

ELEMENTS

Forschen. Wissen. Zukunft.



Besseres Plastik

Ein Heft über die Zukunft des Kunststoffs

Recycling

Aufbereitung und Wiederverwendung von Rohstoffen

Recycling bezeichnet die Rückgewinnung von Rohstoffen aus gebrauchten Produkten oder Materialien, um sie erneut zu verwenden – entweder für den gleichen oder für einen anderen Zweck. Bei Kunststoffen gibt es zwei technische Ansätze: chemisches Recycling und mechanisches Recycling. Je nach Verfahren kann es sich dabei um Upcycling oder Downcycling handeln. Ziel des Recyclings ist es, Rohstoffe möglichst lange im Wertstoffkreislauf zu halten, um Abfälle zu vermeiden, Energie einzusparen und Emissionen zu senken.

Chemisches Recycling Verfahren, bei dem Polymere in Monomere oder chemische Rohstoffe zerlegt werden, um sie erneut zu Polymeren oder zu anderen chemischen Produkten zu verarbeiten.

Mechanisches Recycling Wiederaufbereitung von Kunststoffen durch physikalische Verfahren wie Sammeln, Sortieren, Zerkleinern und Einschmelzen. Die chemische Struktur bleibt dabei unverändert.

Upcycling Verarbeitung von Abfällen zu Produkten mit höherer Qualität oder größerem Wert als das Ausgangsmaterial, z. B. Rucksäcke aus Fischernetzen

Downcycling Verarbeitung von Abfällen zu Erzeugnissen von geringerer Qualität oder niedrigerem Wert als das Ausgangsmaterial, z. B. Pflanzkübel aus PET-Flaschen



LIEBE LESERIN, LIEBER LESER,

„wir drehen uns im Kreis!“ Fällt diese Aussage, bedeutet das meist nichts Gutes. Menschen sind genervt, weil etwas nicht vorwärtsgeht. Er will einfach nicht gelingen, der Durchbruch zur Lösung eines Problems.

In der Chemieindustrie ist das anders. Hier stellt die Bewegung im Kreis selbst einen Durchbruch dar, der die Produktion nachhaltiger macht. Wer Stoffe langfristig im Kreis führt, muss keine neuen Materialien einsetzen, um gute Produkte herzustellen. Bei Kunststoff bietet das zirkuläre Wirtschaften gleich einen doppelten Vorteil. Fossiles Erdöl kann als Rohstoff dort bleiben, wo es ist: unter der Erde. Und auf der Erde verschwindet Plastik von Müllhalden und aus der Umwelt, wenn es Erdöl als Basis für neue Kunststoffe den Rang abläuft.

In diesem Heft zeigen wir Ihnen, wie Evonik dazu beiträgt, diesen Paradigmenwechsel herbeizuführen. Daneben stellen wir Technologien vor, mit denen wir schon heute Kunststoff fit für die Zukunft machen – vom Einsatz biobasierter Rohstoffe über die Nutzung der Massenbilanz bis hin zur Anwendung von künstlicher Intelligenz, die die Entwicklung nachhaltiger Materialien enorm beschleunigt.

Ob es unserer Gesellschaft am Ende gelingt, zirkulär zu wirtschaften, wird die Zukunft zeigen. Wesentlich ist jedoch, dass Kunden Produkte und Verfahren annehmen und bereit sind, dafür womöglich auch etwas mehr Geld auszugeben als für die heute üblichen. Nur dann wird der Kreislauf die nötige Sogwirkung entwickeln.

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

Jörg Wagner

Chefredakteur

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



Wie lässt sich bedruckter Kunststoff nach Gebrauch wieder entfärben? Experten bei Evonik suchen nach Wegen, wie Materialien möglichst häufig wiederverwertet werden können.

ZUKUNFT DES KUNSTSTOFFS

10 Zirkeltraining

Was wird aus Kunststoffprodukten, wenn sie ihr Nutzungsende erreicht haben? Bei Evonik wird schon bei der Entwicklung neuer Produkte mitgedacht, wie sich die Bestandteile später wiederverwerten und im Idealfall in einen Wertstoffkreislauf bringen lassen.

DATA MINING

21 Auf Wiedersehen!

Damit Kunststoffe ihren Nutzen entfalten, ohne die Umwelt zu schädigen, müssen sie nach Gebrauch eingesammelt und recycelt werden. Ein Blick auf Zahlen, Daten und Fakten

INTERVIEW

22 »Müssen wir uns zwischen Konjunktur und Klimaschutz entscheiden?«

Der Schutz von Klima und Natur ist ein Politikum – gerade wenn die Wirtschaft schwächelt. Der Klimaforscher Mojib Latif und die Naturschützerin Myriam Rapior diskutieren darüber, wie die Wirtschaft einen Beitrag zur Lösung der Probleme liefern kann.

30 Nachhaltiger Eindruck

Polyamid 12 gilt als Allrounder unter den Hochleistungskunststoffen. Dank Einsatz erneuerbarer Energien, biozirkulärer Rohstoffe und Recyclingmaterial produziert ihn Evonik immer nachhaltiger – für zahlreiche Anwendungszwecke.

Polyamid 12 in Form von Trogamid eCo macht Gläser für Sonnenbrillen kratzfest – und umweltfreundlich.

SCHAUBILD

38 Auf die Zutaten kommt es an

Je grüner der Input, desto nachhaltiger das Endprodukt. Wie Massenbilanzierung die Produktion von Polyamid 12 in unterschiedlichen Nachhaltigkeitsstufen ermöglicht



40 Ziemlich beste Freunde

Künstliche Intelligenz hilft längst nicht mehr nur beim Sichten von Fachliteratur. Mit dem AIChemBuddy bietet Evonik seinen Forscherinnen und Forschern ein Tool, das dabei hilft, in Experimenten das Optimum herauszuholen.



Die Datenexperten Thomas Asche (r.) und Johannes Dürholt haben eine künstliche Intelligenz entwickelt, die Forscherinnen und Forscher auf neue Ideen bringen kann.

6 PERSPEKTIVEN

Neues aus Wissenschaft und Forschung

48 FORESIGHT

Frische Ideen

Neue Technologien für Klimaanlagen sollen eine Aufheizung der Atmosphäre verhindern.

50 IN MEINEM ELEMENT

Brom

Ohne das Element könnte Baruch Sterman keine Fäden für den jüdischen Gebetsschal herstellen.

51 IMPRESSUM





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



2024 litten 673 Millionen Menschen an Hunger, das sind circa 8,2 Prozent der Weltbevölkerung. Die Vereinten Nationen wollen den **Hunger beenden** sowie **Ernährungssicherheit** und **eine bessere Ernährung** erreichen. Die **Förderung einer nachhaltigen Landwirtschaft** steht ebenfalls auf der Agenda. Damit Nutzpflanzen künftig umweltschonender angebaut werden, forscht Evonik an Biostimulanzen. In Kombination mit biobasierten Hilfsstoffen unterstützen diese natürlichen Bakterien beispielsweise Maispflanzen dabei, Stickstoff aus der Luft aufzunehmen und für ihr Wachstum nutzbar zu machen. Der Einsatz von Stickstoffdünger könnte so deutlich sinken – bei gleichbleibenden Erträgen. Eine andere mikrobielle Lösung setzt bereits vor dem Keimen an. Sie bewahrt das Saatgut von Nutzpflanzen vor Pilzbefall und ist damit eine ebenso wirkungsvolle wie nachhaltige Alternative zu chemischen Fungiziden.

Das Bild zeigt Hüllblätter einer Maispflanze. Sie schützen den Kolben vor schädlichen Umwelteinflüssen. Durch den Klimawandel geraten solche natürlichen Abwehrsysteme zunehmend unter Druck. Umso wichtiger ist es, die Widerstandskraft von Nutzpflanzen gegenüber Stressfaktoren wie Hitze oder Trockenheit gezielt zu stärken. Biostimulanzen mit Mikroben, die sich an extreme Umweltbedingungen angepasst haben, helfen dabei.

Kleber aus dem Meer

Japanische Forscher entwickelten besonders starke Unterwasserklebstoffe. Die Natur und KI halfen dabei.

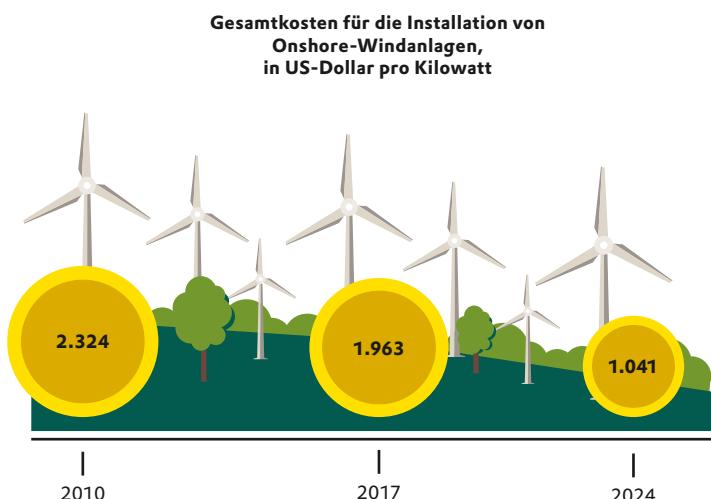
Sollen Materialien in einer nassen Umgebung miteinander verbunden werden, bieten Hydrogele oft eine Lösung. Sie bestehen aus Wasser und einem Polymernetzwerk. Durch die Kombination verschiedener Methoden haben Forscher der Universität Hokkaido im japanischen Sapporo die Unterwasserhaftung von Hydrogele entscheidend verbessert. Ausgangspunkt war ein Datensatz mit rund 25.000 Haftproteinen, die etwa Muscheln dabei helfen, sich auf nassen Oberflächen festzusetzen. Mit Hilfe von Data Mining identifizierten die Forscher Sequenzmuster, die die Haftung beeinflussen, und stellten auf dieser

Vorbild Natur:
Miesmuscheln
haften dank
spezieller Proteine
auch bei starker
Strömung fest am
Felsen.



Basis 180 Hydrogele her, die sie im Labor testeten. Ein KI-Algorithmus half, die leistungsstärksten Kandidaten auszuwählen und zu optimieren. Das Resultat: Unterwasserklebstoffe mit einer bisher unerreichten Haftkraft von mehr als einem Megapascal – genug, um mit einer briefmarkengroßen Klebefläche 63 Kilogramm Gewicht zu tragen. Da die Hydrogele sofort kleben und besonders robust sind, bieten sie neue Perspektiven zum Beispiel für Medizintechnik oder Tiefseeforschung.

BESSER IST DAS Günstiger Wind



Die durchschnittlichen Gesamtkosten für die Installation von Onshore-Windanlagen (Total Installed Costs, TIC) haben sich seit 2010 mehr als halbiert. 2024 erreichen sie mit rund 1.000 US-Dollar pro Kilowatt einen neuen Tiefstwert. Die TIC umfassen sämtliche Kosten bis zur Inbetriebnahme, zum Beispiel für Turbinen, Projektentwicklung und Montage. Leichtere und haltbarere Verbundwerkstoffe könnten dazu führen, dass sie weiter sinken.

Quelle: Internationale Agentur für Erneuerbare Energien (IRENA)

90
PROZENT

Ausbeute erzielten drei Reaktionsschritte eines neuen vierstufigen Verfahrens der TU Köln zur Mentholsynthese. Ein weiterer erzielte 65 Prozent Ausbeute. Als Rohstoff nutzten die Forscher Terpentinöl, ein Nebenprodukt der Papierindustrie. Mithilfe eines thermischen Trennverfahrens (Rektifikation) und Nanofiltration extrahierten sie daraus 3-Caren. Um die chemische Verbindung in Menthol umzuwandeln, benötigten sie vier Syntheseschritte, von denen drei besonders effektiv waren. Das Verfahren könnte Erdölbasieretes Menthol in der Pharma-, Kosmetik- und Lebensmittelindustrie ersetzen.

PORPHYRINE ...

... sind ringförmige Moleküle, die etwa in Chlorophyll vorkommen. In ihr Zentrum können Metallionen eingesetzt werden, über die sich ihre Eigenschaften gezielt steuern lassen. Ein europäisches Forschungsteam integrierte diese Moleküle in ein nur ein Nanometer breites Band aus Graphen, einem Kohlenstoffmaterial, das für seine Leitfähigkeit bekannt ist. So entstand ein Hybridsystem, das magnetisch und elektronisch gekoppelt ist und neue Anwendungen beispielsweise in der Quantentechnologie eröffnen kann. Um die Eigenschaften zu verbessern, wollen die Forscher nun die Effekte verschiedener Metallzentren und ein breiteres Graphenband testen.

MENSCH & VISION

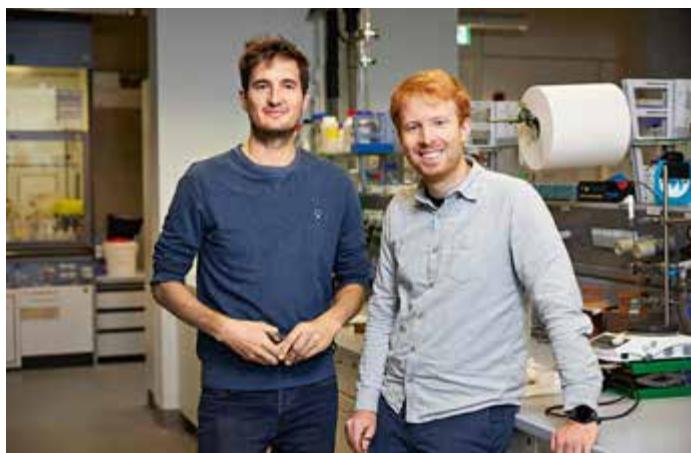
»Wir wollten mit chemischem Recycling ins Handeln kommen«

DER MENSCH

In seinem Chemieingenieur-Studium im französischen Lyon beschäftigte sich Alexandre Kremer schon früh mit Polymeren. „Mich hat es begeistert, dass nur wenige Monomere so viele verschiedene Materialien hervorbringen können“, erzählt er. Die Kehrseite wurde dem Franzosen bei seinem Chemiestudium in Vancouver (Kanada) bewusst: die enormen Mengen an Plastikmüll. Seitdem will er Kunststoffe kreislauffähig machen. In Paris schloss Kremer ein drittes Masterstudium ab mit dem Schwerpunkt „Nachhaltigkeit und soziale Innovation“: „Dort habe ich meinem Fachwissen eine strategische und unternehmerische Perspektive hinzugefügt.“

DIE VISION

2024 gründete Kremer gemeinsam mit dem Österreicher Andreas Wagner das Münchener Start-up Radical Dot: „Wir wollten ins Handeln kommen.“ In einem Labor im Venture Lab ChemSpace der TU München entwickelten sie ein chemisches Recyclingverfahren für gemischte Plastikabfälle. „Wir spalten Polymerketten mithilfe von Sauerstoff und bilden daraus Carbonsäuren, die als Rohstoffe für neue Produkte dienen“, sagt Kremer. „Unser Verfahren ist schnell und energieeffizient.“ Bis 2027 will Radical Dot eine Demonstrationsanlage errichten, danach soll der Schritt zur industriellen Nutzung gelingen.



Alexandre Kremer (l.) will gemeinsam mit Andreas Wagner das Recycling von Kunststoffen voranbringen.

GUTE FRAGE

Herr Soh, lässt sich Strom aus Regen gewinnen?

Ja. Jedoch war es für Forscher bisher eine Herausforderung, die enormen Energiemengen im Regenwasser nutzbar zu machen. Ein Fokus lag auf der Grenzfläche zwischen Wasser und festen Oberflächen, wo sich die elektrischen Ladungen von Wasser trennen und Strom entsteht. Allerdings ist dieses Phänomen auf kleine Flächen im Nanobereich begrenzt, im großen Maßstab ist der Effekt zu vernachlässigen. Wir nutzen ein anderes natürliches Phänomen, den „Plug Flow“. In unseren Versuchen ließen wir Regen durch ein Rohr fließen, das mit einem isolierenden Polymer beschichtet ist. Dadurch haben sich die Strömungseigenschaften des Wassers so verändert, dass es sich in seinem gesamten Volumen elektrisch auflädt, die Ladungstrennung also nicht auf die Grenzfläche beschränkt bleibt. Unser Ansatz erhöht die Stromausbeute deutlich und eröffnet damit einen effizienten Weg, Regenenergie zu ernten.

Beton als Batterie

Eine Mischung aus Zement und Mikroorganismen sorgt dafür, dass Wände Energie speichern können.

Forscher der Universität Aarhus in Dänemark haben einen neuen Ansatz entwickelt, um Häuserwände, Fundamente oder Brücken künftig als Puffer für die schwankende Versorgung mit Solar- und Windstrom zu nutzen. Die Wissenschaftler vermischten dafür Zement mit dem Bakterium *Shewanella oneidensis*. Es kann ohne Sauerstoff überleben und ist zudem in der Lage, Elektronen mit seiner Umgebung auszutauschen. In der Zementmatrix entsteht dadurch ein leitfähiges Netzwerk, das elekt-

rische Energie aufnehmen und wieder abgeben kann. Die Speicherkapazität des Baustoffs übertrifft die Leistung bisheriger zementbasierter Ansätze, die zum Beispiel mit Kohlenstoff arbeiten, um ein Vielfaches. Da die Aktivität der Bakterien mit der Zeit abnimmt, werden sie im Zement über feine Kanäle mit einer Nährstofflösung versorgt. Bis zu 80 Prozent der ursprünglichen Speicherkapazität stellten die Forscher auf diese Weise wieder her. Das Projekt befindet sich noch in einem frühen Stadium.

Siewling Soh ist Associate Professor im Fachbereich Chemie- und Biomolekulartechnik an der National University of Singapore.



Am Standort Darmstadt wird Tego Res 1100 produziert, womit sich Druckfarben von Verpackungen leichter entfernen lassen. In dem Kessel findet die Polymerisation statt.

