

ELEMENTS

Forschen. Wissen. Zukunft.



Schöner Mist

**Hochleistungsmembranen helfen, aus Dung und Abfällen
hochreine Gase zu gewinnen → S.10**

Trojanisches Pferd: Transportsysteme für Kosmetikwirkstoffe → S.24

Purer Stoff: Wie Evonik dem Chipmangel entgegenwirkt → S.32

Erdgas

Natürlich vorkommendes, brennbares Gasgemisch

Erdgas ist ein fossiler Brennstoff, der aus dem Erdinnern gefördert wird, und besteht zu mehr als 90 Prozent aus Methan. Es ist ein wichtiger Energieträger für Haushalte und die Industrie, entstanden vor Millionen Jahren durch Ablagerung toter Biomasse auf dem Meeresgrund. Aus dieser Biomasse bildete sich Kerogen, der Ausgangsstoff für Erdgas. Eine nachhaltigere und ressourcenschonendere Energiequelle ist Biogas. Wie Erdgas ist es brennbar, besteht überwiegend aus Methan und wird aus der Vergärung von Biomasse gewonnen. Das darin gespeicherte CO₂ können Archaeobakterien mittels Methanogenese zu Methan reduzieren und an die Luft abgeben.

Kerogen In der Biomasse enthaltenes, wasserunlösliches, langkettiges Kohlenwasserstoffmolekül, das unter Sauerstoffmangel, Druck und hohen Temperaturen freigesetzt wird

Vergärung Mikrobiologischer Abbau organischer Stoffe unter Sauerstoffabschluss und hoher Feuchtigkeit

Archaeobakterien Urbakterien, die unter extremen Bedingungen wie hohen Temperaturen oder hoher Feuchtigkeit leben. Sie sind zum Beispiel in stehenden Gewässern, vulkanischen Gebieten und im Magen von Lebewesen zu finden.

Methanogenese Art der Energiegewinnung, die nur von Archaeobakterien praktiziert wird. Sie reduzieren dabei CO₂ zu Methan.



LIEBE LESERINNEN, LIEBE LESER,

es war ein uralter Traum der Alchemisten: aus einfachen Zutaten Gold herzustellen. Doch der ist ausgeträumt. Geblieben ist die Grundidee der Chemie, einfache Rohstoffe zu hochwertigen Produkten zu veredeln. Mist und Gülle sind definitiv simple Ausgangsstoffe. In einem Alpental werden daraus dank innovativer Trenntechnik von Evonik wertvolle Gase gewonnen.

Auch die moderne Wissenschaft kann also nicht aus Mist Gold machen. Aber reines Methan oder CO₂ in hoher Qualität sind wertvoller denn je, gerade in Europa. Biogas, das zeigt unser Titelthema, könnte helfen, weltweit die Versorgung zu sichern – und ein Abfallproblem lösen.

Noch älter als der Traum vom Gold ist der von ewiger Jugend. Auch hierfür existiert kein wissenschaftliches Rezept. Doch es gibt Mittel, Alterungsprozessen etwa der Haut entgegenzuwirken. Entscheidend ist, dass diese Stoffe dort ankommen, wo sie wirken. Trägersysteme von Evonik machen dies möglich – zum Teil mithilfe winziger Goldpartikel.

Ein Albtraum ist für Unternehmen der Mangel an Halbleitern. Inzwischen bewerten viele Staaten Chips als strategisches Gut und unterstützen den Aufbau nationaler Herstellungskapazitäten. Bei den High-End-Chips stoßen die Hersteller dabei in puncto Reinheit in neue Sphären vor. Evonik mischt mit: Die nötige Qualität gelingt nur mit Lösungen der Spezialchemie.

Ein Satz in eigener Sache. Ab dieser Ausgabe habe ich die Freude, Ihnen als Chefredakteur in der Nachfolge von Matthias Ruch unser Innovationsmagazin zu präsentieren. Wenn Sie Fragen, Anregungen oder Kritik haben, schreiben Sie mir: elements@evonik.com

Ich wünsche Ihnen eine spannende Lektüre mit neuen Einblicken.

Jörg Wagner
Chefredakteur

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



Eine hochmoderne Biogasanlage im Südtiroler Wipptal löst das Problem des Jungbauern Patrick Mayr und vieler seiner Kollegen in der Region: Wohin mit der klimaschädlichen Gülle aus der Milchviehhaltung?

BIOGAS

10 Pack das Milchvieh in den Tank

Der Tiger war gestern. In Südtirol machen sie vor, wie Gülle und Mist von Kühen aus der Region dafür genutzt werden, Lkw-Flotten mit Treibstoff zu versorgen. Möglich macht es eine Biogasanlage, die mittels Sepuran-Membranen von Evonik aus den Exkrementen hochreines Methan gewinnt und dann verflüssigt.

SCHAUBILD

18 Vom Müll zum Multitalent

Welche Ausgangsstoffe sich zur Herstellung von Biogas eignen – und was daraus werden kann

INTERVIEW

20 „Wir müssen schneller werden“

Kann Biogas fossiles Erdgas in großem Stil ersetzen? Harmen Dekker vom Europäischen Fachverband Biogas ist überzeugt davon – sofern die Rahmenbedingungen stimmen.

KOSMETIK

Enzym trifft Polymer: Infinitec kombiniert beides zu effektiven Wirkstoffträgersystemen.

24 Trojanische Präzisionspferde

Das Evonik-Unternehmen Infinitec entwickelt Trägersysteme, mit denen Wirkstoffe direkt in Zellen der Haut transportiert werden. Für die Kosmetikbranche eröffnen sich dadurch neue Möglichkeiten.

HALBLEITER

32 Gegen den Mangel

Der Chipmangel gefährdet weltweit das Wachstum. Nun sollen die Produktionskapazitäten kräftig ausgeweitet werden. Evonik steht bereit als Lieferant hochreiner chemischer Zutaten und Hilfsmittel.

DATA MINING

39 Sind noch Chips da?

Wer hat den größten Appetit auf Halbleiter? Und wer kann ihn stillen? Ein Überblick

PLASMAREAKTOREN

48 Chemie auf Knopfdruck

Mithilfe eines Plasmareaktors lässt sich bedarfsgerecht und ohne großen Aufwand Synthesegas herstellen. Ein Laborbesuch bei den Wissenschaftlern, die gemeinsam mit Evonik die Entwicklung vorantreiben

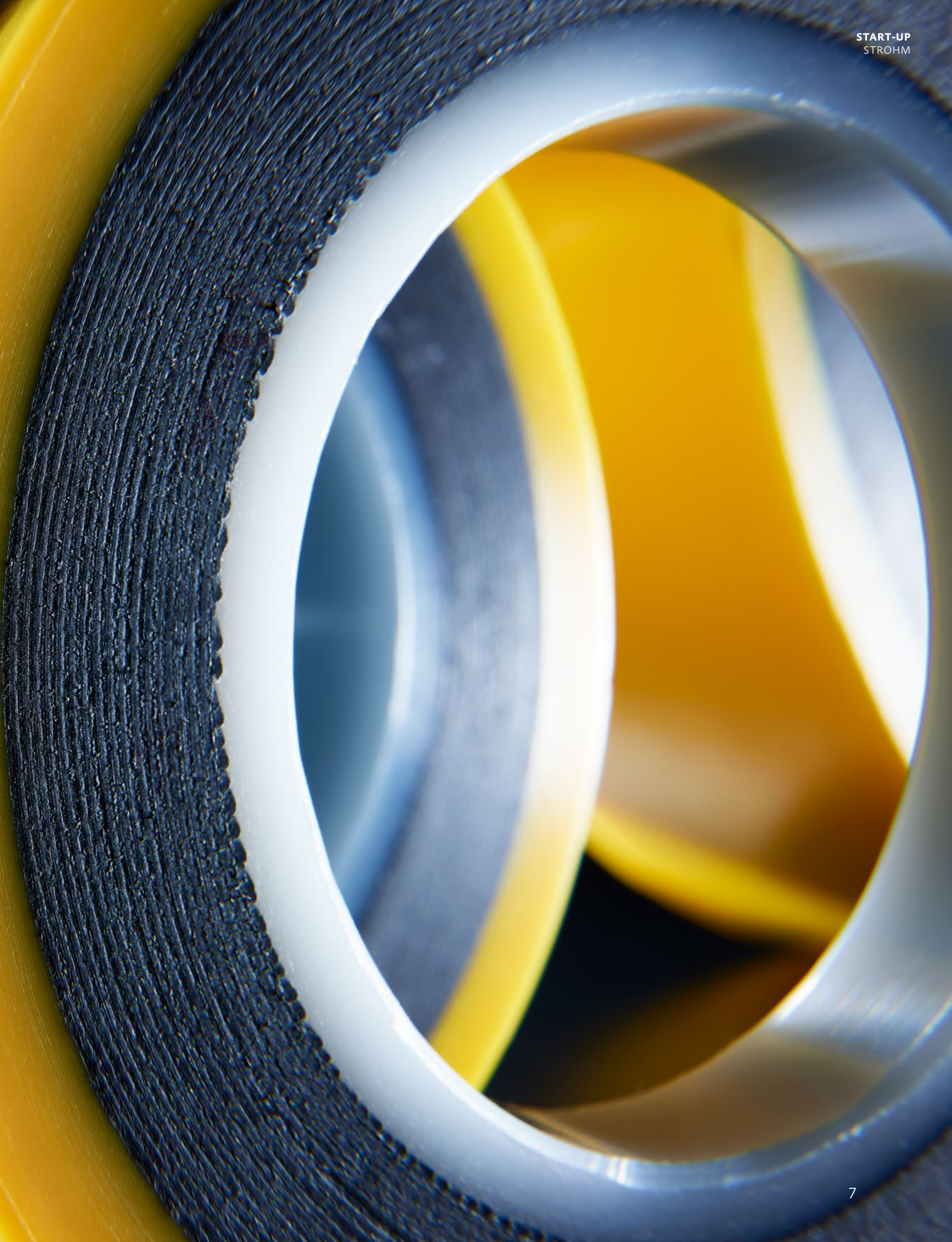


- 6 **START-UP**
Das niederländische Unternehmen Strohm produziert Röhren für den Wasserstofftransport.
- 8 **PERSPEKTIVEN**
Neues aus Wissenschaft und Forschung
- 40 **EVONIK-LAND**
Vereinigte Arabische Emirate
Zwischen Wüste und Meer setzt die Föderation zum Sprung in die Zukunft an.
- 54 **FORESIGHT**
Pustefix
Von Drohnen und Seifenblasen: wie Blüten bestäubt werden können, wenn Insekten fehlen
- 56 **IN MEINEM ELEMENT**
Sauerstoff
Apnoe-Taucher Herbert Nitsch über das elementarste aller Elemente
- 57 **IMPRESSUM**

Manchmal ist Wissenschaft handfest: Der Physiker Ronny Brandenburg (l.) und der Chemiker Ralf Jackstell arbeiten in Rostock an einem neuartigen Plasmareaktor.

LEICHTE LEITUNG

Umweltschonende Alternativen zu fossilen Energiequellen sind gut. Noch besser ist es, wenn diese Alternativen, beispielsweise grüner Wasserstoff, auch umweltschonend transportiert werden können. Hierfür hat das niederländische Start-up Strohm, mit dem Evonik seit 2009 kooperiert, eine Lösung: die Thermoplastic-Composite-Pipe-Technologie (TCP). Diese ermöglicht den Bau mehrschichtiger Rohre aus Glas- oder Kohlenstofffaser im Kern sowie Kunststoff in den Außen- und Innenschichten. Evonik liefert Strohm dafür ein stabilisierendes Tape aus Kohlenstofffaser und dem Polymer PA12. Die Rohre haben einen Durchmesser von nur von fünf bis 20 Zentimetern, sind sehr leicht und auf einer Trommel transportierbar, was die Installation im Vergleich zu üblichen Leitungen aus Stahl erheblich vereinfacht. Weitere Vorteile der TCP sind, dass die Rohre korrosionsfrei und unempfindlich gegenüber Versprödung sind. Zudem werden sie zu 100 Prozent mit grünem Strom produziert.



Keine Kratzer dank Sonnenlicht

Unter Hitzeeinfluss setzt eine spezielle Beschichtung selbstheilende Kräfte frei.

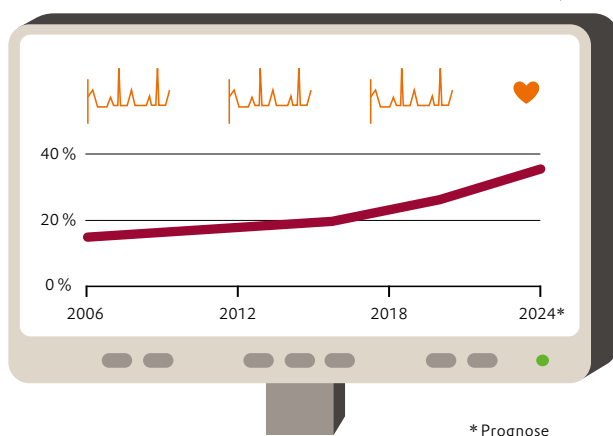
Ein Kratzer im Autolack ist ärgerlich. Nicht nur, weil er die Optik stört, sondern weil die beschädigte Lackschicht womöglich Feuchtigkeit durchlässt und die Bildung von Rost ermöglicht. Ein Forschungsteam des Korea Research Institute of Chemical Technology unter der Leitung von Dr. Jin Chul Kim hat jetzt eine Möglichkeit gefunden, Kratzer verschwinden zu lassen, noch ehe der Fahrzeugbesitzer sie überhaupt bemerkt – und das in weniger als 30 Minuten und allein mithilfe der Sonne. Ermöglicht wird dies durch ein neuartiges Beschichtungsharz, das über ein Polymer-Netzwerk aus dynamischen chemischen Bindungen verfügt. Falls diese sich durch eine Beschädigung auflösen, nehmen sie bei Stimulation



durch Hitze wieder ihre originale Ordnung ein. Dies gelingt durch Harnstoff und einen organischen, fotothermischen Farbstoff in der Beschichtung. Harnstoff bewirkt das wiederholte Zersetzen und Neuankordnen der Polymerstrukturen, während der Farbstoff dafür sorgt, dass die Verbindungen in der Beschichtung auf die Hitze reagieren. Trifft Sonnenlicht auf eine zerkratzte Fahrzeugoberfläche, steigt die Oberflächentemperatur und löst so den Selbstheilungsprozess der aufgebrochenen chemischen Bindungen aus: Wie von allein setzen sich wieder zusammen. Die Beschichtung ist transparent und lässt sich problemlos mit verschiedenen Lacken mischen.

BESSER IST DAS Forschen und heilen

Anteil biotechnologisch produzierter Arzneimittel
am weltweiten Pharmaumsatz



Mit der Entwicklung des mRNA-Impfstoffs gegen Covid-19 wurde das Potenzial der Biotechnologie besonders deutlich. Der stetige Anstieg des Anteils biotechnologisch hergestellter Präparate am weltweiten Arzneimittelumsatz ist ein hoffnungsvoller Indikator für medizinischen Fortschritt und die Bekämpfung schwerer Erkrankungen wie Krebs oder Diabetes. Spezialchemie hilft bei der Entwicklung und dem Einsatz der Präparate, beispielsweise in Form von Trägersystemen für mRNA-Impfstoffe.

Quelle: Statista 2022 & Evaluate

1

MINUTE

braucht eine neuartige Aluminium-Schwefel-Batterie maximal, um sich vollständig aufzuladen. Die Innovation von Forschern aus den USA könnte eine kostengünstige und ressourcenschonende Alternative für Lithium-Ionen-Batterien sein. Sie eignet sich laut den Entwicklern besonders für stationäre Kleinspeicher, etwa Wallboxen.

GLASFASER ...

... in Verbindung mit Kunststoff resultiert in einem leichten und langlebigen Material, aus dem zum Beispiel Rotorblätter für Windräder hergestellt werden können. Allerdings ist glasfaserverstärkter Kunststoff nur schwer recycelbar. Ein neues Verbundharz soll dies ändern: US-Forscher kombinierten die Glasfasern mit einem pflanzlichen und einem synthetischen Polymer. Diese Mischung ließ sich auflösen und zu zahlreichen Produkten weiterverwerten, darunter neuen Rotoren, Windeln – und Gummibärchen.

Energie in Pulverform

Wissenschaftler nutzen Bornitrid, um Wasserstoff zu speichern.

Auf der Suche nach alternativen Energie- und Kraftstoffquellen setzen Forscher weltweit ihre Hoffnung auf Wasserstoff. Jedoch kann dieser sowohl in gasförmigem als auch in flüssigem Zustand nur unter immensem Energieaufwand gespeichert werden. Australische Forscher der Deakin University unter Dr. Srikanth Mateti haben nun eine Entdeckung gemacht, mit der Wasserstoff in Pulverform sicher gespeichert und transportiert werden könnte. Den Schlüssel fanden sie durch einen Zufall in Bornitrid, einer Bor-Stickstoff-Verbindung. Über eine

mechanisch-chemische Methode konnte das Team gasförmigen Wasserstoff in pulverisiertem Bornitrid einschließen. Wurde das Pulver später erhitzt, konnte das Gas wieder freigesetzt werden. Die Technologie verlangt nur geringen Druck und niedrige Temperaturen und produziert weder Abfall noch Nebenprodukte. Zudem kann das Bornitrid-Pulver mehrfach für den gleichen Prozess wiederverwendet werden. Nun sollen weitere Tests folgen, um das Verfahren validiert in den industriellen Maßstab zu überführen.

MENSCH & VISION

»Unsere Geräte sind so leicht, dass sie wie Lotosblätter auf dem Wasser treiben.«



DER MENSCH

Virgil Andrei studierte Chemie an der Humboldt-Universität zu Berlin. Später zog der gebürtige Rumäne nach Großbritannien, wo er in Cambridge über künstliche Blätter promovierte. Aktuell ist er dort als wissenschaftlicher Mitarbeiter am St John's College tätig. Kürzlich verbrachte Andrei sechs Monate in den USA, wo er die Herstellung von Multikohlenstoffprodukten aus CO₂ und Wasser erforschte. Der Forscher, der sich von jeher für erneuerbare Energien interessiert, sieht seine Auslandserfahrungen als Kapital: „Sie inspirieren mich und formen meine Vorstellung von nachhaltiger Forschung.“

DIE VISION

Gemeinsam mit einem interdisziplinären Team hat Virgil Andrei ein blattähnliches Gerät entwickelt, das nachhaltige Kraftstoffe aus Wasser und Sonnenlicht generiert. Es besteht aus Perowskit- und Metalloxid-Lichtabsorbern, die auf flexiblen Kunststoff- und Metallfolien angebracht sind. „Unsere Geräte sind so leicht, dass sie wie Lotosblätter auf dem Wasser treiben“, so der Wissenschaftler. Andrei und sein Team wollen die Blätter nun in Quadratmetergröße produzieren und für die dezentrale Produktion von Kraftstoffen nutzen. Besonders geeignet wären sie für den Einsatz an entlegenen Orten oder in Schiffstankstellen.

GUTE FRAGE



Herr Nyström, werfen wir Batterien bald in den Papierkorb?

Gut möglich. Elektroabfall ist ein großes Problem, und Batterien sind besonders toxisch. Darum erforschen wir nachhaltige Materialien, Tinten und additive Fertigungstechniken, um biologisch abbaubare Papierbatterien zu drucken. Dafür werden Anode und Kathode mit speziellen Tinten auf ein kleines Stück Papier gedruckt, das mit Salz durchtränkt ist. Bei Kontakt mit Wasser löst sich das Salz. Die Salzwasserlösung, die dabei entsteht, dient als Elektrolyt und aktiviert die Papierbatterie. Unsere Technologie hat das Potenzial, herkömmliche Akkus in Anwendungen mit niedrigem Stromverbrauch zu ersetzen. Davon könnten unter anderem die Bereiche der Umweltsensorik, Logistiküberwachung und des Gesundheitswesens profitieren. Und am Ende ihrer Lebensdauer belasten unsere Batterien nicht die Umwelt.

Gustav Nyström leitet das Forschungslabor für Zellulose und Holzmaterialien an der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt und ist Dozent an der ETH Zürich.



Im Südtiroler Wipptal wird seit 2017 Biogas produziert. Das daraus gewonnene Biomethan dient in verflüssigter Form den Lkw mehrerer lokaler Speditionen als Treibstoff.



TALENTAL HOFFERUNG

In Müll, Mist und Abwässern steckt jede Menge Potenzial. Über die Gewinnung von Biogas lassen sich daraus mithilfe von Hochleistungsmembranen von Evonik Energieträger und wertvolle Rohstoffe für die Industrie gewinnen. Eine Anlage in Südtirol zeigt im Kleinen, wie aus einem Problem eine gewinnbringende Lösung für alle Beteiligten wird.

TEXT CHRISTOPH BAUER



Der Hof der Familie Mayr liegt malerisch am Rande des Örtchens Pfitsch im Südtiroler Wipptal. Richtung Süden fällt der Blick über sattgrüne Wiesen und Maisfelder, Richtung Norden liegt der 1.600 Meter hohe Höllenkragen. Gleich hinter dem Wohnhaus mit dem traditionellen Holzbalkon schauen neugierige Kälbchen durch eine Stalltür. Über der Szenerie schwebt eine leichte Note Kuhduft.

