

# ELEMENTS

Forschen. Wissen. Zukunft.



# Braindrops

**Ein Heft über den smarten Umgang mit Wasser**

# Wasser (H<sub>2</sub>O)

Chemische Verbindung aus Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O)

---

Wasser besteht aus Molekülen, die sich jeweils aus einem Sauerstoff- und zwei Wasserstoffatomen zusammensetzen. Ein Wassermolekül ist ein Dipol, wodurch sich die Sauerstoff- und Wasserstoffatome gegenseitig anziehen. Über Wasserstoffbrückenbindungen können einzelne Moleküle miteinander wechselwirken. Dies verleiht dem Wasser vielseitige und einzigartige Eigenschaften. Dazu zählt die hohe Oberflächenspannung. Sie sorgt dafür, dass Tropfen entstehen und sich leichte Objekte oder Lebewesen auf der Wasseroberfläche bewegen können. Wasser hat zudem die höchste Wärmekapazität aller Flüssigkeiten: Es ist viel Energie nötig, um es zu erwärmen. Dafür gibt Wasser bei Abkühlung aber auch große Mengen an Energie in Form von Wärme wieder ab. Dieser Effekt hilft, die Körpertemperatur von Lebewesen zu regulieren oder die Temperatur in Gewässern zu stabilisieren.

---

**Dipol** Teilchen mit zwei entgegengesetzten Polen (positiv und negativ)

**Oberflächenspannung** Kraft von Festkörpern und Flüssigkeiten, die gegen ein äußeres Gas wirkt. Um sie klein zu halten, sind Flüssigkeiten bestrebt, eine möglichst geringe Oberfläche zu bilden.

**Wärmekapazität** (oder Wärmespeicherefähigkeit) Verhältnis aus zugeführter Wärme und der daraus folgenden Temperaturveränderung eines Körpers oder Stoffs



## LIEBE LESERIN, LIEBER LESER,

kommt ein Mensch auf die Welt, besteht sein Körper zu rund drei Vierteln aus Wasser. Auch wenn der Anteil mit zunehmendem Alter sinkt: Der überwiegende Teil von uns Lebewesen ist aus dem Molekül  $H_2O$  gebildet. Selbst unser Hirn, so faszinierend es in seiner Komplexität ist, besteht zu rund 73 Prozent aus simplem Wasser. Genau wie unser Herz. Zugleich reichen schon ein oder zwei Prozent Wassermangel aus, um unsere Abläufe im Körper aus dem Tritt zu bringen.

Auf den Globus übertragen, sieht das im Großen und Ganzen nicht anders aus. Weit über zwei Drittel der Erdoberfläche sind mit Wasser bedeckt. Und doch reichen im Verhältnis dazu kleine Verschiebungen aus, um die Menschheit vor ernste Probleme zu stellen. Wir haben über Jahrtausende den Wasserkreislauf vor allem beim Süßwasser immer stärker beschleunigt, sagt der Hydrologe und UN-Berater Johannes Cullmann (Interview Seite 32). Das bekommen wir – verstärkt durch den Klimawandel – nun zu spüren, in Form von drastischen Dürren oder Überflutungen ganzer Regionen.

Alle haben daran ihren Anteil, die Landwirtschaft, die Trinkwassergewinnung, die Energieerzeuger, auch die Industrie. Doch die gute Nachricht ist: Es gibt Lösungen. Mit kluger Regulatorik, smarter Technologie und vor allem entschlossener Umsetzung lassen sich diese Entwicklungen bremsen, vielleicht zum Teil sogar stoppen. Eine Reihe dieser Lösungen zeigen wir in diesem Heft.

Und wir sprechen über Wasser als die Lösung selbst. Wenn fossile Lösungsmittel in chemischen Reaktionen durch das Universaltalent  $H_2O$  ersetzt werden, ist das ein großer Schritt zu einer grüneren Chemie. Manchmal liegt die Lösung eben sehr nah – quasi in unserem Gehirn.

Ich wünsche Ihnen viel Lesevergnügen und neue Einblicke. Wenn Sie Fragen, Anregungen oder auch Kritik haben, schreiben Sie mir gern: [elements@evonik.com](mailto:elements@evonik.com)

**Jörg Wagner**  
Chefredakteur

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



# 10

Die Urgewalt des Wassers wie hier im Fluss Huilo Huilo in Chile fasziniert die Menschen. Vielerorts ist der Kreislauf des Wassers – von der Quelle bis ins Meer und zurück – jedoch gestört. Was ist zu tun, um das System wieder ins Gleichgewicht zu bringen?

## WASSER

### 10 Flüssig bleiben

Wasser ist für die Menschheit überlebenswichtig. Doch die nutzbaren Vorkommen werden immer stärker beansprucht. Damit die knappen Ressourcen verantwortungsvoll verwendet werden, braucht es moderne Technik und – vor allem – ein kluges Wassermanagement.

#### DATA MINING

### 19 Kostbares Nass

Vorkommen, Verbrauch, Preise – Wasser weltweit in Zahlen

### 20 Gewusst, wie

Prozesse, Kühlung, Transport – ohne Wasser geht bei Evonik nichts. Weltweit nutzt der Konzern deshalb unterschiedlichste Technologien, um den eigenen Bedarf zu senken und die Umwelt möglichst wenig zu belasten. Ein Standort-Report

#### SCHAUBILD

### 30 Es läuft und läuft und läuft

Woher Evonik das Wasser für den Betrieb seiner Standorte nimmt und wie es zurückgeführt wird

Meist wird in den USA Chlor verwendet, um Abwässer von Bakterien zu befreien. In Memphis nutzt die Stadtverwaltung jedoch Peressigsäure von Evonik.

INTERVIEW

## 32 Runter vom Tempo!

Für UN-Berater Johannes Cullmann liegt die Ursache für Dürren und Überschwemmungen vor allem in einem zu schnellen Wasserkreislauf. Er fordert bessere Aufklärung und Investitionen in einen wirksamen Wasserschutz.

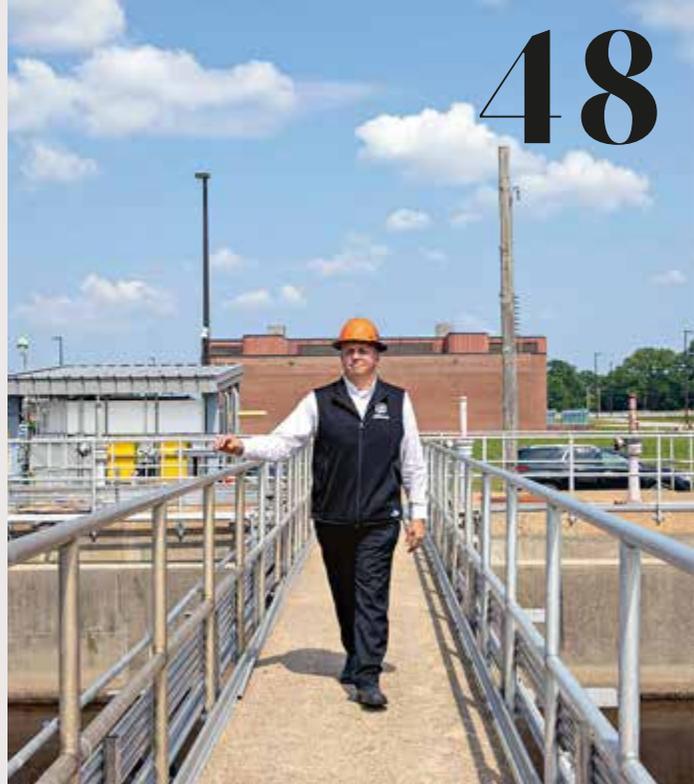
ESSAY

## 46 Wasser ist die Lösung

Der Chemieprofessor Bruce Lipshutz plädiert für eine Abkehr von organischen Lösungsmitteln. Stattdessen sollte die Chemie auf das natürliche Reaktionsmedium Wasser setzen.

## 48 Mississippi Blue

Zur Reinigung ihrer Abwässer verwendet die US-Stadt Memphis umweltschonende Peressigsäure. Evonik produziert die Substanz in einer Anlage eigens für diesen Zweck.



Bei der Produktion von gefällter Kieselsäure im thailändischen Map Ta Phut setzt Evonik auf eine ausgefeilte Prozesssteuerung im Filterprozess, um Wasser zu sparen.

6 START-UP

Das chinesische Unternehmen Super C produziert Graphen für Hochleistungsbatterien.

8 PERSPEKTIVEN

Neues aus Wissenschaft und Forschung

38 EVONIK-LAND

### Neuseeland

Auch im Südpazifik kommt Know-how von Evonik zum Einsatz.

54 FORESIGHT

### Weiches Wasser

Welche „soften“ Technologien die Ressource Wasser schonen helfen

56 IN MEINEM ELEMENT

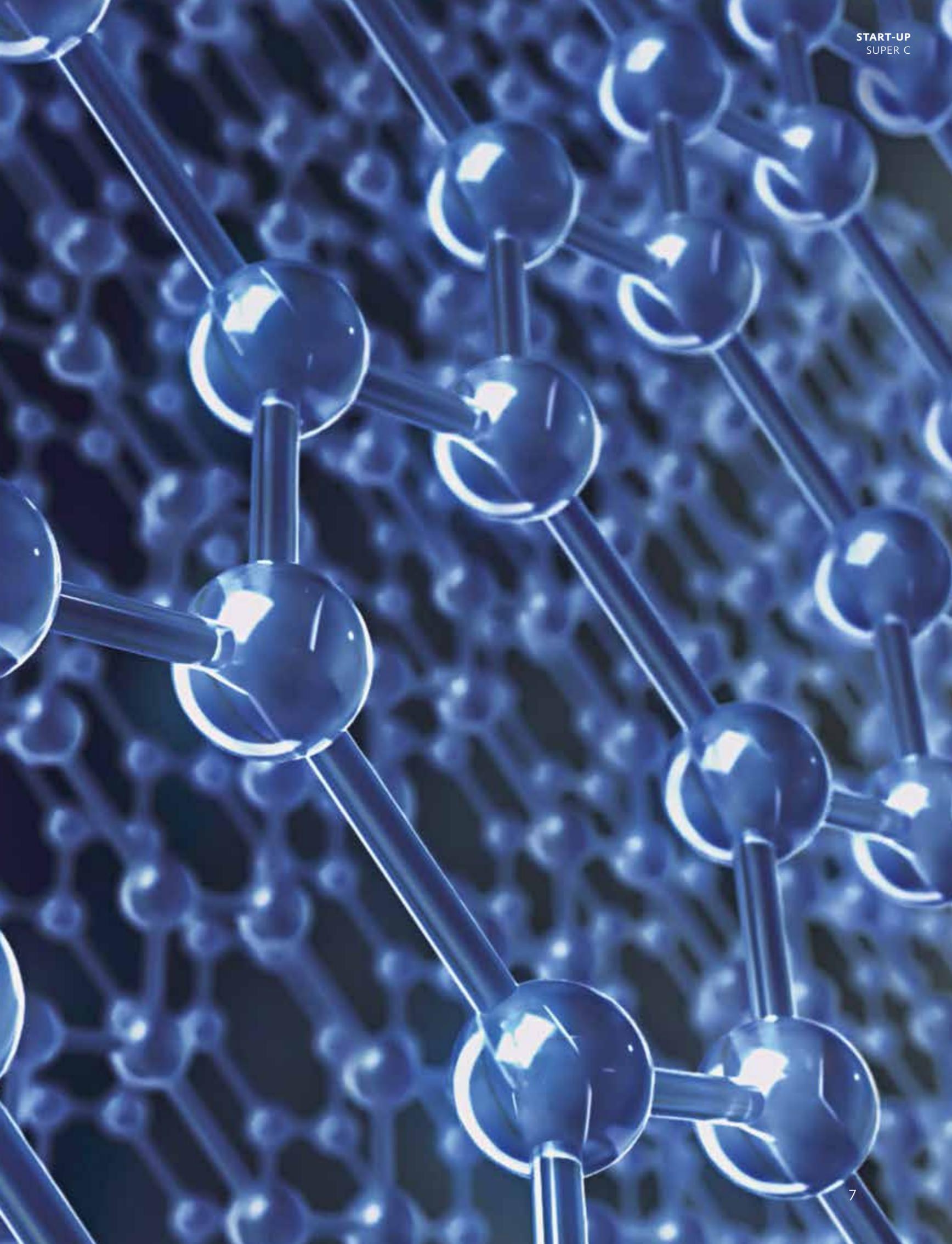
### Deuterium und Tritium

Annie Kritcher nutzt die beiden Elemente für die Entwicklung von Kernfusionsreaktoren.

57 IMPRESSUM

## AUF LEISTUNG GETRIMMT

Die Energiewende erfordert auch klimafreundlichere Mobilität. Dabei spielen leistungsfähige Akkus, beispielsweise auf Basis von Lithium-Ionen, eine entscheidende Rolle. Das chinesische Unternehmen Super C, in das Evonik Venture Capital seit Ende 2022 investiert, ist Batteriespezialist und technologisch führend bei Graphenmaterialien. Aus Graphen, hier als Strukturdiagramm abgebildet, stellt das Start-up mithilfe eines selbst entwickelten Verfahrens sogenanntes Few-layer Graphene (FLG) her, also modifizierten Kohlenstoff mit wenigen Schichten. Daraus lassen sich Pasten für Elektroden in Lithium-Ionen-Batterien produzieren. Die Zugabe des Graphens verschafft den Batterien eine höhere Leistung, Ladegeschwindigkeit und Lebensdauer. Zudem sorgt es dafür, dass die Lithium-Ionen-Batterien weniger empfindlich für hohe Temperaturen sind, und verringert so ihre Brandgefahr. Die Technologie schafft damit gute Voraussetzungen, um die Leistung von Elektrofahrzeugen zu steigern und die Energiewende zu beschleunigen. Durch die Beteiligung an Super C stärkt Evonik ihre Wachstumsstrategie bei Batterielösungen.



# Das Gleiche in Grün

Ammoniak als Reduktionsmittel könnte die Stahlproduktion nachhaltiger machen.

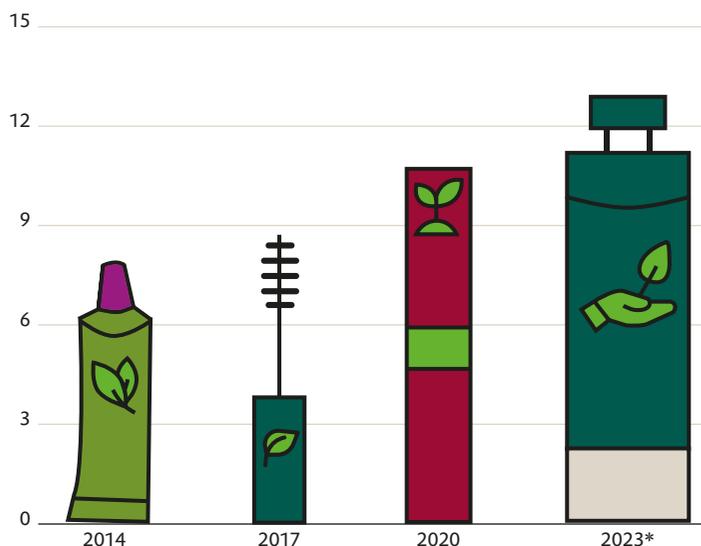
Die Stahlindustrie zählt zu den weltweit größten CO<sub>2</sub>-Emittenten. Das liegt vor allem an der Schmelze, die in Hochöfen stattfindet. Bei diesem Prozess wird Kohle als Reduktionsmittel eingesetzt, um aus Eisenerz Eisen zu gewinnen. Ein deutsches Forscherteam vom Max-Planck-Institut für Eisenforschung sieht in Ammoniak eine vielversprechende Alternative zu fossilen Reduktionsmitteln. Wenn Unternehmen eine grünere Stahlproduktion anstreben, stützen sie sich zumeist auf Wasserstoff statt Kohle. Grüner Wasserstoff ist knapp, sein Transport zudem aufwendig und energieintensiv. Ammoniak hingegen ist günstiger und energiesparender zu trans-



portieren, lässt sich zudem auch grün herstellen. Bisher dachte man, dass es vor dem Einsatz im Hochofen in Wasserstoff und Stickstoff zerlegt werden müsse. Nun zeigen Tests, dass bei seiner direkten Einleitung in den Hochofen rund 98 Prozent des Eisenerzes in metallisches Eisen umgewandelt werden. Möglich wird dies, weil sich der im Molekül enthaltene Wasserstoff bei Stahlkochtemperaturen von selbst abspaltet. Somit liegt er frei vor und kann das erhitzte Eisenerz reduzieren. Das bringt eine Kostenersparnis von 18 Prozent. Mit Ammoniak als Wasserstoffträger könnte ein leichter Einstieg in eine klimafreundlichere Stahlproduktion gelingen.

## BESSER IST DAS Schöner Zuwachs

Umsatz des Naturkosmetikmarkts weltweit, in Mrd. US-\$



Zertifizierte Naturkosmetikprodukte verzichten auf Inhaltsstoffe auf Erdölbasis, synthetische Duftstoffe oder Mikroplastik. Sie sind daher in der Regel besser abbaubar und somit schonender für die Umwelt. Seit 2014 hat sich der Absatz solcher Produkte beinahe verdoppelt. Auch Evonik ist in diesem Markt aktiv und produziert ressourcenschonend pflanzliche Hochleistungswirkstoffe für Kosmetik.

Quelle: Statista Consumer Market Insights \* Prognose

# 200

## GIGABIT PRO SEKUNDE

ist der neue Geschwindigkeitsrekord für die drahtlose Übertragung von Daten. Er gelang mithilfe eines neuartigen Mikrochips auf Basis sogenannter bipolarer Silizium-Germanium-Metalloxid-Transistoren, in denen Sender, Empfänger und On-Chip-Antennen vereint sind.

Ein deutsches Forscherteam entwickelte den Chip speziell für die drahtlose Kommunikation und möchte ihn für die Übertragung hochfrequenter Daten, etwa für künftige 6G-Anwendungen, einsetzen.

## LANMODULIN ...

... ist ein kleines, unstrukturiertes Protein, das Seltenerdmetalle binden kann. Diese Eigenschaft machen sich US-Forscher zunutze. Die Metalle sind essenziell für die Energiewende, insbesondere für Hightech-Anwendungen wie Generatoren von Windturbinen oder Batterien. Doch Lanthan oder Neodym liegen üblicherweise in gemischter Form in Erzlagerstätten vor und sind sich chemisch so ähnlich, dass sie sich nur mit viel Aufwand und unter hohen Kosten isolieren lassen. Ein neues, künstlich verändertes Protein, das auf Lanmodulin basiert, soll Seltenerdmetalle effizient voneinander trennen können. Es reagiert dank der Modifizierung so empfindlich auf Unterschiede im Atomdurchmesser, dass es auch chemisch ähnliche Elemente sicher auseinanderhält.

# Der Kern der Sache

Molekulare Chirurgie beschleunigt die Entwicklung neuer Arzneimittel.

