

ELEMENTS

Forschen. Wissen. Zukunft.



Brain Drops

Ein Heft für smarte Wasserlösungen

Wasser (H₂O)

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 so einzelne Moleküle miteinander wechselwirken. Dieser spezielle Aufbau sowie die Kräfte zwischen den Molekülen verleihen 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. Eine weitere Besonderheit ist große Temperaturbereich, in dem Wasser flüssig vorliegt – und für die Natur nutzbar ist.

Dipol Teilchen mit zwei entgegengesetzten (positiven und negativen) Polen.

Oberflächenspannung Eigenschaft der Oberfläche zwischen einer Flüssigkeit und einem Gas. Die Oberfläche einer Flüssigkeit verhält sich ähnlich einer Folie.

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



LIEBE LESERINNEN, LIEBE LESER,

wPeri ipition sequia corum, odis suntionsequi net, con et volo veliquia perum volorro millaut estius pellaborro dolecto beati dolecti odist, ut pres et odit ma nes essimpe ni as ratum aciuris in conse vellorehende cum acestiis molor andiate poreper iatistium volorem quam vita doles eaquae atior re non pores eatia adiae estem enis volorep erchicae minien- dis cor seriatur sitatati apit que reniment utem quis repeliciet modici aut officii dus volupti ssequia seque conetur a vercia velition plabor sequam voluptae nimagnist, il ea dolupid unt auda vendis aut aut molori autet repellibus.

Us. Imolent. Bit as sit facienes vellaccepta coriam diciis natibus dolore omnimus anducipsamet volore aute quas aut hillatempor sandae est ipis nistorati dolo es enis il molupta testrum abo. Quiandit, ut apiendis vel estibus es experor ehendusam, sit fugit eum hicae. Mus doluptisima non- sendi re mos et audaecest aut quaestium enis asperrumet liquiae cor auta sae aut excestiasi simus a natinvenihil et harumendam enihicia as et arum eos aut latem is di doluptas quamust, alit excepedi re num qui consequi comnis il et prepuda eratis dolorrovit rescid moditiume nulpia sunt, odis- tion eum facipsum eatem voloren tiisitest lam quibea dolor aspide ver- eperum aut doluptat.

Maionsendam, alit facesecto ipid molupti oditatis dolesequi ommolo- rem. To blautet experum as dolent voles suntia velis dolectoreped quatior sinum aut volestr umquam rem ratibus voloreratum quo quam ime ped qui tem acero mi, omnimet ea iusdanti reprerecto dolent, occaboris debi- tat uribust ruptae doloris cimenti orroreces aceatiumquia quost ut latibus cienest, comnis et quat.

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

Jörg Wagner
Chefredakteur

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

10



Sustia si as sum iumet aliquam usant. Occumquam es ium earibea conetur? Ministrum arum et labo. Itatis arci nonetus sundefibat quam dolupta tendaepesfasdfpro idellaut fuga. Ignis

WASSER

10 Flüssig bleiben

Wasser ist für die Menschheit überlebenswichtig. Doch die nutzbaren Vorkommen werden immer stärker beansprucht. Damit die knappen Ressourcen verantwortungsvoll genutzt 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 wenig. 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 wieder zurückgeführt wird.

Sustia si as sum iumet aliquam usant. Occumquam es ium earibea conector? Ministrum aru

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 mehr Investitionen in einen wirksamen Wasserschutz.

ESSAY

46 Wasser ist die Lösung

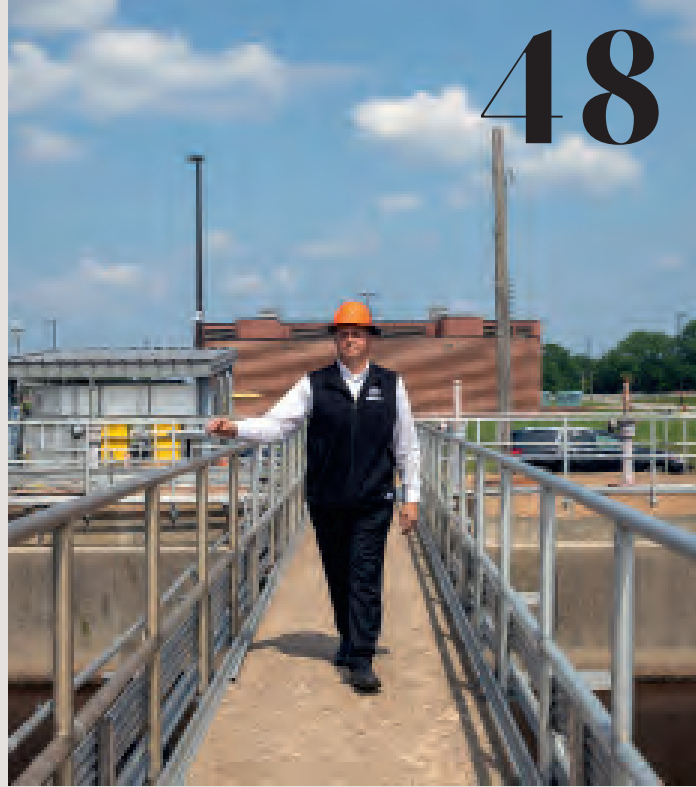
Der US-amerikanische Wissenschaftler Bruce Lipshutz plädiert für eine Abkehr von organischen Lösungsmitteln in der Chemie. Stattdessen sollte sie auf das natürliche Reaktionsmedium Wasser setzen.

48 Mississippi blue

Bei der Reinigung ihrer Abwässer setzt die US-Stadt Memphis auf umweltschonende Peressigsäure statt Chlor. Evonik produziert die Substanz in einer Anlage eigens für diesen Zweck.



Sustia si as sum iumet aliquam usant. Occumquam es ium earibea conector? Ministrum arum et labo. Itatis arci nonetus sundebitat quam dolupta tendaepe pro idellaut fuga. Ignis



6 START-UP

Das chinesische Unternehmen Super C produziert Graphen für Hochleistungsbatterien.

8 PERSPEKTIVEN

Neues aus Wissenschaft und Forschung

38 EVONIK-LAND

Neuseeland

Auch am südlichen Ende der Welt kommt Knowhow von Evonik zum Einsatz.

56 FORESIGHT

Weiches Wasser

Welche „soften“ Technologien die Ressource Wasser schonen helfen.

58 IN MEINEM ELEMENT

Deuterium und Tritium

Annie Kritcher nutzt die beiden Elemente bei der Entwicklung von Kernfusionsreaktoren.

59 IMPRESSUM



10

Sustia si as sum iumet aliquam usant. Occumquam es ium earibea conetur? Ministrum arum et labo. Itatis arci nonetus sundebitat quam dolupta tendaepe pro idellaut fuga. Ignis

WASSER

10 Flüssig bleiben

Wasser ist für die Menschheit überlebenswichtig. Doch die nutzbaren Vorkommen werden immer stärker beansprucht. Damit die knappen Ressourcen verantwortungsvoll genutzt 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 wenig. 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 wieder zurückgeführt wird.

Sustia si as sum iumet aliquam usant. Occumquam es ium earibea conector? Ministrum aru

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 mehr Investitionen in einen wirksamen Wasserschutz.

ESSAY

46 **Wasser ist die Lösung**

Der US-amerikanische Wissenschaftler Bruce Lipshutz plädiert für eine Abkehr von organischen Lösungsmitteln in der Chemie. Stattdessen sollte sie auf das natürliche Reaktionsmedium Wasser setzen.