Kaum vorstellbar, dass in den vier Stallungen des Mayr-Hofs insgesamt 300 Kühe stehen, von denen jede – wenn sie ausgewachsen ist – täglich nicht nur 32 Liter Milch produzieren kann, sondern auch etwa 50 Liter Gülle und vier Kilo Mist. Gemeinsam mit seinen Kindern füttert Patrick Mayr gerade die Tiere mit Mais-silage, die Ställe sind groß mit hohen Dächern und picobello sauber. Doch ein entsprechend großer Misthaufen und eine riesige Güllegrube finden sich auf dem Hof des Bauern nicht, die Hinterlassenschaften der Rindviecher werden regelmäßig abgeholt. →



Die gewaltigen Mengen tierischer Ausscheidungen stellen Betriebe in der idyllischen Bergwelt vor eine große Herausforderung. „Früher haben wir Mist und Gülle zu den Obst- und den Weinbauern gebracht“, erzählt Jungbauer Mayr, „aber die konnten den Mist nur im Herbst und die Gülle nur im Frühjahr gebrauchen.“ Zudem setzen strengere Vorschriften der Europäischen Union Grenzen, denn zu viel Gülle auf zu wenig Fläche stellt eine Gefahr für das Grundwasser dar. Die Landwirte standen vor der Wahl: entweder weniger Kühe halten oder eine Lösung für die Hinterlassenschaften des Rindviehs finden.

BIOTREIBSTOFF FÜR LASTWAGEN

Im Wipptal fahren graue Sattelzüge und ockergelbe Tankwagen von Hof zu Hof. Sie sammeln Mist und Gülle ein und bringen sie nach Pfitsch, wo in einer nagelneuen Anlage Kohlendioxid (CO₂) und Biomethan (CH₄) hergestellt werden – mithilfe der Hochleistungsmembran Sepuran Green von Evonik. Vor den Werkstoren steht eine Lkw-Zapfsäule, an der die Fahrzeuge der Gesellschafter mit verflüssigtem Biomethan (Bio-LNG, also Liquefied Natural Gas) betankt werden können. 400 Liter passen in einen Tank. „Wir haben ausgerechnet, dass für diese Menge an Bio-LNG ziemlich genau der übers Jahr produzierte Mist und die Gülle einer einzigen Kuh benötigt werden“, sagt Manfred Gius, CEO von Biogas Wipptal.

In Pfitsch machen sie vor, wie sich viele Probleme der modernen Landwirtschaft mit einem Schlag lösen lassen. Denn nicht nur die Überdüngung von Feldern und die Belästigung der Anrainer durch den Geruch der

Landwirt Patrick Mayr ist froh, dass er einen Abnehmer für die Gülle seiner 300 Kühe hat. Das verflüssigte Biomethan wird neben der Biogasanlage in gekühlten Tanks gelagert (rechts).



Jauche erhöhen den Handlungsdruck. Das in Gülle und Mist gebundene Methan ist ein besonders schädliches Treibhausgas. Der Anteil von CH₄ an den menschgemachten Treibhausgasemissionen beträgt zwar nur etwa drei Prozent, das Gas ist aber für 0,5 Grad der Erderwärmung verantwortlich, die bisher bei etwa 1,1 Grad liegt. Der größte Teil des weltweiten Methan-Ausstoßes wird durch menschliches Handeln verursacht. Dabei fallen drei Sektoren besonders ins Gewicht: die Landwirtschaft mit 40 Prozent, die Energiewirtschaft mit 37 Prozent und die Abfallwirtschaft mit 19 Prozent.

Würde das Biogas, das in all diesen Sektoren anfällt, konsequent aufbereitet, könnte es große Teile der fossilen Erdgasproduktion ersetzen – und jede Menge weiterer nützlicher Stoffe hervorbringen. Dr. Götz Baumgarten, der bei Evonik maßgeblich an der Entwicklung der Sepuran-Membranen beteiligt war, registriert weltweit ein wachsendes Interesse an der Produktion von Biogas: „Aktuell engagiert Nordamerika sich stark. Dort stehen Abfallstoffe im Mittelpunkt. Doch auch die Regionen entlang des Äquators haben aufgrund des schnellen Wachstums der dortigen Vegetation viel Potenzial.“

WOHIN MIT DEM MIST?

Die Südtiroler Anlage zeigt im Kleinen, wie Biogas effizient genutzt werden kann. Die eingesetzte Membran separiert Biomethan in rund 97-prozentiger Konzentration. Das im Biogas enthaltene CO₂ ist nach der abschließenden Aufbereitung sogar so rein, dass es sich für den Einsatz in Lebensmitteln eignet, zum Beispiel als Kohlensäure in Getränken. Zugleich senken die Milchbauern die Belastung der Atmosphäre durch ihre Höfe um 30 bis 40 Prozent.

Die Bauern in der Region schonen mit ihrer Anlage nicht nur das Weltklima, sondern sichern ihr eigenes Überleben. Eine Verringerung des Viehbestands oder ein Abtransport des Mistes wäre für viele dieser Landwirte, die oft noch einem anderen Beruf nachgehen,

das wirtschaftliche Aus gewesen. So entstand 2008 der Gedanke, den Mist zur Gewinnung von Biogas zu nutzen, um daraus Strom zu produzieren. Gut 40 Bauern standen hinter dieser Idee. Doch nicht alle im Tal schrien Hurra. Manche befürchteten eine Geruchsbelästigung durch die Anlage oder hatten Sorge, dass Weiden zu Äckern für Energiepflanzen umgenutzt würden. Acht Jahre dauerte es, bis ein Standort für die Biogasanlage bereitstand und alle Genehmigungen auf dem Tisch lagen. Der Preis, der sich für die Kilowattstunde Strom erzielen ließ, war seit dem Projektstart allerdings so stark gefallen, dass sich das Ganze nicht mehr lohnte.

2018 erließ der italienische Staat jedoch ein Gesetz zur Förderung von Biomethan für den Schwerlastverkehr – und die Südtiroler Landwirte schwenkten von Strom auf Kraftstoff um. Die dafür nötige Technologie fanden sie rund 250 Kilometer nordöstlich im österreichischen Schörfing am Attersee. Dort produziert Evonik seit 2011 Hochleistungsmembranen, die aus Biogas hochreines Biomethan und natürliches Kohlendioxid herstellen.

Die unter dem Produktnamen Sepuran verkauften Membranen erinnern in Form und Farbe an Makkaroni. Nach den Lösungen für Biogas folgten in den vergangenen Jahren Module, die etwa Wasserstoff, Helium, Stickstoff oder Sauerstoff abscheiden können. Die winzigen Röhrchen aus Hochleistungspolymeren werden zu Tausenden in Edelstahlröhren gepackt und fixiert. →

Regelmäßig holt ein Tankwagen die Gülle von den Höfen der Region und liefert sie in der Biogasanlage ab.



Das Biogas wird vorgereinigt und dann durch diese Module hindurchgepresst. Aufgrund der unterschiedlichen Molekülgröße entweichen Kohlendioxid und Wasserdampf seitlich durch die Membran, während das Methan am anderen Ende in hoher Reinheit ankommt. „Unsere Membranen haben sich als sehr robust erwiesen“, sagt Evonik-Experte Baumgarten, „selbst die ersten Anlagen laufen noch problemlos.“

In den vergangenen elf Jahren habe man allerdings große Fortschritte gemacht, was Kapazität und Effizienz angeht. Ursprünglich waren Sepuran-Green-Membranen für kleinere Mengen vorgesehen. Heute kommen sie auch in großem Maßstab zum Einsatz – in Biogasanlagen. Ein Netzwerk von Partnerunternehmen baut sie weltweit auf. Baumgarten rechnet damit, dass die Membranen die gesamte Laufzeit einer Biogasanlage durchhalten: „Ersatzgeschäft haben wir praktisch gar nicht.“

In Pfitsch holten die Bauern potenzielle Abnehmer des in ihrer Anlage produzierten Methans als Investoren mit ins Boot: die Logistikunternehmen Fercam und TransBozen sowie den örtlichen Vertragshändler des Lkw-Herstellers Iveco. Sie alle nutzen das Gas in verflüssigter Form als Kraftstoff für ihre Lastwagen. Die Gesellschafter beteiligten sich finanziell am Neudesign der Anlage, die Manfred Gius steuert. Der Ingenieur leitete zuvor Projekte im Pipeline- und Gasanlagenbau in verschiedenen Ländern – und stammt aus Südtirol. „Ich kenne einiges im Gasanlagenbau“, berichtet der heutige Chef des Unternehmens, „aber dieses Konzept ist meines Wissens zumindest in Europa einmalig.“

Die Südtiroler hatten nämlich die Idee, nicht nur Biomethan und Bio-CO₂ zu produzieren, sondern Mist und Gülle bis zum letzten Krümel und Tropfen ökologisch und ökonomisch sinnvoll zu nutzen. 60 Landwirte beteiligen sich inzwischen an Biogas Wipptal, 130 lassen ihren Mist und ihre Gülle dort verwerten.

BAKTERIEN ERLEDIGEN DIE ARBEIT

Der Mist, der per Lkw von den Höfen in die Anlage gebracht wird, landet zunächst in einem 1.200 Kubikmeter großen Lagerbunker. Dort wird er vollautomatisch gehackt, mit Gülle verflüssigt und in Fermenter

gepumpt, in denen ein natürlicher Bakterienstamm die organischen Verdauungsreste unter Luftabschluss zersetzt und dabei Biomethan produziert. Die vier Pre- und vier Postfermenter mit ihren markanten gelben Kuppeln fassen insgesamt 32.000 Kubikmeter.

30 Tage lang rotet der Mist in den Prefermentern und gibt dabei rund 85 Prozent des Biomethans ab, in weiteren 30 Tagen holen die Wipptaler in den Postfermentern die letzten 15 Prozent heraus. Dem Großteil der Gülle aus dem Gärrest wird per Umkehr-Osmose das Wasser entzogen. Das Verfahren entwickelte ein US-Unternehmen. Mittels einer vibrierenden Membran wird verhindert, dass das System verstopft. 50.000 Kubikmeter reines Wasser in Trinkwasserqualität werden so jährlich zurückgewonnen und in den ans Werksgelände angrenzenden Pfitscherbach eingeleitet.

»Die jährliche Menge Mist und Gülle einer Kuh reicht für einen Tank voll Bio-LNG.«

MANFRED GIUS, CEO BIOGAS WIPPTAL





Ein Teil der Gärüberbleibsel aus den Fermentern wird mit Restfeuchte an Gemüse- und Obstbauern verkauft, die ihn speziell in den Wachstumsphasen ihrer Pflanzen nutzen. Da der Dünger nicht so schnell versickert wie Gülle, kann er sparsamer aufgebracht werden und belastet das Grundwasser weniger stark. Der andere Teil wird getrocknet, zu geruchlosen Pellets gepresst und als Langzeitdünger vermarktet – alles in recycelbaren Papiertüten verpackt. Die Bauern, die ihren Mist anliefern, erhalten den Dünger sogar gratis. „Die Touristikbüros und Hoteliers sind begeistert“, so Gius, „dass über den Wiesen kein Geruch von Mist und Gülle mehr liegt.“

Das Biomethan wird bei minus 150 Grad verflüssigt und unter laufender Qualitätskontrolle in drei zylinderförmigen weißen Tanks am Rand der Anlage gespeichert. Von dort können es die beteiligten Unternehmen entweder direkt per Zapfsäule in ihre Lkw-Tanks abfüllen, oder es wird per Lastzug abgeholt und verkauft.

WELTWEITES INTERESSE

Italien ist nach Deutschland der zweitgrößte Biogasmarkt in der Europäischen Union. Auch in Ländern wie Frankreich oder Dänemark ist der Zuwachs in den vergangenen Jahren enorm. Zumeist produzieren die Anlagen Strom und Wärme, die entweder dezentral genutzt oder in Versorgungsnetze eingespeist werden. Die Produktion von Biomethan als Kraftstoff, als Heizgas oder als chemischer Grundstoff gewinnt jedoch an Bedeutung – nicht zuletzt wegen der stark gestiegenen Erdgaspreise (siehe Interview Seite 20). Im vergangenen Jahr machte aufbereitetes Biogas bereits 25 Prozent der dänischen Gasversorgung aus. Ziel der Regierung in Kopenhagen ist es, Biomethan vor allem in der Industrie einzusetzen,

Der angelieferte Kuhmist wird mit einem Greifer automatisch von der Anlage befördert (oben). Ganz am Ende des Prozesses bleiben geruchlose, gepresste Düngerpellets übrig.



zur Energiegewinnung oder als chemischen Rohstoff. Auf der Insel Fünen läuft seit 2020 eine Biogasanlage, die mithilfe der Sepuran-Green-Membranen von Evonik aus Silage, Mist und Gülle Biomethan produziert.

Auch in den USA gibt es neuerdings ein Bekenntnis zu Biogas. Der Kongress beschloss Mitte dieses Jahres den Inflation Reduction Act. Er enthält ein 369 Millionen \$ schweres Paket zum Klimaschutz. Bis 2030 sollen die Treibhausgasemissionen um 40 Prozent reduziert werden. Inzwischen ist Biogas in den USA neben Wind- und Solarkraft gesetzlich als erneuerbarer Energieträger anerkannt. Viele Unternehmen mit großer Fahrzeugflotte wie das Onlineversandhaus Amazon, der Logistikdienstleister UPS oder die Handelskette Walmart nutzen dies und wollen mittels Biomethan ihren CO₂-Fußabdruck ein paar Nummern kleiner machen. Kalifornien →

»Unsere Membranen haben sich als sehr robust erwiesen.«



GÖTZ BAUMGARTEN, CHEF DER MEMBRANENTWICKLUNG BEI EVONIK



Module mit Evonik-Membranen trennen das vorgereinigte Biogas in Biomethan und Biokohlendioxid.

begünstigt Kraftstoffe steuerlich, die dem „low carbon fuel standard“ entsprechen – dabei ist es unerheblich, in welchem US-Bundesstaat das Biomethan eingespeist wurde.

Zu den großen Biogasproduzenten in den USA zählen die Fair Oaks Farms im Bundesstaat Indiana. Dort wird wie in Südtirol Milch produziert, jedoch in völlig anderen Dimensionen: Rund 35.000 Milchkühe sind auf mehrere Anlagen verteilt. Auch auf den Fair Oaks Farms kommen Sepuran-Green-Membranen zur Aufarbeitung des Biogases zum Einsatz.

ENERGIEQUELLE DEPONIEABFÄLLE

Neben Substraten aus der Landwirtschaft geraten in den USA die Abfälle in den Blickpunkt der Biogasbranche. Während sie in Europa bereits seit Jahrzehnten getrennt werden und der Restmüll in der Regel verbrannt wird, sind in den USA Deponien noch üblich. Und in denen bilden sich beim Verrotten der Abfälle Unmengen an Methan. Die Stadt Dubuque in Iowa nutzt seit einigen Jahren Methan aus ihrer Deponie, um insgesamt 2.700 Haushalte mit Wärme zu versorgen. Das Potenzial dieser Energiequelle sei enorm, erläutert Martin Reiser vom

Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart: „Pro Tonne ungetrennten Hausmüll entstehen etwa 150 bis 200 Kubikmeter Deponiegas. Und das besteht zu etwa 60 Prozent aus Methan.“

In Dubuque wurde vor gut einem Jahr bereits die fünfte Gasaufbereitungsanlage in Betrieb genommen, die mit Sepuran-Green-Membranen bestückt ist. Auch dank der Nutzung von Biogas hat die Stadt ihren Klimagasausstoß seit 2016 um zwei Drittel reduziert. Würden andere Kommunen folgen, wäre der Effekt für die Erdatmosphäre gewaltig. Forschende des SRON Netherlands Institute for Space Research fanden anhand neuer Satellitendaten heraus, dass Müllkippen noch mehr Methan freisetzen als bislang angenommen. Sie untersuchten große Deponien in Buenos Aires in Argentinien, Delhi und Mumbai in Indien sowie Lahore in Pakistan. Die Daten zeigen, dass die Städte 1,4- bis 2,6-mal so viel Treibhausgas produzieren, wie bisherige Datensätze nahelegen, und dass Mülldeponien bis zu 50 Prozent dieser Emissionen verursachen.

SPRUDEL AUS BIOGAS

Auch bei der Aufbereitung und Verwertung von Biogas gibt es laut dem deutschen Fachverband Biogas noch Potenzial. So werden Biomethan und Bio-CO₂ mit anderen Nebenstoffen in vielen Anlagen zusammen verstromt – dabei dämpft das Kohlendioxid den Wirkungsgrad erheblich. Mit Sepuran-Green-Membranen lässt es sich abtrennen und separat vom Biomethan verwerten. Das natürliche CO₂ ist als Rohstoff sehr begehrt, zum Beispiel als Kohlensäure in der Getränkeindustrie, aber auch zur Lebensmittelverpackung oder als Wachstumsbeschleuniger in Gewächshäusern.

Im mecklenburgischen Güstrow wird derzeit eine Biogasanlage umgerüstet, um Bio-CO₂ abzutrennen und für den Weitertransport zu verflüssigen. Seit 2009 wurde hier aus jährlich 400.000 Tonnen Substrat, das über-

Die Biogasanlage in Wipptal produziert jährlich 4.000 Tonnen Biomethan, rund 7.000 Tonnen natürliches Kohlendioxid sowie 30.000 Tonnen Flüssigdünger und 5.000 Tonnen Dünger in Pelletform.



wiegend aus Mais, aber auch aus Ganzpflanzensilage, Getreide und Grassilage bestand, Biomethan hergestellt und in das 25-Bar-Erdgasnetz eingespeist. Mehr produziert keine Anlage in Deutschland. Konstrukteur EnviTec Biogas hat sie im April 2021 selbst übernommen und umkonzipiert.

Das neue Betriebsmodell sieht vor, den Input auf 150.000 Tonnen Substrat pro Jahr zu verringern, dafür aber überwiegend landwirtschaftliche Reststoffe zu verwerten. Neben flüssigem CO₂ wird in Deutschlands Nordosten – wie in Südtirol – künftig auch Bio-LNG mit Sepuran-Green-Modulen hergestellt. Für den Geschäftsführer des an Biogas Wipptal beteiligten Logistikunternehmens Fercam, Hannes Baumgartner, ist Flüssig-Biomethan der ideale Lkw-Kraftstoff: „Es produziert bei der Verbrennung wesentlich weniger Schadstoffe und CO₂ als Diesel. Durch den Einsatz von Bio-LNG können wir künftig nahezu CO₂-neutral arbeiten.“ Flüssiggas sei vor allem für den Schwerlastverkehr über weitere Strecken von Vorteil, weil das Gas mit zunehmender Erwärmung verdampft. Für kürzere Entfernungen mit vielen Stopps habe sich komprimiertes, gasförmiges Biomethan als besser geeignet erwiesen.

DAS INTERESSE WÄCHST

Absatzprobleme kennen die Wipptaler Bio-LNG-Produzenten nicht. Einen Teil des Kraftstoffs nutzen die Gesellschafter selbst. Für den Rest erzielen sie die besten

Preise derzeit in Deutschland, da sich Unternehmen mit der Nutzung von Bio-LNG den Kauf von CO₂-Zertifikaten sparen können. Auch Evonik setzt vermehrt auf Bio-LNG, das der Konzern von Shell bezieht. Der Energiemulti investiert aktuell in eine Biogasanlage im Rheinland, die 100.000 Tonnen Flüssiggas pro Jahr produzieren soll. Die Produktionsanlage für Sepuran-Module in Schörföling bezieht ihre Energie bereits vollständig aus Biomethan.

Auch in Südtirol gibt es Potenzial für Wachstum. „Wir sind ein kleines Unternehmen mit nur fünf eigenen Mitarbeitern“, sagt Wipptal-Biogas-Chef Manfred Gius, „aber allein in Südtirol könnten theoretisch noch neun weitere Anlagen dieser Größe allein mit Mist und Gülle betrieben werden.“ Zudem gebe es jenseits der Landwirtschaft jede Menge organische Abfälle, die sich nutzen ließen. „Auf Energiepflanzen müssten wir jedenfalls nicht zurückzugreifen“, sagt Gius. —



Christoph Bauer ist Journalist. Er arbeitet in der Kommunikationsabteilung von Evonik. In Südtirol lernte er, dass traditionelle Landwirte beim Klimaschutz Avantgardisten sein können.

Getrennte Wege

Methan und Kohlendioxid sind ein wichtiger Grundstock chemischer Prozesse. Hochleistungsmembranen machen es möglich, sie in hoher Reinheit aus Biogas zu gewinnen, das in großen Mengen verfügbar ist.

INFOGRAFIK **MAXIMILIAN NERTINGER**

AUSGANGSSTOFFE

Die Ausgangsstoffe für die Biogasproduktion stammen aus unterschiedlichen Quellen.

