

# ELEMENTS

Forschen. Wissen. Zukunft.



## Sprung nach vorn

**Hightech-Polymere in Batterien verhelfen Elektroautos  
zu Spitzenleistungen** → S. 10

Schadstoffe: Wie sich belastete Böden vor Ort sanieren lassen → S. 28

Hautpflege: Nachhaltige Kosmetik mit Biotechnologie → S. 46

# Batterie

elektrochemischer Energiespeicher

---

Eine Batterie besteht aus vier Hauptkomponenten: einer positiv geladenen Elektrode, der Kathode, einer negativ geladenen, der Anode, sowie einem dazwischenliegenden Elektrolyten und einem Separator. In der Elektromobilität spielen Lithium-Ionen-Batterien (LIBs) eine zentrale Rolle. Sie sind wiederaufladbar und basieren auf flüssigen Elektrolyten. Neueste Technologien zielen darauf ab, diese flüssigen Elektrolyte durch ionenleitende Feststoffe wie Polymere, Sulfide oder Oxide zu ersetzen. Solche Festkörperbatterien (SSBs, für Solid-State Batteries) auf Lithiumbasis versprechen eine höhere Kapazität, Sicherheit und Lebensdauer.

---

**Elektrolyt** Flüssigkeit oder Feststoff, der den Ionentransport zwischen Anode und Kathode und somit den Ladungsausgleich in der Batterie ermöglicht

**Separator** Trennschicht, die für Ionen durchlässig ist und zugleich einen Kurzschluss zwischen Anode und Kathode verhindert

**Polymer** chemische Verbindung aus vielen kettenartigen Makromolekülen

**Sulfid** chemische Verbindung aus Schwefel und einem oder mehreren anderen Elementen

**Oxid** chemische Verbindung aus mindestens einem Sauerstoffatom und einem weiteren Element



## LIEBE LESERIN, LIEBER LESER,

ich gebe es zu: Zwischen Elektroautos und mir hat es noch nicht gefunkt. Meine erste längere Erfahrung mit E-Mobilität im vergangenen Herbst hat meine Skepsis eher vergrößert: Das soll die Zukunft des Individualverkehrs sein? Auf einer Urlaubsreise von 800 Kilometern permanent das Tempo drosseln, dennoch drei Ladestopps einlegen müssen und – selbst ohne Stau – mehr als zehn Stunden brauchen, das war wenig überzeugend. Auch wenn andere Elektroautofahrer so taten, als wäre es normal, nachts um halb eins in einem finsternen Gewerbegebiet eine halbe Stunde an einer Ladesäule abzusitzen.

Batterieexperte Maximilian Fichtner hat mir im Elements-Interview viel dieser Skepsis genommen. Für ihn ist klar: Leistungsfähigere Batterien sind kein Zukunftsthema, sie sind schon da. E-Autos müssen in nichts mehr hinter Verbrennern zurückstehen. Und wenn dann noch technologische Sprünge wie Feststoffbatterien in Großserie gelingen, sind Reichweiten und Fahrleistungen jenseits des bisher Bekannten möglich. In der ganzen Welt haben sich Forscherteams in der Batterieforschung auf den Weg gemacht. Wir zeigen, wo derzeit am intensivsten geforscht wird und welchen Beitrag Evonik zu den Batterien von morgen liefern will.

Unterirdisch wird es in unserem zweiten Themenschwerpunkt. Kontaminiertes Erdreich ist ein Problem auf der ganzen Welt. In Deutschland hat man es bisher zumeist durch Aushub von Boden oder Abpumpen von Grundwasser gelöst. Doch es gibt smartere Wege zu sauberer Erde. Wir zeigen sie.

Auch in der Kosmetikindustrie geht es sauber zu. Dabei spielen biobasierte Inhaltsstoffe eine immer größere Rolle. Die beiden Konzerne L'Oréal und Evonik haben eine kleine französische Firma entdeckt, die vielversprechende Innovationen liefert. Das Ergebnis ist eine perfekte „Liaison à trois“.

Ich wünsche Ihnen eine spannende und erkenntnisreiche Lektüre. Wenn Sie Fragen, Anregungen oder Kritik zu diesem Heft haben, schreiben Sie mir gern: [elements@evonik.com](mailto:elements@evonik.com)

**Jörg Wagner**  
Chefredakteur

Sämtliche Artikel aus dem gedruckten Magazin sowie weitere aktuelle Inhalte finden Sie im Internet unter [elements.evonik.de](http://elements.evonik.de)



Power-Duo: Christos Sarigiannidis (l.) und Jan Blankenburg arbeiten bei der Creavis, der strategischen Innovationseinheit von Evonik. Ihr Spezialgebiet sind Polymere, die als Elektrolyt in Lithium-Ionen-Batterien zum Einsatz kommen könnten.

## E-MOBILITÄT

### 10 Mehr Saft und Kraft

Keine Mobilitätswende ohne leistungsstarke Batterien. Um Speicherkapazität von Lithium-Ionen-Akkus zu steigern, setzen Forscher auch auf feste Alternativen zu den heute zumeist eingesetzten Flüssigelektrolyten. Polymer-Know-how von Evonik hilft, technologiespezifische Nachteile zu überwinden.

#### INTERVIEW

### 20 „Zehn Minuten Laden für 1.000 Kilometer Reichweite“

Der Ulmer Batterieexperte Maximilian Fichtner erklärt, wie der Stromspeicher der Zukunft aussehen könnte – und welche Weltregionen bei der Entwicklung die Nase vorn haben.

#### DATA MINING

### 25 Elektrisch unterwegs

Welche Länder fahren bei der E-Mobilität voraus? Und wie wird sich der Markt für batteriebetriebene Fahrzeuge entwickeln? Ein Überblick in Zahlen

#### LÄNDERVERGLEICH

### 26 Von China lernen

Subventionen, Steuervorteile und andere Anreize bestimmen maßgeblich, wie schnell sich Elektrofahrzeuge durchsetzen. Sechs Staaten – sechs Ansätze

**BODENSANIERUNG**

**28** **Untergrundkämpfer**

Bislang werden bei Bauprojekten Schadstoffe im Erdreich meist ausgebaggert oder abgepumpt. Ein neues Verfahren ermöglicht es, Gifte unmittelbar im Boden umzuwandeln oder zu binden. Evonik setzt es in Hanau bei zwei Projekten ein.

Hefepilze werden bei Abolis biotechnologisch modifiziert, damit sie bestimmte Moleküle für Pflegeprodukte produzieren.

SCHAUBILD

**36** **Unschädlich gemacht**

Wie die In-situ-Bodensanierung im Hanauer Konversionsgelände Pioneer Park funktioniert

**NACHHALTIGE KOSMETIK**

**46** **Der Natur so nah**

Evonik investiert weltweit in Unternehmen, die biobasierte Inhaltsstoffe für nachhaltige Kosmetik entwickeln. Eines davon ist Abolis in Frankreich, mit dem der Chemiekonzern und der Kosmetikriese L'Oréal Inhaltsstoffe biotechnologisch herstellen wollen. Ein Ortsbesuch



Aus schädlichen Chlorverbindungen werden dank eines Evonik-Produkts harmlose Reaktionsreste. Peter Martus vom Umweltberatungsunternehmen Aecom setzt bei zwei Bodensanierungsprojekten in Hanau auf das in Nordamerika erprobte Mittel.

6 **PERSPEKTIVEN**  
Neues aus Wissenschaft und Forschung

38 **EVONIK-LAND**

**Mexiko**

Als Produktionsstandort und Absatzmarkt ist das amerikanische Land für Evonik sehr wichtig.

56 **FORESIGHT**

**Luftgeschäfte**

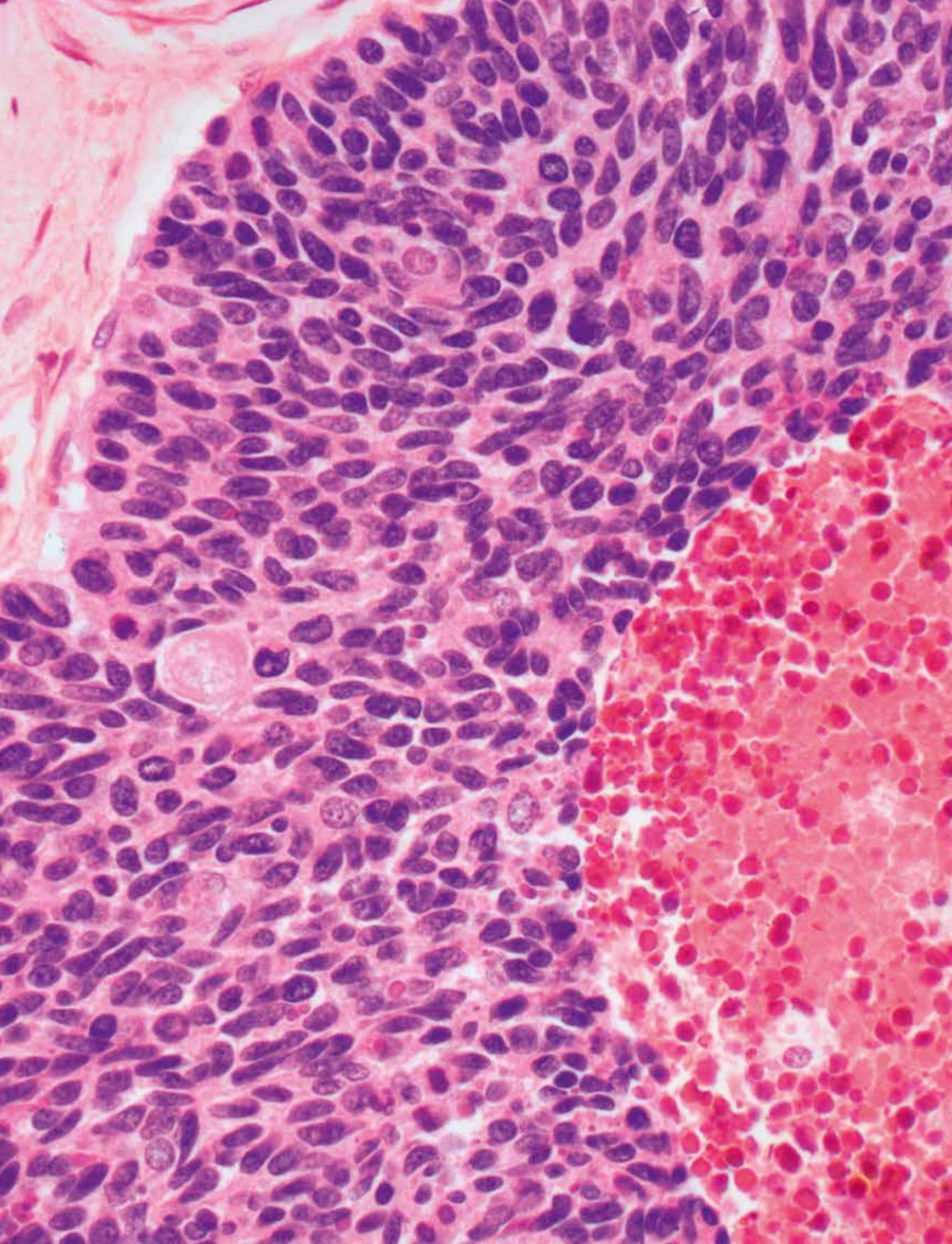
Transportdrohnen begründen einen neuen Wirtschaftszweig: die „Low-Altitude-Economy“

58 **IN MEINEM ELEMENT**

**Gallium**

Das Metall lieferte für Marcel Häfele den Anreiz, seinen Youtube-Kanal „Techtastisch“ zu starten.

59 **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.



Ein **gesundes Leben und die Förderung des Wohlergehens aller Menschen jeden Alters** sind entscheidend für den Aufbau prosperierender Gesellschaften. Als global agierendes Unternehmen möchte Evonik mit innovativen Lösungen dazu beitragen, den medizinischen Fortschritt voranzutreiben.

Der Gesundheitszustand der Bevölkerung entwickelt sich weltweit positiv. Dennoch müssen Industrie und Politik kontinuierlich daran arbeiten, eine gerechte Gesundheitsversorgung zu schaffen und Krankheiten zu bekämpfen. Das 2023 eröffnete Lipid Innovation Center am Evonik-Standort Tippecanoe im US-Bundesstaat Indiana nimmt hierbei eine wichtige Rolle ein. Dort hergestellte Lipide sollen als Rohmaterial für mRNA-Impfstoffe dienen, die etwa bei Krebsimmuntherapien ihren Einsatz finden.

*Unterm Lichtmikroskop ist ein Schnitt durch Lungengewebe zu sehen mit vielen kleinen und mittelgroßen Krebszellen, der hellrote Fleck in der Mitte ist absterbendes Gewebe. Die Aufnahme zeigt ein Haferzellkarzinom, eine Art Lungenkrebs, die normalerweise mit Strahlen- und Chemotherapie behandelt wird. Als therapeutische Maßnahme im Kampf gegen Krebs gilt die mRNA-Impfung als Hoffnungsträger.*

Die Wärme der Haut kann als Stromquelle dienen.

# Ladestation Körper

Dank eines thermoelektrischen Generators könnten Smartwatches künftig mit Körperwärme betrieben werden.

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Universitäten in Limerick (Irland) und Valencia (Spanien) ist es gelungen, Energie umweltfreundlich aus Körperwärme zu gewinnen. Unter der Leitung von Muhammad Muddasar führen sie die Arbeit eines Teams der Technischen Universität Darmstadt fort. Grundlage der Forschung sind sogenannte thermoelektrische Generatoren (TEGs) aus Halbleiterelementen, die mithilfe geringer Temperaturunterschiede Strom erzeugen können. Bisher wurde dafür beispielsweise Kadmium, Blei oder Quecksilber verwendet. Muddasar und sein Team haben nun eine nachhaltige Variante mit Halbleitern auf Basis des Holzabfallstoffs Lignin entwickelt. Sie bestehen aus win-

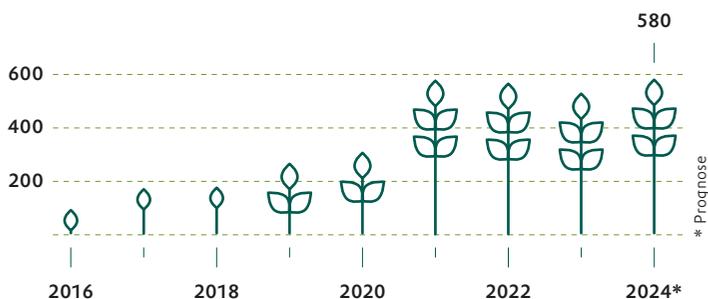


zigen Kanälen, die mit einer hochkonzentrierten Salzlösung gefüllt sind. Wird dann eine Seite der TEGs einer Wärmequelle ausgesetzt, bewegen sich die negativ geladenen Ionen in Richtung der Wärmequelle, während die positiv geladenen Ionen in der Lösung zur kühleren Seite wandern. So entsteht eine elektrische Spannung. TEGs aus Lignin eignen sich nicht nur für tragbare Elektronikgeräte, sondern könnten auch für die Umwandlung von industrieller Abwärme in Strom interessant werden.

BESSER IST DAS

## Greenbacks fürs Grüne

Weltweite Emissionen grüner Anleihen pro Jahr, in Milliarden US-\$



Erneuerbare Energien, Wassermanagement, Elektrifizierung von Transporten: Investitionen, die dem Klimaschutz dienen, finanzieren Unternehmen und Staaten zunehmend über die Ausgabe grüner Anleihen (Green Bonds). Zuletzt wurden jährlich Anleihen im Wert zwischen 500 und 600 Milliarden US-\$ begeben – rund siebenmal so viel wie noch 2016. Das Interesse institutioneller Investoren ist anhaltend hoch, nicht zuletzt weil Fondsgesellschaften, Vermögensverwalter, Versicherungsgesellschaften und Pensionsfonds durch ihre Anlagerichtlinien angehalten sind, grüne Anleihen in ihre Portfolios aufzunehmen.

Quelle: Moody's

# 7

TAGE

lang bleiben Oberflächen frostfrei, wenn sie mit einem neuartigen Überzug versehen wurden. Forschende der Northwestern University im US-Bundesstaat Illinois haben eine innovative Oberfläche mit millimetergroßen Strukturen und einer hauchdünnen Schicht Graphenoxid entwickelt, die Wasserdampf anzieht und Wassermoleküle bindet. Die Beschichtung ist kratzfest, unempfindlich gegen Schmutz und mittels 3D-Druck herstellbar. Anwendungen reichen von Autoscheiben bis hin zu Kühlsystemen.

## MECHANOPHORE ...

... sind Farbstoffmoleküle, die mechanische Spannungen in Kunststoffen sichtbar machen. Wirken Kräfte auf den Kunststoff, verändern sie dessen Farbe. Lässt die Kraft nach, nehmen die Moleküle wieder ihre ursprüngliche Färbung an. Ein Forschungsteam der Technischen Universität Chemnitz hat nun neuartige Mechanophore entwickelt, die durch Farbveränderung zusätzlich anzeigen können, wie stark eine Belastung ist. Diese Eigenschaft eröffnet unter anderem neue Möglichkeiten für die Analyse von Schäden an Kunststoffbauteilen.

## MENSCH &amp; VISION

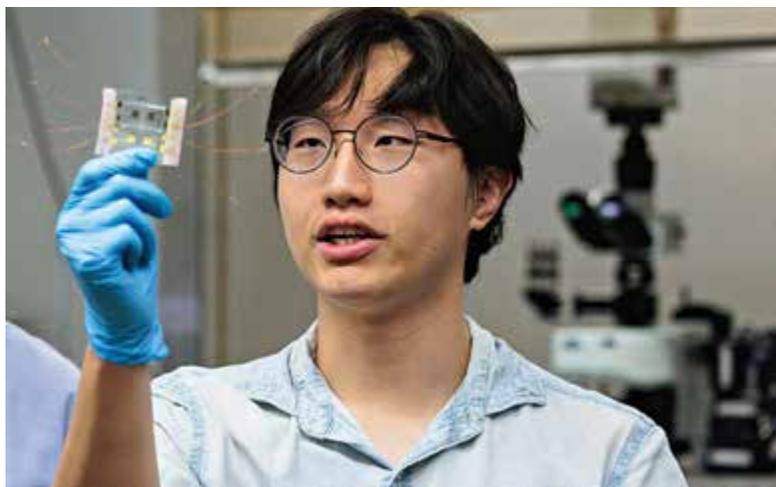
## Elektrische Impulse bekämpfen antibiotikaresistente Bakterien

### DER MENSCH

Was Saeyhun Kim antreibt, ist vor allem seine Neugier und der Wunsch, zur Lösung wichtiger Probleme beizutragen: „Es begeistert mich, Geheimnisse aufzudecken.“ Besonders die Mikrobiologie fasziniert den jungen Forscher. Während eines Austauschprogramms an der Universität Cambridge (Großbritannien) entdeckte der Koreaner das Potenzial von Bakterien als Biokatalysatoren und für die Heilung von Infektionen. Derzeit absolviert Kim ein kombiniertes Master- und Doktorandenprogramm in Chemie an der Universität von Chicago (USA), wo er seine Forschung fortführt.

### DIE VISION

Saeyhun Kim ging der Frage nach, ob sich Bakterienzellen elektrisch stimulieren lassen. Er fand heraus, dass dies bei bestimmten Bakterien und einem spezifischen sauren pH-Wert möglich ist. Auf dieser Basis entwickelte er eine Art Pflaster für die Haut, das mit elektrischen Impulsen etwa antibiotikaresistente Bakterien bekämpfen kann. Der Clou ist der pH-Wert: „Er bewirkt, dass Ionen in die Bakterien hinein- und wieder herauswandern. Das hindert sie daran, Biofilme zu bilden, die schwere Infektionen auslösen können.“ Kims Entdeckung ist ein wichtiger Schritt für die biomedizinische Forschung.



## Super-Sortiermaschine

Ein Forscherteam aus Deutschland entwickelt ein effizientes Verfahren zur Trennung von Aromaten und Aliphaten.

Liegen zwei Stoffe mit ähnlichen physikalischen Eigenschaften in einem Gemisch vor, lassen sie sich nur schwer voneinander trennen. Ein Beispiel aus der organischen Chemie sind aromatische Verbindungen. Damit man sie etwa als Ausgangsmaterial für Kunststoffe nutzen kann, müssen sie von anderen organischen Substanzen wie Aliphaten getrennt sein. Da sich Aromaten und Aliphaten jedoch strukturell ähneln, fand diese Trennung bisher unter hohem Energieaufwand statt. Das ändert die supramolekulare Sortiermaschine eines

Forschungsteams um Dr. Bernd M. Schmidt von der Heinrich-Heine-Universität in Düsseldorf. Der Schlüssel: ein molekulares Sieb aus elektronenarmen, fluorierten Makrozyklen, Squareimine genannt. Diese lagern sich zu einem Porennetzwerk zusammen, das aromatische Moleküle anzieht und aliphatische zurücklässt. Die Forscher optimierten die Vernetzung so gezielt, dass sich die Substanzklassen selektiv voneinander trennen lassen. Squareimine bieten großes Potenzial für die Trennung schwer separierbarer Verbindungen.

