die Anbindung an das Fernwärmenetz in Zittau können wir die Anlage unter Reallabor-Bedingungen mit unterschiedlichen Temperaturen und Bedarfen im Winter und Sommer testen«, so Schneider. Zudem variieren die Forschenden in ihren Szenarien auch die Kopplung an den Strompreis: Wie verhält sich die Anlage, wenn sie ausschließlich bei Niedrigstrompreisen läuft, also wenn möglichst viel Wind- und Sonnenenergie im Netz vorhanden sind?

Sauerstoff zur biologischen Reinigung einsetzen

Neben der Abwärme lässt sich auch der bei der Elektrolyse entstehende Sauerstoff

nutzen – vorausgesetzt, er ist entsprechend rein. Immerhin kommt für zwei Moleküle Wasserstoff auch ein Molekül Sauerstoff aus dem Prozess. Verwendet werden kann er etwa zur biologischen Reinigung in Kläranlagen oder für die vierte Reinigungsstufe, bei der moderne Klärwerke mittels Ozon Hormone oder Medikamentenrückstände aus dem Wasser filtern. Potenzielle weitere Anwendungsgebiete für den so gewonnenen Sauerstoff sind die Chemieindustrie, die Fischzucht oder Krankenhäuser.

Die große Herausforderung hierbei ist laut Clemens Schneider ein stimmiges Sicherheitskonzept: »Wenn es im Störfall aufgrund ungleicher Drücke im Prozess zu einer Verunreinigung des Sauerstoffs durch Wasserstoff kommt, senkt das nicht nur den O₂-Wert, sondern es kann sich ein explosives Gemisch bilden«, erklärt der Experte. »Aus diesem Grund wurde der bei der Elektrolyse anfallende Sauer-

stoff bisher kaum genutzt, sondern in die Luft entlassen. In der Zittauer Anlage werden wir die Reinheit und Sicherheit durch die Integration von Sensoren, Behältern und Rekombinatoren kontrollieren und den Sauerstoff damit nutzbar machen.«

Im Frühjahr 2025 soll die Versuchsanlage des Fraunhofer IEG in Betrieb gehen. Künftig könnten dort auch andere industrienaher Prozesse für Hersteller und Betreiber getestet und qualifiziert werden, etwa die Methanisierung von Kohlendioxid, geschlossene Kohlenstoffkreisläufe, Verdichter für Sauerstoff und Wasserstoff sowie Wasserstoff-Brenner und weitere Komponenten zur Nutzung der Haupt- und Nebenprodukte aus der PEM-Elektrolyse. Damit leistet die Anlage nicht nur einen Beitrag zum Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft und zu einer nachhaltigen Energieversorgung, sondern auch zum Strukturwandel in der Lausitz. ■



EUROPA

Mikrochips nachhaltig produzieren



Ein neues Verfahren macht die Halbleiterherstellung grüner.

Den ökologischen Fußabdruck in der Halbleiterfertigung deutlich zu verringern, ist das Ziel des kürzlich gestarteten EU-Projekts HaloFreeEtch, an dem das Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS maßgeblich beteiligt ist. Entwickelt wird ein umweltverträgliches, wasserstoffbasiertes Ätzverfahren für Siliziumwafer, das ohne den Einsatz von halogenierten Verbindungen wie Chlor oder Fluor auskommt, von denen erhebliche Umwelt- und Gesundheitsrisiken ausgehen. Das neue Verfahren, in dem unter anderem innovative Metallkatalysatoren getestet werden, soll mit bestehenden Anlagentechnologien zum Gasphasenätzen kompatibel bleiben. Um die Wirtschaftlichkeit und Effizienz zu erfassen und zu optimieren, kombinieren die Forschenden erstmalig Prozess- und Nachhaltigkeitsmodelle. In einem ersten Schritt wird die Vielzahl der Materialkombinationen mit quantenmechanischen Simulationsmethoden am Zentrum für Mikro- und Nanotechnologien (ZfM) der Technischen Universität Chemnitz analysiert, bevor die Prozesse in Fertigungsanlagen am Fraunhofer ENAS evaluiert werden.

Fraunhofer international



● Standorte der Fraunhofer-Gesellschaft

Flächige, dehnbare Antennen ermöglichen es Robotern, ihre Umgebung besser abzutasten.