BIOMÜLL

Organische Abfälle aus Haus- und Industiemüll



KLÄRSCHLAMM

Reststoffe aus Abwässern in Kläranlagen



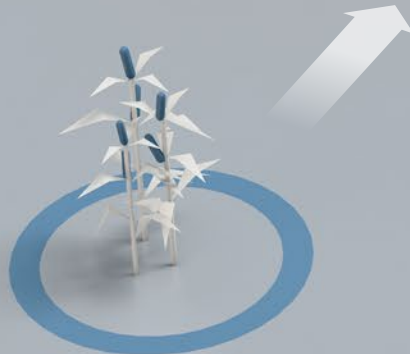
GÜLLE

Abfallstoffe der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung



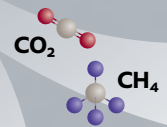
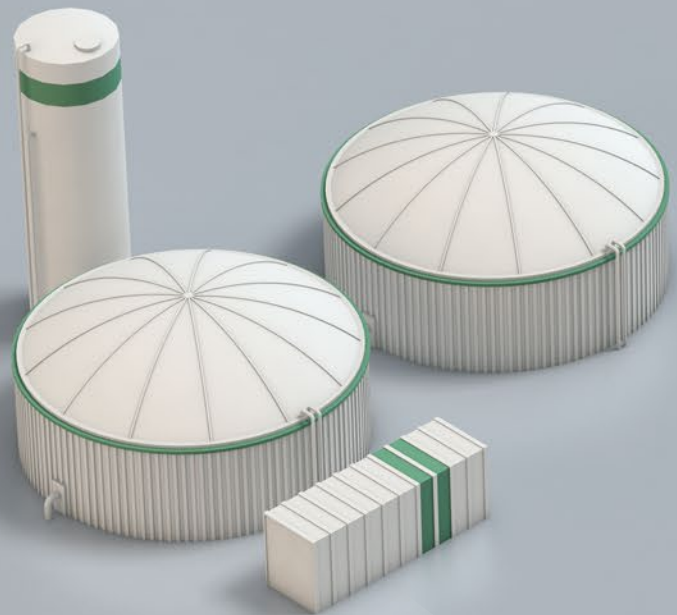
ENERGIEPFLANZEN

Pflanzen, die vergärbare Biomasse produzieren, vor allem Mais, Getreide, Gräser, Zuckerrohr



BIOGASANLAGE

Hier fermentieren die Ausgangsstoffe unter Ausschluss von Sauerstoff zu einem Gemisch aus CO₂ und CH₄.



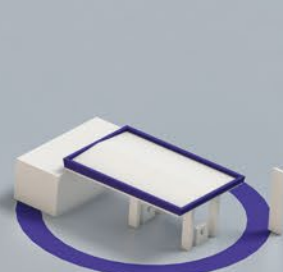
Aufreinigung
Verunreinigungen werden aus dem Gasgemisch entfernt.



ELEKTRISCHER STROM
Gaskraftwerke erzeugen aus Methan dezentral Strom und Wärme.



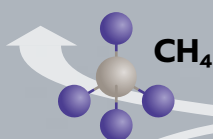
INDUSTRIELLE PROZESSE
Methan ist ein wichtiges Ausgangsprodukt für technische Synthesen von Wasserstoff, Methanol oder Ammoniak.



VERKEHR
CH₄ wird zu CNG komprimiert oder zu LNG verflüssigt und als Kraftstoff für Lkw und Pkw genutzt.



ENERGIE
Das Methan kann auch direkt ins Erdgasnetz eingespeist werden.

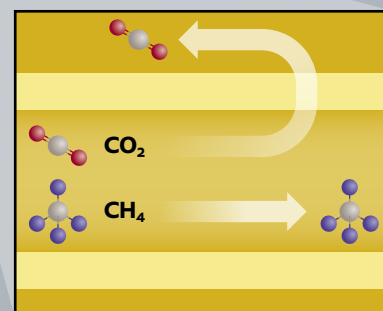


Endreinigung
Bevor das CH₄ weiterverwendet werden kann, wird seine Reinheit von 97 auf 99 Prozent erhöht.

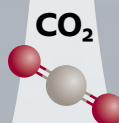
SEPURAN-MEMBRAN

Hier wird Biogas in seine Hauptbestandteile Methan und Kohlendioxid getrennt.

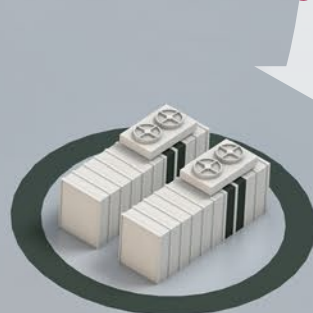
Gehäuse aus Edelstahl



Hohlfasermembranen
Mehrere Zehntausend Hohlfasermembranen führen CH₄ ab und lassen CO₂ nach außen diffundieren. Der Reinheitsgrad der jeweiligen Gase liegt bei bis zu 97 Prozent.



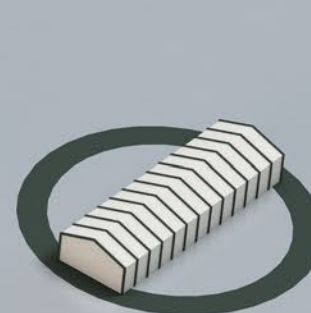
INDUSTRIELLE PRODUKTION
In der chemischen Industrie dient CO₂ als Grundstoff für verschiedene Produkte.



METHANISIERUNG
Aus der Verbindung von grünem Wasserstoff (H₂) und Bio-CO₂ kann mittels Methanisierung grünes CH₄ hergestellt werden.



LEBENSMITTEL
Getränkehersteller setzen hochreines CO₂ als Kohlensäure ein.



LANDWIRTSCHAFT
In Gewächshäusern wird CO₂ als gasförmiger Dünger genutzt.

»Wenn alles passt, können wir es schaffen«

Die Europäische Union will bis 2030 ein Fünftel der Gasimporte aus Russland durch Biomethan ersetzen. Der Vorsitzende des Europäischen Fachverbands Biogas (EBA), Harmen Dekker, hält das für realistisch, vorausgesetzt, die Anlagen werden schneller genehmigt – und die Anwohner profitieren stärker davon.

INTERVIEW CHRISTOPH BAUER & CHRISTIAN BAULIG

Herr Dekker, bis Anfang 2022 war Biogas doppelt so teuer wie Erdgas und daher kaum wettbewerbsfähig. Seitdem ist der Erdgaspreis enorm gestiegen – und Biogas gilt als tragfähige Alternative. Wird ausgerechnet die russische Invasion in die Ukraine diesem Energieträger zum Durchbruch verhelfen?

HARMEN DEKKER: Vielleicht in gewissem Umfang. Allerdings steht Biogas beziehungsweise Biomethan bereits seit einiger Zeit im Blickpunkt. Beim EBA haben wir in ganz Europa unermüdlich an die Türen der politischen Entscheidungsträger geklopft. Bereits ein Jahr vor Ausbruch der Krise gab es ein gesteigertes Interesse an Biomethan – aus zwei Gründen. Zum einen wollte die EU-Kommission ihr „Fit for 55“-Ziel erreichen, das eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen um mindestens 55 Prozent innerhalb der kommenden sieben Jahre vorsieht. Zum anderen rich-teten Unternehmen, die sich zum Pariser Abkommen bekennen und ihre Klimaziele erreichen müssen, ihren Blick verstärkt auf Biomethan.

Die EU-Kommission will bis 2030 ein Fünftel der derzeitigen Gasimporte der EU aus Russland durch Biogas ersetzen. Das sind 35 Milliarden Kubikmeter. Ist das ein realistisches Ziel?

Auf jeden Fall. Wir haben alle europäischen Biogasstudien der vergangenen Jahre verglichen und festgestellt, dass das Gesamtpotenzial für nachhaltiges Gas bis 2050 kontinuierlich auf 167 Milliarden Kubikmeter steigt. Und dabei haben wir nicht einmal die gesamte

Biomasse oder Gülle berücksichtigt, die zur Verfügung steht. Mit Blick auf 2030 habe ich keinen Zweifel daran, dass wir es schaffen können, wenn alles passt. Nur um Ihnen eine Vorstellung zu geben: Wir benötigen etwa 5.000 Biogasanlagen für 35 Milliarden Kubikmeter. Deutschland hat es nach 2006 geschafft, innerhalb von neun Jahren 6.000 Anlagen zu bauen.

Was sind die größten Engpässe?

Erstens können die Genehmigungsverfahren für den Bau einer Biogasanlage in Europa ewig dauern. Durchschnittliche Bearbeitungszeiten von bis zu vier Jahren sind jetzt, da wir Energiesicherheit brauchen, nicht akzeptabel. Zweitens benötigen wir einen Markt, in dem Methan frei zwischen den Ländern fließen kann. Wir müssen sicherstellen, dass die Grenzen geöffnet werden, wie beim Strommarkt. Drittens brauchen wir mehr Personal, das sich mit erneuerbaren Energien auskennt. Zudem müssen wir verstärkt nachhaltige Rohstoffe beschaffen und einen stabilen Regulierungsrahmen in ganz Europa gewährleisten.

Bisher ist die Qualität von Biomethan von Land zu Land unterschiedlich, was ein Hemmnis für den grenzüberschreitenden Handel darstellt.

Ja, allerdings gibt es auch beim Erdgas Qualitätsunterschiede, je nachdem ob es etwa aus Norwegen, Russland oder den Niederlanden kommt. Beim Biomethan lässt sich dieses Problem leicht lösen: Biogasanlagen können unterschiedliche Qualitäten produzieren. So können beispielsweise Membranen das CO₂ bis zu einem gewissen Grad herausfiltern und hochreines →

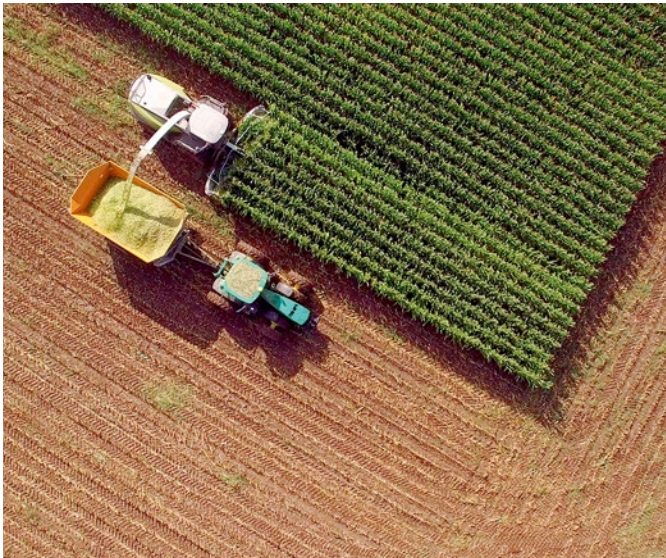
Harmen Dekker, 50, ist Vorsitzender des Europäischen Fachverbands Biogas in Brüssel. Der EBA vertritt die Interessen von mehr als 200 Mitgliedern aus Europa und anderen Teilen der Welt. Auch Evonik ist Mitglied. Der Verband mit Sitz in Brüssel setzt sich für die Anerkennung von Biomethan und anderen erneuerbaren Gasen als nachhaltige, bedarfsgerechte und flexible Energiequellen ein. Dekker war fast 15 Jahre lang Manager und Berater im Nachhaltigkeitsbereich. Vor seiner Tätigkeit beim EBA hat er für mehr als fünf Jahre in der Biogasbranche gearbeitet.



Biomethan erzeugen. Auf jeden Fall sollten wir die Harmonisierung der in den jeweiligen Ländern geltenden Rechtsvorschriften verbessern, sodass wir die Produktion beschleunigen können.

Heute wandeln viele kleinere Biogasanlagen auf Bauernhöfen das Gas vor Ort in Strom um. Sollte man darauf nicht verzichten zugunsten effizienterer Technologien wie der Erzeugung von Biomethan?

Die Stromerzeugung mit Biogas hat bestenfalls einen Wirkungsgrad von 42 Prozent, wenn die Prozesswärme nicht genutzt wird. Biogasanlagen für die Erzeugung von Wärme und Strom zu nutzen kann sinnvoll sein, etwa wenn es in der Nähe kein Gasnetz gibt oder wenn lokal grüner Strom und grüne Wärme benötigt werden. Wenn der Anteil von Sonnen- und



Bislang werden zur Biogas-Gewinnung größtenteils Energiepflanzen wie Mais genutzt. Künftig könnten auch Abfälle von Deponien verstärkt zum Einsatz kommen.

Windenergie am Strommix steigt, ist eine zentralere Netzstabilisierung erforderlich. Es ist also manchmal sinnvoll, Biomethan zu produzieren und in Strom umzuwandeln.

Wenn Windräder, Solarparks oder Biogasanlagen vor der eigenen Haustür gebaut werden sollen, gehen viele Leute auf die Straße. Wie kann man dieses Problem lösen?

Darauf legt die EU-Kommission ein besonderes Augenmerk. Die Genehmigungsverfahren sind in Europa umständlich und dauern viel zu lange. In Zeiten einer Energie- und Klimakrise müssen wir da unseren Ansatz überdenken. Zudem raten wir allen Projektentwicklern und Landwirten, unbedingt die Anwohner einzubeziehen. Eine Biogasanlage kann ein Dorf mit 3.000 Haushalten versorgen, und das zu einem sehr günstigen Preis. Das Biomethan ist also grün, billiger und wird lokal gewonnen. Die Leute könnten sogar ihre eigenen Bioabfälle in der Anlage verwerten, sofern sie dafür ausgelegt ist.

Und was ist mit dem Geruch?

In der Anfangszeit der Biogasbranche wurden die Gärrückstände manchmal nicht abgedeckt, und wenn eine Biogasanlage nicht richtig betrieben wird, kann es zu solchen Problemen kommen. Aber die Branche hat sich weiterentwickelt.

Kritiker der Biogasnutzung beklagen, dass vielerorts Energiepflanzen wie Mais angebaut werden, die Nahrungs- und Futterpflanzen verdrängen – was die positiven Auswirkungen aufs Klima verringert. Ist da nicht etwas Wahres dran?

Wir verdrängen keine Nahrungs- und Futterpflanzen. Und wir haben nicht vor, etwas zu tun, was sich nachteilig auf den Boden oder seine Nutzung auswirkt, wie etwa Monokulturen. Wenn Sie sich die relevanten Studien ansehen, werden Sie feststellen, dass es dort nicht um zusätzliche Kulturen geht, für deren Anbau die Bodennutzung geändert werden müsste.

Die Biogasbranche ist jedoch auf Gülle angewiesen. Eine ausreichende Versorgung der Biogasanlagen setzt also hohe Viehbestände voraus. Wie wird das in einer Welt funktionieren, in der weniger tierische Produkte konsumiert werden?

Ob die Leute Fleisch essen oder nicht, ist eine Entscheidung, auf die unsere Branche keinen Einfluss hat. Zur Verringerung der Emissionen ist es sinnvoll, Gülle als Rohstoff zu verwenden. Derzeit werden weniger als fünf Prozent der Gülle genutzt. Sollte weniger Gülle vorhanden sein, können andere nachhaltige Rohstoffe verwendet werden. Wenn es aufgrund des Ver-

braucherverhaltens oder politischer Entscheidungen weniger Viehhaltung geben sollte, werden wir uns der geänderten Situation anpassen.

Sie denken an Siedlungsabfälle oder Abwasser?

Zum Beispiel. Wir befürworten die europaweite Umstellung aller Kläranlagen ab einer bestimmten Größe auf ein anaerobes System. Das ist nicht nur billiger als die derzeitigen Methoden, sondern erzeugt auch Energie. Das gilt ebenfalls für die Verwendung organischer Siedlungsabfälle.

Wird die EU-Taxonomie – ein Klassifizierungssystem, das definiert, welche Wirtschaftstätigkeiten nachhaltig sind – diesen Prozess vorantreiben?

Ja, die Taxonomie ist wichtig, auch wenn man nach der Aufnahme von Erdgas und Atomkraft sagen muss: Es ist nicht alles Gold, was glänzt. Biomethan wurde ebenfalls aufgenommen, doch wir vermissen noch die Einstufung von Pipelines als grüne Investition, wenn Biogasanlagen daran angeschlossen werden können.

Europa ist heute führend bei der Erzeugung und Nutzung von Biogas. Werden andere Teile der Welt aufholen?

Zunächst vermutlich nur langsam, aber dann wird es schneller gehen. In Asien gibt es zum Beispiel ein immenses Potenzial für nachhaltiges Biomethan. In vielen Ländern wird fossile Energie jedoch immer noch staatlich gefördert. Wenn man das ändert und Rahmenbedingungen für die Förderung nachhaltiger Energien schafft, wäre das sicherlich hilfreich. In anderen Teilen der Welt, etwa Amerika, hat man die Vorteile von erneuerbarem Erdgas bereits erkannt. Weltweit wünschen sich Gemeinden lokal erzeugte Energie, um die Versorgung zu sichern. Biogas ist perfekt, weil es eine stabile Energiequelle darstellt. Anders als Wind- und Solaranlagen produzieren wir rund um die Uhr. Außerdem ist Biogas lokal, das heißt, die Erzeugung funktioniert nach den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft, die wir für die Zukunft brauchen. Aus technologischer Sicht ist Europa in einer starken Position, sei es beim Bau von Biogaskuppeln, bei Dachsystemen oder bei Technologien zur Gasreinigung.

Bei der Wind- und Solarenergie hat Europa seinen Vorsprung schnell verloren. Viele Technologien für erneuerbare Energien kommen heute aus China. Sehen Sie dieselbe Gefahr für die europäische Biogasbranche?

Bei der Sonnenenergie liegen wir tatsächlich nicht mehr ganz vorn. Das hat aber auch mit den Ressourcen zu tun, die man für die Herstellung von Solar-

»Genehmigungsverfahren sind in Europa umständlich und dauern viel zu lange.«

HARMEN DEKKER

modulen oder Batterien benötigt. Beim Biogas ist das anders. Wir müssen keine Materialien für Solarmodule abbauen, und wir müssen keine Batterien herstellen. Wir verwenden Material, das vorhanden ist. Und das ist in der Tat unsere größte Stärke. Natürlich entwickeln andere Länder auch Technologien. Prima, nur zu! Wir brauchen jede nur mögliche lokal entwickelte Lösung, um sicherzustellen, dass wir Strom oder Gas aus einer erneuerbaren Quelle erzeugen können.

Die CO₂-Abscheidung aus Biogas ist ebenfalls möglich. Kombiniert mit Wasserstoff erhält man Methan, das nicht nur als Energiequelle, sondern auch als Rohstoff für chemische Prozesse genutzt werden kann. Welche Rolle spielt diese Reaktionskette für Ihre Strategien?

Da sehe ich ein großes Potenzial, denn bei der Produktion von Wind- und Solarstrom hat man Leistungsspitzen. Mit diesem Überschussstrom kann man nur eines machen: ihn sofort in Wasserstoff umwandeln. Aber was kann man ohne Pipelineanschluss damit anfangen? Am besten speichert man den Überschussstrom als erneuerbares Erdgas, denn wir haben ein gut ausgebautes Pipelinenetz in ganz Europa.

Befürchten Sie, dass die Biogasbranche an Dynamik verliert, sobald der Erdgaspreis wieder sinkt, und die Verbraucher zu fossilen Brennstoffen zurückkehren?

Das könnte sein. Am Terminmarkt gibt es jedoch ein ständiges Auf und Ab. Vor einem Jahr lag der Preis für eine Megawattstunde bei etwa 20 €. Heute kostet sie zehnmal so viel. Fürs Lieferjahr 2025 wird eine Megawattstunde mit rund 80 € gehandelt. Auf jeden Fall ist damit zu rechnen, dass der Erdgaspreis dauerhaft über dem bisherigen Niveau liegen wird. Wir sollten deshalb die Zeit nutzen, um die beiden erneuerbaren Gase weiterzuentwickeln, die zur Verfügung stehen: grünen Wasserstoff – und Biomethan. —

Träger trifft Wirkstoff:
Infinitec bietet
ein breites Portfolio an
Trägersystemtechno-
logien an, die Peptide
und andere Moleküle
optimal ans Ziel in der
Haut bringen.



UNTER DIE HAUT

Das Evonik-Unternehmen Infinitec entwickelt innovative Trägersysteme, die Wirkstoffe in Kosmetikprodukten stabilisieren und präzise in Hautzellen transportieren. Dabei kommen nicht nur „trojanische Pferde“ zum Einsatz, sondern auch edle Materialien wie Diamantstaub und Platin.

TEXT JOHANNES GIESLER

Die Haut schützt unseren Körper vor der Außenwelt. Sie ist mit einem Säuremantel überzogen, der Keime tötet. Hautdrüsen produzieren Fette und Schweiß, um Schmutz und Schadstoffe fernzuhalten. Aber nicht nur unliebsame Eindringlinge werden auf diese Weise gestoppt. Auch Wirkstoffe, die in Cremes und Salben enthalten sind, schaffen es oft nicht ohne Hilfe durch die Barriere der Haut. Die Kosmetikbranche hat sich deshalb spezielle Technologien aus der Medizin abgeschaut: Trägersysteme. Sie können Kosmetikprodukte an ihr Ziel bringen.

Auf solche Trägersysteme hat sich Infinitec spezialisiert. Das Biotechunternehmen aus dem spanischen Barcelona kombiniert leistungsstarke Wirkstoffe mit innovativen Trägersystemen. „So werden die Wirkstoffe nicht nur in den Endprodukten stabilisiert, sondern auch

an ihr Ziel auf zellulärer und sogar intrazellulärer Ebene gebracht“, sagt Natascia Grimaldi. Die Leiterin der Forschungs- und Entwicklungsabteilung sitzt gemeinsam mit Vertriebsdirektorin Marta Gil in einem gläsernen Konferenzraum. Durch die Scheiben sind etwa ein Dutzend Computerarbeitsplätze zu sehen, dahinter schließen sich Versuchsräume an. Hier im Barcelona Science Park haben viele forschende Unternehmen ihre Büros und Labors – und teilen sich die teuren Anlagen und Einrichtungen, die der Komplex bietet.