## GUTE FRAGE



### Ist Elektronikschrott eine Goldgrube?

Tatsächlich ist es uns gelungen, recyceltes Gold in Katalysatoren für die grüne Chemie umzuwandeln. Der Schlüssel sind kovalente organische Gerüste (COFs), eine Klasse hochstrukturierter, poröser Materialien, die auf der organischen Verbindung Tetrazin basieren. Damit lässt sich Gold aus Elektronikschrott selektiv zurückgewinnen, während Metalle wie Nickel und Kupfer nur in minimalen Mengen enthalten sind. COFs adsorbieren Goldionen und erleichtern deren Reduktion, sodass sich in ihren Strukturen Gold-Nanopartikel bilden. Diese mit Gold beladenen COFs können wir als wiederverwendbare Katalysatoren für die Umwandlung von CO<sub>2</sub> in wertvolle organische Verbindungen einsetzen. Unser Ansatz zeigt, dass das Upcycling von Elektronikabfällen neben der Rückgewinnung von Edelmetallen auch Potenzial für nachhaltige Anwendungen hat.

*Amin Zadehnazari ist Postdoktorand am College of Agriculture and Life Sciences der Cornell University in Ithaca (New York, USA).*

A hand wearing a blue nitrile glove is shown holding a clear glass petri dish. The dish contains a white, powdery or granular substance. The background is a solid dark blue color. The text 'FESTE' is printed in large, white, bold, sans-serif capital letters across the top of the image.

**FESTE**

**ENERGIE**

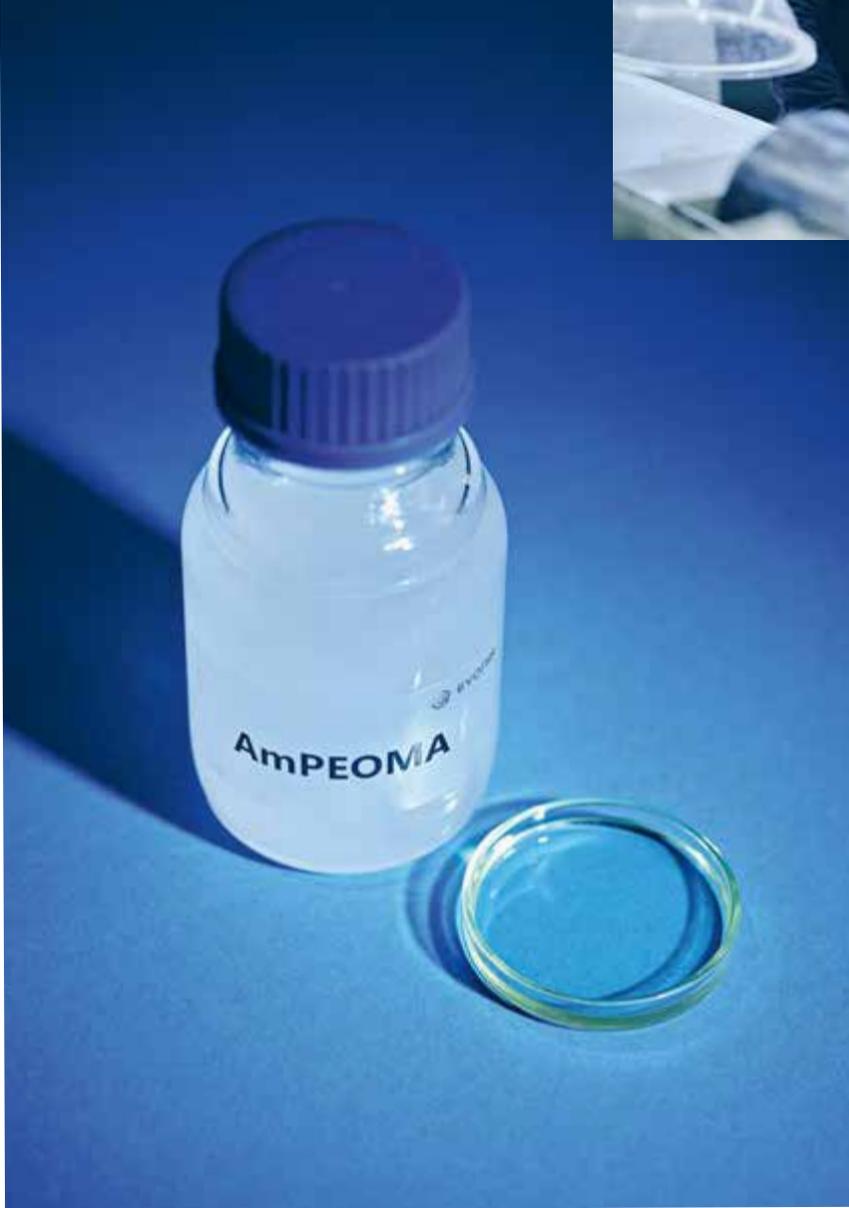


In Petrischalen entsteht bei Evonik ein Hochleistungspolymer (I.), das anschließend als Elektrolyt in Knopfzellen auf seine Tauglichkeit getestet wird.

Forscher arbeiten intensiv an leistungsfähigeren Batterien für die Elektromobilität. Ein Ansatz sind Feststoffbatterien. Sie ermöglichen deutlich mehr Reichweite und sind sicherer. Evonik hat einen Baustein für Polymerelektrolyten entwickelt, der Nachteile bisheriger Feststoffbatterien überwinden könnte.

TEXT KARL HÜBNER

Ein Team um die Creavis-Forscher  
Christos Sarigiannidis und  
Jan Blankenburg entwickelt  
Monomere als Grundstoff für den  
Feststoffelektrolyten.



**W**enn Dr. Christos Sarigiannidis von der Creavis-Zentrale in Marl zum rund 300 Kilometer entfernten Evonik-Standort in Hanau reist, nimmt er am liebsten die Bahn. Bei der Creavis – der strategischen Innovationseinheit und dem Business Incubator von Evonik – beschäftigt sich der gebürtige Grieche mit der Zukunft der Mobilität. Eines seiner wichtigsten Themen derzeit: Technologien und Materialien, die Batterien für Elektrofahrzeuge besser machen.

An diesem Wintertag besucht der Chemieingenieur in Hanau ein Labor des Bereichs Electrochemistry & Exploration in der Verfahrenstechnik. Durch eine Glasscheibe betrachtet er dort eine Apparatur, in der mehrere Petrischalen mit einer leicht trüben Flüssigkeit von UV-Licht bestrahlt werden. „Hauptbestandteil der Flüssigkeit ist ein von uns entwickeltes Monomer, das wir jetzt polymerisieren“, erklärt Sarigiannidis. Das fertige Polymer lässt sich in anderen Petrischalen begutachten: Deren Boden ist mit einer durchsichtigen, leicht gelblichen Masse bedeckt. Was aussieht wie ein ziemlich fester Gelee, ist für Sarigiannidis der Hoffnungsträger in einem seiner Projekte: „Dies könnte einmal als Elektrolyt in einer Feststoff-Lithium-Ionen-Batterie dienen.“

Lithium-Ionen-Batterien (LIBs) dienen millionenfach als Stromspeicher in Elektrofahrzeugen. Bei den heute gängigen LIBs ist der Bereich zwischen den Elektroden mit einem flüssigen Elektrolyten ausgefüllt. Feststoffelektrolyte könnten den bewährten Akkus zu einem Entwicklungssprung verhelfen und die Elektromobilität schneller vorantreiben. Die Vorzüge des im Branchenjargon Solid-State Battery (SSB) genannten Speichers liegen für Sarigiannidis auf der Hand: „Feststoffbatterien speichern mehr Energie und sind noch sicherer als herkömmliche LIBs.“

Wissenschaftler und Entwickler weltweit verfolgen derzeit viele Ansätze, um Reichweite, Ladegeschwindigkeit, Sicherheit und Kosten der Batterien zu optimieren. Vor allem die Erwartungen an die SSBs sind gewaltig. Manche in der Batterieszene nennen sie den „Heiligen Gral“ oder einen „Game Changer“. „Das ist ein spannendes Arbeitsgebiet“, schwärmt Sarigiannidis. „Wir bei Evonik haben Expertise in den unterschiedlichsten Gebieten wie Elektro- und Polymerchemie, um hier erfolgreich sein zu können.“ Auch in der Partikeltechnologie und in den Materialwissenschaften gebe es jede Menge Know-how, die für Batterien relevant sei.

#### DIE GRENZEN DES FLÜSSIGELEKTROLYTEN

Schon heute ist der Markt für Automobil-Akkus riesig. Laut der Internationalen Energieagentur erreichte die Nachfrage in diesem Segment 2023 den Rekordwert von 750 Gigawattstunden (GWh), also 750 Millionen Kilowattstunden. Davon entfielen 415 GWh auf die Autoherstellung in China, weitere 185 GWh wurden in Europa verbaut. Die Kapazität eines Pkw-Akkus liegt derzeit bei 30 bis 100 Kilowattstunden.

Die erwarteten Wachstumsraten sind noch imposanter. Marktforschern zufolge könnte sich der weltweite Elektrofuhrpark (einschließlich Hybridmodelle) von knapp 45 Millionen Fahrzeugen im Jahr 2023 in den kommenden zehn Jahren auf 500 bis 800 Millionen →



Evonik-Mitarbeiter Dr. Julian Teichmann bereitet die Polymerisation eines Monomer-Bausteins vor und gibt die Flüssigkeit anschließend in eine Petrischale.



Um den Festelektrolyten auf Praxistauglichkeit zu testen, baut Frank Löffler das Material in Knopfzellen ein.

Fahrzeuge vergrößern. Entsprechend würde die benötigte Batteriekapazität auf das Sieben- bis Zwölfwache steigen. Das ist ohne Technologiesprünge kaum möglich.

Die größten Mankos der aktuellen Batteriegeneration: Das Laden dauert relativ lange, und die Reichweite ist zumeist bei 300 bis 400 Kilometern erschöpft. „Mit der bestehenden LIB-Technologie sind hier keine großen Sprünge mehr zu erwarten“, sagt Sarigiannidis.

Dass die bisherige Technologie an Grenzen stößt, hat zum großen Teil mit den bisher gängigen Elektrolyten zu tun, die auf einer organischen Flüssigkeit basieren. Mit dem Wechsel zu einem festen Elektrolyten würden auch neue Materialien für die Elektroden möglich. So besteht die bisher übliche Anode aus Graphit, in dem Lithium eingelagert ist. Mit einer Anode aus reinem Lithium ließe sich die Kapazität der Batterie deutlich steigern. „Die potenzielle Speicherkapazität ist deutlich höher – um 30 bis 40 Prozent“, schwärmt der Ulmer Batterieforscher Maximilian Fichtner (siehe Interview ab Seite 20). Ein fester Elektrolyt erhöht aufgrund des Wegfalls der brennbaren organischen Flüssigkeit zudem die Sicherheit. Außerdem benötigt eine Feststoffbatterie keinen Separator mehr.

Etablierte Zellhersteller arbeiten längst an solchen Batterien, und namhafte Automobilhersteller unterstützen Start-ups, die an SSBs tüfteln. Mehr als 1,5 Milliarden US-\$ wurden in den vergangenen Jahren dabei investiert. Auch Evonik will vom SSB-Markt profitieren und künftig Bausteine für Polymerelektrolyten an Batteriehersteller liefern.

#### OHNE WÄRME WENIG LEISTUNG

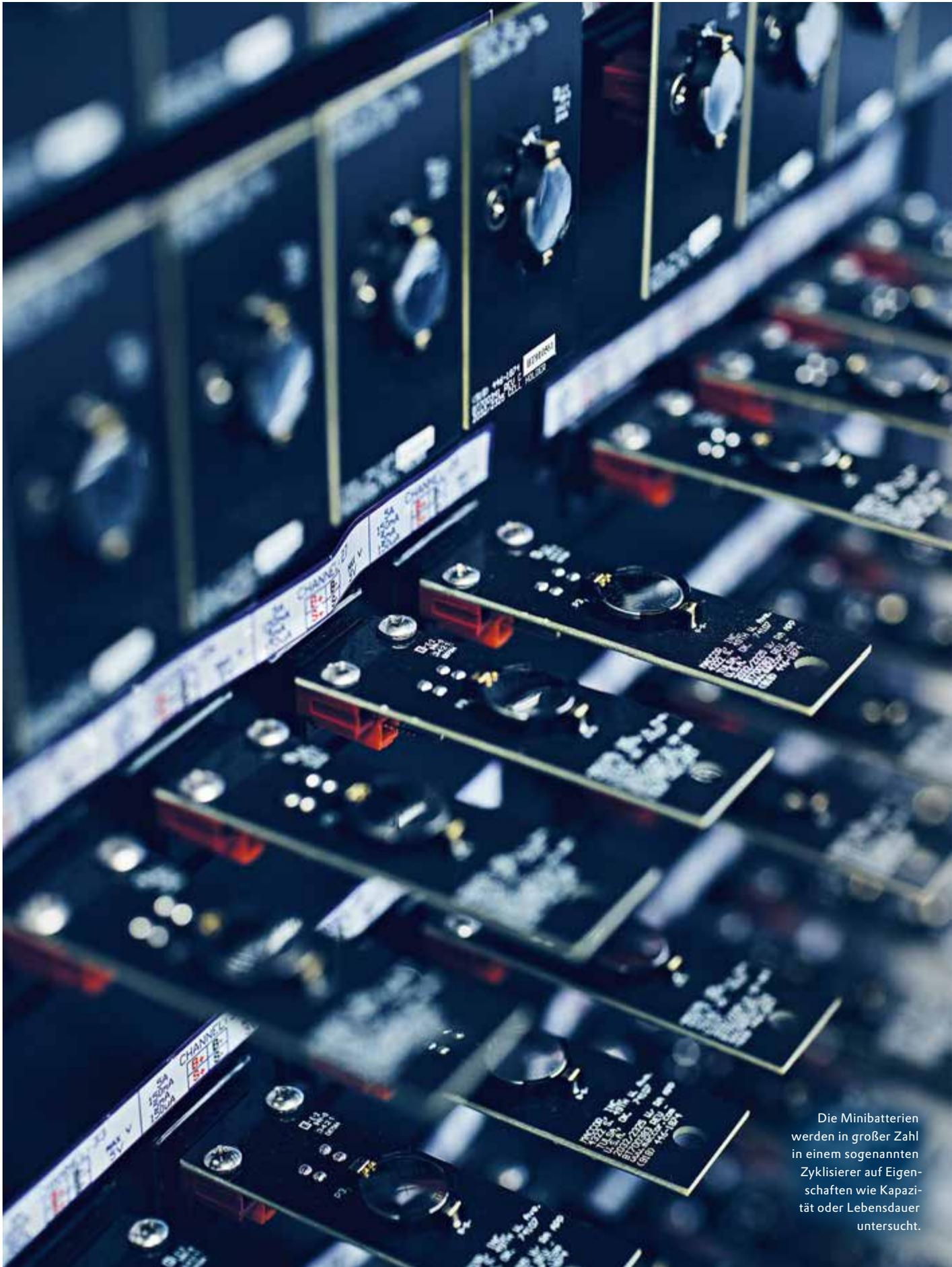
Die größte Herausforderung bei Festelektrolyten liegt darin, ein Material zu finden, das Lithium-Ionen wandern lässt, obwohl es starr ist. „Derzeit verfolgen Entwickler vor allem zwei grundsätzliche Ansätze“, sagt Sarigiannidis. „Der erste sind anorganische Substanzen auf Oxid- oder Sulfidbasis, der zweite sind organische Polymere.“ Daneben gebe es auch Kombinationen.

Trotz intensiver Forschung weltweit habe es bisher aber noch kein Material zur Großserientauglichkeit gebracht. Jeder Kandidat sei mit Nachteilen verbunden. Sulfidische Substanzen etwa leiteten hervorragend die Lithium-Ionen, seien aber chemisch nicht sehr beständig, so Sarigiannidis. Generell haben anorganische Materialien das Manko, dass sie nicht flexibel sind. Diese Eigenschaft ist jedoch gefragt, damit bei den LIB-typischen Volumenschwankungen eine durchgehend gute Kontaktfläche zwischen Elektrolyt und Elektrodenmaterial gewährleistet bleibt. Polymere als Feststoffe sind im Vergleich deutlich flexibler, dafür fällt die Leitfähigkeit zumeist ungenügend aus.

Immerhin gibt es schon ein vielversprechendes Polymer, das in der Lage ist, Lithium-Ionen gut zu leiten: Polyethylenoxid (PEO). Dabei handelt es sich um eine Kette von Ethyleneinheiten, die jeweils durch ein Sauerstoffatom miteinander verbunden sind. Ein Nutzfahrzeug mit einer Feststoffbatterie auf Basis eines solchen PEO-Elektrolyten sei bereits in Europa auf dem Markt, so Sarigiannidis. „Dieser Elektrolyt leitet Ionen allerdings erst ab 70 Grad Celsius gut“, räumt der Forscher ein. Sie müsste daher temperiert werden. Heizung und Isolierung erhöhen jedoch die Materialmenge und konterkarieren so die Gewichtsersparnis, die man mit SSBs eigentlich erreichen will.

Trotzdem gilt PEO weiterhin als wichtiger Kandidat für Feststoffbatterien. Auch im Creavis-Projekt von Christos Sarigiannidis ist das Material Ausgangspunkt der Entwicklung. Praktischerweise besitzt Evonik am Standort Essen eine jahrelange Erfahrung mit PEO-Chemie. Hier kommt Dr. Jan Blankenburg ins Spiel. Sarigiannidis stellte den frisch promovierten Chemiker Ende 2019 ein. Seit 2021 hat Blankenburg das Festelektrolyt-Projekt rasch vorangetrieben.

„Ein Problem bei reinem PEO ist die Entstehung kristalliner Zonen“, erklärt Blankenburg. Polymerketten richten sich dabei parallel zueinander aus. „Solche →



Die Minibatterien werden in großer Zahl in einem sogenannten Zyklisierer auf Eigenschaften wie Kapazität oder Lebensdauer untersucht.

Der Festelektrolyt hat eine Konsistenz wie fester Gelee. Jan Blankenburg treibt das Polymerprojekt bei der Creavis voran.



## »Das Monomer füllt den Raum zwischen den Elektroden perfekt aus.«

JAN BLANKENBURG, PROJEKTMANAGER FÜR DIE MOBILITÄT DER ZUKUNFT BEI DER CREAVIS

Zonen können die Lithium-Ionen praktisch nicht durchwandern“, so der Chemiker weiter. Erst oberhalb einer bestimmten Temperatur gehe die kristalline Anordnung in eine amorphe über, und die Ionen könnten wieder zwischen den Elektroden wandern. „Unser Ziel war also ein Polymer, das auch bei tieferen Temperaturen amorph ist.“

PEO sollte dabei weiterhin eine Rolle spielen, weil dessen Sauerstoffatome die Ionenleitung unterstützen. „Bald kamen wir auf die Idee, PEO mit einem weiteren Polymer zu kombinieren“, sagt Blankenburg. Der Forscher spricht gern im Plural, aber sein Chef Sarigiannidis stellt schnell klar, dass die maßgeblichen Überlegungen auf seinen Mitarbeiter allein zurückgingen.

Blankenburgs Idee war es, ein Polymer mit einer PMMA-Hauptkette zu nutzen, die PEO in Form von Seitenketten enthält. Seitenketten sind kürzer, was für mehr Beweglichkeit sorgt. Diese Beweglichkeit ist neben dem Sauerstoff ein weiterer Faktor, der die Leitfähigkeit für die

Lithium-Ionen fördert. Blankenburg wurde im eigenen Hause fündig: Die Kombination aus PEO und PMMA hatte Evonik in Darmstadt bereits entwickelt. Um zu messen, wie gut solche Molekülkonstrukte Lithium-Ionen transportieren, halfen zunächst Kollegen beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Erst später begannen Sarigiannidis und Blankenburg, auch die Evonik-Labore in Hanau zu nutzen. Inzwischen hat Blankenburg, der sein Büro anfangs wie Sarigiannidis in Marl hatte, seinen Arbeitsplatz komplett nach Hanau verlegt. Die Polymerschichten in den Petrischalen, die sich Sarigiannidis an diesem Tag vorführen lässt, sind das Ergebnis seiner dortigen Arbeit.

### KAMPF DEN KRISTALLEN

Der Weg dorthin begann jedoch zunächst mit einer Enttäuschung. „Auch PMMA-Polymere mit PEO-Seitenketten leiteten bei niedrigen Temperaturen schlecht“, erzählt Blankenburg. Anders als erhofft bildeten auch sie kristalline Zonen. Doch der Experte hatte schnell eine weitere Idee: „Warum nicht einfach noch einen zusätzlichen Polymerbaustein in die PEO-Seitenketten einbauen – und

zwar willkürlich verteilt?“ Diese Unregelmäßigkeit müsste die Kristallbildung erschweren, sodass das Gesamtpolymer auch bei Abkühlung leitend bliebe. Der weitere Polymerbaustein war schnell gefunden. Das Projekt firmiert seither unter dem Namen AmPEOMA – eine Abkürzung für amorphes Polyethylenoxidmethacrylat.

Um die Ionenleitfähigkeit über einen möglichst großen Temperaturbereich zu erhalten, waren noch Veränderungen wie die Optimierung der Länge der Seitenketten notwendig. Schließlich soll ein E-Auto bei tiefen Minusgraden genauso gut funktionieren wie im Hochsommer. Viele Synthesen und Materialtests waren nötig. Auch dabei halfen zunächst die Partner vom KIT und später die Evonik-Kollegen bei Electrochemistry & Exploration in Hanau.