Die Entwicklung neuer Medikamente ist aufwendig. Nachdem das Grundgerüst eines Moleküls steht, generieren Chemiker Hunderte Varianten mit unterschiedlichen Seitenketten, um sie auf bestimmte Eigenschaften zu testen. Das Problem: Bis auf wenige Ausnahmen ist es nur schwer möglich, nachträglich Atome aus dem Grundgerüst zu verschieben, zu entfernen, auszutauschen oder neu hinzuzufügen. Oft muss die Synthese von vorn beginnen. Genau das sollen molekular-

chirurgische Verfahren ändern, die unter anderem der Chemiker Mark Levin von der University of Chicago (Illinois, USA) entwickelt. Mit der sogenannten Gerüsteditierung, dem Skeletal Editing, soll das „Skelett“ eines Moleküls künftig gezielt optimiert werden. Das spart Reaktionsstufen, Reagenzien und Aufarbeitungen in der Arzneimittelentwicklung – und revolutioniert die Art und Weise, wie organische Chemiker Moleküle entwerfen.

## MENSCH & VISION

»Das Produkt enthält Pflanzenextrakte, die sich bei Kontakt mit Luft in flüchtige organische Stoffe umwandeln.«



### DER MENSCH

Deepak Rajmohan ist Lebensmittelbiotechnologe, Agrarforscher und Firmengründer. Er machte seinen Bachelor in Agraringenieurwesen in Indien und zog anschließend für sein Masterstudium der Lebensmittelwissenschaften in die USA. Dort arbeitete er unter anderem an Projekten zum Thema Lebensmittelverschwendung und -verlust. Zudem beschäftigte er sich mit „aktiven“ Verpackungen. Diese enthalten Bestandteile, die Lebensmitteln bestimmte Stoffe entziehen oder selbst Stoffe freisetzen – die Grundlage für die Arbeit seines Start-ups GreenPod Labs. „Wissenschaft und Technologie für die Lösung drängender Probleme zu nutzen begeistert mich jeden Tag“, sagt Rajmohan.

### DIE VISION

Gerade in warmen Ländern wie Indien verderben Lebensmittel häufig während der Lagerung oder des Transports. Eine Lösung dafür fand Deepak Rajmohan in den natürlichen Abwehrmechanismen von Obst und Gemüse. Gemeinsam mit seinem Team hat er kleine Päckchen entwickelt, die dem Obst oder Gemüse beigelegt werden, damit es lange Transportwege besser übersteht. „Das Produkt enthält Pflanzenextrakte, die sich bei Kontakt mit Luft in flüchtige organische Verbindungen umwandeln. In Obst und Gemüse löst der individuelle Stoffmix eine Immunreaktion aus.“ Derart gegen Hitze, hohe Luftfeuchtigkeit oder Mikroben gewappnet, verlängert sich ihre Haltbarkeit um 40 bis 60 Prozent.

## GUTE FRAGE



**Frau Uva, werden wir in Zukunft Elektronik aus Karotten herstellen?**

Ja, unsere ersten Forschungsergebnisse zeigen, dass wir Karotinoide, also Pigmentmoleküle, aus Karotten nutzen könnten, um daraus halbleitende Materialien für die Herstellung von Elektronik zu produzieren. Sie könnten eine dringend benötigte Lösung für das wachsende Problem des Elektroschrotts bieten. Karotinoide sorgen für die orange Färbung von Karotten, Kürbissen oder Herbstlaub – und enthalten abwechselnd doppelte und einfache Kohlenstoffbindungen (Konjugation), was für elektronische Leitfähigkeit nützlich ist. Wir bauen die Karotinoide in Polymere ein, indem wir mehrere einzelne Karotinoid-Einheiten zu einer längeren Kette verknüpfen. So schaffen wir ein Polymer, das sich in Stoffe abbaut, die von der Umwelt wieder aufgenommen werden können. Vereinfacht gesagt: Wir verwenden Karotinoide, um Materialien für kompostierbare elektronische Geräte zu entwickeln.

*Azalea Uva ist Chemiedoktorandin an der University of Toronto.*

An aerial photograph of a vast, arid landscape. The ground is dark brown and covered in a dense network of fine, light-colored cracks, indicating extreme dryness. In the distance, a range of dark, forested mountains stretches across the horizon under a clear blue sky. The overall scene conveys a sense of environmental hardship and water scarcity.

# WASSER AUS DER WAAGE

Immer häufiger trocknen ganze Landstriche aus – während anderswo Sintfluten niedergehen. Die ungleiche Verteilung von Wasser stellt die Menschheit vor ungeahnte Probleme. Gutes Management und an die Bedürfnisse angepasste Technik können zur Lösung beitragen.

TEXT **TIM SCHRÖDER**



**Seestörung:** Die Laguna de Aculeo in Chile war ein beliebtes Ausflugsziel für Wassersportler aus der rund zwei Fahrstunden entfernten Hauptstadt Santiago. Seit 2018 ist der See jedoch ausgetrocknet. Ursache hierfür sind eine außergewöhnlich lange Dürreperiode und der übermäßige Wasserverbrauch in der Region.

**D**as Gras ist verdorrt. Einige wenige struppige Halme wiegen sich im Wind. Die Viehzüchter in der Region Magellan im Süden Chiles sind verzweifelt. „Der Wind nimmt zu und trocknet alles aus, und das Gras wächst nicht, das ist das Drama, das wir erleben“, sagen sie. Fjorde ziehen sich hier weit ins Land hinein. Manche sind von Eis bedeckt. Die starken Winde, die für die Gegend typisch sind, verschärfen das Problem des Regenmangels. 2022 war in dieser Region das trockenste Jahr seit mehr als einem halben Jahrhundert. Und auch in diesem Jahr hat es bisher kaum geregnet. Nun wissen die Bauern nicht, wie sie ohne Wasser ihre Tiere über den Winter bringen sollen.

Nicht nur an der Südspitze Südamerikas häufen sich Wetteranomalien. Der Ausnahmefall wird zur Regel. Beispiel Italien: Normalerweise ist die Insel San Biagio im Gardasee ganz von Wasser umgeben. In diesem Frühjahr aber konnten Einheimische und Urlauber zum ersten Mal seit Jahrzehnten trockenen Fußes hinüberlaufen. So stark war der Wasserstand in dem bei Touristen beliebten See nach Monaten extremer Dürre gesunken. Auch in Frankreich und Spanien trockneten Gewässer aus. Im Mai gingen dann in der norditalienischen Region Emilia Romagna plötzlich sintflutartige Regenfälle nieder. Mehr als 20 Flüsse traten über die Ufer und strömten als Schlammlawinen durch Dörfer und Städte.

In Asien und Nordamerika geschieht Ähnliches. Im vergangenen Jahr standen große Regionen in Pakistan nach einem außergewöhnlich schweren Monsunregen mehrere Wochen lang unter Wasser. Über Kalifornien ging nach drei Jahren der Dürre in diesem Winter so viel Regen nieder, dass es vielerorts zu Überflutungen kam. Anderswo war es wiederum ungewöhnlich trocken. Zuletzt flammten mächtige Waldbrände in Kanada auf. Deren Rauchfahnen waren selbst in Westeuropa noch messbar. Manche Wissenschaftler sprechen inzwischen davon, dass wir in das Pyrozän, das Zeitalter des Feuers, einträten. Doch im Grunde entfalten die Dürren und Brände nur deshalb verheerende Kraft, weil das Wasser knapp wird.

Die Situation ist vertrackt. Mancherorts gibt es viel zu viel Wasser, andernorts zu wenig – der Klimawandel verschärft diese Verteilungsproblematik ins Extreme. Für den Generalsekretär der Vereinten Nationen, António Guterres, wird die verlässliche und gerechte Versorgung mit Wasser daher eine immer wichtigere Menschheitsaufgabe: „Wasser verbindet uns alle, weil es das kostbarste globale Gemeinschaftsgut ist“, sagte er anlässlich der Weltwasserkonferenz der Organisation im März dieses Jahres. „Deshalb muss es im Mittelpunkt der weltweiten politischen Agenda stehen.“



**Stromstreit:** Die Große Talsperre der Äthiopischen Wiedergeburt staut den Blauen Nil, was für Konflikte mit dem Sudan und Ägypten stromabwärts sorgt. Die ersten Turbinen des angeschlossenen Kraftwerks gingen Anfang 2022 in Betrieb.

## ANOMALIE DES WASSERS

Süßwasser verringert sein Volumen bis zu einer Temperatur von vier Grad Celsius. Dann hat es seine größte Dichte. Wird es erhitzt oder abgekühlt, verringert sie sich. Am Grund von Seen herrschen daher in der Regel das ganze Jahr über vier Grad. Normalerweise erreichen Stoffe ihre höchste Dichte im festen Aggregatzustand.

Der Blick allein auf das Wasser reicht jedoch nicht, betont der Hydrologe und UN-Berater Johannes Cullmann: „Klimawandel ist immer auch Wasserwandel.“ Der Experte verweist auf die unauflösliche Verbindung mit dem Thema, das bisher stärker im öffentlichen Blickpunkt steht. Und er schlägt Alarm: So lange Zeit lassen wie mit den Maßnahmen gegen die Klimagase dürften sich die Entscheidungsträger im Einsatz gegen die Wasserkrise nicht, wenn man das Problem noch im Griff behalten wolle (siehe Interview Seite 32).

## SÜSSWASSER WIRD KNAPP

Wo aber soll man ansetzen? Auf der Erde gibt es eigentlich Wasser in Hülle und Fülle, Experten schätzen die globale Menge auf rund 1,5 Milliarden Kubikkilometer. Doch nur rund 2,5 Prozent davon sind Süßwasser, und der überwiegende Teil davon ist unerreichbar: Gut zwei Drittel des Süßwassers sind in Gletschern auf Grönland, in der Antarktis und andernorts gespeichert. Der größte Teil des verbleibenden Drittels liegt als Grundwasser so tief unter der Oberfläche, dass es sich kaum nutzen lässt. Letztlich stehen der Menschheit nur etwa 37.000 Kubikkilometer erneuerbares Trinkwasser aus Flüssen, Seen oder natürlichen Grundwasserspeichern nahe der Erdoberfläche zur Verfügung (siehe Grafik Seite 17).

Und diese Menge schrumpft. Denn Jahr für Jahr gehen große Mengen Süßwasser in die Weltmeere verloren, ohne dass sich entsprechende Reserven in Form von Schnee, Eis oder oberflächennahem Grundwasser wieder aufbauten. Zudem ist Süßwasser extrem ungleich verteilt. Bewohner arider Zonen in Afrika und Asien ken-



nen Wassermangel schon lange. Die Bürger der meisten Industriestaaten in gemäßigten Klimazonen mussten sich hingegen bisher in der Regel nicht mit der Frage beschäftigen, woher sie ihr Wasser bekommen. Dort ist man gewohnt, einfach den Hahn aufzudrehen, um zu trinken, zu duschen oder den Garten zu bewässern. Das ändert sich: Eine Studie der Europäischen Umweltagentur kommt zu dem Schluss, dass in einem Durchschnittsjahr bereits 30 Prozent der Europäer direkt von Wasserstress betroffen sind.

Der Zusammenhang mit dem Klimawandel und der Erwärmung der Erdatmosphäre liegt auf der Hand. Zusätzliche, menschengemachte Faktoren verschärfen die Lage: Auf der Weltwasserkonferenz der Vereinten Nationen wiesen viele Experten auf das schlechte Wassermanagement in vielen Regionen der Welt hin. Oft wird zu wenig investiert – oder es werden ausgerechnet →

**Extremwetter:** Weltweit häufen sich Flutereignisse, die Menschen existenziell betreffen – so wie 2019 in Indien, als außergewöhnlich heftige Regenfälle mindestens 200 Tote forderten und etwa eine Million Menschen obdachlos machten.



**Greenfee:** Noch können Golfspieler in Las Vegas ihrem Sport nachgehen. Die Casinometropole in der amerikanischen Mojave-Wüste hat den Wasserverbrauch zuletzt jedoch stark reglementiert. Verschwendung wird mit Bußgeldern belegt.

wurde und den Nil aufstaut. Die Turbinen des dazugehörigen Wasserkraftwerks leisten 1.260 Megawatt und decken mehr als die Hälfte des sudanesischen Stromverbrauchs.

Künftig soll zudem Wasser über ein mehrere Hundert Kilometer langes Kanalsystem in die Umgebung geleitet werden, damit dort Landwirtschaft betrieben werden kann. Das Projekt führte nicht nur dazu, dass mehrere Tausend Menschen ihr Zuhause verloren, ohne dafür entschädigt zu werden. Durch die riesige Oberfläche des Stausees gehen seither gewaltige Wassermengen durch Verdunstung verloren. Zudem sammeln sich im See nährstoffreiche Sedimente, die normalerweise stromabwärts fließen und den Bauern dort als natürlicher Dünger dienen. Bauwerke wie der Merowe-Damm oder die Große Talsperre der Äthiopischen Wiedergeburt, die derzeit in Betrieb geht, führen immer wieder zu Spannungen zwischen den Nil-Anrainern, vor allem in Dürreperioden, wenn das Wasser knapp wird. Ähnlich ist die Situation entlang des Mekongs in Südostasien.

## DER DUFT DES REGENS

Wenn Regen auf trockene Erde fällt, erzeugt das einen typischen Duft. Er wird als Petrichor bezeichnet. Diesen Begriff prägten Forscher in den 1960er-Jahren. Duftträger sind Öle, die von Pflanzen während der Trockenheit freigesetzt werden, und die Substanz Geosmin aus Bodenbakterien.

jene Wassermaßnahmen finanziert, die dem Gesamtsystem am Ende schaden. Für Asit Biswas, Wasserexperte an der Lee Kuan Yew School of Public Policy in Singapur, ist Letzteres weit gravierender als zu geringe finanzielle Mittel: „Geldmangel, Knappheit und so weiter – das sind doch alles Ausreden“, empört er sich. „Das Problem ist überall schlechtes Management.“

Denn viele Länder setzen auch heute noch vor allem auf Großprojekte, auf Stahl und Beton, wenn es darum geht, ihre Bevölkerung mit Trinkwasser und Wasser für die Landwirtschaft zu versorgen – etwa auf Staudämme. Dabei denken die zuständigen Regierungen häufig in sehr nationalen Kategorien. Ein Beispiel hierfür ist der Bau des Merowe-Staudamms im Sudan, der 2009 fertiggestellt

## WENN FLÜSSE TROCKENFALLEN

Allzu oft werde die Wasserversorgung nicht als System begriffen, sagt Lars Ribbe, Professor für Raumentwicklung und Infrastruktursysteme an der Technischen Hochschule Köln. Bis heute werden in trockenen Regionen Brunnen gebohrt, ohne dass bekannt wäre, wie viel Grundwasser sich neu bildet – etwa in Burkina Faso oder in Mali. Oftmals versiegen die Brunnen nach kurzer Zeit, weil sich die natürlichen Grundwasserspeicher geleert haben. In manchen Bergregionen in Südamerika wiederum werden Hochebenen und Wälder durch Viehherden übernutzt und zerstört. Wichtige Quellgebiete für Bäche und Flüsse, von denen die Menschen in den Dörfern und Städten in den Tälern abhängig sind, nehmen Schaden. „Wir brauchen ein integriertes Wassermanagement, das all dies berücksichtigt. Vor allem müssen wir die Wasserbewirtschaftung als Teil des gesamten technischen und natürlichen Wasserkreislaufs verstehen“, fordert Ribbe.

Auch in den Industriestaaten entbrennen Konflikte ums Wasser. In Deutschland tobt im regenarmen Brandenburg ein Streit ums Grundwasser zwischen dem Autobauer Tesla und der Bevölkerung, seitdem das Unternehmen die Pläne für seine „Gigafactory“ vor den Toren Berlins präsentiert hat. Die Fabrik benötigt so viel Wasser, dass es die in der Region erlaubte Fördermenge sprengt. Umweltverbände klagten dagegen, dass das Unternehmen zusätzliche Förderrechte erhält – und bekamen vor Gericht teilweise recht. Auch die geklärten Abwässer der



**Bruchstück:** Das Kalben von Eisbergen ist ein normaler Prozess in den Polarregionen wie hier in Westgrönland. Forscher sind jedoch beunruhigt, weil die Eismasse abnimmt, was sukzessive zu einer Erhöhung der Meeresspiegel führt.

## » Das Problem ist überall schlechtes Management.«



ASIT BISWAS, WASSEREXPERTE  
AN DER LEE KUAN YEW SCHOOL  
OF PUBLIC POLICY, SINGAPUR

Fabrik stehen im Blickpunkt, da sie die Trinkwasserversorgung in der Großregion Berlin beeinträchtigen könnten. Andere Industriekonzerne mit hohem Verbrauch sehen sich in Deutschland ebenso der Kritik ausgesetzt, dem Grundwasser zu schaden.

In Regionen, in denen bislang ausreichend Wasser vorhanden war, führt die Knappheit zu bislang unbekanntem Problemen. Im Sommer 2022 etwa sank der Pegel des Rheins so sehr, dass viele Schiffe die flachste Stelle in der Nähe des berühmten Loreleyfelsens nicht mehr passieren konnten. Der Fluss gehört zu den wichtigsten Handelsrouten in Europa. Derartige Dürren bedeuten für

viele Unternehmen nicht nur, dass sie ihre Waren nicht mehr transportieren können. Industriebetriebe entlang der Ufer müssen bei niedrigen Pegelständen ihre Wasserentnahme etwa zum Kühlen von Produktionsanlagen reduzieren.

Bislang gibt es in Deutschland kein staatliches Reglement dafür, wie in Dürreperioden Wasser verteilt wird – einfach weil es bislang immer genug gab. Die Bundesregierung hat jetzt erstmals einen Entwurf für eine „nationale Wasserstrategie“ vorgelegt, nach der künftig im Krisenfall priorisiert werden soll, wer wie viel Wasser nutzen darf. Das gilt auch für die Landwirtschaft, die aktuell zwar deutlich weniger Wasser benötigt als der Energie- und Industriesektor oder die privaten Haushalte, deren Grundwasserverbrauch jedoch insbesondere in Trockenjahren stark ansteigt. „Sollten Dürren und Wasserknappheit in Deutschland weiter zunehmen, wird man umfassende Wasserbilanzen benötigen, →

nach denen der Trinkwasserverbrauch und der Bedarf der Industrie und der Landwirtschaft zusammen gemanagt werden“, so der Kölner Wasserexperte Ribbe.

#### KAKTEEN STATT ROLLRASEN

Was mit gutem Wassermanagement sogar kurzfristig erreicht werden kann, zeigen Beispiele auf der ganzen Welt. Die Bewohner von Kapstadt in Südafrika standen 2018 nach vier Dürrejahren knapp vor dem „Day Zero“, an dem die Wasservorräte in den großen Talsperren gänzlich

erschöpft gewesen wären. Der Wasserverbrauch wurde zeitweise auf 50 Liter pro Kopf und Tag begrenzt. Zudem wurden die Kapstädter aufgerufen, ihr Trinkwasser nicht der Wasserleitung zu entnehmen, sondern aus Flüssen und Quellen in der Umgebung zu holen. Ferner wurde der Wasserpreis massiv erhöht, um Bevölkerung und Wirtschaft zum Sparen zu veranlassen. Letzten Endes konnte der Day Zero mit all diesen Maßnahmen abgewendet werden.