BELGIEN

Intelligente Roboterhaut

Damit Industrieroboter in Zukunft besser wahrnehmen können, wo sich Menschen aufhalten und was sie tun, entwickeln Forschende des Fraunhofer-Instituts für Hochfrequenzphysik und Radartechnik FHR gemeinsam mit sechs europäischen Partnern aus Industrie und Forschung dehnbare Metasurface-Antennen, die die unmittelbare Umgebung deutlich besser erfassen, als herkömmliche Antennen und Bewegungen vorhersehen kön-

nen. Ziel des EU-Projekts FITNESS unter belgischer Leitung ist, die Sicherheit von Menschen zu erhöhen und Produktionsprozesse effizienter zu gestalten. Die neuartigen flachen Antennen basieren auf hochfrequenzfähigen Polymeren mit integrierter Elektronik. Diese sogenannten »Metamaterialien« ermöglichen eine präzise Steuerung der elektromagnetischen Wellen und passen sich flexibel an die Konturen der Roboter an – ähnlich einer »intelligenten Haut«.



Lkw-Laderräume besser nutzen mit KI.



ÖSTERREICH Smarte Logistik

Der Online-Handel wächst und mit ihm der Bedarf an immer kurzfristigeren und schwer planbaren Transportaufträgen. Die Folge: unausgelastete Lkw, die die Umwelt belasten und unwirtschaftlich sind. Ein Forschungsteam von Fraunhofer Austria will das ändern: Mithilfe eines KI-gestützten Algorithmus sollen zukünftig auf Basis von Echtzeitdaten Transporte gebündelt und Restkapazitäten ausgeschöpft

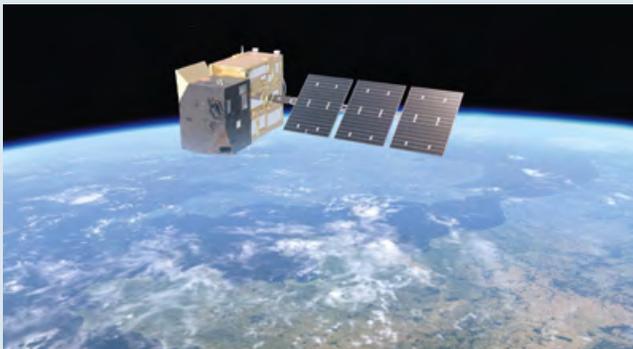
werden, um vorhandene Ressourcen nachhaltig und effizient zu nutzen. Anhand von modularen Sensor-Wägezellen im Laderaum, bildbasierten Messverfahren und Daten aus dem Internet kombiniert der Algorithmus interne und externe Informationsströme zu Frachtvolumen, Gewicht, Restladeflächen, Aufträge entlang der Strecke oder Frachtbörsen – und berechnet die effizienteste Route auf Basis der aktuellen Wetter- und Verkehrslage, freier Kapazitäten im Lkw und der spezifischen Anforderungen des Ladeguts.



EUROPA Globales CO₂-Monitoring

Wie hoch ist der von Menschen verursachte Anteil an Kohlendioxid in der Erdatmosphäre? Das untersucht die Europäische Weltraumorganisation ESA ab 2026 mithilfe von hochauflösenden Spektralmessungen. Die Copernicus-Mission, die aus einer Konstellation von Satelliten besteht, will die CO₂-Emissionen von Städten, Ländern und großen Industriegebieten genau kartieren. Für die Infrarot-Spektrometer der Satelliten hat das Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik

und Feinmechanik IOF einen optischen Disperser gefertigt. Das speziell für die Anforderungen im Weltraum entwickelte Bauteil zerlegt das von der Erde reflektierte Licht präzise in seine Spektralfarben und ermöglicht Messungen mit einer Genauigkeit von weniger als 100 CO₂-Teilchen pro Milliarde Luftmoleküle. Seine extreme Präzision verdankt der Disperser einem bisher einzigartigen nanostrukturierten optischen Gitter in Kombination mit zwei Prismen.



Die Copernicus-Mission soll dabei helfen, die Ziele des Pariser Klimaabkommens zu erreichen.



SCHWEDEN Klimaveränderungen präziser berechnen



In der Arktis wird der Klimawandel besonders sichtbar.