SO GUT WIE NEU

Kunststoff ist aus unserer Welt nicht wegzudenken. Um fossile Ressourcen zu schonen und Abfälle zu verringern, findet durch die Circular Economy ein Paradigmenwechsel statt: Recycling wird schon beim Design und Herstellen neuer Produkte mitgedacht. Um diesen Prozess zu beschleunigen, entwickelt Evonik gemeinsam mit Partnern neue Lösungen. Das Motto: Design for Circularity

TEXT MICHAEL PRELLBERG

Klack, klack. Alexander Azzawi klappt den schwarzen Plastikkoffer auf. Darin liegen zwei miteinander verklebte Kunststoffriegel, über einen silbernen Metallstreifen verbunden und zwischen zwei Klemmen fixiert. Daneben steckt ein Schlüssel. „Einfach mal anschalten“, empfiehlt Azzawi, der das Kunststück häufig auf Messen vorführt. Kaum ist der Schlüssel gedreht, geht ein Licht an, im Koffer beginnt etwas zu arbeiten. „Wir erhitzen mittels der Metallfolie den Klebstoff“, sagt Azzawi, „dann lassen sich die beiden Kunststoffteile ganz einfach voneinander lösen.“ Während es im Demonstrationskoffer leise vor sich hin surrt, erklärt Azzawi, Leiter Lifecycle Solutions bei der Creavis, warum das funktioniert: Sein Team hat ein spezielles Bindemittel für polyurethanbasierten Klebstoff entwickelt, das herkömmliche Binder ersetzt. Beim Verkleben reagieren die anderen Komponenten des Klebers mit →



Alexander Azzawi demonstriert, wie leicht sich Klebeverbindungen bei Bedarf dank eines neuartigen Binders lösen lassen.



Bei Zugversuchen am Standort Essen Goldschmidtstraße untersucht Werkstudentin Anneke Henschel, wie effektiv die Debonding-Lösung im Vergleich zu herkömmlichen Klebern ist.

dem neuartigen Binder und bilden ein dreidimensionales Netzwerk aus. Die Verbindungsstellen sind allerdings so gestaltet, dass sie sich bei Temperaturen jenseits der 100 Grad auflösen, sodass der Klebstoff nicht mehr klebt. Genau das passiert jetzt: Problemlos zieht Azzawi die beiden Kunststoffriegel auseinander. „Das ist ein bisschen so, als würde man bei einem Strickpulli an einigen Stellen einen Faden durchtrennen, und das Gewebe fällt auseinander.“

„Debonding on Demand“ heißt dieses Prinzip: Klebeverbindungen werden genau dann voneinander gelöst, wenn es nötig ist. Dank dieser Technik lassen sich Produkte einfacher auseinanderbauen, reparieren oder die einzelnen Bestandteile recyceln. So hilft Debonding on Demand, Kreisläufe zu schließen. Das gilt für Smartphones und Laptops ebenso wie für andere Alltagsgegenstände, etwa Schuhe. Lassen sich beispielsweise Sohle und Schaft leichter voneinander trennen, ermöglicht das eine sortenreine Wiederverwertung der Bestandteile. Aber auch Hersteller von Elektroautos sind interessiert daran, Karosserie und Batterie künftig miteinander zu verkleben statt zu verschrauben. Das spart Gewicht und erleichtert das Design. Derzeit ist Evonik in Gesprächen, beispielsweise bei einer Entwicklungspartnerschaft mit dem Klebstoffspezialisten Delo, wo und wie sich Debonding on Demand schon heute einsetzen lässt.

Die Zeit ist reif für Alternativen zum klassischen „Herstellen und Wegwerfen“. Das gilt insbesondere für Kunststoffe. Aktuell werden jährlich mehr als 400 Millionen Tonnen Plastik produziert, und die Nachfrage soll sich bis 2050 fast verdoppeln (siehe Data Mining, Seite 21). Ein Grund dafür sind die in vielen Anwendungen überlegenen Produkteigenschaften. Hochleistungskunststoffe machen Leichtbau möglich und lassen so zum Beispiel Elektroautos weiter fahren, während die mechanischen Eigenschaften faserverstärkter Kunststoffe die Rotorblätter von Windkraftanlagen stabilisieren und für mehr grünen Strom sorgen.

Je stärker die Nachfrage steigt, desto drängender ist es, die wertvollen Materialien am Ende der Nutzungsdauer im Stoffkreislauf zu halten. Denn noch funktioniert die globale Kunststoffindustrie weitgehend linear: Zum einen werden heute mehr als 90 Prozent der Kunststoffe aus Erdöl produziert, zum anderen landet welt-

weit ein erheblicher Teil am Ende seiner Nutzung auf der Deponie, im Heizkraftwerk oder sogar in der Umwelt. Es braucht eine Alternative: „Circular Economy“, das zirkuläre Wirtschaften, schließt Stoffkreisläufe, macht aus Abfällen wieder Rohstoffe und trägt damit zu Ressourcenschonung und Klimaschutz bei.

RECYCLING NEU DENKEN

Beim mechanischen Kunststoffrecycling werden Kunststoffabfälle nach dem Sammeln sortiert. Nur sortenreiner Abfall lässt sich weitgehend ohne Qualitätsverlust recyceln. Bei Getränkeflaschen aus Polyethylenterephthalat (PET) gelingt das zum Beispiel schon gut. Bei gemischten oder stark verunreinigten Abfällen ist diese Route jedoch versperrt. Sie lassen sich nicht noch einmal nutzen und werden daher direkt deponiert oder verbrannt.

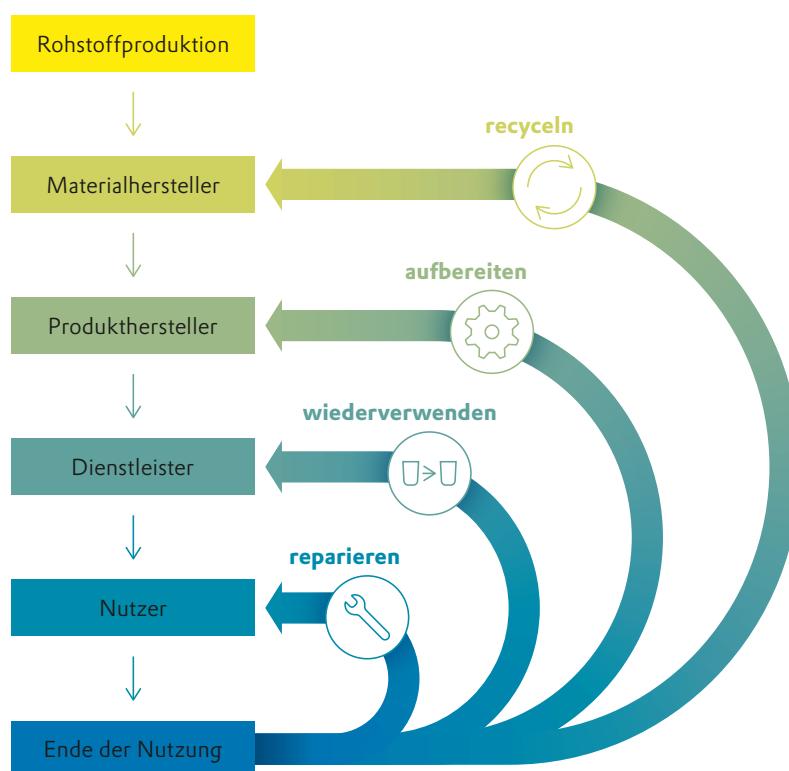
Circularity muss also neu gedacht werden: nicht vom Ende her, sondern vom Anfang. Das Ziel: Produkte von vornherein so zu gestalten, dass sie im Kreislauf gehalten



»Es geht darum, fossile Ressourcen zu schonen und das Verbrennen von Reststoffen zu minimieren.«

MEHR ALS RECYCLING

Design for Circularity hat das Ziel, ein Produkt so zu gestalten, dass es möglichst lange und energieeffizient genutzt werden kann. Im Idealfall durchläuft es verschiedene Stadien, bevor es recycelt wird.



oder recycelt werden können – für gleichwertige Anwendungen und in möglichst hoher Qualität. So gelingt der Einstieg in die ressourcenschonende Circular Economy. „Um Kreisläufe aufzubauen, brauchen wir ‚Design for Recycling‘ und mechanische und chemische Recyclingmethoden“, sagt Patrick Glöckner. Er leitet das Next Markets Program von Evonik, zu dessen Schwerpunkten zirkuläre Verpackungen und Kunststoffrecycling gehören. „Letztlich geht es darum, fossile Ressourcen zu schonen und das Verbrennen von Reststoffen zu minimieren.“

Gesetzliche Vorgaben unterstützen diesen Prozess, sodass Zirkularität zu einem wichtigen Bestandteil der Industrie geworden ist. Evonik hat ihre Aktivitäten für den Kunststoffkreislauf bereits 2020 im Global Circular Plastics Program gebündelt und den Fokus wenig später mit dem Circular Economy Program auf weitere Stoffströme erweitert. Die Idee: Produkte und Prozesse so zu konzipieren, dass immer weniger fossile Rohstoffe erforderlich sind und sie Anforderungen an die Recyclingfähigkeit erfüllen. Außerdem wird Recycling für →

die Geschäftspartner von Evonik durch gesteigerte Effizienz und qualitativ bessere Rezyklate wirtschaftlicher. Das Ziel sind Kunststoffe, die sich ökologisch und ökonomisch sinnvoll recyceln lassen. „Damit das gelingt“, sagt Glöckner, „braucht es von Anfang an das richtige Design, Design for Circularity.“

EVONIK KNÜPFT NETZWERKE

Wer Zirkularität ernst nimmt, muss alle Teile des Kreislaufs betrachten. Das bedeutet, allen Unternehmen in einer Wertschöpfungskette Fragen zu stellen: Welche Qualitätsanforderungen hat ein bestimmtes Material? Wie fließen die Stoffströme? Welche Verfahren kommen zum Einsatz? Um das zu erkunden, geht Evonik mit dem Next Markets Program zunehmend auch auf Markenartikelhersteller und andere Beteiligte zu, etwa Recyclingfirmen. „Jeder hat ganz unterschiedliche Prioritäten und kennt oft die Herausforderungen der anderen nicht“, sagt Glöckner. Das soll sich ändern – indem Evonik Netzwerke aufbaut und Märkte erschließt, die an bestehende Geschäfte anknüpfen.

Denn durch die langjährigen, etablierten Geschäftsbeziehungen hat Evonik Einblicke in die Bedürfnisse und Fähigkeiten vieler Unternehmen, und das entlang ganzer Wertschöpfungsketten. Dieser ganzheitliche Blick ermöglicht es den Evonik-Experten, den Unternehmen mit Rat und Tat zur Seite stehen – sowie mit den passenden Additiven, die das zirkuläre Wirtschaften an vielen Stellen entscheidend voranbringen. Das Ergebnis: eine „Systemlösung“, die dafür sorgt, dass Kunststoffverpackungen leichter zu recyceln sind.

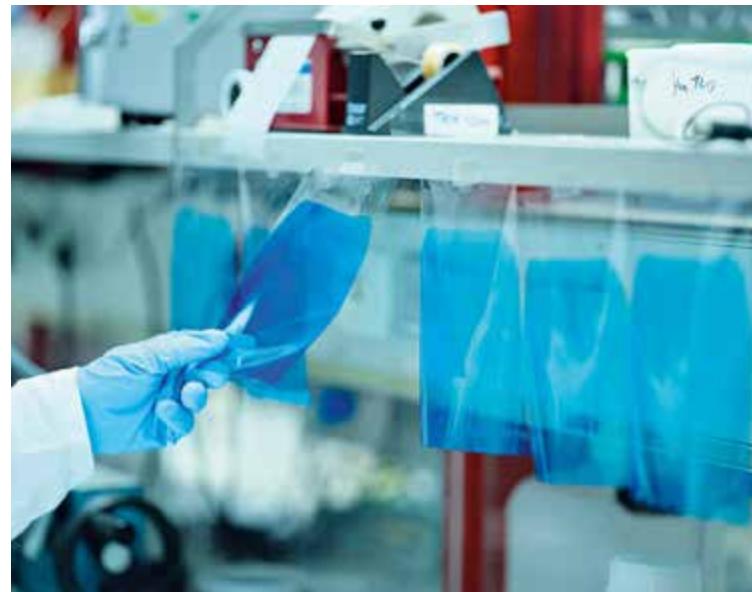
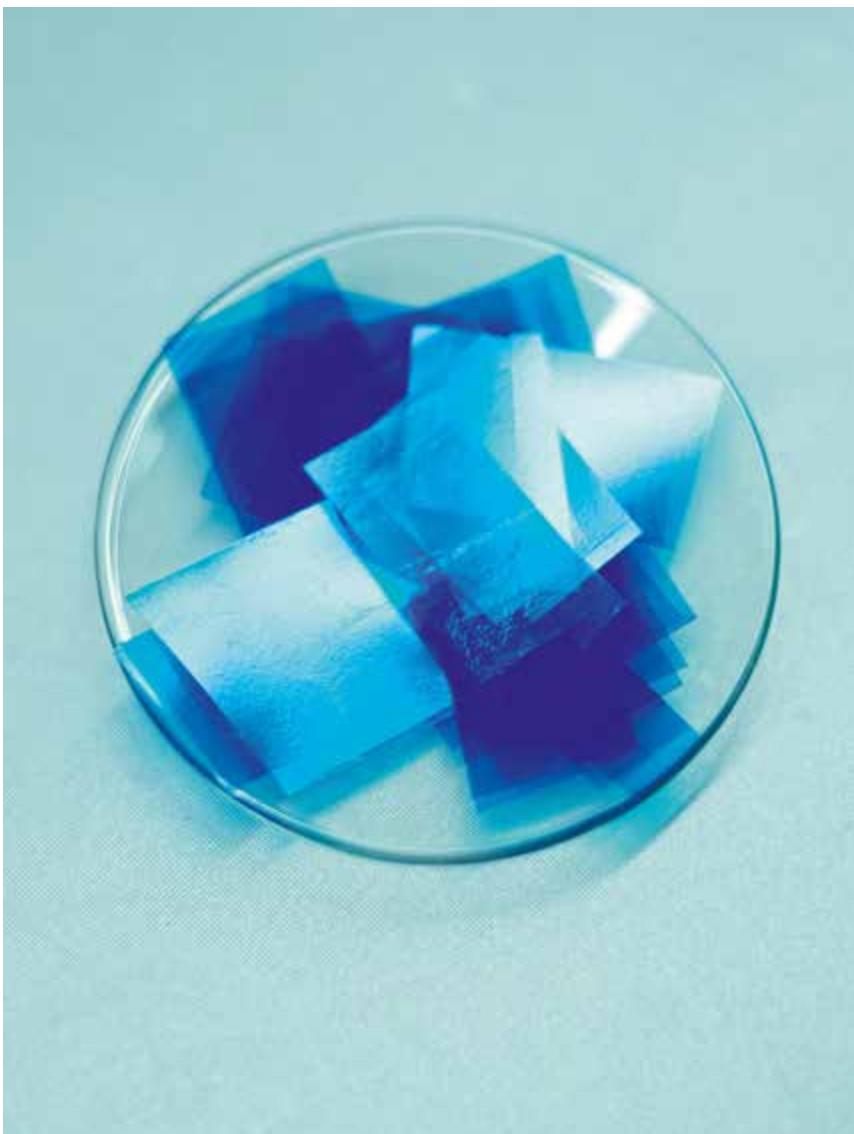
Jedes Netzwerk beginnt mit den ersten Verknüpfungen. So kommt beim Thema bedruckter Kunststoff die Hubergruppe ins Spiel. An sieben Standorten produziert der international aktive Druckfarbenhersteller jährlich 172.000 Tonnen Farbe, die an Druckereien verkauft werden – etwa an solche, die Verpackungen mit Logos, Inhaltsangaben und Mindesthaltbarkeitsdaten versehen. Damit Folien, Flaschen oder Becher aus Kunststoff mehr-

fach genutzt werden können, muss die aufgedruckte Farbe komplett entfernt werden. Deinking, also Druckfarbenentfernung, lautet das Stichwort.

Die Herausforderung: Die Farbbestandteile sind eng an die Polymerstruktur des Kunststoffs gebunden, können beim Recyclingprozess stören und mindern die Qualität der Rezyklate. Bislang existiert keine Lösung, die im industriellen Maßstab ökonomisch sinnvoll nitrocellulosebasierte Druckfarben abwäscht. Methoden mit Lösemitteln, hohem Energieeinsatz oder anderen Nachteilen gibt es zwar, aber keinen einfachen Ansatz. „Das wollten wir ändern“, sagt Christian Schirrmacher, Leiter Forschung & Entwicklung für Druckfarbenadditive in EMEA bei Evonik Coating Additives. „Wir haben die gesamte Wertschöpfungskette analysiert und sehen, dass wir bei den Farbherstellern ansetzen müssen. Dank unserer Lösung können sie die Deinking-Funktionalität direkt in die Farbe einbauen, ohne weitere Produktionsschritte anpassen zu müssen, sodass die Hürden minimal sind.“



Direkt bei den Farbherstellern setzt die Deinking-Lösung an, die Christian Schirrmacher und sein Team entwickelt haben.



Um Kunststoffverpackungen hochwertig zu recyceln, muss die aufgedruckte Farbe entfernt werden. Das testen die Experten im Labor in Essen Goldschmidtstraße an Kunststoffschnipseln.

Tego Res 1100 heißt das Co-Bindemittel von Evonik, das schon zur Farbformulierung hinzugefügt wird: ein Polymer, das auf Änderungen des pH-Werts reagiert. Es wirkt, sobald das mechanische Recycling der geschredderten Verpackungen in einer Art riesigen Waschmaschine beginnt: Wird Natriumhydroxid (NaOH) als Base beigemischt, ändert sich der pH-Wert der Lauge. Dieser „pH shift“ aktiviert Tego Res, wodurch die Bindung der Farbbestandteile an den Kunststoff geschwächt und die Farbe abgelöst wird. „Unsere Versuche belegen, dass Tego Res exzellente Deinking-Ergebnisse liefert – schnell und selbst bei Temperaturen von nur 40 Grad.“

Als Tego Res die Labortests bestanden hatte, rief Schirrmacher daher bei der HuberGroup an: „Wir haben da was, wollt ihr es mal ausprobieren?“ Die HuberGroup wollte und bestätigte nicht nur die Laborergebnisse, sondern testete auch in industriellem Maßstab. Und tatsächlich: Das Co-Bindemittel lässt sich mühelos in gängige

Formulierungen von lösemittelbasierten Farben integrieren. Die Farben sind ebenso gut zu verarbeiten und behalten ihre Performance, Prozesse und Anlagen müssen nicht verändert werden. Und vor allem: Das Deinking beim anschließenden Recycling ist so effizient, dass die Rezyklate hochwertiger sind als in herkömmlichen Verfahren. „Alles hat geklappt. Das Evonik-Produkt ist eine interessante Option, technologisch wie wirtschaftlich“, sagt HuberGroup-Manager Lars Hancke.