Der südkalifornischen Stadt San Diego ist es mit einer Mischung aus Prämien und Verboten gelungen, den Wasserverbrauch spürbar zu senken. Die Stadt zahlt Bürgern einen Zuschuss, wenn sie in ihrem Garten auf dürreresistente Pflanzen umsteigen. Gefördert werden auch Wasser sparende Duschköpfe. Den Rasen zu sprengen ist nur noch an zwei Tagen pro Woche erlaubt. Außerdem hat die Stadt eine Beratungsstelle eingerichtet, die über Wassermanagement informiert – etwa wie man Zisternen für Regenwasser installiert und wann es sich lohnt, das Kurzprogramm der Waschmaschine einzuschalten. Insgesamt verbraucht die Stadt jetzt ein Drittel weniger Wasser als zuvor. Eine große Meerwasserentsalzungsanlage sorgt dafür, dass der Bedarf verlässlich gedeckt wird.

#### DICHTEES EIS

Englische Forscher haben bei rund minus 196 Grad Eis hergestellt, das fast genauso dicht wie Wasser ist. Die Wassermoleküle liegen darin nicht geordnet in Kristallen, sondern ungeordnet – amorph – vor. Experten gehen davon aus, dass Wasser im Weltall zumeist in amorpher Form vorkommt.



**Abgedreht:** 2018 drohten in Kapstadt die Talsperren auszutrocknen, die die südafrikanische Metropole mit Wasser versorgen. Die Bewohner wurden aufgefordert, Wasser aus Quellen und Flüssen in der Umgebung zu nutzen.

Solche Anlagen sind für viele Länder und Regionen die wichtigste Technik, um die Bevölkerung mit Süßwasser zu versorgen. Angesichts der gigantischen Salzwasservorräte auf der Erde stellen sie eine naheliegende Lösung dar. Zugleich verschärfen sie vielerorts die Klimakrise. Beispiel Dubai: Dort steht die größte Anlage der Welt. Sie produziert täglich zwei Milliarden Liter Trinkwasser, damit könnte man fünfmal den Bedarf von Berlin decken. Dabei verbraucht sie allerdings Unmengen an Öl und Gas – und trägt somit erheblich zum CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei, der auf Dauer wiederum die Wasserprobleme verschärft. Erst ein kleiner Teil der Anlagen weltweit wird mit Strom aus erneuerbaren Energien betrieben.

„HARTE“ ODER „WEICHE“ MASSNAHMEN?

Hinzu kommt, dass solche Anlagen extrem teuer sind. Das südostasiatische Singapur setzt daher nur zum Teil auf Meerwasserentsalzung. In dem Stadtstaat leben fast fünf Millionen Menschen auf einer Fläche, die kleiner als die Berlins ist. Um sie zu versorgen, hat Singapur einen ungewöhnlichen Weg beschritten: In einem dreistufigen Prozess namens Newater wird Trinkwasser direkt aus Abwasser gewonnen. Durch Ultrafiltration wird das vorgereinigte Wasser zunächst von Bakterien befreit, anschließend werden durch Umkehrosmose winzige Verunreinigungen wie etwa Viren entfernt. In der dritten Stufe wird das Wasser mit UV-Licht desinfiziert.

Für ärmere Staaten bleiben solche Hightech-Lösungen unerschwinglich. Und in Flächenländern, in denen viele Menschen in kleinen Dörfern leben, scheidet eine zentrale Wasseraufbereitung von vornherein aus. Dort braucht es weniger „harte“ Technik als vielmehr „weiche“ Maßnahmen, um die Menschen mit Wasser zu versorgen. In Ecuador zum Beispiel ist es mit Unterstützung der Naturschutzvereinigung The Nature Conservancy gelungen, die Wassereinzugsgebiete in den Hochebenen und Bergwäldern zu schützen, indem man Vieh-



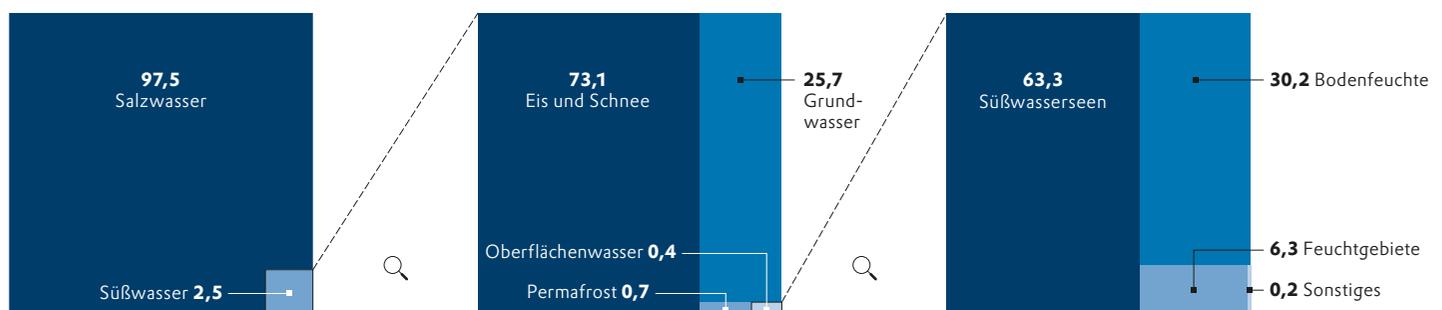
**Wasser-Stoff:** Die Landwirtschaft verbraucht weltweit am meisten Wasser. Um ein Kilo Baumwolle anzubauen, sind bis zu 1.200 Liter nötig.

DER NASSESTE ORT DER WELT

Der weltweit regenreichste Punkt der Erde ist der Mount Wai'ale'ale auf der Insel Kau'i im Archipel von Hawaii. An der Ostflanke des Vulkans regnet es durchschnittlich an 335 Tagen im Jahr. Jährlich fallen hier auf den Quadratmeter rund 12.000 Millimeter Niederschlag – in Hamburg sind es 800.

KNAPPES GUT

Die gesamte Wassermenge auf der Erde wird auf gut 1,3 Milliarden Kubikkilometer geschätzt. Für Menschen zugängliches Süßwasser macht davon nur einen winzigen Bruchteil aus. Angaben in Prozent



Quelle: USGS



Feueralarm: In diesem Sommer tobten in British Columbia aufgrund anhaltender Trockenheit außergewöhnlich große Waldbrände. Gleichzeitig traten im Süden der kanadischen Provinz aufgrund einer schnellen Schneeschmelze mehrere Flüsse über die Ufer.

besitzer aus den Bergdörfern und die Menschen in den Städten im Tal an einen Tisch geholt hat. Gemeinsam wurde beschlossen, Bergwälder aufzuforsten, aus denen sich die Quellen der Bäche und Flüsse speisen. Außerdem wurde die Beweidung extensiviert. Dafür erheben die Dörfer und Städte jetzt eine Umlage, aus der die Viehbesitzer in der Bergregion finanziert werden.

#### BETEILIGUNG SCHAFFT VERANTWORTUNG

Von gutem Wassermanagement könnten viele Menschen profitieren, sagt Philipp Günter vom deutschen Hilfswerk Misereor. Er hat schon viele Projekte in Afrika und Lateinamerika begleitet. „Wir haben über die Jahre festgestellt, dass Wasser ein verbindendes Element für die Menschen sein kann.“ Wenn eine Dorfgemeinschaft zusammen Regenauffangbecken für die Trockenzeit, kleine Dämme oder einen Brunnen baue, stärke das den Zusammenhalt. „Die Herausforderung besteht darin, die Infrastruktur über viele Jahre am Laufen zu halten.“ Dazu gehöre auch, dass sich die Einheimischen finanziell und organisatorisch an den Wasserprojekt beteiligen, damit sie sich als Gemeinschaft verantwortlich fühlen.

Umwelt, Technik und Menschen zugleich im Blick zu haben – das bleibt die eigentliche Herausforderung bei

Wasserprojekten. Daran hapere es bislang in vielen Ländern, sagt Lars Ribbe von der Technischen Hochschule Köln. „Es gibt noch viel zu wenige Wasserexperten, die in diesem vernetzten Denken geschult sind.“

Der ganz große Rahmen wurde auf der politischen Ebene zwar schon lange gesteckt. Im Jahr 2010 hat die Generalversammlung der Vereinten Nationen den „Zugang zu sauberem Wasser“ zu einem fundamentalen Menschenrecht erklärt. Doch erst auf der kommenden Weltklimakonferenz Ende dieses Jahres in Dubai soll die Wassersicherheit in den Mittelpunkt der globalen Klimaschutzagenda gerückt werden – mehr als 40 Jahre nachdem die Staaten der Welt zum ersten Mal zu einer Klimakonferenz zusammenkamen. —



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

# KOSTBARES NASS

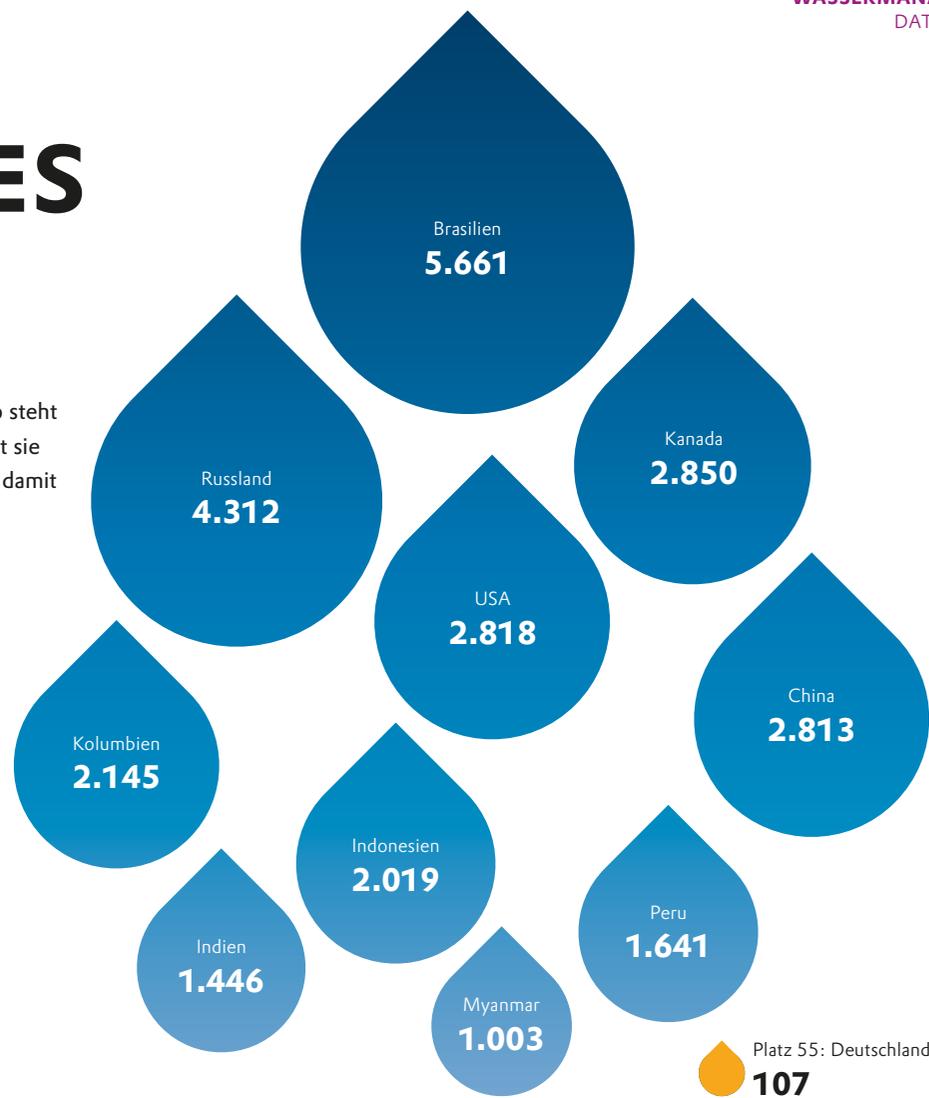
Wasser ist weltweit extrem ungleich verteilt. Wo steht die Ressource im Überfluss zur Verfügung, wo ist sie knapp? Wer verschwendet sie, wer geht sorgsam damit um? Und was kostet der wichtige Rohstoff? Ein Überblick in Zahlen.

INFOGRAFIK **MAXIMILIAN NERTINGER**

## Wasser im Überfluss

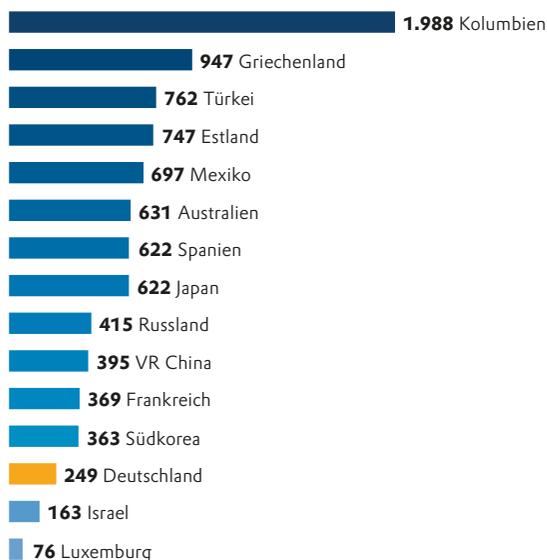
Die zehn Länder mit dem größten erneuerbaren Frischwasserbestand\* 2020, in Milliarden Kubikmetern (zum Vergleich Deutschland)

\* Saldo aus Niederschlag, Verdunstung, Zu- und Abflüssen



## Verschwenden oder sparen

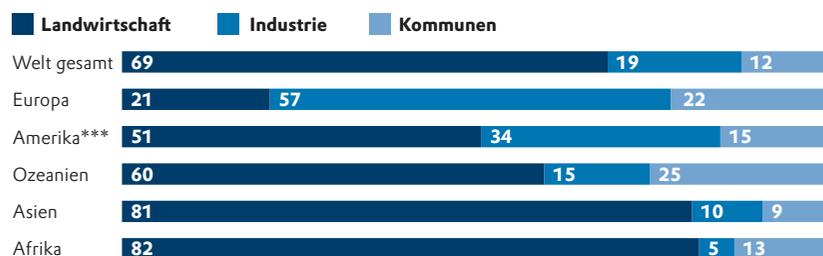
Jährlicher Pro-Kopf-Wasserverbrauch ausgewählter Länder 2021\*\*, in Kubikmetern



\*\* Oder letztes verfügbares Jahr

## Durstige Landwirtschaft

Wasserverbrauch nach Sektoren und Kontinenten 2015, in Prozent



\*\*\* Nord- und Südamerika

## Hier ist der Wasserstress am größten

Anteil des entnommenen Wassers an den erneuerbaren Wasserquellen 2018 in Prozent



## Unterschiedliche Kalkulation

Preis für Leitungswasser in ausgewählten Städten 2020, in € pro Kubikmeter



An aerial photograph of a large industrial facility, likely a chemical plant, situated along a wide river. The plant features numerous buildings, storage tanks, and complex piping. Several large barges are docked at the riverbank, and others are moving through the water. The surrounding area includes green fields and some residential or commercial buildings. The text 'FLÜSSIG-TREIBSTOFF' is overlaid in large, white, bold letters across the center of the image.

# FLÜSSIG- TREIB- STOFF

**Weniger nass:** Das Antwerpener Evonik-Werk ist umgeben von Wasser. Dennoch tüfteln Chemiker und Ingenieure daran, den Bedarf des Standorts – eines der größten im Konzern – zu reduzieren.



Ohne Wasser geht es bei Evonik nicht. Allein zur Kühlung ist es unersetzlich. Damit die Versorgung gesichert ist und die Ressourcen geschont werden, kommen je nach Standort unterschiedliche Strategien zum Einsatz – von Regenrückhaltebecken in Südafrika über Hightech-Filter in Thailand bis zu Rückkühlanlagen in Deutschland. Eine nachhaltige Weltreise

TEXT **TOM RADEMACHER**

MITARBEIT **BERND KALTWASSER**

**H**eiße Sommer bedeuten Stress für Hannah Gerwing. Als Mitarbeiterin der Business Line Logistics in Essen hält sie für Evonik die Wasserstandsprognosen für den Rhein im Auge. Entlang seinen Ufern befinden sich zahlreiche Chemiefabriken. Droht ein kritischer Rückgang, ruft sie die Taskforce Niedrigwasser zusammen. „Im vergangenen Jahr war das von Juni bis September praktisch jede Woche nötig“, erzählt Gerwing. Damals machte der Wassermangel im Rhein europaweit Schlagzeilen. Frachtschiffe verkehrten nur teilbeladen oder fuhren gar nicht. Rohstoffe und Produkte blieben nicht nur bei Evonik liegen oder mussten auf Straße oder Schiene transportiert werden. Es drohten Schwierigkeiten bei der Versorgung und beim Kühlen von Produktionsanlagen. „Wenn wir nicht rechtzeitig gegensteuern, muss die Produktion gedrosselt werden“, so Gerwing.

#### ZU WENIG WASSER ODER ZU VIEL?

Niedrige Flusspegel betreffen Produktionsanlagen in vielerlei Hinsicht: „Ohne Wasser geht gar nichts“, sagt Ulf Auerbach, der sich bei Evonik konzernweit ums Thema Wasser kümmert. „Wir müssen das sehr ernst nehmen.“ Das Unternehmen analysiert die Wassersituation an seinen Standorten weltweit genau und hat anhand der Befunde prognostiziert, wie sie sich bis 2030 beziehungsweise 2040 verändern wird. Das Ergebnis: Immerhin einem Viertel aller Standorte droht Wassermangel. →



# »Energie- und Wasser- verbrauch hängen besonders eng zusammen.«

ULF AUERBACH, SENIOR EXPERT ENERGY & CLIMATE BEI EVONIK



„Mangel ist nur ein Problem. Andernorts sind Überschwemmungen das größere Risiko – oder die politischen und sozialen Rahmenbedingungen“, sagt Aurelie Wojciechowski, die bei Evonik im Bereich Sustainability Strategy arbeitet. Um all das zu bewerten, will Evonik künftig den „Water Risk Filter“ der Naturschutzorganisation WWF nutzen, eine Methodik, die neben drohender Knappheit viele weitere lokale Faktoren berücksichtigt. „Wasser ist – anders als CO<sub>2</sub> – eine lokal wirkende und von Ort zu Ort sehr differenziert zu bewertende Größe“, sagt Wojciechowski.

## JEDER LITER WIRD SECHSMAL GENUTZT

Chemie braucht Wasser – viel Wasser. Für chemische Reaktionen, als Verdünnungs- und Lösemittel, fürs Waschen und Reinigen und vor allem zum Kühlen. 3,9 Billionen Kubikmeter Süßwasser entnehmen die Menschen jährlich der Natur. Davon werden laut Weltbank im Schnitt 15 Prozent industriell genutzt. Und die Chemiebranche ist nach der Energieversorgung der durstigste Industriezweig. In Deutschland ist sie der größte Wasserverbraucher im verarbeitenden Gewerbe. Dem Statistischen Bundesamt zufolge nutzt die Branche pro Jahr rund 2,6 Milliarden Kubikmeter Wasser.

Die gute Nachricht: Chemieunternehmen konnten ihren Wasserbedarf hierzulande in den vergangenen drei Jahrzehnten weitgehend vom Wachstum entkoppeln. So sank die Wasserentnahme der Branche zwischen 1991 und 2016 um knapp 40 Prozent, während die Produktion zeitgleich kräftig anwuchs. Dahinter steckt ein grundsätzliches Umdenken. Laut dem Verband der Chemischen Industrie (VCI) nutzt die Branche heute jeden Liter Wasser fast sechsmal, bevor er gereinigt an die Umwelt abgegeben wird.