Erstmals genaue Wetterdaten für die Arktis erheben und globale Klimamodelle verbessern – das ist die Aufgabe eines Kleinsatelliten, den die ESA Mitte August auf den Weg zu seiner erdnahen Umlaufbahn geschickt hat. Entwickelt und gebaut wurde er unter der Leitung von OHB Sweden. Der mit modernster Mikrowellenradiometer-Technologie ausgestattete Arctic Weather Satellite von der Größe eines Geschirrspülers enthält vier rauscharme Hochfrequenz-Verstärker des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Festkörperphysik IAF, deren hohe Elektronenbeweglichkeit für eine optimale Signalempfindlichkeit und Datenqualität sorgt. Ihre zentrale Funktion ist, schwache Mikrowellensignale von der Erdoberfläche zu verstärken und dabei möglichst wenig Hintergrundrauschen zu verursachen. Dadurch können kontinuierlich präzise Daten über Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Wolken selbst unter ungünstigen Wetterbedingungen erhoben werden.

Das verpacken wir!

Deutschland ist bei Verpackungsmüll Europameister. Rund 19 Millionen Tonnen fallen hierzulande jedes Jahr an – Tendenz steigend. Da der Verzicht auf die schützenden Hüllen aber meist keine Option ist, suchen Fraunhofer-Forschende nach neuen Lösungen – auch mithilfe von Pilzen, Algen, Ölen und Stärke.

Von Beate Strobel

Gut geschützt:
Weihnachten ist nicht nur das Fest der Liebe, sondern auch der liebevoll verpackten Dinge.

Weihnachten ist für die Tonne. Natürlich nicht komplett, aber auf jeden Fall all die Versandtaschen und Hochglanzpapiere sowie die vielen Schleifen und Bänder rund um das, was an Heiligabend unter dem Christbaum liegt. An den Feiertagen, so eine Experten-schätzung, steigt die Menge des Verpackungsmülls in deutschen Haushalten um 20 bis 30 Prozent. Und das, obwohl Deutschland bei Verpackungsabfall mit 237 Kilogramm pro Kopf und Jahr auch ohne Weihnachten deutlich über dem EU-Durchschnitt von knapp 189 Kilogramm liegt. Seit 2005 ist die Pro-Kopf-Menge an Verpackungsmüll in Deutschland um 26 Prozent gewachsen – trotz Unverpackt-Läden, Plastikfasten und Mehrweglösungen.

»Verpackungen sind extrem wichtig – auch aus Gründen der Nachhaltigkeit«, findet hingegen Polymerphysiker Dr. Jens Balko. Die Extra-Hülle schützt Lebensmittel und andere Waren, sodass diese nicht weg- geworfen werden müssen, nur weil sie beim Transport an Frische verloren haben oder anderweitig beschädigt und damit unver- käuflich würden, argumentiert der Leiter des Verarbeitungstechnikums Biopoly- mere Schwarzheide des Fraunhofer-Insti- tuts für Angewandte Polymerforschung IAP. Aber natürlich stört sich auch Balko an Dingen, die »überverpackt« sind, bei denen also mehr Kunststoff, Papier oder andere Materialien verwendet werden, als für den reinen Schutz nötig sind. Für Weih- nachts-geschenke mag diesbezüglich eine Ausnahmeregelung gelten, doch funktions- lose Schmuckverpackungen sind ein öko- logisches Ärgernis angesichts der Tatsache, dass jedes Jahr weltweit laut einer Studie der Universität Leeds 52 Millionen Tonnen Kunststoffmüll in der Natur landen.

Die Europäische Union hat sich das Thema Verpackungsmüll auf die Agenda geschrieben und als Ziel ausgegeben, dass bis 2040 der Einsatz von Plastikverpackun- gen um 20 Prozent im Vergleich zum Re- ferenzjahr 2018 sinkt. Bis 2030 sollen be- reits alle Verpackungen recyclefähig sein. Leichte Einweg-Plastiktüten etwa für den

Einkauf von losem Obst und Gemüse in Supermärkten werden dann verboten sein. Für die Forschung ist das Herausforderung und Chance zugleich: Wie lassen sich Din- ge künftig nachhaltiger verpacken?