Seit Juli 2021 gehören die 60 Infinitec-Mitarbeiter zu Evonik. „Durch die Integration in Evonik können wir das Geschäft von Infinitec globalisieren“, sagt Thomas Satzinger, der bei Evonik die strategische Ausrichtung des Bereichs Care Solutions verantwortet und die Übernahme vorangetrieben hat. „Care Solutions hat →

bereits zahlreiche Unternehmen übernommen, deren Kernkompetenzen in den Bereichen Wirkstoffe sowie funktionelle Inhaltsstoffe für die Spezialchemie liegen. Die Trägersysteme aus Barcelona sind eine Komponente, die unsere Position als Lösungsanbieter für die Kosmetikindustrie stärkt. Diese Systeme lassen sich zum Beispiel mit Pflanzenextrakten kombinieren, sodass wir unseren Kunden unterschiedliche Produktversprechen bieten können“ (siehe auch Interview auf Seite 28).

START MIT WIRKSTOFFKOMPLEXEN

Als Infinitec 2006 gegründet wurde, spielten die Trägersysteme für die Firmenstrategie noch keine große Rolle, erzählt Vertriebschefin Gil. Die Gründer Alfons Hidalgo und Josep Maria Borràs wollten damals Wirkstoffe für internationale Kosmetikunternehmen herstellen. Da die beiden aus dem Vertrieb stammten, stellten sie vor allem Naturwissenschaftler ein, die bei ihren Forschungen darauf stießen, dass bei Trägersystemen für den Transport von Wirkstoffen in die Haut noch viel Raum für Innovationen ist. „2017 fassten wir den Entschluss, uns auf Trägersysteme zu spezialisieren“, sagt Gil. „Die meisten unserer Technologien sind heute patentiert“, ergänzt Grimaldi. Insgesamt bietet das Unternehmen mehr als 40 Wirkstoffe und ein breites Portfolio an Trägersystemtechnologien an.

Die Systeme basieren auf exotischen Stoffen wie Algenextrakten und Carnaubawachs, Gold oder Platin und tragen nicht weniger ausgefallene Namen: „Skin Shuttle“, „Cosmetic Drone“ oder „Trojan“. Die Namen seien wichtig, erklären Gil und Grimaldi. Sie ließen in den Köpfen der Kunden – überwiegend Groß- und Zwischenhändler – ein Bild der Wirkweise entstehen. Eben das eines Transporters oder einer ferngesteuerten Drohne, die ihre Fracht präzise am Ziel abliefern. „Wir versuchen, Marketing und Technologie zusammenzudenken“, sagt Gil. „So machen wir unsere Produkte in der Branche bekannter.“

Das ist aber nur der erste Schritt. Der zweite und wichtigere: die Branche weiterbilden. Über viele Jahre fristeten Trägersysteme ein Nischendasein. Lange sollten sie in erster Linie stabilisieren: Die Wirkstoffe durften bei Kontakt mit anderen Substanzen nicht ihre Farbe oder Form ändern. Dabei vermögen die Systeme viel mehr.

Das gilt vor allem für Trojan Q10, einen Komplex aus Trägersystem und aktivem Wirkstoff – mikroskopisch klein mit gerade einmal 150 bis 300 Nanometer Durchmesser, das ist ein Hundertstel der Größe einer menschlichen Zelle. Einer Creme beigemischt, bewirkt Trojan Q10 eine Verjüngung der Mitochondrien, vermindert Falten und stärkt die Elastizität der Haut. Alles dank des Coenzym Q10, das eingekapselt über Trägersysteme bis in die Mitochondrien der Hautzellen transportiert wird.

Start-up-Flair: Neben vielen Pflanzen gibt es im Infinitec-Büro eine große Wandtafel, auf die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen inspirierende Worte schreiben können.



»Die Inhaltsstoffe werden präzise an ihr Ziel gebracht.«

NATASCIA GRIMALDI, LEITERIN FORSCHUNG & ENTWICKLUNG



»Die meisten unserer Technologien sind heute patentiert.«

MARTA GIL, VERTRIEBSDIREKTORIN



„Es ist unser fortschrittlichstes Produkt“, sagt Grimaldi, so etwas finde sich auf dem Kosmetikmarkt kein zweites Mal. Trojan ist ein „Double Targeting System“, das zunächst auf bestimmte Zellen in der Haut und dann auf deren Mitochondrien abzielen kann. Die Kapsel besteht aus dem Copolymer PLGA, Poly(lactid-co-glycolid) acid, das Infinitec von Evonik bezieht.

TROJANISCHES PFERD MIT DEKORATION

Gibt man im richtigen Moment das Coenzym Q10 dazu, wird es von den langkettigen PLGA-Molekülen verkapselt – das trojanische Pferd ist sozusagen beladen. Im nächsten Schritt wird die Außenhülle mit zwei unterschiedlichen Peptiden „dekoriert“ – so beschreibt es die Chemikerin Grimaldi. Sie stehen wie Spitzen nach außen ab. Die erste Sorte ist so designt, dass die Peptide an Membranproteine besonderer Hautzellen andocken: die Fibroblasten. Dort

aktivieren sie einen sogenannten Carrier, der die trojanische Kapsel ins Zellinnere transportiert. Trifft Trojan Q10 dort auf ein Mitochondrium, kommt die zweite Art der Oberflächenpeptide zum Einsatz: Sie werden erkannt, und die Kapsel wird ins Innere gelotst. Dort setzt sie das Q10 frei (siehe Grafik auf Seite 30).

„An den Sequenzen für die Oberflächenpeptide haben wir vier Jahre lang geforscht“, erzählt Grimaldi. Mit Erfolg: So ist das hochreaktive Q10 vor reaktionsfreudigen Molekülen im Organismus geschützt und wird erst in den Mitochondrien freigesetzt. Die Ergebnisse belegt Infinitec mit Studien. Dank Trojan Q10 werden Mitochondrien besser vor oxidativem Stress geschützt, sie sind aktiver und bilden mehr Energie in Form von ATP. Dadurch können ihre Hautzellen mehr Collagen bilden, was das Hautbild verbessert. Um solche Aussa-
gen treffen zu können, die fürs Marketing in der →

»Synergien überall im Geschäft besser nutzen«

Evonik-Strategie Thomas Satzinger über Zukäufe als Innovations- und Wertschöpfungstreiber

Herr Satzinger, wieso kauft Evonik ein kleines Biotechunternehmen aus Barcelona?

Durch den Kauf von Unternehmen wie Infnitec haben wir die einzigartige Gelegenheit, unser Portfolio zu erweitern und unsere Wertschöpfungsketten besser zu bedienen. Die Life-Science-Division von Evonik verfügt über umfassendes Know-how bei Trägersystemen. Diese Systeme kommen in vielfältigen Anwendungen im Pharma- und Kosmetikbereich zum Einsatz. Wir haben uns für Infnitec entschieden, weil wir das Potenzial gesehen haben, unser bestehendes Geschäft nachhaltig zu stärken.

Sie betonen Nachhaltigkeit, wieso ist das entscheidend?

Nachhaltigkeit ist unser Leitprinzip bei allen unternehmerischen Entscheidungen. Der Trend zur Nachhaltigkeit wird auch von unseren Kunden in der Kosmetikindustrie und von den Verbrauchern vorangetrieben, die sich verstärkt nachhaltige Lösungen wünschen. Für uns bedeutet das im Augenblick eine Konzentration auf die Schwerpunkte biologische Abbaubarkeit, Schließung des Kohlenstoffkreislaufs, Erhaltung der Ökosysteme und Ressourcenschonung. Infnitec hat Wirkstoffe auf natürlicher Basis und mehrere Trägersysteme in seinem Portfolio. Damit festigen wir unsere Position als Partner für nachhaltige Spezialprodukte. In dieser Funktion unterstützen wir unsere Kunden dabei, mit ihrer Geschäftstätigkeit und ihren Lösungen sicher innerhalb der planetaren Grenzen zu bleiben.

Was haben Sie jetzt mit den Infnitec-Technologien vor?

Durch die Nutzung der Kompetenzen von Infnitec wollen wir unser gesamtes Produktportfolio weiterentwickeln. Das wird uns dabei helfen, neue Märkte zu erschließen, das Wachstum zu beschleunigen und Wert zu schaffen. Die Kosmetikindustrie braucht wissenschaftlich belegte Produktversprechen. Und die Trägersysteme können dabei helfen. Wir können auch einen Schritt weitergehen und die Synergien in unserem gesamten Care-Solutions-Geschäft besser nutzen: zum Beispiel die Trägersysteme von Infnitec mit den Pflanzenextrakten des Schweizer Unternehmens Botanica, das wir vor Kurzem übernommen haben, kombinieren. So bieten wir unseren Kunden einzigartige, maßgeschneiderte Lösungen.



Thomas Satzinger verantwortet die strategische Ausrichtung des Geschäftsgebiets Care Solutions bei Evonik. Der 53-jährige Wirtschaftsingenieur hat 2021 maßgeblich die Akquisition des spanischen Wirkstoffträgerproduzenten Infnitec vorangetrieben.

Kosmetikbranche extrem wichtig sind, hat Grimaldis Team zwei identische Cremes verglichen – eine mit Trojan Q10, die andere mit Q10. 18 Probandinnen haben 56 Tage lang zweimal täglich eine Creme auf die linke und die andere auf die rechte Gesichtshälfte aufgetragen. Das Ergebnis: „Trojan Q10 hat die Haut signifikant verjüngt und gestrafft. Und das mit einem Dreitausendstel der Q10-Dosis“, erklärt Grimaldi. Weil das Coenzym an den idealen Wirkpunkt gelangt, wird nur eine sehr geringe Menge benötigt. „Wir brauchen viel weniger Rohstoffe, um eine ähnliche Wirksamkeit zu erreichen wie die Konkurrenz“, sagt Gil. „Oft sind unsere Produkte sogar besser.“

Zu solchen Erfolgen führt immer ein steiniger Weg. „Wissenschaft ist hart und frustrierend“, sagt Grimaldi. Trotzdem finden die mittlerweile 13 Frauen und Männer der Forschungs- und Entwicklungsabteilung immer wieder Lösungen. Die meisten Teammitglieder hat Grimaldi selbst eingestellt, unter ihnen Camila Folle. Die 36-jährige Experimentalchemikerin mischt gerade mithilfe einer Feinwaage eine neue Formulierung für ein etabliertes Produkt: Phytostecol, ein Trägersystem auf Basis

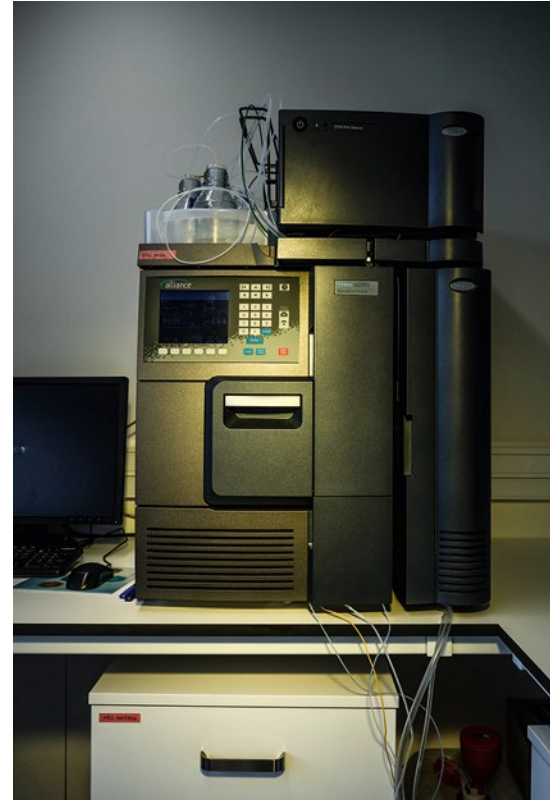
In den Trägersystemen werden Wirkstoffe zum Beispiel mit einem Copolymer kombiniert.





Forschen mit Ausblick: Durchs Laborfenster ist Camp Nou zu sehen, das Stadion des FC Barcelona (links).

Eine Infinitec-Mitarbeiterin mischt Zutaten für ein Wirkstoffträgersystem zusammen (unten). Mit einem Chromatografen (rechts) lassen sich die Bestandteile einer Mixtur genau bestimmen.



von Phytosterin – der pflanzlichen Entsprechung des tierischen Cholesterins. Folles Ziel ist es, Inhaltsstoffe zu ersetzen, um Phytostecol auf den chinesischen Markt zu bringen. Damit die strengen Zugangsbeschränkungen erfüllt werden, testet die Chemikerin einen zertifizierten Emulgator von Evonik, der auf erneuerbaren Rohstoffen basiert: Tego Care PBS 6MB. In Phytostecol muss er seine Fähigkeiten unter Beweis stellen.

EINE CREME FÜR JEDES KLIMA

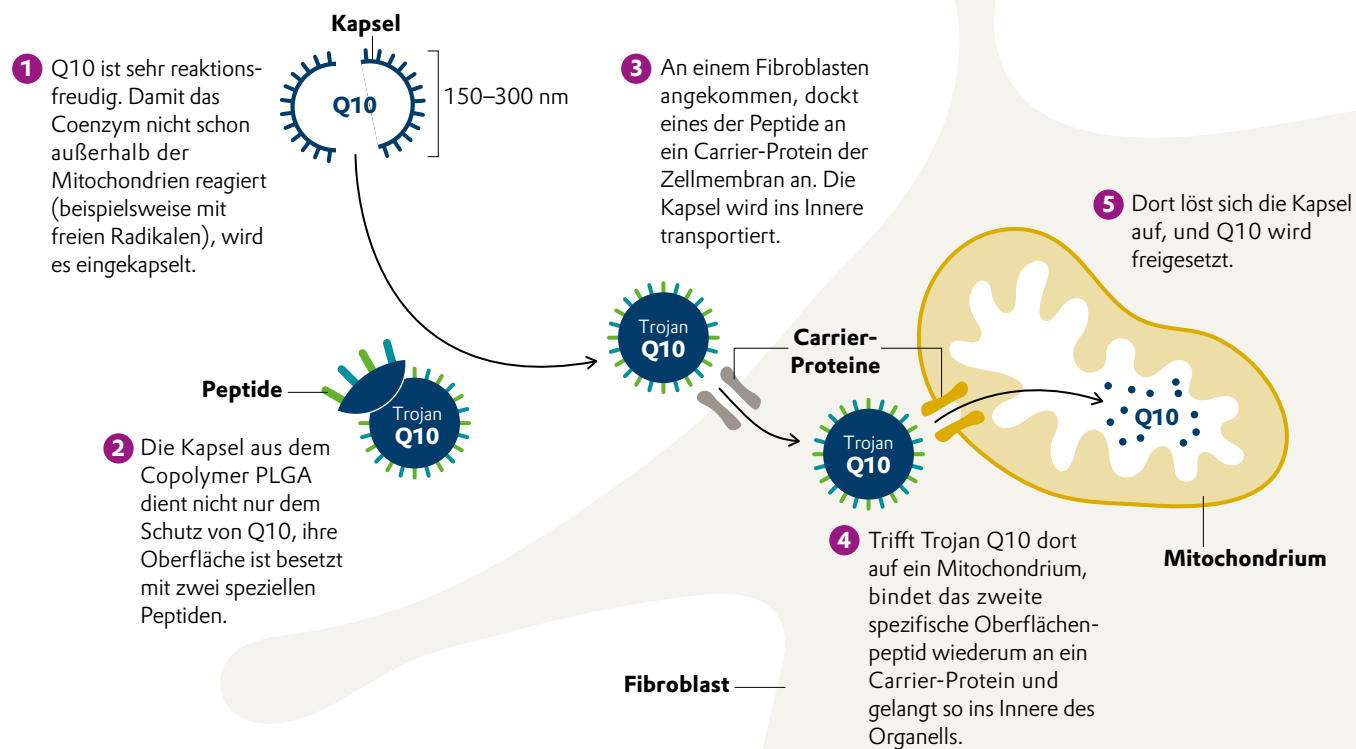
„Ich stelle ihm viele unterschiedliche Herausforderungen“, sagt Folle und zeigt auf ein Regal voller durchsichtiger Döschen unter einer Lampe. Manche sind mit Alufolie umwickelt, andere nicht. Hier testet die Forscherin, wie sich die Cremes bei Tageslicht verhalten. Andere Dosen hat sie in eine Art Backofen bei 45 Grad Celsius gestellt,

wieder andere sind 75-prozentiger Luftfeuchtigkeit ausgesetzt. Das soll das Klima in unterschiedlichen Regionen der Welt simulieren. „Die Öl- und Wasserphasen in der Creme dürfen sich in keiner Umgebung trennen. Und die Farbe sollte sich kaum verändern“, erklärt Folle und hält zwei Dosen hoch. Eine ist heller, die andere dunkler. Die Chemikerin sagt: „Die zweite Creme sollte auch nach Wochen so hell sein wie die erste.“ Die Suche nach der optimalen Formulierung wird noch etwas dauern. Hat sie diese aber gefunden, folgt die Skalierung.

Die im Labor erprobten „Kosmetikrezepte“ werden dazu nach Montornès del Vallès geschickt, genauer: ins Industriegebiet des Städtchens rund 30 Kilometer nordöstlich von Barcelona. Dort steht, direkt an der Autobahn hinter Betonwänden, auf 1.000 Quadratmetern die hochmoderne Produktionsstätte von Infinitec. →

Ab in die Zelle

Das Coenzym Q10 beugt der Alterung von Hautzellen vor und wirkt in deren Mitochondrien. An sein Ziel gelangt es in einer Transportkapsel namens Trojan Q10.

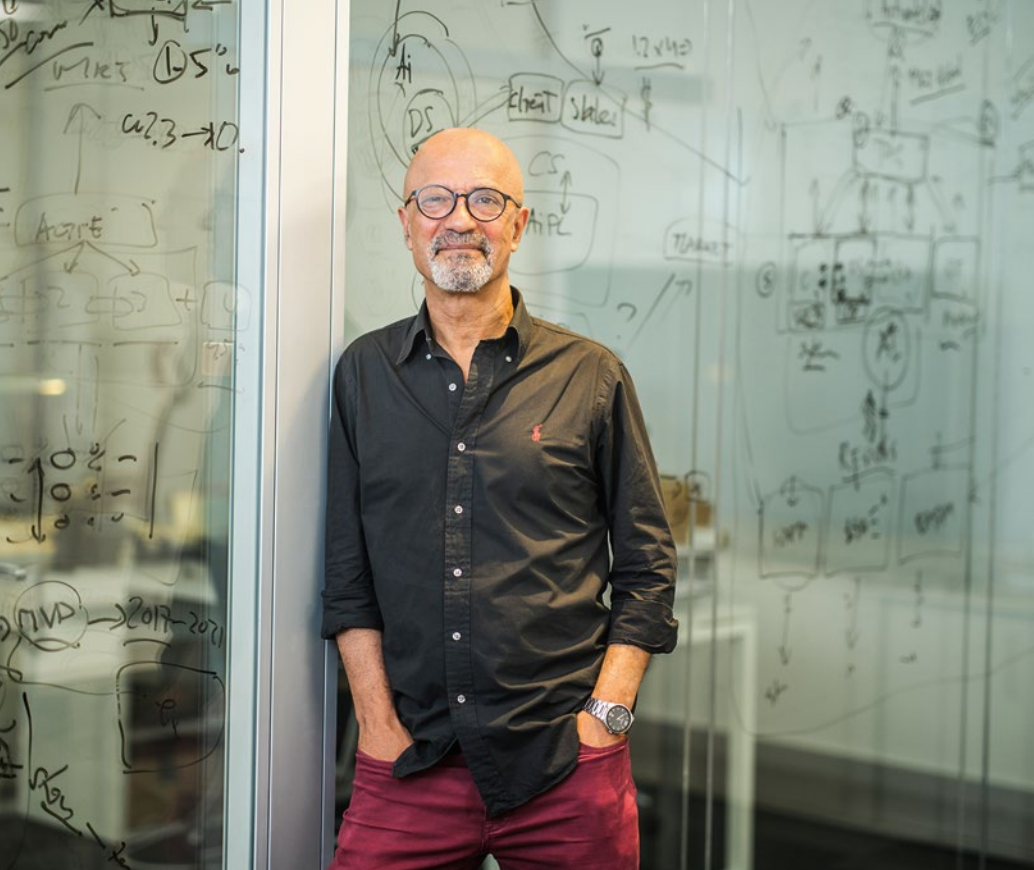


Im Mischreaktor werden aktive Wirkstoffe, das Trägersystem und weitere Inhaltsstoffe mit Glycerin und Wasser vermengt und über Stunden zu einer Lösung verrührt.