Seit Kurzem laufen dort die ersten Tests. Dazu stanzen die Mitarbeiter einen kleinen Kreis aus der Wackelpuddingschicht in den Petrischalen aus und bugsieren ihn, zusammen mit zwei Elektroden, in eine leere Knopfzelle. Dann wird diese Zelle in eine Apparatur ein-

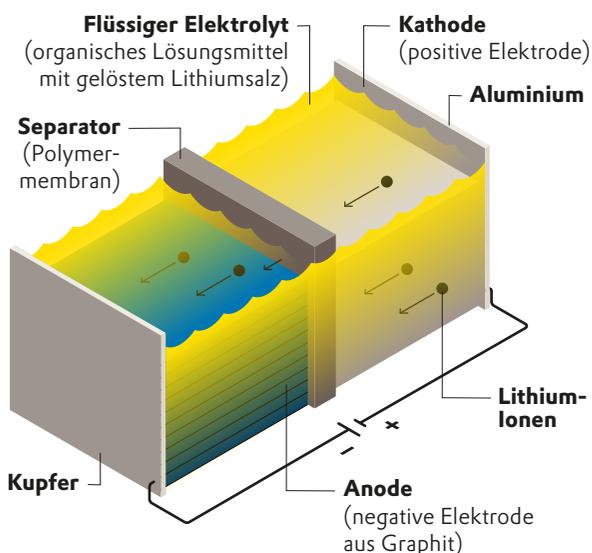
gespannt, in der verschiedene Stromstärken angelegt werden können und dann die Spannung aufgezeichnet wird. „Das gibt uns Hinweise auf die Kapazität“, erklärt Dr. Frank Löffler, Materialwissenschaftler im Hanauer Labor. Über Langzeittests werde die Zyklusbeständigkeit und damit die Lebensdauer einer möglichen Batterie mit dem AmPEOMA-Elektrolyten ermittelt. Die Befunde für die Knopfzellen ließen sich auf das Verhalten in späteren LIB-Zellen für Autos übertragen, sagt Blankenburg.

Inzwischen hat das Team um Sarigiannidis Proben seines Polymerelektrolyten an erste Hersteller von LIB-Batteriezellen geschickt. Genauer gesagt: Das Monomer wurde verschickt, also die trübe Flüssigkeit. „Die eigentliche Polymerisation führt der Hersteller durch“, so der Creavis-Forscher. „Und zwar direkt in der Batteriezelle.“ Jan Blankenburg sieht darin einen besonderen Prozessvorteil. „Weil das Monomer flüssig ist, füllt es den Raum zwischen den Elektroden perfekt aus“, so der Chemiker. Beim Aushärten entstehe, →

## Flüssig oder fest: ein Vergleich der Konzepte

Lithium-Ionen-Batterien (LIBs) funktionieren mit flüssigem oder festem Elektrolyten. So unterscheidet sich der Aufbau.

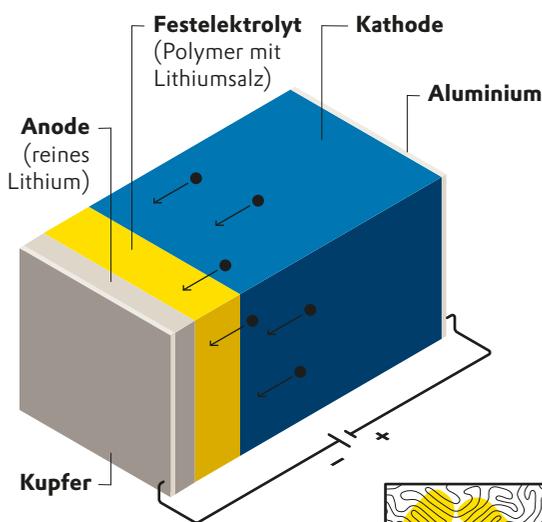
### Batterie mit flüssigem Elektrolyten



#### Eingelagert in Graphit

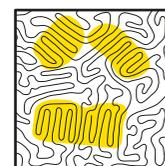
Beim Laden werden die in der Kathode gespeicherten, positiv geladenen Lithium-Ionen durch Elektrolyt und Separator zur Anode transportiert, nehmen dort ein Elektron aus dem äußerlich angelegten Ladestrom auf und werden im Graphit eingelagert. Beim Entladen läuft der Vorgang umgekehrt ab.

### Batterie mit festem Elektrolyten

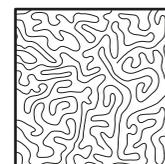


#### Abscheidung als Metall

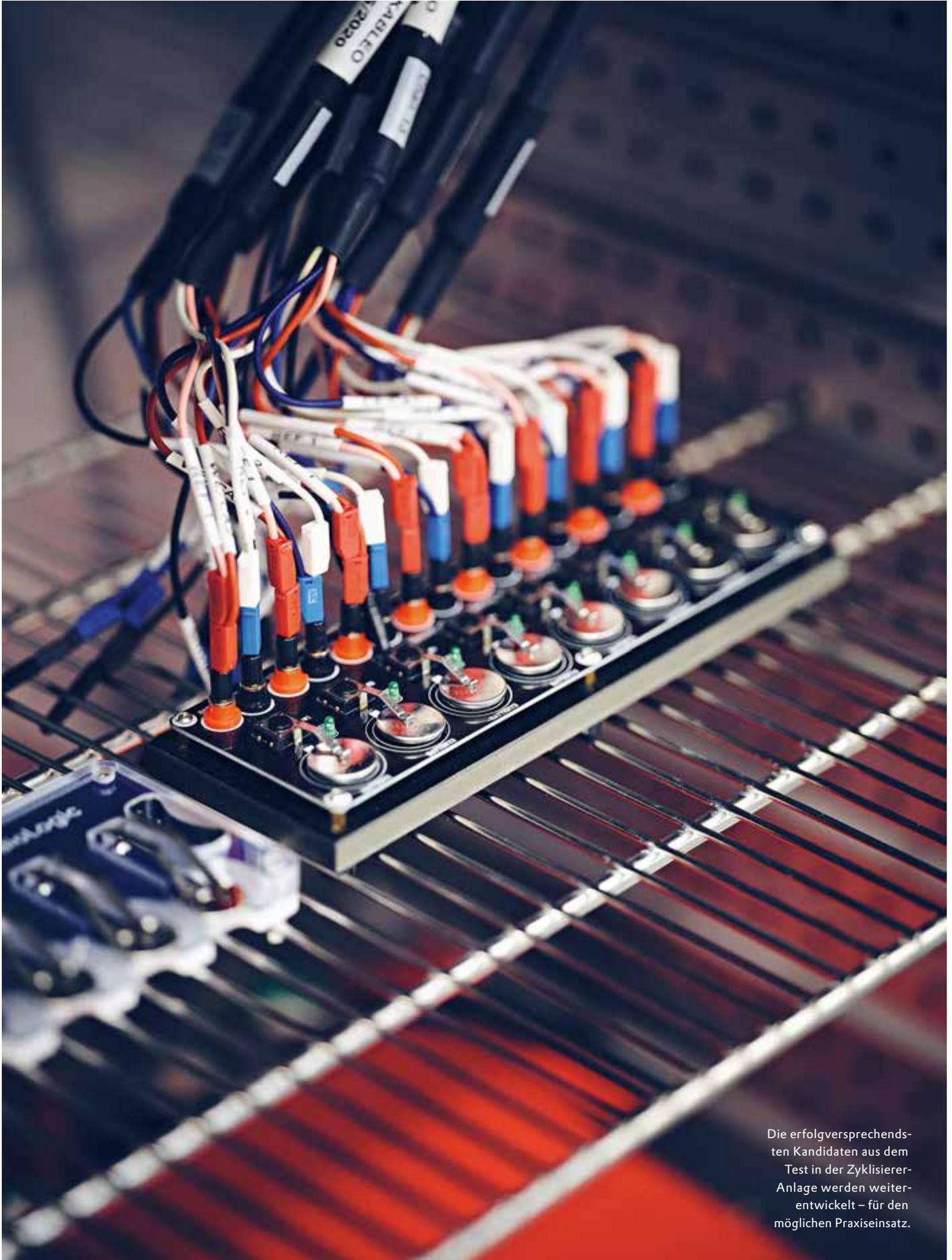
Der Ladevorgang verläuft genauso wie bei der herkömmlichen LIB. Allerdings werden die Lithium-Ionen nach Aufnahme des Elektrons an der Anode nicht in Graphit eingelagert, sondern scheiden sich als reines Lithium-Metall ab. Während des Ladens wächst diese Lithium-Anodenschicht an, beim Entladen wird sie wieder abgebaut. Der feste Elektrolyt übernimmt auch die Aufgabe des Separators.



**Bislang:** Das Polymer bildet bei niedrigen Temperaturen **Kristalle**, die die Durchleitung der Lithium-Ionen behindern.



**Mit AmPEOMA:** Eine Kristallbildung wird verhindert, sodass die Lithium-Ionen schneller durchgeleitet werden.



Die erfolgversprechendsten Kandidaten aus dem Test in der Zyklisierungs-Anlage werden weiterentwickelt – für den möglichen Praxiseinsatz.

## »Feststoffbatterien speichern mehr Energie und sind noch sicherer als herkömmliche Lithium-Ionen-Batterien.«

CHRISTOS SARIGIANNIDIS, LEITER DES BEREICHS MOBILITÄT DER ZUKUNFT BEI DER CREAVIS

anders als bei anorganischen Elektrolyten, eine optimale Kontaktschicht zu den Elektroden. Zudem werde kein zusätzliches Lösungsmittel im Prozess benötigt.

Das Feedback von den Herstellern sei bisher positiv. Allerdings gebe es auch noch etwas zu tun. „Aktuell versuchen wir etwa, die mechanische Stabilität zu steigern“, so Blankenburg. Damit ist gemeint, dass das einmal ausgehärtete Polymer besser mit den Volumenänderungen zurechtkommen soll, die es in LIBs während des Lade- und Entladevorgangs typischerweise gibt. Auch dafür hatte Blankenburg schnell eine Idee: „Wir versuchen, die Netzwerkdicke in unserem Polymer zu erhöhen“, erklärt er. Das geschieht, indem man auch in den Seitenketten des Monomers Verknüpfungsstellen einbaut, an denen beim Aushärten Bindungen zu anderen Molekülen gebildet werden können.

### SO SCHNELL WIE AN DER TANKSTELLE

Für die bisherigen Versuche haben die Evonik-Forscher Polymerschichten mit 200 Mikrometer Dicke hergestellt – ein Fünftel eines Millimeters. Später, in einer kommerziell tauglichen Batteriezelle, wird die Festelektrolytschicht vielleicht nur noch 20 Mikrometer messen, also dünner sein als ein menschliches Haar. Dass sich das Material in diesen Dimensionen herstellen lässt, ohne die gewünschten Eigenschaften zu verlieren – auch das muss das Team um Christos Sarigiannidis noch sicherstellen. Darüber hinaus will man die Ionenleitfähigkeit weiter steigern, um die Ladedauer zu verkürzen. Forscher hoffen, dass das vollständige Laden einer Feststoffbatterie eines Tages nicht viel länger dauern wird als das Füllen eines Benzintanks.



Und auch in Sachen höhere Reichweite stehen die Zeichen günstig. Denn SSBs werden mehr Energie je Kilogramm Batteriegewicht speichern, weil sie aufgrund der reinen Lithium-Anode eine größere Energiedichte haben. Bei derzeit marktüblichen LIBs liege diese bei maximal 250 Wattstunden je Kilogramm Batterie (Wh/kg), so Christos Sarigiannidis. Batterieexperten erwarten, dass eine SSB es auf bis zu 400 Wh/kg bringen könnte. In Labortests wurden sogar bereits Energiedichten bis zu 700 Wh/kg gemessen. Der Creavis-Forscher schätzt, dass SSBs von den 2030er-Jahren an in nennenswertem Umfang in Neufahrzeugen verbaut werden.

Angesichts der deutlichen Reichweitensteigerung und der höheren Sicherheit kann sich sogar der eingefleischte Bahnfahrer Sarigiannidis vorstellen, das E-Auto dann zu seinem Hauptverkehrsmittel zu machen. —



**Karl Hübner** ist promovierter Chemiker und Journalist. Er arbeitet als freier Autor und schreibt häufig über Forschungsthemen.



# »Wir stehen uns mit unserem Ingenieursansatz im Weg«

Für Maximilian Fichtner ist die Ablösung von Benzin- und Dieselfahrzeugen durch Elektroautos nur eine Frage der Zeit. Im Interview erklärt der renommierte Batterieexperte, warum chinesische Speichertechnik schneller und leistungsfähiger ist – und weshalb Europa den Anschluss zu verpassen droht.

INTERVIEW BERND KALTWASSER UND CHRISTIAN BAULIG

**Herr Professor Fichtner, als „Batteriepapst“ fahren Sie selbstverständlich ein Elektroauto.**

**Wie zufrieden sind Sie?**

Wir nutzen in Ulm am Institut ein elektrisches Auto, mit dem ich etwa zu Vorträgen nach München fahre. Das klappt gut. Die Ladegeschwindigkeit ist mir etwas zu niedrig, aber ich lade meist hier im Institut, wo es darauf nicht ankommt. Kollegen fahren damit aber auch schon mal auf eine Konferenz in Triest.

**Geringe Reichweite, lange Ladedauer, hoher Preis – bisher gab es viele Gründe gegen Elektroautos.**

**Können Sie den Skeptikern Hoffnung machen, dass die Batterietechnik Fortschritte macht?**

Die nächste Generation Batterien, die jetzt schon vor allem in Asien in Fahrzeugen verbaut ist, kann mit 6C geladen werden. Das heißt: In achteinhalb Minuten ist die Batterie von 10 auf 80 Prozent geladen. Dafür reicht schon eine 350-Kilowatt-Säule.

**Sie sprechen von Batterien auf Lithium-Ionen-Basis mit flüssigem Elektrolyten. Ist diese Technik nicht ausgereizt?**

Da tut sich schon noch etwas. Aber wir stehen uns gerade in Deutschland mit unserem Ingenieursansatz im Weg. In Europa setzen wir auf lauter kleine Batteriezellen, die wir dann in einem Modul zusammenstecken. Dann verbinden wir mehrere Module auf engem Raum, und fertig ist der kompakte Batteriepack. Das ist unglaublich kleinteilig, es gibt jede

Menge Verpackung, Kabel und Gehäuse, und der Gehalt an eigentlichem Speichermaterial ist vergleichsweise gering. Das ist auch der Grund dafür, dass man in Europa fast ausschließlich auf Akkus mit dem hochleistungsfähigen NMC-Material setzen muss, also Batterien auf Basis von Nickel, Mangan und Kobalt. Das ist in China anders.

**Inwiefern?**

Dort wird das Innere der Batterie in einem Akku-pack viel großzügiger gestaltet. Größere Zellen mit mehr Raum für das Speichermaterial erlauben den Einsatz von günstigerem Material, etwa Lithiumeisenphosphat, das im Pluspol der Batterie angesiedelt ist, der Kathode. Lithiumeisenphosphat hat eine niedrige Dichte und ist recht voluminös. Den Platz dafür hat man aber in diesen Batteriepacks. In China kommen jetzt die ersten Fahrzeugmodelle mit Eisenphosphat-Batterien auf den Markt. Die haben 1.000 Kilometer Reichweite und können in zehn Minuten geladen werden.

**Beeindruckend! Aber sind diese Autos wirklich umweltverträglicher? Eine Studie des Vereins Deutscher Ingenieure kommt zu dem Ergebnis, dass ein E-Auto – je nach Art des Stroms für Herstellung und Betrieb – einem Verbrenner erst nach 60.000 bis 90.000 Kilometer ökologisch überlegen ist.**

Das ist bloß eine aktuelle Studie mit einigen fragwürdigen Grundannahmen. Institutionen wie der →

**Maximilian Fichtner** (63) ist Direktor am Helmholtz-Institut Ulm für Elektrochemische Energiespeicherung, Professor für Festkörperchemie an der Universität Ulm und Leiter der Abteilung Energiespeichersysteme am Institut für Nanotechnologie des Karlsruher Instituts für Technologie. Außerdem ist der Chemiker wissenschaftlicher Direktor des Center for Electrochemical Energy Storage Ulm-Karlsruhe und Sprecher des deutschen Exzellenzclusters zur Batterieforschung „Energiespeicherung jenseits Lithium (POLiS)“. Bevor er sich mit den Batterien der Zukunft beschäftigte, forschte Fichtner unter anderem an Wasserstoffantrieben und E-Fuels.

---

International Council on Clean Transportation oder das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung in Karlsruhe machen solche Lebenszyklusanalysen schon sehr lange und kommen auf andere Ergebnisse. Deren Analysen besagen, dass der Break-even beim CO<sub>2</sub> je nach Batterie und Strommix bereits nach 20.000 bis 40.000 Kilometern erreicht ist. Tesla nutzt in seiner Factory in Texas fast zu 100 Prozent erneuerbare Energien – da ist der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck schon nach 8.000 bis 9.000 Kilometer besser als der eines Verbrenners.

#### **Bleibt das Thema Sicherheit. Immer wieder gibt es spektakuläre Fälle von Batteriebränden.**

Auch dazu gibt es jetzt Daten. In den USA hat man die Zahlen von Versicherern und der dortigen Verkehrswacht zusammengetragen. Pro Milliarde gefahrener Kilometer gab es 96 Brände bei Verbrennern und drei bis vier bei Elektrofahrzeugen. Demnach brennen Verbrennerfahrzeuge also 25-mal so oft wie Elektroautos. Schwedische Zahlen zeigen ein ähnliches Verhältnis. Eine vermeintlich höhere Brandgefahr kann also wirklich kein Argument gegen E-Mobilität sein.

#### **Wann wird Batterietechnik im Vergleich zu Verbrennungsmotoren wettbewerbsfähig sein?**

Technisch ist sie bereits gleichwertig, jetzt geht es vor allem um die Kosten. Vergleicht man die preislich dominierenden Teile Motor und Batterie, ist man

aber auch hier auf Augenhöhe. Ein Beispiel: Eine Kilowattstunde Batteriekapazität kostet in der Herstellung derzeit rund 90 US-\$. Bei einer Batterie mit 70 Kilowattstunden bin ich also bei Fertigungskosten von 6.300 US-\$. Mein alter Alfa Romeo Spider, ein Spaßauto für den Sommer, brauchte vor ein paar Jahren mal einen neuen Motor – der hat mich 8.000 € gekostet. Batterien sind also nicht mehr teurer als Benzin- oder Dieselaggregate. In China sind bereits zwei Drittel aller Elektroautos günstiger als die entsprechenden Verbrenner. Dort gibt es schon Modelle für umgerechnet 10.000 €. Noch günstiger wird es perspektivisch mit Technologien wie der Natriumionen-Batterie. Die ersten Autos fahren damit schon in China herum – Stadtflyter mit 300 Kilometer Reichweite.

#### **Warum sind E-Fahrzeuge in Europa so viel teurer?**

China hat nun mal ganz klar einen Vorlauf. Was jetzt bei Northvolt passiert ist ...

#### **... der schwedische Batteriefertiger ist wegen Qualitätsproblemen in die Insolvenz gerutscht ...**

... das hat man in China ja auch erlebt. 20 bis 30 Prozent der Zellen haben zu Beginn fast jeder Serienfertigung Fehler. Während bei uns die Zeitpläne diesen Umstand aber kaum berücksichtigt haben und Northvolt wegen zu optimistischer Versprechen in Schieflage geraten ist, hat man in China Geduld bewiesen, ist am Ball geblieben und hat einfach weitergemacht. Fünf Jahre lang hat man all die kleinen Schraubchen in der Fertigung eingestellt – und kam am Ende mit einem praktisch perfekten Ergebnis raus. Heute sind die Chinesen Weltmarktführer.

#### **Es mangelt uns also hierzulande an Geduld?**

Ja. Batteriezellenfertigung ist ein hochkomplexes Thema. Wenn wir zu schnell die Geduld verlieren und Investoren zusätzlich dadurch verunsichern, dass wir immer wieder diskutieren, womöglich doch beim Verbrennungsmotor zu bleiben, dann werden wir das nicht schaffen. Wir haben uns in Europa etwas Zeit gekauft durch Zölle auf chinesische Elektrofahrzeuge. Aber wenn die Zeit nicht genutzt wird, sehe ich wirklich schwarz.

**Es geht auch um eine Menge Geld. In den USA wurden – zumindest unter der Präsidentschaft von Joe Biden – Abermilliarden in den Ausbau der Elektromobilität gesteckt. Benötigen wir in Europa mehr Subventionen, um den Anschluss nicht zu verpassen?**

Im Rahmen des Inflation Reduction Act hat die amerikanische Regierung 650 Milliarden US-\$ bereitgestellt, um Firmen aus dem grünen Sektor – und dazu gehören auch Batteriefirmen – zu unterstützen. In China haben die Firmen über Jahre hinweg ebenfalls Unterstützung bekommen. Bei uns zu Lande wird das dagegen als staatlicher Dirigismus und Planwirtschaft ge- geißelt. Ein weiterer Punkt: Anders als in Deutschland reinvestieren die chinesischen Batterie- und Autoher- steller ihre Gewinne fast vollständig. So haben sie sich einen Vorsprung erarbeitet und konnten riesige Ent- wicklungsabteilungen aufbauen. Auch Samsung und LG in Südkorea haben es so an die Spitze geschafft. Man muss bereit sein, ein unternehmerisches Risiko einzugehen.

