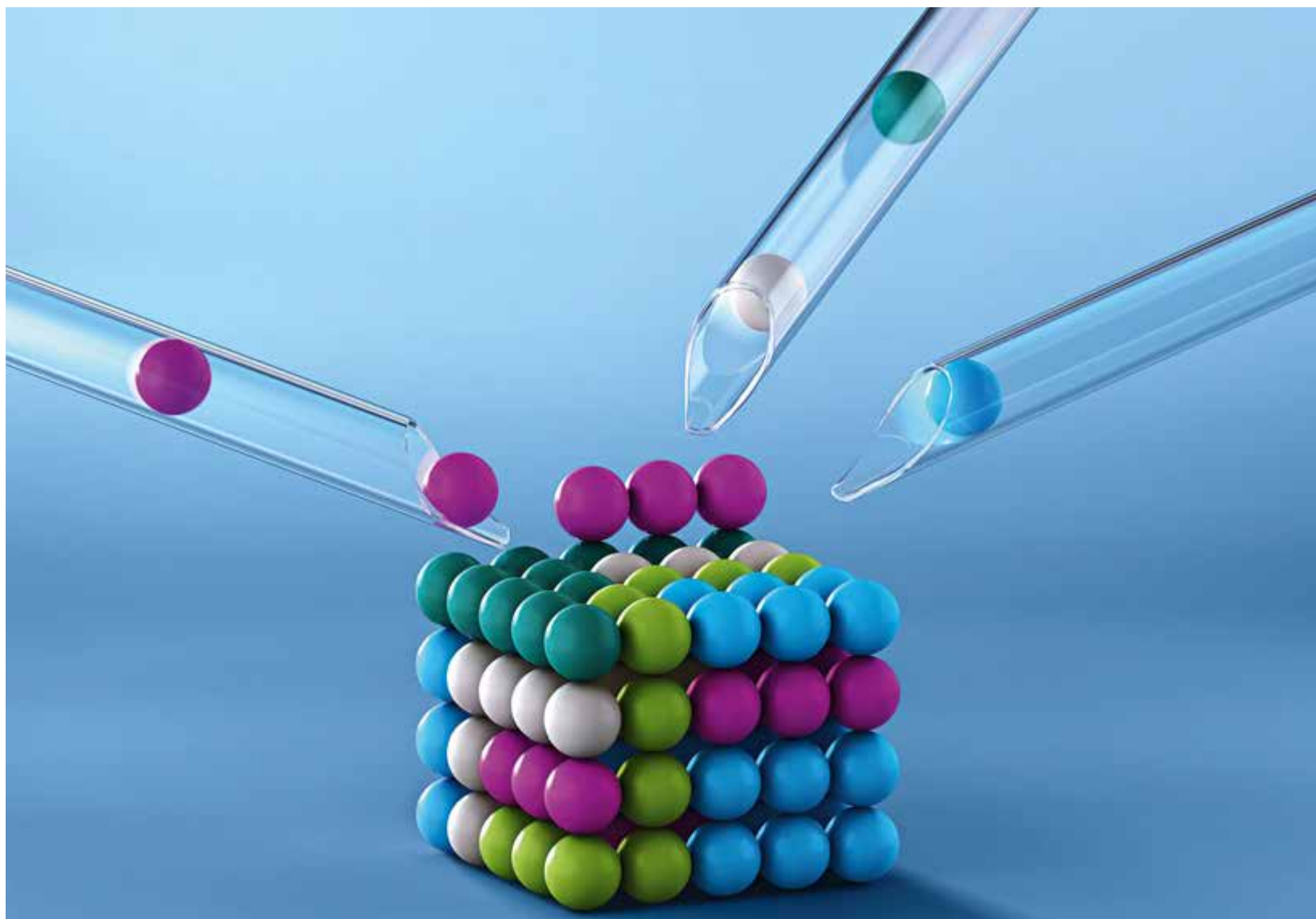


ELEMENTS

Forschen. Wissen. Zukunft.



Alles in einem

**Wie Evonik durch interdisziplinäre Zusammenarbeit
komplexe Anforderungen von Kunden löst → S. 10**

Medizin: Hightech-Kapseln machen Therapien bequemer → S. 24

Klimaschutz: CO₂ als Rohstoff für Chemieprodukte → S. 40

Verfahrenstechnik

Ingenieurwissenschaft der Stoffumwandlung

Die Verfahrenstechnik ist eine interdisziplinäre Wissenschaft, die sich mit der technischen Durchführung und Optimierung von Stoffumwandlungsprozessen beschäftigt. Als Bindeglied zwischen Rohstoffgewinnung und Produktfertigung ist sie in vielen Industriezweigen unverzichtbar. Ihre zentrale Aufgabe besteht darin, Laborprozesse auf einen großtechnischen Maßstab zu übertragen und spezifische Kundenanforderungen umzusetzen. Innerhalb der Verfahrenstechnik existieren Teildisziplinen wie die mechanische, thermische, chemische, elektrochemische und die Bioverfahrenstechnik. Ihr Ziel ist es, Produktionsprozesse effizienter und Produkte nachhaltiger zu gestalten.

Stoffumwandlungsprozesse Mechanische, thermische, chemische und biologische Verfahren, in denen Substanzen in Art, Eigenschaft und Zusammensetzung verändert werden

Großtechnischer Maßstab Endstufe der Prozessentwicklung, bei der das Verfahren in der Praxis unter realen Produktionsbedingungen angewendet wird



LIEBE LESERIN, LIEBER LESER,

im Deutschen gibt es ein oft zitiertes Sprichwort: „Viele Köche verderben den Brei.“ Die Bedeutung ist schnell erschlossen: Wenn zu viele Personen in der Küche mitmischen, kommt nichts Gutes dabei raus. Aber stimmt das denn? Spätestens seit dem Animationsfilm „Ratatouille“ weiß doch jeder, dass Kochen auf Sterne-Niveau nur im Team gelingt. Beste Zutaten in den Händen der größten Experten auf ihrem jeweiligen Gebiet – das ist der Weg, auf dem ausgezeichnete Gerichte für hohe Ansprüche entstehen.

Bei uns in der Chemie ist das nicht anders. Nur wer die gesamte Palette an Verfahrensschritten auf Topniveau beherrscht und zudem die Anforderungen der Kunden genau kennt und versteht, kann heute erfolgreich sein. Das Ziel ist nicht Einheitsbrei, sondern eine genau auf den Bedarf der jeweiligen Kunden zugeschnittene Lösung, die einfach anwendbar und zugleich nachhaltig ist.

In unserer Titelgeschichte zeigen wir, wie viele verschiedene Fähigkeiten, Verfahren und Techniken perfekt orchestriert zusammenkommen müssen, um ein komplexes Produkt wie Biostimulanzien erfolgreich in den Einsatz beim Kunden zu bringen. Evonik hat da lieber die Küche voll mit Köchen. Denn die Bündelung der verschiedenen Kompetenzen bietet für uns einen Vorteil in Sachen Innovationskraft.

In einer weiteren Geschichte stellen wir einen Einzelkämpfer vor. Thilo von Osterhausen ist leidenschaftlicher Surfer, Erfinder und Unternehmer. Mit seinem Start-up Kanoa will er Surfboards viel länger haltbar und zugleich recyclingfähig machen. Doch auch er suchte Partner für den Erfolg – und stieß dabei auf Evonik. Gemeinsam hat man nun einen Markt im Blick, der noch viel größer ist als der des Wellenreitens.

Ich wünsche Ihnen viel Lesevergnügen und neue Einblicke. Wenn Sie Fragen zu diesem Heft, Anregungen oder auch Kritik haben, schreiben Sie mir gern: elements@evonik.com

Jörg Wagner

Chefredakteur

Sämtliche Artikel aus dem gedruckten Magazin sowie weitere aktuelle Inhalte finden Sie im Internet unter elements.evonik.de



10

Superkraft von morgen: Im Hanauer Biotech Hub arbeiten Evonik-Experten an Mikroorganismen wie Rhizobien. Empfindliche bioaktive Wirkstoffe werden hier zu lagerfähigen Produkten verarbeitet, die optimal am Einsatzort wirken.

VERFAHRENSTECHNIK

10 Die Möglichmacher

Mikroorganismen gelten als Superkraft der Zukunft. Damit aus einem aussichtsreichen Ausgangsstoff auf Basis von Bakterien oder Pilzen ein wirkungsvolles Produkt wird, sind jedoch zahlreiche Schritte und viele Qualifikationen nötig. Einen wichtigen Beitrag dazu leistet die Verfahrenstechnik.

INNOVATION

INTERVIEW

20 »Brain meets money meets market«

Der langjährige Chef der Europäischen Handelskammer in Peking, Jörg Wuttke, erklärt, mit welchen Erfolgsfaktoren China den Wettbewerbsvorsprung in Hightech-Branchen ausbaut.

DRUG DELIVERY

24 Schichtdienst

Viele Arzneien müssen den Patienten gespritzt werden. Eine neue Beschichtungstechnik von Evonik ermöglicht es, empfindliche Medikamente durch Mund und Verdauungstrakt an ihren Einsatzort zu bringen.

SCHAUBILD

32 Lieber schlucken

Wie funktionale Kapseln Wirkstoffe sicher und effektiv in den Darm transportieren

KUNSTSTOFFE

34 Grüne Welle

Surfbretter sollen robust sein und die Umwelt möglichst wenig belasten. Ein Hersteller nutzt das Evonik-Additiv Albidur, um seine Boards langlebig und recyclingfähig zu machen.

DATA MINING

39 Brettbewerb

Der Markt für Surfbretter wächst rasant. Das macht Lösungen für eine effektive Wiederverwertung der Bestandteile umso dringlicher.

POWER-TO-X

40 Gutes aus Klimagas

Statt fossile Rohstoffe zu nutzen, setzt die Chemiebranche zunehmend auf nachhaltige Alternativen. Im Rahmen eines großen Forschungsprojekts testet Evonik, ob sich CO₂ für die Herstellung von Duftstoffen nutzen lässt.



Rein und runter: Vorbeschichtete Kapseln von Evonik machen die Medikation für Patienten komfortabler, die bislang auf Spritzen zurückgreifen müssen.

6

PERSPEKTIVEN

Neues aus Wissenschaft und Forschung

48

FORESIGHT

Wachstumsbranche

Biohybride Materialien kombinieren biologische Komponenten mit klassischen Werkstoffen.

50

IN MEINEM ELEMENT

Thorium

Thorsten Schumm nutzt ein Isotop des radioaktiven Metalls zum Bau einer Atomkernuhr.

51

IMPRESSUM



Auf dem Nachhaltigkeitsgipfel 2015 haben die Vereinten Nationen 17 Ziele definiert, die Sustainable Development Goals (SDG). Evonik leistet vielfältige Beiträge, um eine nachhaltige Entwicklung zu unterstützen. Wir stellen sie an dieser Stelle vor.



Weltweit fehlt Millionen Menschen Zugang zu sicherer Arbeit und stabilem Einkommen. Für ein Leben ohne Armut braucht es ein **dauerhaftes, breitenwirksames und nachhaltiges Wirtschaftswachstum, produktive Vollbeschäftigung und menschenwürdige Arbeit** für alle. Bildung, Gleichstellung und Chancengleichheit sind dafür zentrale Voraussetzungen.

Um in wirtschaftlich schwachen Regionen Afrikas nachhaltige Perspektiven zu schaffen, unterstützt Evonik die „Great Green Wall“-Initiative der Vereinten Nationen. Einen Schwerpunkt bildet die nachhaltige Nutzung des Affenbrotbaums, auch Baobab genannt – vor allem in der Sahelzone. Evonik kauft in der Region Baobab-Samen, um daraus ein hochwertiges Öl für die Kosmetikindustrie zu gewinnen. Das Projekt schafft vor allem für Frauen neue Einkommensquellen, stärkt die lokale Wirtschaft und bewahrt traditionelles Wissen.

*Im Westen Madagaskars ragen bis zu 800 Jahre alte und um die 30 Meter hohe Baobabs der Art *Adansonia grandidieri* durch den morgendlichen Nebel. Affenbrotbäume sind in weiten Teilen Afrikas verbreitet, auch in der Sahelzone, wo vor allem die Art *Adansonia digitata* vorkommt. Im Rahmen der „Great Green Wall“-Initiative werden vom Senegal bis nach Djibouti Millionen Bäume gepflanzt, die das Vordringen der Sahara nach Süden aufhalten sollen.*

Mit Ballonhunden aus Schaumstoff demonstrierten die Forscher die Wandelbarkeit des neuartigen Materials.

Der Stoff, aus dem Schäume sind

Deponie war gestern: US-Forscher entwickeln eine recycelbare Schaumstoff-Alternative.

Herkömmliche Schaumstoffe bestehen meist aus duroplastischen Materialien, die bei der Herstellung chemisch gehärtet werden. Sie behalten dadurch zwar dauerhaft ihre Form, lassen sich aber bislang weder einschmelzen noch recyceln. Forschende der University of Texas in Dallas wollten ein Material entwickeln, das robust im Einsatz ist und zugleich wiederverwertbar. Die Lösung: ein neuartiger Schaumstoff auf Basis dynamischer kovalenter Chemie. Dabei entstehen zwischen den Molekülen chemische Bindungen, die sich unter bestimmten Bedingungen wieder lösen lassen.

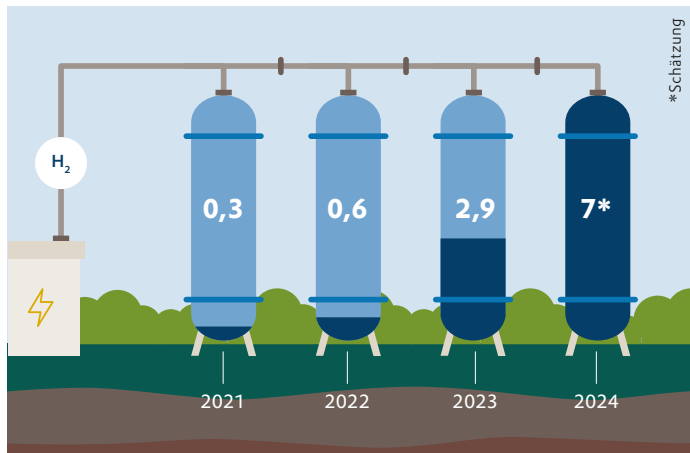


Das neue Material ist recyclingfähig und kann sich sogar selbst reparieren. Zudem lassen sich per 3D-Druck aus dem Schaumstoff komplexe Geometrien umsetzen – ideal für Anwendungen wie Stoßdämpfer, Isolierungen oder Schutzkleidung. Auch wenn sich das Material nicht vollständig neu formen lässt, ist es durch seine Struktur um einiges langlebiger und nachhaltiger als bisher übliche Materialien. Ziel der weiteren Forschung ist es, dass sich der Schaumstoff noch besser wiederverwerten und auch in größeren Werkstücken einsetzen lässt.

BESSER IST DAS

Wasserstoff marsch!

Neu installierte Elektrolysekapazitäten, in Milliarden US-Dollar



Wasserstoff nimmt für Industrie, Mobilität und Stromspeicherung eine zentrale Rolle in der Energiewende ein – und damit auch die Elektrolyse, die die Produktion des Gases aus erneuerbaren Quellen ermöglicht. Zwischen 2021 und 2024 haben sich die weltweiten Investitionen in Elektrolyseure um etwa das 22-Fache erhöht. Das unterstreicht den wachsenden politischen und industriellen Willen, Wasserstofftechnologien marktreif zu machen.

Quelle: IEA

11

GRAMM

wiegt das bislang schwerste im Labor gezüchtete Stück Hühnerfleisch. Ein japanisches Forscherteam entnahm dafür Tieren lebende Zellen, aus denen es Muskelgewebe um ein Netz aus halbdurchlässigen Hohlfasern herum züchtete. Ein neu entwickeltes Kreislaufsystem versorgte das wachsende Gewebe mit Nährstoffen und Sauerstoff. Die Technik könnte künftig dabei helfen, Fleisch nachhaltiger zu produzieren und neue Lösungen für die regenerative Medizin zu finden.

INTUMESZENZ...

... bezeichnet die Volumenzunahme eines Festkörpers ohne chemische Umwandlung. Diesen Effekt nutzt ein Forschungsteam der Northeast Forestry University im chinesischen Harbin bei einer neuartigen Brandschutzbeschichtung für Holz. Sie basiert auf einem modifizierten Aminoharz, das mit Tannin- und Phytinsäure zu einem stickstoff- und phosphorhaltigen Harz (PTP) weiterreagiert wurde. Das Team fügte Siliciumdioxid hinzu und trug die Lösung schichtweise auf Holz auf. Im Brandfall dehnte sie zu einer schaumartigen Keramikschicht aus, die das Holz schützte. Hitze, Rauchentwicklung und CO-Freisetzung sinken dadurch deutlich – ein Plus für nachhaltige Baukonzepte.

MENSCH & VISION

„Mein Konzept basiert auf Papierfasern, die biologisch abbaubar und recycelbar sind“

DER MENSCH

Schon als Kind war Franziska Kerber von Neugierde getrieben – eine Eigenschaft, die sie mit ihrem Vater, einem Physiker und Erfinder, teilt. Aufgewachsen in Tirol, zog sie für ihr Studium im Fach Industrial Design nach Graz, wo sie sich intensiv mit nachhaltigen Materialien befasste. Besonders interessiert sie die Schnittstelle von Design, Technologie und Umwelt: „Design geht über Ästhetik hinaus – es kann neue Denkweisen anstoßen und nachhaltige Alternativen schaffen.“ Für ihre Abschlussarbeit PAPE wurde Kerber 2025 für den Young Inventors Prize des Europäischen Patentamts nominiert.

DIE VISION

Während ihres Studiums legte die Forscherin ihren Fokus vor allem auf nachhaltige Elektronik. Ihr fiel auf, dass die Nachhaltigkeit oft bei den Kunststoffgehäusen der Geräte aufhört. So entstand PAPE, ein alternatives Konzept etwa für die Hüllen von WLAN-Routern oder Rauchmeldern: „Es basiert auf gepressten Papierfasern, die biologisch abbaubar, recycelbar und zugleich funktional stabil sind“, erklärt sie. Ein Rückführsystem soll den Materialkreislauf schließen. Kerbers Ziel ist es, PAPE weiterzuentwickeln und in reale Anwendungen zu bringen, um so auch gesellschaftliche Verantwortung zu übernehmen.