Wie so oft, wird es nicht nur eine Lö- sung geben, denn: »Nachhaltigkeit ist ein weiter Begriff«, erklärt Jens Balko. Es gilt, jeweils die Verpackung zu wählen, die für einen bestimmten Anwendungsfall den geringsten ökologischen Fußabdruck hin- terlässt. Der wiederum wird von einer Viel- zahl an Faktoren beeinflusst: Auswahl des Rohstoffs, Produktionsform, Energiever- brauch beim Transport und Recyclingfä- higkeit, um nur einige zu nennen.

»Verpackungen sind extrem wichtig – auch aus Gründen der Nachhaltigkeit.«

Dr. Jens Balko, Fraunhofer IAP

In Deutschland dreht sich die Debatte oft um Ansätze, mit denen sich die Recy- clingquote steigern lässt. Doch die Vorstel- lung, die für Verpackungen verwendeten Kunststoffe eines Tages zu 100 Prozent re- cyclen zu können, ist utopisch. Denn durch Produktionsverluste oder Abrieb wird es immer Verlustmengen geben, die in der Umwelt landen und – sofern es sich um fossil basierte Kunststoffe handelt – dort als Mikroplastik auf unbestimmte Zeit ver- bleiben. Die winzigsten Partikel gelangen in unsere Nahrung und sogar in unsere Atemluft. Biologisch abbaubare Verpa- ckungsmaterialien hingegen zersetzen sich mit der Zeit. Balko: »Die biologische Ab- baubarkeit als Nachhaltigkeitsfaktor für Verpackungsmaterial ist ein Aspekt, der in der öffentlichen Diskussion bislang eher unterbewertet wird.«

Pilze könnten eine Lösung sein. Am Fraun- hofer IAP im Potsdam Science Park arbei- tet ein Forschungsteam unter der Leitung von Dr. Hannes Hinneburg daran, Verpa- ckungen mithilfe von Pilzmyzel herzustellen. Aufgabe des unterirdisch arbeitenden Pilzfäden-Geflechts – etwa von Speisepil- zen oder auch Baumpilzen wie dem Aus- ternseitling oder Zunderschwamm – ist dabei, pflanzliche Reststoffe in Werkstoffe umzuwandeln. »Zunächst vermischt man Wasser mit landwirtschaftlichen Reststof- fen wie Stroh, Hackschnitzeln oder Säge- spänen zu einer Masse. Nach der Einstel- lung von Feuchtegrad und Partikelgröße und einer Hitzebehandlung zum Abtöten konkurrierender Keime liegt das Substrat vor«, erklärt Biotechnologe Hinneburg. Das Substrat wird mit dem Pilzmyzel vermischt und dient diesem über meh- rere Wochen als Nahrung. Im Laufe der Stoffwechselfvorgänge wird es komplett von einem feinen Geflecht aus Pilzfäden durchzogen. Hinneburg: »Es bildet ein verdichtetes dreidimensionales Netzwerk und kann eine selbsttragende Struktur aufbauen.« Licht ist für diesen Vorgang nicht notwendig, was der Energiebilanz der Produktion zugutekommt.

Dicht, dehnbar, reißfest oder lieber elastisch, weich und fluffig? Je nach Pilz- art und einer geschickten Kombination von Parametern wie Temperatur, Luft- feuchte und Substrat lassen sich gezielt Materialien herstellen mit Eigenschaften, die interessant sind für die Verpackungs- industrie. Hinneberg entwickelt bereits mit seinem Team und in Kooperation mit dem Institut für Lebensmittel- und Um- weltforschung sowie der Agro Saarmund e.G. myzelbasierte Verpackungsschalen aus Rest- und Rohstoffen der Land- und Forstwirtschaft. Mit einem neuartigen Rol- le-zu-Rolle-Verfahren, für das bereits ein Prototyp existiert, der zuerst für die Pro- duktion von Lederalternativen entwickelt wurde, soll die Herstellung auch bald auf andere Myzelmaterialien ausgeweitet wer- den. Der Fraunhofer-Forschende denkt aber bereits weiter: »Durch den Einsatz von Technologien wie Künstlicher Intelligenz zur Optimierung der Kombination von ▶