**Das sagt sich leicht dahin. Hierzulande haben Unter- nehmen mit Batterieprojekten viel Lehrgeld bezahlt – auch Evonik in dem Joint-Venture Litec, aus dem das Unternehmen 2014 ausgestiegen ist. Die Geduld der Aktionäre mit Verlustbringern ist endlich.**

Und genau mit der Einstellung müssen wir irgend- wann alles, was eine längere Entwicklungszeit erfor- dert, aus dem Ausland zukaufen.

**Sie konzentrieren sich auf die Entwicklung von Fest- stoffbatterien. Welchen Vorteil bietet die Techno- logie gegenüber Akkus mit flüssigem Elektrolyten?**

Die potenzielle Speicherkapazität ist deutlich höher – um 30 bis 40 Prozent. Man käme also in die Gegend von 350 bis 400 Wattstunden pro Kilogramm Spei- chermaterial. Bei gleicher Reichweite würde die Bat- terie entsprechend leichter.

**Wo setzt die Forschung an, um diesen Prozess voranzutreiben?**

Im Moment wird viel an anodenlosen oder „Zero Excess“-Zellen gearbeitet. Bisher besteht die Anode, also der Minuspol, aus Graphit. Jetzt hat man ent- deckt, dass die Zelle auch funktioniert, wenn man den Graphit weglässt. Wandert Lithium durch einen Festelektrolyten, scheidet es sich anstatt im Graphit direkt auf der Kollektorfolie ab und bildet eine Metall- schicht. Dadurch spart man eine Menge Volumen und Masse. Die Laborzellen, die jetzt in Kanada und China gefertigt wurden, speichern um die 700 Watt- stunden pro Kilogramm. Das wäre also mehr als eine Verdopplung der aktuellen Kapazität. Ein Fahrzeug käme damit 1.900 Kilometer weit, oder ein Batterie- pack für die bisherige Reichweite wäre nur noch halb so schwer.



Maximilian Fichtner  
im Besprechungs-  
raum des Helmholtz-  
Instituts Ulm  
für Elektrochemische  
Energiespeicherung

**Aber vermutlich auch deutlich teurer. Sprechen wir hier über eine Spitzentechnologie für Oberklasse- fahrzeuge und Sportwagen?**

Es gibt es einen ganzen Zoo von Konzepten. Meist enthalten Feststoffbatterien eine Keramik, die auf Lanthan-Zirkon oder Phosphor-Schwefel basiert. Eine starre Keramik, die nur ein paar Mikrometer dick ist, und davor ein Speichermaterial, das sich beim Laden ausdehnt und beim Entladen schrumpft, bereitet jedoch Probleme. Die Membran lässt nämlich nur dann Lithium durch, wenn sie in direktem Kontakt mit dem Material steht. Deshalb gibt man häufig ein bisschen Flüssigkeit hinzu, um Lücken zu füllen, oder führt den Elektrolyten als Gel aus. Daneben gibt es auch noch Lithium-Polymer-Akkus, bei denen Lithium durch ein Polymer hindurchgeht und sich beim Laden auf dem Minuspol absetzt. Solche Batterien haben im fran- zösischen Carsharing-System Bluecars 50 Millionen Flottenkilometer eingesammelt. →

# »Technisch ist die Batterietechnologie bereits mit dem Verbrennungsmotor gleichwertig. Jetzt geht es vor allem um die Kosten.«

MAXIMILIAN FICHTNER

## **Warum spielen sie dennoch keine große Rolle?**

Für die meisten Alltagsanwendungen haben wir eben schon sehr gute Lösungen, die bezahlbar und vergleichsweise nachhaltig sind. Eisenphosphat etwa ist ein Allerweltsmineral: Wenn Sie Eisensalz in kommunales Abwasser hineinstreuen, bekommen Sie Eisenphosphat als weißes Pulver heraus.

## **Welche Weltregion sehen Sie derzeit an der Spitze bei der Entwicklung von Batterien der nächsten Generation?**

Es ist schwer, die Entwicklung in China zu beurteilen. Aber im Augenblick scheinen die USA die Nase vorn zu haben. Dort arbeiten einfach viele Firmen an dem Thema, und es herrscht eine andere Start-up-Kultur: Dort fragen die Banken nicht, wie sich Geld sparen lässt, sondern wie viel Geld man in welcher Zeit ausgeben kann, um dadurch schneller zum Ziel zu kommen.

## **Während in China die Mehrzahl der neu zugelassenen Fahrzeuge einen E-Antrieb haben, sind wir in Europa noch meilenweit davon entfernt. In Deutschland waren zuletzt nicht einmal 14 Prozent der Neuwagen vollelektrisch. Lässt sich das von der Europäischen Union vorgegebene Ziel überhaupt einhalten, dass neu zugelassene Fahrzeuge ab 2035 kein CO<sub>2</sub> mehr ausstoßen dürfen?**

Der Wegfall der Kaufprämien in einigen Ländern hat jedenfalls viel Schaden angerichtet. In Deutschland kommt hinzu: Wir waren mit dem Verbrenner jahrzehntelang führend und hängen deshalb daran. In anderen Teilen der Welt, die nicht diese Historie haben, wird die Elektromobilität dagegen als

tolle Sache empfunden, weil man etwa damit die Städte sauber und leise kriegt. Es entstehen neue Industriezweige, die das Ganze unterstützen, und die Länder sind weniger abhängig von Öl- und Gaslieferungen irgendwelcher Potentaten.

## **Dennoch werden manche Regionen mangels Infrastruktur oder dank alternativer Kraftstoffe vermutlich länger am Verbrenner hängen – Afrika etwa oder Teile von Südamerika.**

Vielleicht kommt es aber auch ganz anders. Ich war gerade in Indien auf einem internationalen Energie- und Mobilitätskongress eingeladen – mit 70.000 Teilnehmern. Dort legt die Elektromobilität, wenn gleich auf niedrigem Niveau, rasant zu, und Staat und Industrie formulieren einen Führungsanspruch. Auch in Afrika boomt es in vielen Ecken. Dort setzen sich gerade elektrische Dreiräder durch, bei denen man einfach die Batterie austauscht. Äthiopien hat den Import von Benzin- und Diesel-Neuwagen bereits 2024 untersagt und setzt voll auf E-Autos, weil dort viel Wasserkraft vorhanden ist – und man weg will von teuren Ölimporten.

## **Wann wird der letzte Verbrennungsmotor vom Band laufen?**

Wenn man die Entwicklung in China extrapoliert, werden dort 2028 nur noch fünf Prozent der Neuzulassungen reine Verbrenner sein. In Europa wird das wohl länger dauern. Ich glaube, dass wir noch eine Weile Plug-in-Hybride haben werden. Darüber läuft das vielleicht langsam aus. Wenn sich die Batterien weiterentwickeln in Richtung kürzere Ladezeiten, höhere Sicherheit, längere Reichweite und bessere Ladeinfrastruktur, wird sich aber jeder irgendwann fragen: Brauche ich mein Benzin- oder Dieselauto überhaupt noch?

## **Und was wird aus Ihrem Alfa Spider?**

Der wird dieses Jahr 25 Jahre alt und ruht sich bis zum Sommer in der Garage aus. Wenn man eine Zeit lang elektrisch gefahren ist, ist es jedoch eine ganz schöne Umstellung, in diesen Rasselbock einzusteigen, den man erst mal auf 3.000 Umdrehungen hochjubeln muss, bis er anfängt, Kraft zu zeigen. Damit werden wir nachfolgende Generationen wenig begeistern können. —

# WECHSEL- STROM

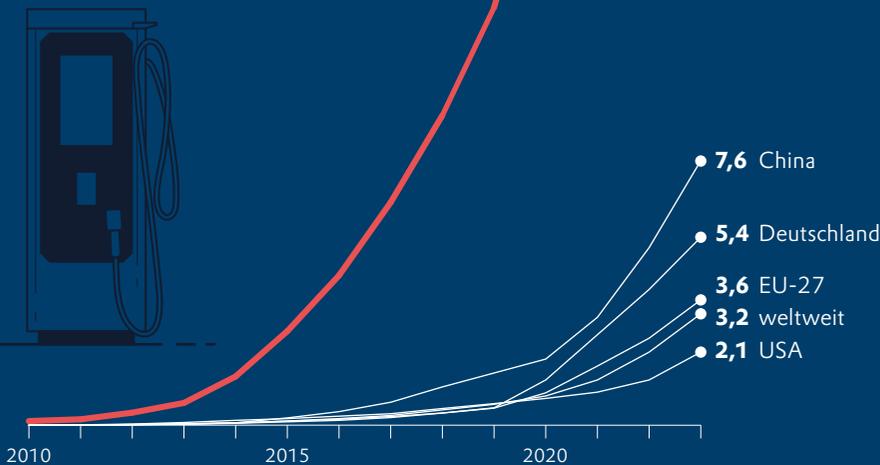
Der weltweite Markt für Elektroautos wächst rasant. Gleichzeitig werden die Machtverhältnisse neu geordnet: Klassische Autobau-Nationen fallen zurück hinter aufstrebende Produzenten wie China. Ein Überblick in Zahlen

Quellen: Our World in Data, Global EV Outlook 2024, Tendata, Statista Market Insights

INFOGRAFIK **MAXIMILIAN NERTINGER**

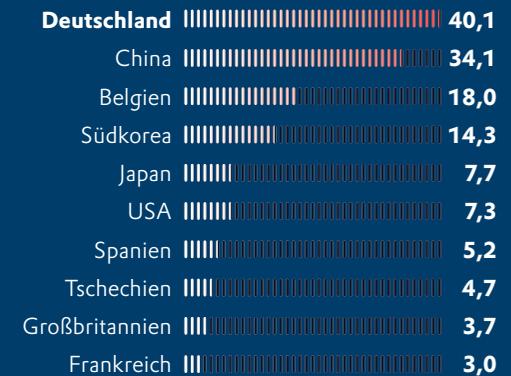
## Norwegen eilt voraus...

Anteil elektrischer\* Autos an der Gesamtflotte ausgewählter Länder, in Prozent



## Noch führt Deutschland bei Ausfuhren

Wert der Exporte von Elektroautos\* 2023, in Milliarden US-\$



## Chinas riesiger Binnenmarkt treibt das Geschäft

Anzahl verkaufter Elektroautos\* nach Regionen 2023, in Millionen Stück



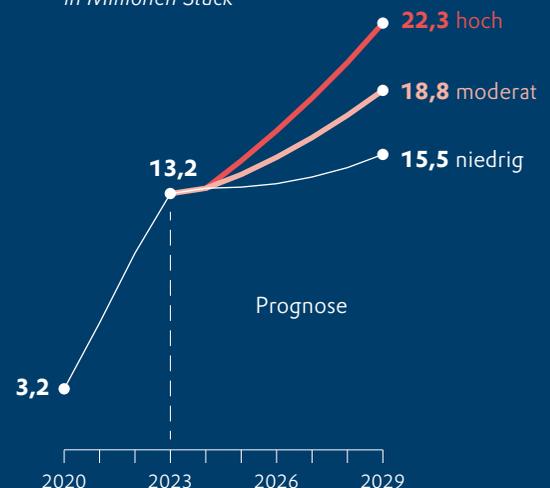
## ... und der Rest der Welt folgt langsam

Anteil von Elektroautos\* an den Neuzulassungen 2023, in Prozent



## Hoffnung auf weiteres Wachstum

Absatz von Elektrofahrzeugen\* (Prognose für verschiedene Szenarien), in Millionen Stück



\* batteriebetriebene Fahrzeuge und Plug-in-Hybride

# Regeln für den E-Verkehr

Die Elektromobilität nimmt weltweit Fahrt auf. Regierungen setzen dabei auf unterschiedliche regulatorische Maßnahmen, um ihre Märkte zu steuern und den Wandel zu nachhaltigen Verkehrslösungen voranzutreiben.

TEXT PAULINE BRENKE

## USA: VIELE EINZELKÄMPFER



In den Vereinigten Staaten gibt es fast so viele Regelungen zur Elektromobilität wie Bundesstaaten: 45. Der Westküstenstaat Kalifornien ist landesweit führend bei der Zulassung von Elektroautos und plant, den Verkauf von Verbrennern ab 2035 zu verbieten. Insgesamt fallen die Zahlen der Neuzulassungen von E-Autos in den USA jedoch vergleichsweise bescheiden aus: 2024 wurden 1,3 Millionen Stück verkauft, was einem Marktanteil von acht Prozent entspricht. Und das, obwohl mit Tesla der weltweit zweitgrößte Hersteller von E-Autos im Land ansässig ist. Bisher wurde der Erwerb batterieelektrischer Fahrzeuge und der Ausbau einer Ladeinfrastruktur durch den Inflation Reduction Act von 2022 unterstützt. Die Regierung unter Präsident Donald Trump hat sich dafür ausgesprochen, Fördermaßnahmen abzuschaffen, die den Elektroantrieb gegenüber anderen Technologien bevorzugen.

## BRASILIEN: E WIE ETHANOL



Im größten Land Südamerikas hat sich die Elektromobilität bisher nur schleppend entwickelt. Hier dominiert seit mehr als 50 Jahren Kraftstoff auf Basis von Ethanol, das aus Zuckerrohr gewonnen wird. Die Verbreitung des nachhaltigen Treibstoffs erschwerte lange den Durchbruch elektrischer Antriebe. Mittlerweile entwickelt sich aber auch in Brasilien ein aufstrebender Markt für E-Fahrzeuge. Seit Ende 2023 erhalten Unternehmen steuerliche Anreize für die Entwicklung und Produktion emissionsarmer Antriebe. Mehrere große Autohersteller im Land gehen einen Mittelweg: Hybridmodelle, die mit Ethanol und Strom betrieben werden.

## SÜDAFRIKA: IM EUROPATAKT



Die Automobilindustrie ist ein zentraler Wirtschaftszweig in Südafrika. Jährlich werden etwa zwei Drittel der Produktion exportiert, vor allem nach Europa. Angesichts immer strengerer Emissionsvorschriften in den Abnehmerstaaten orientiert sich Südafrika neu: Um den Bedürfnissen der Handelspartner entgegenzukommen und zugleich den eigenen Automobilsektor zu stärken, will die Regierung in die E-Auto-Produktion investieren – 2026 sollen die ersten Modelle lokal produziert werden. Vor allem die Forschung und Entwicklung soll dabei mit signifikanten Steuererleichterungen entlastet werden. Ein weiterer Fokus liegt auf dem Aufbau einer regionalen Batterieproduktion.

## NORWEGEN: BLAUPAUSE



Das nordeuropäische Land gilt als Pionier der Elektromobilität. Fast 90 Prozent aller Neuwagen, die dort 2024 verkauft wurden, sind mit einem elektrischen Antrieb ausgestattet. Das Erfolgsrezept: vielfältige und langfristig kalkulierbare Anreize, mit denen die Regierung den Umstieg auf E-Fahrzeuge fördert. Dazu gehörten etwa der (befristete) Wegfall der Mehrwertsteuer, vergünstigte Parkgebühren, reduzierte Maut- und Fähpreise sowie die Möglichkeit, Bus- und Taxispuren mitzunutzen.

## DEUTSCHLAND: STEHAUFMÄNNCHEN



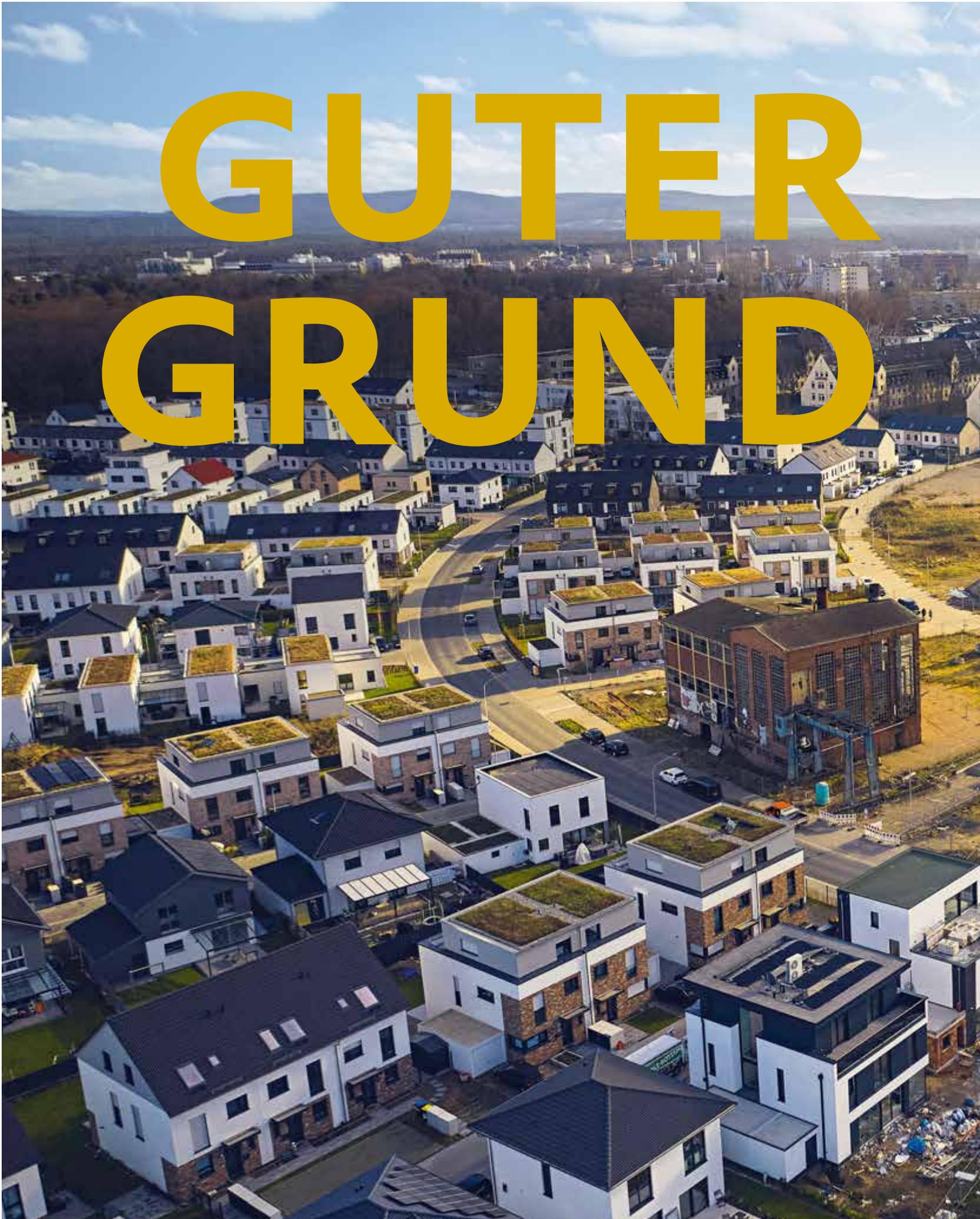
Als fünftgrößter Automobilhersteller der Welt ist Deutschland in besonderem Maße von der Mobilitätswende betroffen. Die Autobranche ist eine Schlüsselindustrie, die zahlreiche Arbeitsplätze sichert. Nach anfänglichen Erfolgen bei der Förderung der Elektromobilität brach der Markt im Jahr 2024 jedoch um fast ein Viertel ein. Ein Grund: Ende 2023 lief die staatliche Subvention für E-Fahrzeuge aus, was Verbraucher verunsicherte. Zuletzt zogen die Verkaufszahlen kräftig an, nicht zuletzt wegen verschärfter CO<sub>2</sub>-Grenzwerte, die Betreiber von Fahrzeugflotten einhalten müssen. Weitere Förderungen sind für eine flächendeckende öffentliche Ladeinfrastruktur geplant, um die Attraktivität von E-Fahrzeugen für Käufer zu erhöhen. Ob das politische Ziel, bis 2030 mindestens 15 Millionen vollelektrische Pkw auf die Straßen zu bringen, erreicht werden kann, ist fraglich. Derzeit sind es weniger als zwei Millionen.

## CHINA: POWER VOM STAAT



China nimmt eine führende Rolle in der Entwicklung und Herstellung von Elektrofahrzeugen und Batterien ein. Seit mehr als 15 Jahren steckt die Regierung Milliarden in die Förderung dieser Technologien, wobei neben Umweltaspekten besonders die Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Automobilindustrie im Fokus steht. Mit Erfolg: Weltweit größter Hersteller von Elektroautos ist mittlerweile das chinesische Unternehmen BYD mit mehr als vier Millionen verkauften Fahrzeugen im Jahr 2024. Von Subventionen für Käufer über den zügigen Aufbau einer Ladeinfrastruktur bis hin zu günstigen Krediten für die Industrie: Chinas umfangreiche Förderung hat die Industrie in die Lage versetzt, nicht nur den gewaltigen heimischen Absatzmarkt zu bedienen, sondern auch massiv in Auslandsmärkte zu expandieren.

# GUTER GRUND



Wo früher Fabriken oder Kasernen standen, soll heute vielerorts Wohnraum entstehen. Die Flächen von Altlasten zu befreien, ist jedoch aufwendig und teuer. Verschiedene Substanzen von Evonik wandeln Schadstoffe im Erdreich vor Ort in harmlose Produkte um oder binden sie – und bieten eine nachhaltige und kostengünstige Alternative zu klassischen Sanierungsarten.