Verwerten statt verbrennen

Wiener Wissenschaftler nutzen Quanten-Lichtquelle für nachhaltige Gaserzeugung aus Biomasse.

Richtig genutzt sind Abfälle eine wertvolle Energie- und Rohstoffquelle. Bei der kontrollierten Verwertung von Biomasse etwa entsteht sowohl nutzbare Wärme als auch Produktgas, das zu Grundchemikalien wie Wasserstoff, Methan oder Methanol weiterverarbeitet werden kann. Voraussetzung ist eine präzise Überwachung des Prozesses. Dafür haben Forschende der TU Wien ein Verfahren entwickelt, mit dem sich Gas aus Biomasse effizienter und umweltfreundlicher herstel-

len lässt. Das Herzstück ist ein Quantenkaskadenlaser, der Terahertzstrahlung emittiert. Damit lässt sich der Wasserdampfgehalt in den entstehenden Gasen präzise messen – ein wichtiger Faktor, da der Wasseranteil die Qualität und Zusammensetzung des Produktgases beeinflusst. Herkömmliche Verfahren stoßen hier an Grenzen. Die Terahertztechnologie hingegen erlaubt eine selektive Erfassung von Wassermolekülen und liefert so zuverlässigere Ergebnisse.

GUTE FRAGE



Herr Mardi, ist die Batterie der Zukunft elastisch?

Ja. Weiche Batterien bieten Potenzial in der Softrobotik, also für die Entwicklung und Anwendung von Robotern aus nachgiebigen Strukturen, in der Medizintechnik und dem Internet der Dinge. Anders als herkömmliche Batterien lassen sie sich in jede beliebige Form integrieren. Wir haben sogenannte redoxaktive Elektrofluid-Materialien als Elektroden entwickelt, die mechanische von elektrochemischen Eigenschaften entkoppeln und so eine höhere Kapazität ermöglichen – unabhängig von der Steifigkeit der Batterie. Bisherige Entwürfe basierten auf gummiartigen Bindemitteln, die jedoch aufgrund ihrer erhöhten Steifigkeit die Kapazitätserweiterung bremsen. Unser Ansatz setzt auf nachhaltige, organische Materialien wie Polymere und Lignin. So entsteht eine kostengünstige, umweltfreundliche Lösung für skalierbare und anpassungsfähige Energiespeicher der Zukunft.

Saeed Mardi ist Postdoktorand am Department of Chemistry, Ångström Laboratory, der Universität Uppsala, Schweden.



IDEEN INS TROCKENE BRINGEN

Damit ein Produkt am Einsatzort seine Wirkung optimal entfaltet, sind viele Kompetenzen nötig – von der Material- und Prozessauswahl über die Lagerfähigkeit bis hin zur Anwendbarkeit beim Kunden. Eine wichtige Rolle bei diesem Prozess spielt die Verfahrenstechnik.

TEXT **MICHAEL PRELLBERG**

Star der Verfahrenstechnik: der Sprüh-trockner. Hier entziehen die Experten der Formulierung so viel Wasser, dass die Mikroorganismen in einen Tiefschlaf versetzt werden und länger lebensfähig sind.

Seit mehr als 100 Jahren sorgt Stickstoffdünger auf Äckern für hohe Ernteerträge. Eine Überversorgung kann jedoch den Boden versauern und wichtige Mikroorganismen verdrängen. Im Wasser führt die Eutrophierung zu Algenwachstum und schließlich zu Sauerstoffmangel. Außerdem erhöht sich der Lachgasgehalt in der Atmosphäre, was den Klimawandel verstärkt.

Um die Umwelt zu schützen, setzt die moderne Landwirtschaft deshalb zunehmend auf Mikroorganismen – zum Beispiel durch den Einsatz von Knöllchenbakterien, von Fachleuten Rhizobien genannt. Diese Rhizobien ziehen Stickstoff aus der Luft, wandeln ihn um und geben ihn weiter an die Pflanze.

Mikroorganismen sind die Superkraft von morgen: Sie schützen Pflanzen oder lassen sie wachsen, sind gut für den Darm oder die Haut, und manche wehren gar ihre schädlichen Artgenossen oder andere Krankheitserreger ab. Sogar in technischen Anwendungen kommen sie zum Einsatz, etwa in „selbstheilendem“ Beton.

Biologisch aktive Wirkstoffe sind jedoch oft sehr empfindlich. Sie müssen zu Produkten weiterverarbeitet werden, die eine Lagerung überstehen, unbeschadet an ihren Einsatzort gelangen und dort ihre volle Wirkung entfalten. Diese Weiterverarbeitung, bei der Komponenten →

gemischt werden, nennen Experten Formulierung. Dafür sind viele Arbeitsschritte nötig, für die Experten aus der Verfahrenstechnik (VT) von Evonik wie Max Braun eine entscheidende Rolle spielen. Sie suchen nach den richtigen Hilfsmitteln und Prozessschritten für die perfekte Formulierung: „Heutzutage reicht es nicht mehr aus, einfach nur ein fertiges Material über den Zaun zum Kunden zu werfen. Wir brauchen komplexe, auf den Kunden zugeschnittene Lösungen, die er gut und einfach handhaben kann“, erklärt Prozessingenieur Braun, der innerhalb der Verfahrenstechnik für Bioformulierungsthemen zuständig ist. „Unsere Kompetenzplattform bringt verschiedene Fachdisziplinen für die beste Formulierung von biologisch aktiven Wirkstoffen zusammen.“

Wie diese Zusammenarbeit funktioniert, zeigt sich beispielhaft anhand spezieller Rhizobien, die im Programm „Agriculture Solutions“ der Creavis entwickelt

wurden, der strategischen Forschungseinheit und dem Business Incubator von Evonik. Sie gehören zu den Biostimulanzien und verbessern Wachstum, Widerstandsfähigkeit und Qualität von Pflanzen und Böden auf natürlichem Weg.

KOMPETENZ UNTER EINEM DACH

Ihr Einsatz ist jedoch nicht trivial. Rhizobien etwa sind wählerisch, wen sie mit Stickstoff versorgen. Erbsen, Soja- und Ackerbohnen zählen zu den Pflanzen, die seit Urzeiten von Rhizobien profitieren. Die wichtigsten Feldfrüchte – Getreide, Raps, Rüben und Kartoffeln – interagieren allerdings nicht mit ihnen. Evonik-Wissenschaftler arbeiten daran, das zu ändern. Bei Kartoffeln, Mais und Weizen gibt es bereits vielversprechende Ergebnisse. „Unser Vorteil: Wir profitieren von dem konzentrierten Know-how in Mikrobiologie, Agrarwissen- →

SUPERKRAFT MIKROORGANISMEN

Biologische Wirkstoffe fördern das Wohl von Mensch, Tier und Pflanze. Evonik nutzt Bakterien, Viren oder Pilze für verschiedene bioaktive Substanzen beziehungsweise deren Formulierung.



TIER

- Evonik forscht an Mikroorganismen, die die Besiedlung des Hühnerdarms mit Krankheitserregern verhindern und dabei helfen, den Antibiotikaeinsatz zu verringern.
- Auf Basis des Bakteriums *Bacillus amyloliquefaciens* hat Evonik unter dem Namen Ecobiol Produkte entwickelt, die dem Hühnerfutter beige-mischt werden und ein ausgewogenes Darmmikrobiom ermöglichen. Neu ist eine Brausetablette, die in Stressphasen dem Trinkwasser zugesetzt werden kann.



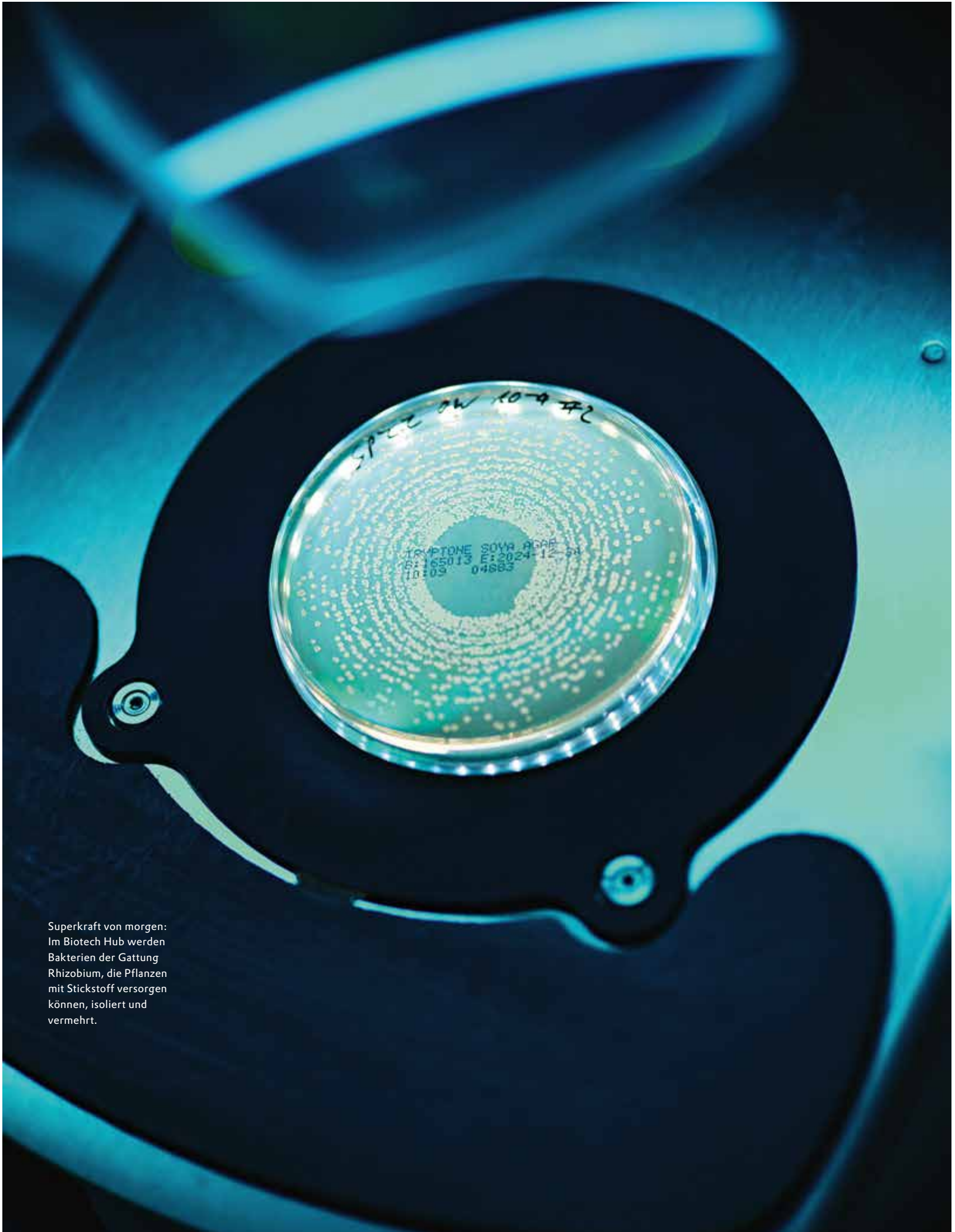
PFLANZE

- Das Mikrobiom ist wichtig für Gesundheit und Ertrag. Bakterien können unter anderem Pathogene ausschalten und reduzieren so den Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel.
- Biostimulanzien helfen unter anderem bei der Nährstoffversorgung. So fixieren etwa Bakterien im Blatt Stickstoff aus der Luft und verbessern Wachstum und Ertrag. Evonik-Produkte tragen dazu bei, dass davon auch Pflanzen profitieren, die das von Natur aus nicht können. Außerdem helfen sie den Pflanzen, besser mit abiotischem Stress wie Trockenheit und Kälte umzugehen.
- Pheromone sorgen in der Natur dafür, dass Insekten-Weibchen und -Männchen zueinanderfinden. Evonik entwickelt Lösungen, die diese Lockstoffe gezielt freisetzen und so eine Paarung verhindern.
- dsRNA-Produkte können unter anderem gegen einen definierten Schädling wirken. Andere Insekten bleiben unberührt. Evonik arbeitet an Lösungen, die empfindlichen dsRNA-Moleküle für die Anwendung im Feld zu formulieren.
- Biofungizide auf Basis von Bakterien oder Pilzen bekämpfen schädliche Pilze auf Blättern. Die Formulierungsexpertise von Evonik hilft Kunden, ihre Biofungizide wirksamer und länger haltbar zu machen.



MENSCH

- Probiotische Bakterien helfen dem Mikrobiom im Darm. Die Produkte des In-Vivo-Biotics-Portfolios von Evonik fördern mithilfe von Mikroorganismen die Gesundheit unterstützende Stoffwechselprodukte oder den Abbau unerwünschter Nahrungsinhaltsstoffe. Sie kommen zum Beispiel bei Gluten-Unverträglichkeit oder chronischen Entzündungen begleitend zum Einsatz.
- Das Hautmikrobiom unterstützt die epidermale Barriere und spielt eine Rolle beim Alterungsprozess der Haut. Evonik nutzt für seine BeautiFerm-Resurf-Produkte Milchsäurebakterien, die Vermehrung und Diversität nützlicher Hautbakterien fördern.



Superkraft von morgen:
Im Biotech Hub werden
Bakterien der Gattung
Rhizobium, die Pflanzen
mit Stickstoff versorgen
können, isoliert und
vermehrt.





Bei der Sprühtrocknung im Labor (o.) und der Dispergierung (l.) tarieren die Ingenieure so lange die Einstellung von Parametern wie der Temperatur und die Zusammensetzung von Partikeln und Hilfsmitteln aus, bis sie das Optimum erreichen.

schaft, chemischer Formulierung und Prozesstechnik“, sagt Ines Ochrombel, Programmleiterin bei der Creavis.

Es braucht mikrobiologisches Wissen, um die Bakterien in eine lagerfähige und verwendbare Form zu überführen. Es braucht eine passende Formulierung, um die Bakterien am Leben zu erhalten – bis zum Einsatz auf dem Feld. Und es braucht umfassendes Material- und Prozesswissen: Wie werden die winzigen Lebewesen stabilisiert, wie lager- und einsatzfähig gemacht? „Biostimulanzien sind ein gutes Beispiel dafür, wie neue Produkte und Märkte entstehen, wenn Menschen aus verschiedenen Fachbereichen miteinander arbeiten“, sagt Verfahrenstechniker Braun.

ERST KULTIVIEREN, DANN ERNTEN

Die Arbeit beginnt am größten Standort des Evonik Biotech Hubs in Halle-Künsebeck unweit von Bielefeld. Hier werden Rhizobien, die in der Lage sind, Stick-



Jasmin Reiner fügt der Dispersion Additive hinzu.

» Wir brauchen gleichzeitig physikalische und biologische Stabilität.«

JASMIN REINER,
VERFAHRENSTECHNIKERIN BEI EVONIK

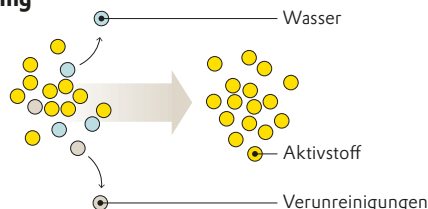
stoff auch für Getreide und Kartoffeln aus der Luft zu holen, isoliert und charakterisiert. Künftig gehen diese Mikroorganismen gekühlt auf die Reise zu den Kollegen vom Biotech Hub in Hanau. Dort werden sie dann in Bioreaktoren – meist Stahlkesseln – kultiviert, also vermehrt. „Damit das optimal funktioniert, verändern wir den pH-Wert, die Sauerstoffzufuhr oder das Tempo der Zuckerzufuhr, die sogenannte Feed Rate, um im Abgleich das bestmögliche Wachstum zu erreichen“, sagt der für das dortige Biotech-Hub-Laborteam Verantwortliche, Philipp Glembin.

Ist die Fermentation abgeschlossen, werden die Mikroorganismen zentrifugiert und damit aufkonzentriert. Die Bioverfahrenstechniker sprechen von „harvest“: Sie „ernten“ die im Bioreaktor gewachsenen →

BIOFORMULATION

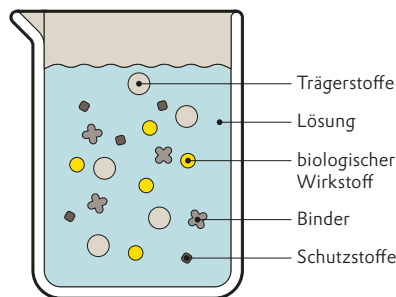
1 Downstream Processing

Der biologische Aktivstoff wird aufkonzentriert und falls nötig aufgereinigt, um die notwendige Konzentration im Endprodukt sicherzustellen.



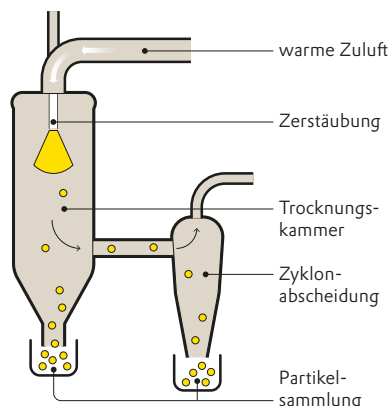
2 Formulierung

Die Auswahl, Menge und Konzentration der Materialien ist entscheidend, um stabile und wirksame Produkte zu entwickeln. Trägerstoffe erleichtern die Prozessierbarkeit; die richtigen Hilfsstoffe wie Binder und Schutzstoffe halten die Wirkstoffe stabil.



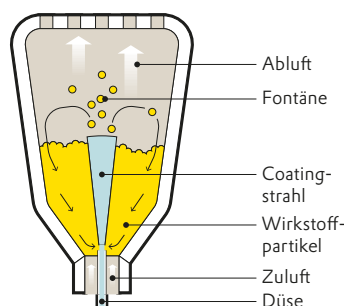
3 Sprühtrocknung

Die Sprühtrocknung ist eine Schlüsseltechnologie der Bioformulierung: Sie entzieht der Formulierung Wasser und versetzt Mikroorganismen in einen schlafenden Zustand. Der Prozess ermöglicht lagerfähige Pulver mit gezielt einstellbaren Partikeleigenschaften.