Reststoffen und Pilzarten kann die Produktion zusätzlich verbessert werden.«

Auch Papier könnte ein spannender Ansatz sein. Die Herausforderung hierbei ist, dass Papier eine Beschichtung als Barriere benötigt, um etwa Lebensmittel lange hygienisch zu konservieren. Oft werden Papiertüten und Kartons deshalb mit einer hauchdünnen Kunststoffschicht versehen, die den Inhalt vor Feuchtigkeit, Oxidation oder anderem Übel schützt. Die Beschichtung des Papiers – etwa Papierbeutel, die mit einer Polyethylen-Schicht ausgestattet sind – verkompliziert allerdings den Recyclingprozess. Das Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV im bayerischen Freising forscht deshalb an biobasierten Papierbeschichtungen, beispielsweise Proteine, die als Sauerstoffspererschicht fungieren, und Wachse als Wasserdampfbarriere.

Nanocellulose als Beschichtungsmaterial steht im Fokus des Forschungsprojekts CoatNanoCell: Diese partikulären oder auch faserartigen Strukturen im Nanometerbereich werden aus Cellulose und damit zu 100 Prozent aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen. Papiere mit Nanocellulose-Beschichtungen gelten als Monomaterial und können dadurch mit dem üblichen Altpapierstrom recycelt werden. Die Forschenden am Fraunhofer IVV entwickeln hierfür ein Verfahren, das eine Rolle-zu-Rolle-Applikation der Nanocellulose-Beschichtung auf Papier ermöglicht. Diese Extra-Schicht soll die Papierverpackung zudem mit ausreichend hohen Barriere-Eigenschaften gegenüber Sauerstoff ausstatten sowie eine gute Schutzwirkung gegenüber Mineralölen und Fetten generieren, um den bislang geringen Einsatz von Recyclingpapieren in Lebensmittelverpackungen zu erhöhen. Im Projekt ACCEPT wird außerdem an Beschichtungen auf Algenbasis geforscht.

Forschende des Fraunhofer-Instituts für Schicht- und Oberflächentechnik IST in Braunschweig setzen im Projekt BioPlas4Paper wiederum auf Pflanzenöle sowie Extrakte aus Rinde, die bereits eine natürliche antibakterielle Wirkung mit-

bringen. »Wir verwenden bislang ungenutzte Pflanzenstoffe mit einem hohen Anteil an ungesättigten Fettsäuren, um Papier hydrophob, also wasserabweisend, zu gestalten«, erklärt Martin Bellmann, Wissenschaftler am Fraunhofer IST. »Hierfür setzen wir Atmosphärendruck-Plasmatechnologie ein, bei der Gas mittels Hochspannung unter Umgebungsdruck derart angeregt wird, dass ein Plasma – ein Teilchengemisch aus Ionen, freien Elektronen und meist auch neutralen Atomen oder Molekülen – zündet und es zu einer Plasmaentladung kommt.«

Durch Beigabe von Stickstoff verwandeln sich die Pflanzenstoffe in ein Aerosol und können so in das Plasma eingeschleust werden. Die mikrometerkleinen Partikel verbinden sich miteinander zu Plasmapolymeren, dringen tief in die Poren und Fasern des Papiers ein und machen es dadurch wasserabweisend. Der Vorteil dieser komplexen Technologie: Abhängig von den Vorläuferverbindungen und Beschichtungsparametern lassen sich die Schichten gezielt optimieren, sodass sich das Verpackungsmaterial Papier für immer mehr Einsatzgebiete eignet und womöglich sogar Kunststoffverpackungen ersetzen kann.

Doch selbst Kunststoff besitzt echtes Nachhaltigkeits-Potenzial – sofern er nicht fossiles Rohöl, sondern nachwachsende Rohstoffe als Basis hat. Einer der Vorreiter im Segment der Biokunststoffe ist die Polymilchsäure (Polylactid), kurz PLA: ein synthetisches Polymer, das aus Pflanzenstärke hergestellt wird. Wird diese Stärke von bestimmten Mikroorganismen verstoffwechselt, entstehen dabei Milchsäuren, die via Polymerisation zu Granulaten geformt und dann – in der Regel unter Beigabe bestimmter Additive – zu Kunststoffprodukten umgewandelt werden können. Für die Verpackungsindustrie ist PLA aktuell der wichtigste Biokunststoff; er kommt beispielsweise als durchsichtige Sichtfenster im Sandwich-Karton oder als Take-away-Box für kalte Gerichte zum Einsatz. Der Haken an der Sache: PLA ist ein eher sprödes Material. Deshalb eignet es sich



Natur-Verpackung: Auch Baumnetze gibt es bereits aus Biokunststoff oder Baumwolle.



nicht als Basis für flexible Einwegverpackungen wie Tragetüten, die aber zu den Hauptverursachern von Einweg-Kunststoffabfällen zählen. Bestimmte Additive könnten dieses Manko ausgleichen und PLA flexibler machen, sind aber nicht biobasiert, teilweise sogar umweltschädlich und erschweren außerdem das Recycling.