VERGOLDETES VITAMIN C

Betriebsleiter Ismael Darwish ist unter anderem für die Produktionsabteilung verantwortlich. Im Herzstück, dem 375 Quadratmeter großen Reinraum, summieren Ventilatoren an der Decke. Sie tauschen die Luft 15-mal pro Stunde aus und filtern sie akribisch. Darwish trägt eine Maske, Haarnetz, Kittel und Laborschuhe. Nichts soll die wertvollen Rohstoffe verunreinigen. In seiner Hand hält er ein Schälchen voll orangefarbener Krümel: Tetrachlorogold(III)-säure-Trihydrat – oder auch: Goldsalz. Die exklusive Substanz wird dem Trägersystem „Golden C“ zugesetzt, das dazu dient, Ascorbinsäure (Vitamin C) zu stabilisieren. Es genügen winzige Mengen. „Wir haben vielleicht 50 Gramm hier“, erklärt Darwish. „Damit können wir Hunderte Kilo ‚Golden C‘ herstellen.“

Andere kostspielige Inhaltsstoffe, mit denen Darwish arbeitet, sind Platin, Saphir- und Diamantstaub, die in kleinen, unscheinbaren Fläschchen gelagert werden. Wer ihn aber nach dem wertvollsten Rohstoff fragt, erhält als Antwort: „Wasser.“ Wenn das kontaminiert sei, gefährde es ganze Tagesproduktionen. Das Wasser – es kommt nicht



Ismael Darwish sagt von sich selbst, dass er an der Seite seines Teams und nicht an der Spitze arbeite. Im Lager liegen die Produkte von Infinitec bereit zur Abholung.



» Unser wertvollster Rohstoff ist Wasser. «

ISMAEL DARWISH, BETRIEBSLEITER

aus der Leitung, sondern wird eigens angeliefert – wird deshalb aufwendig gereinigt und kontrolliert. Über ein Rohrsystem wird es direkt zu den drei großen Mischreaktoren geleitet. Darin werden, oft über Stunden, die vielen Zutaten der Kosmetikprodukte zusammengerührt – alles von Computern überwacht, temperiert und dosiert.

START-UP-GEIST IM KONZERN

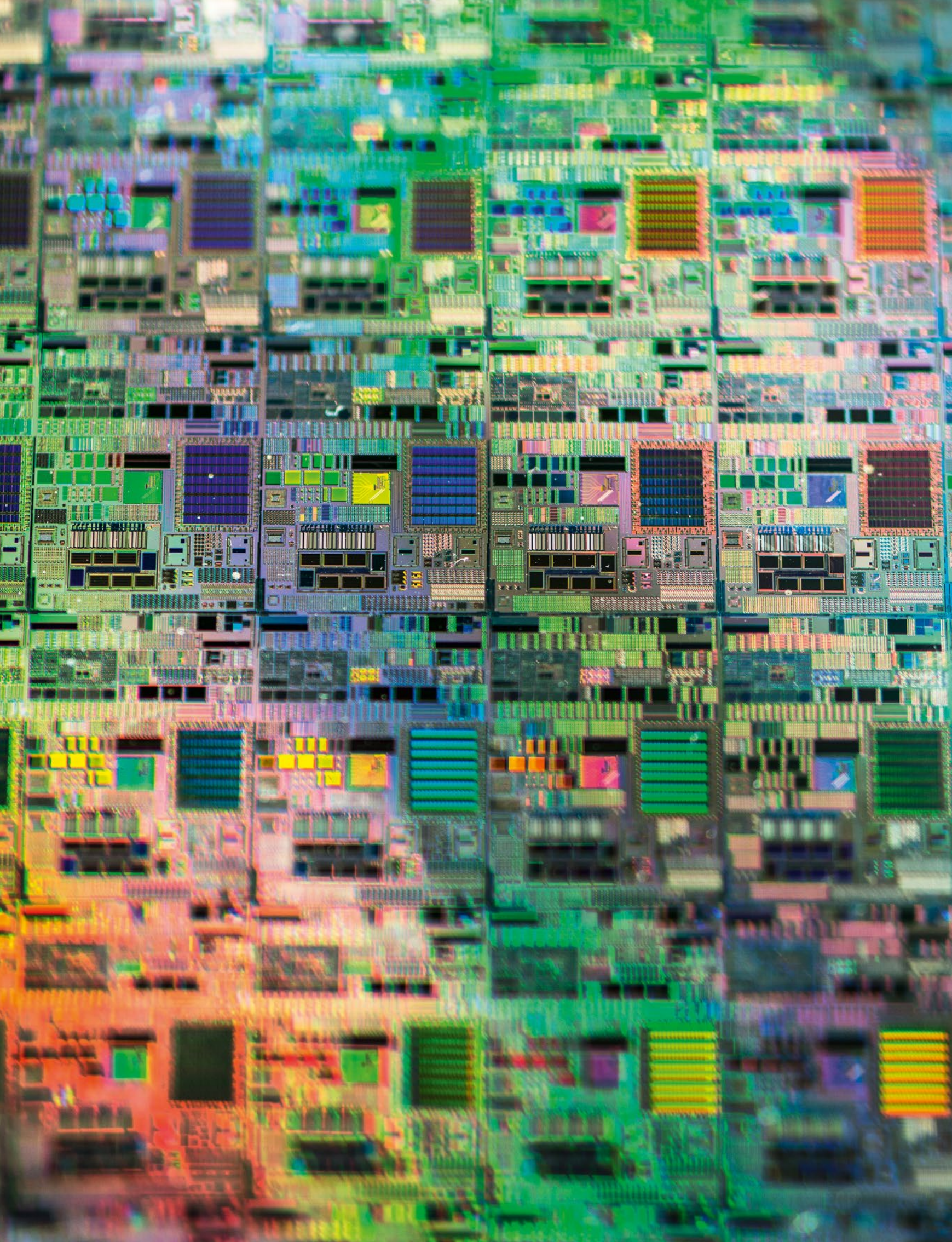
Darwish ist seit dreieinhalb Jahren im Unternehmen. In dieser Zeit, so sagt er, habe er Infinitec auf dem Weg vom kleinen zum mittleren Unternehmen begleitet, das die Sprache der Konzerne spricht. Jeder Schritt wird dokumentiert. „Was nicht aufgeschrieben ist, existiert nicht“, sagt der Pharmazeut.

Insgesamt unterstehen Darwish acht Bereiche, von der Logistik bis zum Kundenservice, mit gerade einmal 20 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. „Wer krank oder im Urlaub ist, muss immer ersetzt werden können, damit die Produktion nicht stoppt.“ Er hat sein Team also geschult, bis jeder die zentralen Aufgaben eines anderen übernehmen konnte.

Die nachhaltige Ausrichtung und das unternehmerische Denken der Spanier haben auch den Evonik-Strategen Satzinger beeindruckt. „Diese Mentalität inspiriert uns: Alle unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sollen unternehmerisch denken, schnelle Entscheidungen treffen und kalkulierte Risiken eingehen, wenn es für das Geschäft sinnvoll ist.“



Johannes Giesler arbeitet als freier Wissenschaftsjournalist in Leipzig. Seit seinem Besuch bei Infinitec in Barcelona hat er besonders glatte Hände.



SAUBER UND PRÄZISE

Halbleiter sind weltweit Mangelware. Daher arbeiten Hersteller am Aufbau großer neuer Fertigungskapazitäten. Mit Produkten wie speziellen Silanen und Wasserstoffperoxid in höchster Reinheit sorgt Evonik dafür, dass die Pläne der Chipbranche aufgehen.

TEXT NORBERT KULS & TOM RADEMACHER



Bei der Chipherstellung (l.) kommt es auf Präzision und Reinheit an. Evonik-Forscherin Purnima Ruberu hat mit einem Kieselol auf Basis des sogenannten Stöber-Prinzips ein komplett neues Geschäft für den Konzern erschlossen.

Fast 4.500 Kilometer liegen zwischen Allentown (Pennsylvania) und Portland (Oregon). Ende September machte sich Dr. Purnima Ruberu auf die weite Reise vom Evonik-Standort ganz im Osten der USA bis fast an die Pazifikküste. Ihr Ziel: die International Conference on Planarization Technology, kurz ICPT. Die Konferenz zieht Firmen und Fachleute aus aller Welt an. Drei Tage lang ging es um das mikroskopisch exakte Polieren von Halbleitern – eine hoch spezialisierte Branche von weitreichender Bedeutung. Evonik will rein in diesen Markt. Und Ruberu hat den Schlüssel.

„Die ICPT ist eine wichtige Veranstaltung für die Branche – und Portland ein wichtiger Ort“, sagt sie. Rund um die Stadt brummt im sogenannten Silicon Forest die Halbleiterproduktion. Allein Intel, der weltweit zweitgrößte Chipproduzent nach dem koreanischen Marktführer Samsung und vor TSMC aus Taiwan, beschäftigt in der Region mehr als 20.000 Menschen. Die Konferenz kam auch zur richtigen Zeit: Erstmals nach der pandemiebedingten Zwangspause und mitten in der globalen Chipkrise gab sie Gelegenheit zur Bestandsaufnahme. Ruberu, die bei Evonik die Anwendungsforschung für Silane in der Halbleiterindustrie leitet, hängt noch ein paar Tage dran, um in Portland Experten zu treffen, potenzielle Kunden zu besuchen und eine Produktion zu besichtigen. „Es herrscht Aufbruchstimmung“, sagt sie. →

In der Chipindustrie ist ein Wettlauf entbrannt. Ein wichtiger Grund sind die anhaltenden Lieferengpässe bei Mikroprozessoren, die im vergangenen Jahr vielerorts die Konjunkturerholung nach der Pandemie abzuwürgen drohten. Es war viel zusammengekommen: Während der Pandemie hatten viele Menschen ihr Homeoffice digital aufgerüstet, Streamingdienste und Videokonferenz-Dienstleister ihre Serverfarmen ausgebaut. Microsoft und Sony brachten zeitgleich neue Spielekonsolen auf den Markt und bestellten große Mengen Chips im Voraus. Der Boom der Kryptowährungen verschlang Prozessorkapazitäten. Und all das, während weltweit praktisch jede Lieferkette durch Corona und geopolitische Konflikte ins Stocken geraten war.

MILLIARDEN FÜR MEHR UNABHÄNGIGKEIT

Rund 80 Prozent der weltweiten Produktion finden heute in Asien statt. Die USA wollen genau wie Europa dringend ihre Abhängigkeit verringern und mehr Glieder der Lieferkette in der Halbleiterbranche zu Hause aufbauen. Den jüngsten Anschlag gab in diesem Jahr der US-Kongress mit dem CHIPS and Science Act, einem nationalen Investitionsprogramm im Umfang von rund 280 Milliarden US-\$. Auch die Europäische Union will die heimische Chipindustrie stärker fördern – mit dem European Chips Act, der 43 Milliarden € umfasst.

Die Folgen des Chipmangels sind weithin spürbar, denn Prozessoren stecken heute fast überall drin. Zwei von drei Unternehmen in Deutschland importieren laut einer Umfrage des Branchenverbands Bitkom digitale Bauteile. Entsprechend drastisch sind die Auswirkungen, wenn der Nachschub stockt. Besonders augenfällig war das im Automobilbau – bei Volkswagen etwa ruhte 2021 wochenlang die Produktion, weil Halbleiter fehlten. Doch die Situation birgt auch Chancen. Beim Versuch gegenzusteuern, neue Kapazitäten und eine breitere Lieferantenbasis zu schaffen, sind Chiphersteller und ihre Zulieferer offen für Neues. Purnima Ruberu hat es in Portland erlebt: „Uns öffnen sich viel mehr Türen als noch vor ein paar Jahren“, sagt die Evonik-Expertin.

Der Spezialchemiekonzern liefert eine Reihe von Lösungen für die Herstellung von Mikrochips. Die Anforderungen wachsen, auch weil die Chips immer kleiner werden. Die Palette reicht heute von speziellen Mitteln zur Reinigung über Vorprodukte fürs Polieren bis hin zu stofflichen Bausteinen für einzelne Halbleiterschichten.

Eine besonders wichtige Rolle spielen Silane. Das sind Moleküle, die im Kern aus einem Siliziumatom bestehen. An ihm hängen rundherum weitere funktionelle Gruppen – wie die Beine einer Spinne. Evonik produziert Silane für verschiedene Anwendungen, etwa in Lacken, Dichtstoffen und Glasfaserkabeln. In der Chipherstellung spielen die Beine des Silans eine Nebenrolle, hier geht es vor allem um das Silizium im Kern. So werden mithilfe von



Feine Sache: Die Nanopartikel aus Silica schweben in einer milchigen Dispersion. Sie sind perfekt geeignet als Schleifmittel für Mikroprozessoren.

Chlorsilanen bis zu 30 Zentimeter dicke und zwei Meter lange Silizium-Monokristalle hergestellt, sogenannte Ingots. In runde, hauchfeine Wafer geschnitten, bilden sie die Basis jedes modernen Mikroprozessors.

WELTWEITE RINGVERSUCHE

Ein anderes Produkt namens Tetraethoxysilan, kurz TEOS, dient in späteren Verarbeitungsschritten als eine Art Silizium-Taxi, mit dem sich feinste Isolierschichten aufbringen lassen. Hierfür wird TEOS in einem Verfahren namens Chemical Vapor Deposition (CVD) auf den Wafer gedampft. Bei hohen Temperaturen werden anschließend die anhängenden Ethylgruppen abreagiert – dem TEOS werden die Beine entfernt. Zurück bleibt ein Rumpf aus Siliziumdioxid. Es entsteht ein quarzglas-ähnlicher Überzug, wenige Nanometer dick.

Evonik produziert TEOS in mehr als einem Dutzend Reinheitsstufen. Für das CVD-Verfahren sind indes nur die höchsten Qualitäten gefragt. Selbst kleinste Spuren von Fremdmetallen würden zu Fehlern im Chip führen. Das ist besonders bedeutsam bei der Produktion von Halbleitern der Fünf-Nanometer- und der neuesten Drei-Nanometer-Klasse. Evonik ist bei TEOS in der Lage, Reinheiten im Messbereich von „parts per trillion“ zu

» Uns öffnen sich viel mehr Türen als noch vor ein paar Jahren. «

PURNIMA RUBERU, LEITERIN DER ANWENDUNGSFORSCHUNG FÜR SILANE IN DER HALBLEITERINDUSTRIE

Vom Labor in die Industrie: Sämtliche Proben entstehen in Allentown im Innovationszentrum. Jetzt arbeitet Purnima Ruberu daran, die erste Anlage zur kommerziellen Produktion an den Start zu bringen.



liefern – eins zu eine Billion. „Das kann man sich vorstellen, als wollte man einen Zuckerwürfel in einem Stausee aufspüren“, sagt Matthias Abele. Der Leiter der Qualitätskontrolle in der Business Line Silanes wacht vom deutschen Evonik-Standort Rheinfelden aus über das konzerneigene Reinheitsgebot. Dort, direkt an der Grenze zur Schweiz, steht das Referenzlabor für die Silan-sparte des Unternehmens.

Bei der Jagd auf Fremdatome nutzt Abeles Team Verfahren der Elementspurenanalytik wie Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) – „homöopathische Messungen“, wie Abele es scherzhaft nennt. Mithilfe von Ringversuchen, bei denen die gleiche Probe auch in den Evonik-Laboren in Belgien, China und den USA analysiert wird, sorgt der Konzern für reproduzierbare und verlässliche Ergebnisse.

EIN START-UP IM KONZERN

Höchste Reinheit und vollkommen gleiche Qualität – das ist auch ein Thema für Purnima Ruberu. In ihrer Heimat Sri Lanka hat sie an der Universität von Colombo Chemie studiert. Nach ihrem Abschluss kam sie in die USA, um an der Iowa State University zu promovieren, arbeitete danach in Texas als leitende Forscherin für zwei Tech-Start-ups in der Halbleiter- und Elektronikbranche. 2018 holte Evonik die Expertin für das Herstellen von Nanostrukturen in der Halbleiterindustrie nach Allentown. Zur Wunschkandidatin wurde Ruberu nicht nur durch ihre Fachkenntnisse. Auch ihre Erfahrung in jungen, agilen Technologiefirmen spielte eine wichtige Rolle. „Es ging darum, ein Start-up innerhalb des Konzerns aufzubauen“, sagt sie. Am Standort Allentown, seit diesem Jahr eines der globalen Kompetenzzentren von Evonik, hat Ruberu seither ein eigenes Entwicklungslabor für Schleifpartikel in der Halbleiterfertigung. Dort entstehen neue Lösungen für weitere Prozessschritte der Chipherstellung.

Die erste Innovation zielt auf absolute Genauigkeit beim Polieren. Moderne Chips bestehen heute zum Teil aus mehr als 100 hauchfeinen Schichten. Praktisch jede wird nach dem Auftragen geätzt, strukturiert und poliert. Bei der chemisch-mechanischen Planarisierung erreicht man Oberflächenspezifikationen, die bis unter einen Nanometer genau sein müssen. Als Poliermittel kommt sogenannter Slurry zum Einsatz – eine milchige Suspension, die neben einer chemisch angreifenden Komponente ein Schleifmittel enthält. Das Mittel der Wahl ist Siliziumdioxid, kurz Silica.

Evonik ist einer der weltweit führenden Hersteller von Silica. Das simple Molekül aus einem Siliziumatom und zwei Sauerstoffatomen kommt in der Natur vor allem kristallin vor – in Form von Quarz. Für das Polieren von Halbleitern setzt die Industrie auf colloidal silica, zu Deutsch Kieselsool. Das sind extrem kleine, runde Silicapartikel, die als Suspension in Wasser oder Lösemitteln schweben. →

Evonik produziert Kieselol nach dem Stöber-Prinzip. Schon 1967 beschrieben der deutsche Wissenschaftler Werner Stöber und zwei Kollegen in einem Fachmagazin, wie sie mittels Hydrolyse von Alkylsilikaten mit Ammoniak als Katalysator und anschließender Kondensation besonders runde und zudem gleichförmige Silicapartikel produziert hatten. Purnima Ruberu nutzt dieses Prinzip und setzt als Grundstoff das TEOS von Evonik ein. „Die Idee geisterte schon länger im Unternehmen herum“, sagt sie.

Mit dem Kauf des US-Unternehmens Silbond im Jahr 2014 erwarb Evonik nicht nur deren TEOS-Geschäft und den Standort in Allentown, sondern auch einige grundlegende Patente in dieser Richtung. „Von dort bis zum praxisreifen Prozess war es jedoch ein weiter Weg“, sagt Ruberu. Das von ihr und ihrem Team in drei Jahren Arbeit im Labor- und Pilotmaßstab perfektionierte Verfahren erlaubt es nun, bis zu zwölf Nanometer kleine Partikel herzustellen. Zum Vergleich: Ein menschliches Haar ist gut 6.000-mal so dick. „Das Entscheidende aber ist, dass wir diese erdnussförmigen Partikel extrem einheitlich in Größe und Form produzieren“, erklärt Ruberu.

Eingesetzt als Schleifmittel im Slurry, lassen sich mit diesen Partikeln exakte Oberflächenspezifikationen erreichen. Das silanbasierte Verfahren hat einen weiteren Vorteil gegenüber dem heutigen Standard, bei dem Silica mittels Ionenaustausch aus Wasserglas, also Natrium- oder Kaliumsilikat, gewonnen wird. Wasserglasbasiertes Kieselol ist zwar vergleichsweise leicht und günstig herzustellen. Aber selbst kleinste Reste einiger Alkalimetalle stellen ein echtes Problem für die Mikroprozessorhersteller dar. „Wir kontrollieren unseren Prozess sorgfältig, um unerwünschte Metallverunreinigungen zu minimieren“, sagt Ruberu.

Die erste Versuchsanlage von Evonik für Kieselol steht in Allentown – ein Gewirr aus Schläuchen und gläsernen Reaktoren. Die darauf basierende Pilotanlage liefert schon genug Material für Kundenmuster, mit denen Slurry-Hersteller neue Poliermittelrezepturen erproben. Evonik ist in Gesprächen mit vier der sechs führenden Firmen. Mit Unterstützung von Ruberus technischem Team hat die Business Line Silanes nun ihre erste kommerzielle Anlage für dieses Produkt konzipiert. Es ist geplant, in den nächsten Jahren Mengen von bis zu mehreren Tonnen zu erzeugen.

SAUBERER ALS EIN KRANKENHAUS-OP

Silica ist nicht die einzige Spezialchemikalie mit enormem Wachstumspotenzial, die Evonik an Halbleiterhersteller liefert. So gehört der Konzern weltweit zu den größten Lieferanten von Wasserstoffperoxid (H_2O_2) für die Elektronikbranche. Die Chemikalie wird in verschiedenen Reinheitsgraden produziert und ist als leistungsstarkes und zugleich umweltfreundliches Des-

infektions- und Reinigungsmittel bekannt. Nachdem es seine oxidierende Wirkung entfaltet hat, zerfällt Wasserstoffperoxid in Sauerstoff und Wasser und hinterlässt keine schädlichen Rückstände in der Umwelt. Diese „grünen“ Eigenschaften nutzen einer Reihe von Branchen: Zellstoff- und Papierhersteller verwenden Wasserstoffperoxid beispielsweise als Bleichmittel oder zur Entfernung von Druckfarben im Recyclingprozess, für Halbleiterhersteller ist Wasserstoffperoxid ein wichtiges Reinigungsmittel in ihren Fertigungsanlagen, den sogenannten Fabs. Zudem dient H_2O_2 als Oxidationsmittel in Slurrys für die Planarisierung.