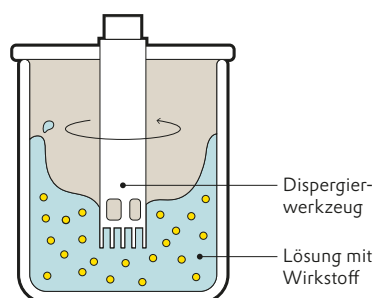
4 Coating

Ein Coating erhöht die Stabilität der biologischen Wirkstoffe, indem es sie vor Umwelteinflüssen wie Licht, Feuchtigkeit und Sauerstoff schützt, verbessert die Löslichkeit oder steuert die gezielte Freisetzung der Wirkstoffe.



5 Dispergierung

Die Dispergierung sorgt durch gezielten Energieeintrag für eine gleichmäßige Verteilung von Partikeln in Flüssigkeiten – entscheidend für Stabilität, Wirksamkeit und optimierte Produkteigenschaften.



Bakterien. Die milchige Suppe, die sie dabei erhalten, ist längst noch nicht bereit für den Einsatz beim Kunden, die Formulierung zum eigentlichen Produkt steht noch aus. Um diese zu finden, muss die Suppe zunächst in die Verfahrenstechnik.

„Bei der Formulierung hängt wie bei einem Kuchen alles von den richtigen Zutaten, der perfekten Menge und Konzentration ab“, sagt Jasmin Reiner, als Verfahrenstechnikerin spezialisiert auf Bioformulierung. Die VT-Experten suchen nach den passenden Hilfsmitteln und Technologien für die perfekte Mischung. „Wir brauchen gleichzeitig physikalische und biologische Stabilität.“

Eine entscheidende Aufgabe für die Spezialisten: Um die Mikroorganismen länger lebensfähig zu halten und so das Produkt dauerhaft bei Raumtemperatur haltbar zu machen, müssen sie die Rhizobien in einen temperatur-unabhängigen Tiefschlaf versetzen.

Hierzu entziehen sie der milchig weißen Flüssigkeit die Feuchtigkeit. Ein gängiges Verfahren ist die Sprühtrocknung: Eine Lösung wird in feine Tröpfchen zerstäubt und anschließend durch einen Heißluftstrom getrocknet – so entsteht ein Pulver. Dabei kommt es auf Nuancen an: Wird zu wenig Wasser weggenommen, verstoffwechseln die Bakterien weiter und sterben aufgrund fehlender Nährstoffe – weit vor dem Einsatz auf dem Feld. Zu trocken darf das Pulver allerdings auch nicht sein: „Entfernen wir das gesamte Wasser, sterben die Kulturen ebenso“, sagt Reiner. „Wir müssen genau die richtige Balance finden, damit die Kulturen leben, aber schlafen.“

NICHTS GEHT OHNE ADDITIVE

Darüber hinaus bedenken die Experten bei Evonik viele weitere Anforderungen der Kunden. Werden Biostimulanzien in der Landwirtschaft eingesetzt, ist es zum Beispiel wichtig, dass sie sich vermengt mit Wasser auf dem Feld versprühen lassen und nicht die Düsen der landwirtschaftlichen Maschinen verstopfen. Außerdem müssen sie kompatibel sein mit den Pflanzenschutzmitteln, die der Landwirt bereits einsetzt. „Wir können nicht erwarten, dass jemand zweimal über das Feld fährt oder gar neue Maschinen kauft, nur um unsere Biostimulanzien einzusetzen“, sagt Stefan Gilch, Projektmanager für Agricultural Solutions bei der Creavis. „Also müssen wir uns an der Ausrüstung der Endabnehmer ausrichten.“

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, fügen die Verfahrenstechniker der Rhizobien-Lösung, die in den Sprühtrockner kommt, ein Silikat-Trägermaterial – Sipernat – Spezialeisensäure – hinzu. Mit dessen Hilfe und über die verschiedenen Einstellungen bei der Sprühtrocknung können die Verfahrenstechniker sowohl die Größe als auch die Beschaffenheit der Partikel im Pulver beeinflussen: Diese sind am Ende klein genug und rund, sodass die Düsen der Sprüheräte nicht verstopfen. Damit die Rhizobien bei der Lagerung und auf dem Weg

zum Feld keinen Schaden nehmen, werden sie bei der Sprühtrocknung zudem mit einem speziellen Zucker ummantelt. Dieses Coating schützt die Mikroorganismen vor Umwelteinflüssen wie Licht, Feuchtigkeit und Sauerstoff und erhöht somit ihre Stabilität. Sobald der Landwirt die fertige Formulierung mit Wasser mischt, weckt er die Mikroorganismen auf, und zugleich löst sich das Zucker-Coating. Der Zucker kann den Mikroorganismen dann als Nahrung dienen. „Das haben wir uns aus der Natur abgeschaut“, erklärt Braun.

Noch ist es aber nicht so weit. Bevor die Biostimulanzien einsatzbereit sind, haben sie einen weiteren Schritt in der Verfahrenstechnik vor sich: das Dispergieren. Dabei werden die Partikel aus der Sprühtrocknung mit einer speziellen wasserfreien Flüssigkeit verrührt, die sich aus verschiedenen Evonik-Additiven zusammensetzt. „Wir greifen dabei auf das breite Know-how und die vorhandenen Produkte aus unseren Geschäften zurück“, sagt Reiner. Als biologisch abbaubare Trägerflüssigkeit sowie als Dispergieradditiv für eine möglichst feine Verteilung dienen Produkte aus dem Break-Thru-Portfolio. Zusätzlich sorgt die pyrogene Kieselsäure →



» Wir profitieren vom konzentrierten Know-how in Mikrobiologie, Agrarwissenschaft, chemischer Formulierung und Prozesstechnik. «

INES OCHROMBEL, PROGRAMMLEITERIN BEI DER CREAVIS

Qualitätskontrolle:
In der In-House-Analytik prüft Max Braun, ob die Partikel die gewünschte Größe und Beschaffenheit haben.



Experten für empfindliche Mikroorganismen: Die Verfahrenstechniker Jasmin Reiner und Max Braun verbinden bei der Bioformulierung interdisziplinäre Arbeit, breites Know-how und Prozesstechnik.



»Unsere Kompetenz-plattform bringt verschiedene Fachdisziplinen für die beste Formulierung von biologisch aktiven Wirkstoffen zusammen.«

MAX BRAUN, PROZESSINGENIEUR BEI EVONIK

Aerosil dafür, dass die Partikel in der Schwebe gehalten werden und sich nicht auf dem Boden absetzen.

Ein Break-Thru-Produkt übernimmt darüber hinaus als Adjuvanz eine weitere wichtige Aufgabe: Es sorgt dafür, dass die Mikroorganismen an ihrem Wirkort ankommen und dort verbleiben, selbst wenn es regnet. „Würden wir die Biostimulanzien einfach nur auf die Pflanze sprühen, blieben die Tropfen auf der Blattoberseite liegen oder würden vom Regen abgewaschen“, erklärt Projektmanager Gilch. Der Effekt wäre null. Dank des Adjuvanz breiten sich die Biostimulanzien großflächig auf dem Blatt aus – Fachleute sprechen von „spreiten“ – und bewegen sich auch zur Unterseite des Blattes, wo sie durch winzige Atmungsöffnungen (Stomata) ins Blattinnere gelangen. Dort sind sie vor Wind und Wetter geschützt und versorgen die Pflanze mit Stickstoff aus der Luft.

DIE SUCHE NACH DEM SWEETSPOT

All diese Abläufe und Anforderungen werden in der Verfahrenstechnik bedacht. „Wir wissen, dass wir einen langen Atem brauchen“, sagt Reiner. Das richtige Zusammenspiel von Mikroorganismen, Materialien und Stabilisatoren für den jeweiligen Kundenwunsch auszuknobeln, sei die eigentliche Herausforderung. Schritt für Schritt werden einzelne Parameter wie Tempera-

tur, Druck oder Durchsatzraten geändert, „so hängelt man sich weiter“. Ihr Kollege Braun bezeichnet das Aus-tarieren von Trocknungsgeschwindigkeit und -temperatur, Hilfsmitteln und Stabilisatoren als „die Suche nach dem Sweetspot“. Immerhin: Die Fachleute aus der Verfahrenstechnik fangen nicht jedes Mal bei null an. „Wir haben die Erfahrung, um aus der Vielzahl von Optionen die beste Wahl zu treffen“, sagt Braun. „Der Rest ist Finetuning.“

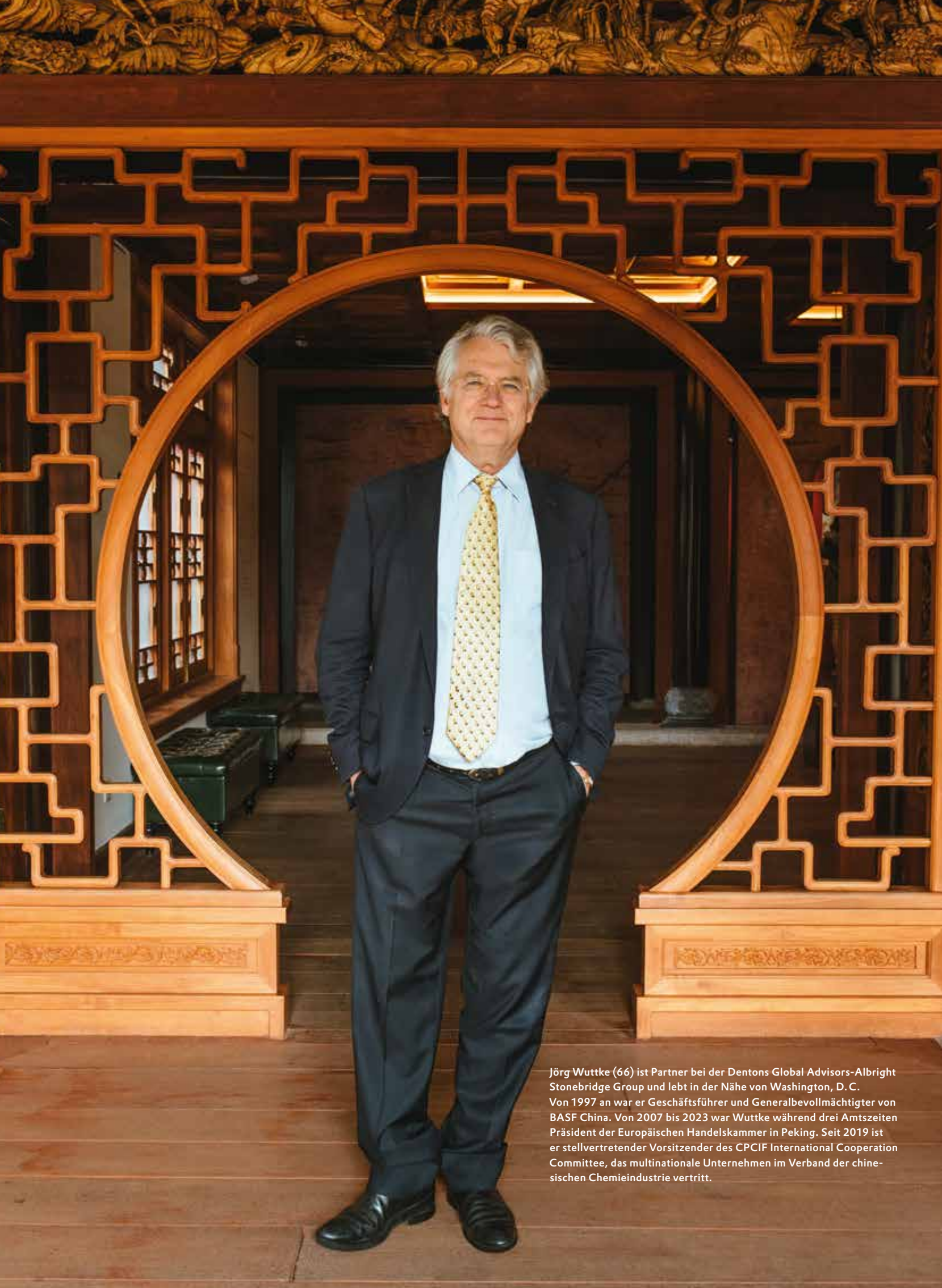
Auf dieses Finetuning kommt es jedoch an. Der Landwirt erwartet schließlich, dass die Mikroorganismen, die er zur Stickstoffversorgung seiner Feldfrüchte nutzen will, auch nach monatelanger Lagerung noch wirken. Diese Herausforderung hat die Creavis gemeinsam mit der Verfahrenstechnik bei Evonik in den Griff bekommen: Testergebnisse belegen, dass die Wirksamkeit bei Rhizobien nach zwei Jahren im Lager bei Raumtemperatur genauso hoch ist wie nach zwei Wochen.

Landwirte sind keine direkten Kunden von Evonik. „Wir arbeiten zusammen mit Unternehmen aus den Branchen Agrar und Chemie wie Agravis oder Helm“, sagt Projektmanager Gilch. Mit Agravis wird in Feldversuchen die Wirkung der verschiedenen Biostimulanzien auf Kartoffeln untersucht, mit Helm bei Weizen und Mais. Der Effekt ist deutlich: Bei Kartoffeln lag der Mehrertrag in Feldversuchen im vergangenen Jahr durchschnittlich um 28 Prozent. Bei Weizen und Mais ist er niedriger. „Da haben wir den optimalen Weg noch nicht gefunden“, sagt Stefan Gilch. Gerade testet er auf verschiedenen Feldern, was besser ist: die Biostimulanzien einmal oder zweimal auftragen? Und in welcher Phase des Pflanzenwachstums?

2027 werden die ersten Biostimulanzien auf den Markt kommen, die dank Evonik-Technologie und -Materialien beim Landwirt stabil eingesetzt werden können. „Wir bereiten jetzt schon alles dafür vor“, sagt Creavis-Programmlinienleiterin Ines Ochrombel. „Unsere Innovation hat das Potenzial, ein Baustein in der Landwirtschaft der Zukunft zu werden.“



Michael Prellberg lebt und arbeitet als freier Redakteur und Journalist in Berlin und Hamburg.



Jörg Wuttke (66) ist Partner bei der Dentons Global Advisors-Albright Stonebridge Group und lebt in der Nähe von Washington, D. C. Von 1997 an war er Geschäftsführer und Generalbevollmächtigter von BASF China. Von 2007 bis 2023 war Wuttke während drei Amtszeiten Präsident der Europäischen Handelskammer in Peking. Seit 2019 ist er stellvertretender Vorsitzender des CPCIF International Cooperation Committee, das multinationale Unternehmen im Verband der chinesischen Chemieindustrie vertritt.

»Die Sterne stehen gar nicht so schlecht für Europa«

Europäische Unternehmen tun sich im Vergleich zu chinesischen Wettbewerbern oft schwer, Innovationen zügig an den Markt zu bringen. Jörg Wuttke, langjähriger Chef der Europäischen Handelskammer in Peking, erklärt, wie sich der Vorsprung aufholen lässt – und warum Europa vom Zwist zwischen China und den USA profitieren kann.

INTERVIEW CHRISTIAN BAULIG & BERND KALTWASSER

Herr Wuttke, Sie sind Europäer, haben mehr als 30 Jahre in China verbracht und leben seit einem Jahr in den USA. Welche Region ist aus Ihrer Sicht für das globale Innovationsgeschehen gerade maßgeblich?

China spielt hier eine große Rolle. Die Kunden sind dort extrem anspruchsvoll und wollen stets sofort das Neueste haben. Nehmen Sie zum Beispiel die Mobilität: In Deutschland stellen wir Autos her, in China produzieren sie Mobiltelefone auf Rädern. Sich darauf einzustellen, gibt einen Wahnsinnsdruck auf die gesamte Lieferkette – auch auf die Chemiebranche, für die China etwa die Hälfte des Weltmarkts ausmacht.

Wie gelingt es China, diese Menge an Innovationen hervorzubringen?

Indem das Land Talente produziert wie kein zweites: Man hat dort einen riesigen Pool an Leuten, die Entwicklungen vorantreiben, und eine große Zahl an Top-Unis für Ingenieurwesen und Chemie. Zugleich fördert die Regierung in Peking in großem Stil strategisch wichtige Branchen: Elektrofahrzeuge, Windturbinen, Batterien, Solar und so weiter. Es gibt Geld und die klare Ansage, bestimmte Branchen an die Weltspitze zu führen. In Europa, insbesondere in Deutschland, haben wir zu viel „on and off“ – wie etwa beim Gebäudeenergiegesetz –, was planvolle Innovationen schwierig macht.

In vielen Branchen, von der Solarenergie bis zur Batterietechnologie, haben chinesische Unternehmen europäische abgehängt – obwohl die zugrunde liegenden Erfindungen gar nicht dort gemacht wurden. Woran liegt das?

Der messerscharfe Wettbewerb in der chinesischen Wirtschaft führt dazu, dass Unternehmen dort selten Grundlagen erforschen. Es geht ihnen eher darum, aus einer bestehenden Idee heraus ein Produkt zu entwickeln. Die Chinesen sind supergut darin, Technologien schneller, besser und billiger auf den Markt zu bringen als deren Erfinder. Sie haben die Batterie nicht erdacht, das waren Koreaner und Japaner. Aber sie haben es am besten verstanden, das Produkt für den Bedarf der Anwender weiterzuentwickeln und zu vermarkten.

Also genau das, was europäischen Firmen mitunter schwerfällt.

Genau. Wobei sich europäische Unternehmen, die in China aktiv sind, leichtertun. Das Land ähnelt einem Fitnesscenter. Die Leute in den Laboren europäischer Firmen in Schanghai, Chengdu oder Nanjing wissen, dass sie schnell sein müssen, um mit den einheimischen Wettbewerbern mitzuhalten. Zugleich überträgt sich die Risikobereitschaft der Kunden auf die Entwickler. Damit die Hose nicht rutscht, braucht man nicht immer eine Lösung mit Gürtel und Hosenträgern. Man muss mit einer Entwicklung auch mal raus auf den Markt. →

»Die Erfolgsformel für eine zukunfts-fähige Wirtschaft heißt ›Brain meets money meets market‹.«

Peking reglementiert den Zutritt zu diesem Fitnesscenter jedoch immer stärker. Importe aus Europa nach China sinken – ebenso wie Direktinvestitionen. Wie wird sich das auf das Innovationsgeschehen auswirken?