NEUE REGELN IN DER EUROPÄISCHEN UNION

Das Interesse der Wirtschaft an ganzheitlichen Recyclinglösungen steigt, vor allem in der Europäischen Union. Beispiel Verpackungen: Von 2026 an gilt für alle EU-Mitgliedstaaten eine neue Verpackungsverordnung. Sie stellt, was Recycling angeht, umfassende Anforderungen an die Verpackungen im europäischen Markt. Damit wird eine Deinking-Lösung, die schon mit der Farbe aufgetragen wird, zum Verkaufsargument. Folgerichtig spricht Evonik-Laborleiter Christian Schirrmacher von einem einzigartigen Produkt mit riesigen Marktchancen weit über Europa hinaus. →



Eine Veränderung
des pH-Werts aktiviert
Tego Res 1100,
wodurch die Bindung
der Farbbestandteile
an den Kunststoff
geschwächt und die
Farbe abgelöst wird.

RECYCLING IN DER AUTOINDUSTRIE

Das Entfernen von Farbe spielt nicht nur bei Verpackungen, sondern auch in der Automobilbranche eine Rolle. In einem vom Bundeswirtschaftsministerium geförderten Konsortialprojekt mit BMW und anderen Partnern ist Evonik der Frage nachgegangen, wie sich lackierte Stoßfänger wiederverwenden lassen. „Die Bauteile bestehen aus Polypropylen und sind eigentlich nicht dafür gemacht, recycelt zu werden“, sagt Michael Hagemann, Marketingleiter für das Kunststoffadditivgeschäft von Interface & Performance bei Evonik. „Der Lack auf den Stoßfängern soll schließlich auch nach Jahren im Straßeneinsatz noch fest auf dem Untergrund haften.“

Für ein Recycling müssen zwei Schritte bewältigt werden. Der erste besteht darin, den Lack von den alten Stoßfängern zu entfernen. Die zweite Herausforderung: Das vom Lack getrennte und dann recycelte Polypropylen muss qualitativ so hochwertig sein, dass daraus neue Stoßfänger produziert werden können, die sowohl bei der Performance als auch bei der Sicherheit höchsten Ansprüchen gerecht werden. Und der neue Lack muss wieder über viele Jahre ansehnlich bleiben.

Für die erste Herausforderung hat Evonik einen wasserbasierten und umweltfreundlichen Prozess ausgearbeitet, bei dem die alten Stoßfänger geschreddert und entlackt werden. Vom Lack bleiben nur sehr wenige Restpartikel zurück. Das ist entscheidend, um ein hochwertiges Rezyklat herzustellen.

Das Polypropylen-Granulat wird per Spritzguss zu neuen Stoßfängern geformt und anschließend lackiert. Auch diese zweite Herausforderung ist im Projekt mit BMW gemeistert worden: „Der Lack sieht ebenso gut aus und ist ebenso belastbar wie auf neuen Stoßfängern ohne Recyclinganteil“, sagt Michael Hagemann. Im Next Markets Program arbeiten die Experten daran, die Lösung, die auch beim Recycling anderer lackierter Kunststoffe angewendet werden kann, zu kommerzialisieren.

Das ist eine gute Botschaft für die Automobilindustrie und ihre Zulieferer. Sie steht ebenfalls in der Verantwortung, mehr Rezyklate einzusetzen. Die entsprechende



Mit BMW und anderen Partnern hat Evonik einen Prozess zum Entlacken alter Stoßfänger ausgearbeitet, um hochwertiges Rezyklat gewinnen zu können.

Verordnung könnte noch in diesem Jahr kommen. Sie sieht vor, Autos künftig so zu bauen, dass Teile leichter ausgebaut und ersetzt werden können und dass ein Mindestanteil recycelter Kunststoffe verbaut wird.

TREND ZU MONOMATERIALIEN

Die Europäische Union steht keineswegs allein mit ihrem Bestreben, Recycling und darüber hinaus den Einstieg in das zirkuläre Wirtschaften voranzutreiben. Weltweit existieren gesetzliche Vorgaben, um CO₂-Emissionen zu verringern und Ressourcen zu schonen (siehe Kasten auf Seite 18). Beides lässt sich erreichen, indem zum Beispiel mehr Kunststoff recycelt und dann genutzt wird. →

Daran hapert es mitunter. „Manches, was beispielsweise bei Verpackungen für Lebensmittel aussieht wie aus einem Material und damit recyclingfähig, besteht in Wahrheit aus fünf, sieben oder gar neun ultradünnen Lagen verschiedener Kunststoffe – und das ist beim besten Willen nicht zu trennen“, sagt Evonik-Manager Hagemann. „Eine Lösung ist es, wo immer es geht, mit Monomaterialien zu arbeiten.“ Hagemann zielt darauf ab, dass sortenreine Kunststoffe besonders gut mechanisch recycelt werden können.

Das stellt hohe Anforderungen an die Verpackungs- konstruktion. Bisher werden zum Beispiel Verpackungen aus reinem PET nur selten genutzt, unter anderem weil sich die einzelnen Teile einer Verpackung kaum

zusammenfügen lassen. Evonik hat daher Heißsiegel- lacke entwickelt, die genau das ermöglichen. Statt der heute üblichen Mehrschichtverbundsysteme können so häufiger Monomaterial-Verpackungen für Lebensmittel genutzt werden.

EIN ZWEITES LEBEN FÜR MATRATZEN

Kann kein Monomaterial verwendet werden, müssen die chemischen Strukturen aufgebrochen werden. So ist es möglich, auch komplexere Kunststoffe zu recyceln. Die üblichen Lebensmittelverpackungen aus Polyolefinen lassen sich verflüssigen. Dieses sogenannte Pyrolyseöl kann dann in den Kreislauf zurückgeführt werden. Selbst bei Monomaterialien kann chemisches Recycling vorteilhaft sein – zum Beispiel bei Polyurethanschaum-Matratten, die nicht mechanisch recycelt werden können, da sie nicht aufschmelzbar sind.

WELTWEITE KREISLAUFWIRTSCHAFT

Derzeit sind wir Teil einer weitgehend linearen Wirtschaft: Was hergestellt worden ist, wird benutzt und dann weggeworfen. Beim zirkulären Wirtschaften hingegen werden Produkte und Materialien im Idealfall komplett recycelt. Außerdem halten Produkte länger und sind leicht zu reparieren. Weltweit gibt es Initiativen und Gesetzesvorhaben, um das Recycling von Kunststoffen voranzutreiben.



In der EU greift ab 2026 die Verpackungsverordnung. Bereits seit Juni 2025 gelten EU-weite Regeln für das Recht auf Reparatur. Auch bei der Autoproduktion will die EU per Verordnung für mehr Recycling sorgen und für Kunststoff in Neuwagen Rezyklat-Einsatzquoten einführen.

Die USA wollen die landesweite Recycling- quote bis 2030 auf 50 Prozent erhöhen. Allerdings ist dieses vor fünf Jahren von der US-Umweltbehörde Environmental Protection Agency ausgegebene Ziel nicht rechtlich bindend. Einige US-Bundesstaaten und -Kommunen haben eigene Regularien für wiederverwertbare Materialien erlassen. Sie reichen von Pfandsystemen auf Dosen oder Flaschen über Deponierungsverbote bis zu verpflichtendem Recycling, inklusive Geldbußen.

China hat im Jahr 2018 als erstes Land den Import unsortierter Plastikabfälle verboten – ein Vorbild, dem seither zahlreiche Staaten gefolgt sind. 2021 machte die Regierung den Aufbau einer Circular Economy zu einem Schwerpunkt des neuen Fünfjahresplans. Heute gilt die Volksrepublik in diesem Bereich als führend.



Wie dieser Prozess funktioniert, zeigt sich beispielhaft bei einer Matratze des britischen Herstellers The Vita Group, die bis zu 100 Prozent aus recyceltem Polyol besteht. Ihr CO₂-Fußabdruck ist um 70 Prozent geringer als der von Standardmatratzen. Möglich wird dies durch eine von Evonik entwickelte Hydrolysetechnologie. Sie erlaubt es, Polyurethan zu spalten und dabei Polyole zurückzugewinnen.

Für die Spaltung wird ein katalytisches System genutzt, das die chemischen Bindungen schnell und effizient bricht. So können Polyol und Toluoldiamin wieder gewonnen werden. Letzteres lässt sich in einer Folgereaktion zum Isocyanat Toluylendiisocyanat umsetzen. TDI und Polyol sind exakt die Stoffe, die zur Produktion von Polyurethan benötigt werden. „Unser Verfahren ermöglicht einen großen Schritt hin zu einem geschlossenen Stoffkreislauf in der Polyurethan-Industrie. Durch das zurückgewonnene, hochwertige Material sind deutlich weniger fossile Rohstoffe notwendig, um neue Matratzen herzustellen“, sagt Emily Schweissinger, Technologie-managerin bei Evonik Comfort & Insulation.

Angesichts von 40 Millionen Matratzen, die jährlich allein in der Europäischen Union produziert werden, ist die Vita Advanced Mattress ein echter Fortschritt. „Noch vor fünf Jahren galt diese Technologie als unmöglich“, sagt Natalie Watson, Group Director of Sustainability bei The Vita Group, in der Fachpresse. „Heute haben wir bewiesen, dass Schaumstoffe mit hohem Recyclinganteil, deutlich reduzierten Emissionen und ohne Kompromisse bei der Haltbarkeit hergestellt werden können. Solche Innovationen entstehen nur, wenn Lieferanten, Partner und interne Teams mit einem gemeinsamen Ziel zusammenarbeiten.“ →

Die Matratze des britischen Herstellers The Vita Group besteht aus bis zu 100 Prozent recyceltem Polyol – dank einer von Evonik entwickelten Hydrolysetechnologie.



Tego Res 1100 wird in Darmstadt vollautomatisch abgefüllt.

Aktuell wird das Verfahren in einer Pilotanlage in Hanau getestet; für den Sprung zur nächsten Größe sind die Aussichten gut: Ein unabhängiges Expertengremium hat dem Land Nordrhein-Westfalen empfohlen, den „Just Transition Fund“ der Europäischen Union zu nutzen und den Bau einer Demonstrationsanlage im Chemiepark Marl zu fördern. Sobald die offizielle Genehmigung vorliegt, können die technischen Planungen beginnen.

RECYCLING BRAUCHT KREISLÄUFE

Deinking mit Druckfarbenherstellern wie der Huber-group, chemisches Recycling für Matratzenproduzenten wie The Vita Group, Debonding on Demand mit dem Klebstoffspezialisten Delo: Evonik ist im Gespräch mit Akteuren auf verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette, um gemeinsam zum Erfolg zu kommen. „Um den Kreislauf zu schließen, braucht es Kooperationen mit allen Partnern“, sagt Evonik-Manager Glöckner. Diese Art der Zusammenarbeit sei das Fundament einer funktionierenden Circular Economy. „Nur wenn alle verstehen, was die verschiedenen Partner umtreibt, können wir gemeinsam passgenau die jeweils beste Lösung entwickeln.“

So lassen sich Kunststoffe über einen langen Zeitraum im Kreis halten. „Und damit das gelingt“, sagt Glöckner, „braucht es von Anfang an das richtige Design.“ —

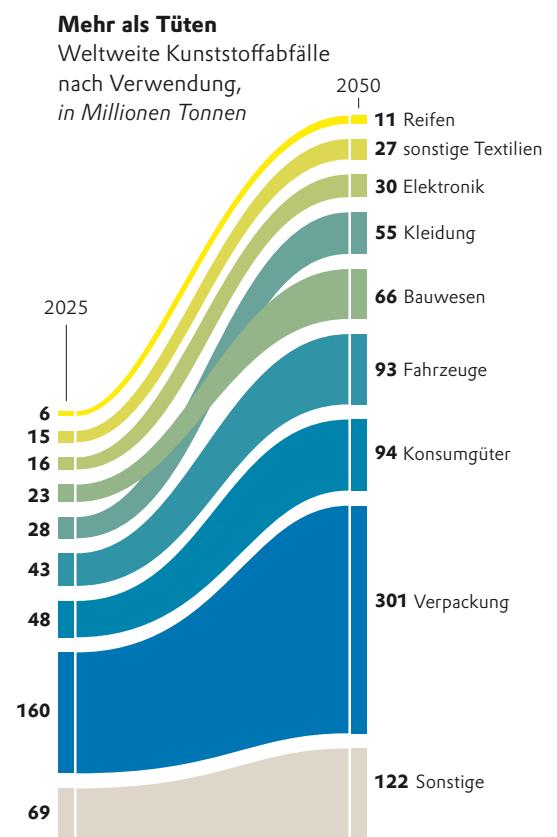
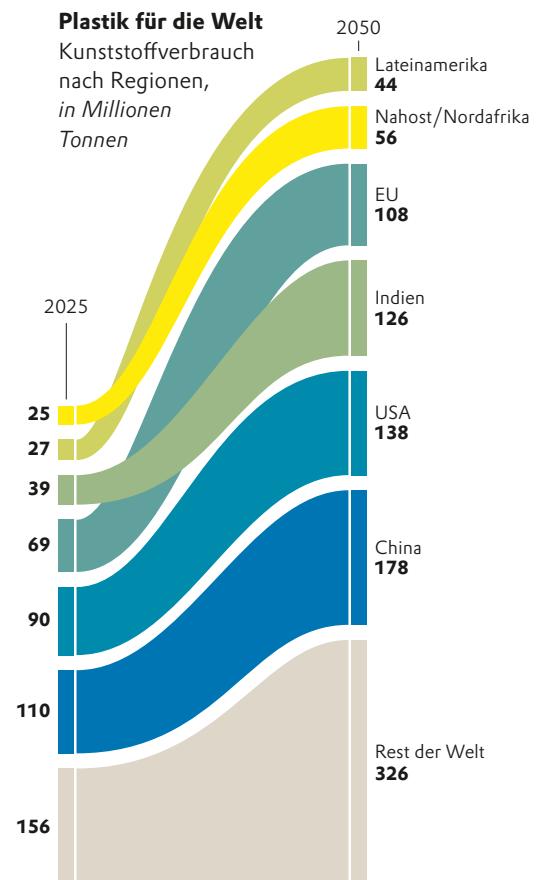
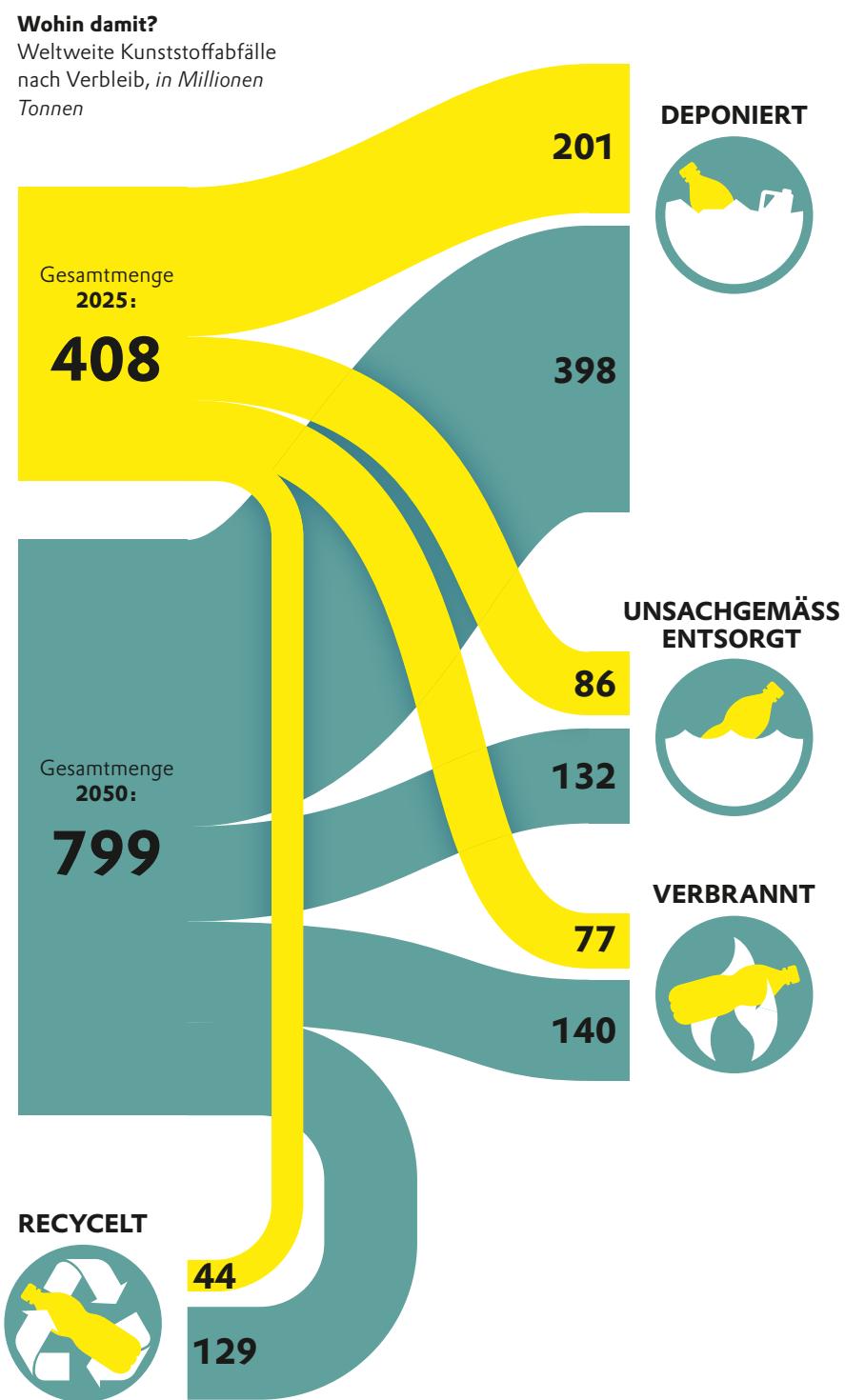


Michael Prellberg lebt und arbeitet als freier Redakteur und Journalist in Berlin und Hamburg.