In Kooperation mit einem Industriepartner hat sich die Chemikerin Dr. Antje Lieske mit ihren Kollegen Dr. Benjamin Rodríguez und André Gomoll vom Fraunhofer IAP das große Ziel gesetzt, eine langlebige, flexible Verpackungsfolie aus PLA zu entwickeln, die preiswert ist und gut mit üblichen Maschinen verarbeitet wer-

»Das Potenzial ist riesig – nicht als Nischenprodukt, sondern für den Massenmarkt.«

Dr. Jens Balko, Fraunhofer IAP

den kann. »Anfangs haben wir wild herumprobiert«, erinnert sich Lieske. Klar war lediglich, dass PLA mit Polyether als Weichmacher ergänzt werden muss. Aber welcher Polyether? In welcher Menge? Und wie kann das Additiv im PLA verankert werden, damit es nicht mit der Zeit aus dem Material migriert und der Biokunststoff wieder hart wird? »Im Laufe der Zeit bekamen wir ein Gefühl für die Eckpunkte und was passiert, wenn an den einzelnen Stellschrauben gedreht wird«, erinnert sich die Polymer-Expertin: »Die Verbesserungen wurden mit der Zeit immer kleiner, aber dafür zielgerichteter.«

Getestet wurde das entwickelte PLA-Granulat im Verarbeitungstechnikum Biopolymere Schwarzheide des Fraunhofer IAP. Lieske erinnert sich noch an das erhebende Gefühl, als dabei erstmals nach gut zehn Jahren Forschungsarbeit eine

schön gleichmäßige und weiche Folie entstand: »Das war schon großartig!«

Das Ergebnis ist ein flexibles PLA-Material, das völlig ohne migrierende Weichmacher auskommt und – anders als seine erdölbasierten Pendanten – zu mindestens 80 Prozent biobasiert ist und zudem kostengünstig aus kommerziellen Rohstoffen in einem einfachen Syntheseprozess hergestellt werden kann. Die SoBiCo GmbH, ein Tochterunternehmen des Industriepartners Polymer-Gruppe, hat inzwischen Anlagen mit einer jährlichen Produktionskapazität von bis zu 2000 Tonnen des neuen Biokunststoff-Granulats installiert und peilt langfristig ein Produktionsvolumen von 10 000 Tonnen pro Jahr an. Die nächste Forschungsetappe ist nun die Weiterentwicklung zu einer nahezu 100-prozentigen Biobasiertheit sowie die Verbesserung der Kreislauffähigkeit von PLA, um aus Alt-PLA ein Kunststoff-Granulat in Neuenwarequalität gewinnen zu können.

Jens Balko hat allerdings noch einen weiteren Kunststoff im Fokus: Polybutylensuccinat (PBS) wird aus Bernsteinsäure und Butandiol hergestellt. Beide Ausgangschemikalien können durch Fermentation aus pflanzlicher Zellulose (z. B. Schadholz oder Gärreste aus Biogasanlagen) gewonnen werden. Gelangt dieses Biopolymer in die Umwelt, baut es sich dort binnen weniger Jahre selbstständig ab. Zurück bleiben lediglich Wasser und Kohlendioxid.

»Während man an PLA schon seit gut zwei Jahrzehnten forscht, gilt PBS noch als relativ neuer Biokunststoff, der aber großes Potenzial hat«, sagt Balko. Im Vergleich zu PLA punktet PBS mit einer Fülle spannender Eigenschaften: Das Polymer ist schlagfest und flexibel und es kann von harten Kunststoffteilen bis Folien in viele unterschiedliche Formen gebracht werden. Da PBS außerdem eine gegenüber PLA höhere Temperaturbeständigkeit aufweist, eignet es sich auch als Verpackung für warmes Essen sowie den Kaffee to go.