Auch Evonik setzt beim Wasser auf Kreislaufwirtschaft. Weltweit hat das Unternehmen 2022 rund 446 Millionen Kubikmeter Wasser entnommen, etwas mehr als die Hälfte davon Süßwasser (siehe Schaubild Seite 30). Die konzernweit eingesetzten Wassermengen sind zwar weit aus größer, doch das meiste davon zirkuliert in geschlossenen Systemen und muss nicht andauernd erneuert werden.

Zugleich arbeitet das Unternehmen stetig daran, die spezifische Wasserentnahme – also die Menge an Wasser pro produzierter Tonne Produkt – zu verringern. Im Rahmen der neuen Wassermanagementstrategie sollen bis 2030 noch einmal drei Prozent weniger Süßwasser eingesetzt werden. Wo es sich anbietet, wird stattdessen Salzwasser genutzt. So kühlt Evonik seine Methioninproduktion in Singapur komplett mit Meerwasser. Das geht, weil die Verwaltung des Stadtstaats die wichtige Ressource aufbereitet und die Anlage von Evonik mit besonders korrosionsbeständigen Materialien gebaut wurde. So müsse jeder Standort die passende Lösung für lokale Gegebenheiten finden, sagt Auerbach.

Eine Regel gilt jedoch weltweit: „Weil rund 90 Prozent unseres Wassereinsatzes der Kühlung dienen, hängen Energie- und Wasserverbrauch besonders eng zusammen“, so Auerbach. Wo Abwärme genutzt wird, um Energie zu sparen, sind an einer Stelle weniger Kühlwasser und an anderer weniger Dampf zum Erhitzen nötig. Im Rahmen eines weltweiten Technologieprogramms trimmt Evonik für bis zu 700 Millionen € derzeit Standorte in aller Welt auf Energieeffizienz, um CO<sub>2</sub>-Emissionen einzusparen. Lässt sich damit auch der Wasserbedarf senken, lohnen sich die Investition umso mehr.

Um das Bewusstsein dafür weiter zu schärfen, entwickelt Evonik eine eigene Wasserpolitik mit konzernweiten Handlungsanweisungen und bezieht dabei auch Kunden und Lieferanten ein. „Wasser ist eigentlich zu billig, aber die Risiken sind es eben nicht“, sagt Nachhaltigkeitsexpertin Wojciechowski. „Wir müssen überall in der Welt die jeweils lokal drohenden Szenarien einkalkulieren – um dann nötigenfalls richtig und rechtzeitig gegenzusteuern.“ —



## ANTWERPEN KÜHLEN MIT ABWASSER

LAND	Belgien
LAGE	51° 18' N, 4° 18' O
KLIMA	warm/gemäßigt
DURCHSCHNITTSTEMPERATUR	11 °C
JÄHRLICHE NIEDERSCHLAGSMENGE	816 mm
REGENTAGE	120



Das Wasser ist nie weit: Auf einem schmalen Landstreifen zwängt sich der große Produktionsstandort von Evonik im belgischen Antwerpen zwischen einen Kanal und die Schelde, die hinter Europas zweitgrößtem Seehafen auf einen Kilometer Breite und mehr anwächst, ehe sie in die Nordsee mündet. Trotzdem zerbrechen sich die Standortverantwortlichen schon länger den Kopf, wie es langfristig weitergeht mit der Wasserversorgung. Denn die Anlagen von Evonik brauchen viel Flüssigkeit für Kühlung, Dampf und Prozesse.

Weil die Gezeiten Salz- und Süßwasser in der Schelde zu Brackwasser vermischen, ist es nicht für alle Zwecke zu gebrauchen. Auch der etwas weniger salzige Kanal ist nicht endlos nutzbar: „Lange konnten wir unseren Kühlbedarf mit Kanalwasser zur Durchlaufkühlung decken“, erklärt Dirk Goossens, Sustainability Coordinator am Standort. Mit dem Bau zweier großer Anlagen stieß man

### Wasser-Recycling:

In Antwerpen betreibt Evonik elf Anlagen, darunter eine der weltweit größten Produktionen der essenziellen Aminosäure Methionin. Die Nutzung von Abwässern soll den Jahresbedarf an Frischwasser um 2,5 Millionen Kubikmeter senken.

aber vor Jahren an Grenzen: „Vor allem im Sommer können und dürfen wir nicht beliebig viel Wärme an den Kanal abgeben“, so Goossens. Zu warmes Wasser würde das biologische Gleichgewicht stören. Alle neuen Anlagen kühlt Evonik deshalb mithilfe von Kühltürmen, die Wasser im Kreis führen und Wärme an die Luft abgeben. „Dazu brauchen wir aber sehr sauberes Süßwasser“, sagt Jorn Walscharts, Betriebsleiter Energie und Abwasser am Standort. Rund 1,4 Millionen Kubikmeter müssen pro Jahr eingespeist werden, um verdunstete Mengen auszugleichen und das System nicht auf Dauer „verkalken“ zu lassen. Sie kommen heute noch aus dem öffentlichen Trinkwassernetz. Das soll sich bald ändern: „Wir wollen kommunales Abwasser der Stadt Antwerpen so aufbereiten, dass wir es direkt für die Kühlung einsetzen können“, so Walscharts.

Auf dem Gelände eines ehemaligen Opel-Werks plant Antwerpens kommunaler Wasserversorger zusammen mit mehreren Technologieunternehmen eine Art Kühlwasserfabrik. Dort soll künftig das Abwasser von 600.000 Haushalten aufbereitet werden – rund 20 Millionen Kubikmeter pro Jahr. „Das Wasser hat die normale Kläranlage schon durchlaufen und würde eigentlich in den Fluss eingeleitet werden“, erklärt Walscharts. Stattdessen wird es künftig in einer sogenannten Umkehrosmose noch einmal durch eine spezielle Membran gedrückt, die letzte Verunreinigungen und Salze entfernt. „Das Ergebnis ist recyceltes Wasser, das salzärmer ist als Trinkwasser“, sagt Walscharts. „Das ist für uns von großem Vorteil.“

Denn Evonik kann so in Antwerpen nicht nur auf wertvolles Trinkwasser für die Kühlung, sondern auch in der Dampferzeugung und für chemische Prozesse verzichten – in Summe rund 2,5 Millionen Kubikmeter pro Jahr. Auch die standorteigenen Entsalzungsanlagen werden entlastet. „Dadurch sparen wir noch einmal gut zehn Prozent Wasser und zusätzliche Chemikalien“, sagt Goossens. In drei Jahren soll die Anlage laufen. —



## MAP TA PHUT SPAREN MIT FILTERTECHNIK

LAND	_____	Thailand
LAGE	_____	12° 42' N, 101° 6' O
KLIMA	_____	tropisch
DURCHSCHNITTSTEMPERATUR	_____	27,2 °C
JÄHRLICHE NIEDERSCHLAGSMENGE	_____	1.807 mm
REGENTAGE	_____	155



An Wetterextreme ist Thailand gewöhnt. Das ganze Land ist davon abhängig, dass in der Regenzeit Wasser in Reservoirs zurückgehalten wird, um Überschwemmungen zu verhindern. In der Trockenzeit ermöglichen diese Speicher dann eine sichere Versorgung mit Wasser und Strom, der mittels Wasserkraft gewonnen wird. „Das richtige Management dieser Reservoirs ist extrem wichtig, wird aber durch den Klimawandel erschwert“, sagt Surasak Photia, der den Evonik-Standort Map Ta Phut leitet. Dort stellt die Business Line Silica gefällte Kieselsäure her, die in Produkten vom Autoreifen bis zur Zahnpasta zum Einsatz kommt. Der Produktionsprozess benötigt viel Wasser. Das Produkt wird als weißes Pulver aus der Flüssigkeit gefällt und dann in Filterpressen abgetrennt und getrocknet. „Je nachdem, wie man diesen Prozess fährt, lässt sich viel Wasser sparen“, erklärt Photia. Das haben seine Techniker 2020 unter Beweis gestellt, als in Thailand nach einigen extremen Wetterereignissen das Thema Wasser einmal mehr politisch hochkochte. Ohne Investitionen konnte der Standort durch veränderte Filtereinstellungen den Wasserbedarf um zehn Prozent reduzieren. —

**Gewusst, wie:** Ein ausgeklügelter Filter- und Trocknungsprozess hilft, den Wasserbedarf bei der Produktion gefällter Kieselsäure zu verringern.



**Vorgesorgt:** In der südafrikanischen Provinz KwaZulu-Natal, wo Evonik Wasserstoffperoxid produziert, wird bereits aufgefangenes Regenwasser genutzt.

## UMBOGINTWINI OSMOSE STATT DESTILLATION

LAND	Südafrika
LAGE	30° 0' S, 30° 54' O
KLIMA	warm/gemäßigt
DURCHSCHNITTSTEMPERATUR	20,5 °C
JÄHRLICHE NIEDERSCHLAGSMENGE	887 mm
REGENTAGE	89



Seinen Namen verdankt der Umbogintwini Industrial Complex dem nahe gelegenen Fluss, der Indische Ozean ist auch nur einen guten Kilometer entfernt. Wasser müsste es demnach in Hülle und Fülle geben. Dennoch ist man im Chemiapark südlich der südafrikanischen Millionenstadt Durban, wo Evonik Wasserstoffperoxid produziert, besorgt. Die unternehmenseigene Wasserstressanalyse attestiert dem Standort nur ein moderates Risiko, doch Extremwetterlagen nehmen zu. „Wir sparen Wasser im Rahmen unserer Nachhaltigkeitsverpflichtungen und um Auswirkungen auf unser Umfeld zu reduzieren“, sagt Surie Govender, die Nachhaltigkeitsbotschafterin für den Standort. „Jeder Tropfen hilft.“ Die Maßnahmen sind vielfältig. Gesammeltes Regenwasser versorgt bereits Sanitäranlagen – künftig soll es im Lager auch zum Reinigen von Transportfässern genutzt werden. Die Pläne in Umbogintwini reichen noch weiter: Kühlwasser ließe sich aufbereiten und in der Produktion verwenden. Ein Projektteam arbeitet daran, Wasserstoffperoxid per Umkehrosmose mittels Membranen aufzukonzentrieren, statt es zu destillieren. Dies würde Dampfenergie, Kühlbedarf und damit auch Wasser sparen. —

## WESSELING ENTLASTUNG FÜR DEN FLUSS

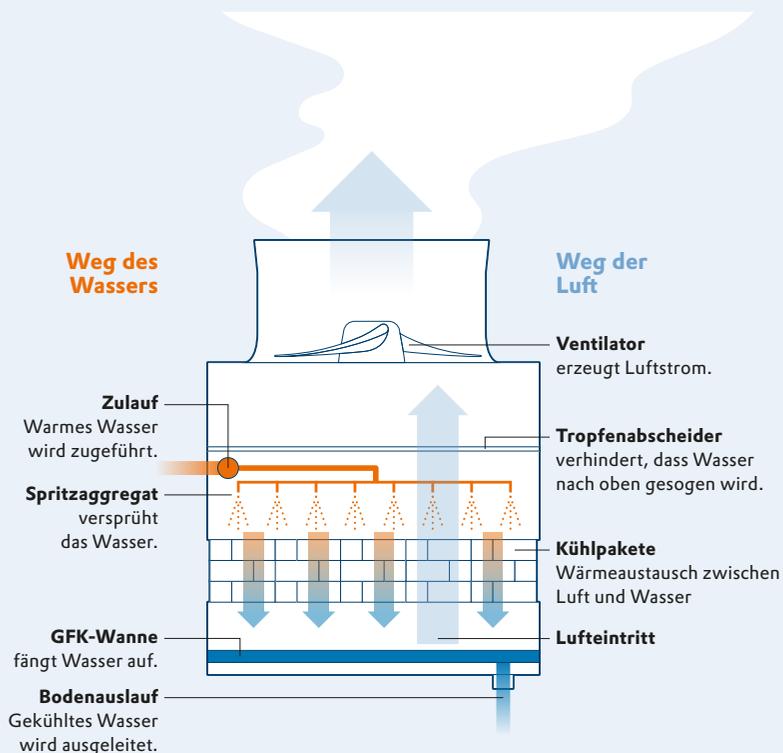
LAND	Deutschland
LAGE	52° 48' N, 7° 18' O
KLIMA	warm/gemäßigt
DURCHSCHNITTSTEMPERATUR	10,7 °C
JÄHRLICHE NIEDERSCHLAGSMENGE	847 mm
REGENTAGE	115



Zwei moderne Kühltürme sorgen in Wesseling dafür, dass die Silicaproduktion ohne saisonale Unterbrechung laufen kann. Sie kühlen die gereinigten Abwässer nach dem Auswaschen von Filterpressen besonders energieeffizient. Der Rhein profitiert von der niedrigeren Einleittemperatur. —

### Warm rein, kühl raus

Schematische Darstellung eines Kühlturms



# MARL KREISLAUF FÜRS KÜHLWASSER

LAND	Deutschland
LAGE	51° 42' N, 7° 6' O
KLIMA	warm/gemäßigt
DURCHSCHNITTSTEMPERATUR	10,6 °C
JÄHRLICHE NIEDERSCHLAGSMENGE	884 mm
REGENTAGE	197



Rund 600 Millionen Kubikmeter Wasser nutzt der Chemiepark Marl pro Jahr. Trotzdem sprechen sie hier am Nordrand des Ruhrgebiets von einem „trockenen Standort“. Denn der Chemiepark liegt an keinem großen Fluss, der Rhein ist Luftlinie gut 20 Kilometer entfernt. Die beschauliche Lippe, die sich im Norden des Geländes vorbeischlängelt, und der Wesel-Datteln-Kanal direkt neben dem Industriereal können den Durst des Standorts nicht stillen.

Auf sechs Quadratkilometern (der dreifachen Fläche Monacos) sind im Chemiepark Marl drei Kraftwerke und rund 100 Produktionsanlagen von mehr als 20 Unternehmen im Einsatz. Praktisch überall ist Wasser gefragt – als Prozess-, Lös-, Wasch- oder Trinkwasser, vor allem jedoch als Mittel zur Kühlung und zur Dampferzeugung. Über die Jahrzehnte ist es gelungen, den Bedarf weitgehend von den umliegenden Gewässern abzukoppeln. Statt wie früher Flusswasser zur Durchlaufkühlung zu

verwenden, wird das Wasser dazu heute in sogenannten Rückkühlanlagen im Kreis geführt.

Insgesamt rund 80 solcher Kühlzellen verteilen sich auf 18 Rückkühlwerke im Chemiepark. Darin wird Wasser auf Verdunstungskörper gerieselert, während von oben ein großer Ventilator Luft durch das System zieht. Auf diese Weise gibt das warme Wasser Verdunstungsenergie an die Luft ab. Über Rohrsysteme wird das auf eine Zieltemperatur von 20 Grad abgekühlte Wasser zu den Kunden im Park geleitet, die damit ihre Prozesse kühlen und es anschließend um maximal zehn Grad erwärmt zurückführen. Lediglich ein bis anderthalb Prozent des Kühlwassers verdunsten in der Rückkühlanlage und müssen mit aufbereitetem Wasser aus dem Wesel-Datteln-Kanal ersetzt werden.

In Zukunft soll dieser Bedarf weiter sinken. Dazu werden die Betriebe mehr von ihrer Abwärme selbst nutzen oder dorthin abgeben, wo Prozesswärme gebraucht wird. In einem eigenen Abwärmenetzwerk fließt bis zu 80 Grad heißes Wasser von Anlage zu Anlage. „Das ist komplexer als der Kühlkreislauf. Wir müssen die Einspeiser und Abnehmer genau austarieren, damit das System stabil funktioniert“, erklärt Johannes Offer, verantwortlich für Projekte im Bereich Utilities bei Evonik. Der Aufwand lohnt sich: Schon heute können bis 60 Megawattstunden getauscht werden, was dem Wärmebedarf von etwa 6.000 Einfamilienhäusern entspricht. Weitere 50 Megawattstunden wären möglich, meint Offer. „Entsprechend viel könnten wir sparen – nicht nur an



Energie, sondern auch an Wasser zur Kühlung und für die Dampferzeugung.“

Für die renaturierte Lippe, ein beliebtes Naherholungsgebiet der Region, ist neben der Entnahme von Wasser vor allem der Zufluss wichtig. Der Chemiapark Marl leitet jährlich rund 15 Millionen Kubikmeter Wasser ein – gut dreimal so viel, wie er ihr entnimmt. Ein Großteil stammt aus eigenen Brunnen sowie aus Regenwasser und Grundwasser. „Alles, was auf unsere Anlagen und unsere Flächen regnet oder durch unseren Boden geht, müssen wir auffangen und aufbereiten für den Fall, dass es verunreinigt wurde“, erklärt Jörg Gisselmann, der bei Evonik die Umweltbetriebe Marl leitet. Die Aufbereitung der Abwässer übernehmen Bakterien in einer biologischen Kläranlage. In großen Becken eliminieren sie chemische Verbindungen von Kohlenstoff, Stickstoff oder Phosphor.

Um der wachsenden Abwasserlast durch Kapazitätserweiterungen Herr zu werden, hat Evonik zuletzt eine sogenannte Fenton-Anlage installiert. Damit werden stärker verschmutzte Abwässer vorbehandelt, um sie für die Bakterien „verdaulich“ zu machen. Das Besondere: Mittels Wasserstoffperoxid, das Evonik selbst herstellt, können auch komplexe Kohlenstoffverbindungen umweltschonend zerlegt werden. Das Wasserstoffperoxid selbst wird durch Eisensalze zusätzlich aktiviert. Es entstehen sogenannte Hydroxylradikale, die organische Abwasserinhaltsstoffe aufspalten. So lassen sich auch schwer abbaubare Abwässer biologisch reinigen, und die Lippe bleibt sauber. —





»Mithilfe der ZLD-Anlage können wir unseren Frischwasserverbrauch um rund zwei Drittel reduzieren.«

SURESH PILLAI, GESCHÄFTSFÜHRER  
EVONIK CATALYSTS INDIA

## DOMBIVLI PRODUKTE AUS PROZESSWASSER

LAND	Indien
LAGE	19° 12' N, 73° 6' O
KLIMA	tropisch
DURCHSCHNITTSTEMPERATUR	26,7 °C
JÄHRLICHE NIEDERSCHLAGSMENGE	1.439 mm
REGENTAGE	91



**Suresh Pillai ist Geschäftsführer von Evonik Catalysts India. 2022 hat das Unternehmen an seinem Standort Dombivli eine Zero-Liquid-Discharge-Anlage (ZLD) in Betrieb genommen. Sie reinigt das Abwasser und verwandelt Material, das zuvor als Abfall eingestuft wurde, in ein verkaufsfähiges Produkt.**

### Was leistet die Zero-Liquid-Discharge-Anlage?

Wir nutzen unsere ZLD-Anlage, um unser Prozesswasser zu reinigen. Dabei handelt es sich um Wasser, das wir zum Beispiel zur Herstellung von Metallkatalysatoren verwendet haben. Wir reinigen mit unserer Anlage etwa 550 bis 600 Kubikmeter Abwasser pro Tag. Das entspricht 25 bis 30 Tankwagenladungen. Mehr als die Hälfte davon können wir in unserem Produktionsprozess direkt wiederverwenden. Den Rest verwenden wir als Kühlwasser.