TEXT **TIM SCHRÖDER**



Pionierarbeit: Wo einst US-Soldaten stationiert waren, sollen am Stadtrand von Hanau künftig 5.000 Menschen wohnen.



Peter Martus (l.) von der Umweltberatung Aecom und Gordon Bures vom Sanierungsunternehmen Sensatec im Pioneer Park

**D**er Pioneer Park liegt idyllisch am Rand von Hanau, direkt am Wald. Ganz in der Nähe fließt das Flüsschen Kinzig. Die Bewohner der neuen Siedlung werden hier künftig spazieren gehen, Kinder können im Wald toben. 5.000 Menschen sollen in wenigen Jahren auf dem ehemaligen Kasernengelände der U. S. Army wohnen. Das Militär hatte den Standort in der Nähe von Frankfurt am Main nach dem Zweiten Weltkrieg bezogen und 2008 stillgelegt. Die alten Baracken und Werkstattgebäude wurden abgerissen, jetzt entsteht hier ein Wohnquartier. Noch wirkt das Gelände etwas kahl, doch viele Reihen- und Einfamilienhäuser sowie kleine zweigeschossige Wohnblöcke sind bereits bewohnt.

Ungewöhnlich an diesem Neubaugebiet sind die armdicken Metallrohre, die an vielen Stellen aus dem Boden ragen. Sie reichen mehrere Meter tief in den Erdboden bis hinab zum Grundwasser. Regelmäßig kommen Techniker vorbei, um hier Wasserproben zu nehmen, denn im Boden befanden sich lange Zeit unerwünschte Hinterlassenschaften der U. S. Army – Chlorkohlenwasserstoffe

## » Mit Proben haben wir die Größe des belasteten Bereichs ermittelt. «

PETER MARTUS, TECHNISCHER LEITER  
BEI DER UMWELTBERATUNG AECOM

(CKW). Diese sind fettlöslich und wurden jahrzehntelang in der Textilreinigung oder zum Säubern von Maschinen verwendet, auch in der ehemaligen Pioneer-Kaserne. Die Substanzen können für Menschen gesundheitsschädigende Folgen haben, wenn sie damit in Berührung kommen beispielsweise durch Gemüse, das mit belastetem Wasser gegessen wurde.

Dass an diesem Ort nun Menschen wohnen und arbeiten können, ist einem Produkt von Evonik zu verdanken. Eine umweltfreundliche Substanz namens



Spezielle Bohrmaschinen treiben Metallrohre in die Erde, durch die Reagenzien ins Erdreich gepumpt werden.



EHC Reagent bewirkt im Boden, dass Chlorkohlenwasserstoffe in harmlose Substanzen umgewandelt werden. Das günstige und nachhaltige Verfahren könnte künftig auf vielen Konversionsflächen, die zuvor industriell oder militärisch genutzt wurden, zum Einsatz kommen und bietet Kommunen und der Immobilienwirtschaft somit eine interessante Lösung.

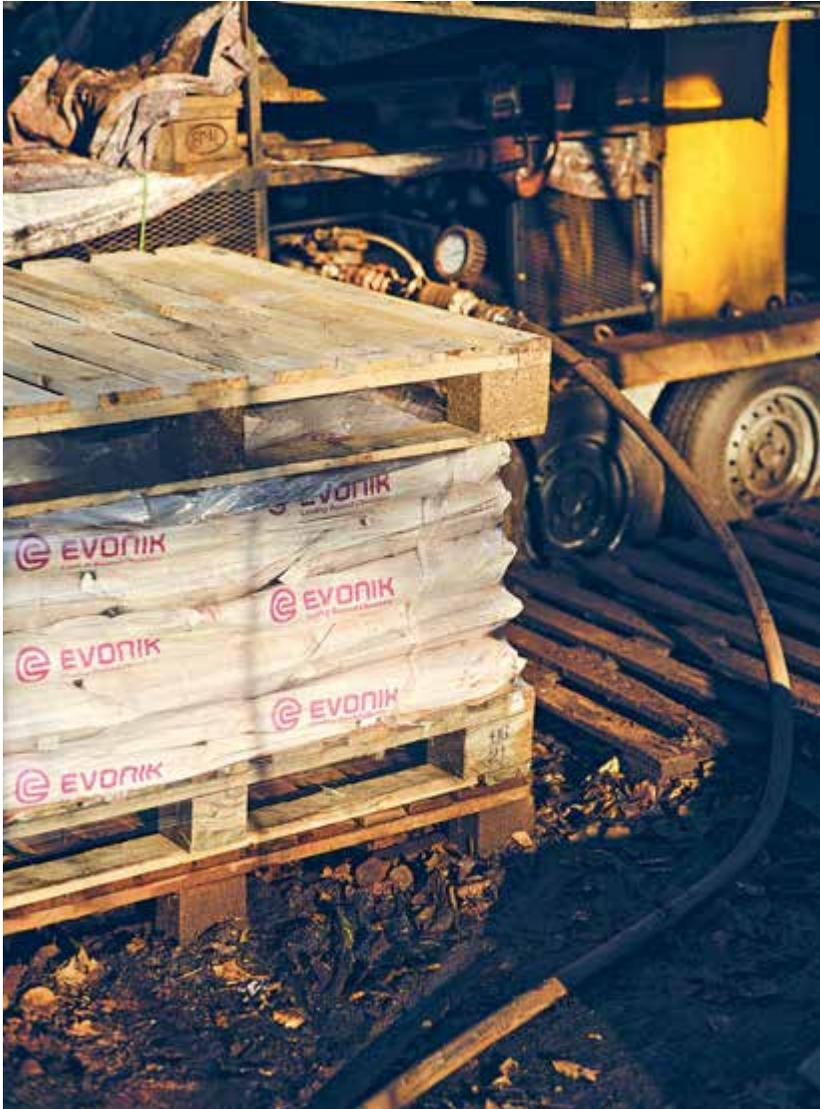
#### VERHÄNGNISVOLLE WASCHSUBSTANZEN

Bodenverunreinigungen stellen weltweit ein gewaltiges Problem dar. Nach Schätzung der Europäischen Umweltagentur sind allein in Europa rund 250.000 Flächen bekannt, die durch Altlasten verunreinigt sind. Hinzu kommen rund 1,8 Millionen Flächen, die im Verdacht stehen, kontaminiert zu sein. Damit auf diesen Grundstücken neue Wohnungen oder moderne Gewerbegebiete entstehen können, sind aufwendige Vorarbeiten nötig. Dazu werden in Deutschland und anderen europäischen Ländern Altlasten bislang meist ausgebagert und deponiert („dig and dump“). Alternativ wird das verschmutzte Grundwasser abgepumpt und gerei-

nigt („pump and treat“). „Diese Verfahren machen rund 90 Prozent des Marktes aus“, sagt Mike Mueller, der hinter der Entwicklung von EHC Reagent steckt.

Auch in Hanau mussten die Verantwortlichen handeln, bevor die frühere Army-Fläche neu genutzt werden konnte. Besonders viel CKW gelangte dort über die Jahre durch eine Wäscherei in den Boden. Das Militär nutzte Reinigungsmittel, die diese Verbindungen enthielten, um die Kleidung der Soldaten zu reinigen. Auch ein paar Hundert Meter weiter bei den alten Werkstätten, wo früher Fahrzeugteile entfettet wurden, gelangten CKW ins Erdreich; insgesamt rund drei Tonnen.

Die Projektentwicklungsgesellschaft LEG Hessen-Hanau, die das Gelände vor einigen Jahren übernommen hatte, entschied, das 500.000 Quadratmeter große Areal umfassend zu sanieren. Unterstützt wurde sie →



Die Reagenzien zur Bodensanierung werden als Granulat angeliefert.

vom Ingenieurunternehmen Aecom aus Frankfurt. „Im ersten Schritt haben wir Boden- und Grundwasserproben genommen, um die Größe des belasteten Bereichs zu ermitteln“, sagt Dr. Peter Martus, technischer Leiter bei Aecom. Die Untersuchung zeigte, dass das Grundwasser von Ost nach West unter dem ehemaligen Wäschereigebäude und dem ehemaligen Werkstattbereich hindurchfließt und die CKW als unterirdische Schadstoffbahn sogar über das Kasernengelände hinaus verlagert. Der belastete Bereich war mit rund 11.000 Quadratmetern größer als ein Fußballfeld und bis zu 15 Meter mächtig.

Bei kleineren Altlasten wie etwa an Tankstellen lässt sich der Boden meist relativ einfach abtragen oder das belastete Grundwasser reinigen. Hier schieden beide Verfahren aus. Der Bodenaustausch bis in mehrere Meter Tiefe und in voller Breite wäre unwirtschaftlich gewesen. Eine Pump-and-Treat-Behandlung hätte viele Jahre gedauert. Zudem hätte man das strenge Sanierungsziel vermutlich nicht erreicht. Peter Martus schlug deshalb ein alternatives Verfahren vor: die Reinigung des Bodens

## » EHC Reagent schien uns in Hanau das Mittel der Wahl zu sein. «

GORDON BURES, TECHNISCHER LEITER BEIM SANIERUNGSUNTERNEHMEN SENSATEC

an Ort und Stelle („in situ“). Dabei werden Substanzen in den Boden gepresst, die Schadstoffe zerstören oder binden und dadurch unschädlich machen.

Die LEG Hessen-Hanau willigte ein, und Martus nahm Kontakt zu seinem Kollegen Gordon Bures vom Sanierungsunternehmen Sensatec auf. Bures stammt aus Kanada. „Dort und in den USA wird für die Sanierung von CKW-Altlasten schon länger EHC Reagent von Evonik eingesetzt“, sagt der Schadstoffexperte, „und das schien uns auch in Hanau das Mittel der Wahl zu sein.“

### EISEN UND PFLANZENFASERN

EHC Reagent besteht aus zwei umweltfreundlichen und nachhaltigen Hauptinhaltsstoffen: grobem Eisenpulver, das aus Metallschrott hergestellt wird, und pflanzlichen Fasern, die bei der Produktion von Pferdefutter anfallen. Hinzu kommt ein Verdickungsmittel. Rührt man EHC Reagent mit Wasser an, entsteht eine dickflüssige Masse, die sich gut ins Erdreich pumpen lässt. Die Kombination von Kohlenstoff aus den Futterresten und elementarem Eisen verleiht dem Produkt eine besondere Eigenschaft: Es greift die giftigen Chlorkohlenwasserstoff-Moleküle auf mehreren Wegen an und baut sie so gründlich ab.

Angesichts der enormen Größe des Geländes tasteten sich die Partner in Hanau langsam voran: In einer Pilotphase wurde zunächst im besonders stark belasteten Bereich um die ehemalige Wäscherei EHC Reagent in den Boden gepumpt. „Wir wollten sehen, wie stark die CKW tatsächlich abgebaut werden“, sagt Bures. Nachdem die Injektion der EHC-Masse abgeschlossen war, nahmen Mitarbeiter von Aecom regelmäßig Grundwasserproben. Nach einigen Monaten konnten sie erkennen, dass die CKW-Moleküle durch die biologischen und chemischen Reaktionen im Boden von den Chloratomen befreit, also dechloriert, wurden. Später waren im Grundwasser als Abbauprodukte nur noch kleine Kohlenstoffverbindungen, Chlorid und Wasser nachweisbar. „Das ist ein großer



In Mischmaschinen wird das Reagenz mit Wasser zu einer dickflüssigen Masse verrührt.

Erfolg“, sagt Bures. Anschließend wurden Injektionsbohrungen im gesamten belasteten Areal durchgeführt. Wie die Grundwasseranalysen zeigen, sind die CKW inzwischen fast überall in den sanierten Bereichen abgebaut.

Bures gehört zu den Entwicklern des Injektionsverfahrens, bei dem ein Bohrgestänge langsam in den Untergrund geschlagen wird. Etwa alle 50 bis 75 Zentimeter wird der Vortrieb gestoppt und über das Rohr EHC Reagent ins Erdreich gepresst (siehe Schaubild Seite 36/37). Der Druck erweitert den Porenraum im Untergrund, sodass sich die Masse in einem Radius von bis zu fünf Metern um das Bohrloch verteilt. Im Pioneer Park wurden insgesamt 200 Tonnen EHC Reagent in den Boden gebracht. Nach und nach hat es die CKW-Moleküle zerstört, sodass das Grundwasser, das heute den Bereich durchströmt, keine Schadstoffe mehr mit sich trägt. Da die EHC-Reagent-Suspension zähflüssig ist, kann das Grundwasser sie nicht fortspülen. Sie bleibt für mehrere Jahre an Ort und Stelle.

Die CKW werden über drei verschiedene Wege abgebaut, zum einen mithilfe von Bodenbakterien, zum anderen über zwei chemische Reaktionspfade mithilfe des Eisens: So dient der in den Futtermittelabfällen enthal-

tene Kohlenstoff den Bakterien als Nahrung. Sie bauen die Futterreste ab und setzen dabei verschiedene Fettsäuren frei, unter anderem Ameisensäure, Buttersäure und Milchsäure. Diese Fettsäuren ernähren wiederum andere Bakterien, die CKW dechlorieren. Die chemische Reaktion mit dem Eisen läuft direkt ab: Im ersten Fall reagiert das Eisen unmittelbar mit den Chlorverbindungen. Im zweiten löst es sich zunächst im Grundwasser, um dann über einen leicht veränderten Reaktionspfad die CKW abzubauen.

#### VOM START-UP IN DEN KONZERN

Mike Mueller begleitet die Entwicklung von EHC Reagent von Beginn an. Der US-Amerikaner hat das Produkt mit seinem Start-up zuerst in den USA und in Kanada etabliert. Die Firma ging dann im US-Unternehmen Peroxychem auf, das 2020 von Evonik übernommen wurde. Seitdem arbeitet Mueller bei dem Spezialchemieunternehmen – und führt EHC Reagent als vielversprechende Substanz für In-situ-Verfahren in den europäischen Markt ein. „Die Stärke von EHC Reagent liegt in der Verbindung von bakteriellem und chemischem Abbau. Das macht das Verfahren besonders effizient“, sagt Mueller. →



Evonik-Boden-  
sanierungsexperte  
Mike Mueller auf  
dem Werksgelände  
in Hanau-Wolfgang

»Der Mix aus  
bakteriellem  
und chemischem  
Abbau macht das  
Verfahren beson-  
ders effizient.«

MIKE MUELLER, MANAGER DES BODEN-  
UND GRUNDWASSERSANIERUNGS-  
TEAMS VON EVONIK ACTIVE OXYGENS  
IN DER REGION EMEA UND NAHOST

## ARSEN UND SPITZENLEISTUNG

### Wie sich toxische Metalle im Boden binden lassen

Mit einer Altlast befasst sich Evonik derzeit auch in einem zweiten Projekt in Hanau. Hier geht es um die In-situ-Sanierung eines mit Arsenverbindungen belasteten Bereichs auf dem Werksgelände. 1875 entstand dort die Königlich-Preußische Pulverfabrik, die in Zeiten des Ersten Weltkriegs auch Arsen verarbeitete. Hinzu kommt Arsen aus natürlichen, sogenannten geogenen, Quellen: Unter Teilen des Geländes war das Arsen ursprünglich in festen Eisenverbindungen im Boden gebunden, in sogenannten Raseneisenerzfeldern. Durch die Arbeiten in der Pulverfabrik sowie andere industrielle Tätigkeiten während der langen Nutzungsdauer wurde der Boden aber chemisch so verändert, dass sich das Arsen aus dem Raseneisenerz löst. „Heute stehen wir vor der Aufgabe, diese historische Altlast zu sichern, damit das Arsen nicht weiter das Grundwasser belastet“, sagt Pascal Endres, der bei Evonik für das Altlastenmanagement am Standort Hanau zuständig ist.

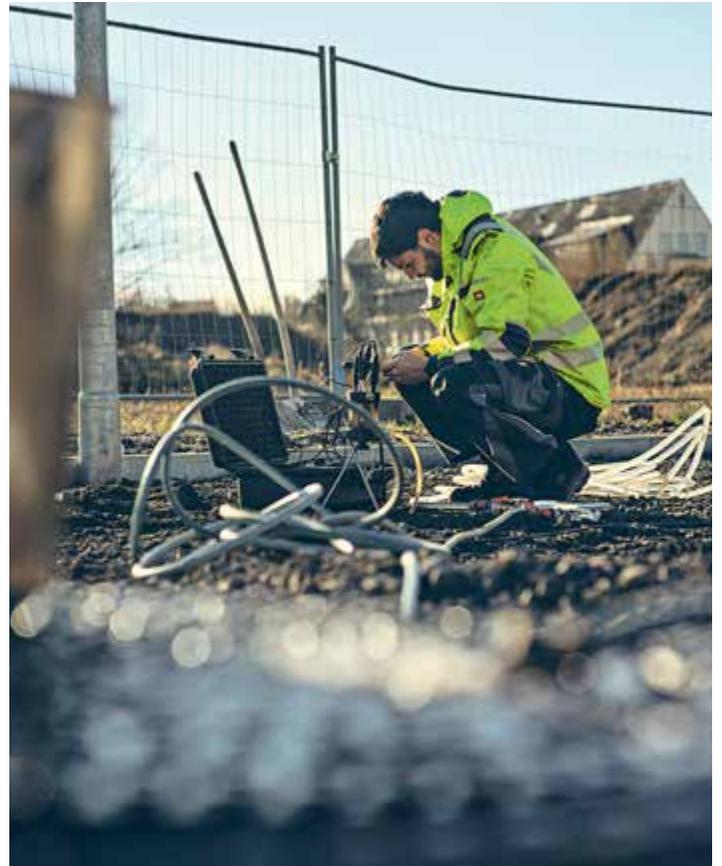
Bislang wird das Grundwasser permanent abgepumpt, um zu verhindern, dass es Arsen über das Werksgelände hinaus trägt. Das Pumpen kostet jedoch eine Menge Energie. Zudem müssen die Pumpen regelmäßig gewartet werden. „Nach Abwägung verschiedener Varianten und intensiver Konzeptabstimmung mit der zuständigen Behörde und unserem Umweltgutachter haben wir uns entschlossen, eine In-situ-Maßnahme einzusetzen. Das ist die nachhaltigere Sicherungsmethode“, sagt Endres. Wie zuvor auf dem Pioneer-Park-Gelände werden derzeit Injektionsbohrungen durchgeführt. Zum Einsatz kommen in Hanau allerdings andere Produkte: Geoform ER und Metafix, zwei Reagenzien, die im Untergrund geeignete geochemische Bedingungen zur Immobilisierung des Arsens schaffen. Dabei bildet sich das extrem haltbare und reaktionsträge Mineral Arsenopyrit, das auch in natürlichem Gestein vorkommt. „Kohlenwasserstoffe wie im Pioneer Park kann man chemisch abbauen, Metalle wie Arsen nicht“, erklärt Endres, „daher ist es sinnvoll, diese vor Ort dauerhaft chemisch zu binden, sodass sie das Grundwasser nicht mehr belasten.“

Mit der Evonik-Lösung lassen sich selbst die strengsten Vorgaben erfüllen. Da sich in direkter Nachbarschaft des Pioneer Parks eine Trinkwasserentnahmestelle befindet, haben die zuständigen Behörden einen CKW-Höchstwert von 20 Mikrogramm pro Liter Wasser vorgegeben. Das entspricht Trinkwasserqualität. Normalerweise werden für städtische Bereiche Grenzwerte von einigen 100 Mikrogramm als Sanierungsziel festgelegt. Die Wasserproben, die regelmäßig auf dem Gelände genommen werden, zeigen, dass die 20 Mikrogramm in weiten Teilen bereits unterschritten werden. An insgesamt 140 Stellen werden auch in den kommenden Jahren regelmäßig Messungen vorgenommen.

Manche Investoren und Behördenvertreter tendieren noch immer dazu, den kontaminierten Boden wegzuschaffen, berichtet Mueller. Die Vorstellung, die Schadstoffe im Untergrund zu behandeln, sei manchen nicht geheuer. Doch mittlerweile konnte der Amerikaner die zuständigen Ämter in mehreren Bundesländern davon überzeugen, dass EHC Reagent eine sinnvolle Alternative ist. Inzwischen wurde es europaweit in mehr als 200 Projekten eingesetzt.



Regelmäßig werden im Pioneer Park Wasserproben entnommen, um den Fortschritt bei der Sanierung zu dokumentieren.



Mit einer Menge von 200 Tonnen EHC Reagent ist der Pioneer Park das bislang größte Sanierungsvorhaben in Europa, bei dem die Substanz zum Einsatz kommt: „Hätte man den kontaminierten Bereich ausgehoben, wären Hunderte Lkw-Fahrten nötig gewesen, um das Erdreich wegzuschaffen“, sagt Mueller. Peter Martus und seine Kollegen bei Aecom haben im Detail analysiert, wie viel umweltfreundlicher das In-situ-Verfahren gegenüber dem Aushub oder dem Reinigen des Grundwassers ist. Dabei haben sie Lkw-Transporte, den Stromverbrauch der Pumpen und viele andere Parameter einbezogen. Im Pioneer Park verursacht die Sanierung mit EHC Reagent demnach 90 Prozent weniger Kohlendioxidemissionen als der Aushub kontaminierter Erde und 70 Prozent weniger als das Abpumpen und Reinigen des Grundwassers.