Im Projekt RUBIO haben Forschende des Fraunhofer IAP gemeinsam mit Unternehmen und Forschungseinrichtungen neue PBS-Typen entwickelt. Mit der ►

Firma Polifilm Extrusion GmbH ist bereits das erste marktfähige Produkt entstanden: Versandtaschen aus einer weichen, aber haltbaren PBS-Folie. Trinkflaschen für den Sportbereich sind ein weiteres Produktsegment, das mit den Firmen Sauer GmbH & Co. KG sowie Gramß GmbH Kunststoffverarbeitung entwickelt wird. »Sehr mutmachende Ergebnisse, an die sich viele

weitere Verwendungsmöglichkeiten anschließen«, urteilt Jens Balko.

Noch liegt der Marktanteil von biobasierten Polymeren im Kunststoff-Verpackungssegment bei unter einem Prozent. Das hat, so Balko, zum einen damit zu tun, dass sie immer noch oft zu teuer für die extrem preissensible Verpackungsindustrie sind. Als weiteres Nadelöhr sieht der

Wissenschaftler die aktuell zu geringe Verfügbarkeit von Rohstoffen aus Europa. »Als Institut an der Schnittstelle zwischen Forschung und Wirtschaft setzen wir aber in alle Richtungen Anreize und wollen der Industrie Lust machen auf Biokunststoffe. Es tut sich einiges«, erklärt er. »Das Potenzial ist riesig – nicht als Nischenprodukt, sondern für den Massenmarkt.« ■

Einmal Gurke mit allem und scharf

Würstsemmel, Hamburger, Döner Kebab: Das Brötchen als Verpackung und Träger von Essen hat sich international durchgesetzt. Aber selbst Erfolgskonzepte lassen sich optimieren: Warum nicht mal Gurke statt Backware? Das Fruchtgemüse liegt schließlich mit seinen Nährwerten – einem Wassergehalt von bis zu 97 Prozent sowie kaum Kalorien, Fetten oder Kohlenhydraten – absolut im ernährungsphysiologischen Trend. Außerdem können Gurken regional angebaut werden und haben einem deutlich geringeren ökologischen Fußabdruck als Brötchen.

Gurke to go: Als ein Industriepartner Christian Kaiser diese Idee am Rande einer Messe vorstellte, war der Wissenschaftler vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP am Standort Valley sofort fasziniert: »Bislang hatte der Unternehmer versucht, das Gurkeninnere auszubohren, um Platz für die Füllung zu schaffen. Dabei geht allerdings viel Fruchtfleisch verloren und der Vorgang ist sehr zeitaufwendig.« Für den Forscher stand fest: Da muss es doch eine bessere Lösung geben.

Zurück im oberbayerischen Valley folgten zwei Tage Laborversuche, bis eine

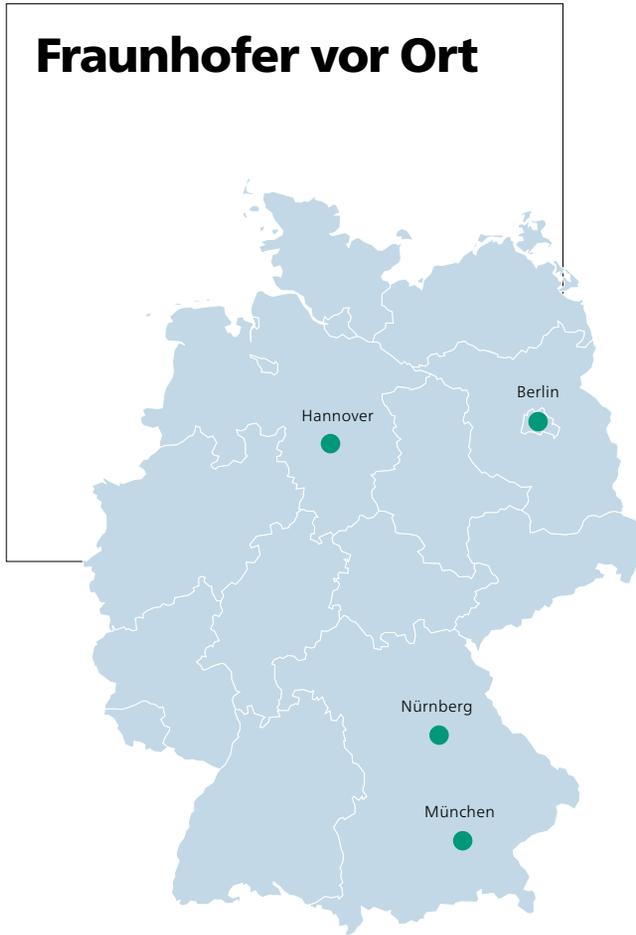
bessere Methode gefunden war: Ultraschall statt Bohrer. »Anstatt das Fruchtfleisch zu entfernen, lassen wir durch eine eindringende Ultraschallsonotrode die Zellen im Gurkeninneren aufplatzen«, erklärt Kaiser. »Dadurch entsteht ein glatter, gleichmäßiger Hohlraum, und es tritt kaum Wasser aus. Das verbleibende Fruchtfleisch wird von der Sonde zur Seite gedrängt, wodurch die Innenwand so verdichtet wird, dass die Gurke leicht zu befüllen ist.« Die Idee kam auch bei Kolleginnen und Kollegen an. Und wenige Tage später war das Patent für den »Gurkenhöhlungsprozess« eingereicht.