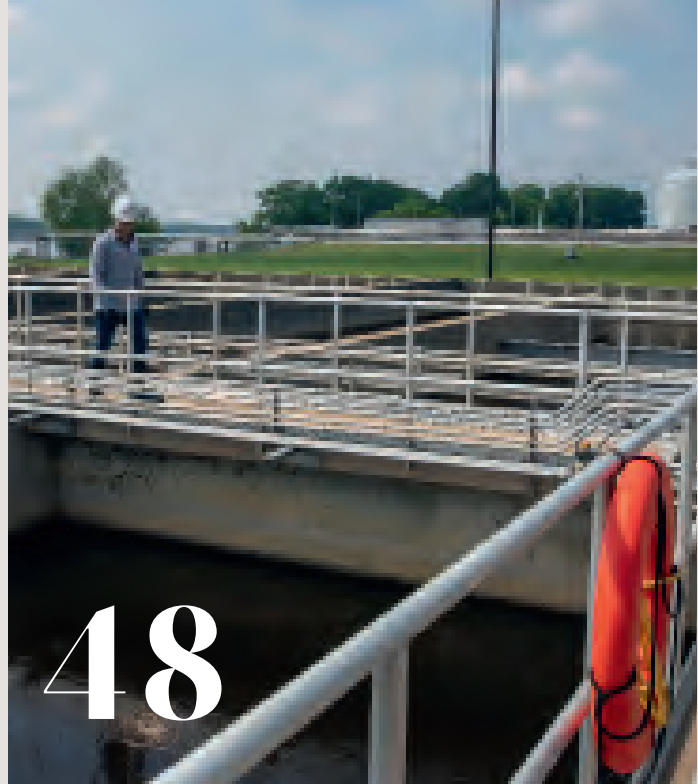
48 **Mississippi blue**

Bei der Reinigung ihrer Abwässer setzt die US-Stadt Memphis auf umweltschonende Peressigsäure statt Chlor. Evonik produziert die Substanz in einer Anlage eigens für diesen Zweck.



20

Sustia si as sum iumet aliquam usant. Occumquam es ium earibea conector? Ministrum arum et labo. Itatis arci nonetus sundebitat quam dolupta tendaepe pro idellaut fuga. Ignis



6 START-UP

Das chinesische Unternehmen Super C produziert Graphen für Hochleistungsbatterien.

8 PERSPEKTIVEN

Neues aus Wissenschaft und Forschung

38 EVONIK-LAND

Neuseeland

Auch am südlichen Ende der Welt kommt Knowhow von Evonik zum Einsatz.

56 FORESIGHT

Weiches Wasser

Welche „soften“ Technologien die Ressource Wasser schonen helfen.

58 IN MEINEM ELEMENT

Deuterium und Tritium

Annie Kritcher nutzt die beiden Elemente bei der Entwicklung von Kernfusionsreaktoren.

59 IMPRESSUM

AUF LEISTUNG GETRIMMT

Die Energiewende erfordert auch klimafreundlichere Mobilität. Dabei spielen leistungsfähige Akkus, beispielsweise aus Lithium-Ionen, eine entscheidende Rolle. Das chinesische Unternehmen Super C, in das Evonik Venture Capital seit Anfang 2023 investiert, ist Batteriespezialist und technologisch führend bei Graphenmaterialien. Mithilfe eines selbstentwickelten Verfahrens stellt es sogenanntes few-layer Graphene (FLG) her, also modifizierten Kohlenstoff mit wenigen Schichten, um daraus Pasten für Elektroden in Lithium-Ionen-Batterien zu produzieren. Die Zugabe von Graphen verschafft den Batterien eine höhere Leistung, Ladeschwindigkeit und Lebensdauer. Zudem sorgt Graphen dafür, dass Lithium-Ionen-Batterien weniger empfindlich für hohe Temperaturen sind und verringert so ihre Brandgefahr. Die Technologie schafft somit gute Voraussetzungen, um die Leistung von Elektrofahrzeugen zu steigern und so die Energiewende zu beschleunigen.



Das Gleiche in Grün

Ammoniak als Reduktionsmittel könnte die Stahlproduktion nachhaltiger machen.

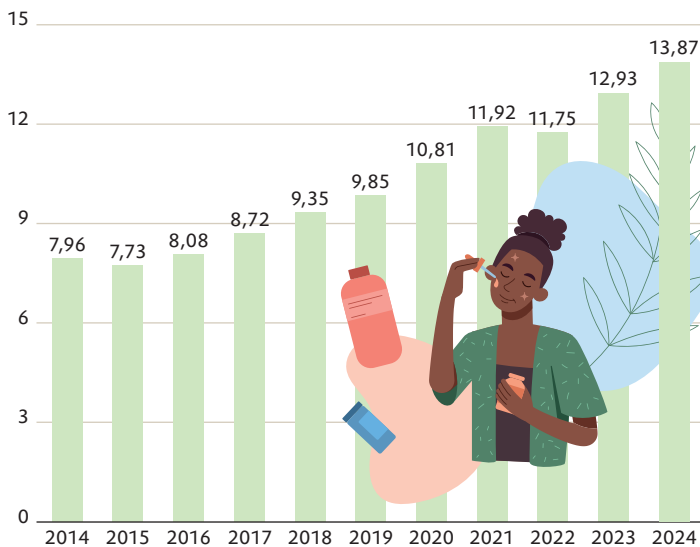
Die Stahlindustrie zählt zu den weltweit größten CO₂-Emittenten. Das liegt vor allem an der Schmelze, die in Hochöfen stattfindet. Bei diesem Prozess wird Kohle als Reduktionsmittel eingesetzt, um aus Eisenerz Eisen zu gewinnen. Ein deutsches Forscherteam vom Max-Planck-Institut für Eisenforschung sieht in Ammoniak eine vielversprechende Alternative zu fossilen Reduktionsmitteln. Wenn Unternehmen eine grünere Stahlproduktion anstreben, stützen sie sich zumeist auf Wasserstoff statt Kohle. Eine Umstellung erfordert allerdings viel größere Mengen an grünem Wasserstoff als aktuell produziert werden können. Der Transport ist zudem aufwendig und energieintensiv.



Anders Ammoniak: Das Gas kann ebenfalls mittels erneuerbarer Energien erzeugt werden, ist aber günstiger und energiesparender zu transportieren als Wasserstoff. Tests ergaben, dass bei direkter Einleitung des Ammoniaks in den Hochofen rund 98 Prozent des Eisenerzes in metallisches Eisen umgewandelt wird. Möglich wird dies, weil sich der im Ammoniak enthaltene Wasserstoff bei Stahlkochtemperaturen im Ofen von selbst aus dem Molekül abspaltet. Somit liegt er frei vor und kann das erhitzte Eisenerz reduzieren – ohne Zusatzaufwand oder Katalysator. 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-Dollar



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

Quelle: Statista Consumer Market Insights

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 dem 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, beispielsweise für künftige 6G-Anwendungen, einsetzen.

LANMODULIN ...

...ist ein kleines, unstrukturiertes Protein, das seltene Erden binden kann. Diese Eigenschaft machen sich US-Forscher zunutze: Seltene Erden sind essenziell für die Energiewende, insbesondere für Hightech-Anwendungen wie Generatoren von Windturbinen oder Batterien. Doch Metalle wie Lanthan oder Neodym liegen üblicherweise in gemischter Form in Erzlagerstätten vor und sind sich chemisch so ähnlich, dass sie sich nur unter hohem Aufwand und Kosten voneinander trennen lassen. Ein neues künstlich verändertes Protein, das auf Lanmodulin basiert soll seltene Erden effizient voneinander trennen kann. Dieses reagiert dank der Modifizierung so empfindlich auf Unterschiede im Atomdurchmesser, dass es die Elemente in nahezu hochreiner Form voneinander trennt.

Der Kern der Sache

Molekulare Chirurgie beschleunigt die Entwicklung neuer Arzneimittel.