Wirtschaftlicher ist das In-situ-Verfahren oben-dreien: Eine Bodensanierung mit Aushub, Abtransport und Deponierung oder Aufbereitung des Bodens wäre mindestens dreimal so teuer gewesen wie die In-situ-Behandlung mit EHC. Für die Bauwirtschaft und Investoren seien Militär- und Industriebrachen attraktive Flächen, auf denen Wohnungen errichtet werden können,

sagt Mueller. „Mit EHC Reagent lassen sich die Grundstücke nachhaltig und vor allem auch leise von Altlasten befreien.“

Dass das Pioneer-Park-Projekt ein voller Erfolg ist, sehen offenbar auch andere so: 2024 wurde es mit der wichtigsten deutschen Auszeichnung der Sanierungsbranche geehrt, dem Brownfield Award. Das Projekt erhielt den dritten Platz in der Kategorie „Besonders nachhaltig“.

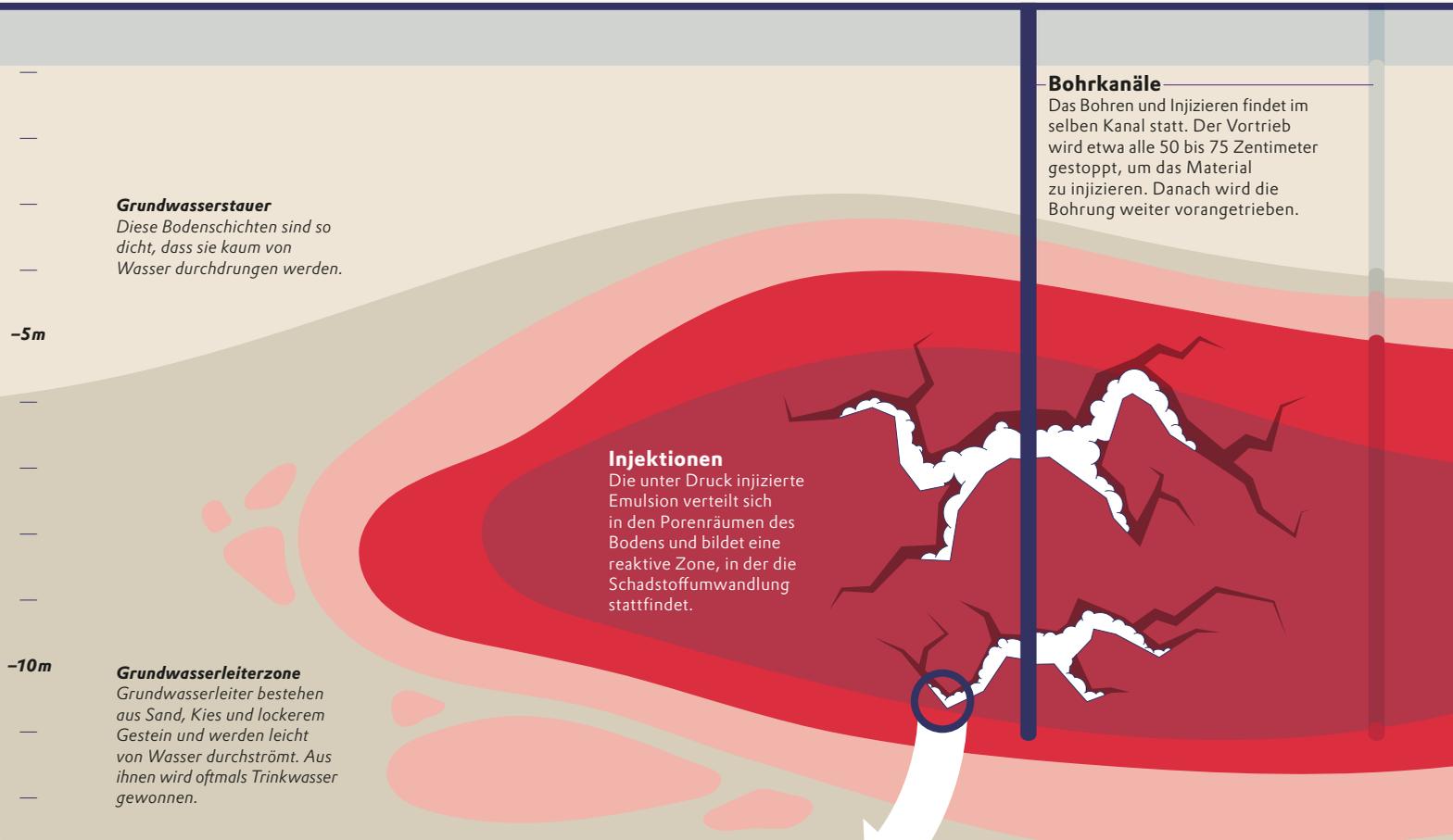
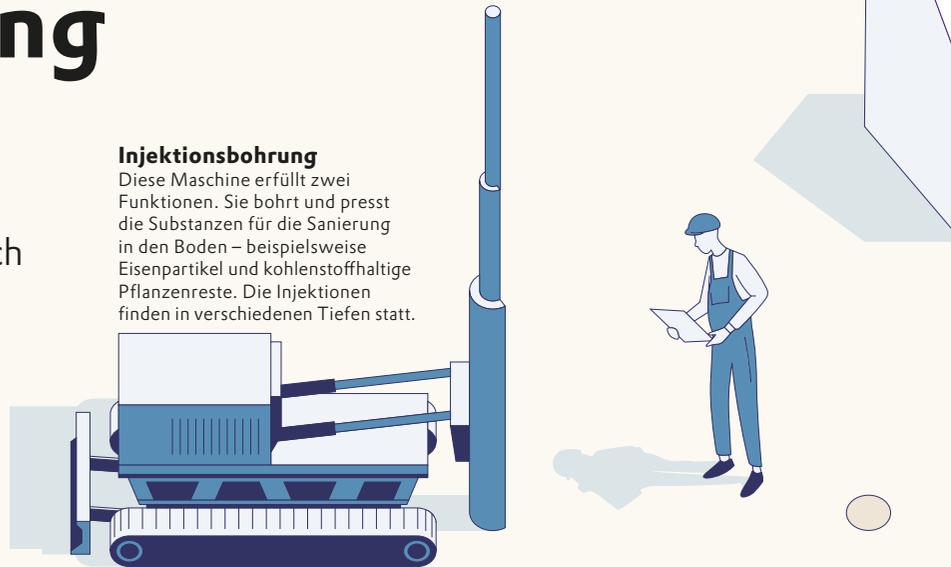
**Tim Schröder** arbeitet als Wissenschaftsjournalist in Oldenburg.



# Saubere Lösung

Altlasten in Böden müssen nicht abgetragen oder abgepumpt werden, sondern lassen sich vor Ort unschädlich machen. Dabei werden Substanzen ins Erdreich gepresst, die schädliche chemische Verunreinigungen in harmlose Stoffe umwandeln.

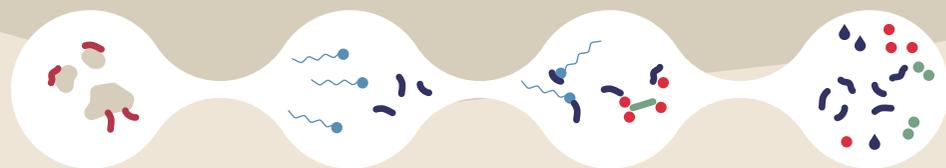
INFOGRAFIK **MAXIMILIAN NERTINGER**



## Abbau über Kohlenstoff

### ABBAUWEGE FÜR DIE CHLORVERBINDUNGEN

Die Chlorverbindungen werden auf drei Wegen abgebaut, dabei nutzt einer eine Kohlenstoffquelle, und zwei andere nutzen Eisenpartikel.



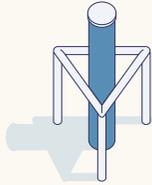
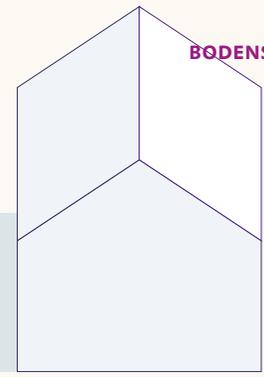
Heterotrophe **Bakterien** bauen **Pflanzenreste** ab.

Durch den Abbau werden **Fettsäuren** frei, die die Bodenchemie verändern und einen anderen Typ von **Bakterien** gedeihen lassen.

Diese **Bakterien** ernähren sich von den **Fettsäuren** und bauen außerdem die giftigen **Chlorverbindungen** ab, indem sie das Chlor abspalten.

Übrig bleibt ein Kohlenstoffgerüst, das im Boden zu kleinen **Kohlenstoffverbindungen** und **Wasser** reagiert.

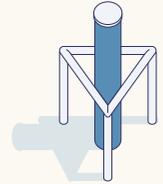
künftiges  
Wohngebiet



**Grundwasser-entnahmestellen**

An diesen Stellen wird zwei- bis viermal jährlich über Rohre aus mehreren Metern Tiefe Grundwasser geholt, um es auf Schadstoffe zu untersuchen.

**Verschmutzungs-herd**



**Verschmutzung im Grundwasser**

zum Beispiel durch  
Chlorkohlenwasserstoffe

Grundwasserströmung

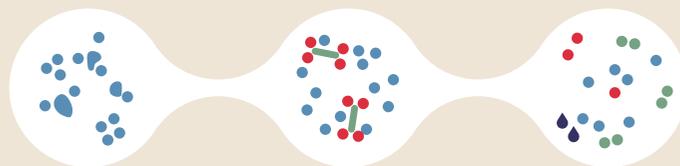
**Direkte chemische Reaktion mit Eisen**



**Eisenpartikel** reagieren direkt mit den giftigen **Chlorverbindungen** und spalten das Chlor ab.

Übrig bleibt ein Kohlenstoffgerüst, das im Boden zu kleinen **Kohlenstoffverbindungen** und **Wasser** reagiert. Das **Chlor** reagiert im Boden zu ungiftigen Salzsäuremolekülen.

**Indirekte chemische Reaktion mit Eisen**



**Eisenpartikel** wandeln sich im Boden in gelöstes Eisen um.

Das gelöste **Eisen** reagiert mit den giftigen **Chlorverbindungen** und spaltet das Chlor ab.

Auch bei diesem Reaktionsweg stehen am Ende kleine **Kohlenstoffverbindungen** und **Wasser** sowie Salzsäuremoleküle.

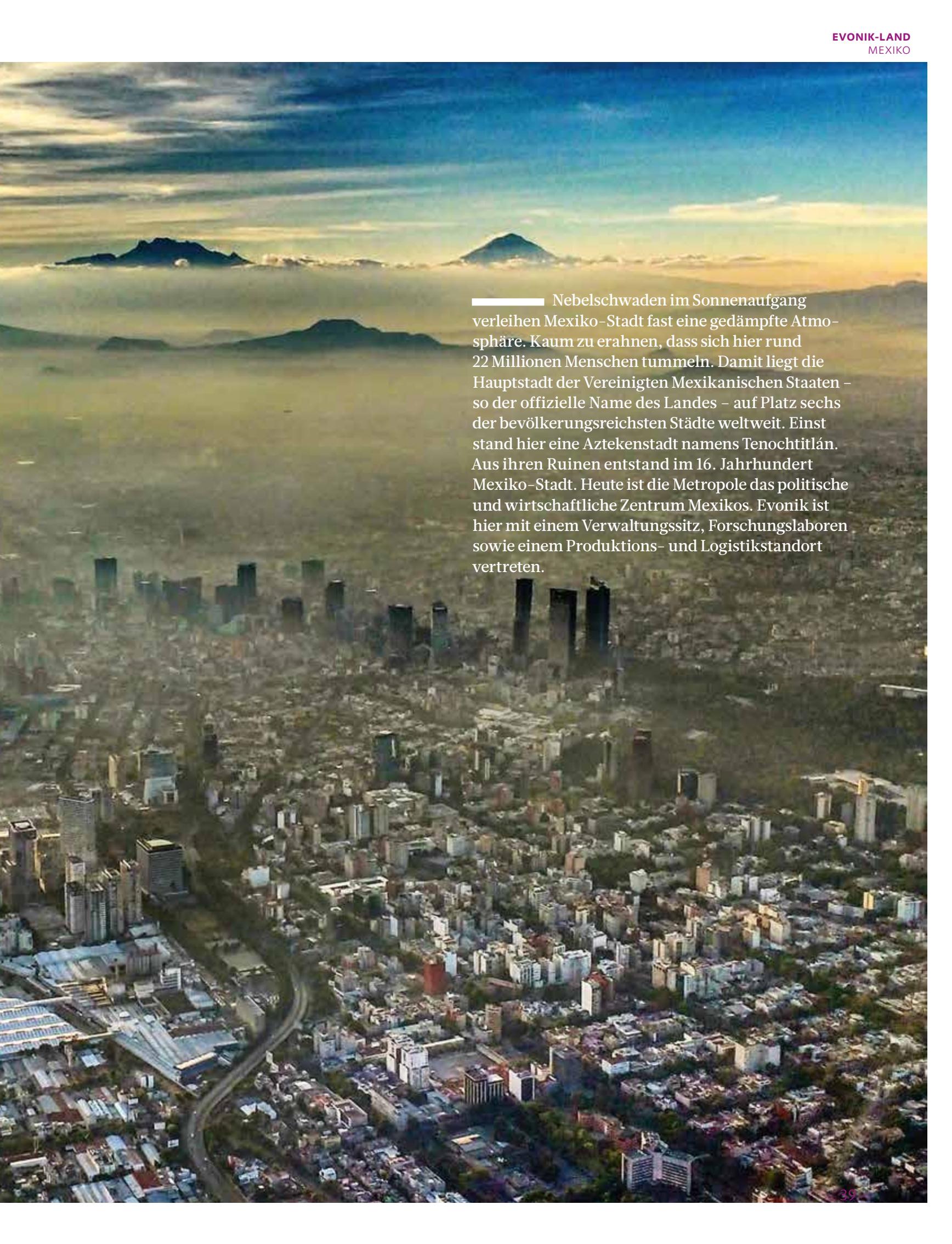


# Heiter bis sonnig

---

Das Geheimnis hinter Mexikos Anziehungskraft? Die Kombination aus einer lebensfrohen Kultur und vorteilhaftem Klima – Faktoren, die sich auch wirtschaftlich bemerkbar machen. Das Land zwischen den USA und Mittelamerika erlebt eine rasante technologische und industrielle Entwicklung. Evonik unterstützt diesen Aufschwung mit innovativen Produkten und Lösungen.

TEXT PAULINE BRENKE



————— Nebelschwaden im Sonnenaufgang verleihen Mexiko-Stadt fast eine gedämpfte Atmosphäre. Kaum zu erahnen, dass sich hier rund 22 Millionen Menschen tummeln. Damit liegt die Hauptstadt der Vereinigten Mexikanischen Staaten – so der offizielle Name des Landes – auf Platz sechs der bevölkerungsreichsten Städte weltweit. Einst stand hier eine Aztekenstadt namens Tenochtitlán. Aus ihren Ruinen entstand im 16. Jahrhundert Mexiko-Stadt. Heute ist die Metropole das politische und wirtschaftliche Zentrum Mexikos. Evonik ist hier mit einem Verwaltungssitz, Forschungslaboren sowie einem Produktions- und Logistikstandort vertreten.

■ Mariachi ist ein wichtiger Bestandteil der Landeskultur und wurde 2011 in die Liste des immateriellen Kulturerbes der Unesco aufgenommen. Entgegen gängiger Annahme bezeichnet Mariachi keine Musikrichtung, sondern eine Band mit einem breiten Repertoire an Stilen. Dazu zählen etwa Polkas, Walzer und typisch mexikanische Corridos – Balladen, die von Kämpfen, Heldentaten und der Liebe erzählen. Der typische Klang entsteht durch ein Zusammenspiel von Trompete, Gitarre, Geige, Vihuela, einem kleinen fünfsaitigen Instrument, und Guitarrón, einer Bassgitarre. Für die Saiten liefert Evonik den Hochleistungskunststoff Vestamid, der für ein gutes Fingergefühl beim Spielen und einen klaren, kräftigen Klang sorgt.

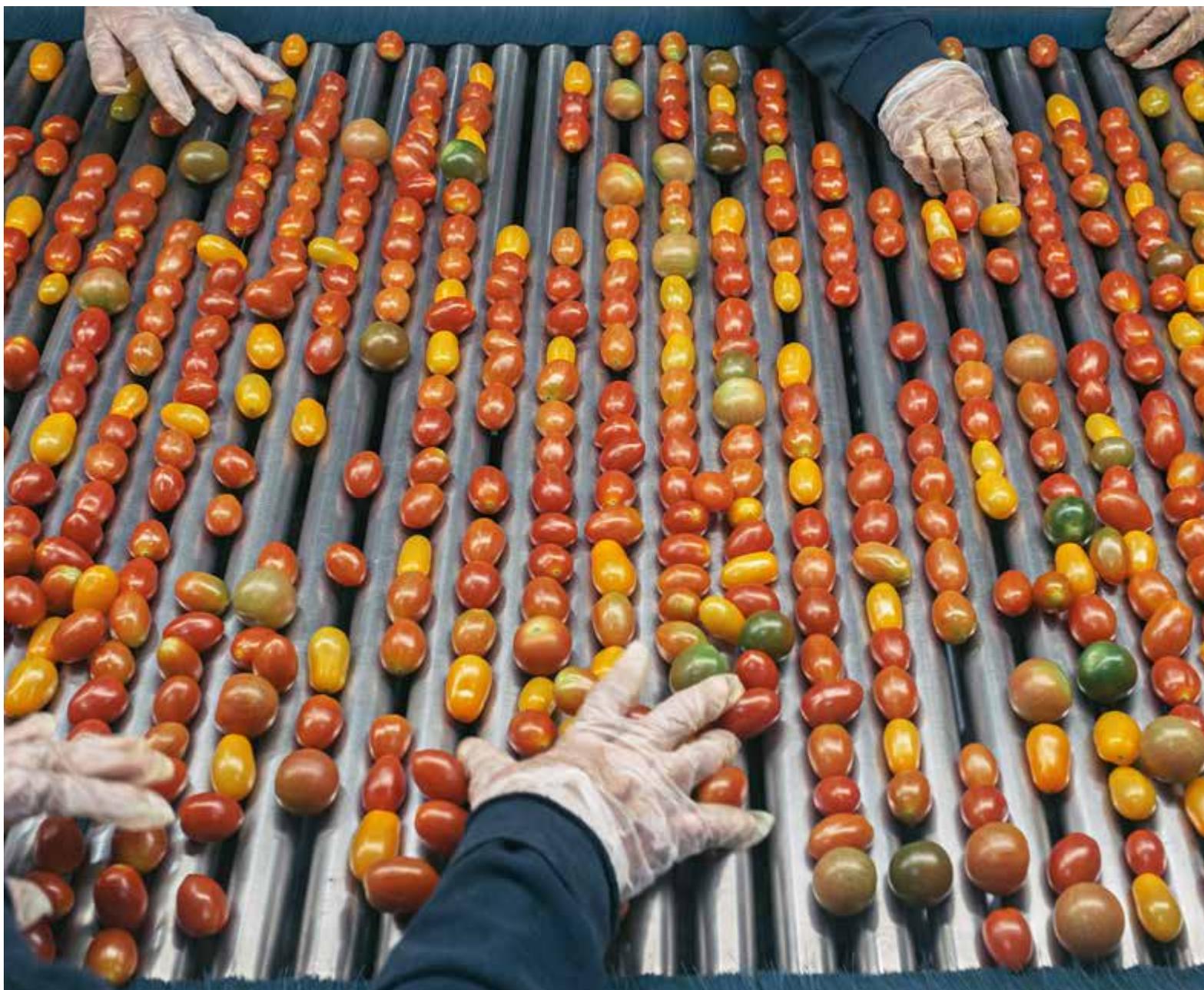






■ Besuch aus dem Jenseits: Am Tag der Toten, auf Spanisch Día de los Muertos, feiern die Menschen in Mexiko die vorübergehende Rückkehr der Seelen ihrer verstorbenen Angehörigen. Die Festivitäten finden jedes Jahr vom 31. Oktober bis zum 2. November statt und zeigen den besonderen Umgang der Mexikaner mit dem Thema Tod: Statt Trauer gibt es Festumzüge, Tanz, Gesang und kunstvolle Altäre mit reichlich Gaben für die Toten. Für viele gehört es auch zur Tradition, sich als Skelett zu verkleiden. Besonders wichtig ist die kunstvolle Bemalung des Gesichts mit einem Totenkopf. Kieselsäure von Evonik stabilisiert Farbpigmente in dekorativer Kosmetik, verbessert so ihre Struktur und fördert eine gleichmäßige Verteilung der Farbe.