Die Zahlen gehen tatsächlich runter – zumindest wenn es um Produkte aus der „Sunset Industry“ geht, etwa Autos mit Verbrennungsmotoren. Zugleich strebt das Land nach mehr Autarkie, zum Beispiel in der Medizin. Diese Bestrebungen sind eine riesengroße Herausforderung. Ausländische Firmen, die in China für China arbeiten, können weiterhin von den Clustern im Land profitieren. Wichtig ist, dass sie ihre dort gewonnenen Erkenntnisse auch anderswo umsetzen. Noch sind die Silowände in manchen Unternehmen sehr solide.

Bei aller Bewunderung für den chinesischen Innovationsgeist: Ein autokratisches System, das vieles lenken kann, bringt doch auch Probleme mit sich.

Ja. Korruption, Nepotismus und Geldverschwendung sind an der Tagesordnung. Von 140 Automobilmarken in China machen maximal 20 Gewinn. Obwohl jede Menge Geld in das System gesteckt wird, kommen am Ende doch nur wenige Champions heraus. Aber die haben es in sich, denken Sie nur an die KI-Firma DeepSeek.

Was können sich pluralistische Systeme von den Chinesen abschauen?

Wir haben in Europa keine Regierung, die etwa den Batteriemarkt pusht, indem sie selbst für die nötige Nachfrage sorgt. Wir machen das eher über Regularien. Das kostet Geschwindigkeit. Einmal ist es uns jedoch schon gelungen, durch geschickte Industriepolitik das Geld für ein Produkt bereitzustellen, das heute weltweit marktführend ist.

Sie sprechen vom Luft- und Raumfahrtkonzern Airbus?

Richtig. Der Staat sollte sich zwar bei marktwirtschaftlichen Mechanismen zurückhalten und grundsätzlich eher deregulieren. Aber manchmal sind Komplexität und Risiko so groß, dass der Staat unterstützen muss.

Welche Branche hat für Sie noch eine solch strategische Bedeutung?

Zum Beispiel Rüstung. Über Entwicklungen auf diesem Gebiet könnten europäische Unternehmen in High-techbereiche vorstoßen, die auch auf andere Wirtschaftszweige abstrahlen, etwa die Entwicklung von Drohnen für den zivilen Einsatz oder leistungsfähigen Legierungen. Ähnlich wie bei der US-Weltraumbehörde Nasa, durch deren Entwicklungen auch Produkte wie Teflon oder das Internet herauskamen. Auch die Biotechnologie ist ein Feld, das Europa besetzen kann. Dort sind wir schon heute wirklich gut und die Chinesen vergleichsweise schwach.

2024 ist der frühere EZB-Chef Mario Draghi im Auftrag der EU-Kommission der Frage nachgegangen, warum Europa beim Thema Innovation ins Hintertreffen gerät. In seinem Bericht macht er unter anderem den Vorschlag, die staatlichen Ausgaben für Forschung um 200 Milliarden Euro zu erhöhen. Würde das helfen?

Die Erfolgsformel heißt „Brain meets money meets market“. Wir brauchen die richtigen Leute, um Innovationen voranzutreiben. Unser Bildungssystem muss mehr Begeisterung für Naturwissenschaften wecken – gerade in Deutschland. Das fängt schon im Kindergarten an. Das zweite ist die Digitalisierung. Ich habe meine Kinder 2020 aus der deutschen Schule in Peking genommen, wo man immer noch stark auf Bücher und Papier setzte. Sie wechselten zur amerikanischen Schule, wo alles auf Tablets stattfand und die Schüler sogar Roboter bauten. Auch deshalb sind wir 2024 nach Amerika gezogen, nicht nach Deutschland. Dass sich der neue US-Präsident nun so vehement gegen eine offene Gesellschaft stellt und auf der Wissenschaft herumtrampelt, ist natürlich ironisch. Ich werde hier immer mehr zum Chinesen.

Bis Chemiekästen in Kitas und Tablets in Schulen Wirkung zeigen, werden viele Jahre vergehen. So viel Zeit haben wir wohl kaum.

Stimmt. Deshalb sollten wir jetzt Topleute aus dem Ausland holen. Für Europa ergibt sich dafür gerade

Wie wird Europas Wirtschaft fit für die Zukunft?
Dieser Frage ging Ex-EZB-Chef
Mario Draghi im Auftrag von EU-Kommissions-
präsidentin Ursula von der Leyen nach.

eine gute Gelegenheit: zum einen wegen der überpoliti-
sierten Landschaft in China, zum anderen wegen
der Verwerfungen zwischen Peking und Washington.
Die Sterne stehen gar nicht so schlecht für Europa.

Wie können wir diese Leute nach Europa locken?

Wir müssen zeigen, dass wir für hoch qualifizierte
Fachleute attraktiv sind. Die Regierungen müssen mit-
ziehen und Vorschriften für ausländische Arbeitnehmer
abspecken. Natürlich muss gewährleistet sein, dass
wir niemanden einladen, der nur Wissen absaugt. Wir
könnten über europäische Firmen in China sehr leicht
Leute identifizieren, die wir herbringen möchten.
Auch deshalb sollten wir uns von dort nicht zurückzie-
hen – selbst wenn der Markt kleiner wird.

Wie mobilisieren wir mehr Risikokapital? Ohne Venture Capital gäbe es das Silicon Valley nicht. Und in China stammen immerhin 80 Prozent der Forschungsgelder aus dem Privatsektor.

Die Risikofreude aufseiten der Geldgeber wird in
den kommenden Jahren von enormer Bedeutung
sein, um Ausgaben für Forschung und Entwicklung
zu stemmen und den Rückstand zu China zu ver-
ringern. Viele Risikokapitalgeber, mit denen ich es
in Peking zu tun hatte, verlassen das Land wegen
der wachsenden Unsicherheit in der Wirtschaft. Die
gehen nach Tokio, Abu Dhabi oder Singapur. Für
Deutschland konnte ich keinen begeistern. Das liegt
an der Sprache. Die Leute kriegen aber auch mit, dass
Parteien wie die AfD an Rückhalt gewinnen – und
ziehen ihre Schlüsse daraus.

Wir müssen es also aus eigener Kraft schaffen?

Vor allem müssen wir die Fragmentierung des euro-
päischen Risikokapitalmarkts überwinden. Es gibt
keinen einheitlichen Rechtsrahmen, was Investitionen
und das Fundraising über Grenzen hinweg behindert.

Wir haben viel darüber gesprochen, was Europa von China lernen kann. Können Sie uns auch Lektionen aus Ihrer neuen Heimat Amerika mitgeben?

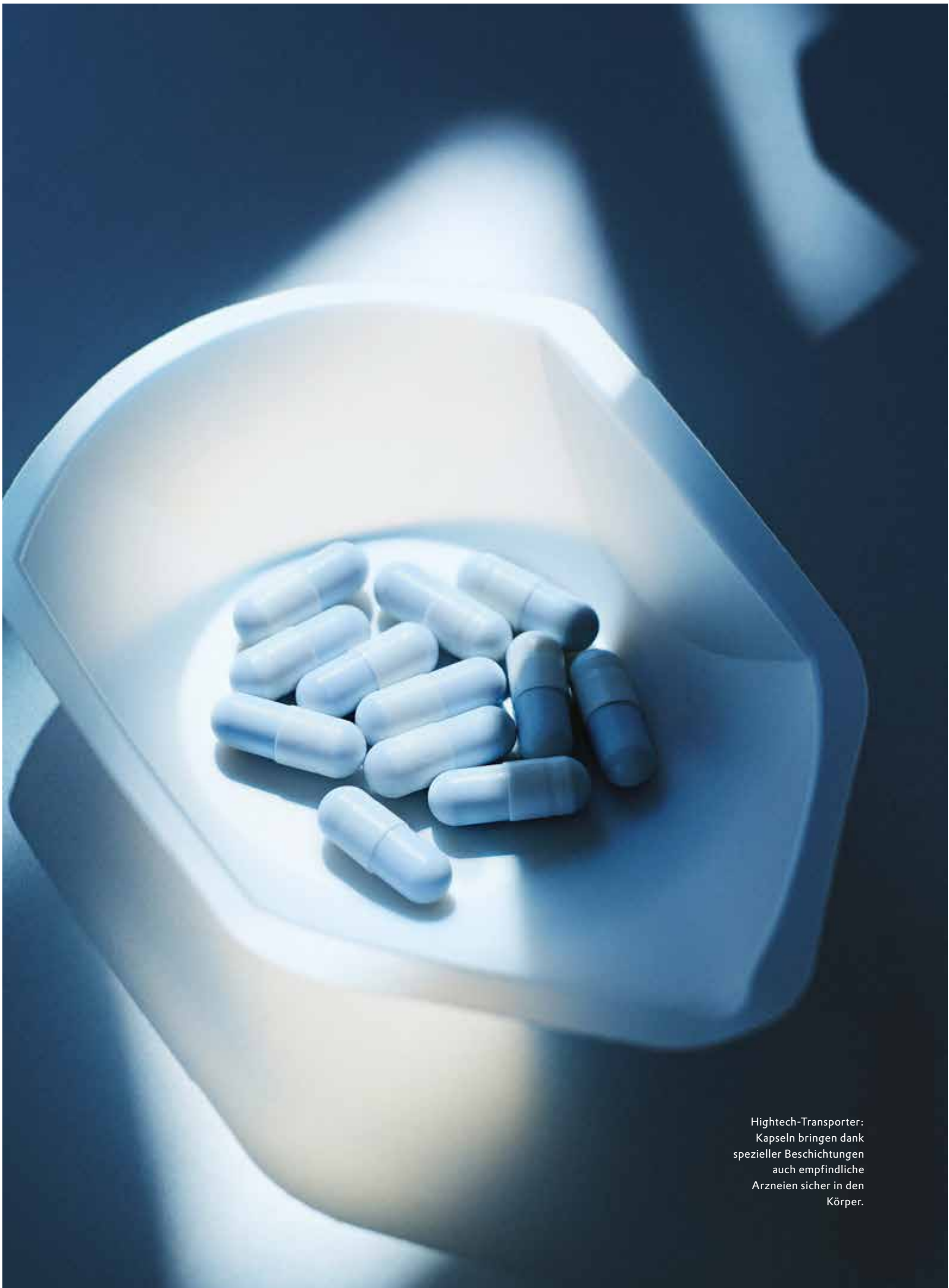
Amerikas große Stärke war immer der Kapitalmarkt:
die Wall Street und das Venture-Capital-System. So
wurden Leute gefördert, die aus Garagen heraus Uni-
corns hervorgebracht haben. Darauf lohnt es sich einen
Blick zu werfen. Außerdem konnten die USA lange Zeit
die besten Köpfe der Welt anziehen. Dass dies gerade
unterbunden wird, ist schwer nachzuvollziehen – und
sicher nichts, was wir uns zum Vorbild nehmen sollten.



Produktion von
Lithium-Ionen-
Batterien in Hai'an:
Chinesische Unter-
nehmen hängen
die weltweite Kon-
kurrenz bei Hightech-
produkten
zusehends ab.

Sie leben seit den Neunzigerjahren im Ausland. Was müsste passieren, damit Sie nach Europa zurückkehren?

Seit Jahresanfang hat sich die Stimmung in den USA
total verändert. Meine Kollegen fragen sich immer
häufiger: Was kann ich posten? Was wird kritisch gese-
hen? Meine Frau hat einen russischen Pass. Und obwohl
sie ein gültiges Visum hat, hoffen wir, dass sie nach
unserem Urlaub in Deutschland ohne Probleme wieder
einreisen kann. Zunächst einmal muss unser Jüngster
hier die Schule beenden. Dann sehen wir weiter. —



Hightech-Transporter:
Kapseln bringen dank
spezieller Beschichtungen
auch empfindliche
Arzneien sicher in den
Körper.

AUF EINEN SCHLUCK

Viele moderne Medikamente lassen sich bislang nur per Injektion verabreichen, nicht komfortabel oral einnehmen. Eudracap colon ist die erste Kapsel, die das ändert und selbst empfindliche Inhalte gezielt im Dickdarm freisetzt, um optimal wirken zu können.

TEXT **BJÖRN LOHMANN**

Das Gerät sieht aus wie eine übergroße Waschmaschine: Hinter dem runden Fenster im rechteckigen Gehäuse dreht sich langsam eine Trommel. Sie fasst 56 Liter und wälzt 30.000 weiße Kapseln, wie man sie von Medikamenten kennt. Kaum zu sehen ist der feine Sprühnebel, der aus zwei Düsen als Beschichtung gleichmäßig auf die Kapseln aufgetragen wird. Es ist ziemlich laut in diesem Raum im Erdgeschoss eines Evonik-Labors am Standort Darmstadt. Peter Niepoth steht deshalb im Nebenraum und überwacht den Prozess durch eine Glasscheibe hindurch. Der Chemielaborant ist als Innovation Project Manager verantwortlich für die technische Umsetzung während der Entwicklung von Eudracap colon – ebenjener Kapsel, die nebenan zu sehen ist.

„Die versprühte Suspension darf keine zu großen Tropfen bilden, sonst verkleben die Kapseln. Sie dürfen aber auch nicht zu fein sein, sonst wird der Nebel durch die Prozessluft getrocknet, bevor er auf der Kapsel auftrifft“, erläutert Niepoth die Herausforderung.

Die Beschichtung macht aus einer simplen Kapsel aus Zellulose ein Hightech-Vehikel, das in der Medizin völlig neue Behandlungsmethoden ermöglicht: Dank Eudracap colon lassen sich erstmals empfindliche Wirkstoffe wie biotechnologisch hergestellte Proteine und Peptide (Biologics), RNA-Therapeutika oder auch lebende Mikroorganismen zur Veränderung der Darmflora sicher durch den Magen schleusen und gezielt erst im Dickdarm freisetzen – dort, wo sie direkt ihre Wirkung entfalten oder vom Körper aufgenommen werden.

Behandelt werden könnten auf diese Art etwa Darmkrebs oder Darminfektionen und chronische Erkrankungen wie Colitis ulcerosa oder Morbus Crohn. Auch Wirkstoffe gegen zahlreiche weitere schwerwiegende Erkrankungen würden optimal über die Schleimhaut des Dickdarms aufgenommen, könnten sie dorthin gelangen – darunter Mittel gegen Parkinson, Alzheimer, Diabetes, Fettleibigkeit und chronische Schmerzen. Bislang bleibt mangels oraler Darreichungsmöglichkeiten meist nur die für Patienten aufwendige und unangenehme Injektion.

GEWALTIGES MARKTPOTENZIAL

Eudracap colon ermöglicht es, Wirkstoffe – sogenannte Actives oder APIs (Active Pharmaceutical Ingredients) – gegen all diese Erkrankungen komfortabel als Kapsel zu verabreichen. Mehr als 750 Wirkstoffkandidaten für die orale Anwendung aus den Bereichen Mikrobiom, Oligonucleotide und Biologics befinden sich derzeit in der klinischen Entwicklung. →



Innovation Project Manager Peter Niepoth bereitet die Suspension für die Beschichtung der Kapseln vor (linkes Bild) und steuert den Coating-Prozess.



Als einen „Glücksfall“ bezeichnet Produktmanagerin Dr. Bettina Hölzer den Zeitpunkt der Entwicklung von Eudracap colon. „Als wir vor einigen Jahren das Marktpotenzial für eine derartige Kapsel evaluiert haben, war zwar klar, dass es für dieses Produkt Bedarf gibt“, erinnert sie sich. Doch während der Entwicklung ist so manches geschehen, weshalb die Größe des Markts die Erwartungen heute sogar übertrifft.

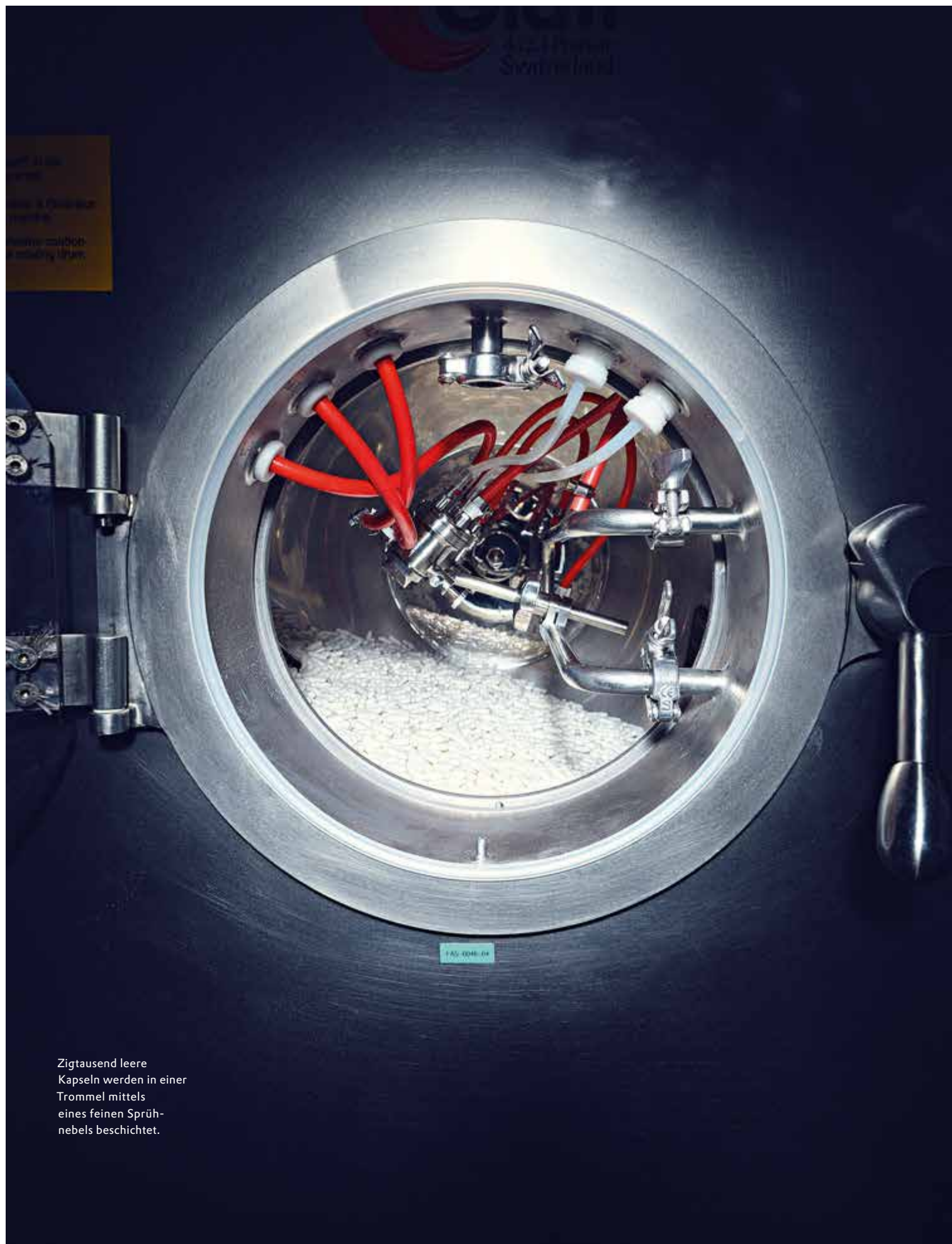
Mit der Covid-19-Impfung erhielt zum Beispiel die RNA-Technologie ungeahnte Aufmerksamkeit. Seitdem boomt die Entwicklung von RNA-Wirkstoffen. Bislang müssen diese fast immer gespritzt werden. Auch die Forschung am Darmmikrobiom und an Bakterienstämmen als Therapieansatz hat stark zugenommen. Sie eröffnet Behandlungsmöglichkeiten, die vor zehn Jahren niemand für möglich gehalten hat. Überdies gibt es in der Pharmabranche großes Interesse an oralen Biologics wie GLP-1-Rezeptor-Agonisten, die unter anderem helfen, den Blutzuckerspiegel und die Magenentleerung zu regulieren. Zuletzt hat die Abnehmspritze Wegovy derartige Peptid-Wirkstoffe sogar im Lifestyle-Bereich populär gemacht.