Die Entwicklung neuer Medikamente ist ein aufwendiger Prozess: Chemiker fokussieren sich auf ein Molekül als Basis, wovon sie anschließend Hunderte Varianten generieren, um diese auf bestimmte Eigenschaften zu testen. Das Problem: Sobald das Grundgerüst aus Atomen zusammengesetzt ist, ist es schwer, nachträglich Atome zu verschieben, zu entfernen, auszutauschen oder neu hinzuzufügen. Die Moleküle müssen unter großem Zeitaufwand und hohen Kosten neu aufgebaut werden. Ein neues Verfahren soll das nun ändern.

Der Chemiker Mark Levin von der University of Chicago (Illinois) nutzt molekular-chirurgische Verfahren – sogenanntes Gerüstediting (englisch: Skeletal Editing) –, um den Prozess erheblich zu beschleunigen. Skeletal Editing umfasst eine Reihe an optimierten Reaktionen, die das „Skelett“ eines Moleküls gezielt modifizieren. So werden Reaktionsstufen, Reagenzien und Aufarbeitungen in der Arzneimittelentwicklung eingespart – und die Art und Weise, wie organische Chemiker Moleküle entwerfen, revolutioniert.

MENSCH & VISION

»Das Produkt enthält Pflanzenextrakte, die sich in 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 in 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 Startups 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 sind Lebensmittelverschwendung und -verlust ein großes Problem. Eine Lösung dafür fand Deepak Rajmohan in den natürlichen Abwehrmechanismen von Obst und Gemüse. Unter Stress, etwa aufgrund von Hitze, geben diese gasförmige biochemische Signale, sogenannte flüchtige organische Stoffe, ab. Diese vertreiben zum Beispiel Mikroben. Rajmohan und sein Team haben kleine Päckchen entwickelt, die Obst oder Gemüse beigelegt werden, damit diese lange Transportwege besser überstehen. „Das Produkt enthält Pflanzenextrakte, die sich in Kontakt mit Luft in flüchtige organische Stoffe umwandeln. Darauf reagieren Obst oder Gemüse und wappnen sich gegen äußeren Stress.“

GUTE FRAGE



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

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


Azalea Uva ist Doktorandin in Chemie an der University of Toronto.

An aerial photograph of a vast, arid landscape. The ground is dark and cracked, indicating severe drought. In the background, there are rolling hills or mountains under a clear sky. The overall tone is somber and emphasizes the lack of water.

WEGE ZUM WASSER

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 ist eine außergewöhnlich lange Dürreperiode und ein übermäßiger Wasserverbrauch in der Region.

Das 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 wenigen Regens. 2022 war in dieser Region das trockenste Jahr seit mehr als einem halben Jahrhundert. Und auch in diesem Jahr hat es kaum geregnet. Nun wissen die Bauern nicht mehr, 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 dann gingen 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 außergewöhnlich schwerem Monsunregen mehrere Wochen lang unter Wasser. Über Kalifornien ging nach drei Jahren der Dürre in diesem Winter so viel Regen nieder, dass es in vielen Bezirken 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 ins Pyrozän, das Zeitalter des Feuers einträten. Doch im Grunde entfalten die Dürren und Brände nur deshalb diese verheerende Kraft, weil das Wasser immer knapper 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 Grand-Ethiopian-Renaissance-Talsperre in Äthiopien staut den Blauen Nil, was für Konflikte mit Sudan und Ägypten stromabwärts sorgt. Die ersten Turbinen des angeschlossenen Kraftwerks gingen Anfang 2022 in

ANOMALIE DES WASSERS

Süßwasser verringert sein Volumen bis zu einer Temperatur von vier Grad Celsius. Dann ist es am schwersten. Wird es erhitzt oder abgekühlt, sinkt die Dichte. Am Grund von Seen herrschen daher in der Regel das ganze Jahr über etwa vier Grad. Normalerweise erreichen Stoffe ihre höchste Dichte in festem 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 ab Seite XX).

SÜSSWASSER WIRD IMMER KNAPPER

Wo aber soll man ansetzen? Auf der Erde gibt es eigentlich Wasser in Hülle und Fülle. Experten schätzen die globale Wassermenge 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 Infografik Seite 22).

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 aufbauen. 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. Hier 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 (EUA) kommt zu dem Schluss, dass bereits heute 30 Prozent der Europäer in einem Durchschnittsjahr 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 jene →

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



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.

DER DUFT DES REGENS

Wenn Regen auf trockene Erde fällt, erzeugt das einen typischen Duft. Dieser 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.

Wassernaßnahmen 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 Entschuldigungen“, 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 fer-

tiggestellt 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 Grand-Ethiopian-Renaissance-Talsperre, die gerade in Äthiopien 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.

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 ist, wieviel Grundwasser sich neu bildet – etwa in Burkina Faso oder in Mali. Oftmals versiegen die Brunnen nach kurzer Zeit wieder, weil sich die natürlichen Grundwasserspeicher leeren. In manchen Bergregionen in Südamerika wiederum werden Hochebenen und Wälder durch Viehherden übernutzt und zerstört. Wichtige Quellgebiete von Bächen und Flüssen nehmen Schaden, von denen die Menschen in den Dörfern und Städten in den Tälern abhängig sind. „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 Industriestaaten entbrennen immer häufiger Konflikte ums Wasser. In Deutschland ist etwa tobt im regenarmen Brandenburg ein Streit ums Grundwasser zwischen dem Autobauer Tesla und der Bevölkerung, seit 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, zum Teil mit Erfolg. Auch die geklärten Abwässer der



» 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 deutsche Industriekonzerne mit hohem Verbrauch sehen sich 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 Loreley-Felsens 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 davon 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, →

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

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

KAKTEEN STATT ROLLRASEN

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

ren gänzlich erschöpft gewesen wären. Der Wasserverbrauch wurde zeitweise auf 50 Liter pro Kopf und Tag begrenzt. Zudem wurden die Kapstädter aufgerufen, ihr Trinkwasser nicht aus 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.

Auch der südkalifornischen Stadt San Diego ist es mit Förderungen und Verboten gelungen, den Wasserverbrauch spürbar zu senken. Die Stadt zahlt Bürgern Zuschüsse, wenn sie in ihren Gärten auf dürreresistente Pflanzen umsteigen. Gefördert werden auch wassersparende 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 dass 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. Solche Anlagen sind für viele Länder und Regionen die wichtigste Technologie, um die Bevölkerung mit Süß-

SCHWERES EIS

Englische Forscher haben bei rund minus 196 Grad Eis hergestellt, das fast genauso schwer 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.

wasser zu versorgen. Angesichts der gigantischen Salzwasser-Vorräte auf der Erde stellen sie eine naheliegende Lösung dar. Zugleich verschärfen sie vielerorts die Klimakrise. Beispiel Dubai: Hier steht die derzeit größte Anlage der Welt. Sie produziert täglich zwei Milliarden Liter Trinkwasser, damit könnte man den Bedarf von fünf Großstädten wie Berlin decken. Dabei verbraucht sie allerdings Unmengen an Öl und Gas – und trägt somit erheblich zum CO₂-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 diese 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 Stadt Berlin 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 die sogenannte Umkehrosmose dann 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. Hier braucht es weniger „harte“ Technik, sondern vielmehr sogenannte „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