Inzwischen wurde die Idee mithilfe des Fraunhofer-internen Förderprogramms AHEAD so weiterentwickelt, dass einer Lizenzierung an das beteiligte Start-up nichts mehr im Weg steht. Am Fraunhofer IBP wird derzeit ein Prototyp entwickelt, um verschiedene Konfigurationen zu testen. Auf dieser Grundlage hat die Raeder Food GmbH nun die Fertigung einer Gurkenmaschine in Auftrag gegeben, um CUCOO®-Gurken als gesunde, variable Brötchenalternative und nachhaltige »Verpackung« im Fastfood-Markt zu etablieren. Aktuell

wird noch nach einer innovativen Lösung für das Geräusch der durch den Ultraschall verursachten Kavitation gesucht: »Da das Gerät eine schalldichte Hülle bekommt, klingt die Maschine leider etwas langweilig – vielleicht sollten wir von unseren Akustik-Experten noch einen typischen ›Gurkenhöhlungsound‹ kreieren lassen«, scherzt Kaiser. Wobei noch offen ist, wie so ein Sound klingen müsste.

Obwohl das Fraunhofer IBP-Team bei der Entwicklung neuer Baustoffe mit Ultraschall arbeitet, betritt es mit der Konzeption der Gurkentechnologie Neuland, denn: »Anders als bei Zement steht im Food-Bereich viel mehr die emotionale Wirkung im Vordergrund.« Deshalb haben sich die Forschenden inzwischen von der Idee verabschiedet, die Gurke in einem einzigen Produktionsschritt auszuhöhlen, zu schälen und zu befüllen: Das wirkte auf die Testesser zu maschinell. Bei einer ersten Verkostung bevorzugten sie Gurken, die per Hand mit stückigem Inhalt gefüllt wurden. Als absoluter Favorit setzte sich übrigens Dönerfleisch als Füllung durch. Die Zeichen stehen gut für den Food-Trend »Gurke mit allem und scharf«.

Fraunhofer vor Ort



🌐 **München**
13.–17. Januar 2025
BAU
 Weltleitmesse für
 Architektur, Materialien,
 Systeme

🌐 **Nürnberg**
11.–13. März 2025
Embedded World
 Fachmesse für
 eingebettete Systeme

🌐 **Berlin**
19.–20. März 2025
Transform
 B2B-Leadevent des
 Bitkom für die Digitale
 Transformation von
 Unternehmen

🌐 **Hannover**
31. März – 4. April 2025
Hannover Messe
 Weltleitmesse der Industrie.
 Hochtechnologie und
 innovative Lösungen
 zur Bewältigung der
 globalen industriellen
 Herausforderungen

Fraunhofer-Magazin

Das Magazin für Menschen, die Zukunft gestalten

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



Neue Techniken für neues Bauen

Die Superkraft der Pilze nutzbar machen
für Dämm-Materialien: Daran forscht
Dr. Steffen Sydow, Fraunhofer WKI