### Warum ist das wichtig?

Für uns und unsere Kunden geht es längst nicht nur um Ökologie – das Thema ist ein wichtiger Wachstumstreiber für unser Geschäft. Hier kommt die ZLD-Anlage ins Spiel. Sie zeigt, dass wir es ernst meinen. Konkret können wir unseren Frischwasserverbrauch um rund zwei Drittel reduzieren. Darüber hinaus fallen bei dem Verfahren etwa zehn bis 15 Tonnen Natriumsulfat und bestimmte Mischsalze an, die als Handelsprodukte verkauft werden können.

### Wie weit ist das ZLD-Konzept in Indien verbreitet?

Die Idee, flüssige Abfälle zu vermeiden, ist nicht ganz neu. Sie ist wichtig, vor allem hier in der Region Maharashtra, wo die Sommer heiß und trocken sind und Wasser kostbar ist. Dennoch ist unser Projekt vorbildlich. Soweit ich weiß, sind wir eines der ersten Unternehmen in der Region, die ZLD nicht nur für einen ausgewählten Prozessablauf oder Anlagenabschnitt einsetzen, sondern für das gesamte Prozesswasser. So zeigen wir, wie eine konsequente Ressourcenschonung umgesetzt werden kann. —

## MOBILE SAUBER DANK SUMPFPFLANZEN

LAND	_____	USA
LAGE	_____	20° 30' N, 88° 6' W
KLIMA	_____	warm/gemäßigt
DURCHSCHNITTSTEMPERATUR	_____	19,9 °C
JÄHRLICHE NIEDERSCHLAGSMENGE	_____	1.396 mm
REGENTAGE	_____	96



Kugelbinse und Südlicher Rohrkolben müssen es richten. Die beiden Sumpfpflanzen wachsen auf einem Schotterbett aus gebrochenem Kalkstein am Rand des Evonik-Standorts Mobile. „Anfang der 2000er-Jahre, als das Becken zusätzlich installiert wurde, um mit der wachsenden Produktion Schritt zu halten, war das ein echtes Novum. NASA-Wissenschaftler hatten Jahre an der Idee getüftelt“, sagt Trey Laubenthal, der am Standort für die gesamte Abwasserbe-

handlung verantwortlich ist. Hier, im US-Bundesstaat Alabama, setzt das Unternehmen auf eine besonders naturnahe Aufbereitung der Abwässer – immerhin rund 4,5 Millionen Liter am Tag. Ehe die in den nahe gelegenen Theodore Industrial Canal abgeleitet werden, durchlaufen sie mehrere Aufbereitungsstufen. Die letzte ist die sogenannte Sumpfkülaranlage: ein Bassin, etwas größer als ein Fußballfeld.

Die Pflanzen darin bilden im Schotterbett ein dichtes Wurzelnetz, mit dem sie dem Wasser nahezu alle verbliebenen Kohlenstoff-, Stickstoff- und Phosphorverbindungen entziehen. Diese könnten dem natürlichen Lebensraum im Kanal schaden. Im Becken gedeihen die Pflanzen derweil so gut, dass sich dazwischen Insekten, Kleintiere und Schlangen tummeln. „Was wir dann in den Kanal einleiten, ist sauberer als das Kanalwasser selbst“, so Laubenthal, der Theodore Industrial Canal – eine Art Sackgasse in der Mobile Bay – sei deshalb heute bei Hobbyanglern beliebt. Nur vor den Alligatoren solle man sich in Acht nehmen. —



**Sumpf ist Trumpf:** 4,5 Millionen Liter Abwasser werden am Standort Mobile täglich aufbereitet. Bevor sie in einen Kanal geleitet werden, durchlaufen sie eine Sumpfkülaranlage (Bildmitte).



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

# Alles fließt

Pro Jahr durchläuft eine gewaltige Menge Wasser die Werke von Evonik. Der mit Abstand größte Teil davon wird im Kreislauf geführt, der Rest fast vollständig in die Gewässer zurückgeführt, aus denen es stammt. Verluste? Gibt es kaum.

INFOGRAFIK MAXIMILIAN NERTINGER

## NUTZUNG

Die Menge des genutzten Wassers entspricht ungefähr dem Inhalt des Ammersees in Bayern (1.750 Millionen Kubikmeter).

# 1.810

Millionen Kubikmeter

## ENTNAHME

Etwa ein Viertel des Wasserbedarfs von Evonik wird jährlich neu zugeführt.

# 446

Millionen Kubikmeter

## REGENWASSER

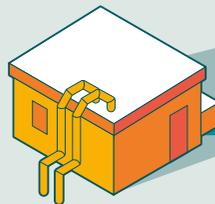
Aufgefangenes Regenwasser und recyceltes Wasser benachbarter Unternehmen



3

## TRINK- UND GRUNDWASSER

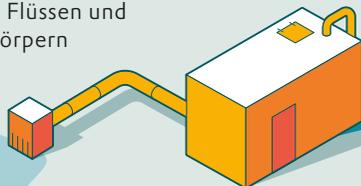
Süßwasser aus der örtlichen Wasserversorgung und aus Brunnen



74

## OBERFLÄCHENWASSER

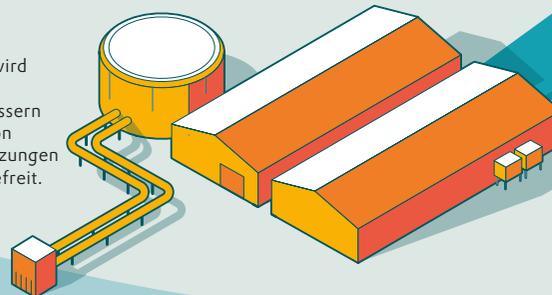
Wasser aus Seen, Flüssen und anderen Wasserkörpern



173

## Vorreinigung

Im ersten Schritt wird das Wasser aus Oberflächengewässern oder dem Meer von groben Verschmutzungen wie etwa Ästen befreit.

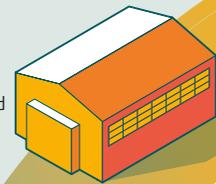


196

## MEERWASSER

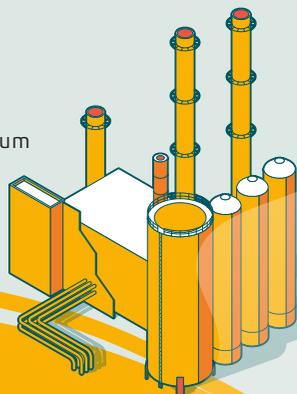
Am Standort Singapur wird Meerwasser zur Kühlung genutzt.

**Aufbereitung**  
Wasser für die Produktion wird gefiltert und aufbereitet.



**PRODUKTION**

Wasser wird zur Dampferzeugung genutzt, als Medium für chemische Prozesse und für Sanitärzwecke.



45

381

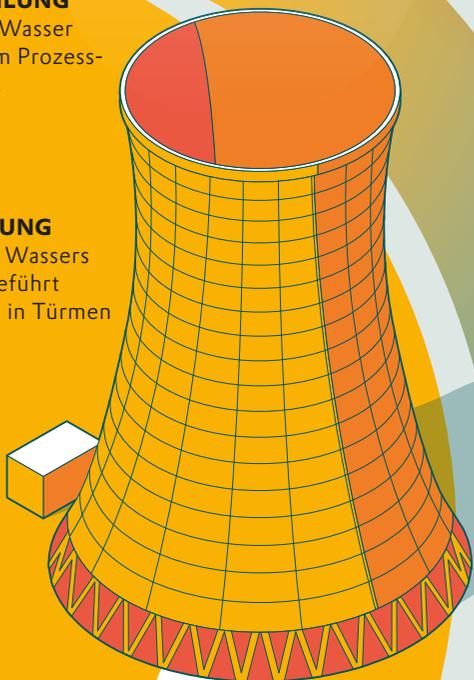
**DURCHLAUFKÜHLUNG**

Frisch zugeführtes Wasser wird verwendet, um Prozesswärme abzuführen.

1.384

**KREISLAUFKÜHLUNG**

Der größte Teil des Wassers wird im Kreislauf geführt und zwischendurch in Türmen heruntergekühlt.



**VERLUST**

Ein geringer Teil des Wassers wird zum Verdünnen von Produkten verwendet oder entweicht durch Verdunstung.

7

Millionen Kubikmeter

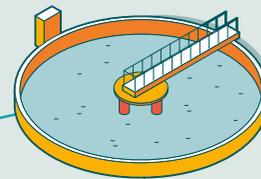


**RÜCKFÜHRUNG**

Das genutzte Wasser wird fast vollständig in Gewässer abgegeben.

439

Millionen Kubikmeter

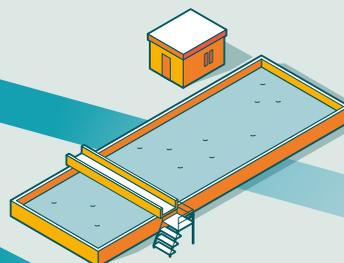


**EXTERNE KLÄRANLAGEN**

Verunreinigtes Wasser wird zum Teil in kommunale Kläranlagen abgeführt.

**INTERNE KLÄRANLAGEN**

An vielen Standorten betreibt Evonik eigene Anlagen zur Klärung verunreinigten Wassers.



236

**OBERFLÄCHENGEWÄSSER**

Geklärtetes Wasser und unbelastetes Kühlwasser werden in Seen und Flüsse zurückgeführt.

196

**MEER**

Das unbelastete Kühlwasser in Singapur wird zurück ins Meer geleitet.

# »Wir müssen den Wasserkreislauf verlangsamen«

Ein großer Teil des Süßwassers verschwindet heute ungenutzt im Meer und lässt den Meeresspiegel zusätzlich ansteigen. Der Hydrologe Johannes Cullmann arbeitet als Fachberater für die Vereinten Nationen. Er hält das Thema Wasser global noch für lösbar – wenn die Schritte schneller kommen als beim Klimawandel.

INTERVIEW JÖRG WAGNER & CHRISTIAN BAULIG

Wasser marsch: Von seinem Büro bei der Weltorganisation für Meteorologie ist es für Johannes Cullmann nur ein kurzer Fußweg bis zum Genfer See. Knapp 60 Prozent des Gewässers gehören zur Schweiz, gut 40 Prozent zu Frankreich. Mit durchschnittlich 89 Kubikkilometer Füllmenge ist es der wasserreichste See Mitteleuropas.



**Herr Dr. Cullmann, von Waldbränden in den Rocky Mountains über den trockengefallenen Rhein bis hin zu Überschwemmungen in Pakistan – die Medien widmen dem Mangel und dem Überfluss an Wasser immer mehr Raum. Erhält das Thema mittlerweile die Aufmerksamkeit, die es verdient?**

**CULLMANN** Grundsätzlich finde ich es gut, dass die Medien auf das Thema Wasser aufmerksam geworden sind, weil die ganze Debatte um Nachhaltigkeit und Resilienz stark damit zusammenhängt: Ungefähr 80 Prozent aller Naturkatastrophen haben mit Wasser zu tun. Klimawandel ist immer auch Wasserwandel. Unsere soziale und ökonomische Resilienz hängt ebenfalls vom Wasser ab: Wie können wir unsere Landwirtschaft weiter betreiben? Wer erleidet auf Dauer die größten Schäden durch hydrologische Veränderungen? Leider konzentrieren sich die Medien meistens auf spektakuläre Ereignisse. Diese sind nicht zu vermeiden und werden in den kommenden 60 bis 100 Jahren zunehmen. Dürren oder Überschwemmungen sind aber nur ein Teil des Gesamtbilds.

**Worauf sollten wir denn genauer schauen?**

Auf die Ursachen, die diesen Katastrophen zugrunde liegen – und auf die Konsequenzen, die sich daraus ergeben: Als Erstes müssen wir den Wasserkreislauf verlangsamen. Im Zuge der Gestaltung unserer Landschaft haben die Menschen den Wasserkreislauf durch bauliche Maßnahmen immer mehr beschleunigt, das ging schon bei den Römern los. Wir versuchen seit Langem, Wasser aus unserer unmittelbaren Umgebung fernzuhalten, weil wir Angst haben vor Fluten oder weil wir Land nutzen wollen, um darauf etwa Landwirtschaft zu betreiben. Wenn dann Regen ausbleibt, verschärft das erhöhte Abflusstempo die Gefahr von Dürren. Und Hochwassersituationen werden gefährlich verschärft, weil zu viel Wasser gleichzeitig an einem Punkt ankommt.

**Also Tempo runter – was noch?**

Der zweite wichtige Punkt: Wir müssen wieder mehr Wasser in unser Gesamtsystem bringen. Die amerikanisch-deutsche Weltraummission Grace beobachtet mithilfe von Satelliten, wo wir weltweit Süßwasser verlieren. Das sind zu einem guten Teil Schnee und Eis,

**1.400**

LITER

Wasser werden für die Produktion eines halben Pfunds Butter benötigt.

die schmelzen und in die Meere fließen. Aber es passiert auch in wärmeren Regionen wie Brasilien oder in Teilen der USA, wo es keinen Schnee und kein Eis gibt. Hier geht Grundwasser verloren, weil immer mehr Landwirtschaft betrieben wird ohne Rücksicht auf die Ressourcen. Auch in Deutschland verlieren wir jedes Jahr mehr Wasser aus unserem System, als die Deutschen trinken. Das alles führt dann zu dem Teil des Anstiegs des Meeresspiegels, der nicht durch thermische Expansion, also durch die Ausdehnung des vorhandenen Meerwassers, bedingt ist. Wir müssen zusätzliche Speicher schaffen, um diese Verluste auszugleichen, sei es durch Biosysteme und im Grundwasser, sei es durch neue Infrastruktur.

**Beim Klimawandel haben wir begriffen, dass er vor allem auf einen übermäßigen Ausstoß von Treibhausgasen zurückzuführen ist. Beim Ozonloch wussten wir irgendwann, dass wir auf FCKW verzichten müssen. Warum tun wir uns so schwer, die Zusammenhänge beim Wasser zu erkennen?**

Weil es für die meisten noch kein drängendes Problem darstellt. Das Ozonloch erschien den Leuten unmittelbar bedrohlich, weil sie fürchteten, Hautkrebs zu bekommen. Beim Klimawandel dämmert es den Menschen zumindest, dass er existenziell mit ihrer Zukunft zu tun hat. Beim Wasser sind wir noch nicht so weit – für die meisten ist es erschwinglich und praktisch unbegrenzt verfügbar. Dabei unterschlagen wir jedoch, dass unser Verbrauch weit über das hinausgeht, was wir täglich aus unserem Wasserhahn entnehmen. Er ist um ein Vielfaches größer, wenn wir uns anschauen, wie viel Wasser in all den Lebensmitteln und sonstigen Gütern drinsteckt, die wir konsumieren. Da geht es um den sogenannten Wasserfußabdruck.

**Was müsste getan werden, um dieses Bewusstsein zu schärfen?**

Wir müssen den Leuten zum Beispiel mehr Informationen darüber geben, unter welchen Umständen die Billigrose, die sie beim Discounter gekauft haben, in Kenia angebaut wurde. Das Wasser, das dafür benötigt wird, fehlt der lokalen Bevölkerung. Wir müssen erklären, dass die Produktion eines halben Pfunds Butter etwa 1.400 Liter Wasser erfordert und Margarine vielleicht eine bessere Alternative darstellt. Wir sollten keine Vorschriften machen, wer was wann konsumieren kann, aber es sollten alle wissen, was ihr Handeln auslöst.

**So lobenswert es ist, wenn bewusster konsumiert wird – wäre es nicht wichtiger, den Wasserverbrauch so zu regulieren, dass Sparsamkeit belohnt und Verschwendung bestraft wird?**

Mit Subventionen und Steuern lässt sich sicherlich eine Menge erreichen. Zum Beispiel indem der Staat generell Prozesse unterstützt, in denen Wasser wiederverwendet wird. Das könnte auch für kommunale Kläranlagen greifen, die das gesäuberte Wasser bislang zumeist einfach in Flüsse einleiten. Man könnte es auch nutzen, um Flächen wiederzuvernässen oder das Grundwasser aufzufüllen – also den Kreislauf verlangsamten und Speicher schaffen. Keine Kommune macht das von selbst, weil es mehr kostet als die heutige Praxis. Die Differenz müsste man finanziell ausgleichen.

**Beim Kohlendioxid hat erst die Bepreisung zu einer signifikanten Verhaltensänderung geführt. Müsste nicht auch Wasser einen Preis haben, der Anreize zum Sparen setzt? Warum sollten die Menschen in Saudi-Arabien ihren Konsum einschränken, wenn der Kubikmeter Leitungswasser bloß drei Cent kostet?**

Richtig, es müsste eine globale Einigung her, um Wasser als ökonomisches Gut neu zu bewerten. Zugleich braucht man internationale Vereinbarungen, damit verhindert wird, dass Konsumenten auf Produkte aus dem Nachbarland ausweichen, in denen Wasser billiger oder sogar kostenlos ist. Eine pauschale Verteuerung ohne sinnvolles Regularium ist jedoch gefährlich, weil man damit immer die Ärmsten trifft und nicht die Großverbraucher. Beim Kohlendioxid ist das anders. Wenn Sie den CO<sub>2</sub>-Preis heraufsetzen, belasten Sie nicht überproportional die unteren Einkommenschichten.

3

CENT  
kostet der Kubikmeter  
Trinkwasser in  
Saudi-Arabiens  
Hauptstadt Riad.

**Wie realistisch ist so eine globale Vereinbarung? Angesichts der Dringlichkeit der Probleme bleibt ja nicht viel Zeit zum Verhandeln.**

Mit dem UN-Klimasekretariat ist es uns 1992 gelungen, einen Mechanismus zu installieren, in dem alle Länder der Erde zusammenarbeiten, um die Erderwärmung zu begrenzen. Das wichtigste Ergebnis war 2015 das Klimaabkommen von Paris, in dem sich 195 Staaten verpflichtet haben, den Klimawandel einzudämmen und die Weltwirtschaft klimafreundlich umzugestalten. Auf der UN-Wasserkonferenz in diesem Frühjahr wurde ein Prozess angestoßen, der auch zu einem Gremium führen wird, in dem die Mitgliedstaaten der UN miteinander sprechen und Leitlinien erarbeiten. Klar ist aber, dass wir uns nicht wieder wie beim Klima 23 Jahre Zeit nehmen können für eine Einigung.