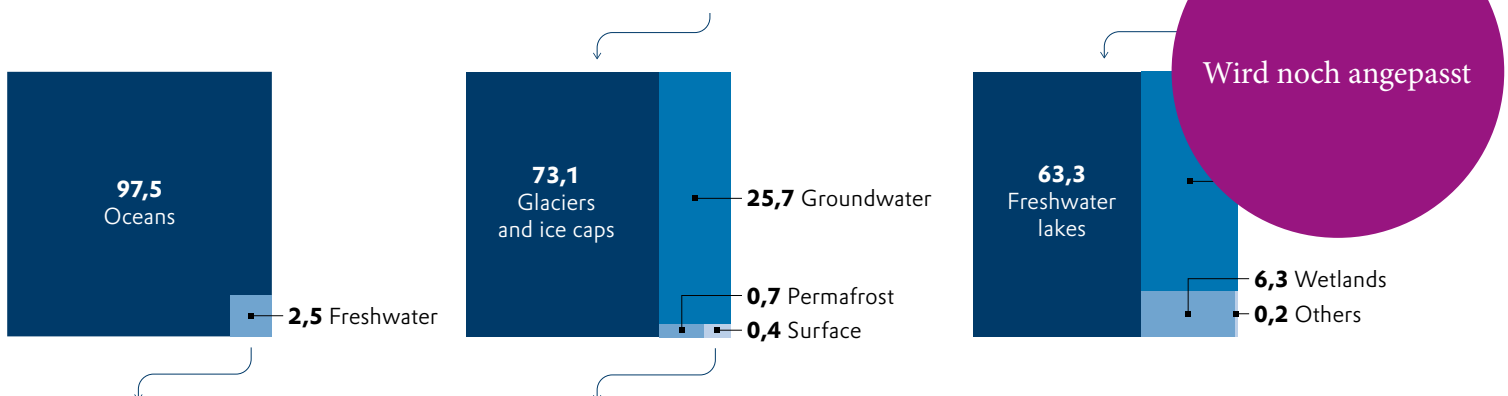
Wasser-Stoff: Die Landwirtschaft verbraucht weltweit am meisten Wasser. Um etwa ein Kilo Baumwolle anzubauen, sind bis zu 1.200 Liter nötig,

DER NASSESTE ORT DER WELT

Der weltweit regenreichste Punkt der Erde ist der Mount Wai'ale'ale auf der Insel Kaua'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





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

Viehbesitzer 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 denen die Viehbesitzer in der Bergregion finanziert werden.

BETEILIGUNG SCHAFFT VERANTWORTUNG

Von gutem Wassermanagement könnten viele Menschen profitieren, sagt Philipp Günter vom deutschen Hilfswerk Misereor, der schon viele Projekte in Afrika und Lateinamerika begleitet hat: „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 baut, stärkt 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 – über 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.

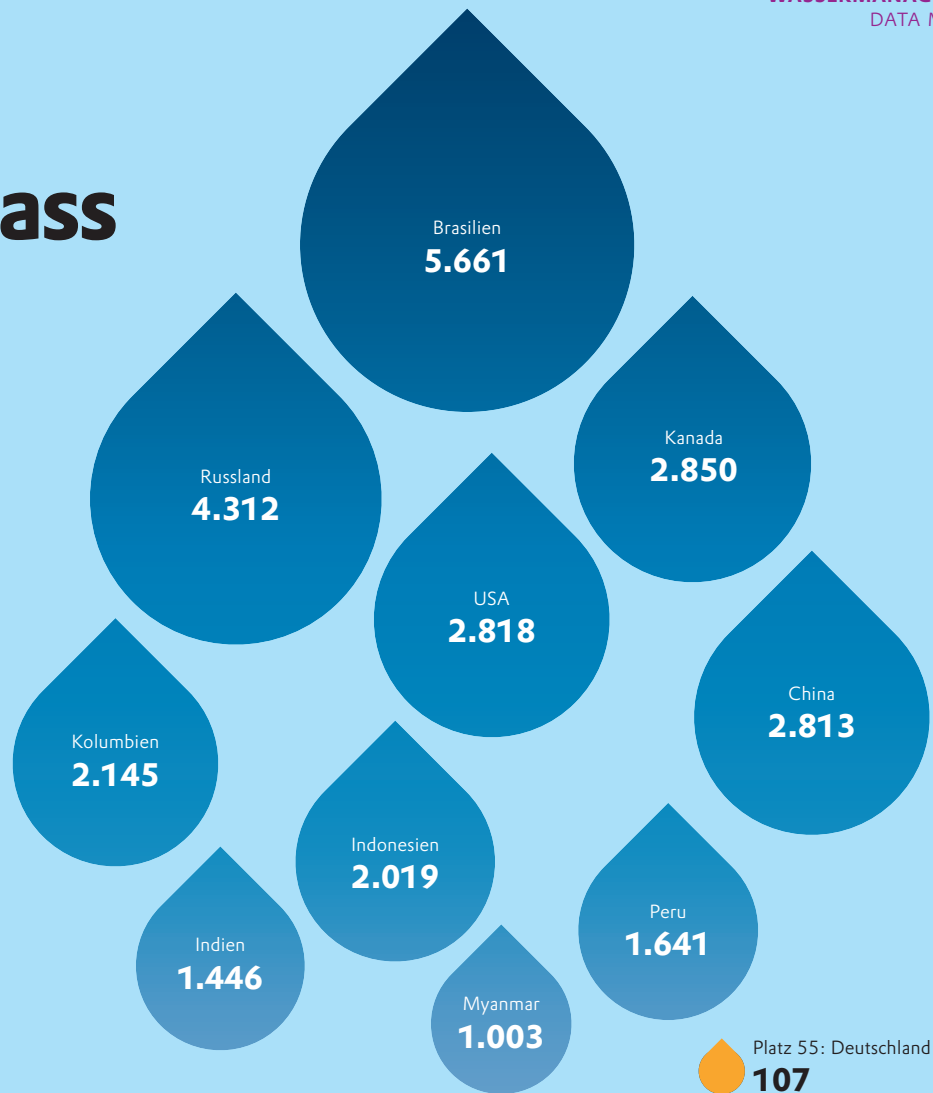
Quellen: OECD, FAO, weltbank, holidu.de

INFOGRAFIK **MAXIMILIAN NERTINGER**

Wasser im Überfluss

Länder mit dem größten erneuerbaren Frischwasserbestand* 2020, in Milliarden Kubikmetern

* Saldo aus Niederschlag, Verdunstung, Zu- und Abflüssen



Verschwendet oder Sparen

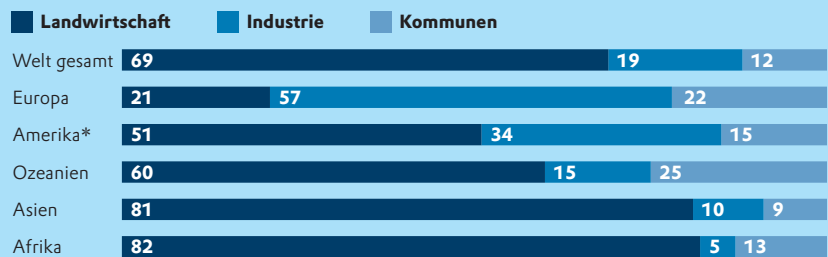
Jährlicher Pro-Kopf-Wasserverbrauch ausgewählter Länder, 2021* in Kubikmetern



* oder letztes verfügbares Jahr

Durstige Landwirtschaft

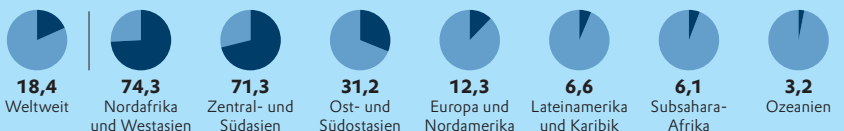
Wasserverbrauch nach Sektoren und Kontinenten 2015, in Prozent



* 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 Euro pro Kubikmeter





FLÜSSIG- TREIB- STOFF

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

Ohne Wasser geht es bei Evonik nicht. Allein zur Kühlung ist es unersetzlich. Damit die Versorgung gesichert wird 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**

Heiße Sommer bedeuten Stress für Hannah Gerwing. Die Logistikerin hält für Evonik in Essen die Wasserstandsprognosen von Rhein, Main und anderen deutschen Flüssen im Auge. Entlang der Ufer 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 und Schiene verlegt 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 mehr“, 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.