An die Elektronikbranche liefert Evonik die Chemikalie in zwei Qualitäten: Die „pre-electronic“-Variante geht an Unternehmen, die sie weiter aufreinigen. Evonik ist in Nordamerika der dominierende Akteur auf diesem wichtigen Markt und verfügt über jahrelange Erfahrung in der Belieferung der Branche aus seinen Anlagen in den USA und Kanada. Hochreines Wasserstoffperoxid wird direkt an Kunden aus der Halbleiterindustrie verkauft.

Chiphersteller benötigen große Mengen an Wasserstoffperoxid, nach reinem Wasser die am zweithäufigsten verwendete Chemikalie in der Halbleiterproduktion. „Sie kommt mit jedem Mikrochip auf jedem Wafer in jeder Fabrik auf der ganzen Welt in Berührung“, sagt Laura Ledenbach, Leiterin des globalen Industrieteams Elektronik der Business Line Active Oxygens. Da die Chipherstellung große Fortschritte macht und die Chips

Alles unter Kontrolle: Evonik-Mitarbeiter Anthony Castillo ist unterwegs auf dem Gelände der Wasserstoffperoxid-Fabrik in Bayport südlich von Houston.



»H₂O₂ kommt mit jedem Mikrochip auf der ganzen Welt in Berührung.«

LAURA LEDENBACH, LEITERIN DES GLOBALEN INDUSTRIETEAMS ELEKTRONIK DER BUSINESS LINE ACTIVE OXYGENS

immer kleiner werden, müssen die Hersteller Verunreinigungen vermeiden. Schutzanzüge und Haarnetze sind für Mitarbeiter Standard, in den Reinräumen sind sogar Make-up und Parfüm tabu. „Eine Chipfabrik ist sauberer als ein Operationssaal im Krankenhaus“, sagt Ledenbach.

Die Evonik-Expertin hat als Prozessingenieurin selbst in solchen Fabriken gearbeitet. Diese Erfahrung hilft ihr jetzt, die Bedürfnisse der Halbleiterkunden zu verstehen und vorauszusehen. Der entscheidende Erfolgsfaktor sei Konsistenz, sagt sie. „Unsere Kunden wollen das ganze Jahr über das gleiche, qualitativ hochwertige Produkt – rund um die Uhr.“

NAH AM KUNDEN

Evonik stellt in mehreren Anlagen weltweit Wasserstoffperoxid für die Elektronikindustrie her. Hochreines Wasserstoffperoxid ist ein sehr regionales Produkt: Um das Risiko von Verunreinigungen während des Transports zu vermeiden und die Versorgungssicherheit zu gewährleisten, beliefert Evonik seine Kunden aus Anlagen in der jeweiligen Region. In Europa geschieht dies in einem Evonik-Werk im spanischen Saragossa, in Asien an einem Joint-Venture-Standort in Saraburi (Thailand).

In Nordamerika produziert Evonik Wasserstoffperoxid an fünf Standorten. Die Anlagen in Mobile in den USA sowie Maitland und Gibbons in Kanada liefern große Mengen für einen begierigen Markt. Zwei weitere Anlagen – Saratoga Springs (New York) und Bayport (Texas) – erfüllen die Reinheitsanforderungen anspruchsvoller Halbleiterkunden bis hin zu den höchsten Stufen.

In Bayport findet die Aufbereitung im Nordteil des weitläufigen Werks statt. Arbeiter und Ingenieure legen die weiten Strecken in Golfkarts zurück. Auf den ersten Blick sieht der Reinigungsbereich mit seinen großen Lagertanks, Rohren, Pumpen, Ventilen und hochgelegten Leitungen aus wie der Rest des Werks. Doch es gibt feine Unterschiede: Produkte niedrigerer Reinheit werden in Kesselwagen transportiert, die in der Mitte der Anlage parken. Die hochreinen Sorten hingegen kommen in spe-



zielle ISO-Tankcontainer. Diese sind mit Teflon ausgekleidet, um eine Barriere zwischen dem Produkt und den Metallen in den Wänden der Edelstahltanks zu schaffen und so Verunreinigungen zu vermeiden.

Die Details des firmeneigenen Verfahrens zur Herstellung von hochreinem Wasserstoffperoxid sind ein streng gehütetes Geheimnis. Doch mindestens genauso wichtig sind andere Kriterien. „Im Gegensatz zu vielen Wettbewerbern sind wir vertikal integriert“, sagt Ledenbach. Was sie damit meint: Evonik vereint in Bayport alle Stufen der Wasserstoffperoxid-Produktion, liefert das fertige Produkt sogar in eigenen Kesselwagen und Lkw an die Kunden aus.

Die Herausforderung besteht nun darin, nicht nur mit den immer höheren Anforderungen der Kunden Schritt zu halten, sondern auch mit dem Anstieg der Nachfrage. Der amerikanische Chiphersteller Micron Technology kündigte im Oktober an, 20 Milliarden US-\$ in den →

Viel Erfahrung: Die frühere Fab-Prozessingenieurin Laura Ledenbach stellt sicher, dass das Wasserstoffperoxid aus Bayport die hohe Qualität hat, die die Chipbranche erwartet.

Mitarbeiter Alex Romero entnimmt in Bayport eine Probe aus den Lagertanks in einer Handschuhbox, bevor die Probe zur Prüfung an das interne Labor geht.



Bau der nach eigenen Angaben größten US-Halbleiterfabrik zu investieren. Wettbewerber Texas Instruments setzte im Mai den ersten Spatenstich für eine neue Produktionsstätte nördlich von Dallas (Texas). Die 30-Milliarden-US-\$-Investition umfasst Pläne für vier weitere Fabriken. Auch Samsung Electronics denkt über eine umfassende Erweiterung seiner Anlagen in Texas nach. Von möglichen Investitionen in Höhe von fast 200 Milliarden US-\$ und elf Werken ist die Rede. Vor einem Jahr gab Samsung Pläne bekannt, nahe Austin eine neue 17-Milliarden-US-\$-Fabrik zu bauen, die hochmoderne Chips unter anderem für Hochleistungsrechner und künstliche Intelligenz liefern soll.

Der Halbleiterhersteller GlobalFoundries hat vor Kurzem die endgültigen lokalen Genehmigungen für die Erweiterung seiner Produktionsstätten im Bundesstaat New York erhalten. In einer Ankündigung hat das Unternehmen Pläne für den Bau einer neuen Produktionsstätte vorgestellt, mit der die Kapazität des Standorts verdoppelt werden soll. Die Fabrik liegt nicht weit von der Aufreinigungsanlage von Evonik in Saratoga Springs entfernt.

Greg Rice, Segment Manager Electronics bei Active Oxygens, erwartet, dass der sich abzeichnende Boom in der US-Halbleiterproduktion die Nachfrage gerade bei hochreinem Wasserstoffperoxid weiter ankurbeln wird. „Wir haben große Wachstumschancen, wenn wir einen angemessenen Anteil an der Produktion in den neu entstehenden Fabriken bekommen“, sagt er. Hochreines Wasserstoffperoxid macht derzeit noch einstellige Prozentanteile an der Gesamtproduktion von Evonik aus. Der Anteil an Umsatz und Gewinn ist größer. „Es ist ein sehr viel höherwertigeres Geschäft“, sagt Rice.

Auch seine Business Line hegt in den USA Ausbaupläne, um den Halbleiterboom zu begleiten. Doch das braucht Zeit – nicht nur wegen der technischen Hürden und hohen Anforderungen in Sachen Spezifikation, Reinheit und Liefertreue: Allein ISO-Tankcontainer für ultrahochreines Wasserstoffperoxid haben derzeit eine Lieferfrist von zwei Jahren. „Fehlt es an Containern, begrenzt das unsere Wachstumschancen“, sagt Laura Ledebach. „Wir müssen daher bei diesen Investitionen strategisch vorgehen.“ Auch Purnima Ruberu weiß, wie weit die Reise noch sein kann – und wie wichtig es ist, sich früh auf den Weg zu machen: „Jetzt haben wir die Möglichkeit, in diesen Märkten verstärkt Fuß zu fassen und den Wandel in der Chipindustrie in den kommenden Jahren mitzugestalten.“



Tom Rademacher ist freier Journalist in Köln. Er schreibt für verschiedene Medien unter anderem über Wissenschafts- und Industriethemen.



Norbert Kuls ist Pressesprecher von Evonik in Nordamerika. Zuvor hat er als US-Korrespondent mehrerer deutscher Zeitungen gearbeitet.

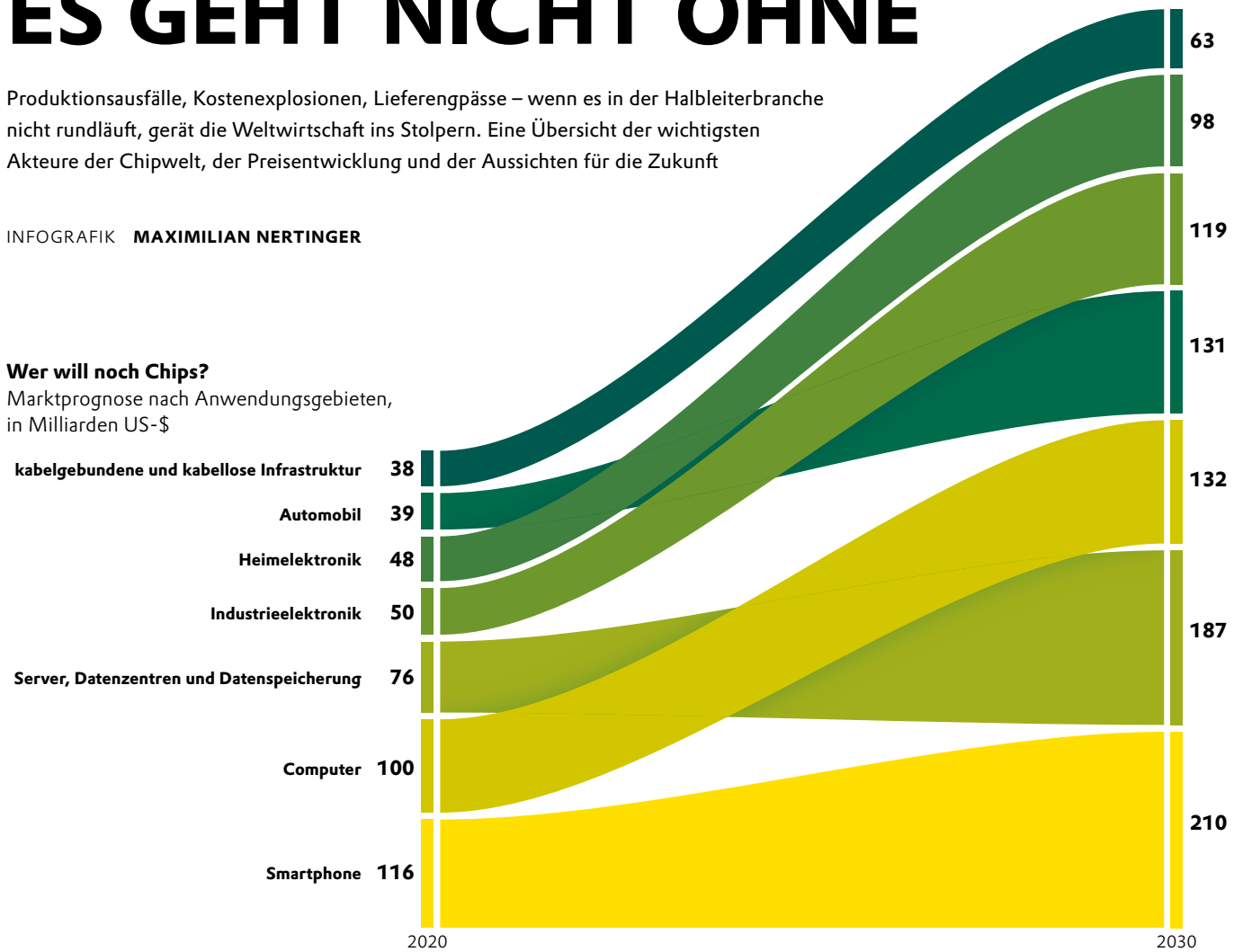
ES GEHT NICHT OHNE

Produktionsausfälle, Kostenexplosionen, Lieferengpässe – wenn es in der Halbleiterbranche nicht rundläuft, gerät die Weltwirtschaft ins Stolpern. Eine Übersicht der wichtigsten Akteure der Chipwelt, der Preisentwicklung und der Aussichten für die Zukunft

INFOGRAFIK MAXIMILIAN NERTINGER

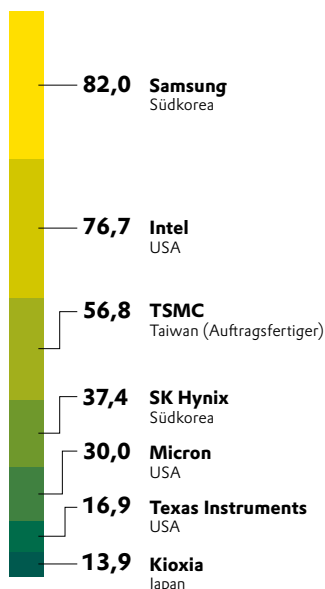
Wer will noch Chips?

Marktprognose nach Anwendungsgebieten, in Milliarden US-\$



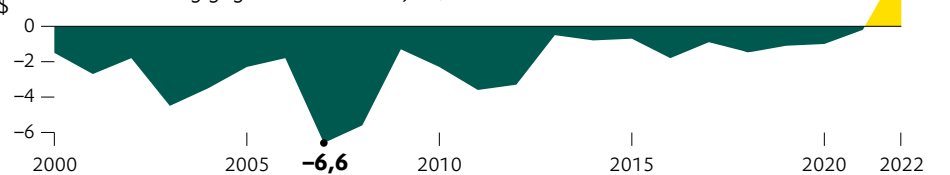
Top sieben

Halbleiterproduzenten mit eigener Fertigung, Umsatz 2021, in Milliarden US-\$



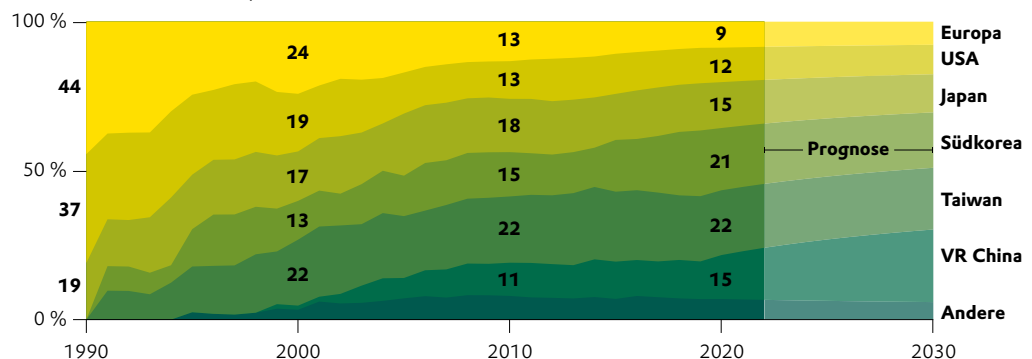
Teure Überraschung

Preisentwicklung von Halbleitern und Elektronikkomponenten, Veränderung gegenüber dem Vorjahr, in Prozent



Asien dominiert

Produktionskapazitäten in der Halbleiterbranche nach Ländern, in Prozent



Quellen: ASML, IC Insights/Unternehmen/eigene Recherchen, IBISWorld, Semiconductor Industry Association, Boston Consulting Group



ZUKUNFT TRIFFT WÜSTE

Gigantische Sanddünen, hypermoderne Städte und eine weitläufige Küste prägen die Vereinigten Arabischen Emirate. Die sieben Emirate bilden zusammen eine Hochburg des globalen Handels und ständigen Fortschritts. Eine Bilderreise durch ein Land, das seiner Zeit an vielen Stellen voraus ist

TEXT PAULINE BRENKE

„Connecting Minds, Creating the Future“: Das Motto der Expo 2020 benennt das ehrgeizige Ziel der Vereinigten Arabischen Emirate. Die Weltausstellung wurde – pandemiebedingt verspätet – von Oktober 2021 bis März 2022 in Dubai ausgerichtet. Die Metropole steht für wirtschaftliches Wachstum, Innovation und Wandel. Ein architektonisches Sinnbild dafür ist das von dem Südafrikaner Shaun Killa entworfene Museum der Zukunft, das einem glänzenden Auge ähnelt. Mit arabischer Kalligrafie verziert, soll es ein Zentrum der neuesten Entwicklungen aus Technik, Wirtschaft und Gesellschaft sein, Raum für die Vorstellung innovativer Projekte bieten sowie zukünftige Herausforderungen der Menschheit thematisieren. Von fortschrittlicher Mentalität und einem dynamischen Markt angezogen, hat auch Evonik in den Emiraten ein Zuhause gefunden.



Willkommen in der Hall of Fame der Bildschirmhelden! Die Warner Bros. World in der Hauptstadt Abu Dhabi ist der größte Indoor-Erlebnispark der Welt. Unter einem gigantischen Dach, das durch täuschend echtes Lichtspiel in einen blauen Nachthimmel oder einen leuchtenden Sonnenuntergang verwandelt werden kann, treffen Besucher ihre Lieblingscharaktere aus Cartoons und Blockbustern. Auf 150.000 Quadratmetern vergnügen sie sich Seite an Seite mit Bugs Bunny, Superman & Co. in zahlreichen Fahrgeschäften und bei anderen Attraktionen. In menschenreichen Innenräumen wie diesen hilft das umweltverträgliche Desinfektionsmittel Peraclean 15 von Evonik, der Verbreitung ansteckender Keime wie des Coronavirus entgegenzuwirken.







Die Aromen der Küche wurden einst durch Handelsleute aus aller Welt geprägt, die in den Emiraten einen Zwischenstopp auf ihren Reisen einlegten. Länder wie die Türkei, Iran oder die Mittelmeeranrainer haben hier ihre kulinarischen Spuren hinterlassen. Auch Indien hat eine wichtige Zutat beigesteuert: Ghee, ein butterschmalzähnliches Fett, das die Aromen eines Gerichts besonders gut hervorhebt. So auch bei dem traditionellen emiratischen Lamm-Ouzi, für das das marinierte Fleisch 24 Stunden lang in einem Sandofen gart. Das Gericht wird auf Reis serviert – mit einem Löffel Ghee. Katalysatoren von Evonik sorgen für eine längere Haltbarkeit sowie bessere Textur und Stabilität des Fetts.

Wer als Kind gern im Sandkasten gespielt hat, stößt in den Vereinigten Arabischen Emiraten auf ein wahres Paradies: Direkt vor den Toren Abu Dhabis liegt Rub al-Chali, die größte zusammenhängende Sandwüste der Welt. Sie erstreckt sich über insgesamt 650.000 Quadratkilometer und nimmt zwei Drittel der Gesamtfläche der Emirate ein. Auch Dubai ist von einer beeindruckenden Wüstenlandschaft umgeben. Einheimischen und Touristen dient sie als riesiger Abenteuerspielplatz. Besonders beliebt ist das sogenannte Dune Bashing, bei dem die Sanddünen im Geländewagen mit rasender Geschwindigkeit bezwungen werden. Die Reifen der Autos sind mit dem Evonik-Produkt Ultrasil für einen besseren Grip ausgerüstet, womit gefährliches Ausrutschen oder Ausweichen auf den Dünen verhindert wird.



■ Eine petrochemische Ölraffinerie an der Küste Dubais. In riesigen Anlagen wie dieser werden chemische Grundstoffe auf Erdölbasis hergestellt, die am Ende für Produkte wie Kunststoffe oder Reinigungsmittel verwendet werden. Die Vereinigten Arabischen Emirate zählen zu den ölreichsten Ländern der Welt. Mehr als 85 Prozent der wirtschaftlichen Erlöse basieren auf dem Export des fossilen Rohstoffs. Persulfate von Evonik sind starke und besonders haltbare Oxidationsmittel, die bei der Verarbeitung von Ölsanden zum Einsatz kommen. Zudem werden sie zur Gelbildung und -zerkleinerung genutzt, wodurch eine verbesserte Ölgewinnung gelingt. Mit Blick in die Zukunft wollen sich die Emirate mit der „Energiestrategie 2050“ zunehmend auf nachhaltige Energiequellen fokussieren. Ein Ziel ist es, deren Anteil am Gesamtenergiemix auf 50 Prozent zu erhöhen.





**ZENTRALE IN DER
„STADT AUS GOLD“**

Evonik Gulf ist in den Vereinigten Arabischen Emiraten mit einem Standort in Dubai vertreten. Dieser fungiert als Hauptquartier für den Nahen Osten und Afrika. Von hier aus werden Finanzen, Vertrieb, Marketing, Business Development, Human Resources und Kommunikation in der Region gesteuert. Auch einige Business Lines von Evonik sind in Dubai vor Ort, zum Beispiel High Performance Polymers, Catalysts und Crosslinkers.