**In der Landwirtschaft wird weltweit das meiste Wasser verbraucht. Wie könnte eine sparsamere Bewirtschaftung aussehen?**

Weniger Monokulturen wären ein Anfang. Bei manchen Pflanzen ist es zudem schlauer, sie in der Reifephase ruhig mit ein bisschen Wasserstress zu konfrontieren, anstatt sie dauernd zu bewässern, weil dann die Frucht besser wird. Es springen vielleicht ein, zwei, drei Tonnen weniger Ertrag pro Hektar heraus, aber dafür lässt sich die Ernte zu einem höheren Preis verkaufen. Bei hochwertigen Agrarprodukten kann es sinnvoll sein, etwas teurere, aber intelligente Bewässerungssysteme zu installieren. →

**» Wir unterschlagen, dass unser Verbrauch weit über das hinausgeht, was wir täglich aus dem Wasserhahn entnehmen. «**

**Und was kann die Industrie tun, die in den meisten wohlhabenden Staaten zu den größten Verbrauchern zählt?**

Es gibt heute noch viele nicht nachhaltige Prozesse aus einer Zeit, in der über die sparsame Nutzung von Wasser nicht nachgedacht werden musste. Es wurde einfach als Restglied in einer ökonomischen Betrachtung behandelt. Man kann eine Menge Wasser einsparen, indem man es im Kreislauf führt. Das hilft auch, die sogenannte Wärmeverschmutzung zu reduzieren. Der Rhein ist als Folge menschlicher Aktivitäten im Winter bis zu vier Grad wärmer als vor der Industrialisierung. Durch solche Praktiken heizen wir unsere Umwelt auf, und die mit viel Aufwand erzeugte Wärme geht verloren. Als hielte man einen Tauchsieder in den Fluss – das ergibt wenig Sinn. Und anstatt Prozesswasser aus dem verarbeitenden Gewerbe geklärt in Flüsse zu leiten, könnte man es besser in der Landwirtschaft oder der Landschaftspflege nutzen.

**Die Industrie verursacht Probleme, inwieweit kann sie aber auch Teil der Lösung sein in Form von Entwicklungen, die dem Wasserschutz dienen?**

Die Klärung von Abwässern auch aus der Industrie hat sich durch Innovationen so sehr verbessert, dass man das Ergebnis heute gefahrlos nutzen kann. Das ist ein riesiger Fortschritt. Bei der Meerwasserentsalzung sehe ich viel Potenzial, wenn wir dabei statt fossiler Energieträger weniger klimaschädliche Alternativen nutzen. In Verfahren und Produkten für die Landwirtschaft stecken ebenfalls enorme Möglichkeiten, Wasser intelligenter zu nutzen – Stichwort Tröpfchenbewässerung. Das alles sind Innovationsfelder, an denen Industrie und Wissenschaft einen großen Anteil haben und die der Menschheit enorm helfen.

**689**

**MASSNAHMEN**  
sollen als Ergebnis  
des jüngsten  
UN-Wassergipfels  
weltweit umgesetzt  
werden.

**Daneben kursieren Ideen, die nach Science-Fiction klingen: Da geht es darum, Süßwasservorkommen unter dem Meeresboden anzuzapfen oder Eisberge in wasserarme Gegenden zu schleppen. Haben solche Projekte Zukunft?**

Vielleicht gibt es irgendwo auf der Welt einen guten Anwendungsfall dafür. Ich würde aber immer erst mal das besser machen, von dem ich weiß, dass ich es besser machen kann.

**Verfügen wir denn über genügend Mittel, um einen umfassenden globalen Umbau der Wasserwirtschaft zu finanzieren?**

Wenn ich mir anschau, wie viel Geld wir für die Bekämpfung der Coronapandemie lockergemacht haben, halte ich das durchaus für finanzierbar. Manche sagen, wir brauchen mehrere Billionen US-Dollar, um das Wasserproblem weltweit zu lösen. Das Geld ist da. Es muss nur der Wille da sein, es richtig auszugeben.

**Sie sprechen über Steuergelder. Was ist mit dem Kapitalmarkt?**

Staatliche Finanzinstrumente allein werden nicht reichen, um dieses Problems Herr zu werden – zumal ein großer Teil der Wassernutzung Privatunternehmen betrifft. Daher brauchen wir auch den Kapitalmarkt für diese Refokussierung. Ich glaube nicht, dass der Mangel an Finanzierungsmöglichkeiten das Problem ist, sondern eher der Mangel an intelligenter Umsetzung von Transformationsprogrammen.

**» Eine pauschale Verteuerung von Wasser ohne sinnvolles Regularium ist gefährlich. «**

**Beim UN-Wassergipfel in diesem Frühjahr haben Sie es als Erfolg gefeiert, dass sich die Teilnehmer freiwillig zu 689 Maßnahmen verpflichtet haben, um die Wasserkrise zu bekämpfen. Bringt uns Freiwilligkeit angesichts der Dimension des Problems wirklich weiter?**

Freiwillige Verpflichtungen sind ein wichtiger Schritt, um Engagement zu erzeugen. Es ist ein guter Mechanismus, um den Leuten klarzumachen, wo Möglichkeiten liegen, Dinge besser zu machen.

**Als Wissenschaftler wissen Sie darum, dass wir schnell Lösungen finden und umsetzen müssen. Als Teil einer politischen Organisation haben Sie es jedoch mit zähen Entscheidungsprozessen zu tun. Verzweifeln Sie manchmal daran?**

Natürlich wünsche ich mir, dass es schneller geht. Die letzten zwei Jahre empfand ich jedoch als ausgesprochen positiv, weil ich endlich eine Bereitschaft erkenne, sich mit Wasser zu beschäftigen – und sich zu einigen. Das hat es vor 15 Jahren so nicht gegeben. Zugleich wurde das Thema oft sicherheitspolitisch tabuisiert. Jetzt ist die Privatwirtschaft dabei, Wasser als Ressource zu verstehen und zu würdigen und nachhaltige Lösungen zu entwickeln. Ich bin daher guter Dinge, dass wir relativ schnell Fortschritte erzielen können.

**Es mag zynisch klingen – aber sind weltweit beachtete Ereignisse wie Rhein-Niedrigwasser, Waldbrände in den Rocky Mountains oder Überschwemmungen in Asien hilfreich, um den öffentlichen Druck aufrechtzuerhalten?**

Der Mensch macht nur relativ wenig aus reiner Erkenntnis. Für viele Menschen auf der Welt ist das bestehende System ja durchaus vorteilhaft. Solange diese Mentalität bei uns verankert ist, wird es ohne solche Schreckmomente nicht gehen. Leider sieht es so aus: Wir stellen uns jeden Morgen einen Wecker, damit wir zur Arbeit gehen. Und so brauchen wir auch immer wieder eine kleine Katastrophe, um zu verstehen, dass nachhaltige Entwicklung kein Selbstläufer ist, der einfach so passiert. —



Prof. Dr. Johannes Cullmann, 50, ist seit 2022 wissenschaftlicher Berater des Präsidenten der UN-Generalversammlung und koordiniert Fragen der nachhaltigen Entwicklung. Zuvor leitete er acht Jahre lang die Wasser- und Klimaaktivitäten der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) in Genf. In seiner Funktion als Referatsleiter in der Bundesanstalt für Gewässerkunde vertrat Cullmann Deutschland in der Kommission für die Hydrologie des Rheins und hat die erste Klimawandelfolgenanalyse für den Fluss mitorganisiert. Von 2012 bis 2014 war der Hydrologe Senior Advisor für die Wasseraktivitäten der WMO und Präsident des Zwischenstaatlichen Rats für Wasser der UNESCO.



# WOLKEN- STÜRMER

---

Willkommen in Aotearoa. In der Sprache der Māori, der Ureinwohner Neuseelands, bedeutet dies „das Land der langen weißen Wolke“ – eine Anspielung auf eine besondere Formation, die einst polynesische Seefahrer hierhergeführt haben soll. Die Inselgruppe im Pazifischen Ozean besticht mit atemberaubender Natur, die nicht nur für die Māori eine spirituelle Bedeutung hat, sondern auch die Wirtschaft des Landes prägt.

TEXT PAULINE BRENKE



— Seine spektakuläre Schönheit entfaltet der Milford Sound vor allem, wenn es geregnet hat. Dann strömen Hunderte kleiner Wasserfälle die Berge hinab und erwecken das Fjordpanorama erst richtig zum Leben. Der Milford Sound ist Teil des über 12.600 Quadratkilometer großen Fjordland-Nationalparks im Südwesten der Südinsel und gehört zum Welterbe Te Wahipounamu. Spektakuläre Landschaften wie diese bietet Neuseeland vielerorts: weite Strände, Vulkane und beeindruckende Wälder. Diese sind nicht nur schön anzusehen, sondern liefern auch Ressourcen für die wichtige Holzwirtschaft.



■ Sie stampfen, strecken die Zunge heraus, schlagen rhythmisch auf ihren Körper und singen laut – so empfangen die Mitglieder des neuseeländischen Rugbyteams All Blacks ihre Gegner auf dem Spielfeld. Vor jedem Match tanzt das Team den 1820 komponierten Haka „Ka Mate“, mit dem sie Einheit sowie Stärke symbolisieren und ihre Rivalen herausfordern. Haka nennen die Māori Tänze, mit denen sie Leidenschaft, Kraft und Identität zum Ausdruck bringen. Auch Evonik ist auf dem Rugbyfeld dabei: In den Schuhen der Spieler steckt das Polyamid-12-Elastomer Vestamid E. Es sorgt für Elastizität, sodass die Schuhsohlen Stöße gut absorbieren und die Knöchel schützen.







■ An der Ostküste der Nordinsel in der Bay of Plenty liegt Te Puke, die selbst ernannte „Kiwifrucht-Hauptstadt der Welt“. Das warme, feuchte Klima und der fruchtbare Boden schaffen hier ideale Voraussetzungen für den Obstanbau, den wichtigsten Wirtschaftszweig der Region. Ursprünglich kommt die Frucht mit der pelzigen Schale aus China und ist daher auch als Chinesische Stachelbeere bekannt. Bis zu 240 Tage hält die Vegetationsphase der Kiwis an. Um sie in diesem langen Zeitraum unter anderem vor Schädlingen zu schützen, greifen Obstbauern auf Pflanzenschutzmittel zurück. Dafür liefert Evonik Break-Thru-Additive, die das Mittel schon in geringen Aufwandmengen wirksam machen.

Um Morrinsville, unweit von Auckland, liegt eines der wichtigsten Milchwirtschaftsgebiete Neuseelands. In dem Kunstprojekt „Herd of Cows“ verbindet sich der wirtschaftliche Sektor mit der wachsenden Kreativszene der Stadt: Jede der 60 lebensgroßen, von örtlichen Unternehmen gesponserten Kuhskulpturen stellt einen Teil der Geschichte von Morrinsville dar. Kuh Nummer zehn, genannt Betty (Foto), gestaltete die Māori Zena Elliott. Auch Evonik hat eine besondere Verbindung zu der kleinen Stadt: In Morrinsville befindet sich der einzige Standort des Konzerns in Neuseeland. Und eine Evonik-Kuh gibt es auch: Nummer neun, Kiwiana.



Neuseeland ist für seine große Schafpopulation bekannt. Etwa 26 Millionen Tiere leben auf der Insel – dagegen nur fünf Millionen Menschen. So kommen auf jeden Einwohner fünf Schafe. Auch in Waikato, südlich von Auckland, fühlen sich die Tiere wohl. Außer für unterirdische Höhlen und schwarze Sandstrände ist die Region vor allem für ihr sattes, weitläufiges Weideland bekannt, das auch als „Auenland“ in „Der Herr der Ringe“ und in der Hobbit-Trilogie zu sehen ist. Schafswolle zählt zu den wichtigsten Exportgütern des Landes. Zur Weiterverarbeitung in der Textilindustrie wird die Wolle meist mit Wasserstoffperoxid gebleicht, das auch zum Produktportfolio von Evonik gehört.





### DER H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-PIONIER

In der Nordinselregion Waikato, drei Kilometer vom Stadtzentrum Morrinsvilles entfernt, betreibt Evonik Peroxide seit 1998 Neuseelands einzige Wasserstoffperoxid-anlage. Wasserstoffperoxid (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ist ein umweltfreundliches Oxidations- und Bleichmittel, das vor allem bei der Herstellung von Zellstoff und Papier, in der Textilbranche sowie bei der Gewinnung von Erzen und bei der Lebensmittelproduktion eingesetzt wird. Zudem stellt die Anlage Peressigsäure her, ein hochwertiges Folgeprodukt, das als industrielles Desinfektionsmittel Verwendung findet.



Evonik-Standort  
1 Morrinsville

An

1

Standort arbeiten

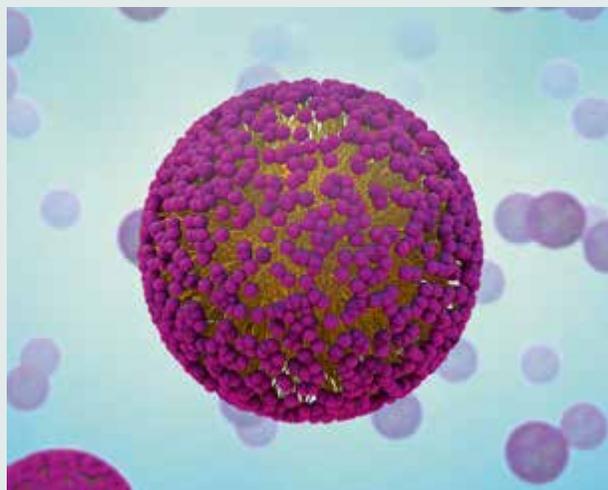
25

Mitarbeiter.

# Die Zukunft der Chemie liegt im Wasser

Die Chemie hängt heute stark vom Öl ab. Statt weiter organische Lösungsmittel zu verwenden, muss sie künftig auf das natürliche Reaktionsmedium Wasser setzen. Sonst ist das Leben in unserer modernen Gesellschaft in Gefahr.

Von Bruce Lipshutz



Die Kombination aus Wasser liebenden Köpfchen (lila) und Wasser abweisenden Schwänzchen (gelb) sorgt für die Lösbarkeit von Mizellen in Wasser.

**K**ennen Sie irgendjemanden, der behauptet, wir hätten einen unendlichen Vorrat an Erdöl? Wohl kaum. Aber wie kommt es dann, dass die Entwicklung der modernen organischen Chemie so eng an die Verfügbarkeit von Erdöl und seinen nachgelagerten Produkten gebunden ist? Seit mehr als 200 Jahren nimmt unsere Abhängigkeit von diesen Produkten zu. Arzneien, Pflanzenschutzmittel oder Pflegemittel werden hauptsächlich in erdölbasierten organischen Lösungsmitteln hergestellt, die nach Gebrauch ordnungsgemäß entsorgt werden müssen. In vielen Fällen bedeutet das „thermisch verwertet“, sprich: verbrannt. Dabei entsteht  $\text{CO}_2$  – und zwar eine ganze Menge davon. Trägt die Chemie also wesentlich zum Klimawandel bei? Verraten Sie es keinem, aber: ja!

Dabei ist es gar nicht so schwer, das zu ändern. Die dafür nötigen wissenschaftlichen Erkenntnisse liefert schon heute die Biologie, die auf Wasser basiert. Die Vorteile liegen auf der Hand: Wir haben die Chance, die Verschmutzung der Umwelt zu minimieren und sicherzustellen, dass auch künftige Generationen die Ressourcen des Planeten nutzen können. Ökologisches Handeln ist in diesem Fall auf allen Ebenen und für jeden ein Gewinn.

## DIE SUCHE NACH DEM REAKTIONSGEFÄSS

Wie organische Chemie in Wasser funktioniert, ist kein Geheimnis. Die Erklärung ist eigentlich schon seit Milliarden von Jahren sichtbar und dennoch im Verborgenen geblieben. Die Natur selbst zeigt, wie es geht: Ohne die Synthese komplexer, wasserunlöslicher Biomoleküle wie Polypeptiden oder Vitaminen unter wässrigen Bedingungen könnte kein Leben existieren. Die Kraft der „Chemie im Wasser“ ist also etwas, das wir jeden Tag am eigenen Leib erfahren. Im großen Maßstab lässt sich „Chemie im Wasser“ auch beobachten, wenn Ölkonzerne Meeresverschmutzungen beseitigen. Es ist also offensichtlich: Das Know-how ist zumindest konzeptionell bereits vorhanden. Warum hat die organische Synthese dann so lange gebraucht, um sich anzupassen?

Die Herausforderung liegt darin, passende „Reaktionsgefäße“ für wasserunlösliche Biomoleküle zu finden. Die Natur setzt seit jeher auf eine Vielzahl von Membranen, Vesikeln und mizellaren Anordnungen in Wasser. Könnte die industrielle Lösung ebenso einfach sein? Ja und nein. Die gute Nachricht ist, dass organische Synthese in derartigen Reaktoren prinzipiell möglich sein sollte. Die Reaktanten wären darin untergebracht, ebenso wie die Katalysatoren, die diese Reaktionen beschleunigen. Ein weiterer Vorteil ist, dass diese Arten von Biomolekülen nicht „nachdenken“: Deshalb können sie alle möglichen Produkte herstellen. Anders als Enzymen ist ihnen egal, was zur Reaktion kommt und welche Stoffe gebildet werden.



»Mit der mizellaren Katalyse lässt sich heute so gut wie jede Reaktion in Wasser durchführen.«

Als einer der Vorreiter der grünen Chemie wurde Prof. Bruce Lipshutz (71) im Jahr 2011 mit dem Presidential Green Chemistry Challenge Award der US-amerikanischen Umweltagentur EPA in der Sparte Academics ausgezeichnet. Seit 1979 lehrt Lipshutz an der University of California, Santa Barbara, und ist seitdem auch Mitglied der Fakultät. Fokus seiner Forschungsgruppe ist die organische Synthese mittels Katalysatoren. Besonders hat es ihm die mizellare Katalyse angetan, die es ermöglicht, organische Reaktionen in Wasser statt in organischen Lösemitteln durchzuführen. Dafür entwickelt er maßgeschneiderte Tenside. Die Business Line Health Care von Evonik bietet die von Lipshutz entwickelte „Chemistry in Water“-Technologie für die Produktion von pharmazeutischen Zwischenprodukten und Wirkstoffen im industriellen Maßstab an.

Die schlechte Nachricht ist, dass ein Nanoreaktor gefunden werden muss, der für die organische Synthese geeignet ist: Er muss in der Lage sein, viele verschiedene Arten von Chemie zu beherbergen, wie sie von der Spezialchemieindustrie und insbesondere von Pharma- und Agrochemieunternehmen routinemäßig verwendet werden.

Das „Tal des Todes“, das sich für die Forschung jahrhundertlang auftut, ist die Lücke zwischen der Erkenntnis, dass wir eine Technologie für organische Chemie im Wasser benötigen, und der Lösung dieses Problems. Wir müssen verstehen, dass die Lösung in den Nanoreaktoren besteht, die sich „im Wasser“ befinden. Die eigentliche Chemie mit wasserunlöslichen Reaktanten und Katalysatoren findet im inneren Kern statt, der für verschiedene Reaktionen wie ein Lösungsmittel funktioniert.

Die für die Spezialchemie spannenden Moleküle sind in der Regel recht komplex. Daher müssen auch die Werkzeuge zu ihrer Herstellung vergleichsweise ausgeklügelt sein. Neue Tenside mit einem Anteil von nur wenigen Gewichtsprozent an einem wässrigen Medium sollten schon durch ihre Gestaltung umweltverträglich sein und zugleich die effiziente Durchführung vieler Reaktionen ermöglichen.

Prozesse in der modernen Synthese, insbesondere solche mit Übergangsmetallkatalysierten Reaktionen, die diesen Ansprüchen genügen, müssen viele der zwölf Prinzipien der Grünen Chemie erfüllen, die 1998 von den US-Wissenschaftlern Paul Anastas und John Warner verfasst wurden. Gibt es in der Literatur zur mizellaren Katalyse irgendwelche Hinweise, Hintergründe oder Präzedenzfälle, die der organischen Chemie bei der Umstellung auf Wasser helfen? Leider nein.