»Ohne Wasser geht gar nichts mehr. Wir müssen das sehr ernst nehmen.«

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 sogenannten „Water Risk Filter“ des WWF nutzen, eine Methodik, die neben drohender Knappheit viele weitere lokale Faktoren berücksichtigt. „Wasser ist – anders als CO₂ – eine lokal wirkende und von Ort zu Ort sehr differenziert zu bewertende Größe“, sagt Wojciechowski.

JEDER LITER WIRD SECHS MAL GENUTZT

Chemie braucht Wasser – viel Wasser. Für chemische Reaktionen, als Verdünnungs- und Lösemittel, fürs Waschen und Reinigen und vor allem zum Kühlen. Laut Weltbank werden von den global jährlich rund 3,9 Billionen entnommenen Kubikmetern Süßwasser im Schnitt 15 Prozent industriell genutzt. Und die Chemiebranche ist nach der Energieversorgung der durstigste Industriezweig. In Deutschland etwa 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 letzten 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 sechs Mal, 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 30/31). 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, den spezifischen Wasserverbrauch – also die Menge Wasser pro produzierter Tonne Produkt – zu verringern. Im Rahmen der neuen Wassermanagement-Strategie 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, so 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 Wärme gut „gemanagt“ wird, lässt sich der Kühlwasserbedarf senken. Als Nebeneffekt muss weniger Dampf erzeugt werden. Im Rahmen eines weltweiten Technologieprogramms trimmt Evonik derzeit Standorte in aller Welt für bis zu 700 Millionen Euro auf mehr Effizienz. Wo Wasserbedarf und CO₂-Emissionen gleichermaßen gesenkt werden, machen sich die Investitionen schnell bezahlt.

Um den Spardruck zu erhöhen, greift Evonik zu ungewöhnlichen Mitteln. „Wasser ist eigentlich zu billig“, sagt Nachhaltigkeitsexpertin Wojciechowski. Das Unternehmen hat daher einen eigenen Wasserpreis eingeführt, der externe Kosten und Risiken berücksichtigt. Das soll helfen, Investitionen und Standortentscheidungen stärker anhand der lokal drohenden Wasserszenarien zu bewerten – und überall in der Welt rechtzeitig gegen-zusteuern. —



ANTWERPEN KÜHLEN MIT ABWASSER

LAND	Belgien
LAGE	51,3° N 4,3° O
KLIMA	warm/gemäßigt
DURCHSCHNITTSTEMPERATUR	11 °C
JÄHRL. 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 Evoniks Anlagen brauchen viel Flüssigkeit für Kühlung, Dampf und Prozesse. Weil die Gezeiten Salzwasser 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 decken, indem wir das Kanalwasser zur Durchlaufkühlung nutzen“, erklärt Dirk Goossens, Sustainability Coordinator am Standort. Mit dem Bau zwei großer

Wasser-Recycling:

In Antwerpen betreibt Evonik elf Anlagen, darunter die weltweit größte Produktion der essentiellen Aminosäure Methionin. Die Nutzung von Abwässern soll den Jahresbedarf an Frischwasser um 2,5 Millionen Kubikmeter senken.

Anlagen stieß man aber vor Jahren an Grenzen: „Vor allem im Sommer können und dürfen nicht beliebig viel Wärme an den Kanal abgeben“, so Goossens. Zu warmes Wasser würde das biologische Gleichgewicht stören. Alle neuen Anlagen kühlt Evonik deshalb mit 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: „Die Idee ist, kommunales Abwasser der Stadt Antwerpen so aufzubereiten, 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“, erklärt Walscharts. Stattdessen wird es künftig in einer sogenannten Umkehrosmose noch einmal durch eine spezielle Membran gedrückt, die verbleibende Verunreinigungen und Salze werden dadurch 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 zwei Jahren soll die Anlage laufen. —



MAP TA PHUT SPAREN MIT FILTERTECHNIK

LAND	Thailand
AGE	12,7° N 101,1° O
KLIMA	tropisch
DURCHSCHNITTSTEMPERATUR	27,2 °C
JÄHRL. NIEDERSCHLAGSMENGE	1807 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 Matthias Pascaly, der den Evonik-Standort Map Ta Phut leitet. Dort stellt Evonik gefällte Kieselsäure her, die in Produkten vom Autoreifen bis zur Zahnpasta zum Einsatz kommt. Der Produktionsprozess benötigt viel Wasser. Das Produkt flockt als weißes Pulver in der Flüssigkeit aus und wird dann in Filterpressen herausgeholt und getrocknet. „Je nachdem, wie man diesen Prozess fährt, lässt sich viel Wasser sparen“, erklärt Pascaly. 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 Wasserverbrauch 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 30,9° O
KLIMA	warm/gemäßigt
DURCHSCHNITTSTEMPERATUR	20,5 °C
JÄHRL. NIEDERSCHLAGSMENGE	887 mm
REGENTAGE	89



Seinen Namen verdankt der Umbogintwini Industrial Complex dem nahegelegenen Fluss, er liegt selbst nur einen guten Kilometer vom Indischen Ozean entfernt. Wasser müsste es demnach in Hülle und Fülle geben. Dennoch ist man im Chemiepark südlich der südafrikanischen Millionenstadt Durban, wo Evonik Wasserstoffperoxid produziert, besorgt. Extreme Wetterlagen nehmen zu. „Wir sparen Wasser schon aus Eigeninteresse, aber auch, um unser Umfeld zu entlasten“, sagt Surie Govender, die am Standort für die Ver- und Entsorgung verantwortlich ist. „Jeder Tropfen hilft.“

Die Maßnahmen sind vielfältig: So versorgt etwa gesammeltes Regenwasser die Sanitäranlagen. Künftig soll es auch zum Reinigen von Transportfässern genutzt werden. Die Pläne in Umbogintwini reichen jedoch noch weiter: Künftig ließe sich Kühlwasser aufbereiten und in Produktion und Logistik verwenden. Und statt das Wasserstoffperoxid mittels Destillation auf eine bestimmte Konzentration zu bringen, ist auch eine Umkehrosmose mittels Membranen möglich. Das würde Dampfenergie, Kühlbedarf und damit auch Wasser sparen. —

WESSELING ENTLASTUNG FÜR DEN FLUSS

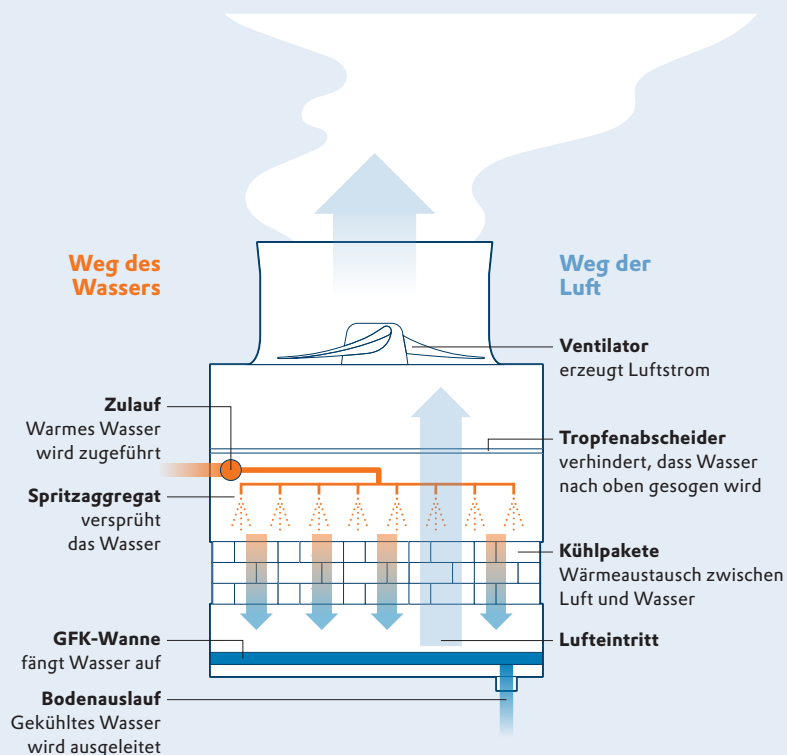
LAND	Deutschland
LAGE	52,8° N 7,3° O
KLIMA	warm/gemäßigt
DURCHSCHNITTSTEMPERATUR	10,7 °C
JÄHRL. NIEDERSCHLAGSMENGE	847 mm
REGENTAGE	115