————— Gemäßigte bis tropische Temperaturen und viel Sonne – gute Bedingungen für einen Urlaub, noch bessere Bedingungen für den Anbau von Tomaten. In Mexiko ist 365 Tage im Jahr Tomatensaison; kein Land auf der Welt exportiert mehr Früchte des Nachtschattengewächses. So wählen Arbeiter wie hier in San Juan del Río sorgfältig die besten Tomaten für heimische wie ausländische Märkte aus. Etwa 20 Prozent der gesamten mexikanischen Obst- und Gemüseproduktion werden exportiert. Neben Tomaten stehen auch Orangen und Avocados hoch im Kurs. Dass die Ernte länger frisch bleibt, unterstützt Evonik mit seinem Geschäftsbereich Active Oxygens: So werden Obst und Gemüse umweltfreundlich in einem Waschwasser mit Peressigsäure und Wasserstoffperoxid gereinigt.



■ Bis zu den Schultern ragt ein Mitarbeiter in den Flügel eines Boeing-Jets, um Wartungsarbeiten durchzuführen. Neben dem US-amerikanischen Hersteller sind auch andere große Player wie Airbus oder Safran in Mexiko ansässig. Sie zählen zu den insgesamt 370 Unternehmen in der Luftfahrtindustrie im Land – Tendenz steigend. Ein Schlüsselort für die Branche ist die Stadt Querétaro in Zentralmexiko. Hier ist auch Evonik mit einem Logistikzentrum und dem größten Bahnterminal des Konzerns vertreten. Für die Luft- und Raumfahrtindustrie liefert Evonik wichtiges Know-how. So stellt sie für Flugzeuge zum Beispiel hitze- und korrosionsbeständige Hochleistungs-polymerer her.





**MIT GLEISANSCHLUSS**

In der Metropolregion Mexiko-Stadt ist Evonik zweimal vertreten: mit einem Verwaltungssitz und zwei Laboren für die Business Lines Coating Additives und Care Solutions im Süden der Stadt sowie mit einem Lager- und Logistikzentrum für die Business Line Active Oxygens in Santa Clara. Ein weiterer Standort mit großem Bahnterminal liegt in Querétaro. In Monterrey, nahe der Grenze zu den USA, befindet sich ein Lager- und Distributionszentrum für alle Geschäftsbereiche.



**Evonik-Standorte**

- 1 Mexiko-Stadt
- 2 Santiago de Querétaro
- 3 Monterrey
- 4 Santa Clara del Cobre

An

4

Standorten arbeiten rund

125

Mitarbeiter.



# BEZIEHUNGS- PFLEGE



Cyril Pauthenier, Co-Gründer und CEO von Abolis, möchte die chemische Industrie dabei unterstützen, nachhaltiger zu werden, indem er Mikroorganismen zur Herstellung biobasierter Inhaltsstoffe einsetzt.

Kosmetika sorgen nicht nur dafür, dass wir gut aussehen und uns wohlfühlen, sie werden auch immer umweltfreundlicher. Evonik arbeitet daran, biobasierte Inhaltsstoffe und eine nachhaltige Produktion voranzutreiben – mit eigenen Innovationen, Partnerschaften und Übernahmen. Gemeinsam mit L'Oréal hat das Unternehmen jetzt in das französische Start-up Abolis investiert, das biotechnologische Moleküle für Pflegeprodukte herstellt.

TEXT SINA HORSTHEMKE

**K**napp eine Stunde dauert die Fahrt aus Paris Richtung Süden, dann hält der Regionalzug am kleinen Bahnhof Le Bras de Fer. Wer hier aussteigt, wird von plakatgroßen Fotos mit Laborszenen begrüßt, die ankündigen, was fußläufig erreichbar ist: der Biotechnologiepark Genopole. 65 Unternehmen sind dort ansässig, eines davon ist Abolis. Die Gründer Valérie Brunel und Cyril Pauthenier empfangen Gäste in ihrem Büro. „Es ist noch recht karg hier“, entschuldigt sich Pauthenier, „diesen Trakt haben wir erst vor einigen Wochen angemietet.“

55 Beschäftigte arbeiten derzeit bei Abolis, im Laufe dieses Jahres soll sich diese Zahl verdoppeln. Die Biologinnen und Softwareingenieure, Expertinnen für Robotik und Fermentation, Bioinformatiker und IT-Profis haben ein Ziel: Sie wollen der Chemiebranche mit biobasierten Inhaltsstoffen helfen, nachhaltiger zu werden – indem sie Mikroorganismen dazu bringen, Stoffe zu produzieren, die sonst viel aufwendiger gewonnen werden müssten. „Abolis soll dazu beitragen, die Bedürfnisse unserer Gesellschaft zu befriedigen, ohne die Zukunft unserer Gesellschaft zu gefährden“, fasst Pauthenier die Vision seines Unternehmens zusammen. →

# »Abolis mit seinen biobasierten Produkten passte perfekt.«

THOMAS SATZINGER, LEITER STRATEGIE EVONIK CARE SOLUTIONS



Evonik will die Produktion biobasierter Inhaltsstoffe im industriellen Maßstab an Standorten wie dem slowakischen Slovenská Ľupča ermöglichen.



Um dieser Vision ein Stück näher zu kommen, ist das Unternehmen eine strategische Partnerschaft mit dem Kosmetikhersteller L'Oréal und mit Evonik eingegangen. Maßgeblich vorangetrieben hat das Projekt Thomas Satzinger, der bei Evonik die strategische Ausrichtung des Geschäfts mit Pflegemitteln und Inhaltsstoffen für Kosmetika verantwortet. „Wir haben ambitionierte Ziele bei der Transformation unseres Portfolios: Wir wollen den Anteil unserer Spezialitäten erhöhen und zugleich nachhaltiger werden.“ Dabei spielten biologisch gewonnene Rohstoffe, die zum Beispiel weniger Agrarfläche benötigen, eine entscheidende Rolle. „Abolis mit seinen biobasierten Produkten passte da perfekt.“

Abolis kann die Forschung an und die Entwicklung von innovativen Biomanufacturing- und Mikrobiom-Lösungen beschleunigen – dank des Investments eines internationalen Konsortiums im vergangenen Juli, dem unter anderem der Venture-Capital-Fonds von L'Oréal BOLD, der DeepTech & Climate Fonds und Evonik Venture Capital angehören.

Nachhaltigkeit betrifft auch in der Kosmetikbranche viel mehr als nur den CO<sub>2</sub>-Ausstoß. Um Shampoo, Make-up oder Hautpflegeprodukte ressourcenschonender und

umweltverträglicher zu machen, müssen Hersteller die Auswahl der Rohstoffe ebenso in den Blick nehmen wie die Formulierung der Produkte und schließlich deren Anwendung im Badezimmer der Verbraucher. Die Kosmetikindustrie hat sich der Verbesserung ihrer gesamten Wertschöpfungskette angenommen. Schlüsselthemen sind etwa die fortschreitende Umwandlung von ökologisch wertvollen Flächen, die Art der Bewirtschaftung und faire Arbeitsbedingungen in der Landwirtschaft.

## STRENGERE VORGABEN, MEHR NACHFRAGE

Die effiziente Nutzung von Rohstoffen bei der Herstellung von Kosmetika ist ebenso wichtig wie die biologische Abbaubarkeit der kosmetischen Mittel selbst. Mit innovativen Ökodesign-Prinzipien arbeiten die Hersteller daran, die Produktnutzung durch die Verbraucher zu optimieren und den Verbrauch von Verpackungsmaterial und Energie zu reduzieren.

Für immer mehr Verbraucher spielt die Nachhaltigkeit von Kosmetikprodukten eine wichtige Rolle. Das Analyseunternehmen Straits Research schätzte das Volumen des Markts für biobasierte Kosmetik- und Körper-

Bei der Stamm-  
entwicklung identi-  
fizieren die Experten  
von Abolis Hefen,  
die für die industrielle  
Produktion  
geeignet sind.



pflegezutaten 2023 auf mehr als 5,2 Milliarden US-Dollar. Bis 2032 soll es auf mehr als 8,6 Milliarden US-Dollar anwachsen. „Die gesetzlichen Vorgaben sind strenger geworden, und auch unsere Kunden wählen Inhaltsstoffe zunehmend nach ökologischen Kriterien aus“, sagt Satzinger. Seit mehreren Jahren stellt Evonik kosmetische Öle mithilfe von Enzymen her, um so zur Reduktion der Emissionen von Kosmetika beizutragen. „Anfangs wollten nur wenige diese Öle haben. Heute sind sie sehr gefragt.“ Der überwiegende Teil der Inhaltsstoffe für Kosmetika, die Evonik produziert, sei mittlerweile biologisch abbaubar, so der Wirtschaftsingenieur. „Neue Produkte müssen dieses Kriterium von vornherein erfüllen.“

Der verantwortungsvolle Umgang mit wertvollen pflanzlichen Ressourcen und deren umweltschonende Verarbeitung allein reiche aber nicht, betont Satzinger: „Auch die Leistung eines Produkts muss stimmen.“ Bestes Beispiel dafür sind Glykolipide, zu denen auch Rhamnolipide gehören. Diese Biotenside sind zugleich hautfreundlich und reinigungsstark als auch biologisch besonders gut abbaubar. 2024 lief die Rhamnolipidproduktion in einer neuen Anlage in der Slowakei an, was Evonik zum weltweit ersten Unternehmen machte, das Bio- →

## Von pflanzlichem Cholesterin bis zu alternativen Konservierungsstoffen

Wie Evonik durch Zukäufe von Unternehmen sein Know-how in der Biokosmetik stärkt. Eine Auswahl wichtiger Akquisitionen:



### 2017 – DR. STRAETMANS: NORDEUTSCHE KONSERVIERUNGSIDEEN

Konservierungsstoffe in Kosmetika schützen die Rezeptur und verringern das Risiko, dass sich Mikroorganismen in Cremes oder Lotionen vermehren. Ein Experte für alternative Konservierungssysteme ist das 1984 gegründete Hamburger Unternehmen Dr. Straetmans, das Evonik vor mehr als sieben Jahren gekauft hat, um seine Position in der Kosmetikindustrie auszubauen. Der Standort soll zum weltweit anerkannten Kompetenzzentrum für alternative Konservierungsmittel entwickelt werden. Diese erhalten anders als herkömmliche Mittel nicht nur die Qualität eines Produkts, sondern übernehmen auch weitere Funktionen und spenden zum Beispiel der Haut Feuchtigkeit. Der Einsatz dieser alternativen Konservierungssysteme ist komplex: Entsprechend hat die Erfahrung bei Dr. Straetmans auch die Formulierungskompetenz bei Evonik erweitert.



Im Labor werden die verschiedenen Kandidaten für die Produktion der gewünschten Substanzen getestet.



### 2020 – WILSHIRE TECHNOLOGIES: PHYTOCHEMIE AUS DEN USA

Was bei Wilshire Technologies erforscht und entwickelt wird, erweitert die Evonik-Palette an natürlichen Inhaltsstoffen erheblich: Sogenannte Phytochemikalien wie etwa pflanzliches Cholesterin oder ätherische Öle sind die Spezialität der 1997 gegründeten Biotechnologiefirma aus Princeton im US-Bundesstaat New Jersey. Wilshire Technologies hat sich in der „grünen“ Chemie einen Namen gemacht und produziert unter anderem bioaktive Inhaltsstoffe für die Pharma- und die Lebensmittelindustrie. Gründer Joe San Filippo war früher Chemieprofessor an der Rutgers-Universität in New Jersey.

tenside im industriellen Maßstab herstellt – ein Meilenstein auf dem Weg zu mehr Nachhaltigkeit.

Nicht alle Prozesse entwickelt Evonik allein. Wo es sinnvoll erscheint, investiert der Konzern in Unternehmen, die auf ihren jeweiligen Gebieten Expertenwissen gesammelt haben. Rund ein Dutzend Firmen erweitern so das Portfolio an Lösungen (siehe Kästen): Dr. Straetmans aus Hamburg etwa bringt Konservierungsexpertise ein, Botanica aus der Schweiz und Novachem aus Argentinien steuern Pflanzenextrakte bei.

Einen weiteren Schritt nach vorn könnte nun die Zusammenarbeit zwischen Abolis, Evonik und L'Oréal bringen. Die drei Partner wollen Inhaltsstoffe in Zukunft biotechnologisch herstellen. Wie das Zusammenwirken aussehen soll, erklärt Thomas Satzinger so: „Benötigt L'Oréal für ein Produkt einen Inhaltsstoff, entwickelt Abolis eine biotechnologische Lösung im Labor. Funktioniert der Prozess im Kleinen, übernimmt Evonik – und überträgt ihn auf größeren Anlagen in die industrielle Herstellung.“

Mit der biobasierten Produktion von Molekülen kennen sich die Gründer von Abolis aus: Valérie Brunel, 54, ist Chemikerin und Expertin für Innovationsmanagement, Cyrille Pauthenier, 36, Chemiker und Biologe. „Wir lernten uns 2013 kennen, als Cyrille ein ambitionierter junger Forscher mit Unternehmergeist und Abolis nicht mehr als eine Powerpoint-Präsentation war“, berichtet Brunel. Dass sich Abolis dem Forschungscampus von Genopole anschloss, erleichterte den Start: „Wir hatten anfangs nur eine Werkbank, ein Büro und einen Satz Pipetten. Viele superteure Geräte, die wir benötigten, konnten wir uns hier zusammenleihen“, so die Chemikerin.

In den ersten zehn Jahren, sagt Brunel, hätten sie nur eine Million Euro aufgebracht, „was für ein Biotech-Unternehmen nicht viel ist“. Der französische Staat, der heimische Start-ups unterstützt, gab Starthilfe in Form von Zuschüssen. „Doch wir hatten von Anfang an Umsatz und haben es geschafft, das Unternehmen mit so wenig Ausgaben wie möglich zu führen.“ Dass sie Geräte leasen konnten, hätte ebenfalls geholfen. Schon nach weni-



Anfangs musste sich Abolis Analysegeräte leihen – jetzt screen das Unternehmen Hefestämme mit eigenen Robotern.

## »Mit L'Oréal und Evonik können wir die gesamte Wertschöpfungskette abdecken.«

VALÉRIE BRUNEL, CO-GRÜNDERIN UND GESCHÄFTSFÜHRERIN VON ABOLIS



gen Jahren entstanden die ersten Kooperationen mit großen Unternehmen, etwa dem Käsehersteller Bel, dem Lebensmittelkonzern Lesaffre oder eben 2019 L'Oréal.

### HEFEN ÜBERNEHMEN DIE PRODUKTION

Mittlerweile verfügt Abolis über eigenes Equipment. Und das, erzählt Pauthenier, sei einer von vier Schätzen seines Unternehmens – „neben den Daten, den Mitarbeitenden und unseren Hefestämmen“. Deren Genom wird bei Abolis so verändert, dass sie aus einfachen Ausgangsstoffen wie Zucker ein gewünschtes Produkt herstellen. Der Prozess ähnelt dem Bierbrauen, bei dem Hefe durch Gärung Malzzucker in Alkohol verwandelt – nur dass die Hefepilze bei Abolis darauf programmiert werden, andere Stoffe herzustellen.

Hefe-Gentechnik sei die Kernkompetenz von Abolis, sagen die Gründer. Sie betonen jedoch, dass sie keine neuen Wirkstoffe entdecken, sondern lediglich neue Wege finden, um bereits bekannte Moleküle ressourcenschonender zu produzieren oder neue Moleküle zu entwickeln,

die nur auf biotechnologischem Weg erzeugt werden können. „Manchmal interessiert sich die Kosmetikbranche zum Beispiel für einen Stoff, der nur in winzigen Mengen in einer bestimmten Pflanze steckt“, erzählt Pauthenier. „Millionen Tonnen davon für die Industrie anzubauen und das Molekül daraus zu extrahieren, ist ökologisch nicht sinnvoll – und praktisch oftmals unmöglich. Wir können jedoch eine Methode entwickeln, um es mithilfe unserer Hefen mit geringerem Flächenbedarf herzustellen. So erwecken wir auch Wirkstoffe zum Leben, die sonst nicht im großen Maßstab hätten produziert werden können.“ Die biotechnologische Produktion kann die chemische ersetzen, fossile Quellen oder seltene Ressourcen schonen – und ist dabei laut Pauthenier stabiler und leichter skalierbar als das natürliche Pflanzenwachstum.

Bis die Hefen produzieren, was sie sollen, ist es allerdings ein weiter Weg. Seinen Anfang nimmt er in der Abteilung für Informatik und Modellierung von Abolis. Hier entwickeln Ingenieure Sequenzierungssoftware, pflegen die Datenbanken, kontrollieren die Roboter im →



Die Analysen der Hochdurchsatz-Massenspektrometer zeigen, welcher Hefestamm gut genug ist für den nächsten Schritt – die Fermentation.

Labor und sichern die Genomdaten. Jede Menge Unwägbarkeiten müssen die Experten im Blick haben; zum Beispiel dass sich die Hefen nicht selbst mit dem Produkt vergiften, das sie herstellen. Hält Abolis die Produktion eines Stoffs durch einen Stamm für machbar, setzen Mitarbeiter im Labor um, was die IT-Fachleute zuvor berechnet haben.

Kolben mit blauen Deckeln und gelblich-klarer Flüssigkeit kreisen hier in Schüttelinkubatoren, Zentrifugenröhrchen stehen geordnet auf den Werkbänken, daneben stapeln sich Platten mit Nährmedien. Eine Mitarbeiterin in weißem Kittel und mit Handschuhen pipettiert sorgsam eine klare Flüssigkeit in kleine Reaktionsgefäße mit Plastikdeckel. Es sieht aus wie in einem klassischen Biotechnologielabor. „Der Unterschied steckt in diesen Tubes“, sagt Abolis-Mitgründer Pauthenier und zeigt auf die Flüssigkeit in den Reaktionsgefäßen.

Als Nächstes folgt ein Raum, der konstant auf 19 Grad Celsius temperiert ist. Mehrere Hochdurchsatz-Massenspektrometer analysieren gleichzeitig Proben, und eine automatische Pipettier- und Probenverarbeitungsstation verrichtet ihre Arbeit. „Hier entscheidet sich, ob ein Hefestamm aus dem Labor gut genug ist, um in unserer Fermentation weiterverfolgt zu werden“, erklärt Pauthenier.

Eine Etage tiefer stehen drei Roboter in einem lichtdurchfluteten Raum: Einer kann voll automatisch bis zu 96 Proben gleichzeitig verdünnen – viel schneller und

präziser als ein Mensch. Ein zweiter isoliert und reinigt DNA. An einem Arbeitstag schafft er bis zu 600 Proben und verbraucht dabei besonders wenig Einwegmaterial wie etwa Pipettenspitzen. Ein dritter ist schließlich unter anderem darauf spezialisiert, Reagenzien auf Platten zu verteilen. „Ein paar Roboter zu kaufen, geht schnell“, sagt Pauthenier. „Aber sie so zu programmieren, dass sie laufen, wie sie sollen, dauert Jahre.“ Eine Aufgabe, die bei Abolis die IT-Experten übernehmen.

Einer dieser Experten arbeitet gerade mit seinem Laptop neben dem neuesten Gerät: Hinter einer Glasscheibe bewegt ein Greifarm Reagenzgefäße hin und her. Der Apparat hat rund 350.000 Euro gekostet und soll in Zukunft die Hefestämme kategorisieren. Robotik und künstliche Intelligenz betrachtet der Abolis-Chef als wertvolle Ergänzung der Fähigkeiten seines Teams, nicht mehr und nicht weniger. „Menschliche Kreativität und Intuition können sie nicht ersetzen.“

#### MEHR ALS DIE SUMME DER TEILE

Die jüngst beschlossene Industriepartnerschaft bietet Abolis eine gewaltige Chance. Zwar arbeiten die Biotechnologiespezialisten aus dem Süden von Paris schon seit fünf Jahren mit den Forschern und Entwicklern des Kosmetikriesen L'Oréal zusammen. Die Dreierkonstellation mit Evonik jedoch bietet neue Möglichkeiten: „Zu dritt können wir die gesamte Wertschöpfungskette ab-

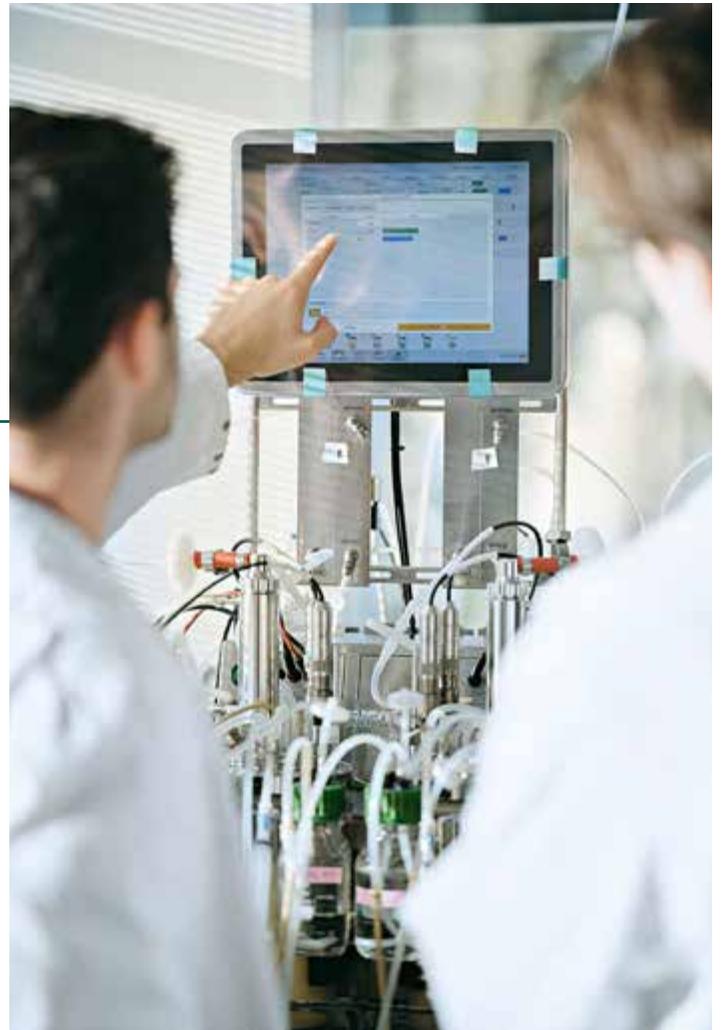


#### 2021 – BOTANICA: SCHWEIZER PFLANZEN-KNOW-HOW

Seit mehr als drei Jahren gehört Botanica zu Evonik. Die Schweizer

Firma ist, wie die anderen genannten Spezialunternehmen, in die Business Line Care Solutions integriert. Botanica hat sich schon seit 1998 darauf spezialisiert, aus Blüten, Blättern, Knospen, Früchten, Wurzeln oder Rinde Inhaltsstoffe für die Körperpflegeindustrie zu ziehen – je nach Bedarf in Form von Extrakten, Tinkturen, Konzentraten oder Destillaten. Europaweit gelten die Schweizer als Marktführer in ihrem Segment. Das Sortiment des Unternehmens mit Sitz in Sins im Kanton Aargau besteht aus mehr als 1.000 Pflanzenrohstoffen, von Apfelminze bis Zeder, die das Wirkstoffportfolio von Evonik bereichern.