Dabei existiert beträchtliches Vorwissen über die Katalyse in Mizellen. Die Nutzung durch die Spezialchemieindustrie war aber bisher bestenfalls ein Zufallsprodukt. Erst in den vergangenen 15 Jahren haben viele Experimente nach dem Prinzip von Versuch und Irrtum zu einem besseren Verständnis des Designs geeigneter Tenside geführt. Auf dieser Basis entwickelte sich das Feld der mizellaren Katalyse, mit einem immer größeren Werkzeugkasten unterschiedlicher Technologien. Damit lässt sich heute so gut wie jede Reaktion in Wasser durchführen.

Das führende „Designertensid“ ist bis heute TPGS-750-M. Es gliedert sich in drei Teile: Der im Wasser nach außen gewandte, hydrophile Teil enthält den Baustein Methoxy-Polyethylenglykol 750 (MPEG 750). Der innere oder lipophile Teil besteht aus dem chemischen Grundstoff Vitamin E. Verbunden werden die beiden Bausteine durch einen Bernsteinsäurelinker. Jeder einzelne Bestandteil dieses Designertensids ist also harmlos – oder ist, wegen des enthaltenen Vitamins E, sogar gesund.

#### SCHNELLER, ÖKOLOGISCHER, WIRTSCHAFTLICHER

Das mizellenbildende Amphiphil TPGS-750-M wird für viele verschiedene Reaktionen eingesetzt. Dazu gehören solche, die durch Palladium katalysiert werden, ebenso die Bildung von Amid-/Peptidbindungen und die nukleophile aromatische Substitutionsreaktion (S<sub>N</sub>Ar), die traditionell in organischen Lösungsmitteln durchgeführt wurden.

Zusätzlich zu den ökologischen und wirtschaftlichen Vorteilen führen die höheren Substrat- und Katalysatorkonzentrationen in den inneren Kernen der Mizellen zu beschleunigten Reaktionen. Außerdem bieten sie die Möglichkeit, Edelmetallkatalysatoren in besonders niedrigen Konzentrationen einzusetzen. Bereits einige millionstel Teile eines Katalysators können ausreichen.

Die Endprodukte, die in diesen Reaktionen entstehen, sind meist wasserunlösliche Feststoffe. Sie fallen im wässrigen Medium aus. Einfaches Filtrieren reicht, um sie abzutrennen. Und was ist mit dem Filtrat, dem wässrigen Medium, das oft den Katalysator enthält? Es wird recycelt. So einfach ist das!

Wenn wir bereits über das Know-how verfügen, die begrenzten Ressourcen unseres Planeten besser zu nutzen – was spricht dann dagegen, mit weniger mehr zu erreichen? Die größere Frage ist vielleicht, ob die chemische Industrie entschlossen genug ist, diese Veränderungen vorzunehmen. Wir wollen es hoffen. Nachhaltigkeit ist nicht nur ein Modewort. Sie hat enorme Auswirkungen. Sie ist unsere Zukunft. —

# KAMPF DEN BAKTERIEN

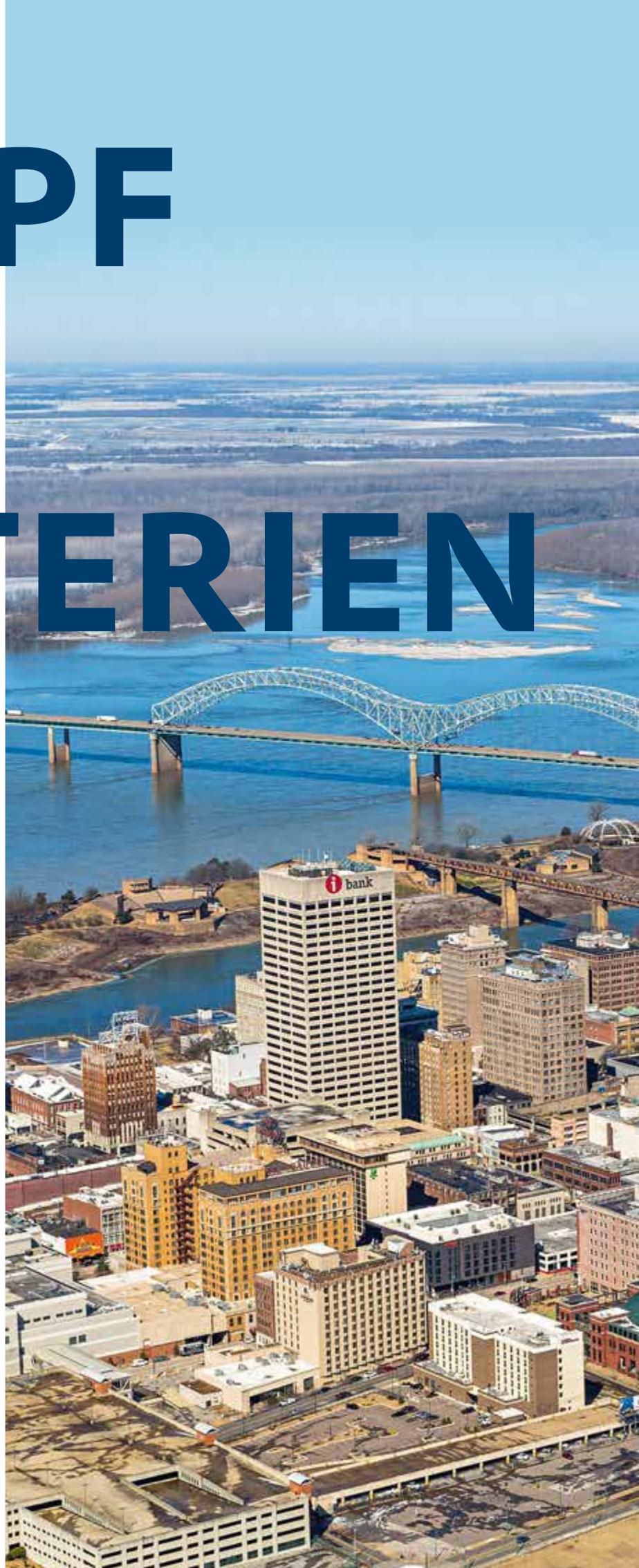
Die Stadt Memphis wollte die Qualität des Abwassers verbessern, das sie in den Mississippi einleitet. Evonik half mit einem innovativen Ansatz zur Desinfektion mittels Peressigsäure.

TEXT NORBERT KULS

**B**ei einigen berühmten Söhnen von Memphis, Tennessee, braucht man nur die Initialen der Vornamen zu nennen, und schon weiß jeder, wer gemeint ist. In der Beale Street steht eine Bronzestatue zu Ehren der Blues-Legende W. C. Handy, und der verstorbene Gitarrist B. B. King eröffnete hier vor über 30 Jahren seinen ersten Club. Doch wer war M. C. Stiles? In den 1970er- und 1980er-Jahren galt Maynard C. Stiles als einer der mächtigsten Beamten der Stadtverwaltung von Memphis. Zunächst leitete er das Amt für Stadtreinigung, später wurde er Chef der Stadtwerke.

Auch ihm hat Memphis eine Art Denkmal gesetzt: Eine der beiden städtischen Kläranlagen wurde nach ihm benannt. Die M. C. Stiles Wastewater Treatment Facility liegt nur wenige Fahrminuten nördlich des Stadtzentrums am Ufer des Wolf River, eines der vielen Nebenflüsse des mächtigen Mississippi.

Die Rohabwasserpumpen und die runden Klärbecken der Anlage sind zwar nicht so spektakulär wie die →



In Memphis, im Südwesten  
Tennessees am Mississippi  
gelegen, wurde in den 1950er-  
Jahren der Rock'n'Roll geboren.  
Erst Ende der 1970er-Jahre  
begann die Stadt, ihr Abwasser  
aufzubereiten.





Robert Knecht, Leiter der Stadtwerke von Memphis, will mit der Desinfektion von Abwasser Umweltgeschichte in der Stadt schreiben.

Vor der Einleitung in den Mississippi wird das Abwasser von Memphis in den Desinfektionskanälen der M.C.-Stiles-Kläranlage mit Peressigsäure von Evonik desinfiziert.



Musikclubs in der Beale Street, doch sie spielen dennoch eine wichtige Rolle in der Geschichte der Stadt. Die 1977 fertiggestellte Anlage war erst der zweite Versuch, das Abwasser der lokalen Unternehmen und Haushalte zu klären. Zwei Jahre vor der M.C.-Stiles-Anlage war das nach einem einflussreichen Stadtgenieur benannte T.E.-Maxson-Klärwerk in Betrieb gegangen. Vorher hatte Memphis Millionen Liter Abwasser einfach ungeklärt in die Flüsse, Bäche und Gräben der Stadt geleitet.

Robert M. Knecht hat als derzeitiger Leiter der Stadtwerke von Memphis das Erbe von Stiles angetreten. Der frühere Air-Force-Computerspezialist arbeitet seit 20 Jahren bei der Stadt und ist seit fast zehn Jahren in seiner jetzigen Funktion tätig. Er will in Memphis nun auch Umweltgeschichte schreiben – mithilfe von Evonik. „Ich versuche, die Wasserqualität zu verbessern, denn das ist ein Bereich, den wir stark beeinflussen können. Ich gehe gern angeln und möchte als Nutzer des Flusses sicherstellen, dass ich alles in meiner Macht stehende für das Ökosystem getan habe“, sagt Knecht bei einem Besuch der M.C.-Stiles-Kläranlage, wo Evonik seit 2019 ein Peressigsäurewerk betreibt.

#### EINE LANGFRISTIGE INVESTITION

Die Evonik-Anlage am Wolf River liefert Peressigsäure an die beiden Kläranlagen. Sie sind die weltweit größten Abnehmer dieses Bakterienkillers zur Desinfektion



Entnahme einer Abwasserprobe in der T.E.-Maxson-Kläranlage in Memphis

kommunalen Abwassers. Die Nutzung von Peressigsäure ist ein innovativer Ansatz für Kommunen, die traditionell auf andere Desinfektionsmethoden wie Chlor oder UV-Behandlung setzen. „Das ist eine enorme langfristige Investition“, sagt Knecht. Er steht auf einem Laufsteg über den Desinfektionskanälen der Stiles-Anlage. Hinter ihm fließt der Mississippi träge vor sich hin. „Mit 24 Millionen Dollar pro Jahr ist dies die größte Ausgabe seit Langem im Bereich Betrieb und Wartung.“

Peressigsäure (PAA) ist ein extrem starkes und effektives Oxidationsmittel, das sich perfekt zum Abtöten von Bakterien wie E. coli in menschlichen oder tierischen Exkrementen eignet. PAA wird hergestellt mittels einer Reaktion zwischen Wasserstoffperoxid, Essigsäure (Essig), Wasser und einem Katalysator. „Während ihres Zerfalls greift Peressigsäure mit ihren oxidativen Eigenschaften die Bakterien an“, erklärt Greg Conrad, der als Director Water Treatment Solutions bei Evonik Active Oxygens das Geschäft mit Verfahren zur Wasserbehandlung verantwortet.

In der Geflügelindustrie und in der Getränkeverarbeitung ist PAA als Desinfektionsmittel bereits weitverbreitet. Rund 30 Prozent der Produktion der Wolf-River-Anlage wird an Geflügelproduzenten in den benachbarten Bundesstaaten Arkansas sowie North und South Carolina verkauft. Der Einsatz von PAA in der Abwasserdesinfektion steht trotz der offensichtlichen Vorteile noch



Ein Mitarbeiter bereitet das Entladen von Wasserstoffperoxid für die Herstellung des Desinfektionsmittels Peressigsäure in der Evonik-Anlage am Wolf River vor.

Greg Conrad, Director of Water Treatment Solutions bei Evonik Active Oxygens, hat sich während seines gesamten Berufslebens mit Wasser beschäftigt.



am Anfang. „Das Tolle an Peressigsäure ist, dass sie in unbedenkliche Bestandteile zerfällt: Essig, Sauerstoff und Wasser“, erklärt Conrad.

Bis vor etwa 15 Jahren war die Desinfektion des Abwassers in Tennessee nicht vorgeschrieben. Als der Bundesstaat strengere Vorschriften einführen wollte, testete Memphis andere bewährte Methoden wie den Zusatz von Chlor oder eine Behandlung mit UV-Strahlen. Allerdings hinterlässt Chlor krebserregende Nebenprodukte als Rückstände im Wasser. Daher muss das Wasser anschließend aufwendig entchlort werden. Eine UV-Behandlung erfordert erhebliche Investitionen und bringt hohe Wartungskosten mit sich. Zudem ist sie keine gute Alternative für Städte wie Memphis: Dort führt ein hoher Anteil von Industrieabfällen mit organischen Bestandteilen zu einer für die Strahlen undurchdringlichen Braunfärbung des Wassers. Das Abwasser von Memphis stammt zu etwa 60 bis 80 Prozent aus Industrien wie der Zellstoff- oder Papierbranche. Auch müssen die Fabriken in Memphis ihr Abwasser vor der Einleitung ins kommunale System nicht selbst reinigen. Abwasseraufbereitung ist also eine Herkulesaufgabe für Memphis.

Nach mehreren Tests und einem Pilotprogramm entschied sich Memphis für PAA und einen 18-Jahres-Vertrag mit dem PAA-Hersteller PeroxyChem. Dieser Vertrag trat 2018 in Kraft und kann zweimal um fünf Jahre verlängert



Dieses Messgerät dient zur Bestimmung der Restmenge von Peressigsäure im Abwasser.

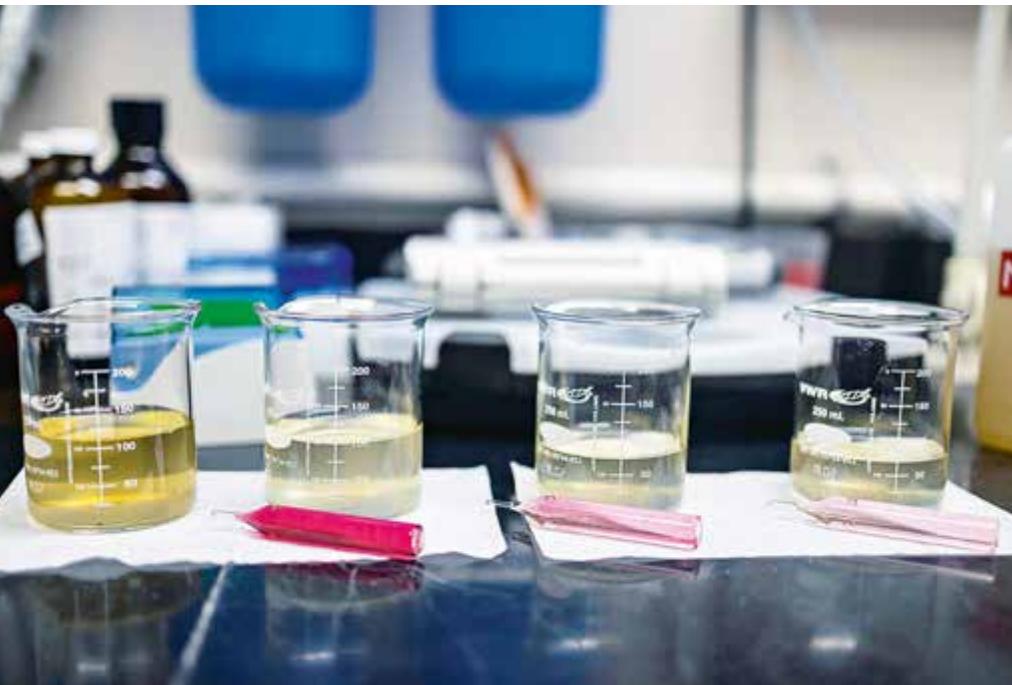
werden. Zwei Jahre später übernahm Evonik Peroxy-Chem für 640 Millionen Dollar.

Die vertraglichen Vereinbarungen mit der Stadt waren ebenso einzigartig wie das Desinfektionsverfahren: Das Unternehmen pachtete das Grundstück von der Stadt und baute seine Peressigsäure-Produktionsanlage auf dem Gelände des M.C.-Stiles-Klärwerks. Eine Anlage direkt am Standort senkt die Transportkosten. „Für uns bietet sich die einzigartige Chance, mit einer Kommune zusammenzuarbeiten, um ihr über die reine Chemie hinaus einen Mehrwert zu bieten, zusätzliche Dienstleistungen zu erbringen und Arbeitsplätze zu schaffen“, sagt Conrad.

„DA STEHT VIEL AUF DEM SPIEL“

Auf dem Parkplatz der Anlage stehen Lkw mit doppelwandigen Iso-Tankcontainern aus Edelstahl. Evonik verwendet Kühltanks, um die Temperatur zu regeln und einen möglichen Zerfall der Peressigsäure auf dem Transport zu den Kunden in der Region zu verhindern. „Wir sind als einziges Unternehmen berechtigt, PAA in großen Mengen zu transportieren“, sagt Conrad. Zur Stiles-Kläranlage gelangt die Säure durch eine 400 Meter lange unterirdische, doppelwandige und korrosionsbeständige Pipeline.

Auch Robert Knecht ist mit den Vereinbarungen zufrieden. „Ich war sehr zuversichtlich, dass wir nicht nur einen Zulieferer, sondern auch einen langfristigen Partner →



Abwasserproben vor (links) und nach der Desinfektion mit Peressigsäure in unterschiedlicher Konzentration. PAA wird von den organischen Stoffen und Bakterien in den Desinfektionskanälen aufgenommen. Dadurch wird das Abwasser heller. Die rosa Glasfläschchen zeigen, dass die Restkonzentration während der Reaktion von PAA mit den Schadstoffen sinkt.

## »Ich angle gern und versuche, die Wasserqualität des Mississippi zu verbessern.«

ROBERT M. KNECHT, LEITER DER STADTWERKE VON MEMPHIS

bekommen würden“, sagt er. „Ich hatte den Wunsch, dass sich ein Unternehmen in Memphis ansiedelt, neue Arbeitsplätze schafft und eine Anlage in der unmittelbaren Umgebung baut, weil wir einer der größten Abnehmer von Peressigsäure im ganzen Land sein würden.“

Als Teil des Service stellt Evonik auch sicher, dass der Bakteriengehalt die zulässigen Werte nicht überschreitet. „Bei Überschreitung einer bestimmten Grenze würde die Umweltschutzbehörde Bußgelder an uns verhängen“, sagt Conrad. „Da steht für uns viel auf dem Spiel.“

Einzigartig ist auch der Ansatz der Evonik-Ingenieure bei der Festlegung der richtigen PAA-Dosierung für die Stiles-Kläranlage. Um den Bakteriengehalt auf das gewünschte Niveau zu senken, bestimmen die meisten Zulieferer die benötigte PAA-Menge mittels der Durchflussmenge des eingeleiteten Abwassers und einer vorher festgelegten Dosierung. Am Ende des Prozesses testen die Anlagenbetreiber das Wasser auf Spuren von Desinfektionsmitteln, um sicherzustellen, dass es keine oder zumindest deutlich weniger Bakterien aufweist.