ZURÜCK AUF LOS

Die Menschheit verwendet immer mehr Kunststoff. Um Umwelt und Klima zu schonen, muss auch der weltweite Recyclinganteil steigen. Ein Blick auf Zahlen, Daten und Fakten

INFOGRAFIK MAXIMILIAN NERTINGER





»Es geht um
die Sicherung
unseres
Wohlstands«

MOJIB LATIF

Klima- und Naturschutz haben es derzeit schwer: Die Konjunktur schwächelt, die geopolitische Lage ist fragil, und große Akteure wie die USA ziehen sich zurück. Klimaforscher Mojib Latif und Naturschützerin Myriam Rapior diskutieren die Konsequenzen für Erderwärmung und Biodiversitätsverlust.

MODERATION CHRISTIAN BAULIG & BERND KALTWASSER



»Wir sollten
Umwelt- und
Naturschutz als
Chance sehen«

MYRIAM RAPIOR



»Es bringt nichts, wenn wir klimaneutral werden, aber dabei unsere Natur zerstören.«

MYRIAM RAPIOR

Herr Professor Latif, in diesen Tagen treffen sich die Delegierten der UNO-Mitgliedstaaten in Brasilien. Was erwarten Sie von dieser Weltklimakonferenz?

MOJIB LATIF Ich verfolge das natürlich. Das ist schließlich einer der wenigen Momente in der heutigen Zeit, in denen das Thema Klima in die Öffentlichkeit kommt. Aber zugleich verspreche ich mir nichts davon. Es hat bereits 29 Weltklimakonferenzen gegeben, und die weltweiten Emissionen von Treibhausgasen sind trotzdem immer weiter gestiegen – außer in der Coronazeit.

Frau Rapior, sehen Sie das ebenso skeptisch?

MYRIAM RAPIOR Die Einschätzungen von Herrn Latif sind richtig, aber wir müssen optimistisch bleiben. Es ist wichtig, immer wieder zu mahnen und zu sagen, dass wir es noch schaffen können, den globalen Temperaturanstieg auf 1,5 Grad zu begrenzen. Viele Umwelttrends zeigen zwar nach unten, trotzdem müssen wir dranbleiben und versuchen, positive Impulse zu setzen. Wenn wir nicht mehr an die Klimawende glauben, dann glaubt keiner dran.

LATIF Stimmt schon. Aber das Klimaabkommen, das vor zehn Jahren in Paris geschlossen wurde, ist de facto geplatzt. Das hat nichts mit Pessimismus zu tun, sondern mit Physik. Selbst wenn wir jetzt alles Menschenmögliche tun, werden wir eine Erderwärmung von zwei Grad überschreiten. Ich bin allerdings niemand, der Kippunkten das Wort redet. Auch wenn wir die Pariser Klimaziele nicht erreichen, kann die Welt noch lebenswert sein. Wir sollten allerdings tunlichst nicht an drei Grad herankommen.

Sie geben also Entwarnung?

LATIF Nein, ich meine bloß, dass wir etwas Dramatik rausnehmen sollte. Sonst sind die Menschen am Ende so verzweifelt, dass sie zu Aktionen greifen wie die „Letzte Generation“, die total kontraproduktiv sind.

Mit den USA hat sich einer der größten Verursacher von Treibhausgasen aus den internationalen Klimaschutzinitiativen abgemeldet. Zugleich hat China angekündigt, seine CO₂-Emissionen massiv zu senken. Können wir also etwas Hoffnung schöpfen?

LATIF Vielleicht. Auf der einen Seite ist China nach wie vor der größte Verursacher von CO₂ mit fast einem Drittel der weltweiten Emissionen. Auf der anderen Seite werden dort mehr Kapazitäten für erneuerbare Energie geschaffen als irgendwo sonst. Ich glaube, mit China an der Spitze geht die Welt tatsächlich in Richtung erneuerbare Energien – und das werden auch die USA tun müssen.



Vor ein paar Jahren ist Deutschland mit dem Anspruch vorangegangen: „Wir werden Klimaweltmeister“. Können wir dem noch gerecht werden?

RAPIOR Ich wünsche mir zumindest, dass Deutschland diesen Anspruch wieder erhebt. Und im Übrigen nicht nur in Bezug auf Klimaschutz, sondern auch auf Naturschutz. Wir müssen einen anderen Umgang mit Umwelt und Natur finden und das als Chance sehen für den Wirtschaftsstandort Deutschland. Die notwendigen Rahmenbedingungen dafür haben wir.

In Berlin wird derzeit allerdings diskutiert, ob wir uns angesichts der schwachen Konjunktur Klimaschutz im bisherigen Maß noch leisten können.

Wie schaffen wir es, dass diese Begriffe nicht als Gegensatz wahrgenommen werden?

RAPIOR Wir haben bereits eine sehr aktive Start-up-Szene, die beides in Einklang bringt. Junge Unternehmerinnen und Unternehmer denken Prozesse und Produkte neu, sodass wir zumindest kleine Fortschritte bei Klima- und Naturschutz erzielen. Auch etablierte Unternehmen tun sich hervor, etwa indem sie Klimaschutzprogramme umsetzen. Es passiert sehr viel. Wir sollten das Thema also nicht so problematisieren. Uns treffen gerade große Veränderungen, nennen wir sie Krisen. Aber Deutschland kann daraus gestärkt hervorgehen.

→

Dr. Myriam Rapior (29) ist stellvertretende Bundesvorsitzende des Bundes für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND). 2022 wurde sie für ihre Arbeit in der Zukunftskommission Landwirtschaft mit dem Ehrenpreis des Deutschen Umweltpreises ausgezeichnet und ein Jahr später in den Rat für Nachhaltige Entwicklung berufen, der die Bundesregierung berät. Rapior arbeitete als Biodiversitätsmanagerin der Universität Hamburg und war im Unternehmen Kuyua tätig, das mittels KI Natur- und Klimarisiken in Unternehmen und Lieferketten analysiert.

Dr. Mojib Latif (71) ist Professor am Geomar Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel. Er wurde im Jahr 2000 mit dem Max-Planck-Preis für öffentliche Wissenschaft ausgezeichnet. Seit 2017 ist der Meteorologe Präsident des Club of Rome Deutschland. 2022 wurde Latif zum Präsidenten der Akademie der Wissenschaften in Hamburg gewählt. Er hat zahlreiche Bücher zum Klimaschutz veröffentlicht, zuletzt „Klimahandel – Wie unsere Zukunft verkauft wird“.



»Wir müssen als Europäer unsere Stärken ausspielen – und zwar gemeinsam.«

MOJIB LATIF

Bei vielen Unternehmen überwiegen die Bedenken, dass mehr Klimaschutz die Kosten in die Höhe treibt und die Wettbewerbsfähigkeit beeinträchtigt.

Ist diese Argumentation gerade in Krisenzeiten nicht nachvollziehbar?

LATIF Nein. Nehmen Sie die deutsche Automobilindustrie. Sie hat es immer vermieden, beim Umweltschutz voranzugehen, Selbstverpflichtungen hat sie selten eingehalten, dann kam der Dieselskandal... Die E-Mobilität hat sie derweil leider komplett verschlafen. In China boomen Elektrofahrzeuge. Wie wollen wir da mit unseren Verbrennern noch irgendwas werden? Es geht beim Klimaschutz nicht nur ums Klima – es geht um die Sicherung unseres Wohlstands. Es geht um Zukunftsfähigkeit. Und wir werden nur zukunftsfähig

sein, wenn wir die globalen Trends erkennen. Einer davon ist die Elektrifizierung.

Frau Rapior, Sie waren an dem Start-up Kuyua beteiligt, das Natur- und Klimarisiken für Unternehmen analysiert. Auch Evonik zählt zu den Kunden. Ist der Wirtschaft bewusst, welche Gefahren und Kosten der Klimawandel und die Veränderung der Umwelt mit sich bringen?

RAPIOR Bei Klimarisiken ist das Bewusstsein stärker, weil viele schon heute von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen sind. Mit Kuyua habe ich gerade erst ein großes Projekt mit einem Unternehmen der Konsumgüterindustrie abgeschlossen, für die Hitze ein großes Problem darstellt: Manche Produkte

verfallen ab einer gewissen Temperatur, und man kann sie dann nicht mehr verkaufen. Damit das nicht passiert, muss die Logistik angepasst werden. Bei Überschwemmungen können Produktionsstätten womöglich monatelang nicht genutzt werden. Das ist richtig teuer. Im Bereich der Natur und der Biodiversität sind die Effekte eher indirekt. Textilunternehmen müssen sich auf Ausfälle in der Lieferkette einstellen, weil es zu wenig Insekten geben könnte, die Baumwollpflanzen bestäuben. Man muss heute handeln, um für morgen gewappnet zu sein.

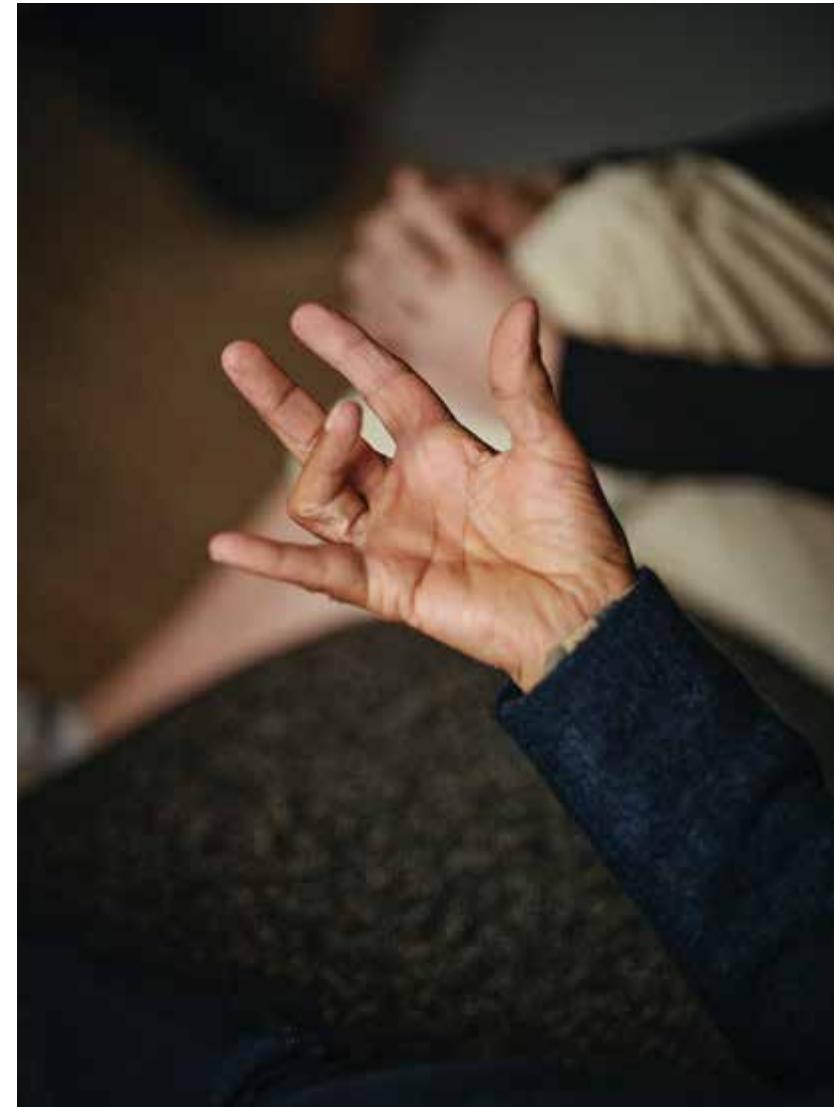
LATIF Das World Economic Forum fragt für seinen „Global Risk Report“ alle zwei Jahre knapp 1.000 Menschen in Wissenschaft und Wirtschaft nach den größten Risiken in den kommenden Jahren. Schon beim Zwei-Jahres-Horizont stehen Wetterextreme ziemlich weit oben, und mit Blick auf die nächsten zehn Jahre sind es eigentlich nur „grüne“ Themen, also Klima, Biodiversität und so weiter. Die Wirtschaft hat längst erkannt, wo die großen Risiken liegen.

Trotzdem wird aus Ihrer Sicht zu wenig gehandelt.

Warum?

LATIF Wir kommen von einem sehr hohen Wohlstandsniveau, deshalb sind die Menschen nicht bereit für Veränderungen. Aber Stillstand ist Rückschritt. Und deswegen ist es auch völlig falsch, dass die Bundesregierung zum Beispiel durch Energiepreis- und Verkehrssubventionen weiter fossile Brennstoffe fördert. Diskussionen wie die um eine Verschiebung des Verbrenner-Aus schaden der Wirtschaft, weil sie verunsichern. Mir haben Unternehmerinnen und Unternehmer im Vertrauen gesagt: „Wir kommen eigentlich mit allen Entscheidungen klar, aber wir brauchen feste Rahmenbedingungen.“

RAPIOR Hinzu kommen die unterschiedlichen Herangehensweisen auf nationaler und auf europäischer Ebene. Es ist für mich zum Beispiel absolut nicht nachvollziehbar, warum in der EU Subventionen für die Landwirtschaft weiterhin mit der Gießkanne verteilt werden. In der Zukunftskommission Landwirtschaft, die unter der Regierung von Angela Merkel eingesetzt wurde und deren Mitglied ich sein durfte, kamen wir in einem breiten gesellschaftlichen Bündnis aus Landwirtschaft, Wirtschaft, Wissenschaft und



Umweltverbänden zu dem Ergebnis, dass diese Mittel nach ökologischen und sozialen Kriterien vergeben werden sollten. Umgesetzt wurde das bisher nicht.

Ist also eine engere Abstimmung der europäischen Staaten nötig?

LATIF Auf jeden Fall. Die geopolitische Lage hat sich total verändert, und wir stehen als Europäer mehr oder weniger allein da. Wir müssen endlich unsere Stärken ausspielen – und zwar gemeinsam. Zum Beispiel im Energiesektor: Wir haben viel Sonne im Süden Europas, wir haben anderswo viel Fläche, wo man Windkraft erzeugen kann, und wir haben Erdwärmespeicher. Es wird unser wirtschaftlicher Vorteil sein, wenn wir diese kostengünstige Energie nutzen. Energie ist eine der großen Herausforderungen der Zukunft. Das erleben wir, seit Russland den Krieg gegen die Ukraine begonnen hat. Wir müssen endlich unabhängig und ein relevanter Player auf der globalen Bühne werden. →

Grünfläche: Die beiden Umweltexperten sprachen mit den ELEMENTS-Redakteuren Bernd Kaltwasser (l.) und Christian Baulig im dschungelartig gestalteten Pausenbereich der Hamburger Agentur KNSK, die das Magazin produziert.



»Es ist Aufgabe des Staats, uns vor negativen Folgen für Klima und Natur zu schützen.«

MYRIAM RAPIOR



Erneuerbare Energien dienen dem Ziel, klimaneutral zu werden, können aber in Konflikt geraten mit dem Naturschutz: Die Energiepflanze Mais wird oft in Monokulturen angebaut, Windräder gefährden Wildvögel, Solaranlagen beschatten große Flächen. Wie kann man diese Aspekte besser zusammenbringen?

RAPIOR Es hilft niemandem etwas, wenn wir klimaneutral werden, aber unsere Natur zerstören. Wir brauchen im Moment zu viel Fläche zur Energieerzeugung. Der Naturaspekt kommt zu kurz. In den Planungen sollte von vornherein berücksichtigt werden, auch Lebensstrukturen für gefährdete Arten zu schaffen. Überhaupt sollten wir den Schutz der Natur stärker in den Blickpunkt rücken. Dazu bedarf es auch ungewöhnlicher Maßnahmen, etwa eines Schutzstatus auf Zeit: Womöglich ist ein Unternehmen dazu bereit, eine momentan nicht benötigte Fläche zu renaturieren – aber nur vorübergehend. Warum sollten dort nicht Habitate, Teiche, Trockenmauern und so weiter entstehen, damit sich dort Arten ansiedeln, und in 15 oder 20 Jahren kann das Unternehmen die Fläche anderweitig nutzen? Dafür muss eine Regelung her.

LATIF Nichts ist zu 100 Prozent nachhaltig. Wir müssen immer zwischen zwei Übeln wählen. Nehmen Sie die Diskussion um die Umweltfreundlichkeit von Elektroautos. Natürlich verbrauchen E-Autos Ressourcen, und gerade die Batterien stehen in der Kritik. Bereits 1972 ging es beim Club of Rome um den Ressourcenverbrauch und darum, dass wir in eine Kreislaufwirtschaft kommen müssen. Elektromobilität ist schon mal ein halber Schritt dahin. Man kann die Batterien recyceln oder zum Teil auch wiederverwenden. Zudem wird längst an Batterien gearbeitet, die kein Lithium brauchen.

Worauf sollten wir unsere Anstrengungen konzentrieren – darauf, den Temperaturanstieg möglichst gering zu halten, oder auf eine bessere Anpassungsfähigkeit?

LATIF Auf beides. Wir sollten alles tun, um den Ausstoß von Treibhausgasen zu verringern. Gleichzeitig müssen wir uns anpassen, weil wir den Temperatur-

anstieg kurzfristig nicht stoppen können. Das sehen wir ja schon jetzt an Starkregenereignissen, die wir in der Form bislang in Deutschland nicht kannten. Wir müssen der Natur wieder mehr Platz geben, denn sie ist der beste Schutz gegen Hitze, Überschwemmungen und so weiter. Im Moment sehe ich leider eher das Gegenteil. Wir versiegeln immer mehr, und dadurch werden die Auswirkungen noch schlimmer. Denken Sie an den Gendarmenmarkt in Berlin. Unglaublich! Ich weiß nicht, ob dort überhaupt ein Baum steht. Städte müssen schwammfähig werden, und den besten Schwammeffekt bietet die Natur durch Bäume, Grünflächen und Ähnliches.