Eudracap colon baut auf einer 70-jährigen Erfolgsgeschichte auf: So lange schon nutzen vor allem Pharmahersteller das funktionelle Polymer Eudragit von Evonik als Beschichtung, um Tabletten, Pellets, Partikel oder auch Kapseln aus Gelatine oder Hydroxypropylmethylcellulose (HPMC) durch den Magen zu schleusen. Unbeschichtet würden Magensäure und Enzyme diese Darreichungsformen zersetzen und den Wirkstoff zu früh freisetzen. Die klassische Eudragit-Technologie eignet sich jedoch nur für Actives, die den Beschichtungsprozess, das sogenannte Coating, überstehen.

EMPFINDLICHE FRACHT

Therapien mit Bakterien, die das Darmmikrobiom ändern sollen, gehören nicht dazu. Die Mikroorganismen lassen sich nicht als Tablette verpressen – Druck, Luftfeuchtigkeit und Wärme würden sie abtöten. „Die klassische Alternative wäre, eine HPMC-Kapsel zu befüllen und zu beschichten, damit sie sicher durch den Magen kommt“, sagt Hölzer. Aber auch die mit einer Beschichtung verbundene Wärme und mechanische Belastung würden die Bakterien nicht überleben. Ähnlich gelagert ist die Situation bei Peptiden und RNA. Sie müssen im Magen vor den Verdauungsenzymen geschützt werden. Doch genau wie die Bakterien halten Peptide und RNA dem Coating oft nicht stand. Es galt also, eine Lösung zu finden, die den Wirkstoff schon und ihn sicher in den Dickdarm transportiert.

→



Zigtausend leere
Kapseln werden in einer
Trommel mittels
eines feinen Sprüh-
nebels beschichtet.



Chemielaborantin Jessica Huppertz führt den Zerfallstest mit placebo-befüllten Kapseln durch.



„Die naheliegende Idee war, eine vorverschlossene HPMC-Kapsel mit Eudragit zu funktionalisieren“, erinnert sich die organische Chemikerin. „Der Hersteller des Wirkstoffs könnte diese dann öffnen, sein Active einfüllen und die Kapsel final verschließen.“ Doch das klingt einfacher, als es ist: Würde sich die leere Kapsel während der Beschichtung öffnen, bestände die Gefahr, dass sie sich verformt und die Hälften anschließend nicht mehr zusammenpassen. Wäre die Kapsel hingegen komplett beschichtet, ließe sie sich nicht mehr ohne Weiteres öffnen, um sie zu befüllen. Und hätte das Coating im Bereich des Spalts eine Unterbrechung, würde der Schutz gegen Magensäure und Enzyme nicht verlässlich funktionieren.

„Anfangs war meine größte Sorge, ob sich unsere Idee in kommerziellem Maßstab umsetzen lässt“, erzählt Hölzer. Doch diese Sorge erwies sich als unbegründet: Dass eine vorverschlossene Kapsel sich während des Coating-Prozesses öffnet, blieb dank technischer Gegenmaßnahmen die Ausnahme. Auch die Herausforderung,

eine lückenlose Beschichtung nach dem finalen Schließen der Kapsel sicherzustellen, konnte das Team dank seiner langjährigen Erfahrung mit Coating-Prozessen meistern. Der wichtigste Teil der Lösung bestand darin, die Suspension homogen in genau der richtigen Dicke aufzusprühen: dünn genug, dass die Kapsel einfach geöffnet und wieder verschlossen werden kann; dick genug, dass sich die Schicht im Spalt beim Schließen zusammendrückt und diesen lückenlos abdichtet. Dabei erlebte das Team eine positive Überraschung: Durch das Upscaling, also das Hochfahren der Stückzahlen, wurde die Beschichtung für Eudracap colon noch einmal homogener.

WENIGER KOSTEN, MEHR TEMPO

Für Pharmaunternehmen hat die vorbeschichtete und vorverschlossene Kapsel sowohl im Entwicklungs- als auch im Fertigungsprozess Vorteile. „Die Kapseln sind funktionalisierte Container. Es muss also keine komplexe

Farbstoffe machen sichtbar, wie sich eine beschichtete Kapsel unter bestimmten pH-Wert-Bedingungen auflöst.



»Die Größe des Markts für funktionalisierte Kapseln übertrifft unsere Erwartungen.«

BETTINA HÖLZER, PRODUKTMANAGERIN EUDRACAP

Formulierung mehr entwickelt werden, um das Active durch den Verdauungstrakt zu transportieren“, sagt Hölzer. „Das reduziert Entwicklungs- und Produktionskosten und verkürzt die Zeit bis zum Markteintritt des neuen Medikaments.“ Außerdem lassen sich die vorbeschichteten Eudracap-Kapseln in den Fabriken der Pharmaunternehmen mit den vorhandenen Maschinen befüllen, die auch für andere Kapseln genutzt werden. Weil die befüllte Kapsel nicht mehr beschichtet werden muss, entfällt für die Kunden ein kompletter Prozessschritt.

Damit hatte das Projektteam eines der zwei großen Probleme gelöst. Die zweite Herausforderung bestand darin sicherzustellen, dass der Wirkstoff wirklich nur im Dickdarm freigesetzt wird. Denn in den davorliegenden Regionen des Verdauungstrakts würden Säuren und Enzyme einen Großteil der Wirkstoffe zersetzen, bevor sie aufgenommen werden können. Außerdem bietet nur der Dickdarm die Möglichkeit, Wirkstoffe gleichmäßig über einen längeren Zeitraum hinweg aufzunehmen.

Grundsätzlich wird die Kapsel durch einen speziellen Polymix so eingestellt, dass sie sich erst oberhalb eines bestimmten pH-Werts auflöst. Denn vom Magen an, in dem aufgrund der Verdauungssäfte je nach Sättigung ein pH-Wert zwischen 1 und 5 herrscht, steigt der pH-Wert im Normalfall stetig: Im Dünndarm beträgt er bei gesunden Menschen etwa pH 5,5, und erst im Dickdarm übersteigt der pH erstmals einen Wert von 7,0.

„Allerdings ist der pH-Wert im Darm bei Patienten mit Darmerkrankungen häufig etwas niedriger“, erklärt Hölzer. Deshalb musste das Team noch einen weiteren Faktor einbeziehen: die mechanischen →

Beim Freisetzungstest misst ein optischer Sensor, wie viel Inhalt aus der Kapsel in die Lösung übergeht.



Die Chemielaborantinnen Kirsten Korzer (l.) und Fatou Diop betreuen den Freisetzungstest im Darmstädter Labor.

Druckbelastungen im Verdauungstrakt. Labortests, die sowohl den pH-Wert-Verlauf als auch die mechanische Belastung simulieren, halfen dabei, eine Lösung zu entwickeln, die die Wirkstofffreisetzung im Dickdarm sicherstellt. Dort werden Peptide und RNA bestmöglich absorbiert, und Mikroorganismen finden den idealen Ort vor, um sich anzusiedeln.

„Aber treffen wir dann genau den Punkt, den wir erreichen wollen?“, fragt Innovation Project Manager Niepoth. Um das zu gewährleisten, analysierte das Team die Freisetzung der Wirkstoffe an zwei ähnlichen Geräten. Das erste Gerät, ein Zerfallstester, steht im Darmstädter Labor im Erdgeschoss. Mehrere transparente Gefäße werden dort in einen Wassertank abgesenkt. Darin befinden sich Röhrchen, in jedem davon eine Kapsel. Ein kleines Gewicht auf der Kapsel, eine sogenannte Disc, fungiert als Sensor. Ein Arm, der nach oben und unten fährt, hält Kapsel und Flüssigkeit in Bewegung und simuliert so den Transport im Verdauungstrakt.

„In den Gefäßen sind unterschiedliche pH-Werte eingestellt und eine Temperatur, die der des menschlichen Körpers entspricht“, erläutert Niepoth. Bei pH 1,0 sollte



die Kapsel auch nach zwei Stunden noch nicht zerfallen. Und erst bei pH 7,2 sollte in maximal einer Stunde die gesamte Füllung freigesetzt werden. Das geschieht, indem die Kapsel zunächst weich wird und sich dann auflöst. Der Sensor sinkt dadurch zu Boden und löst ein Signal aus: Auflösung abgeschlossen, die Zeitmessung wird angehalten.

AUF DEM WEG IN DIE ANWENDUNG

Ein Stockwerk höher misst ein Freisetzungsgesetz mit einem optischen Sensor, wie viel des Inhalts bereits in die Lösung freigesetzt wurde. „Anfangs dienten uns beide Geräte zur Entwicklung des richtigen Coatings“, erklärt Niepoth. Jetzt, da die Entwicklung abgeschlossen ist, findet hier die Qualitätskontrolle statt. Befüllt werden die Kapseln dazu händisch, entweder in einem einzelnen Halter mit Trichter oder mithilfe eines Bretts, mit dem sich 30 bis 50 Kapseln gleichzeitig bearbeiten lassen. In der kommerziellen Produktion verläuft dieser Schritt automatisiert: Für mehrere Zehntausend Kapseln braucht eine kleine Produktionsmaschine weniger als eine Stunde.



Gemeinsam erfolgreich:
Innovation Project
Manager Peter Niepoth
und Produktmanagerin
Dr. Bettina Hölzer

Eudracap colon ist seit September 2024 für Tierstudien und Labortests erhältlich und soll bis Ende dieses Jahres auch als IPEC-GMP-zertifiziertes Produkt erhältlich sein – eine Voraussetzung dafür, es in der Humanmedizin zu nutzen. Ein Schwesterprodukt ist schon weiter: Eudracap enteric weist die gleichen Eigenschaften auf, das Coating ist jedoch so eingestellt, dass die Kapsel den Wirkstoff bereits im oberen Dünndarm freisetzt.

„Für Eudracap enteric haben wir einen Kunden, dessen Therapeutikum sich bereits in Phase III der klinischen Entwicklung befindet – der letzten Stufe vor der Zulassung. Er hat sich nach Phase II entschieden, auf unsere Kapseln zu wechseln, und damit bessere Ergebnisse erzielt als mit allem anderen, was bisher am Markt ist“, erzählt Hölzer. Ein anderer Kunde berichtet, dass dank der Evonik-Kapsel rund 90 Prozent der eingefüllten Bakterien die Magenpassage überleben, wo es mit der zuvor von ihm genutzten Methode deutlich weniger waren. Wirken sollen die Präparate beider Kunden gegen Infektionen mit *Clostridium difficile*, einem gegen viele Antibiotika resistenten Bakterium, das Bauchschmerzen und Durchfall verursachen kann, was im schlimmsten Fall tödlich endet. Dass ein Kunde in Europa und einer in den Vereinigten Staaten sitzt, freut Hölzer besonders: „Dadurch kennen die beiden wichtigen Zulassungsbehörden Eudracap schon.“

Eine dritte Plattform heißt Eudracap Select. „Damit können wir kundenspezifische Anforderungen erfüllen“, erläutert die Chemikerin. Wenn etwa ein anderer pH-Wert für die Auflösung gewünscht ist, lässt sich die Polymischung anpassen. Auch abweichende Kapselgrößen sind möglich. „Außerdem können die Kapseln nicht nur Mikroorganismen, Peptide und RNA sicher an das Ziel schleusen, sondern grundsätzlich mit jedem denkbaren Active befüllt werden“, berichtet Hölzer. Jetzt, da die technische Entwicklung von Eudracap colon erfolgreich abgeschlossen ist, kann sich das Team neuen Projekten widmen. Hölzer: „Für viele moderne Therapien gibt es noch keine zufriedenstellenden Formulierungen und Darreichungsformen. Hier setzen wir an.“



Björn Lohmann arbeitet als freier Wissenschaftsjournalist in Essen. Zu seinen Arbeitsschwerpunkten zählen nachhaltige Innovationen.

Bequemer Transport

Vorbeschichtete Kapseln ermöglichen es, sehr sensible Wirkstoffe über den Verdauungstrakt an ihr Ziel im Dün- oder Dickdarm zu bringen.

Eine innovative Technologie von Evonik macht moderne Therapien für Patienten schneller verfügbar und erhöht den Komfort beim Einnehmen.

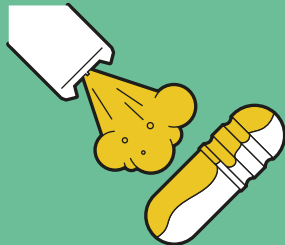
INFOGRAFIK MAXIMILIAN NERTINGER

BESCHICHTUNG UND BEFÜLLUNG

Die leeren, halb verschlossenen **Kapseln** werden von einem Zulieferer angeliefert.



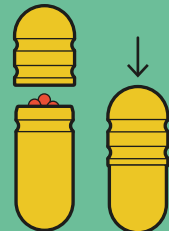
Evonik oder ein Auftragshersteller bringen eine funktionale **Polymerbeschichtung** auf.



Beim Kunden werden die Kapseln mit dem jeweiligen **Wirkstoff** befüllt.

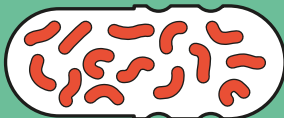


Dort werden die Kapseln am Ende **verschlossen** und verpackt.

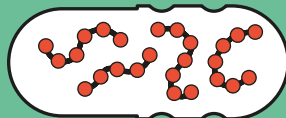


WIRKSTOFFE

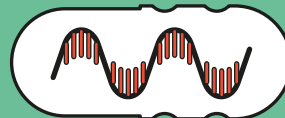
Bakterien sind ein wichtiger Therapieansatz bei diversen Darmerkrankungen.



Mit Medikamenten auf Basis von **Peptiden** lässt sich unter anderem Krebs, Diabetes oder Multiple Sklerose behandeln.



Seit der Covid-19-Pandemie stellen **RNA**-Therapien eine neuartige Behandlungsoption dar.



Auch in **anderen Wirkstoffklassen** gibt es empfindliche Moleküle, die verpackt werden müssen.



BESCHICHTUNGEN

Eudracap enteric bringt Wirkstoffe in den Dünndarm.



Eudracap colon setzt Wirkstoffe erst am Anfang des Dickdarms frei.



Eudracap Select bietet maßgeschneiderte Funktionen.



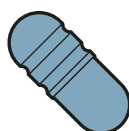
EINNAHME

Therapeutika müssen dank Eudracap nicht mehr gespritzt werden, sondern lassen sich **schlucken**.

FREIGABE

Die Wirkstoffe werden möglichst nah an ihrem Wirkort im Darm **freigesetzt**.

Eudracap enteric löst sich im Dünndarm auf.
pH-Wert: über **5,5**



Eudracap colon löst sich am Anfang des Dickdarms auf.
pH-Wert: über **7,0**

Rachen/
Speiseröhre
pH-Wert:
5-7

Magen
pH-Wert:
1-5

Dickdarm

Dünndarm

SURFEN AUF DEMPOLYMER



Unter Druck: Die Nutzung eines Surfbretts durch einen Profi verlangt dem Sportgerät viel ab. Normale Boards sind nach wenigen Monaten oft nur noch Plastikmüll.

Ein Unternehmer und Vollblutsurfer macht Surfboards besser und zugleich umweltverträglich. Ein Produkt von Evonik spielt eine entscheidende Rolle auf dem Weg zum grünen Wellenreiten.

TEXT CHRISTOPH BAUER

Wie Wellenreiter auf die Natur schauen, wird oft als Surfer-Umwelt-Paradoxon beschrieben. Einerseits sind viele der Sportler sehr naturverbunden – sie lieben sauberes Wasser und unberührte Strände, organisieren Müllsammelaktionen und beobachten den Klimawandel mit Sorge. Andererseits surfen sie auch in entlegenen Ecken und erschließen sie oft erst für den Tourismus. Die Profis reisen zudem viel und weit um die Welt zu den Topspots. Vor allem aber ist das Material, aus dem Surfbretter bestehen, ein Problem: Die Boards werden bislang aus einer fest verklebten Sammlung von Kunststoffen hergestellt, die kaum trennbar und daher auch nicht recycelbar ist.