Die industriellen Lösungen von Abolis zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass sie auf Hefe und nicht auf Bakterien basieren.



decken“, schwärmt Abolis-Mitgründerin Brunel. Vorher sei da immer diese Lücke gewesen: „Wir sprachen mit L’Oréal über neue Inhaltsstoffe, die wir aber gar nicht in großen Mengen produzieren können. Also haben wir Evonik als dritten Partner ins Boot geholt.“

Brunel und Pauthenier sehen in Evonik auch einen Pionier in der Mikrobiomforschung, insbesondere für die Tiergesundheit. „Das Tier-Mikrobiom ist ein Bereich, in dem auch wir gerade Know-how entwickeln, das die Arbeit von Evonik ergänzen könnte.“ Auch Guillaume Climeau, Leiter der Geschäftsentwicklung und des Allianzmanagements in der Forschung und Innovation von L’Oréal, verspricht sich viel von der Kooperation: „Abolis bringt das biotechnologische Fachwissen mit, wir kennen uns mit der Formulierung und den Verbrauchern aus, und Evonik verfügt über eine einzigartige Expertise, was die Industrialisierung der von Abolis entwickelten Prozesse angeht.“ Der Kosmetik- →



#### 2021 – INFINITEC ACTIVOS: WIRKSTOFFTRÄGERSYSTEME AUS SPANIEN

Damit kosmetische Wirkstoffe an ihr Ziel gelangen, etwa in tiefere Hautschichten, können Wirkstoffträger als Transportmittel eingesetzt werden. Ein Spezialist für deren Entwicklung und Produktion ist die spanische Firma Infinitec Activos, die Evonik 2021 übernommen hat. Das Unternehmen erweitert das Wirkstoffträger-Geschäft von Evonik um sieben Systeme und mehrere natürliche Wirkstoffe. Hauptsitz von Infinitec Activos ist der Barcelona Science Park, ergänzt durch die Produktionsstätte in Montornès del Vallès und bei Naturethic, dem Produzenten der natürlichen Rohstoffe.



### 2023 – NOVACHEM: PFLANZENEXTRAKTE AUS SÜDAMERIKA

Im Sommer 2023 hat Evonik Novachem übernommen, um das Portfolio pflanzenbasierter Inhaltsstoffe für Kosmetika zu erweitern. Das argentinische Unternehmen mit Sitz in Buenos Aires wurde 2007 gegründet und entwickelt für Evonik biotechnologische, natürliche und nachhaltige Wirkstoffe für Haut- und Haarpflegeprodukte. Dabei verwendet es Rohstoffe aus Lateinamerika, einer der artenreichsten Regionen der Welt. Novachem entwickelt umweltschonende Technologien und Verfahren in Kombination mit Feldprojekten, die die regionale Artenvielfalt schützen.

Die Fermentation ist der letzte Schritt bei Abolis: In Modellen wird getestet, ob ein Produkt auch in industriellem Maßstab hergestellt werden kann.



konzern will sein Portfolio um biobasierte Inhaltsstoffe erweitern (siehe Interview rechts) und ist zuversichtlich, durch neue Formen der Zusammenarbeit schneller zu Ergebnissen zu kommen: „Wenn wir gemeinsam in einer kreativen Begegnung etwas aufbauen, ergibt eins plus eins plus eins mehr als drei“, sagt Climeau.

Was das bei der Zusammenarbeit im Forschungscampus Genopole bedeutet, zeigt Abolis-CEO Pauthenier an der letzten Station: dem Fermentationslabor. Hier treten die Hefen den Beweis an, dass sie auch Produktionsmengen von bis zu 20 Litern bewältigen. Ab dann übernimmt Evonik den Prozess und startet die Produktion mit den Hefen aus Frankreich in größeren Maßstäben.

Damit die Skalierung gelingt, haben die Experten aus dem Konzern schon den Entwicklungsprozess eng begleitet: „Die Ergebnisse einfach über den Zaun zu werfen, wenn die eine Seite fertig ist, funktioniert nicht“, stellt Thomas Satzinger klar. „Wir sind von vornherein im Austausch mit Abolis, um frühzeitig zu erkennen, welche Weichen mit Blick auf einen optimalen Herstellungsprozess gestellt werden müssen.“ Wo Evonik produziert, hängt vom gewünschten Produkt ab – ein wichtiger Standort ist der Biotech-Hub im slowakischen Slovenská Ľupča mit seiner jahrzehntelangen Erfahrung in der Fermentation und dem Downstream-Prozess.

Lange wird es nicht mehr dauern, bis die ersten L'Oréal-Produkte mit biotechnologisch hergestellten Molekülen von Abolis und Evonik weltweit in den Verkaufsregalen stehen: „Ich erwarte, dass wir in wenigen Jahren die ersten Erfolge unserer Zusammenarbeit sehen“, sagt Satzinger. Abolis-Gründer Cyrille Pauthenier: „Etwas wissenschaftlich Spannendes und Herausforderndes zu tun, das wirtschaftlich und gesellschaftlich nützlich ist und noch dazu einen Beitrag für die Umwelt leistet, erfüllt mich.“ Global betrachtet sei Abolis vielleicht nur ein kleiner Stein, „doch auch kleine Steine können Großes ins Rollen bringen“.



**Sina Horsthemke** ist Wissenschaftsjournalistin in München. Die Diplombiologin schreibt vor allem über Gesundheitsthemen.

## „Wir teilen dieselbe Vision“

L'Oréal ist der größte Kosmetikerhersteller der Welt. Was Nachhaltigkeit und die Zusammenarbeit mit Abolis und Evonik für den Konzern aus Paris bedeuten, erklärt Guillaume Climeau, Leiter der Geschäftsentwicklung und des Allianzmanagements in der Forschung und Innovation von L'Oréal.

### Herr Climeau, neben Preis und Qualität spielt für viele Ihrer Kundinnen und Kunden Nachhaltigkeit eine immer größere Rolle für die Kaufentscheidung. Wie reagieren Sie auf diese Ansprüche?

L'Oréal sieht sich seit mehr als 30 Jahren als Vorreiter für Nachhaltigkeit in der Kosmetikbranche. Als Marktführer stehen wir in der Verantwortung, die Standards der ganzen Industrie im Interesse der Umwelt positiv zu beeinflussen, und zwar weltweit.

### Wo setzen Sie konkret an?

Angefangen haben wir schon vor langer Zeit in den Vertriebszentren und Fabriken. Außerdem haben wir uns bereits 1989 verpflichtet, auf Tierversuche zu verzichten, lange bevor sie in Europa verboten wurden. Weil wir davon überzeugt sind, dass wir einen wissenschaftlichen Ansatz verfolgen müssen, um die Umwelt stärker zu schonen, haben wir bereits 1995 spezielle Labore eingerichtet und 2009 Umweltziele festgelegt. Vier Jahre später haben wir ein globales Nachhaltigkeitsprogramm ins Leben gerufen. 2015 wurde unsere Nachhaltigkeitsstrategie zum ersten Mal von der Science Based Targets Initiative validiert – einer Klimaschutzorganisation, die es Unternehmen und Finanzinstituten weltweit ermöglicht, ihren Beitrag zur Bekämpfung der Klimakrise zu leisten. Wir verstehen Nachhaltigkeit nicht nur als Zusatz, sondern als grundlegende Anforderung und Mittelpunkt unserer Aktivitäten. Dies spiegelt sich auch in unserem Transformationsprogramm „L'Oréal for the Future“, mit dem wir seit 2020 unsere Auswirkungen auf Klima, Wasser, Ressourcen und Biodiversität stark reduzieren wollen.

**Guillaume Climeau** Als Leiter der Geschäftsentwicklung und des Allianzmanagements in der Forschung und Innovation von L'Oréal ist der 53-Jährige für die strategische Geschäftsentwicklung sowie den Aufbau und das Management von Partnerschaften verantwortlich. Climeau bringt Erfahrungen aus der Pharmabranche mit und war zuvor bei Unilever, dem Pharmakonzern Sanofi und dem Dermatologie-spezialisten Galderma in Tokio und Paris tätig.



### Wie binden Sie Lieferanten und Partner in diese Strategie ein?

Die Veränderungen betreffen die gesamte Wertschöpfungskette, angefangen bei der Landwirtschaft über die Rohstoff- und Fertigproduktproduktion sowie die Lieferkette bis hin zu unseren Endkunden, die das Produkt verwenden. So arbeiten wir beispielsweise mit Carbios zusammen, einem Unternehmen, das das enzymatische Recycling von Kunststoffen vorantreibt. Duschköpfe von Gjosa, einem Wassertechnologie-Start-up, das von L'Oréal übernommen wurde, helfen, den Wasserverbrauch in Friseursalons zu senken.

### Welche Rolle spielen dabei biotechnologisch hergestellte Inhaltsstoffe wie die von Abolis?

Sie sind ein starker Hebel für Innovation und tragen gleichzeitig dazu bei, unsere Umweltauswirkungen weiter zu verringern. Biotechnologie ist – neben „grüner“ Extraktion, „grüner“ Chemie und nachhaltigem Anbau – ein wichtiger Bestandteil unseres „Green Sciences“-Werkzeugkastens, mit dem wir nachhaltigere und leistungsfähigere Inhaltsstoffe bereitstellen.

### Geht es auch darum, Produkte zügiger auf den Markt zu bringen?

Natürlich hoffen wir, dass wir die Zeit bis zur Markteinführung durch Kooperationen wie jene mit Abolis und Evonik verkürzen können – einfach weil wir mehr Köpfe und Fähigkeiten zusammenbringen. Evonik berücksichtigt schon sehr früh Aspekte, die für die Produktion im industriellen Maßstab entscheidend sind. Vor allem aber teilen wir dieselbe Vision. Ich erinnere mich an Meetings mit Evonik-Mitarbeitern, in denen wir Ideen und Pläne für mehr Nachhaltigkeit diskutiert haben, und wir hätten fast die Folien austauschen können, so sehr stimmten Denkweise und Ansatz überein. Eine Vision auf Folien reicht aber nicht; entscheidend ist, anschließend konkrete Schritte zu unternehmen. Wir können unser jeweiliges Fachwissen und unsere kombinierten Forschungs-, Innovations- und Produktionskapazitäten nutzen, um eine Wertschöpfungskette zu schaffen, die das Potenzial hat, den Markt für biologisch basierte Inhaltsstoffe in der Kosmetikindustrie zu verändern. Auch das sieht Evonik genauso wie wir und ist damit ein idealer Partner. —



# UNBEMANNTER HÖHENFLUG



Geschenk des Himmels: Die  
Low-Altitude-Economy  
lässt Lieferungen durch die Luft  
womöglich wahr werden.

Bereits in wenigen Jahren könnten Drohnen Lieferwagen, Frachtflugzeuge und Hubschrauber ergänzen. Die Tests für unbemannte Transportlösungen in der Luft laufen auf Hochtouren.

TEXT **BJÖRN THEIS**

**W**as ist dort am Himmel? Ein Vogel? Ein Flugzeug? Nein, ein Pizza-Taxi! Diese Szene könnte bald schon Realität werden: Regierungen und Unternehmen sind dabei, den bodennahen Luftraum wirtschaftlich zu erschließen. Die Entstehung einer Low-Altitude-Economy ist im vollen Gange. Der Begriff bezeichnet Aktivitäten im Luftraum bis zu einer Höhe von 1.000 Metern für Logistik-, Tourismus- und Agrarzwecke. Meist geht es um elektrisch betriebene, unbemannte Luftfahrzeuge (Unmanned Aerial Vehicles, UAV).

Möglich wird die Erschließung dieses Wirtschaftsraums durch innovative Akkus mit sehr hoher Energiedichte, günstige und leistungsfähige Sensoren sowie robuste Leichtbaumaterialien. Chinas Regierung sieht in der Low-Altitude-Economy einen bislang unerschlossenen Wirtschaftszweig, den es schnell zu besetzen gilt – schließlich hat man durch die Expertise in der E-Mobilität einen Vorsprung gegenüber dem Rest der Welt.

Kürzlich bezeichnete Premierminister Li Qiang die Low-Altitude-Economy als einen der wichtigsten Wachstumsmotoren für die chinesische Wirtschaft. Peking unterstützt Forschung und Entwicklung des neuen Industriezweigs finanziell wie regulatorisch. In vielen Provinzen des Landes wurden sogenannte Demonstrationszonen eingerichtet, in denen die neue Art des Lufttransports erprobt wird. So plant die Provinz Shenzhen, 2025 mehr als 600 neue Start- und Landeplätze für elektrisch betriebene Senkrechtstarter und andere unbemannte Luftfahrzeuge einzurichten.

Die Projekte sind ambitioniert: Das chinesische Start-up Air White Whale etwa präsentierte kürzlich die weltweit größte Frachtdrohne. Das Modell W5000, das einem Flugzeug gleicht, kann ohne Piloten eine Last von bis zu fünf Tonnen mehr als 2.000 Kilometer weit transportieren. Jetzt hofft das Unternehmen, eine Zulassung für die Drohne zu erhalten, damit sie 2026 abheben kann.

#### JOBS AN DER FERNSTEUERUNG

Auch andere Nationen haben die Potenziale erkannt: So wird geschätzt, dass das globale Marktvolumen für kommerzielle UAVs von circa 35 Milliarden US-Dollar im Jahr 2024 auf circa 58 Milliarden US-Dollar im Jahr 2030 steigen könnte.

Die Low-Altitude-Economy könnte zahlreiche neue Jobs schaffen. In China mangelt es bereits an Drohnenpiloten, in den USA lassen sich Tausende Menschen für die Fernsteuerung der Fluggeräte umschulen. Die Vereinigten Staaten wollen sich bei der Erschließung des boomenden Markts nicht von China abhängen lassen. So ist bereits die staatliche Weltraumagentur NASA beauftragt, ein System zur Steuerung des bodennahen Luftverkehrs (Advanced Air Mobility, AAM) zu entwickeln.

Europa zieht ebenfalls mit: Im englischen Coventry wurde bereits 2022 der weltweit erste voll funktionsfähige Vertiport, ein Flughafen für Senkrechtstarter, eröffnet. In Deutschland nahm Mitte 2024 in Hamburg ein Drohnenflughafen den Testbetrieb auf. Bis 2026 wird hier im Rahmen des EU-Projekts BLU-Space erprobt, wie man die Fluggeräte in den städtischen Verkehr integrieren kann. Manch kommerzieller Anbieter hat allerdings derzeit zu kämpfen, weil er auf eine schnellere kommerzielle Verbreitung gesetzt hat oder technische Hürden auftraten.

Damit der völlig neue Wirtschaftszweig Realität werden kann, benötigt es noch jede Menge Innovationen und neue Materialien. Ein guter Grund für das Foresight-Team der Creavis, diese Bedürfnisse im Rahmen des Projekts GameChangers 2035 genauer zu analysieren. Denn womöglich dauert es nicht mehr lange, bis wir Pizza oder Sushi direkt ans Fenster statt an die Tür geliefert bekommen. —

**Björn Theis** leitet die Abteilung Foresight der Evonik-Innovationseinheit Creavis.





# »Gallium zerfließt auf der Hand«

PROTOKOLL MARKUS SARIOGLU  
FOTOGRAFIE ROBERT EIKELPOTH



**Marcel Häfele** gründete 2014 den Youtube-Kanal „Techtastisch“, auf dem er regelmäßig Videos von naturwissenschaftlichen Experimenten und Heimwerkerprojekten veröffentlicht. Mittlerweile hat der Kanal mehr als 577.000 Abonnenten.

**M**ein Berufsleben startete im technischen Bereich. Ich fühlte mich aber unterfordert und begann daraufhin, mich in meiner Freizeit ausgiebiger mit Metallen und ihren Eigenschaften zu befassen. Dabei erfuhr ich, dass der Schmelzpunkt von Gallium unterhalb der Körpertemperatur liegt. Das wollte ich mit eigenen Augen sehen. So begann ich mit dem Experimentieren, wobei ich unter anderem eine Legierung aus Gallium und Aluminium herstellte, um den Schmelzpunkt meines Werkstoffs unter Raumtemperatur zu senken.

Die Legierung reagierte beim Kontakt mit Wasser und bildete Blasen aus entzündlichem Gas: Wasserstoff! Das weckte meine Neugier für Chemie und bildete den Ausgangspunkt für meinen Youtube-Kanal „Techtastisch“, in dem ich Experimente vorführe, die man zu Hause nachmachen kann.

In einem meiner ersten Videos geht es um Gallium. Bei Hautkontakt schmilzt es direkt zu einer sehr dichten Flüssigkeit. Deshalb konnte ich es buchstäblich auf meiner Hand zerfließen lassen. Gallium bleibt von allen Elementen über den größten Temperaturbereich flüssig. Zudem bildet es sehr schöne Kristalle.

Über Kanäle wie „Techtastisch“ können Menschen heute auf fundierte Informationen zugreifen und ihr Wissen auf unterhaltsame Art erweitern. Viele Zuschauer berichten, mein Kanal sei der Grund dafür, dass sie eine naturwissenschaftliche, technische oder mathematische Ausbildung gewählt hätten. Die Ideen für die Videos erhalte ich häufig von meiner Community. Oft setze ich die Wünsche noch in derselben Woche um.

Es ist toll, andere für die eigene Leidenschaft zu begeistern. Mich selbst haben die Youtube-Videos des Wissenschaftsjournalisten Christoph Krachten inspiriert. Sie haben mich ermutigt, meinen eigenen Kanal zu gründen. Als Kind liebte ich die Wissensserien „Forscherexpress“ oder „Wow – die Entdeckerzone“. Meinen Job als Youtuber mag ich sehr. Er bietet mir Gestaltungsfreiheit und Abwechslung. Außerdem kann ich mich dadurch ständig in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik sowie im Videodreh weiterbilden. Dass sich bei mir beruflich alles so gut gefügt hat, habe ich nicht zuletzt meiner Begegnung mit Gallium zu verdanken. —

# 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** Katharina Werle | **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 +49 201 177-3276 | E-Mail [elements@evonik.com](mailto:elements@evonik.com) | **BILDNACHWEISE** Titelillustration: FOREAL | S. 3: Kirsten Neumann/Evonik Industries AG | S. 4/5: Robert Eikelpoth | S. 6/7: Science Photo Library | S. 8/9: Getty Images, Katherine Rosengart, Amin Zadehnazari | S. 10–19: Robert Eikelpoth; Infografik: Maximilian Nertinger; Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss | S. 20–24: Verena Müller | S. 25–27: Maximilian Nertinger | S. 28–35: Robert Eikelpoth; Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss | S. 36/37: Maximilian Nertinger | S. 38–45: Getty Images/iStockphoto, Getty Images, Jeoffrey GUILLEMARD/HAYTHAM-REA/laif, Bloomberg via Getty Images (2) | S. 46–55: Javier Diez/Stocksy United, Robert Eikelpoth (10), Abolis (2), Evonik Industries AG; Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss | S. 56–57: Getty Images; Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss | S. 58: Robert Eikelpoth (2)

[elements.evonik.de](https://elements.evonik.de)

# »» Wenn es einen Weg gibt ...

... etwas besser zu machen: Finde ihn«, soll Thomas Alva Edison (1847–1931) gesagt haben. Der US-amerikanische Erfinder, Elektroingenieur und Unternehmer machte im Laufe seines Lebens über 2.000 Erfindungen und trug maßgeblich zur Elektrifizierung des Alltags bei.

Auch die Mobilitätswende erfordert Verbesserungen vorhandener Technik – vor allem bei der Speicherung von Strom. Fahrzeugakkus sollen sich zügig laden lassen, große Reichweite bieten und möglichst günstig herzustellen sein. Das Know-how von Evonik bei Polymeren trägt dazu bei, dass Batterien leistungsfähiger werden und Elektroautos sich schneller auf unseren Straßen durchsetzen.