Evonik legt die Dosierung dagegen am Anfang des Prozesses fest – und zwar auf Basis der sich ständig verändernden Wasserqualität. „Wir wollten weniger PAA

verwenden“, sagt Conrad. „Bei besserer Wasserqualität reichen auch kleinere Mengen.“ Entscheidend für die Analyse ist die Farbe des Abwassers. „Sie ändert sich ständig“, erklärt er. „Manchmal sieht das Wasser aus wie Tee, manchmal wie Espresso. Es hängt alles davon ab, was ins Wasser gelangt.“ Conrad und sein Team fanden heraus, dass die Farbe des Wassers ein Indikator für den Verschmutzungsgrad ist. Die Ergebnisse dieser Farbanalyse werden in ein Computerprogramm eingegeben, das ermittelt, wie viel PAA benötigt wird.



Pipetten für die Laboranalyse von Rohstoffen und Endprodukttests

### MASSGESCHNEIDERTE DESINFEKTION

Im anderen Klärwerk von Memphis, der T.E.-Maxson-Anlage, laufen die Dinge etwas anders. Hier setzt Evonik Lkw ein, um das Desinfektionsmittel anzuliefern und die Peressigsäure tanks direkt neben den Kontaktkanälen zu befüllen.

Da die Abwasserqualität im Süden von Memphis anders ist, führt Evonik hier keine Farbanalyse durch, sondern prüft den Chemischen Sauerstoffbedarf (COD) des Abwassers. Hierbei handelt es sich um ein Maß für den Sauerstoff, der für den Abbau von organischen Verbindungen im Wasser benötigt wird. „Der COD ist ein Maß für die organische Belastung des Wassers – er zeigt



Evonik-Ingenieur Jon Watson bereitet im Labor der Wolf-River-Anlage Proben von desinfiziertem Abwasser vor.



Die Abwasser- aufbereitung ist eine besondere Herausforderung für die Stadt Memphis, da das Abwasser größtenteils aus der Industrie stammt.

an, wie schmutzig das Wasser ist“, sagt Conrad. „Bei einer hohen Belastung verwenden wir mehr PAA.“

Conrad lebt in Oklahoma und gründete sein erstes Unternehmen im Alter von 20 Jahren. Er leistete auch Pionierarbeit beim Einsatz von PAA zur Aufbereitung des Abwassers, das beim Fracking von Erdöl anfällt. „Es war schon immer meine Leidenschaft, nachhaltige Lösungen zu finden“, sagt er. „Ich habe mich während meines gesamten Berufslebens mit Wasser beschäftigt.“

Die Desinfektion des Abwassers mit PAA in der Stiles-Kläranlage ist der letzte Schritt, bevor das Wasser in den Mississippi eingeleitet wird. Dennoch sieht das, was da über eine Betonmauer in Richtung Fluss rauscht, nicht wie Trinkwasser aus. Aber es ist desinfiziert und wird ausreichend verdünnt, wenn es in den mächtigen Strom gelangt. Die Gesundheitsrisiken sind also vernachlässigbar.

Das Verfahren ist relativ neu und in vielen Bundesstaaten noch wenig bekannt. „Bei der Nutzung von PAA in der Abwasseraufbereitung stehen wir erst am Anfang“, sagt Conrad, „aber das Verfahren findet sehr schnell höhere Akzeptanz.“ In Tennessee und Arkansas steigt die Zahl der Befürworter. Auch Texas, Ohio und Kentucky stehen dem Verfahren langsam offener gegenüber.

„Allerdings ist es vielleicht nicht immer die beste Lösung für eine Stadt“, meint Conrad. „In kleineren Anlagen und in Städten mit wenig Industrie und relativ sauberem Abwasser könnte eine UV-Behandlung sinnvoller sein.“

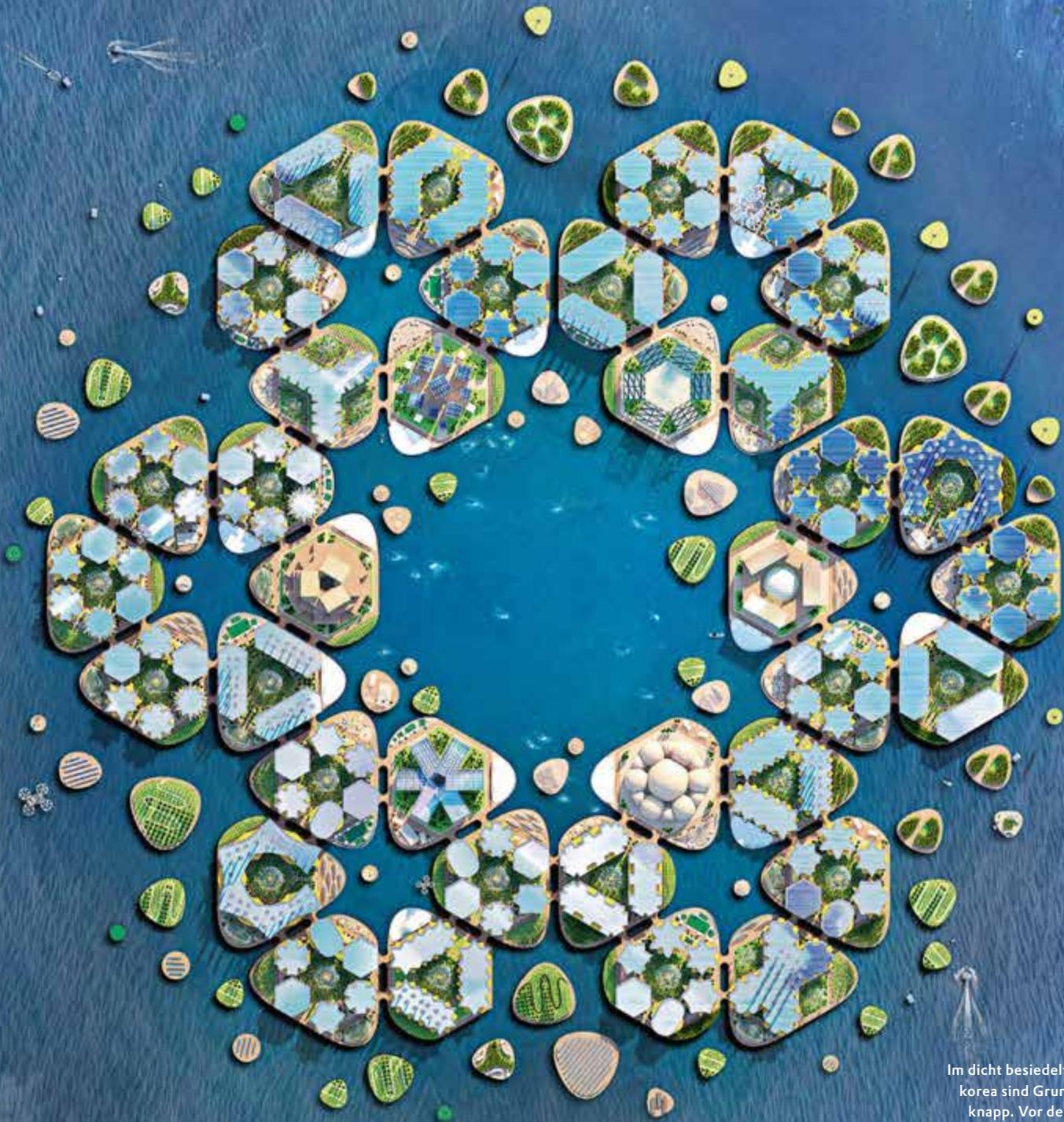
Evonik will auch Industriebetriebe dazu bewegen, ihr Abwasser in eigenen Anlagen zu reinigen, bevor es ins städtische System von Memphis gelangt. Dadurch würden nicht nur deren Gebühren sinken. Es würde auch für Evonik einfacher, das Abwasser in den Stiles- und Maxson-Anlagen aufzubereiten. Conrad wirft einen Blick auf die blubbernde, schmutzige Brühe in den Becken der M.C.-Stiles-Kläranlage, bevor er sich in sein SUV setzt, um nach Oklahoma zurückzufahren. „Wir verdienen unseren Lebensunterhalt damit, Bakterien abzutöten“, sagt er. —



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

# MEHR VOM MEER

TEXT BJÖRN THEIS



Im dicht besiedelten Südkorea sind Grundstücke knapp. Vor der Hafemetropole Busan soll jetzt eine schwimmende Stadt für 12.000 Einwohner entstehen.

Wasser ist der Urquell der Innovation. Oftmals bedeutet Fortschritt zusätzlichen Verbrauch. Sogenannte weiche Innovationen zeigen, dass die kostbare Ressource verantwortungsvoll genutzt werden kann.

**U**nsere Geschichte ist eine Wassergeschichte. Viele Kulturen entwickelten sich entlang der großen Flüsse: Dank Gewässern wie dem Euphrat und dem Tigris in Mesopotamien, dem Nil in Ägypten oder dem Gelben Fluss in China verfügten diese „hydraulischen Kulturen“ über einen Überschuss an Trinkwasser und Nahrungsmitteln. Aus der Wasserwirtschaft entstanden unzählige Innovationen. Nicht nur Acker-, Deich-, Schiff- oder Schleusenbau wurden optimiert, auch Chemie, Hygiene, Physik und Mathematik profitierten.

Mit der Industrialisierung brach Jahrtausende später ein Zeitalter an, in dem die Innovationskraft des Menschen drastisch zunahm. Gleichzeitig stieg der Wasserverbrauch. Schätzungen gehen davon aus, dass sich die genutzte Menge weltweit von 1900 bis 2025 verzehnfachen könnte. Es scheint: Innovation (ver-)braucht Wasser.

#### DER WEICHE PFAD

In Zukunft könnte sich das ändern: Lange setzte die Menschheit auf „harte“ Wasserinnovationen wie Kanalsysteme, Stauseen oder Meerwasserentsalzungsanlagen, um die steigenden Wasserbedürfnisse zu befriedigen. Immer mehr Universitäten und Start-ups wählen heute jedoch einen „weichen“ Innovationspfad und setzen auf Entwicklungen, die darauf abzielen, Wasser verantwortungsvoll zu nutzen. Eine innovatorische Neuentdeckung des Wassers ist in vollem Gange.

Ein Beispiel für eine solche Transformation kommt aus Kalifornien: Hier arbeitet der Projektentwickler Solar Aquagrid derzeit daran, einen der wichtigsten Bestandteile der „harten“ Wasserinfrastruktur zu optimieren: Gemeinsam mit der Regierung planen die Projektentwickler, das 6.000 Kilometer lange offene Kanalsystem des Bundesstaates mit Solarmodulen zu überdachen. Dies

würde die Verdunstung reduzieren und rund 13 Gigawatt Solarstrom Jahr für Jahr verfügbar machen – genug, um 9,8 Millionen der 13 Millionen Haushalte Kaliforniens zu versorgen. Unter dem Namen Project Nexus hat der Bau einer ersten Testmeile bereits begonnen.

Das Unternehmen Oceanix hingegen möchte für den Menschen neuen Lebensraum erschließen. Zusammen mit den Vereinten Nationen, dem Massachusetts Institute of Technology und dem Architekturbüro Bjarke Ingels Group arbeitet das Unternehmen daran, schwimmende Städte zu bauen. Unter dem Namen Oceanix Busan soll die Konstruktion des ersten Prototyps bereits in diesem Jahr beginnen. Diese erste schwimmende Stadt entsteht vor der Küste Koreas und soll mit einer Fläche von sechs Hektar eine klimapositive Heimat für circa 12.000 Menschen bieten.

#### TRINKWASSER AUS DAMPF

Die Forscherinnen und Forscher der University of Illinois Urbana-Champaign hingegen möchten sich den natürlichen Wasserkreislauf zunutze machen und Wasserdampf von der Oberfläche der Ozeane in Trinkwasser umwandeln. Im Gegensatz zu existierenden Entsalzungsanlagen müsste das System kaum Energie aufwenden, um das Wasser zu verdampfen, und ist somit deutlich günstiger. Das Team hat in einer Studie insgesamt 14 Städte, darunter Abu Dhabi,

Barcelona und Los Angeles, untersucht und kam zu dem Schluss, dass pro Anlage und örtlichen Gegebenheiten jährlich zwischen 38 und 78 Milliarden Liter Trinkwasser gewonnen werden könnten.

Eine ganz neue Anwendung für Wasser hat die Ruhr-Universität Bochum im Dezember 2022 vorgestellt. Die Forscher entwickelten eine wasserbasierte Computerschaltung, die um eine ganze Größenordnung schneller ist als Halbleiter. Dies gelang, indem die Wissenschaftler Natriumiodid-Ionen in Wasser lösten, das sie dann als Strahl von wenigen Mikrometern Dicke auffächerten und mit einem Laser beschossen. Sie konnten zeigen, dass der sehr kurze Laserimpuls die Elektronen aus dem Salz befreit, worauf das Wasser elektrisch leitend wird und somit schalten kann.

Die Beispiele verdeutlichen: Auch im 21. Jahrhundert bietet Wasser immer noch einen wahren Ozean an Innovationsmöglichkeiten. Ein guter Grund für das Creavis-Foresight-Team, ein besonderes Augenmerk auf das Thema der Wasserinnovationen im Rahmen des neuen Foresight-Fokusthemas GameChanger 2040 zu legen. —



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



# »Ich greife nach den Sternen«

PROTOKOLL GESA-MARIE ZIENERT



Dr. Andrea „Annie“ Kritcher ist Kerntechnikerin und Physikerin an der National Ignition Faculty des Lawrence Livermore National Laboratory in Kalifornien. Für das Experiment im Dezember 2022 hat sie die Kapsel mit dem Brennstoff aus Deuterium und Tritium entworfen.

Ich wollte schon immer etwas tun, das der Menschheit nützt. Am Lawrence Livermore National Laboratory habe ich diese Möglichkeit gefunden. Die Kernfusion gilt als Heiliger Gral für die Erzeugung von potenziell unbegrenzt verfügbarer sauberer Energie. Dieser Vision sind mein Team und ich Ende 2022 einen entscheidenden Schritt näher gekommen.

Kernfusionsreaktionen sorgen dafür, dass Sterne wie die Sonne Energie abstrahlen. Bei unseren Experimenten ist es ein bisschen so, als würden wir eine Miniatursonne im Labor zünden. Ende vergangenen Jahres haben wir mit 192 Lasern auf eine pfefferkorngroße Kapsel geschossen, die mit einem Brennstoff aus den Wasserstoffisotopen Deuterium und Tritium gefüllt war. Das Material wurde auf 140 Millionen Grad Celsius erhitzt – das ist zehnmal heißer als das Innere der Sonne. Die Hitze lässt die Brennstoffkapsel immer weiter in sich zusammenfallen. Der dabei entstehende Druck ist so gewaltig, dass die Wasserstoffkerne miteinander zu Helium verschmelzen. All das geschieht in Bruchteilen von Sekunden und setzt enorme Energie frei.

Das Besondere an unserem Experiment: Zum ersten Mal ist es gelungen, bei der Fusion von Atomkernen mehr Energie freizusetzen als benötigt wurde, um die Reaktion auszulösen. Fusionskraftwerke haben also das Potenzial, unsere Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu verringern. Außerdem setzen sie keine Treibhausgase frei. Versorgungsgengpässe gibt es auch nicht: Deuterium kommt in großen Mengen im Meerwasser vor, und Tritium kann im Fusionsreaktor erzeugt werden.

Als Kind hätte ich nie gedacht, dass ich einmal im wahrsten Sinne des Wortes nach den Sternen greifen würde. Dass ich das heute kann, habe ich vor allem meinen Eltern zu verdanken, die mich immer dabei unterstützt haben, meine Ziele zu verfolgen. Jetzt geht es darum, die Effizienz der Kernfusion zu steigern, um der Realisierung eines nachhaltigen Kernfusionsreaktors noch einen Schritt näher zu kommen.

# 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, Deborah Lippmann | **TEXTCHEF** Christian Baulig | **ONLINE-REDAKTION** Pauline Brenke | **BILDREDAKTION** Nadine Berger | **LAYOUT** Wiebke Schwarz (Art Direction), Victor Schirner (Grafik) | **ANSCHRIFT DER REDAKTION** KNSK Group | Holstenwall 6 | 20355 Hamburg | **DRUCK** Linsen Druckcenter GmbH, Kleve | **COPYRIGHT** © 2023 by Evonik Industries AG, Essen. Nachdruck nur mit Genehmigung der Agentur. Der Inhalt gibt nicht in jedem Fall die Meinung des Herausgebers wieder. Fragen zum Magazin ELEMENTS: Telefon +49 201 177-3276 | E-Mail [elements@evonik.com](mailto:elements@evonik.com) | **BILDNACHWEISE** Cover: Alex Broeckel / Die Illustratoren | S. 3: Frank Preuß / Evonik Industries AG | S. 4 – 5: Getty Images, Michael Dominic Tedesco, Karsten Bootmann / Evonik Industries AG | S. 6 – 7: Super C | S. 8 – 9: Getty Images (2), Green Pod Labs, Azalea Uva | Infografik: KNSK GROUP | S. 11 – 19: James Whitlow Delano / laif, Minasse Wondimu Hailu / Anadolu Agency / picture alliance, BRYAN DENTON / The New York Times / Redux / laif, Mark Peterson / Redux / laif, Getty Images, JONAS EKSTROMER / AFP via Getty Images, Mauritius Images / Alamy Stock Photos / Tim Wege, Shutterstock, Xinhua / eyevine / laif; Illustration: Oriana Fenwick / Kombinatrotweiss mit Foto von Foto- und Bilderwerk; Infografik: Maximilian Nertinger | S. 21 – 29: Pretty Pictures, Karsten Bootmann / Evonik Industries AG (3), Evonik Industries AG, Berry O’Daniel / Evonik Industries AG, istockphoto (7), privat; Infografik: Maximilian Nertinger; Illustration: Oriana Fenwick / Kombinatrotweiss mit Fotovorlage von Stefan Eisenburger | S. 30 – 31: Infografik: Maximilian Nertinger | S. 32 – 37: Robert Eikelpoth | S. 38 – 45: Getty Images (2), Imago Images/Action Plus, Kurt Henseler / laif, Evonik Industries AG; Illustrationen: KNSK GROUP | S. 45 – 47: Evonik Industries AG, privat | S. 48 – 53: Aerial Innovations Southeast, Michael Dominic Tedesco (10); Illustration: Oriana Fenwick / Kombinatrotweiss mit privater Fotovorlage | S. 54 – 55: © BIG / Bjarke Ingels Group; Illustration: Oriana Fenwick / Kombinatrotweiss mit Fotovorlage von Karsten Bootmann / Evonik Industries AG | S. 56: Blaise Douros / Lawrence Livermore National Laboratory

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

# » Wir vergessen, dass der Kreislauf des Wassers ...

...und des Lebens eins sind“, sagte einmal Jacques-Yves Cousteau (1910 bis 1997). Der berühmte französische Meeresforscher produzierte nicht nur faszinierende Unterwasserdokumentationen, sondern setzte sich auch für den Schutz der Ozeane ein.

Cousteau verstand, dass Meere und Gletscher, Seen und Grundwasserreservoirs ein fragiles System bilden, das eng mit unserem Leben verbunden ist. Dürren und Überflutungen etwa sind deutliche Symptome der durch menschliches Handeln verursachten Klimakrise. Kluges Wasser-Management und technologische Lösungen bieten jedoch die Chance, die wertvolle Ressource zu schützen und einen positiven Wandel zu bewirken.