Thilo von Osterhausen will das ändern. Der 35-jährige Unternehmer baut Bretter für die Kreislaufwirtschaft – mithilfe von Evonik. Von Osterhausen ist in der Surfbranche aufgewachsen. Sein Vater gründete 1984, in der Frühphase des Windsurfbooms in Europa, die Firma Gunsails in Saarbrücken. Das familiengeführte Unternehmen ist heute mit rund fünf Millionen Euro Umsatz der größte deutsche Hersteller für Windsurfartikel. Thilo stand mit drei Jahren zum ersten Mal auf einem Surfboard, und seitdem bedeutet ihm jedwedes Brett die Welt: Er surft mit und ohne Segel, fährt Skateboard und war von 2014 bis 2016 Trainer der deutschen Snowboard-Nationalmannschaft.

3

KILOGRAMM
wiegt ein Hochleistungsbrett ungefähr. Es muss leicht und gleichzeitig besonders stabil sein. Vergleichbare Polyurethanbretter sind oft doppelt so schwer.

Schon früh versuchte er, die Sportgeräte, mit denen er unterwegs war, zu optimieren. Am Anfang ging es ihm vor allem um die Stabilität. „Als ich zum ersten Mal mit meinem selbst gekauften Surfbrett fuhr, hatte es anschließend bereits eine Delle“, erinnert sich von Osterhausen. Das Problem liegt im Aufbau des Boards: Es besteht aus einem schaumartigen Kern, der für den Auftrieb sorgt. Hier kommt bis heute vor allem Polyurethan zum Einsatz. Drum herum, und in der Regel glatt anliegend, befindet sich die Hülle, Laminat genannt. Sie besteht aus glasfaserverstärktem Kunststoff, wie er ähnlich auch im Bootsbau oder bei Windradflügeln genutzt wird.

Was bei Hobbysurfern oft recht lange hält, ist im sportlichen oder professionellen Einsatz schnell dahin. „Ein Profisurfer verbraucht ein Brett innerhalb von drei Monaten“, so Thilo von Osterhausen, „dann ist es weich.“ Kern und Schale haben sich an vielen Stellen getrennt, die Oberfläche ist mit Dellen übersät. Das Board wird dadurch instabil und schlechter zu steuern. Es schwimmt noch, aber im Prinzip ist es dann Kunststoffmüll.

In seinem Wirtschaftsingenieurstudium an der TU München ging von Osterhausen das Problem wissenschaftlich an. Für seine Masterarbeit forschte er an einer Struktur, die zugleich leicht, belastbar und langlebig ist. Ein Vorbild fand er in der Natur, nämlich die Waben →



In den Kanoa-Brettern steckt viel Handarbeit. In der Werkstatt nahe Biarritz arbeitet Thilo von Osterhausen an den perfekten Kanten.

der Honigbienen. Sein Ansatz: Die Außenseite des Kernmaterials wird mit sechseckigen Waben versehen, die in den Kern hineinreichen. Darüber werden Matten aus Glas- oder Flachfasern gelegt. Dieses Laminat liegt also nicht mehr flach auf, sondern ragt wie Wurzeln über die Wabenstruktur in den Kern und verbindet beides wesentlich fester. Der Name der Technik verweist auf den natürlichen Ursprung der Konstruktion und die Verwurzelung im Kern: „Honey-Roots-Technologie“, kurz HRT.

Schon 2018 erhielt von Osterhausen eine Förderung des Bundeswirtschaftsministeriums für seine Innovation. Mithilfe verschiedener Universitäten tüftelte er weiter an der Technologie für das perfekte Board, neben seiner Arbeit als Entwicklungschef im Familienunternehmen Gunsails. Um seine innovativen Surfbretter zu vermarkten, rief er die Marke Kanoa ins Leben. „Nach dem

9

JAHRE
brauchte Thilo von Osterhausen vom ersten Modell bis zur Marktreife. Ursachen: viel Arbeit fürs Familienunternehmen Gunsails und mehr Trial and Error, als er gedacht hatte.

Studium dachte ich, das hätte ich in ein bis zwei Jahren am Markt. Jetzt sind es eher acht bis neun geworden“, resümiert von Osterhausen. „Der Innovationsprozess enthält unfassbar viel Trial and Error.“

GEPRÜFT AUF KERN UND SCHALE

Von Beginn an wollte er eine Lösung, die auf dem Markt Erfolg hat: „Ich habe mich auf Innovationstheorie fokussiert und auch meine Masterarbeit darauf ausgerichtet“, so der Boardbauer heute. „Der Aufbau sollte also nicht nur technisch umsetzbar, sondern auch wirtschaftlich realisierbar sein.“ Zudem rückte der Gedanke der Umweltverträglichkeit in den Vordergrund. Dazu brauchte es Partner aus der Industrie. Einen wichtigen traf der Unternehmer im Jahr 2023 auf der JEC, einer globalen Leitmesse für Verbundstoffe in Paris. Stephan Sprenger, Chemiker und Materialwissenschaftler bei Evonik, forscht seit vielen Jahren an Faserverbundwerkstoffen. Neue Anwendungen, bei denen nachhaltige Technologien zum Einsatz kommen könnten, interessieren ihn immer.

Sprenger machte von Osterhausen mit einem bewährten Produkt von Evonik für die neue Idee vertraut: Albidur, ein Core-Shell-Elastomer. Diese bestehen aus einer inneren Kernschicht und einer äußeren Schale oder Haut, die jeweils unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Albidur bindet sich mit seiner hautartigen Hülle an das umgebende Harz. Der elastische Kern dient dazu, Krafteinwirkungen von außen auf das Gemisch abzufangen und Beschädigungen oder Brüche zu vermeiden. So wird aus dem spröden Material ein ausgesprochen widerstandsfähiges. Albidur wird seit vielen Jahren in Klebstoffen und Harzen verwendet, etwa in Rotorblättern von Windrädern. Dort erleichtern die Additive zudem die sortenreine Trennung der Bestandteile, sobald die Produkte das Ende ihres Lebenszyklus erreicht haben.

Von Osterhausen begann, mit Albidur zu experimentieren. „Das ist das Gute, wenn man ein kleines Start-up ist“, sagt der Firmengründer heute, „man ist flexibel und kann ohne Umwege neue Dinge ausprobieren. Auch wenn es im ersten Moment nicht unbedingt naheliegend ist.“ Das Material von Evonik setzte er als Teil des Laminats ein. Durch die weiße Farbe werden die wabenförmigen Wurzeln im transparenten Harz der Hülle gut

»Dass Albidur Vibrationen dämpft, war uns vorher gar nicht bewusst.«

STEPHAN SPRENGER, FASERVERBUNDEXPERTE
BEI EVONIK



Die Honey-Roots:
Das sechseckige
Muster, hier ineinander
verwoben, von außen
als Wabenstruktur
erkennbar, ist zugleich
Erkennungsmerkmal
der Kanoa-Boards.

sichtbar und sind quasi ein Markenzeichen der Bretter. „Wir ermöglichen damit zum einen den Einsatz eines recycelbaren Epoxidharzes“, erläutert Stephan Sprenger, der am Evonik-Standort in Geesthacht bei Hamburg arbeitet. „Zum anderen beeinflusst Albidur den späteren Recyclingprozess des Surfbrettes nicht und macht das verwendete Harz nutzbar für einen Stoffkreislauf.“

SONNENSCHUTZ GEGEN GILB

Nach kurzer Entwicklungszeit erwies sich der Zusatz als echtes Multitalent in den Boards. Dank einer reaktiven Harzmatrix, in der die Silikon-Elastomer-Partikel gleichmäßig verteilt sind, werden äußere Krafteinwirkungen von der Laminathülle besser abgefangen. „Diese sogenannte Schlagzähigkeit ist wichtig, wenn der Surfer einmal vor einen Stein oder einen anderen harten Gegenstand fährt“, ergänzt Thilo von Osterhausen. Außerdem hilft Albidur dabei, dass die Verbundteile in ihrer ursprünglichen Form sowie fest und steif bleiben. Das Material ermüdet also deutlich langsamer. Dellen wie in von Osterhausens erster Eigenentwicklung gibt es kaum. Und noch ein Vorteil besteht, der beim Surfen wichtig ist: Das Evonik-Produkt schützt die Epoxy-Matrix vor UV-Einstrahlung. Das transparente Harz der Hülle vergilbt also auch bei sehr viel Sonne nicht.

Die verbesserten Eigenschaften der Bretter erlauben nun weitere Schritte zur Nachhaltigkeit. Bisher mussten meist Materialien wie Carbon- oder Glasfasern zur

Verstärkung der Boards eingesetzt werden. Bei Kanoa können sie durch Naturfasern oder recycelte Materialien ersetzt und anschließend unter Verwendung der mit Core-Shell-Elastomer angereicherten Matrix hergestellt werden. Aber auch das Innerste der Bretter kann verbessert werden. In den innovativen Boards besteht ihr geschäumter Kern inzwischen zu 70 Prozent aus recyceltem Material, etwa aus alten Styroporverpackungen. Die restlichen 30 Prozent sind Lignin, ein pflanzlicher Abfallstoff aus der Papierindustrie, der immer mehr als Rohstoff in den Fokus rückt. Die Rohlinge werden per CNC-Fräsmaschine in Form gebracht, der Verschnitt geht zurück zum Hersteller und wird wieder recycelt.

Bei aller Liebe zur Natur, entscheidend für den Erfolg auf dem Markt ist vor allem, wie gut Surfer mit den Boards in der Welle klarkommen. Dabei gab es für Kanoa und Evonik eine Überraschung: Das Additiv sorgt sogar für eine gute Vibrationsdämpfung beim ganz normalen Surfen. „Das war uns vorher gar nicht bewusst“, sagt Stephan Sprenger. Kanoa hat es beim Testen herausgefunden. „Das Phänomen, dass das Brett beim Surfen zu flattern beginnt und sich instabil anfühlt, nennen wir ‚Chatter‘“, erklärt Thilo von Osterhausen. Gewöhnlich tritt es eher bei Boards mit Hartschaumkern auf, da sie weniger flexibel sind als die Bretter mit konventionellem Polyurethan-Kern. Aber Albidur verleiht den Epoxy-Boards die stabile Eigenschaft der PU-Bretter ohne den Nachteil der schnellen Materialermüdung. →

3

MONATE
hält ein übliches Surfbrett der Belastung durch einen Profistand. Erste Tests mit HRT versprechen eine dreimal so lange Haltbarkeit – vielleicht sogar mehr.



Die Oberfläche ist entscheidend. Nur darüber haben die Füße der Surfer Kontakt mit dem Brett, wenn sie die Wellen reiten. Dellen stören die Brettkontrolle massiv.

„Aktuell lassen wir ein Exemplar von einem Profisurfer testen“, berichtet der Kanoa-Chef. „Nach acht Monaten fühlt es sich bei ihm immer noch an wie neu.“ Dies sei zwar kein wissenschaftlicher Test, gebe aber einen Hinweis auf die Langlebigkeit. In der ersten Generation der Bretter werden teilweise Glasfasern verarbeitet, die bislang noch günstiger sind als Zellulosefasern. Damit will Kanoa den Markt von der Honey-Roots-Technologie überzeugen. Solch ein Brett wird allerdings rund doppelt so teuer sein wie ein konventionelles. In jedem Exemplar von Kanoa stecken schließlich noch zehn Stunden Handarbeit. Das ist halb so viel wie am Anfang, aber auch dieser Wert soll sinken. In der nächsten Generation wird der Anteil der Zellulosefasern auf das maximal Mögliche gesteigert.

SURFBRETT ALS TECHNOLOGIETRÄGER

Die Wabenstruktur bietet viele Möglichkeiten außerhalb des Nischenmarkts Wassersport. „Das Surfbrett als Technologieträger ist für uns der Beweis, dass die Konstruktionsart der Honey-Roots-Technologie funktioniert“, sagt Stephan Sprenger. Und die lässt sich auch für andere Bauteile nutzen. Im Fokus: der Markt für Mobilität. Überall, wo Menschen oder Waren bewegt werden müssen, sind Haltbarkeit, Stabilität und geringes Gewicht des Transportmittels gefragt. Der Aspekt, dass Rohstoffe wiederverwendet werden, kommt immer öfter hinzu. Mit seinem hybriden Sandwichhalbzeug Hy-Core will Thilo von Osterhausen ein neues Kernmaterial für Waggonbau, Boots- und Schiffbau, Automobilsektor, aber auch Bauindustrie oder Möbelherstellung anbieten. Dort kann Albidur zum Einsatz kommen. Da das Material durch ein spezielles Vakuumverfahren in alle Richtungen fließt, ist

30

PROZENT

pflanzliche Inhaltsstoffe stecken im Kern des Bretts, der für den Auftrieb sorgt. Ausgangsmaterial ist Holz, das mit recyceltem Schaum kombiniert wird.

es ideal für komplexe Formen. Thilo von Osterhausen erklärt: „Hy-Core trägt die Honey-Roots-Technologie mit der 3D-Laminatstruktur in sich. Wir können somit die Vorteile unserer Surfboard-Konstruktion verschiedenen Industrien zugänglich machen.“

Als erstes Produkt soll eine Allround-Platte für eine Vielzahl von Anwendungen mit einer Dicke von 3,5 Millimetern auf den Markt kommen. Aktuell wird das Vertriebsnetz aufgebaut. „Bei Gesprächen mit Materialherstellern wurde mir schnell bewusst, dass das Thema Nachhaltigkeit selbstverständlich wird“, so Thilo von Osterhausen. „Viele recycelte Kunststoffe haben noch Nachteile bei der Performance, aber meine Entwicklung kann das beheben.“ Bewerben kann er das mit einer Auszeichnung: In diesem Jahr gewann der Unternehmer mit HRT den World Innovation Award der Messe JEC.

Sein persönliches Surfer-Umwelt-Paradoxon löste von Osterhausen übrigens auf seine eigene Art: Er verlegte den Kanoa-Hauptsitz von Saarbrücken, wo Gunsails bis heute beheimatet ist, an den Atlantik ins französische Baskenland. Weite Reisen zum Testen oder einfach zum Surfen aus Spaß sind nun hinfällig: „Von dort aus sind es nur fünf Minuten zum Strand.“



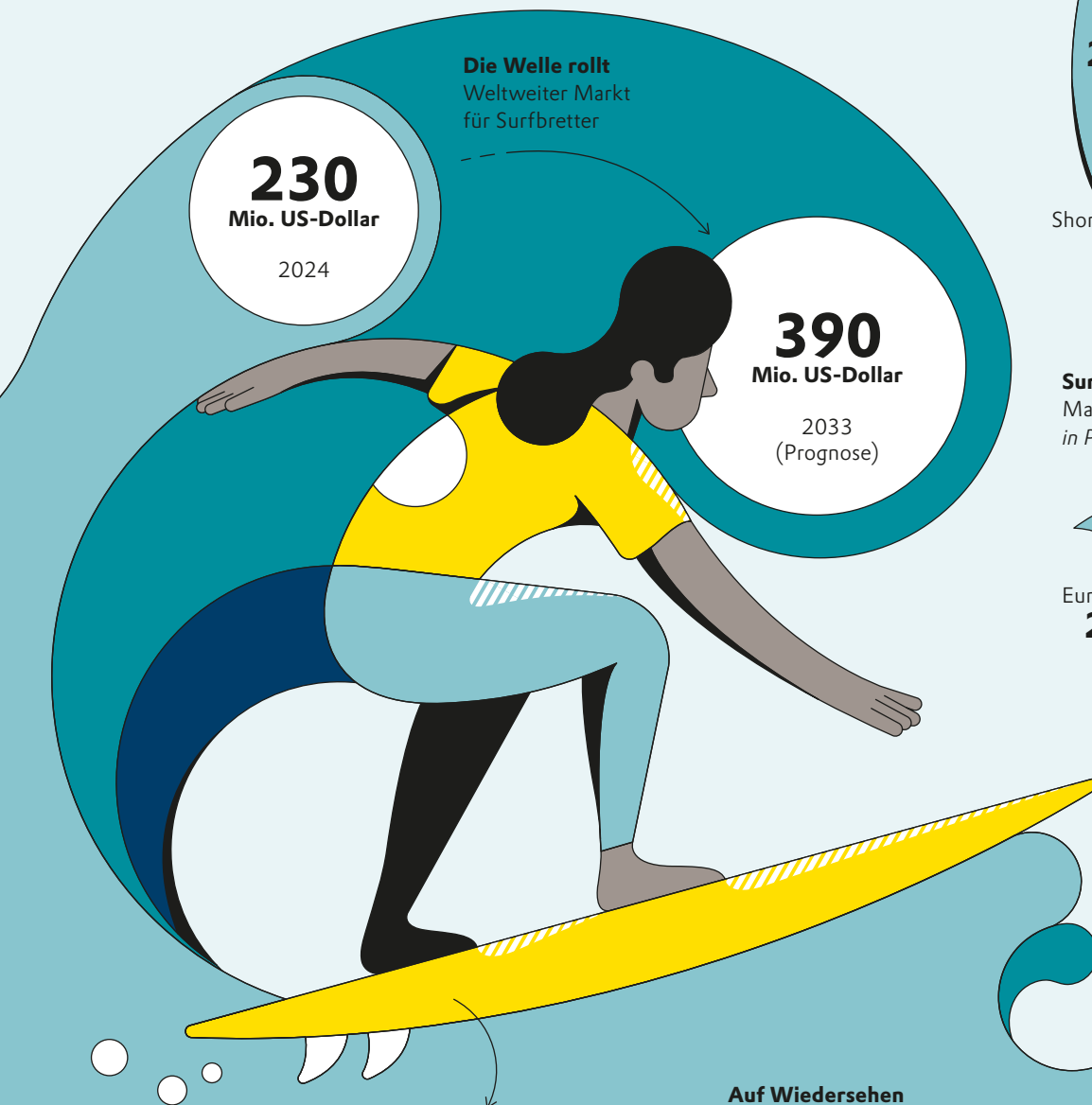
Christoph Bauer ist Redakteur. Er arbeitet in der Kommunikationsabteilung von Evonik.

ERFOLGSWELLE

Wellenreiten wird immer beliebter – was sich in den Produktionszahlen für Surfbretter spiegelt. Das Marktwachstum stellt Sportler und Hersteller vor eine große Herausforderung: Wie lässt sich die Umweltbelastung reduzieren?