Klima- und Naturschutz sind mit Kosten verbunden und treffen oft überproportional ärmere Bevölkerungsschichten. Wie kann es gelingen, dass die Gesellschaft als Ganzes mitzieht?

RAPIOR Innovationen sind häufig erst einmal teuer. Später, wenn sich über größere Stückzahlen Skaleneffekte einstellen, wird es günstiger. Das ist auch im Bereich Klima und Naturschutz so. Diese Phase muss der Staat mit Förderungen überbrücken. Es gibt Klimaziele und Biodiversitätsziele, und Aufgabe des Staats ist es nun mal, diese Ziele einzuhalten, um uns vor negativen Folgen zu schützen. Jetzt Innovationen für mehr Nachhaltigkeit zu fördern bietet zudem eine große Chance: Es ist nur eine Frage der Zeit, dass diese Innovationen gefragt werden. Haben wir die passenden Produkte entwickelt, können wir sie dann in die Welt exportieren.

LATIF Der Staat muss die Transformation unterstützen. Beispiel Elektromobilität: Ich habe mir vor zwei Jahren ein E-Auto gekauft. Da ich kein Eigenheim habe, bin ich wie viele auf eine gute Ladeinfrastruktur angewiesen. Für so etwas brauchen wir staatliche Fürsorge. Man kann nicht erwarten, dass das von allein kommt. Der Staat muss die Menschen in die Lage versetzen, nachhaltig zu sein – etwa Bioprodukte günstiger machen als konventionell hergestellte. Oder für gute Bahnverbindungen sorgen, damit Pendler nicht das Auto benutzen. Klimaschutz muss den Menschen Spaß bringen.

Welche nachhaltige Aktivität bringt Ihnen persönlich Spaß?

LATIF Für mich ist es ein Gewinn, das Auto stehen zu lassen und mit öffentlichen Verkehrsmitteln zu fahren.

RAPIOR Ich liebe es, draußen zu sein. Es ist nichts schöner, als sich in intakter Natur zu erholen. —

EVONIK WERT ERWESEN BESONDE RE

Polyamid 12 macht Produkte robuster, langlebiger – und umweltfreundlicher. Evonik stellt den Hochleistungs-kunststoff in verschiedenen Nachhaltigkeitsstufen her. Wie sehr das Klima profitiert, entscheidet der Kunde. Die inneren Werte des Materials bleiben stets die gleichen.

TEXT TIM SCHRÖDER

Das Material, das Bauteilen in Fahrzeugen, Pipelines oder Medizinprodukten zu Höchstleistungen verhilft, kommt dezent daher: als schlichtes Granulat. In einer funktionalen Werkshalle mit Betonboden wird es von einer Packmaschine in 25-Kilo-Säcke gefüllt, die zu je 40 Stück auf Paletten gestapelt werden. Mit dem Lastwagen geht es dann aus dem Evonik-Chemiepark in Marl raus zu den Kunden.

Doch der Inhalt dieser Säcke hat es in sich. Es handelt sich um Polyamid 12, kurz PA12. Es gehört zur Premiumklasse der Kunststoffe. Man braucht es dort, wo es technisch anspruchsvoll wird – etwa bei der Fertigung von Kraftstoff- und Kühlmittelleitungen in Autos. Solche Komponenten müssen Höchstleistungen erbringen, um Chemikalien, permanenten Vibratoren und Schmutz standzuhalten. Für den Energiesektor wird PA12 zu leichten und robusten Rohren verarbeitet, und im Bereich der Optik entstehen daraus kristallklare, kratzfeste Sonnenbrillen.

Seit mehr als 60 Jahren ist Evonik Weltmarktführer und verlässlicher Lieferant dieses Kunststoffs. „PA12 kommt hauptsächlich in Spezialanwendungen zum Einsatz, doch der Bedarf wächst: Erst 2021 haben wir hier in Marl die PA12-Kapazitäten weiter ausgebaut und damit die weltgrößte Produktionsanlage für diesen Hightech-Werkstoff in Betrieb genommen“, sagt Florian Hermes, Nachhaltigkeitsexperte im Bereich High Performance Polymers bei Evonik.

Zu den Eigenschaften, die von einem zeitgemäßen Material erwartet werden, gehört heute die Nachhaltigkeit. Die Europäische Union hat ein klimaneutrales Europa bis zum Jahr 2050 zum Ziel. Viele Kunden von Evonik stehen vor der Herausforderung, ihre Kohlendioxidemissionen zu verringern und innerhalb der Lieferkette einen Beitrag zu mehr Nachhaltigkeit zu leisten – auch in der Kunststoffbranche. Ein großer Hebel zum Ersparen von Treibhausgas ist die Verringerung des CO₂-Rucksacks, den die Rohstoffe mitbringen. →



Robuster Kunststoff für
den rauen Alltagseinsatz:
Aus PA12 werden unter
anderem Schläuche für
Bremsflüssigkeit, Kraft-
stoffe und Kühlmittel
hergestellt.

„Ein wesentlicher Punkt unserer Strategie ist es, unser PA12 noch nachhaltiger zu machen“, bestätigt Hermes. Die Herausforderung dabei: Da die Kunden das Material in ganz unterschiedlichen Anwendungen einsetzen, stellen sie auch unterschiedliche Anforderungen. „Wir wollen ihnen allen gerecht werden“, sagt Hermes. „Die Universallösung nach dem Motto ‚One size fits all‘ kann es da nicht geben.“ So ist rund um das Kernmaterial eine ganze Produktfamilie gewachsen. Für die Unter-

nehmen heißt das: Sie können zwischen mehreren PA12-Varianten wählen, die unterschiedlich nachhaltig sind. Das hilft ihnen, eigene Ziele zur Kohlendioxidreduktion und gesetzliche Vorgaben zu erfüllen, ohne ihre Produktionsprozesse kostspielig zu ändern. Denn der Kunststoff bleibt stets der gleiche – PA12, mit all seinen herausragenden Eigenschaften.

STUFENWEISE NACHHALTIG

Das für jeden Kunden und jeden Einsatzzweck individuell zugeschnittene Polyamid 12 entsteht in einem großen Anlagenverbund mitten im Chemiepark Marl. Im obersten Abschnitt des Komplexes wird das Rohpolymer mit weiteren Zusatzstoffen vermengt: Farbstoffen, manchmal auch Glasfasern, die den Kunststoff besonders fest machen, oder Zusätzen, die dem Kunststoff bestimmte mechanische Eigenschaften verleihen, sogenannte Schlagzähmodifizierer. Die Kunststoffmischung gelangt über ein langes Rohr zum nächsten Anlagenteil: Im beheizten Extruder kneten rotierende Metallelemente die Zutaten so lange durch, bis eine homogene Masse entsteht. Diese wird dann durch Düsen zu bleistiftdicken Endlossträngen gepresst. Messerscharfe Stahlklingen zerkleinern die erkalteten Stränge am Ende wieder zu feinem Granulat. Anschließend geht es in die Abfüllung

»Wir wollen allen Kundenanforderungen gerecht werden.«

FLORIAN HERMES, LEITER NACHHALTIGKEIT BEI HIGH PERFORMANCE POLYMERS



In der Compoundierungsanlage wird das Rohpolyamid mit verschiedenen Zusätzen vermengt.





Laborgruppenleiterin
Svenja Schulte gibt
Analyseergebnisse
ins Labormanagementsystem ein.

und von dort zu den Kunden – Zulieferern der Automobilindustrie, Brillenherstellern oder Schuhfabriken. Ein scheinbar einfacher Prozess, an dessen Ende ein echtes Hightech-Produkt steht.

Wie nachhaltig das jeweilige Polyamid 12 am Ende ist, entscheidet sich an verschiedenen Stellen der Produktionskette. Grundsätzlich wird jede Variante des PA12-Granulats zu 100 Prozent mit Strom aus erneuerbaren Energien hergestellt. Dafür kauft Evonik entsprechende Mengen an Grünstrom ein. Doch darüber hinaus können die Kunden gegen Aufpreis weitere Nachhaltigkeitsoptionen wählen. Beispielsweise erfordert die Polyamid-Produktion viel Dampf und Wärme. Sie werden üblicherweise aus fossilem Erdgas erzeugt. Als grüne Alternative bietet Evonik Dampf und Wärme aus abfallbasiertem Biogas an.

Auch das Thema Erdöl haben Florian Hermes und seine Kollegen angepackt. So können sich Kunden für Polyamid 12 entscheiden, das ganz oder teilweise auf Basis von Recyclinggut hergestellt wird – aus alten Reifen, aus Altkunststoffen oder Öl aus landwirtschaftlichen Abfällen. Diese Rohstoffe gelangen bereits ganz am Anfang in die Produktionskette, dort, wo auch petrochemische Grundstoffe für die Polyamid-Herstellung aufbereitet werden: in den Raffinerien von Energiekonzernen. Das Öl wird dort in sogenannten Crackern in seine Bestandteile zerlegt, unter anderem in eine gasförmige Mischung aus Kohlenstoffketten mit je vier Kohlenstoffatomen. C4-Schnitt heißt diese Mixtur. Sie ist der Grundstock für die Polyamid-Synthese. Der C4-Schnitt gelangt über eine Pipeline oder per Schiff nach Marl, wo er weiterverarbeitet wird: erst zu Butadien, dann zu einer Kette aus zwölf Kohlenstoffatomen, die PA12 seinen Namen gegeben hat. Über weitere Schritte entsteht daraus →

EIN STOFF, DER GESCHICHTE SCHRIEB

Vor 62 Jahren sorgte ein vielseitiger Kunststoff namens Vestamid für Aufsehen. Er bildete die Grundlage für die heutige Palette an Hochleistungspolymeren von Evonik.

1963

Die damalige Chemische Werke Hüls AG stellt auf der Kunststoffmesse K63 in Düsseldorf das im Technikumsmaßstab produzierte Polyamid 12 Vestamid vor. Die Produktion startet ein Jahr später in Marl.

1966

Ein Reaktor mit einem Ausstoß von 1.200 Tonnen PA12 pro Jahr geht in Betrieb. Unter dem Markennamen Vestamid wird das Material unter anderem zu Kunststoffbauteilen für die Automobilindustrie verarbeitet (Foto: Messe K71).



»Viele Kunden wünschen sich eine nachhaltig hergestellte Brille.«

JENNIFER HASSELBERG, LEITERIN DES GLOBALEN MARKETINGS FÜR TROGAMID



Säcke von der Rolle:
PA12 wird in einer
Packmaschine in 25-Kilo-
Gebinde abgefüllt.



schließlich das Polyamid. Dass all diese Schritte in großer Dimension an einem einzigen Ort stattfinden, macht die Anlage in Marl europaweit einzigartig.

Füttert man die Cracker in der Raffinerie nicht mit Rohöl, sondern zum Beispiel mit altem Speiseöl, verbessert sich der CO₂-Fußabdruck. „Wenn sich ein Kunde für die Variante auf Basis solch biozirkulärer Rohstoffe entscheidet, stellen wir sicher, dass für den Gesamtprozess entsprechende Mengen an Altfetten eingekauft und dann in der Raffinerie mitverarbeitet werden“, sagt Hermes. Die Menge der verwendeten nachhaltigen Stoffe kommt in der sogenannten Massenbilanz zum Tragen. Sie ermittelt den Anteil umweltfreundlicher Rohstoffe, der im Endprodukt steckt (siehe Schaubild auf Seite 38).

Das Konzept dahinter ist vergleichbar mit dem des Grünstroms der Energieversorger. Wer möchte, kann den meist etwas teureren Strom aus Sonne und Wind kaufen. Zwar lässt sich am Ende nicht feststellen, ob ein Elektron, das der Kunde aus der heimischen Steckdose zieht, in einem Windpark oder einem Kohlekraftwerk ins Stromnetz eingespeist wurde – insgesamt geht die Rechnung aber auf. „So ist es auch bei unserer Massenbilanz. Chemisch lässt sich im fertigen Produkt nicht mehr unterscheiden, ob ein Molekül aus Erdöl oder Frittenfett stammt“, erklärt Hermes. Für PA12 können die Rohstoffe, die bisher aus fossilen Quellen stammten, rechnerisch vollständig durch wiederverwertete, biozirkuläre oder biobasierte Rohstoffe ersetzt werden.

„Damit der Massenbilanz-Ansatz funktioniert, ist Transparenz und Vertrauen wichtig“, so Hermes. „Daher lassen wir unser Vorgehen jedes Jahr von unabhängigen Prüfern kontrollieren.“ Evonik hat das ISCC-Plus-Nachhaltigkeitszertifikat erhalten. Damit ist sichergestellt, dass das Produkt tatsächlich den Umwelteffekt liefert, den es verspricht. Chemisch ist es am Ende mit dem PA12 aus petrochemischen Rohstoffen identisch. Die Qualität des Kunststoffs ändert sich aufgrund der Nachhaltigkeit also nicht.

WEGBEREITER FÜR KUNDEN

„Unser Ziel ist es, den CO₂-Fußabdruck unseres Produkts so weit wie möglich zu verringern – und den Kunden durch die verschiedenen Nachhaltigkeitsansätze die Möglichkeit zu geben, zwischen den Varianten zu wählen“, sagt der Experte. Damit sei Evonik ein Wegbereiter, der die Käufer dabei unterstütze, ihre eigenen Nachhaltigkeitsziele zu verwirklichen. Denn bietet eine Firma Produkte aus nachhaltigen Rohstoffen an, zahlt das auf die eigene Klimabilanz ein und auch auf die ihrer Abnehmer.

Das nachhaltige Polyamid verkauft Evonik unter verschiedenen Namen: die mit grünem Strom hergestellte Standardvariante als Vestamid, jene, bei der Dampf und Wärme aus Biogas hinzukommen, als Vestamid RFP – das steht für „reduced footprint“, verkleinerter Fußabdruck. Bei der dritten, besonders nachhaltigen Variante kommt alles zusammen: Grünstrom, Biogas und nach-



1982

Die PA12-Palette wird um Vestosint erweitert. Das neue Produkt in Pulverform kommt unter anderem in Beschichtungen und Lacken zum Einsatz, zum Beispiel für Körbe in Geschirrspülmaschinen.

1988

Die Compoundierung für technische Kunststoffe am Standort Marl nimmt den Betrieb auf.

2000

Die kontinuierliche Produktionsanlage in Marl geht an den Start. Vestamid wird hier rund um die Uhr hergestellt.

2006

Mit dem Polyetherblockamid der Vestamid-E-Reihe kommt ein elastisches Polymer auf den Markt, das zum Beispiel in Sohlen von Sportschuhen eingesetzt wird.



2019

Spatenstich für die Polyamid-12-Anlage in Marl, in der Vestamid und Vestosint hergestellt werden. 2021 geht sie in Betrieb.



haltige Rohstoffe, insbesondere aus Pflanzenabfällen. Sie wird unter dem Namen Vestamid eCO angeboten. Mit Vestamid eCO wird eine CO₂-Reduzierung von bis zu 70 Prozent gegenüber einem Polyamid erreicht, das aus Erdöl und mit Kohlestrom hergestellt wurde.

Die RFP-Variante ist derzeit vor allem bei Kunden aus der 3D-Druck-Branche gefragt. Sie setzen allerdings kein Granulat ein, sondern ein feines Polyamid-Pulver mit dem Namen Vestosint. Es wird im 3D-Drucker Schicht für Schicht aufgeschmolzen, sodass ein Gegenstand in die Höhe wächst.

NACHHALTIGKEIT ALS VERKAUFSCHLAGER

Auch die eCO-Variante ist im Markt bereits durchgestartet – insbesondere bei den Herstellern von Brillen. Sie benötigen einen kristallklaren, bruchfesten und kratzfesten Kunststoff. Diese Eigenschaften bietet das Polyamid, das Evonik der Optikbranche unter dem Namen Trogamid anbietet. „Viele Kunden wünschen sich eine →

nachhaltig hergestellte Brille“, erzählt Jennifer Haßelberg, die das entsprechende Marktsegment leitet. Als Vorreiter in der Optikbranche hat Zeiss Sunlens bereits sein gesamtes Polyamid-Portfolio für Sonnenbrillengläser ohne Sehstärke auf den nachhaltigen Hightech-Kunststoff umgestellt. Modische Sport- oder Lifestyle-Brillen seien oft Luxusgüter, sagt Haßelberg. „Die etwas höheren Materialkosten können durch einen leicht höheren Verkaufspreis ausgeglichen werden. Dieser Markt gibt das her, da Nachhaltigkeit von allen Seiten gefordert wird.“ Derzeit steige die Nachfrage insbesondere auf dem italienischen Modemarkt. Die Kunden hätten ein gutes Gewissen, wenn sie nachhaltige Brillen kauften, und die Hersteller sammelten Pluspunkte nicht nur bei ihren Kunden, sondern auch für die eigene Klimabilanz.

Mit dem Hochleistungsmaterial lassen sich sowohl Brillengläser als auch Gestelle herstellen. „Endkunden wollen eine leichte und robuste Brille, die Sonnencremes und Desinfektionsmittel standhält – und es auch verzeiht,

wenn man sich aus Versehen einmal draufsetzt“, berichtet Haßelberg. Doch das sei erst der Anfang. „Vor allem in der hochpreisigen Modewelt will man auch ein einzigartiges Gefühl verkaufen, und genau das erzeugen wir mit Trogamid eCO: nachhaltig und makellos.“ Die Kunden seien davon begeistert, dass man aus Pflanzenabfällen einen glasklaren Kunststoff bester Qualität erzeugen könne, der weder einen Gelbstich noch Rückstände wie Krümel oder Flecken aufweise.