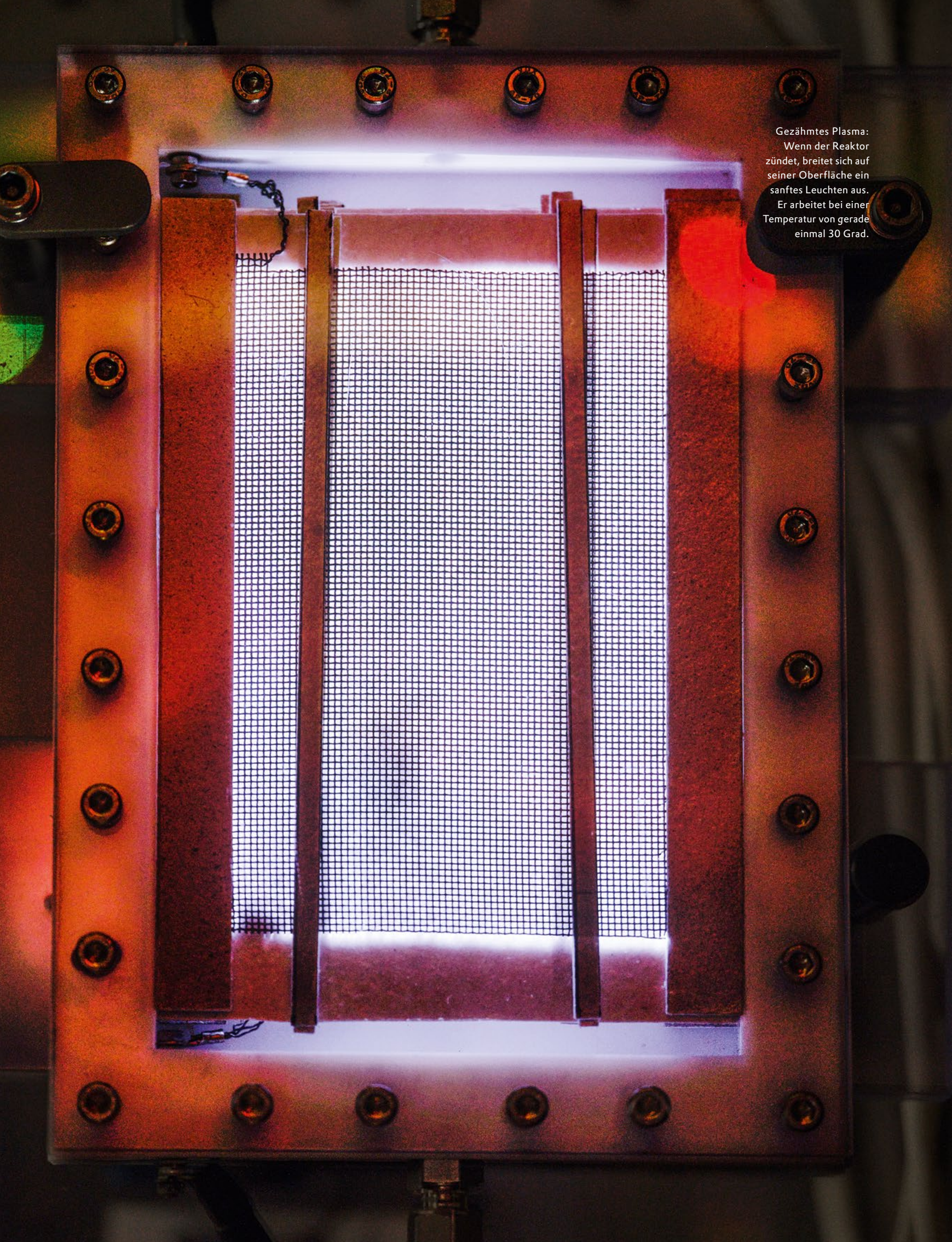
An

1

Standort arbeiten

26

Mitarbeiter.



Gezähmtes Plasma:
Wenn der Reaktor
zündet, breitet sich auf
seiner Oberfläche ein
sanftes Leuchten aus.
Er arbeitet bei einer
Temperatur von gerade
einmal 30 Grad.

LEUCHTENDES BEISPIEL

Plasma – das klingt nach Science Fiction. Doch mit den unter Strom gesetzten Gasen lassen sich womöglich schon sehr bald Chemikalien herstellen. Eine von Evonik koordinierte Forschergemeinschaft arbeitet an der konkreten Umsetzung dieser Idee.

TEXT **TIM SCHRÖDER**

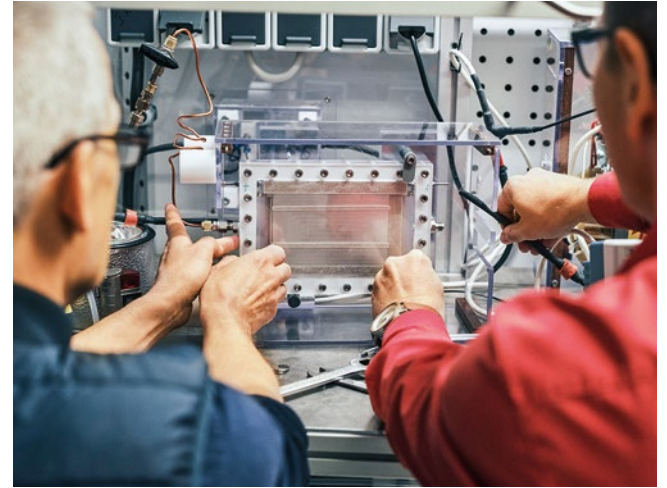
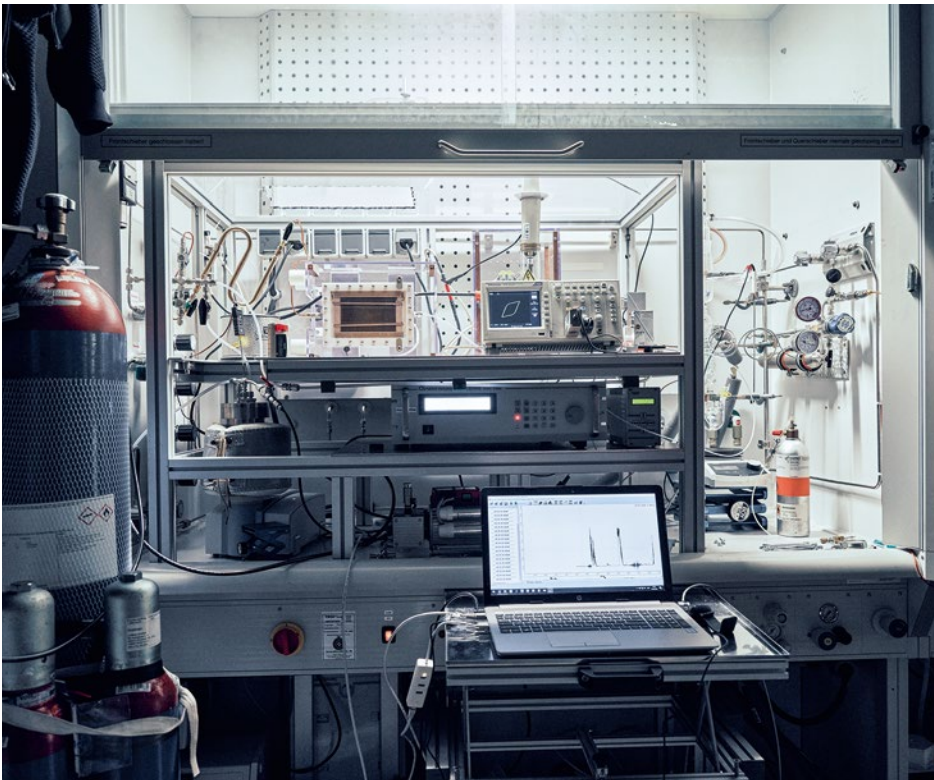
Manchmal braucht man zum Forschen einen „Akkuschrauber“, sagt der Physikprofessor Dr. Ronny Brandenburg und löst die Inbusschrauben an einem durchsichtigen Kunststoffkasten, der vor ihm auf der Werkbank liegt. Darin ist ein Stapel aus Metallplatten zu sehen. Brandenburg zieht die letzte Schraube heraus und hebt den Deckel ab. „Ah, der Kontakt hier hat ein bisschen viel Abstand, vielleicht hat es deshalb den Kurzschluss gegeben. Gib mir mal bitte den Schraubenschlüssel“, sagt er zu seinem Kollegen Dr. Ralf Jackstell, der neben ihm an der Werkbank des Labors in Rostock steht. Der Chemiker Jackstell antwortet mit einem Lächeln: „Dann steht es jetzt zwei zu eins: Ihr habt zwei Geräte geschrottet und wir bloß eins.“

Ronny Brandenburg und Ralf Jackstell schrauben regelmäßig gemeinsam hier im Labor des Leibniz-Instituts für Katalyse (LIKAT) herum – und manchmal geht dabei etwas kaputt. Die kleinen Kästen sind bis auf das Stromkabel und die beiden Anschlüsse für die Gaszufuhr unscheinbar, doch sie haben es in sich. Es handelt sich um Plasmareaktoren, die das Klimagas Kohlendioxid in wertvolle chemische Produkte umwandeln. In den kommenden drei Jahren soll aus den Versuchsapparaten von der Größe einer Pralinschachtel eine große Pilotanlage werden. Evonik ist von Anfang an mit wissenschaftlichem Know-how dabei, will aber auch den Schritt in die großtechnische Umsetzung eng begleiten. Denn was hier im Kleinen erforscht wird, könnte einige der für die Chemieindustrie wichtigsten Reaktionen auf ein neues Level heben.



Physikprofessor Ronny Brandenburg vom Leibniz-Institut für Plasmaforschung in Greifswald begutachtet die Lage der Elektroden im Laborreaktor.

„Plasma“ – das klingt nach Weltraum, nach Raketenwissenschaft, nach viele Tausend Grad heißen Sonnen. Doch hier im Labor in Rostock merkt man schnell, dass Plasmen etwas ganz und gar Irdisches sind. Sie entstehen, wenn man Gase starken elektrischen Feldern aussetzt. Die elektrische Spannung reißt aus den Gasmolekülen Elektronen, die mit anderen Molekülen kollidieren. So bildet sich ein reaktionsfreudiges Gemisch aus freien Elektronen, aus Ionen und aus Molekülbruchstücken, die sich zu neuen Molekülen zusammenfinden. „Viele Menschen staunen, wenn ich ihnen erzähle, wie viele Alltagsgegenstände mit Plasmen hergestellt werden“, sagt Brandenburg. Sie kommen nicht nur in Plasmafernsehern zum Einsatz, sondern auch in Leuchtstoff- →



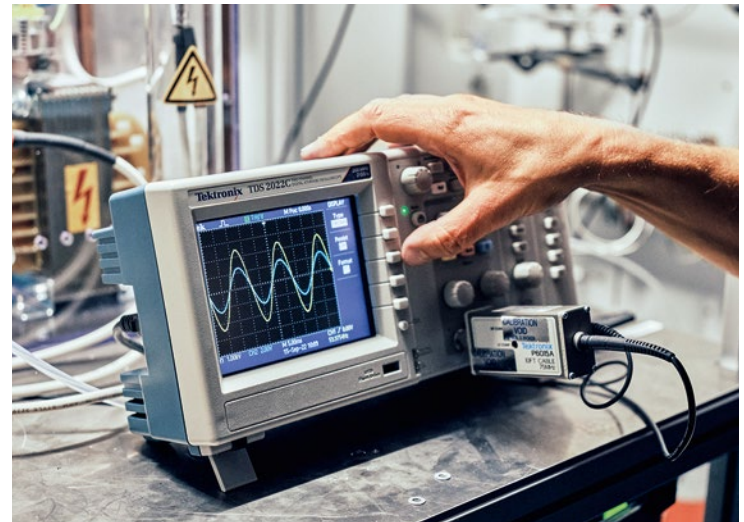
röhren, in denen sie Licht erzeugen. Und in Lackierereien werden Bauteile mit Plasma gereinigt und vorbehandelt, ehe man die Farbe aufträgt.

Plasmen sind ein Alltagsphänomen. Entsprechend einfach sind die Reaktoren, an denen Brandenburg und Jackstell arbeiten: „Wir haben nur etwa einen Monat gebraucht, um den ersten Laborreaktor aufzubauen“, sagt Brandenburg. „Die eigentliche Herausforderung besteht darin, ihn so zu steuern, dass er genau das tut, was man von ihm will.“

Die kleinen Reaktoren sind das Herzstück des Kooperationsprojektes PlasCO₂, das von Evonik koordiniert wird. Der Physiker Brandenburg ist Professor und Forschungsschwerpunktleiter für Oberflächenplasmen am Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie in Greifswald. Jackstell leitet als Chemiker die Abteilung Angewandte Carbonylierungen am Rostocker LIKAT. Mit dabei ist außerdem die Firma Rafflenbeul Anlagenbau aus der Nähe von Frankfurt am Main, die Plasmaanlagen für die Luftreinigung fertigt. Sie wird den Prototyp aufbauen, wenn die Laborphase abgeschlossen ist.

30 GRAD CELSIUS STATT 3.000 GRAD

Der Charme des PlasCO₂-Projekts besteht darin, CO₂ als Rohstoff zu nutzen. Als Treibhausgas wird Kohlendioxid viel gescholten. Seit einiger Zeit arbeitet man daran, es aus den Abgasen von Industrieanlagen, Zementwerken sowie Hochöfen der Stahlindustrie abzutrennen und beispielsweise in ausgedienten Erdgasfeldern zu speichern. Doch lässt es sich auch in der chemischen Industrie nutzen, um daraus neue, hochwertige Produkte herzustellen. Das Problem dabei: Kohlendioxid ist ein ausgesprochen reaktionsträges Molekül. Damit es mit anderen Substan-



zen reagiert, muss man es zunächst aktivieren. So sind beispielsweise für die thermische Spaltung von CO₂ Temperaturen von 3.000 bis 4.000 Grad Celsius nötig. Der Energieverbrauch ist entsprechend groß.

Der Plasmareaktor wäre eine Alternative, um das Kohlendioxid auf Trab zu bringen. Denn um das Plasma zu erzeugen, braucht es nur elektrische Energie. Anders als beim viele Tausend Grad heißen Plasma der Sonne handelt es sich bei PlasCO₂ um ein kaltes Plasma von weniger als 100 Grad Celsius. Die kleinen Laborreaktoren arbeiten mit 40 Watt – der Leistung einer Haushaltsglühlampe. Die hohe Energie des Plasmas entsteht letztlich durch das Herausschlagen der Elektronen, die dann die chemischen Reaktionen auslösen.

Das PlasCO₂-Team testet derzeit mehrere Wege, um das Kohlendioxid in wertvolle Produkte zu verwandeln. Kohlendioxid wird mit Wasserstoff im Plasma durch die energiereichen Elektronen zu Kohlenmonoxid um-

Plasmaphysik unter dem Abzug: Vom Reaktor bis zur Gasanalyse ist die gesamte Technik auf kleinem Raum untergebracht (oben links). Ralf Jackstell und Ronny Brandenburg arbeiten gern gemeinsam an den Geräten (oben rechts). Damit der Reaktor zündet, müssen sie Frequenz und Spannung exakt einstellen.

gewandelt. Dies bildet zusammen mit Wasserstoff das sogenannte Synthesegas, einen wichtigen Grundstoff in der Industrie für die Synthese von höherwertigen Kohlenwasserstoffen. Kohlenmonoxid (CO) wird unter anderem bei der Hydroformylierung eingesetzt. Bei diesem Verfahren reagieren CO und Wasserstoff (H₂) mit größeren Kohlenwasserstoffmolekülen, den Olefinen, zu Aldehyden, die in der chemischen Industrie für viele Folgeprodukte benötigt werden: für Weichmacher in Kunststoffen, Klebstoffe oder auch Schmiermittel. Weltweit liefert die Hydroformylierung jedes Jahr mehr als zehn Millionen Tonnen an Produkten.

ABSCHIED VON FOSSILEN ROHSTOFFEN

Bislang wird das hierfür benötigte Kohlenmonoxid aus Erdgas gewonnen. Mit dem Plasmareaktor könnte die CO-Produktion nachhaltiger werden. Man würde Kohlendioxid aus Industrieabgasen nutzen und Wasserstoff mithilfe regenerativ erzeugten Stroms durch die Aufspaltung von Wasser in Elektrolyseanlagen gewinnen. Damit ließe sich die Synthesegasproduktion von den fossilen Rohstoffen abkoppeln.

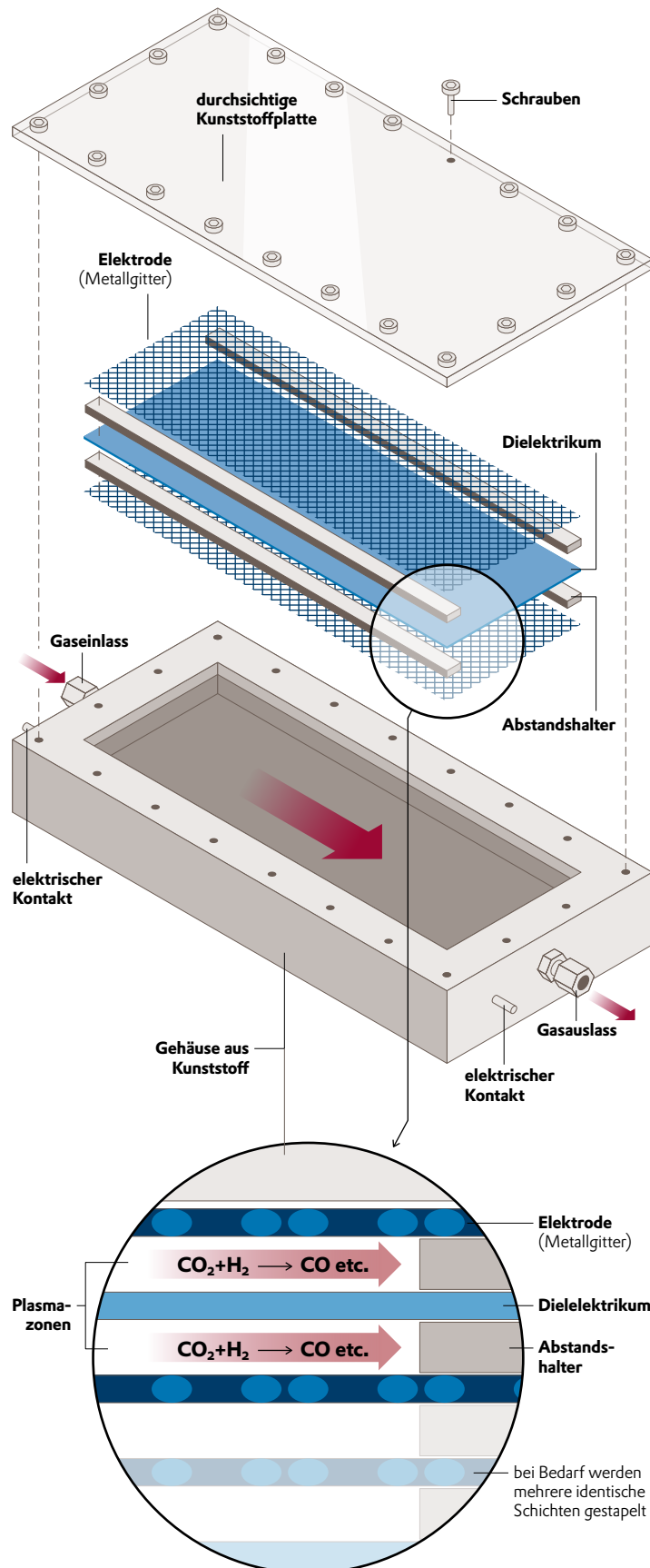
„Der Reaktor bietet aber noch sehr viel mehr“, sagt LIKAT-Forscher Jackstell. „Je nachdem, welche Moleküle wir in die Reaktionskammer einströmen lassen, können wir unterschiedliche Produkte erzeugen.“ Indem Olefine zusammen mit CO₂ und H₂ direkt im Reaktor reagieren, lassen sich etwa Ethylenglykol und andere Verbindungen herstellen. Da bei der Reaktion von Kohlendioxid und Wasserstoff auch in geringen Mengen Sauerstoff als Nebenprodukt entsteht, kann man im Reaktor zudem Prozesse ablaufen lassen, die Sauerstoff benötigen – etwa die sogenannte oxidative Kupplung. „Vom Sauerstoff gehen viele Folgereaktionen aus. Da ist sehr viel möglich“, sagt Jackstell.

Für den Chemiker ist die Produktion von Synthesegas im Plasma keine neue Entdeckung. Sie sei schon in den 1970er-Jahren bekannt gewesen. Weil die Produktion von Kohlenmonoxid aus Erdgas damals längst etabliert war, interessierte sich die Industrie aber all die Jahre kaum für das Plasma. Mit der Abkehr von fossilen Rohstoffen ist die Idee, Chemikalien mit grünem Strom im Reaktor zu produzieren, plötzlich brandaktuell.