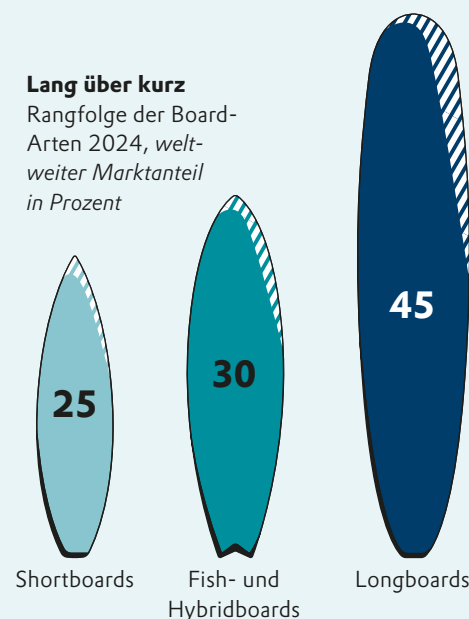
Quellen: Business Research Insight, Ocean Impact Organisation, Europäische Umweltagentur

INFOGRAFIK MAXIMILIAN NERTINGER



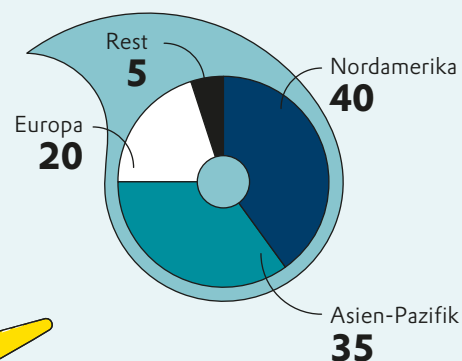
Surfbretter aus Schaumstoff und Fiberglas verursachen pro Jahr
160.000 Tonnen Kunststoffmüll

Lang über kurz
Rangfolge der Board-Arten 2024, weltweiter Marktanteil in Prozent



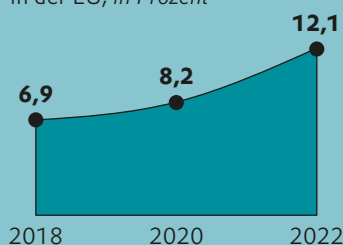
Surfin' USA

Marktanteile für Surfbretter 2024, in Prozent



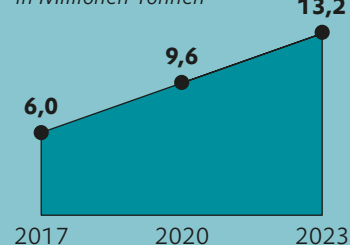
Auf Wiedersehen

Anteil von Sekundärkunststoff am gesamten Kunststoffverbrauch in der EU, in Prozent



Mehr Anlagen

Mechanische Recyclingkapazitäten für Kunststoffabfälle in der EU, in Millionen Tonnen





PRODUKTE AUS KLIMAGAS

Die Chemieindustrie verabschiedet sich nach und nach von fossilen Rohstoffen. Der Übergang zu alternativen Quellen stellt die Branche jedoch vor riesige Herausforderungen. Im Projekt „Power2ValueChemicals“ testet Evonik mit Partnern, wie CO₂ für die Produktion von Duftstoffen genutzt werden kann.

TEXT TIM SCHRÖDER

Sie ist eine der Größten ihrer Art weltweit: Die neue Methanol-Anlage des Projektentwicklers European Energy in der dänischen Stadt Apenrade soll künftig 42.000 Tonnen des Alkohols pro Jahr liefern – unter anderem als Treibstoff für das Containerschiff „Laura Mærsk“. Der Clou: In der Anlage mit den graugrünen Hallen und den vielen Rohrleitungen wird Methanol umweltfreundlich hergestellt – aus Kohlendioxid und aus Wasserstoff, der in einer Elektrolyseanlage direkt vor Ort erzeugt wird. In diesem Elektrolyseur wird Wasser mithilfe von Strom aus Sonnen- und Windenergie in seine Bestandteile Sauerstoff und Wasserstoff zerlegt.

Der Wasserstoff wird gleich vor Ort weiterverarbeitet. Fachleute sprechen bei solchen Anlagen von „Power-to-X“. Das bedeutet, Strom aus erneuerbaren Energien zu nutzen, um damit wertvolle Rohstoffe herzustellen, die bislang aus Erdgas, Kohle oder Mineralöl gewonnen werden – zum Beispiel Methanol. Die Energiewirtschaft und die Industrie setzen große Hoffnungen auf Power-to-X. Analysten erwarten für die kommenden Jahre, dass der Power-to-X-Markt stark wachsen wird. Im vergangenen Jahr wurde er auf rund 700 Millionen US-Dollar weltweit taxiert, bis 2032 soll er sich auf 1,6 Milliarden US-Dollar mehr als verdoppeln. Es bleibt jedoch viel zu tun. Denn noch ist unklar, ob und wie schnell es gelingen wird, die Industrie mit Power-to-X nachhaltig aufzustellen – nicht zuletzt die chemische Industrie. →

In einer Miniplant testet das Max-Planck-Institut für chemische Energiekonversion, unter welchen Prozessbedingungen sich aus CO₂ wertvolle Spezialchemikalien herstellen lassen.



Chromatografische Analysen liefern Andreas Vorholt (l.) und Robert Franke einen präzisen Einblick in die Zusammensetzung von Stoffgemischen.

Immerhin soll Power-to-X künftig nicht nur Wasserstoff und Methanol liefern, sondern auch andere Chemikalien, von denen die Industrie große Mengen benötigt und die bislang zu erheblichen Teilen aus Erdöl und Erdgas gewonnen werden. „Die chemische Industrie steht vor einem Paradigmenwechsel. Wir müssen uns auf lange Sicht von den fossilen Rohstoffen verabschieden“, sagt Professor Dr. Robert Franke, Chemiker bei der Evonik-Tochtergesellschaft Oxeno. Deren Experten haben sich mit Industrie- und Forschungspartnern zusammengetan, um im Großprojekt „Power2ValueChemicals“ auszuloten, wie Power-to-X klassische chemische Prozesse grüner machen kann. Sie wollen Kohlendioxid als Rohstoff nutzen, um daraus Kohlenmonoxid (CO) herzustellen, das die Industrie bislang aus Erdgas gewinnt. CO wird unter anderem für die Produktion von Parfüms, Schmierstoffen, pharmazeutischen Wirkstoffen oder auch Polyamid benötigt. Mit dem „Power2ValueChemicals“-Ansatz wäre die chemische Industrie doppelt grün. Denn zum einen nutzt man das Klimagas Kohlendioxid als Rohstoff und würde es in Produkten binden. Zum anderen könnte man auf den fossilen Rohstoff Erdgas verzichten.

LOHNT SICH DER AUFWAND?

„Power2ValueChemicals“ ist ein außergewöhnliches Vorhaben, weil bislang selten die gesamte Kette von der CO-Gewinnung aus Kohlendioxid bis zum fertigen Chemieprodukt im industriellen Maßstab durchgezogen wurde. In einem der beiden Fallbeispiele soll die Valeriansäuremethylester als Endprodukt liefern; eine Verbindung, die sich unter anderem in reifen Ananasfrüchten findet und

»Die chemische Industrie steht vor einem Paradigmenwechsel.«

ROBERT FRANKE, KOORDINATOR DES PROJEKTS „POWER2VALUECHEMICALS“

der Parfümindustrie als wichtiger Duftstoff dient. „Wir müssen nicht nur technische Fragen lösen, sondern auch analysieren, wie hoch der Energieaufwand und die Kosten der gesamten Wertschöpfungskette sind“, sagt Franke, der das Projekt „Power2ValueChemicals“ koordiniert. „Es bedarf einer validen und kritischen Praxiseinschätzung, um zu entscheiden, ob eine solche Anlage im Industriemaßstab aufgebaut werden könnte.“ Insofern wird es spannend, wenn jetzt nach und nach die Experimente anlaufen und die Versuchsanlagen in Betrieb gehen.

Der Prozess lässt sich grob in zwei große Bereiche aufteilen. Er beginnt mit der Elektrolyse, in der Kohlendioxid (CO₂) in seine Bestandteile zerlegt wird: je ein CO-Molekül und ein Sauerstoff-Atom (O). Anschließend wird mithilfe des CO Valeriansäuremethylester hergestellt. Für die Elektrolyse kommen in „Power2ValueChemicals“ zwei Pilotanlagen von Siemens Energy zum Einsatz. Sie wurden bei dem Projektpartner in Erlangen und München entwickelt und getestet und liefern zuverlässig Kohlenmonoxid. Noch aber ist die CO-Ausbeute gering, der

Prozess muss optimiert werden. „Diese Aufgabe gehen wir jetzt gemeinsam mit Siemens Energy an“, sagt Dr. Alexander Bauer, Elektrochemiker am Forschungszentrum Jülich, einem weiteren Projektpartner. „Wir verändern systematisch und simultan die Parameter Druck und Temperatur sowie andere Einstellungen, um mehr CO herauszuholen.“

Dabei tauchen die Forscher tief in die chemischen und technischen Details der Elektrolyse ein. Deren Herzstück ist ein Katalysator aus Silber, eingebettet in eine Kunststoffmembran. An diesem Katalysator findet die Spaltung des CO_2 zu CO und einem Sauerstoffatom statt. „Wir haben die Katalysatormembran und die gesamte Anlage für die Kohlenmonoxid-Herstellung über meh-

re Jahre selbst entwickelt“, erklärt Dr. Elfriede Simon von Siemens Energy. Derzeit verfügt das Unternehmen über zwei Elektrolyseanlagen.

In Jülich geht jetzt zunächst die kleinere Anlage in Betrieb. Deren Katalysatormembran-Reaktionsfläche misst rund 300 Quadratzentimeter. Später soll dann die große Anlage mit ihrer 5.000 Quadratzentimeter großen Membran nach Jülich gebracht werden. „Für uns ist es sehr viel einfacher, Experimente zunächst an kleinen Anlagen durchzuführen“, sagt Bauer. „Man benötigt weniger Gase und Flüssigkeiten, und das ganze Handling fällt leichter.“

Die Ausbeute einer Elektrolyse wird üblicherweise optimiert, indem man nacheinander einzelne Parameter verändert, etwa den Druck. „Wir hingegen →



In der Miniplant laufen die gleichen Reaktionen ab wie später in der großen Demonstrationsanlage. Chemieingenieurin Lisa Steinwachs hat die Anlage entwickelt.





verändern gleichzeitig mehrere Parameter, um die optimalen Bedingungen herauszukitzeln“, erzählt Bauer. Für jede Einstellung führt er mehrere Experimente durch, um festzustellen, ob sich der Prozess dabei signifikant verbessert. „Letztlich ist es ein statistisches Optimierungsverfahren“, sagt er. Man nennt das auch „experimentelles Design“.

THEORIE TRIFFT REALITÄT

Doch selbst eine optimal eingestellte Elektrolyseanlage liefert stets Nebenprodukte, beispielsweise Wasserstoff oder Sauerstoffverbindungen. Außerdem bleibt Kohlendioxid übrig, das nicht in CO und Sauerstoff gespalten wurde. „Die Elektrolyse produziert immer eine Mischung an Gasen. Daher sprechen wir von Produktgas und nicht von reinem Kohlenmonoxid“, sagt Bauer. Für die „Power2ValueChemicals“-Partner besteht eine Herausforderung darin, dass solche Gasmischungen in der chemischen Industrie unüblich sind. Kohlenmonoxid wird heutzutage über die Dampfgasreformierung aus Erdgas gewonnen. Diese liefert sehr reines CO. „In ‚Power2ValueChemicals‘ müssen wir also auch ausloten, ob unsere etablierten Produktionsprozesse mit den anderen Bestandteilen im Produktgas zurechtkommen“, so Evonik-Experte Franke.

Ob das klappt, soll jetzt die Produktion des Valeriansäuremethylesters zeigen. Die zentrale chemische Reaktion für dessen Herstellung ist die Methoxycarbonylierung, in deren Verlauf das CO-Molekül in ein Butenmolekül eingebaut wird – eine kleine Molekülkette



aus vier Kohlenstoffatomen und acht Wasserstoffatomen (siehe Grafik rechts). Wie gut die Methoxycarbonylierung mit dem Gasgemisch aus der Elektrolyse funktioniert, prüfen die Projektpartner gleich doppelt: zum einen im Labor mit extrem empfindlichen Messgeräten und zum Zweiten in einer großen Technikumsanlage.

Die Laborexperimente finden bei einem weiteren Projektpartner statt, dem Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion (MPI CEC) in Mülheim an der Ruhr. Die Technikumsanlage wiederum wird am Evonik-Standort in Marl in Betrieb gehen. In einem Dauertest von 4.000 Stunden, das entspricht knapp einem halben Jahr, überprüfen die Experten dort, ob

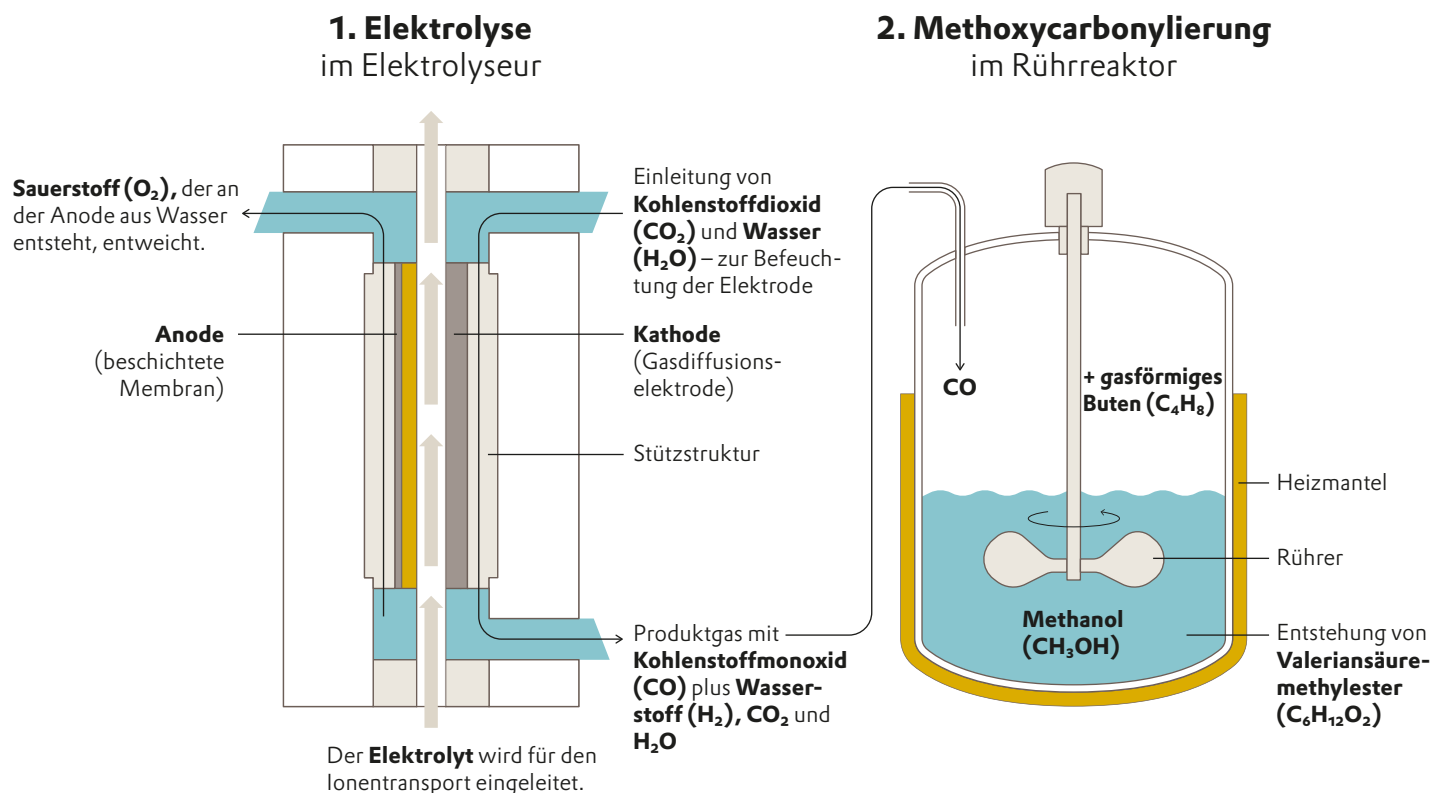
die Methoxycarbonylierung mit dem Gasgemisch stabil läuft. Ist das nicht gewährleistet, sind die Konsequenzen weitreichend. Die Anlage müsste gereinigt und eventuell sogar auseinandergebaut werden. Die Folge: ein Produktionsausfall von vielen Stunden oder gar mehreren Tagen.

Das Forscherteam am MPI CEC in Mülheim schaut sich deshalb im Detail an, wie die chemischen Reaktionen ablaufen. Die Chemieingenieurin Lisa Steinwachs hat dafür eine mannshohe Laboranlage aus Edelstahlbehältern und Schläuchen entwickelt und aufgebaut, die, von durchsichtigen Acrylglaswänden abgeschirmt, in einem der Mülheimer Laborräume steht.

Die eigentliche Methoxycarbonylierung findet in einem Edelstahlbehälter von der Größe einer Kaffeekanne statt. Er ist etwa zur Hälfte mit Methanol gefüllt. Von oben wird das Produktgas mit dem CO eingeleitet. Hinzu kommt ein Katalysator, der fein dosiert in den Reaktor gepumpt wird. Er treibt die entscheidende Reaktion an – den Einbau von CO in die kurze Kohlenwasserstoffmolekülkette. Statt des Butens, das man für den Valeriansäuremethylester benötigt, nutzt Steinwachs derzeit einen anderen Kohlenwasserstoff: Hexen. Buten liegt als Gas vor, Hexen hingegen ist flüssig und lässt sich daher gut mit dem flüssigen Methanol mischen. „Dadurch ist die Reaktion besser zu steuern“, so die Expertin. →

ABTRENNEN UND EINFÜGEN

Aus Kohlendioxid wird mittels Elektrolyse Kohlenmonoxid gewonnen. Dies dient als Input für die Methoxycarbonylierung, bei der als Produkt Valeriansäuremethylester entsteht – ein wichtiger Ausgangsstoff für die Parfümindustrie.