Ein moderner Zweizellenkühlturm sorgt in Wesseling dafür, dass die Silica-Produktion ohne saisonale Unterbrechung laufen kann. Er kühlt die gereinigten Abwässer nach dem Auswaschen von Filterpressen besonders energieeffizient. Der Rhein profitiert von der niedrigeren Einleittemperatur. —

Warm rein, kühl raus

Schematische Darstellung eines Zweizellenkühlturms



MARL KREISLAUF FÜRS KÜHLWASSER

LAND	Deutschland
LAGE	51,7° N 7,1° O
KLIMA	warm/gemäßigt
DURCHSCHNITTSTEMPERATUR	12 °C
JÄHRL. NIEDERSCHLAGSMENGE	607 mm
REGENTAGE	197



Rund 600 Millionen Kubikmeter Wasser nutzt der Chemiapark Marl pro Jahr. Trotzdem sprechen sie hier am Nordrand des Ruhrgebiets von einem „trockenem Standort“. Zum einen liegt der Chemiapark 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 Industrieareal könnten den Durst des Standorts nicht stillen.

Auf sechs Quadratkilometern (der dreifachen Fläche Monacos) sind im Chemiapark Marl drei Kraftwerke und rund 100 Produktionsanlagen von mehr als 20 Unternehmen im Einsatz. Praktisch überall ist Wasser gefragt – als Prozesswasser, Löschwasser, Waschwasser 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 Durch-

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

Insgesamt rund 80 solcher dezentralen Anlagen verteilen sich über das gesamte Gelände. 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 20 Grad oder weniger heruntertemperierte Wasser zu den Kunden im Park geleitet, die damit ihre Prozesse abkühlen und es anschließend auf maximal 36 Grad erwärmt wieder 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 Abwärme-Netzwerk 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. Er leitet das Projekt 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 kontaminiert wurde“, erklärt Jörg Gisselmann, der bei Evonik die Umweltbetriebe Marl leitet. Die Klärung und Aufbereitung der Abwässer übernehmen Bakterien. 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 diese für die Bakterien „verdaulich“ zu machen. Das Verfahren wird so nur hier angewendet: Mittels Wasserstoffperoxid, das Evonik selbst herstellt, können auch komplexe Kohlenstoffverbindungen umweltschonend zerlegt werden. Das Wasserstoffperoxid selbst wird durch Eisensalze zusätzlich aktiviert, was seine oxidative Wirkung erhöht. Bei der Oxidation zerfällt es dann zu Wasser und Sauerstoff. 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	_____	19,2° N 73,1° O
KLIMA	_____	tropisch
DURCHSCHNITTSTEMPERATUR	_____	26,7 °C
JÄHRL. NIEDERSCHLAGSMENGE	_____	1439 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 direkt in unserem Produktionsprozess 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, das ZLD nicht nur für einen ausgewählten Prozessablauf oder Anlagenabschnitt einsetzt, sondern für das gesamte Prozesswasser. So zeigen wir, wie eine konsequente Ressourcenschonung umgesetzt werden kann. —

MOBILE SAUBER DANK SUMPFPFLANZEN

LAND	_____	USA
LAGE	_____	20,5° N 88,1° W
KLIMA	_____	warm/gemäßigt
DURCHSCHNITTSTEMPERATUR	_____	19,9 °C
JÄHRL. NIEDERSCHLAGSMENGE	_____	1396 mm
REGENTAGE	_____	96



Kugelbinse (*Scirpoides holoschoenus*) und Südlicher Rohrkolben (*Typha domingensis*) müssen es richten. Die Sumpfpflanzen wachsen auf einem Bett aus Geröll in einem Bassin am Rand des Evonik-Standorts Mobile. „Anfang der 2000er-Jahre, als das Becken zusätzlich installiert wurde, um mit dem wachsenden Produktion Schritt zu halten, war das ein echtes Novum“, sagt Trey Laubenthal, der am Standort für die gesamte Abwasserbehandlung 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 nahegelegenen Theodore Industrial Canal abgeleitet werden, durchlaufen sie mehrere Aufbereitungsstufen. Die letzte ist die Sumpfkkläranlage: ein Bassin, etwas größer als ein Fußballfeld. Die Pflanzen darin bilden ein dichtes Wurzelnetz, mit dem sie dem Wasser nahezu alle noch verbliebenen Kohlenstoff-, Stickstoff- und Phosphorverbindungen entziehen. Diese könnten den Kanal sonst überdüngen.

Im Becken gedeihen die Pflanzen derweil so gut, dass sich dazwischen Insekten, Kleintiere und Schlangen tummeln. „Was wir in den Kanal einleiten, ist sauberer als das Kanalwasser selbst“, so Laubenthal. Der Theodore Industrial Canal selbst – eine Art Sackgasse in der Mobile Bay – sei deshalb bei Hobbyanglern beliebt, so Laubenthal. 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 Sumpfkkläranlage (Bildmitte).



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

Alles fließt

Pro Jahr durchläuft ein 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.

NUTZUNG

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

1.810

Millionen Kubikmeter

INFOGRAFIK MAXIMILIAN NERTINGER

ENTNAHME

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

446

Millionen Kubikmeter

REGENWASSER

Aufgefangenes Regenwasser und recyceltes Wasser benachbarter Unternehmen.

TRINK- UND GRUNDWASSER

Süßwasser aus der örtlichen Wasserversorgung und aus Brunnen.