„Allerdings müssen wir die Fachwelt zum Teil noch von den Vorteilen überzeugen“, sagt Jackstell. „In der Community hält sich die Meinung, dass die chemischen Reaktionen im Plasma schwer zu kontrollieren seien. Das stimmt so nicht.“ Viele Forschungsgruppen hätten über eine lange Zeit mit großen Molekülen im Plasma gearbeitet, und da könne chemisch tatsächlich eine ganze Menge passieren: „Das ist ein molekularer Urwald.“ Ihr eigener Ansatz unterscheide sich davon, so der Wissenschaftler: „Wir arbeiten mit sehr kleinen Mole- →

Kohlenmonoxid auf Knopfdruck

Aufbau eines Plasmareaktors, der mittels elektrischen Stroms aus Kohlendioxid und Wasserstoff Kohlenmonoxid produziert



külen, die im Grunde nur auf eine Art reagieren können. Und das lässt sich sehr gut kontrollieren.“ In den kommenden Monaten wird sich das PlasCO₂-Team langsam von kleinen Molekülen zu größeren wie den Olefinen vorarbeiten.

Der Reaktor hat auch den Vorteil, dass sich die chemischen Reaktionen auf Knopfdruck an- und abschalten lassen. „Man kann damit sozusagen ‚on demand‘ Chemikalien herstellen“, sagt Ralf Jackstell. Plasmareaktoren wären künftig auch für kleine und mittlere Unternehmen interessant, die damit jederzeit Grundstoffe für ihre Produktion in geringen Mengen selbst herstellen könnten. Kohlenmonoxid ist giftig. Es wird in Gasflaschen transportiert und gelagert. Wer damit hantiert, muss strenge Sicherheitsstandards einhalten. Mit dem Reaktor könnte man es künftig in kleiner Menge exakt dosiert herstellen – und sofort verbrauchen.

Am LIKAT haben Ronny Brandenburg, Ralf Jackstell und ihre Mitarbeiter die gesamte Produktionskette im Miniaturformat aufgebaut: den Reaktor, die Gaszufuhr, einen Auffangbehälter für die verschiedenen Produkte und ein Reaktionsgefäß, in dem sie die Produkte zu verschiedenen chemischen Verbindungen weiterverarbeiten. Angeschlossen ist auch ein Infrarotspektrometer



» Wenn alles gut läuft, können wir in drei Jahren Chemie auf Knopfdruck machen.«

ROBERT FRANKE, LEITER DER HYDROFORMYLIERUNGS-FORSCHUNG BEI EVONIK

– ein FTIR-Spektrometer –, das misst, welche Verbindungen aus dem Reaktor herauskommen.

Der Reaktor selbst besteht aus millimeterdünnen aufeinandergestapelten Platten, die wechselseitig mit dem Plus- und Minuspol verbunden sind, dazwischen befindet sich immer ein Dielektrikum. Um den Reaktor zu starten, wird zwischen Plus- und Minuspol eine elektrische Spannung von etwa 8.000 Volt angelegt. Die chemischen Reaktionen finden in dem hauchdünnen Spalt zwischen dem Dielektrikum und den Elektrodenplatten statt. Die Kunst besteht darin, alles perfekt aufeinander abzustimmen – die Abstände zwischen den Platten, die Frequenz, mit der der Wechselstrom schwingt, oder auch die Spannung. Jede Unebenheit in den Platten verändert die Abstände, die Leistung des Reaktors und die physikalischen Parameter. Der Stapel muss also perfekt sitzen.

INTERDISZIPLINÄRES TEAMWORK

Im abgedunkelten Labor dreht Ronny Brandenburg an einem Regler. Er regelt die Spannung. „4.000 Volt, eigentlich müsste der Reaktor gleich zünden“, sagt er. Tatsächlich: Die dunkle Reaktorfläche erhellt sich zu einem bläulichen Schimmer. Keine Flamme, kein Flackern, stattdessen ein gleichmäßiges Leuchten. Der Reaktor läuft. „40 Watt, volle Leistung“, sagt Brandenburgs Forschungspartner Jackstell.

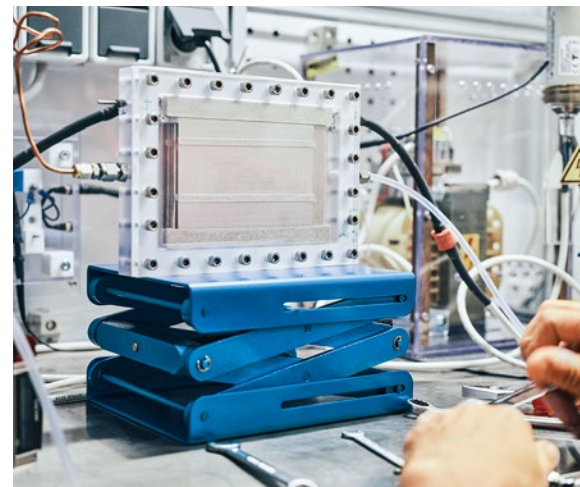
Das klappe nicht immer auf Anhieb. Manchmal mache ein Kondensator Probleme, manchmal ein Kontakt. Und bisweilen breche die Leistung jäh ab. Dann war der Reaktor überlastet. Brandenburg und Jackstell nehmen das mit Forscherehrgeiz hin – schließlich liefern Fehlschläge immer auch Erkenntnisse dafür, was sie besser machen können. „Wir arbeiten einfach sehr gern zusammen“, sagt Jackstell. „Chemiker und Physiker sprechen ja zumeist unterschiedliche Sprachen. Wir aber ziehen die Experimente gemeinsam durch.“

DAS PLASCO₂-PROJEKT

Im Projekt PlasCO₂ werden Plasmareaktoren entwickelt, in denen Kohlendioxid in Kohlenmonoxid (CO) und weitere Kohlenwasserstoffe umgewandelt werden. CO ergibt zusammen mit Wasserstoff Synthesegas, das für die Produktion vieler chemischer Grundstoffe benötigt wird – insbesondere die Herstellung von Aldehyden über die Hydroformylierung. Vier Partner aus der Industrie und der Forschung arbeiten in dem Projekt zusammen: das Leibniz-Institut für Katalyse (LIKAT) in Rostock, das Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie (INP) in Greifswald sowie die Unternehmen Rafflenbeul Anlagenbau und Evonik. Das Projekt wird mit 1,8 Millionen € durch das Bundesforschungsministerium gefördert (Förderkennzeichen 33RC030). Die Gesamtkoordination von PlasCO₂ liegt bei Evonik.



Brandenburg und Jackstell treffen sich regelmäßig im Labor des LIKAT in Rostock, um die Reaktoren zu testen und chemische Experimente durchzuführen. Die Geräte sind durchsichtig, damit die Forscher prüfen können, ob das Plasma richtig zündet.



Von den Ergebnissen der interdisziplinären Zusammenarbeit ist auch Prof. Dr. Robert Franke begeistert, der PlasCO₂ auf Evonik-Seite leitet: „Das Team in Greifswald und Rostock hat eine unglaubliche Dynamik entwickelt.“ Dabei ist PlasCO₂ eher zufällig aus einem Vorläuferprojekt entstanden. Damals wurde in der Arbeitsgruppe von Ralf Jackstell am LIKAT untersucht, ob sich mit kaltem Plasma Katalysatoren modifizieren und optimieren lassen. Dabei kamen Kohlendioxid und Wasserstoff zum Einsatz. „Irgendwann bemerkten wir ganz nebenbei, dass die Ausbeute an Synthesegas beachtlich war“, sagt Robert Franke. Damit war die Idee zum neuen Projekt PlasCO₂ geboren. „Mich fasziniert der Gedanke, mit einem relativ einfachen technischen Aufbau komplexe chemische Produkte herzustellen. Das ist eine absolut spannende Zukunftstechnologie.“

EIN KREIS SCHLIESST SICH

Die Idee, Chemie im kalten Plasma zu betreiben, verfolgt Franke schon lange. Anfang der 2000er-Jahre startete er bei der Creavis, der strategischen Innovationseinheit von Evonik, ein Projekt, bei dem ein wichtiger Schritt die Produktion von Ozon war. Das Ozon wurde genutzt, um damit über die sogenannte ozonolytische Synthese Dicarbonsäuren herzustellen – zum Beispiel Korksäure, die für die Produktion von Polyamiden und Polyester benötigt wird. Das Ozon kann unter anderem durch Koronaentladung oder in einem kalten Plasma aus Sauerstoff gewonnen werden.

„Der Plasmareaktor wies vergleichbare Ausbeuten auf und war absolut techniktauglich, allerdings wirtschaftlich damals nicht wettbewerbsfähig.“ Zur Erinnerung an das Projekt hat Robert Franke noch ein Glasgefäß mit Korksäurepulver in seinem Büroregal stehen. Mit dem Projekt PlasCO₂ schließt sich jetzt der Kreis. In den kommenden Monaten will das Team eine Stufe

weitergehen. „Wir wollen herausfinden, ob wir im Reaktor noch weitere Reaktionen stattfinden lassen können, wenn Dielektrikum und Elektrodenplatten zugleich als Katalysator fungieren“, sagt Ralf Jackstell. „Wir können zum Beispiel katalytisch wirkende Metalle verwenden, etwa Kobalt.“

Das eröffnete viele weitere Möglichkeiten, ergänzt Robert Franke: „Damit ließen sich direkt im Reaktor zum Beispiel aus Ethen Carbonsäuren herstellen.“ Als Katalysator könnte das Metall Palladium genutzt werden, mit dem sich die Gruppe am LIKAT bestens auskennt. „Wenn alles gut läuft, können wir in drei Jahren Chemie auf Knopfdruck machen“, sagt Franke. Um größere Mengen zu produzieren, könnte man den Durchsatz erhöhen, indem man mehrere Reaktoren parallel laufen ließe. „Betrieben mit grünem Strom und grünem Wasserstoff, wäre das eine wirklich nachhaltige Lösung.“

Doch bis es so weit ist, werden die Forscher noch häufiger den Akkuschauber benötigen, um defekte Reaktoren für den nächsten Versuch klarzumachen. —



Tim Schröder arbeitet als Wissenschaftsjournalist in Oldenburg. Obwohl er schon von Plasmen in Leuchtstoffröhren gehört hatte, war er erstaunt, wie leicht man ein Plasma erzeugen kann.

SUMM- ERSATZ



Mit Pollen bestickte
Seifenblasen haben
bei Versuchen in Japan
bereits zu Erfolgen bei
der Befruchtung von
Birnbäumen gebracht.

Ohne Bienen und andere Insekten, die Blüten bestäuben, wäre die Landwirtschaft aufgeschmissen. Da die Populationen schrumpfen, beschäftigen sich Wissenschaftler intensiv mit technischen Alternativen, den Befruchtungsprozess bei Pflanzen zu unterstützen.

TEXT **BJÖRN THEIS**

Mama, Papa – woher kommen die Babys? Auf diese Frage antworten überrumpelte Eltern gern mit der Geschichte von den Bienchen und Blümchen. Die viel zitierte Frühaufklärungs-Metapher verdanken wir dem deutschen Botaniker Christian Konrad Sprengel. In seiner Arbeit „Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen“ beschrieb er 1793 erstmals die Rolle der Insekten für die Pflanzenvermehrung. Sprengel gilt somit nicht nur als Begründer der Blütenökologie, sondern auch als Ideengeber für Charles Darwins Evolutionstheorie.

Als Bestäubung versteht man den Vorgang, bei dem Pollen von den männlichen Staubbeuteln der Pflanze auf die weiblichen Narben, also die oberen Abschnitte des Stempels einer Blüte, übertragen wird. Neben Bienen sorgen viele andere Insekten wie Hummeln oder Schmetterlinge für die Bestäubung. Fledermäuse, Vögel und Nagetiere übertragen Pollen. Nicht zuletzt tragen auch Wind und Regen zum Befruchtungsprozess bei. Die wichtigste Rolle spielen indes Bienen: Durch ihren kostenlosen Befruchtungsdienst tragen sie schätzungsweise rund 200 Milliarden € pro Jahr zur globalen Wertschöpfung bei.

In den vergangenen Jahren lässt sich allerdings ein beträchtlicher Rückgang der Bestäuberinsekten beobachten. Die intensive monokulturelle Landnutzung, der verstärkte Einsatz von Insektiziden, die Belastung durch Schadstoffe, die zunehmende Bodenversauerung und -versiegelung, Lichtverschmutzung sowie die Folgen des Klimawandels haben einen gravierenden Einfluss auf die Populationen.

Allein in Deutschland ist rund die Hälfte der 560 Wildbienenarten vom Aussterben bedroht. Schon heute reichen in manchen Regionen die natürlichen Bestäuber nicht mehr, um die geplanten Ernten einzufahren – immer mehr Landwirte müssen der Natur nachhelfen. Eine gängige Methode ist das Ansiedeln zusätzlicher Bienenstöcke, allerdings können die importierten Bienen negative Auswirkungen auf die lokalen Ökosysteme haben. In manchen Anbauregionen Chinas werden Obstpflanzen bereits per Hand bestäubt – eine kostenintensive Methode, die das Problem nicht wirklich löst. Daher forscht man weltweit an kostengünstigen Bestäubungstechniken, um die Ernährung der Menschheit auch in Zukunft zu sichern.

BLASE TRIFFT BLÜTE

In Japan wird beispielsweise die Bestäubung durch Seifenblasen erprobt: Einem Team des Japan Advanced Institute of Science and Technology in Nomi gelang es, Obstbäume mithilfe von Seifenblasen zu bestäuben. Dazu wurde eine Art Kanone auf eine Drohne montiert, die Birnbäume mit Blasen aus einer 0,4-prozentigen Lauramidopropyl-Betain-Lösung beschoss. Diese sind umweltverträglich, robust und klebrig genug, dass an ihnen bis zu 2.000 Pollenkörner haften. Wird eine Blüte von zwei bis zehn Blasen getroffen, ist eine Befruchtung sehr wahrscheinlich.

Das israelische Techunternehmen Edete will Pflanzen mithilfe elektrostatischer Felder befruchten, das Start-up Polybee aus Singapur erprobt Mikrodrohnen, die die von einigen Bienen angewandte „Summenbestäubung“ nachahmt. Dabei wird der Pollen durch Vibrationen in der Luft, normalerweise erzeugt durch den Flügelschlag vorbeifliegender Insekten, freigesetzt.

DIE ZUKUNFT DER ERNÄHRUNG

Wenn wir in Zukunft die Welt ernähren wollen, müssen wir den Ausfall natürlicher Bestäuber auffangen. Ein guter Grund für das Foresight-Team der Creavis, sich im Rahmen des Themas Sustainable Food Futures 2040 mit dem Thema zu beschäftigen, ist die Evonik verfügt beispielsweise über weitreichende Kompetenzen in der Grenzflächenchemie, die einen Beitrag zur Entwicklung künftiger Bestäubungsmethoden leisten können. Zudem arbeitet die Creavis-Einheit Agricultural Solutions an Lösungen für eine nachhaltigere Landwirtschaft, die dazu beitragen kann, dass sich Bienchen und Blümchen wieder so wohlfühlen, dass sie den Menschen in Sachen Befruchtung gar nicht mehr brauchen. —



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



»Beim Freitauchen liegt die Kraft in der Ruhe«

PROTOKOLL **KAROLINA FÖST**
FOTOGRAFIE **NAZIM AHMED**



Herbert Nitsch gehört zu den erfolgreichsten Freitauchern. Er stellte 32 Weltrekorde in allen acht internationalen Apnoe-Disziplinen auf und tauchte ohne Pressluftflasche so tief wie kein anderer Mensch: 2012 schaffte er 253 Meter, erlitt dabei jedoch die Dekompressionskrankheit.

Sauerstoff ist für uns Menschen lebensnotwendig. Wir nehmen das Element beim Atmen mit der Luft auf. Aber wir atmen mehr, als wir müssten. Es ist so, als würden wir an die Zapfsäule fahren, obwohl der Tank noch nicht leer ist. Je mehr wir atmen, desto mehr Sauerstoff benötigen wir, denn das Atmen erfordert Energie.

Beim Freitauchen kommt es darauf an, so wenig Sauerstoff wie möglich zu verbrauchen. Entspannung ist die Voraussetzung, um ohne zusätzliche Luft aus der Flasche in große Tiefen vorzustoßen. Deshalb versetze ich meinen Körper in einen Energiesparmodus und meinen Geist in einen Dämmerzustand. Ich tauche zunächst ein paarmal ab und auf. So leite ich den Tauchreflex ein, wodurch sich unter anderem der Herzschlag verlangsamt. Ich denke nichts, blende alles um mich herum aus – bei den Wettkämpfen Kameras, Schiedsrichter, Zuschauer. Auch Adrenalin erhöht den Sauerstoffverbrauch. Und der Vorsatz „Jetzt tauche ich besonders tief“ erst recht. Beim Freitauchen liegt die Kraft in der Ruhe. Ich versuche, mit möglichst wenigen Bewegungen in die Tiefe zu kommen. Bewegung kostet Sauerstoff. Es ist wie beim Treppensteigen: Wenn du zu schnell anfängst, bist du nach einem Stockwerk aus der Puste.

Die meisten Menschen verbinden Atemluft mit Sauerstoff. Aber sie besteht nur zu 21 Prozent aus dem Element, der größte Teil ist Stickstoff. In der Tiefe wirkt er narkotisch, so als hätte man ein Bier zu viel getrunken. Der Rausch und meine Entspannung wurden mir bei meinem Rekordversuch 2012 zum Verhängnis: Ich bin beim Wiederaufstieg aus 253 Metern kurz eingeschlafen. Wie geplant stoppte bei 26 Metern mein Schlitten, der mich in die Tiefe gebracht und wieder hochgezogen hatte. Die Rettungstaucher dachten, ich sei ohnmächtig. Sie brachten mich ohne Dekompressionsstopp nach oben.

Ohne diesen Stopp wird der im Blut gelöste Stickstoff als Gasbläschen freigesetzt, die die Blutgefäße verstopfen. Das Gehirn bekommt keinen Sauerstoff mehr. Ich habe multiple Schlaganfälle erlitten und lag im Koma. Die Prognosen der Ärzte waren schlecht, aber ich habe mich zurückgekämpft, ins Leben und ins Wasser. Zwei Jahre nach dem Unfall habe ich wieder mit dem Tauchen angefangen – zum reinen Vergnügen und nach wie vor ohne Luft aus der Flasche. —

Impressum

HERAUSGEBER Evonik Industries AG | Christian Schmid | Rellinghauser Straße 1–11 | 45128 Essen |
BERATUNG UND KONZEPT Manfred Bissinger |
CHEFREDAKTION Jörg Wagner (V. i. S. d. P.) |
CHEF VOM DIENST Inga Borg, Deborah Lippmann |
TEXTCHEF Christian Baulig | **ONLINE-REDAKTION**
Pauline Brenke | **BILDREDAKTION** Nadine Berger |
LAYOUT Wiebke Schwarz (Art Direction), Victor Schirner (Grafik) | **ANSCHRIFT DER REDAKTION**
KNSK Group | Holstenwall 6 | 20355 Hamburg | **DRUCK**
Linsen Druckcenter GmbH, Kleve | **COPYRIGHT**
© 2022 by Evonik Industries AG, Essen. Nachdruck nur mit Genehmigung der Agentur. Der Inhalt gibt nicht in jedem Fall die Meinung des Herausgebers wieder. Fragen zum Magazin ELEMENTS: Telefon +49 201 177-3315 | E-Mail elements@evonik.com | **BILDNACHWEISE**
Cover: Alex Broeckel/Die Illustratoren | S. 3: Frank Preuß |
S. 4–5: Christian Vorhofer, Robert Eikelpoth (2) | S. 6–7: Christian Lohfink/Upfront | S. 8–9: Getty Images, Chanon Pornrunroj, Markus Mallaun; Infografik: KNSK Group |
S. 10–17: Christian Vorhofer (10), Enno Kapitza; Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss mit Fotovorlage von Karsten Bootmann | S. 18–19: Infografik: Maximilian Nertinger | S. 20–23: Henning Ross, Getty Images (2) |
S. 24–31: Robert Eikelpoth (11), privat; Infografik: Maximilian Nertinger; Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss mit Fotovorlage von Hamid Sadeghi | S. 32–38: picture alliance/Keystone, Katharina Poblitzki (3), Felix Sanchez Photography (3); Illustrationen: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss mit Fotovorlage von Stefan Eisenburger und privat | S. 39: Infografik: Maximilian Nertinger |
S. 40–47: MOFT/Musharbak, picture alliance/AP Photo, Shutterstock/Sanoop.cp, Lutz Jaekel/Iaif, Getty Images; Illustrationen: KNSK Group | S. 48–53: Robert Eikelpoth; Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss mit Fotovorlage von Foto- und Bilderwerk | S. 54–55: Eijiro Miyako; Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss mit Fotovorlage von Karsten Bootmann | S. 56: Nazim Ahmed, herbertnitsch.com

elements.evonik.de

» Jede große und tiefe Schwierigkeit ...

... trägt in sich ihre eigene Lösung. Sie zwingt uns, unser Denken zu ändern, um sie zu finden“, bekundete einst Niels Bohr. Der dänische Nobelpreisträger von 1922 lieferte maßgebliche Beiträge zur Atomphysik. In jedem Problem sah er vor allem eine Chance für einen innovativen Lösungsansatz.

Die Herstellung von hochreinem Methan und Kohlendioxid aus Biogas ist ein Paradebeispiel für diese Aussage. Der Problemstoff, der in gigantischen Mengen in der Landwirtschaft, in Kläranlagen oder auf Mülldeponien entsteht, lässt sich dank fortschrittlicher Technologie nutzen, um die Energie- und Klimakrise zu entschärfen.