NEUES LEBEN FÜR ALTEN KUNSTSTOFF

Und der Ehrgeiz der Evonik-Forscher geht noch weiter, denn sie wollen beim PA12 auch stark aufs Recycling setzen. Deshalb haben sie eine weitere nachhaltige Variante auf den Markt gebracht: Vestamid R, wobei R für Recycling steht. Für Vestamid R sammelt Evonik Polyamid-Reste unter anderem aus der Produktion bei den Kunden ein, um sie zu zerkleinern und dann in der Compoundierung dem Polyamid-Zutatenmix beizumischen. „Diese Diversifizierung von Rohstoffquellen ist wichtig, um Material in ausreichender Menge zusammenzubekommen“, sagt Florian Hermes.

Auch die Wiederverwertung von Produkten aus PA12, die ihr Nutzungsende erreicht haben, haben Hermes und seine Kollegen geprüft. Gemeinsam fuhren sie zu Schrotthändlern und Abfallverwertern, um sich einen Eindruck zu verschaffen, wie die Polyamid-12-Reste aussehen, wenn sie nach Jahren bei Autos und Lastwagen ausgebaut werden. Auf ihrer Tour wollten sie auch herausfinden, ob dort überhaupt genug PA12-Reste zusammenkommen. Ein Ergebnis: In der Regel sind Brems- oder Kraftstoffschläuche so stark verschmutzt, dass eine Aufbereitung für mechanisches Recycling nicht sinnvoll ist.

In solchen Fällen bietet chemisches Recycling die Möglichkeit, den Materialkreislauf zu schließen. Dafür werden gemischte Kunststoffe, die nicht für mechanisches Recycling genutzt werden, so lange erhitzt, bis sich eine dunkelbraune Flüssigkeit bildet: das Pyrolyseöl. Künftig könnte es sich aus sogenanntem Schredder-



Aus Trogamid lassen sich auch flexible, bruchfeste und glasklare Rahmen herstellen.

Evonik schneidet PA12 exakt auf die Kundenwünsche zu und liefert den Kunststoff in unzähligen Farben.



2021

Entwicklung von Trogamid eCO, dem ersten nachhaltigen Polyamid für den Optikmarkt nach Massenbilanz-Standard.



2025

Start der neuen Produktserie Vestamid R auf Basis mechanischer Rezyklate, die kontinuierlich in den nächsten Jahren weiter ausgebaut wird.

leichtabfall herstellen lassen. Diese Fraktion macht beim Schreddern von Altfahrzeugen im Zuge des Fahrzeugrecyclings etwa ein Viertel des Endmaterials aus.

Das Pyrolyseöl könnte in einer Raffinerie wieder gecrackt werden, um C4-Schnitt für PA12 zu gewinnen. Derzeit treibt die Europäische Union mit der neuen Altfahrzeugverordnung eine Regelung voran, die unter anderem das Ziel hat, die Verwertungsquote in der Automobilindustrie zu erhöhen. Der Entwurf sieht vor, mehr recycelten Kunststoff einzusetzen. „Durch solche europäischen und internationalen Reglements steigt bei vielen Herstellern der Bedarf an nachhaltigen Produkten. Unser PA12 aus Pyrolyseöl wird dabei helfen“, sagt Hermes. „Unsere unterschiedlichen PA12-Varianten geben dem Kunden die Möglichkeit, für jedes Produkt zu entscheiden, wie viel Nachhaltigkeit er sich wünscht und wie viel er bereit ist zu zahlen.“

Alle Erkenntnisse und Daten zu Energieverbrauch, Kohlendioxidemission sowie zur Land- und Wassernutzung hat das Lifecycle-Management-Team von Evonik in einer Polyamid-12-Ökobilanz zusammengeführt. Vom Öl über das fertige Produkt bis zu Recycling und den alternativen Rohstoffen wurde berechnet, welche

Nachhaltigkeitspfade am meisten CO₂ einsparen. Die Ergebnisse der Lebenszyklusanalysen sind im Internet einsehbar. Das schafft maximale Transparenz – insbesondere für die Kunden. „Sie sollen die Nachhaltigkeit unseres PA12 im Detail nachvollziehen können. Nicht zuletzt für ihre eigene Klimabilanz und einen kleineren CO₂-Fußabdruck“, sagt Hermes. Transparenz sei fundamental, wenn es darum gehe, die Wirtschaft nachhaltiger aufzustellen und über Unternehmensgrenzen hinweg zusammenzuarbeiten. „Denn letztlich kann man nur gemeinsam etwas bewegen. Dazu muss die gesamte Lieferkette zusammenspielen, vom Rohstofflieferanten bis zum Endkunden.“ ■

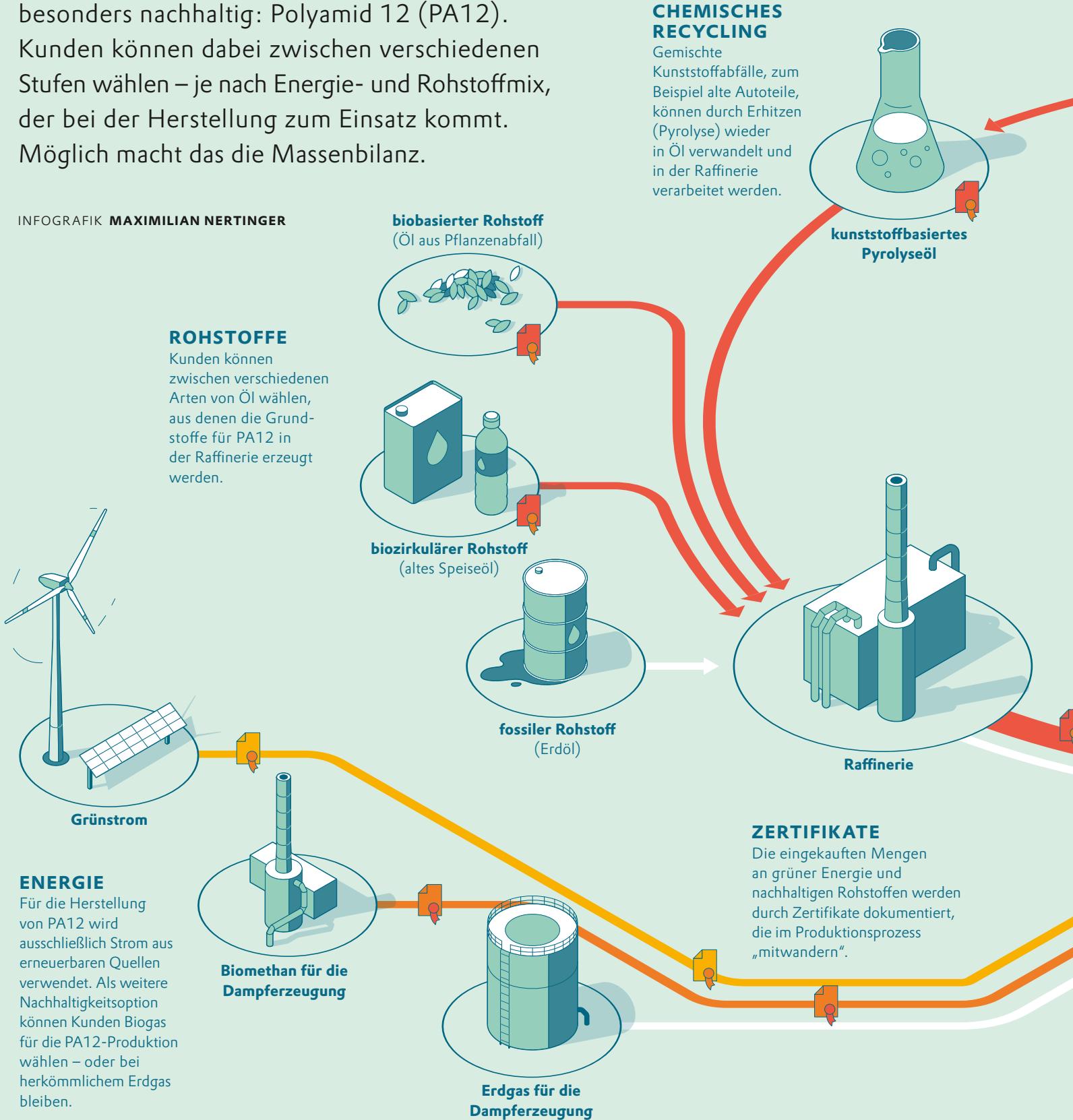


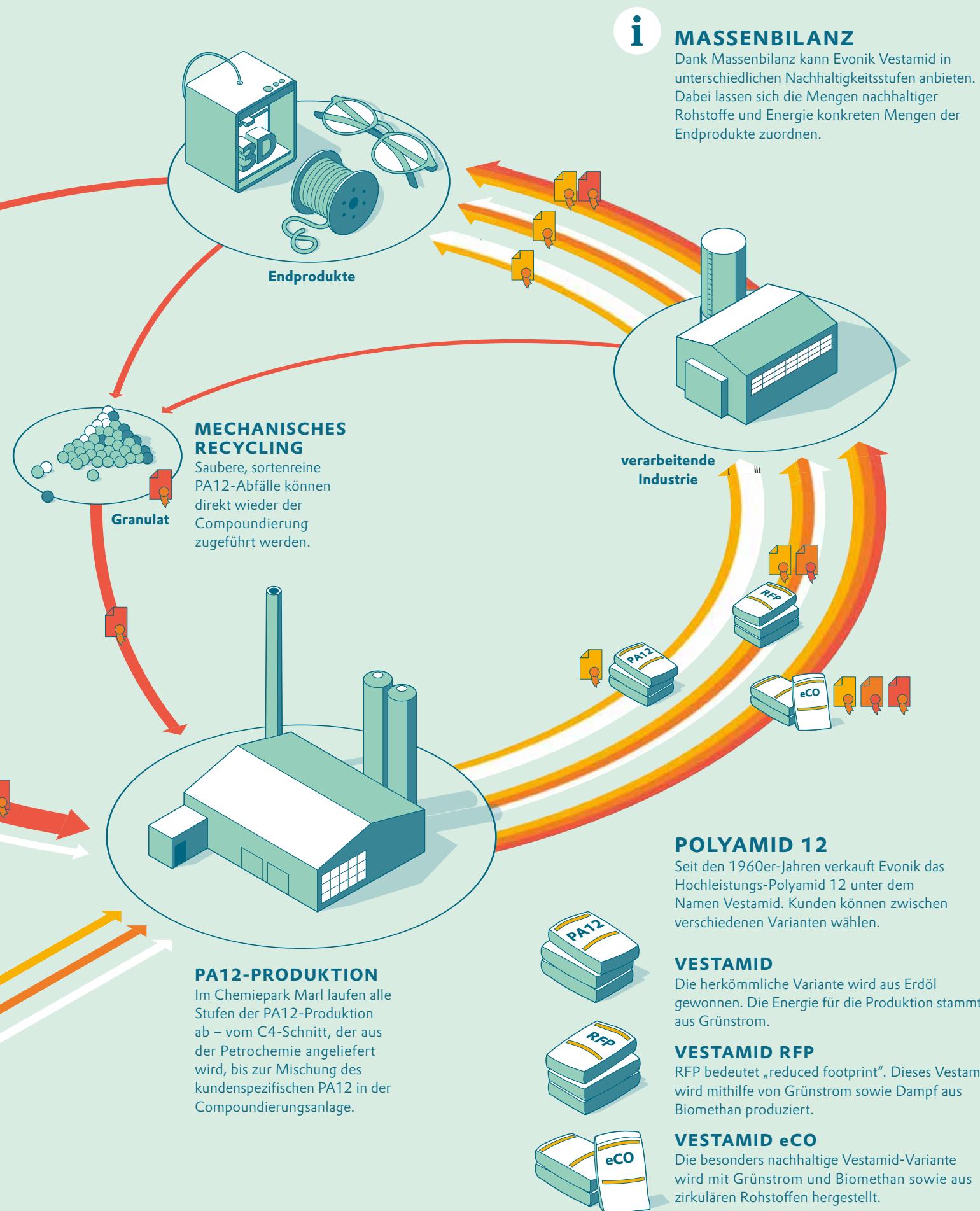
Tim Schröder arbeitet als Wissenschaftsjournalist in Oldenburg.

Bilanzgewinn

Evonik macht eines seiner wichtigsten Produkte besonders nachhaltig: Polyamid 12 (PA12). Kunden können dabei zwischen verschiedenen Stufen wählen – je nach Energie- und Rohstoffmix, der bei der Herstellung zum Einsatz kommt. Möglich macht das die Massenbilanz.

INFOGRAFIK MAXIMILIAN NERTINGER





Spiel, Satz und Sieg:
AIChemBuddy half
dabei, ein Verfahren
zu finden, mit
dem sich das Gummi
aus Altreifen für
den Einsatz in Tennis-
bällen nutzen lässt.



AUF DU UND DU MIT DER KI

Manchmal stoßen Forscherinnen und Forscher an ihre Grenzen. Experimente sind zu komplex, die Vielzahl der Möglichkeiten ist zu groß, um schnell und effizient zum Ziel zu kommen. In solchen Fällen kann künstliche Intelligenz ein Projekt wieder in Schwung bringen. Bei Evonik steht AIChemBuddy seinen menschlichen Kollegen mit Rat zur Seite und liefert Raum für neue Inspiration.

TEXT KARSTEN LEMM

Die Aufgabe, die vor ihnen lag, war kniffliger als erwartet. Sabine Kanbach und ihr Team suchten nach einem Herstellungsverfahren für ein neues Lipid. Mit diesem chemischen Baustein lassen sich Lipidnanopartikel erzeugen, die eine schützende Hülle um Wirkstoffmoleküle bilden, etwa in Impfstoffen. Stabil soll dieser Schutz sein, ein hoher Reinheitsgrad ist Pflicht, dazu müssen sich die Lipide gut verarbeiten lassen. Das Ziel des Expertenteams war klar, doch der Weg lag verborgen im Nebel unbekannter Faktoren.

„Wir hatten sehr viele verschiedene Parameter“, erinnert sich die Chemikerin, die in der Abteilung Forschung und Entwicklung der Health-Care-Sparte von Evonik in Hanau arbeitet. Die Ausgangsstoffe ließen sich noch ohne Computerhilfe eingrenzen – doch danach wurde es schwierig. Welches Lösungsmittel sollten sie wählen und welche Temperatur? Wie ließ sich die gewünschte Reaktion in Gang setzen, wie lange sollte sie laufen?

Üblicherweise hätte sich Kanbach mithilfe von Erfahrungswerten und Experimenten an das Ergebnis herangestastet – ein langwieriges und auch kostenintensives Vorgehen. Doch diesmal wandte sich die 33-Jährige an AIChemBuddy, ein Expertensystem, das künstliche Intelligenz mit Fachwissen kombiniert. Evonik hat es für genau solche Fälle entwickelt, in denen die schiere Fülle möglicher Kombinationen das menschliche Vorstellungsvermögen an seine Grenzen bringt. Gefüttert mit allen wichtigen Daten und ersten Testergebnissen aus dem Projekt, grenzte die Software die Liste mit Reagenzien ein, half bei der Optimierung der Synthese und fand einen Weg, den Reinheitsgrad zu verdoppeln. „Es wäre für uns überhaupt nicht möglich gewesen, selbst zu →

Der Output im KI-Modell ändert sich, wenn typische Größen für die Reaktionsoptimierung wie Stoffmengen oder Temperaturen variiert werden.

berechnen, was man alles variieren muss“, erzählt Kanbach. Mit Computerhilfe war ihr Team schließlich dabei, „auf Nachkommastellen genau die Parameter anzupassen“, und gelangte wenige Wochen nach dem Start bereits ans Ziel: „Wir sind am ‚Sweet Spot‘.“

Die Unterstützung durch AIChemBuddy hat die Entwicklungsphase extrem schnell vorangebracht. Das Expertenteam bekam dadurch Spielraum, sich frühzeitig auf weitere Parameter zu fokussieren, die zum Beispiel in der Verfahrensentwicklung wichtig werden.

INSPIRATION UND UNTERSTÜTZUNG

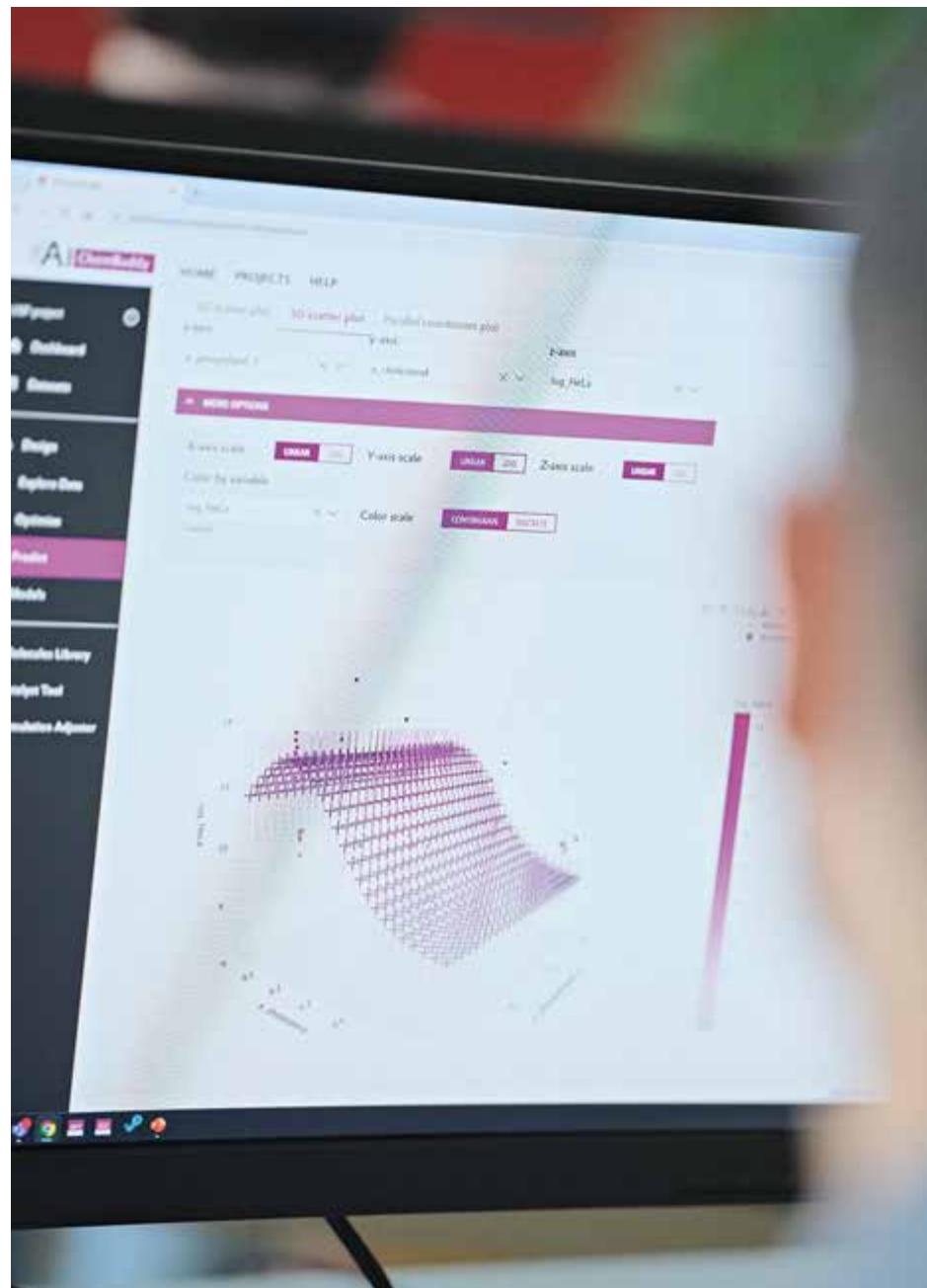
AIChemBuddy ist ein Paradebeispiel dafür, wie KI hilft, komplexe Prozesse effizienter zu gestalten und neue Produkte schneller zu entwickeln. Jedes dritte Unternehmen der chemischen und pharmazeutischen Industrie in Deutschland nutzt bereits die smarten Algorithmen für diese Zwecke, wie eine aktuelle Studie des Instituts der deutschen Wirtschaft zeigt. Am innovativsten sind dabei aus Sicht der Autoren Firmen, die die KI nicht von der Stange kaufen, sondern in eigene Systeme investieren, die auf ihre Bedürfnisse zugeschnitten sind.