OBERFLÄCHENWASSER

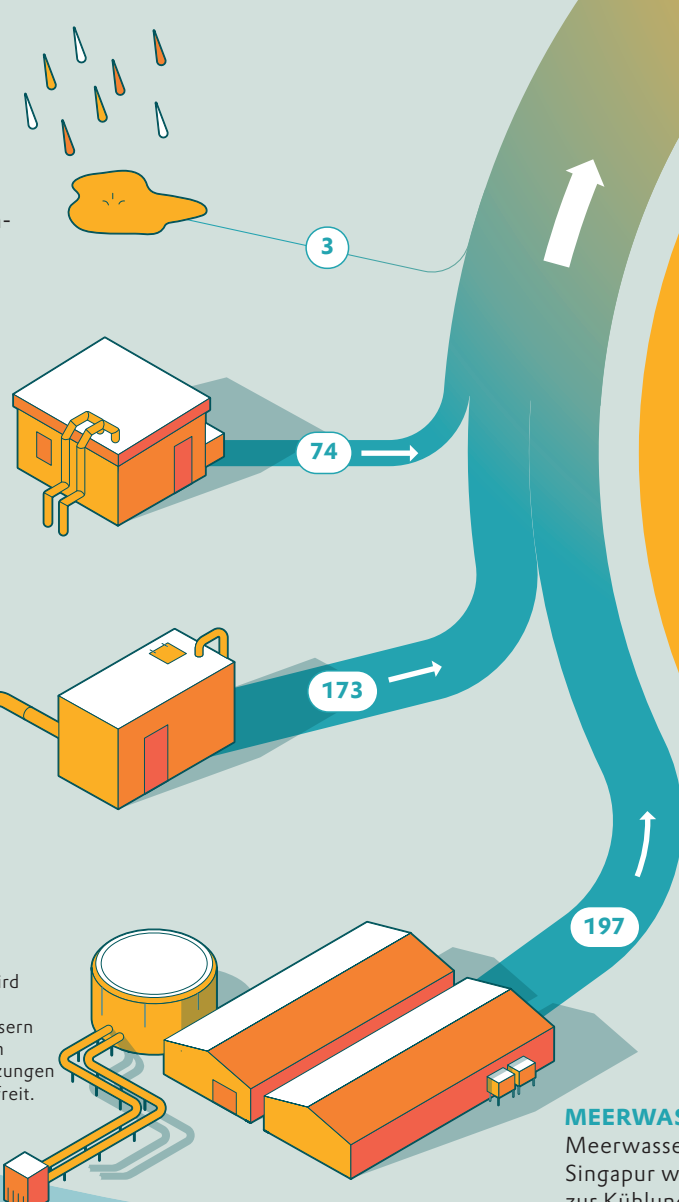
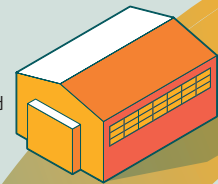
Wasser aus Seen, Flüssen und anderen Wasserkörpern.

Vorreinigung

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

Aufbereitung

Wasser für die Produktion wird gefiltert und aufbereitet.

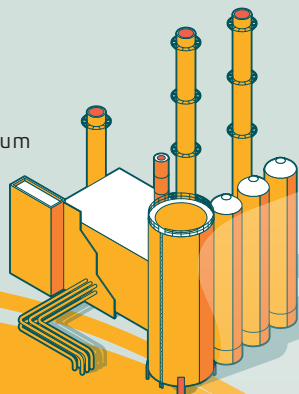


MEERWASSER

Meerwasser wird am Standort Singapur wird Meerwasser in zur Kühlung genutzt.

PRODUKTION

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



45

381

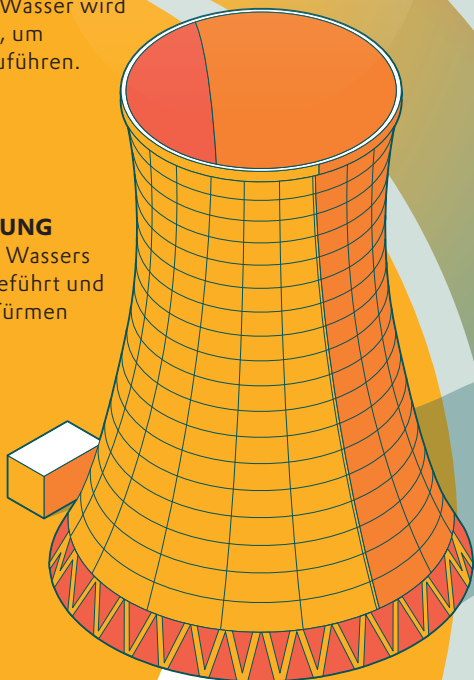
DURCHLAUFKÜHLUNG

Frisch zugeführtes Wasser wird genutzt verwendet, um Prozesswärme abzuführen.

1.384

KREISLAUFKÜHLUNG

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

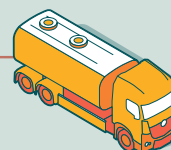


VERLUST

Geringe Mengen Wasser werden zum Verdünnen von Produkten verwendet oder entweichen durch Verdunstung.

7

Mio. Kubikmeter



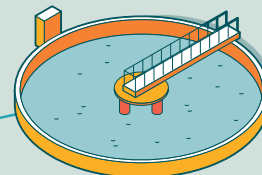
7

RÜCKFÜHRUNG

Das genutzte Wasser wird fast vollständig in Gewässer abgegeben.

426

Millionen Kubikmeter



7

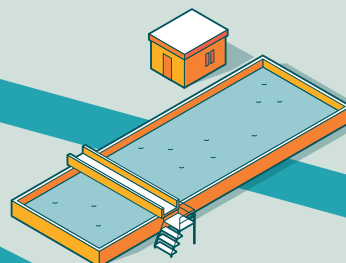
EXTERNE KLÄRANLAGEN

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 wird in Seen und Flüsse zurückgeführt.

197

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 Dr. 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 Kubikkilometern 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?

JOHANNES 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 Pfundes 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 kein Schnee und 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 noch 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 Wasser-Fußabdruck.

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 halbes Pfundes 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 3 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 sie damit immer die Ärmsten treffen und nicht die Großverbraucher. Beim Kohlendioxid ist das anders. Wenn Sie den CO₂ Preis heraufsetzen, belasten Sie nicht überproportional die unteren Einkommensschichten.

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 Reife-phase 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 Corona-Pandemie locker gemacht 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 aufrecht zu erhalten?

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 Maōri, der Ureinwohner Neuseelands, bedeutet dies „das Land der langen weißen Wolke“ – eine Anspielung auf eine besondere Formation, die einst polynesischen Seefahrer hierher geführt haben soll. Die Inselgruppe im Pazifischen Ozean besticht mit atemberaubender Natur, die nicht nur für die Maōri eine spirituelle Bedeutung hat, sondern auch die Wirtschaft des Landes prägt.

TEXT PAULINE BRENKE

— Seine spektakuläre Schönheit entfaltet der Milford Sound vor allem, nachdem es geregnet hat. Dann strömen hunderte kleiner Wasserfälle die Berge hinab und erwecken das Fjord-Panorama 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 ihre Körper und singen laut – so empfangen die Mitglieder des neuseeländischen Rugby-Teams 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 stecken Polyamid-12-Elastomere von Vestamid E. Sie sorgen für Elastizität, sodass die Schuhsohlen Stöße gut absorbieren und so die Knöchel schützen.





Editorial



■ An der Ostküste der Nordinsel in der Bay of Plenty liegt Te Puke, die selbsternannte „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 Breakthru Additive, die das Mittel schon in geringen Konzentrationen wirksam machen.

Editorial

Um Morrinsville unweit von Auckland liegt eines der wichtigsten Milch-wirtschaftsgebiete Neuseelands. In dem Kunstprojekt „Herd of Cows“ verbinden sich der wirtschaftliche Sektor mit der wachsenden Kreativszene der Stadt: Jede der 60 lebensgroßen von örtlichen Unternehmen gesponserten Kuh-Skulpturen stellt einen Teil der Geschichte von Morrinsville dar. Kuh Nummer zehn, genannt Betty (Foto), gestaltete die Maōri Zena Elliott. Auch Evonik hat eine besondere Verbindung zu der kleinen Stadt: In Morrinsville befindet sich der einzige Standort des Konzerns in Neu-seeland. Und eine Evonik-Kuh gibt es auch: Nummer 9, „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 H₂O₂-PIONIER

In der Nordinsel-Region Waikato, drei Kilometer vom Stadtzentrum Morrinsvilles entfernt, betreibt Evonik Peroxide seit 1998 Neuseelands einzige Wasserstoffperoxid-anlage. Wasserstoffperoxid (H₂O₂) 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-Standorte
1 Morrinsville

An

1

Standorten arbeiten

25

Mitarbeiter.

Vorreiter der grünen Chemie

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 Prof. Dr. Bruce Lipshutz



Als einer der Vorreiter der grünen Chemie wurde Prof. Bruce Lipshutz (71) 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 Prof. Lipshutz entwickelte „Chemistry-in-Water“-Technologie für die Produktion von pharmazeutischen Zwischenprodukten und Wirkstoffen im industriellen Maßstab an.