„Wenn wir erste Erfahrungen gesammelt haben, werden wir auf gasförmiges Buten umsteigen und Valeriansäuremethylester herstellen.“

Entscheidend für die Methoxycarbonylierung ist, wie sich der Katalysator verhält. Kommt er mit dem Gasgemisch zurecht? Oder reagiert er mit dem im Reaktionsgas enthaltenen CO_2 zu festen Komplexen, sodass er irgendwann versagt? Zerfällt er gar von ganz allein in einer „autokatalytischen Zersetzung“? „Solche Fragen klären wir an unserer kleinen Anlage, bevor der Langzeitversuch in Marl startet“, sagt Steinwachs, „denn die kann man leichter auseinanderbauen und reinigen, wenn die Reaktion plötzlich zusammenbricht.“

AB 70 BAR WIRD ES SPANNEND

In Mülheim lassen sich chemische Reaktionen in einer Operando-Analyse live beobachten. Dafür ist das Labor mit entsprechenden Analysegeräten ausgestattet, mit denen die Wissenschaftler verfolgen können, welche Moleküle im Reaktor entstehen und miteinander reagieren – und ob der Katalysator durch Kohlendioxid oder dessen Reaktionsprodukte blockiert wird. Zum Inventar zählen unter anderem Kernspinresonanzspektroskope, die Moleküle über Magnetfelder bestimmen,

und Geräte, die die Stoffe mit Infrarotlicht nachweisen.

„Die Operando-Methode ist etwas Besonderes“, sagt Dr. Andreas Vorholt, Chemiker und Arbeitsgruppenleiter am MPI CEC. „Sie hilft uns wesentlich dabei, die Methoxycarbonylierung mit dem Produktgas aus der Elektrolyse Schritt für Schritt zu verbessern.“

Eine weitere Herausforderung besteht darin, dass das Kohlendioxid im Produktgas das CO verdünnt. Für die Reaktion mit dem Katalysator bedeutet das, dass Katalysator und CO seltener zusammenfinden – und der Pro-



» Wir kitzeln die optimalen Bedingungen heraus.«

ALEXANDER BAUER, ELEKTROCHEMIKER
AM FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH



In dickwandigen Stahlgefäßen reagieren Kohlenmonoxid und weitere Gase zu wertvollen Feinchemikalien wie dem Duftstoff Valeriansäuremethylester.



Das Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion in Mülheim an der Ruhr ist einer der vier Projektpartner von „Power2ValueChemicals“.

zess am Ende nur wenig Valeriansäuremethylester liefert. Letztlich muss der Druck im Reaktionsbehälter erhöht werden, damit CO und Katalysator enger zusammenrücken. „Derzeit läuft der Prozess bei 30 Bar. Eventuell brauchen wir höhere Drücke“, sagt Lisa Steinwachs. Werden etwa 70 Bar benötigt, würde es spannend. Dann könnte das Kohlendioxid in den überkritischen Zustand übergehen, eine Art Zwitterzustand zwischen fest und flüssig, bei dem Kohlendioxid besonders reaktiv ist. Das würde den Prozess deutlich anspruchsvoller machen, weil die Anlage robuster ausgelegt werden müsste – etwa mit dickeren Stahlbehältern sowie robusteren Dichtungen und Schläuchen. „Im Projekt sind wir auch für das De-Risking zuständig. Wir finden heraus, welche Probleme und Risiken es gibt, ehe die aufwendig zu betreibende große Technikumsanlage in Marl in Betrieb geht“, sagt Andreas Vorholt.

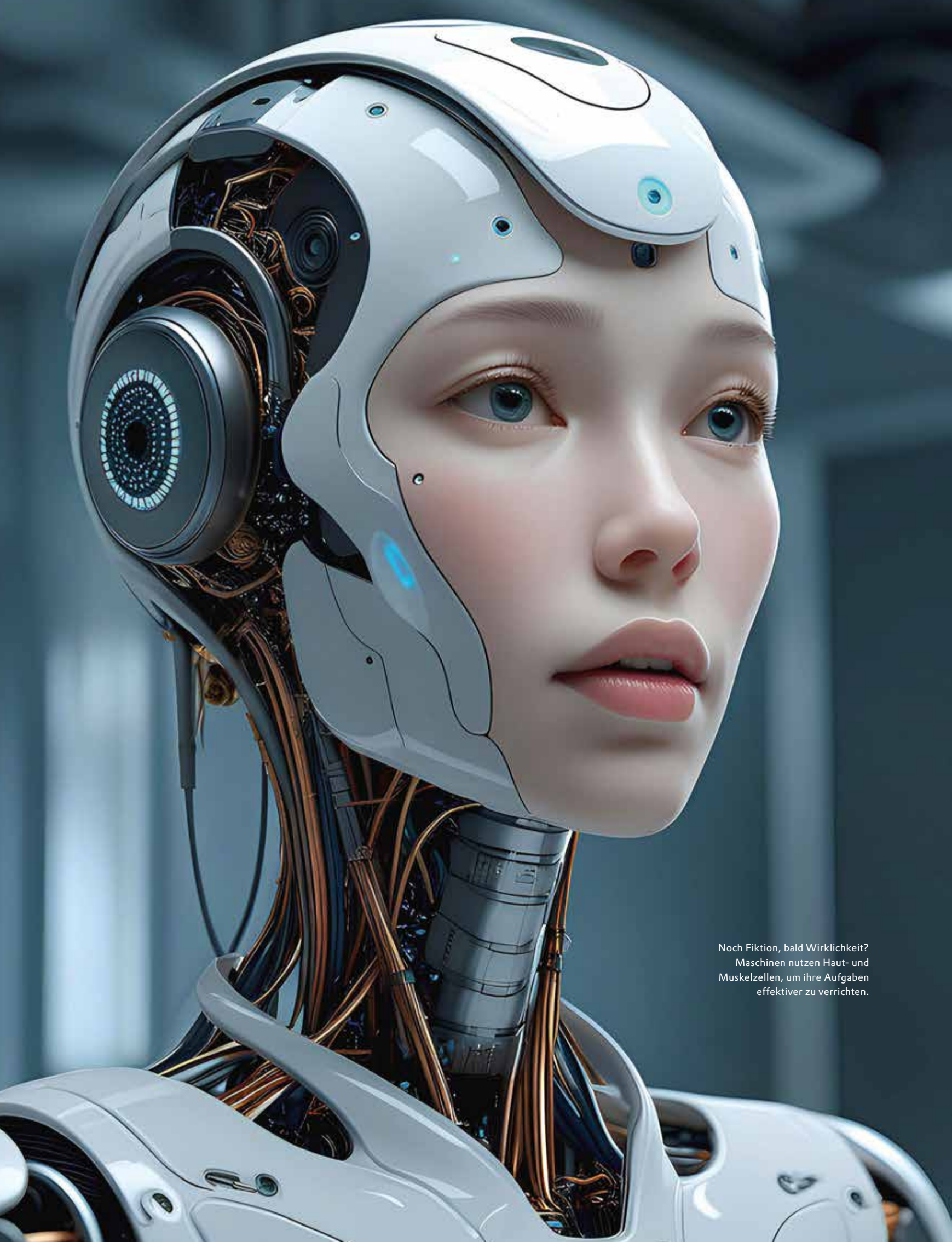
Alles in allem sei „Power2ValueChemical“ ein außergewöhnliches Projekt, betont Robert Franke. Es wird durch die Kopernikus-Initiative des Bundesforschungsministeriums unterstützt, die große Energieprojekte fördert. „Unser Projekt ist eines der am stärksten chemieorientierten unter dem Dach von Kopernikus“, sagt Franke. „Wir haben einen großchemischen, praxisna-

hen Verbund geschaffen und uns komplexe Katalysatorsysteme vorgeknöpft, mit denen wir die gesamte Wertschöpfungskette durchspielen.“ Als Industriepartner verfüge Evonik über die nötige Expertise, um einzuschätzen, ob sich die grüne Methoxycarbonylierung am Ende rechnet.

Evonik und Siemens Energy führen im Projekt deshalb auch eine Lebenszyklusanalyse von der Elektrolyse bis zum fertigen Ester durch. „Noch ist das Ergebnis offen“, sagt Franke. „Power2ValueChemicals“ trage jedoch wesentlich dazu bei herauszufinden, wie sich der Abschied der Chemie von fossilen Rohstoffen bewerkstelligen lässt. —



Tim Schröder arbeitet als Wissenschaftsjournalist in Oldenburg.



Noch Fiktion, bald Wirklichkeit?
Maschinen nutzen Haut- und
Muskelzellen, um ihre Aufgaben
effektiver zu verrichten.

MUSKEL STATT MOTOR

Roboter mit Hautoberfläche? Gamepads aus Zellulose? Biohybride Materialien – entstanden aus der Verschmelzung von biologischen und nicht biologischen Komponenten – könnten dies in Zukunft möglich machen und das Zeitalter einer völlig neuen Materialklasse einläuten.

TEXT BJÖRN THEIS

Was das Team des Biohybrid Systems Laboratory um Professor Shoji Takeuchi von der Universität Tokio im Juni vorigen Jahres präsentierte, war faszinierend, erinnerte aber auch ein wenig an die Experimente von Dr. Frankenstein. Die Forscher hatten bei einem Roboter ein Stück lebende Haut aufgebracht und konnten es per Knopfdruck bewegen. Es war ihnen gelungen, lebendes Gewebe so an eine künstliche Oberfläche zu binden, dass es nicht zerstört wird. Hierzu nutzten sie Kollagen, ein faseriges Protein in der menschlichen Haut, und menschliche Hautfibroblasten, den häufigsten Zelltyp im menschlichen Bindegewebe. Das Ergebnis ist ein neuer Verbundwerkstoff aus biologischen und nicht biologischen Bestandteilen: ein sogenannter Biohybrid.

BIOLOGIE TRIFFT AUF ROBOTIK

Diese Fusion macht Materialien mit völlig neuen Funktionen möglich. So ist es auch nicht Takeuchis Hauptziel, Robotern menschliche Züge zu verleihen – vielmehr sucht er einen Weg, die Vorteile der Biologie für die Robotik nutzbar zu machen. In einem nächsten Experiment verwendete der Wissenschaftler daher den Verbundstoff, um gezüchtetes Muskelgewebe mit Kunststoffelementen zu verbinden und so Aktuatoren

zu kreieren, die mehrere Gewebetypen gleichzeitig stimulieren oder beeinflussen. Diese Mehrfachgewebe-Aktuatoren baute er dann in eine Roboterhand ein, um aufzuzeigen, dass Roboter in Zukunft echte Muskeln statt sperriger und schwerer Elektromotoren für ihre Bewegung nutzen könnten. Für die Robotik wäre dies eine Revolution.

Aber nicht nur künstliche Roboter-muskeln werden durch den biohybriden Ansatz möglich. Denkbar ist eine Vielzahl neuer smarter Materialien, die auf äußere Reize reagieren, beispielsweise Licht, Temperatur oder chemische Signale.

Auch die Recyclingfähigkeit lässt sich mithilfe biohybrider Materialien womöglich verbessern. An der Universität des Saarlands etwa entstand der Prototyp eines Gamepads, dessen Gehäuse statt aus Kunststoff aus bakterieller Zellulose besteht. Hierzu ließen die Forscher die Zellulose um die Elektronikbauteile wie Knöpfe und Mikroschalter herumwachsen. Im Rahmen des Leitprojekts „Nachhaltige biobasierte und biohybride Materialien“ der Fraunhofer-Gesellschaft wird ebenfalls an neuen biohybriden Komponenten geforscht.

EFFEKTIVERE MATERIALLÖSUNGEN

Auch wenn noch einige Zeit vergehen wird, bis Roboter im Fitnessstudio ihre biologischen Muskeln trainieren – biohybride Werkstoffe werden ein neues Kapitel in der Materialwissenschaft aufschlagen. Sie haben das Potenzial, in Zukunft funktionellere, nachhaltigere und effektivere Lösungen in zahlreichen Anwendungen und Bereichen wie der Automatisierung, der Medizin, der Robotik oder den Umweltwissenschaften zu schaffen.

Evonik hat das Potenzial erkannt und mit einer biosynthetischen Zellulose bereits einen ersten Biohybrid im Portfolio. Ein guter Grund für Foresight, das Thema im Zuge des Projekts „GameChanger 2035“ vertieft zu analysieren und Zukunftspotenziale für Evonik zu identifizieren. —



Björn Theis leitet die Abteilung Foresight der Evonik-Innovations-einheit Creavis.



»Wir wollen die präziseste Uhr der Welt bauen«

PROTOKOLL BERND KALTWASSER
FOTOGRAFIE ANDREAS JAKWERTH

Thorsten Schumm ist seit 2011 Professor für Quantenmetrologie an der Technischen Universität Wien. Vor seinem Wechsel nach Österreich untersuchte er an der Universität Toronto (Kanada) das Verhalten bestimmter subatomarer Teilchen. In seiner Freizeit setzt sich der Physiker gemeinsam mit seinen Söhnen mit den praktischen Aspekten der Schwerkraft auseinander: Freeclimbing, Bouldern und ausgedehnte Bergtouren stehen auf dem Programm.

Am Atominstitut der Technischen Universität Wien wollen wir den präzisesten Zeitmesser der Welt bauen, eine Atomkernuhr. Ihr Herzstück ist Thorium, genauer: das Isotop Thorium-229.

Atomuhren messen die Zeit so präzise, dass sie in 20 Milliarden Jahren nur um eine Sekunde falsch gehen. Was sehr genau klingt, ist trotzdem nicht immer genau genug. Navigationssatelliten mit Atomuhren an Bord helfen, den eigenen Standort auf der Erde in einem Radius von ungefähr zehn Metern zu ermitteln. Aber würden Sie in ein autonom fahrendes Auto steigen, dass einfach so zehn Meter in eine Kreuzung hineinfährt?

Mit Atomkernuhren können wir die Zeitmessung verbessern. Statt wie bei den Atomuhren Schwingungen von Elektronen in der Atomhülle zu untersuchen, beobachten wir Veränderungen von Neutronen im Atomkern. Diese werden von äußeren Faktoren wie Magnetfeldern oder Temperaturschwankungen kaum beeinflusst.

Bei Thorium-229 ist vergleichsweise wenig Energie nötig, um diese Veränderungen auszulösen. Zudem ist ihre Frequenz mit 2.000 Milliarden Schwingungen pro Sekunde sehr hoch. Das ermöglicht genaue Messungen und macht Thorium zum idealen Taktgeber für eine Atomkernuhr.

Üblicherweise versuchen Experimentalphysiker, möglichst großvolumige Kristalle zu züchten. Wir wollen das Gegenteil: kleine Kristalle, bei denen das Laserlicht ausschließlich die Thorium-Kerne anregt.

Im Herbst 2024 haben wir gemeinsam mit US-Kollegen den ersten Prototyp einer Atomkernuhr vorgestellt mit unserem Kristall als Herzstück. Wir haben bewiesen: Thorium ist das richtige Material für ultrahochpräzise Messungen. Jetzt folgt vor allem technische Entwicklungsarbeit. Zum Beispiel die Kristalle weiter zu schrumpfen – so weit, dass am Ende vielleicht sogar ein einzelnes Thorium-Ion für Messungen ausreicht.“

Impressum

HERAUSGEBER Evonik Industries AG | Matthias Ruch | Rellinghauser Straße 1–11 | 45128 Essen |
BERATUNG UND KONZEPT Manfred Bissinger |
CHEFREDAKTION Jörg Wagner (V. i. S. d. P.) |
CHEF VOM DIENST Inga Borg, Bernd Kaltwaßer |
TEXTCHEF Christian Baulig | **REDAKTION** Pauline Brenke | **BILDREDAKTION** Nadine Berger |
LAYOUT Wiebke Schwarz (Art Direction), Pearl Elephant (Grafik) | **ANSCHRIFT DER REDAKTION** KNSK Group | Holstenwall 6 | 20355 Hamburg |
DRUCK Linsen Druckcenter GmbH, Kleve |
COPYRIGHT © 2025 by Evonik Industries AG, Essen. Nachdruck nur mit Genehmigung der Agentur. Der Inhalt gibt nicht in jedem Fall die Meinung des Herausgebers wieder. Fragen zum Magazin ELEMENTS: Telefon +49 201 177-3315 | E-Mail elements@evonik.com |
BILDNACHWEISE Titelillustration: Tobias Wüstenfeld/Die Illustratoren | S. 3: Kirsten Neumann/Evonik Industries AG | S. 4–5: Robert Eikelpoth, Kristen Curette & Daemane Hines/stocksy.com; Illustration: Maximilian Nertinger | S. 6–7: Getty Images | S. 8–9: University of Texas at Dallas, Europäisches Patentamt, privat | S. 10–19: Robert Eikelpoth (8), Infografik: Maximilian Nertinger, Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss mit Fotovorlage von Bob Heinemann | privat, IMAGO/Xinhua, picture alliance/CFOTO | S. 24–31: Robert Eikelpoth; Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss mit privater Fotovorlage | S. 32–33 Infografik: Maximilian Nertinger | S. 34–39: Kanoa Surfboards (4), Christoph Bauer/Evonik Industries AG; Infografik: Maximilian Nertinger | S. 40–47: Katja Velmans Fotografie (8), Sebastian Lehman LS Photographie, Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss mit Fotovorlage von Foto- und Bilderwerk | S. 48–49: Mag – stock.adobe.com; Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss mit Fotovorlage von Karsten Bootmann/Evonik Industries AG | S. 50: Andreas Jakwerth

elements.evonik.de

» Talent gewinnt Spiele ...

... aber Teamwork und Intelligenz gewinnen Meisterschaften“, soll Michael Jordan gesagt haben. 19 Jahre lang spielte der US-Basketballer in der nordamerikanischen Profiliga NBA. Er gilt als einer der besten Sportler der Geschichte.

Auf das richtige Zusammenspiel vieler Spezialisten kommt es auch bei biobasierten Innovationen an: Mikroorganismen sind empfindlich, und nur die gebündelte Expertise aus Mikrobiologie, Formulierungstechnik und Prozesstechnik führt zu stabilen und wirksamen Produkten.