Evonik besitzt mehrere KI-Tools, darunter den firmeninternen Chatbot Evonik-GPT, der Texte generieren und Dateien verarbeiten kann. AIChemBuddy wendet sich an Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in der Forschung. „Der klassische Nutzer, den wir immer im Kopf haben, kommt im Labor an irgendeinem Punkt nicht weiter“, sagt Thomas Asche. „AIChemBuddy ist da, um Inspiration zu geben oder ein Optimum zu berechnen.“ Als Materialforscher kennt der 37-Jährige die Herausforderung, mit einer Vielzahl offener Parameter zu jonglieren. Sein Interesse an Digitalthemen führte ihn 2021 in die Digitalisierungsabteilung von Research, Development & Innovation

bei Evonik in Marl. RD&I lieferte zunächst Impulse und Ideen und verwirklichte AIChemBuddy dann zusammen mit der Verfahrenstechnik und der Evonik-IT.

Als Asche zu RD&I kam, liefen dort bereits erste Versuche, maschinelles Lernen zur Entwicklung neuer Materialien zu nutzen. Die Ergebnisse waren ermutigend, doch die Partner – externe Softwareunternehmen – verlangten eine Umsatzbeteiligung oder Zugriff auf sensible Daten. Für Evonik war das inakzeptabel. „Deswegen haben wir uns gefragt: Können wir das auch allein?“, erzählt Asche. „Und dann haben wir Johannes eingestellt.“

Johannes Dürholt sitzt neben Asche in einem Konferenzraum bei der Creavis in Marl. In der Welt von Evonik ist die Creavis strategische Innovationseinheit und Business Incubator. Dürholt, 34-jähriger Experte für theoretische Chemie, fühlt sich in der Welt der Algorithmen genauso wohl wie bei Ausflügen ins Periodensystem. Als



Data Scientist bei der Verfahrenstechnik arbeitet er häufig mit Forscherinnen und Forschern im Labor zusammen. „Oft geht es um Versuchsplanung“, sagt Dürholt. „Und genau darum kümmert sich jetzt AIChemBuddy.“

Der Name deutet an, was das System leisten soll: als „Kumpel“ die Menschen im Chemielabor mit künstlicher Intelligenz unterstützen. „Es geht uns nicht darum, eine ‚Hyperintelligenz‘ anzubieten“, erklärt Asche. Vielmehr wolle man den Forscherinnen und Forschern „einen virtuellen Kollegen an die Seite stellen, den man in kniffligen Situationen fragen kann: Was würdest du tun?“.

Eins betonen die Entwickler immer wieder: Alle Entscheidungen bleiben beim Menschen – und wer der KI hilfreiche Tipps entlocken will, muss sein Thema ziemlich gut kennen. Mit plauderfreudigen Chatbots hat das

System nichts gemein. Bei aller Benutzerfreundlichkeit ist es doch ein Spezialist für Spezialisten: Wer sich einloggt, stößt auf eine intuitive Bedienoberfläche, die den Nutzer auffordert, ein Projekt anzulegen, Daten hochzuladen oder Ergebnisse von Berechnungen auszuwerten. Manches ähnelt dem Tabellenkalkulationsprogramm Excel, anderes dem Präsentationstool Powerpoint. Das System bietet eine Vielfalt an Möglichkeiten.

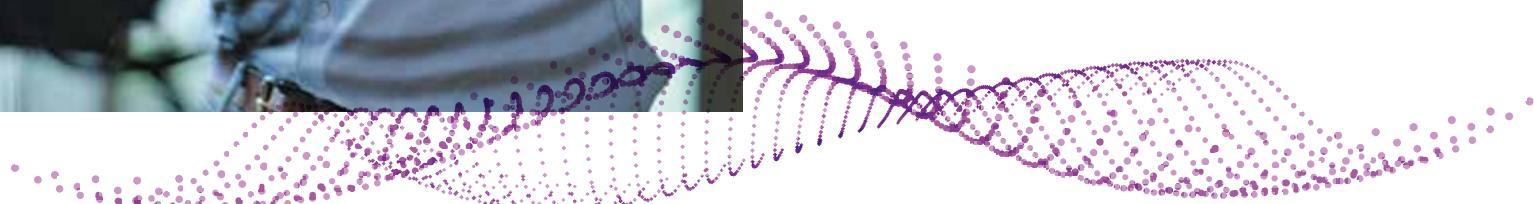
TENNISBÄLLE AUS ALTREIFEN

Thomas Asche und Johannes Dürholt geben Interessenten eine persönliche Einführung. In diesem Onboarding erklären sie, was AIChemBuddy kann – und was nicht. Manche, erzählt Asche, hätten die Vorstellung, dass man in eine KI einfach alles hineinwerfen könne: ein paar Experimentaldaten hier, eine Handvoll Forschungsberichte da, gemischt mit einer vagen Vorstellung davon, was am Ende herauskommen soll. Doch das sei nicht die Rolle der künstlichen Intelligenz, betont der Digitalmanager. „AIChemBuddy ist keine Kristallkugel.“

Nutzen bringe der smarte Assistent vor allem dann, wenn bereits Ergebnisse aus Experimenten vorliegen, die sich deutlich verbessern lassen; oder wenn ein Screening zeigen soll, welche Variablen für ein Projekt überhaupt relevant sind. „Wir schlagen Experimente vor auf Basis des gewünschten Outputs“, sagt Asche. „Dieses Optimalisieren ist das Kernelement der Plattform.“ →

»AIChemBuddy kümmert sich oft um Dinge wie Versuchsplanung.«

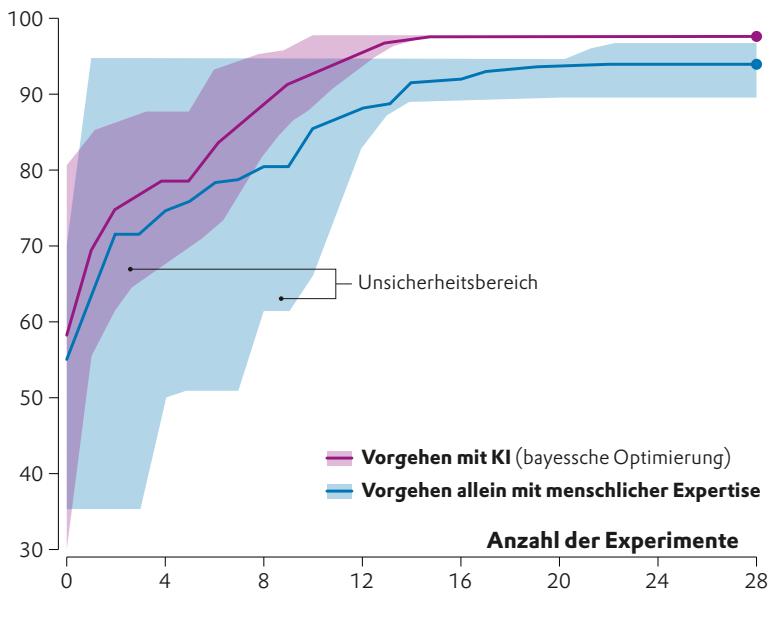
JOHANNES DÜRHOLT, DATA SCIENTIST IN DER VERFAHRENSTECHNIK BEI EVONIK



BESSER MIT KI

Zahl der chemischen Experimente (mit/ohne KI), die zum bestmöglichen Ergebnis führen, sowie ihre maximal erzielbare Ausbeute

Ausbeute in Prozent



Quelle: Angewandte Chemie International Edition, März 2025

Wie aus nüchterner Analyse am Ende dennoch Magie entstehen kann, zeigt die Wiedergeburt von Autoreifen als Sportgerät. Vor zwei Jahren erfuhr Dürholt von Vestaro, einem Joint Venture zwischen Evonik und dem Münchner Entwicklungsunternehmen Forward Engineering. Die Partner hatten sich vorgenommen, auf Basis von Altreifen ein Ausgangsmaterial für die Herstellung von Tennisbällen zu entwickeln. Etwa 25 Millionen Tonnen Gummi fallen jährlich an, weil das Profil der Reifen abgenutzt ist – für eine mögliche Wiederverwertung ist die Quelle also da.

Eigentlich. Bloß stellte sich im Labor heraus, dass es sehr schwierig ist, die richtige Mischung aus Additiven von Evonik, Recyclingmaterial und Naturkautschuk zu finden, um den umweltfreundlichen Tennisbällen die

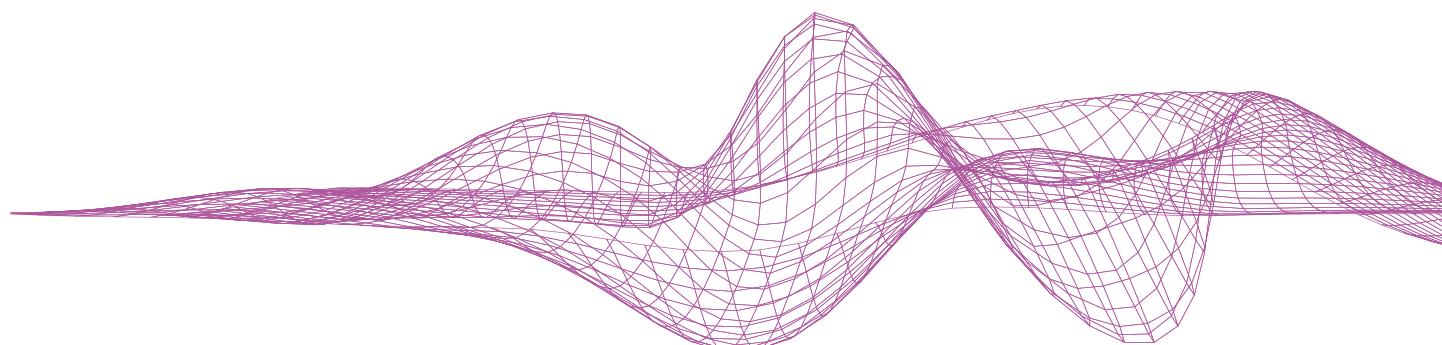
gleichen Eigenschaften zu geben wie herkömmlich produzierten. „Und es gab großen Zeitdruck im Projekt“, erinnert sich Dürholt.

Die Chemiker und Produktentwickler zogen Dürholt und eine Kollegin als Experten der Verfahrenstechnik hinzu. Die beiden betrieben als Erstes das, was Fachleute „Datenhygiene“ nennen: Sie prüften, welche Werte für die KI nutzbar sind, entfernten Ausreißer und strichen wenig Erfolg versprechende Informationen. Denn je sauberer die Daten, desto verlässlichere Ergebnisse liefert die KI. Nach wenigen Tagen dieser menschlichen Vorarbeit benötigte der Algorithmus hinter AIChemBuddy nur ein paar Minuten, um Vorschläge für mehrere Kompositionen aus Alt und Neu zu liefern. „Die Kautschukexperten waren sehr beeindruckt“, erzählt Dürholt. Seit Kurzem ist der Ball unter dem Namen „Code Planet“ im Handel. Mit ihm präsentiert Hersteller Balls Unlimited den ersten nachhaltigen Tennisball. Nach Auskunft des Unternehmens bestehen 40 Prozent seines Kerns aus recycelten Altreifen.

SCHLUSS MIT „PI MAL DAUMEN“

Der Erfolg zeigt eindrucksvoll, wie die hausintern entwickelte KI-Lösung Projekte an entscheidenden Stellen voranbringen kann. Und er bestärkt Experten in der Ansicht, dass Unternehmen, die gezielt künstliche Intelligenz einsetzen, einen klaren Wettbewerbsvorteil in solchen Bereichen haben, bei denen sonst persönliche Erfahrung und Intuition im Vordergrund stehen. In zu vielen Laboren werde noch „per Pi mal Daumen“ gearbeitet, kritisiert Jakob Zeitler, Pioneer Fellow am Statistics and Big Data Institute der Universität Oxford.

„Wenn wir ins Labor gehen und Experimente laufen lassen, ist das ein bisschen wie Kuchenbacken“, erklärt er. Auch da gibt es unterschiedliche Variablen, von den Zutaten über das Mischungsverhältnis bis zur Temperatur und der Zeit im Backofen, und jede Veränderung hat Einfluss darauf, ob der Kuchen schmeckt, der Teig aufgeht oder der Boden anbrennt. In der Küche mögen diese Variablen noch überschaubar sein, sagt Zeitler, aber in der Chemie gebe es viele „Wechselwirkungen zwischen komplizierten Faktoren, die für uns nicht direkt erkennbar sind“.



Die KI orientiert sich nur an Zahlen, Mustern und mathematischen Zusammenhängen – Parametern, die dem menschlichen Auge oft verborgen bleiben und deren Änderung zu verblüffenden Ergebnissen führen kann. Zeitler erinnert sich an Chemieexperimente, bei denen der Algorithmus wieder und wieder einen Säuregehalt vorschlug, der widersinnig schien. In der Praxis aber erwies sich die errechnete Rezeptur als überlegen. „Es

hat auf einmal doch funktioniert, weil die Säure sehr kompliziert mit anderen Faktoren interagiert“, erklärt der Forscher. „Da das statistische Modell diesen hochdimensionalen Raum besser versteht als jeder Mensch, kann es Reaktionen vorhersagen, die unserer Intuition widersprechen.“

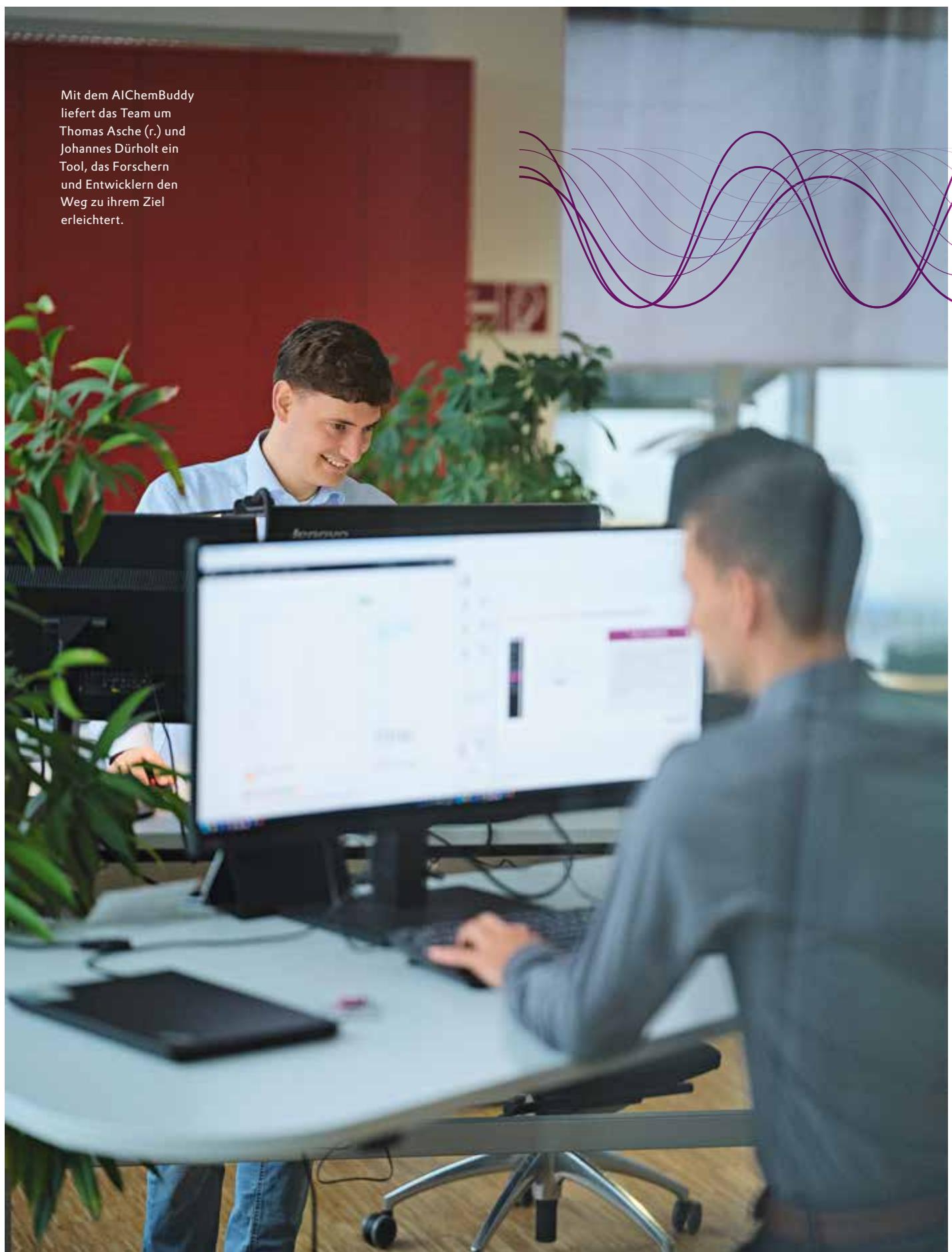
Mathematisch beruhen solche Erfolge auf einer Methode, die sich bayessche Optimierung nennt. Sie nutzt eine begrenzte Zahl von Ausgangsdaten – etwa Ergebnisse aus Laborexperimenten – und berechnet auf Grundlage von Modellen, was passiert, wenn sich einzelne Parameter ändern. AIChemBuddy sucht anhand der vorliegenden Erfahrungen nach aussichtsreichen Wegen, um ein Resultat zu erreichen, das die Forscher vorgegeben haben. Die KI beendet ihren Job mit einem Vorschlag für ein vielversprechendes Experiment. Die Methode eignet sich somit besonders gut für das Erkunden eines vorgegebenen Suchraums, in dem die besten Bedingungen für das Zusammenspiel bestimmter Faktoren ermittelt werden sollen.

AIChemBuddy verlässt sich auf eine Softwarebibliothek für bayessche Optimierung namens Bofire. Johannes Dürholt trägt ein T-Shirt mit dem Logo der KI, das in Schwarz durch sein hellblaues Hemd schimmert. →

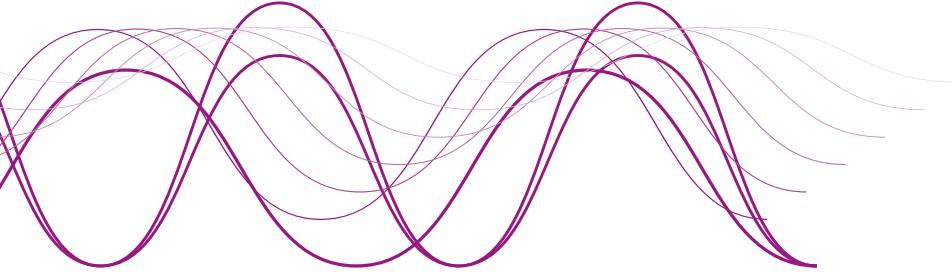
»Es geht uns nicht darum, eine ›Hyperintelligenz‹ anzubieten.«

THOMAS ASCHE, DIGITALEXPERTE BEI EVONIK RD&I





Mit dem AIChemBuddy liefert das Team um Thomas Asche (r.) und Johannes Dürholt ein Tool, das Forschern und Entwicklern den Weg zu ihrem Ziel erleichtert.



Bofire ist das Ergebnis einer Kooperation unter Konzernen, die auf den ersten Blick ungewöhnlich erscheinen mag: Neben Evonik beteiligen sich unter anderem BASF, Boehringer-Ingelheim und neuerdings auch Bayer an der Weiterentwicklung des KI-Systems. „Alle haben an ähnlichen Problemen gearbeitet“, erklärt Dürholt, alle hatten Kosten für den gleichen Lösungsansatz. „Da haben wir gesagt: Warum bündeln wir nicht unsere Kräfte und machen es open source?“

Das war der nächste, aus Managementsicht ungewöhnliche Schritt: Der Quellcode für Bofire liegt offen im Internet. Hat da niemand Bedenken, dass Wettbewerbsvorteile und Firmengeheimnisse preisgegeben werden? Nein, antwortet Thomas Asche: „Die Intelligenz entsteht ja aus den Daten, mit denen wir die Modelle trainieren. Das heißt: Alles, was für uns einen Wert generiert, bleibt innerhalb von Evonik.“

Auch AIChemBuddy gehört als Anwendung allein Evonik. Vereinfacht gesagt, ist Bofire der Antrieb, den alle Beteiligten gemeinsam entwickeln – aber zu einem leistungsfähigen Motor wird er erst durch Finetuning mit firmeninternen Daten. Jedes Unternehmen baut überdies das Chassis selbst: die App, die bestimmt, was Anwender mit der KI machen können. Evonik hat in der Chemieindustrie für den Einsatz von Bofire eine Pionierrolle übernommen und dem Instrument den Weg in die Branche geebnet. Das Unternehmen steuerte auch einen großen Teil der Codebasis bei. „Weitere Beteiligte sind gern gesehen, denn gemeinsam machen wir Bofire noch leistungsfähiger“, sagt Dürholt.

KEIN ERSATZ FÜR MENSCHLICHES KNOW-HOW

Seinen virtuellen Wohnsitz hat AIChemBuddy in einem Rechenzentrum in Frankfurt am Main, und wenn er in Aktion tritt, zeigt er sich genügsam: „Der Energieverbrauch entspricht dem von zwei bis drei Laptops“, sagt Asche.

Bei Evonik steht AIChemBuddy allen Mitarbeitern zur Verfügung. Dahinter steckt auch die Hoffnung, möglichst viele neue Fans für das KI-System zu finden. Denn je häufiger der digitale Helfer Projekte flottmacht, desto eher rechnet er sich für das Unternehmen. Das Gleiche gilt für die Beschleunigung der Entwicklungsarbeit, wie beim Projekt von Sabine Kanbach.

Die Hanauer Chemikerin sieht bereits die Möglichkeiten, Einsichten aus ihrem aktuellen Projekt für kommende Aufgaben zu nutzen. „Unsere Lipidnanopartikel haben wir jetzt sehr weit optimiert“, berichtet sie. „Diese Erkenntnisse kann man gut auf andere Hilfsstoffe übertragen, die nach dem gleichen Schema funktionieren.“ Kanbach ist so begeistert von den Ergebnissen, dass sie weitere Kolleginnen und Kollegen für die KI gewinnen will. Bisher zögerten viele noch, berichtet sie. Bei manchen überwiege wohl die Gewohnheit, andere machten sich Sorgen, dass die KI ihren Arbeitsplatz gefährden könnte.

Kanbach hält die Sorge für unbegründet: „Ich habe nicht das Gefühl, dass mich der AIChemBuddy ersetzt“, sagt sie. „Wir geben schließlich selbst die Experimente vor und setzen uns mit den Ergebnissen auseinander.“ In diesem engen Miteinander von Mensch und Maschine sehen auch die Entwickler den besonderen Wert ihres Systems. „Das Chemikerwissen ist superwichtig“, betont Johannes Dürholt. Je mehr Wissen der Mensch der KI zum Beispiel in Form von Grenzen für die einzelnen Parameter vorgebe, desto leichter falle es der Maschine, gute Lösungsansätze herauszufinden.

„Wer sein Wissen hineingibt, kommt schneller zum Ziel“, ergänzt Thomas Asche – und das spreche sich im Unternehmen herum. Bislang nutzen etwa 300 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus allen Geschäftsbereichen AIChemBuddy. „Wir haben viele Anwendungsfälle aus der Forschung und der verfahrenstechnischen Entwicklung. Auch für Simulationen und die Optimierung von Prozessen wird er bereits genutzt.“ Aber es dürften gern noch mehr Nutzer sein. „Es geht hier nicht um ein Rennen ‚KI gegen Chemiker‘“, betont Asche, „sondern um das Rennen ‚Chemiker ohne KI‘ gegen ‚Chemiker mit KI‘. Und dieses Rennen werden wir gewinnen.“ —

Karsten Lemm schreibt als freier Autor über Wirtschaft und Technik. Nach 16 Jahren in San Francisco lebt er heute in Berlin.





COOL BLEIBEN ...

... und weitermachen – mit der Entwicklung nachhaltiger Klimaanlagen. Denn so angenehm ein kühler Raum bei hohen Temperaturen ist: Es braucht moderne Technologien, die die Erderwärmung nicht weiter beschleunigen.

TEXT BJÖRN THEIS

Sommer 1902, New York ächzt unter einer Rekordhitze. Sie macht auch den Maschinen zu schaffen: In einer Druckerei in Brooklyn verzieht sich aufgrund hoher Temperaturen und Luftfeuchtigkeit das Papier so sehr, dass man nicht mehr produzieren kann. Die Druckerei beauftragt den erst 25-jährigen Maschinenbauer Willis Carrier, Abhilfe zu schaffen. Carrier liefert: Er entwickelt eine Anlage, bei der Ventilatoren die warme, feuchte Raumluft über Dampfspulen mit eiskaltem Wasser blasen. Kalte, trockene Umluft ist die Folge. Die moderne Klimaanlage ist erfunden.

DER KÄLTEBEDARF STEIGT

Heute kühlen laut Schätzungen weltweit rund zwei Milliarden Geräte – und sind von der Lösung zu einem Teil des Problems geworden: Klimaanlagen stehen für circa zehn Prozent des weltweiten Stromverbrauchs und rund drei Prozent der Treibhausgasemissionen. Und der Bedarf an Kühlung steigt. Die Internationale Energieagentur

schätzt, dass sich die Zahl der Klimaanlagen bis 2050 verdreifachen wird. Wir benötigen also dringend effizientere und umweltfreundlichere Kühltechnologien.

Als eine der wichtigsten Alternativen gilt die elastokalorische Kühlung. Dabei kommen Legierungen wie Nickel-Titan oder auch Polymere zum Einsatz, die Wärme aus der Umgebung aufnehmen oder an diese abgeben, sobald sie äußeren Reizen ausgesetzt werden. Dazu gehören magnetische Impulse, Druck, mechanische Spannung oder elektrische Felder. Diese Technologie arbeitet ganz ohne klimaschädigende Kältemittel. Auch deshalb sehen das US-Energieministerium und die EU-Kommission in der elastokalorischen Kühlung eine der wichtigsten Alternativen zur Dampfkompression. Das Weltwirtschaftsforum nennt diese Form der Kühlung eine der „Top 10 Emerging Technologies“.

Eine weitere Möglichkeit, Räume effizient und nachhaltig zu kühlen, bieten Membranwärmepumpen. Sie sind mit einer selektiv durchlässigen Membran zur Wärmeübertragung ausgestattet. Bei der elektrochemischen Variante treibt ein durch elektrische Spannung erzeugter Ionentransport die Flüssigkeitskompression und somit die Kühlung an. Bei der sorptionsbasierten Wärmepumpe wird Dampf durch eine Membran geführt, um ein Absorptionsmittel (zum Beispiel eine Salzlösung) von einem Kältemittel zu trennen und so Kühlung zu erzeugen. Beide Systeme nutzen Flüssigkeiten, die kaum Treibhausgase freisetzen.

FLÜSSIGE LÖSUNG

Sogar die NASA ist in den Wettkampf um die fortschrittlichste Klimaanlage eingestiegen. Vor Kurzem hat die US-Weltraumagentur das Unternehmen Helix Earth gegründet. Es verfolgt das Ziel, den Energieverbrauch von Klimaanlagen zu halbieren, indem es klassische Dampfkompressionsgeräte mit flüssigen Trockenmitteln zur Vorentfeuchtung ausrüstet.

In Zukunft wird es eine Vielzahl von Möglichkeiten geben, einen kühlen Kopf zu bewahren und zugleich die Umwelt zu schonen. Fortschritte auf diesem Gebiet sind dringend geboten, denn eines ist sicher: Die weltweit steigenden Temperaturen werden das Bedürfnis nach kühlen Räumen erhöhen. Aus diesem Grund analysiert Foresight das Thema im Rahmen des Projekts „Game-Changer 2035“ mit Blick auf Zukunftspotenziale für Evonik. —



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



»Dieses Blau ist himmlisch!«

PROTOKOLL NADINE ALBACH
FOTOGRAFIE JONAS OPPERSKALSKI

Der Physiker und Elektrotechniker **Baruch Sterman** arbeitet als Führungs-kraft in der israelischen Hightech-Branche und hält mehr als 30 Patente in den Bereichen Optik, Sprachtechnologie und Computersicherheit. Der Mitgründer der gemeinnützigen Organisation Ptil Tekhelet gilt als Experte für das antike Blau und hat mit seiner Frau Judy Taubes Sterman ein Buch darüber veröffentlicht. Er lebt mit ihr und den sieben gemeinsamen Kindern im israelischen Efrat.



In dieses kleine Meerestier hat die Natur ein Chemielabor gepackt: Die Stumpfe Stachelschnecke produziert drei Moleküle, Indigo, Monobromindigo und Dibromindigo. Durch diese Kombination des Pigments Indigo mit seinen bromhaltigen Verbindungen entsteht das Blau, das für die jüdische Kultur sehr wichtig ist. Ein himmlisches Blau! Wir nennen es Tekhelet.

Als mich Rabbi Eliyahu Tavger vor gut 30 Jahren ansprach, kannte ich die Schnecke nur vom Tauchen. Seit 1991 produziert unsere Organisation in Jerusalem als einzige weltweit die mit Tekhelet gefärbten, blau-weißen Schaufäden für den jüdischen Gebetsschal und gibt das Wissen über die Farbe weiter.

Jeder Jude kennt die Tora-Passage, die uns verpflichtet, diese Fäden ans Gewand zu binden, um uns an Gottes Gebote zu erinnern. Das Wissen, wie unsere Vorfahren sie in der Antike gefärbt haben, ist jedoch verloren gegangen. Erst im 19. Jahrhundert wurde die im Mittelmeer lebende Schnecke, biologischer Artnamen Hexaplex (oder Murex) trunculus, als Quelle der Farbstoffe identifiziert. Das Problem: Sie liefert Purpur – kein Blau. Der Durchbruch gelang dem israelischen Chemiker Otto Elsner in den 1980ern. Er entdeckte, dass es zu einer Oxidation kommt, wenn er die Lösung im Färbe-prozesses dem Sonnenlicht aussetzt. So entsteht das Blau.

1988 gelang es Rabbi Eliyahu Tavger, die Fäden so zu färben, wie es einst unsere Vorfahren taten. Der Prozess war jedoch ineffizient. Also nahm ich eine Auszeit von der Hightech-Branche. Ich habe einen Doktor in Physik und hatte viel über Infrarotspektroskopie und das Verhalten von Molekülen gelernt. So wusste ich, wie das Licht mit den Molekülen der Schnecke interagiert. Ich entwickelte eine effiziente Färbemethode, und das mit Erfolg: Wir haben bereits mehr als 300.000 Fäden in rund 70 Länder verkauft.

Früher waren das Purpur und das Blau der Schnecken viel mehr wert als Gold – nur die Elite durfte die Pigmente verwenden. Heute kann jeder die Tekhelet-Fäden tragen. Sie erinnern an den Himmel und daran, nach dem zu streben, was außerhalb unserer Reichweite liegt. Auch das Blau in der israelischen Fahne ist von Tekhelet inspiriert.

Teil dieser Geschichte zu sein, ist ein Geschenk. —

Impressum

HERAUSGEBER Evonik Industries AG | Matthias Ruch | Rellinghauser Straße 1–11 | 45128 Essen |

BERATUNG UND KONZEPT Manfred Bissinger |

CHEFREDAKTION Jörg Wagner (V.i.S.d.P.) |

CHEF VOM DIENST Inga Borg, Bernd Kaltwasser |

TEXTCHEF Christian Baulig | **REDAKTION** Stephan Siebenbaum | **BILDREDAKTION** Nadine Berger |

LAYOUT Wiebke Schwarz (Art Direction), Pearl Elephant (Grafik) | **ANSCHRIFT DER REDAKTION** KNSK Group | Holstenwall 6 | 20355 Hamburg |

DRUCK Linsen Druckcenter GmbH, Kleve |

COPYRIGHT ©2025 by Evonik Industries AG, Essen.

Nachdruck nur mit Genehmigung der Agentur. Der Inhalt gibt nicht in jedem Fall die Meinung des Herausgebers wieder. Fragen zum Magazin ELEMENTS: Telefon +49 201 177-3276 | E-Mail elements@evonik.com |

BILDNACHWEISE Titelillustration: Tobias Wüstefeld/

Die Illustratoren | S. 3: Kirsten Neumann/Evonik Industries AG | S. 4–5: Robert Eikelpoth | S. 6–7: Getty Images |

S. 8–9: Getty Images, Sebastian Ardt, privat; Illustration: KNSK Bissinger+ | S. 10–20: Robert Eikelpoth (8),

Evonik Industries AG (3); Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss mit Fotovorlage von Bob Heinemann|

S. 21: Maximilian Nertinger | S. 22–29: Robert Eikelpoth | S. 30–37: Robert Eikelpoth (9), Evonik Industries

AG/Corporate Archives, Dirk Bannert, Evonik Industries AG, soup studio – stock.adobe.com; Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss mit Fotovorlage von Foto- und Bilderwerk | S. 38–39: Maximilian Nertinger |

S. 40–47: Robert Eikelpoth, Vektoren: Getty Images; Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss mit Fotovorlage von Zohreh Soleimani| S. 48–49: Zoran Djekic/

stocksy.com; Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss mit Fotovorlage von Karsten Bootmann/Evonik Industries AG | S. 50: Jonas Opperskalski

elements.evonik.de

»Ich will die Sachen wirklich aufbewahren ...

... damit sie eines Tages wieder Verwendung finden“, erklärte Andy Warhol 1975. In 610 Umzugskisten bewahrte der Pop-Art-Künstler bis zu seinem Tod im Jahr 1987 Tausende Gegenstände auf, darunter viele Zeugnisse der US-amerikanischen Konsumgesellschaft.

Heute führen die Dinge aus Warhols „Time Capsules“ (Zeitkapseln) tatsächlich ein zweites Leben: als Ausstellungsstücke, die Kunstfans in aller Welt in die Museen locken. So hat Warhol scheinbar nutzlos gewordenen Produkten einen neuen Wert gegeben – ein Prinzip, dem sich auch die Recyclingwirtschaft verpflichtet fühlt.