Kennen Sie irgendjemand, 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. Produkte wie 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 CO_2 – und zwar eine ganze Menge davon! Trägt die Chemie also wesentlich zum Klimawandel bei? Verraten Sie es keinem, aber: ja!

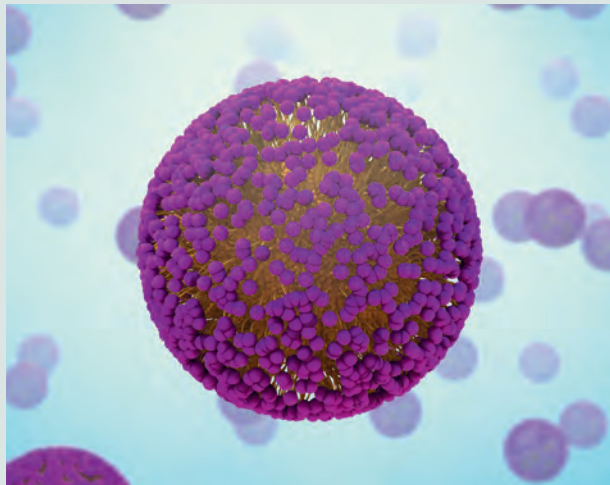
Dabei ist es gar nicht so schwer, das zu ändern. Die dafür nötigen wissenschaftlichen Erkenntnisse liefert schon heute die Biologie, die auf Wasser basiert. Die Vorteile liegen auf der Hand: Wir haben die Chance, die Verschmutzung der Umwelt zu minimieren und sicherzustellen, dass auch künftige Generationen 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 Enzyme 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.«



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

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 auftat, 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. Seine Nutzung durch die Spezialchemie-Industrie 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 „Designer-Tensid“ 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 Designer-Tensids ist also harmlos – oder ist, wegen des enthaltenen Vitamins E, sogar gesund.

SCHNELLER, ÖKOLOGISCHER, WIRTSCHAFTLICHER

Das mizellen-bildende 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_NAr), 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 einfach 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. —

BACTERIA UNDER ATTACK

The City of Memphis was looking to improve the quality of its wastewater discharge to the Mississippi River. Evonik is helping with an innovative approach to disinfection.

TEXT **NORBERT KULS**

Some of the famous sons of Memphis, Tennessee, are known by just two letters. A bronze statue on Beale Street honors blues legend W.C. Handy, and the late guitarist B.B. King opened the first of his eponymous clubs on that very street more than three decades ago. Lesser known among the tourists that flock to the birthplace of Rock'n'Roll – 500,000 people yearly make a pilgrimage to Elvis Presley's home Graceland – is M.C. Stiles. Still, in the 1970s and 1980s, Maynard C. Stiles was considered one of the “most powerful officials” in Memphis' city government besides the mayor. Stiles served first as sanitation director and later as head of the Memphis Public Works department.

Stiles also has a monument of sorts in Memphis, one befitting a sanitation chief. One of the city's two wastewater plants is named after him: The M.C. Stiles Wastewater Treatment sits only a short drive north of downtown Memphis on the banks of the Wolf River, one of the many tributaries of the mighty Mississippi.



Memphis, located along the Mississippi River in southeast Tennessee, became the birthplace of rock'n'roll in the 1950s. The city's wastewater treatment didn't begin until the late 1970s.





Robert Knecht, Memphis' Director of Public Works, is trying to shape the city's environmental history with wastewater disinfection at the M.C. Stiles facility.

While not as flashy and entertaining as Graceland or the music clubs on Beale Street, the site's raw sewage pumps and circular water clarifiers play a significant part in the city's history. Completed in 1977, it was only the second attempt to clean the wastewater of Memphis's businesses and citizens. The M.C. Stiles plant followed the completion of T.E. Maxson – named after an influential city engineer – two years earlier. Before that, millions of gallons of Memphis wastewater were simply dumped into the city's rivers, creeks, and ditches.

Robert M. Knecht is Stiles' heir as the current director of Memphis' Public Works Department. The fast-talking military veteran, twenty years with the city and almost ten years in his current role, is also trying to shape the city's environmental history – with the help of Evonik. "I am trying to improve water quality since we have such a big influence on that. I like to fish, and as someone who uses the river, I want to make sure I have done what I can for the ecosystem," Knecht says during a visit to the M.C. Stiles Facility, where Evonik has operated a peracetic acid plant since 2019.

A LONG-TERM INVESTMENT

Evonik's Wolf River plant supplies peracetic acid to M.C. Stiles and T.E. Maxson, the two largest users of that bacteria killer for municipal wastewater disinfection in the world. It constitutes an innovative approach for municipi-

Memphis wastewater is disinfected with peracetic acid from Evonik in the contact pools of the M.C. Stiles facility before flowing into the Mississippi river.



An Evonik employee is taking a sample of peracetic acid at Memphis' T.E. Maxson wastewater treatment facility.

palities traditionally relying on other disinfection methods like chlorine or ultraviolet treatment. "It's a huge long-term investment," says Knecht as he stands on a walkway above the disinfectant basins of the Stiles facility, with the slow-moving Mississippi river as the backdrop. "With costs of \$24 million a year, it is the largest investment in Operations & Maintenance we have made in a long time."

Peracetic acid, or PAA, is a powerful organic acid with a strong oxidation potential – perfect for killing bacteria like E.coli in human or animal waste. PAA consists of hydrogen peroxide (Evonik is one of the world's largest producers of that cleaning agent), acetic acid (vulgo: vinegar), water, and a catalyst. "As it breaks down, its oxidative properties are attacking the bacteria," explains Greg Conrad, Director of Water Treatment Solutions at Evonik's Active Oxygens business, during a tour of the company's Memphis site.

PAA is already widely used as a disinfectant in the poultry industry or in beverage processing. About 30 percent of the production from the Wolf River Plant is sold to poultry producers in the neighboring states of Arkansas and North and South Carolina. However, PAA's use in wastewater disinfection is still in its infancy despite apparent advantages. "The great thing about peracetic acid is that it breaks down into environmentally benign products: vinegar, oxygen, and water," explains Conrad.



A worker prepares to offload hydrogen peroxide for the production of the disinfectant peracetic acid at Evonik's Wolf River plant.

Greg Conrad, Evonik's Director of Water Treatment Solutions at Active Oxygens, has dedicated his entire career to water.



Tennessee hadn't required the disinfection of its sewage until the 2010s. When the state started considering more stringent regulations, Memphis tested other established disinfection methods like chlorine or ultraviolet treatment. But chlorine leaves a residual in the water – which contains carcinogenic by-products and requires costly dichlorination. Ultraviolet treatment involves a lot of capital investment and has high maintenance costs. In addition, UV treatment is not a good alternative for cities like Memphis, which have a vast share of industrial waste with organic components that turn the water brown, making it impenetrable to UV rays. This high amount of industrial waste – about 60 to 80 percent of Memphis wastewater comes from industries like pulp or paper producers – differentiates the city from many other municipalities. Also, manufacturing plants in Memphis don't have to treat their own wastewater before it enters the municipal system. In other words: Wastewater treatment is a tall order for Memphis.

After several tests and a pilot program, Memphis opted for PAA and an 18-year contract – including the option for two five-year extensions – with the PAA producer PeroxyChem starting in 2018. Two years later, Evonik acquired PeroxyChem for \$640 million.

The contractual agreements with the city were as unique as the disinfection method. The company leased the land from the city and built its peracetic acid production plant



A peracetic acid (PAA) monitor is used to determine the amount of PAA needed for wastewater disinfection.

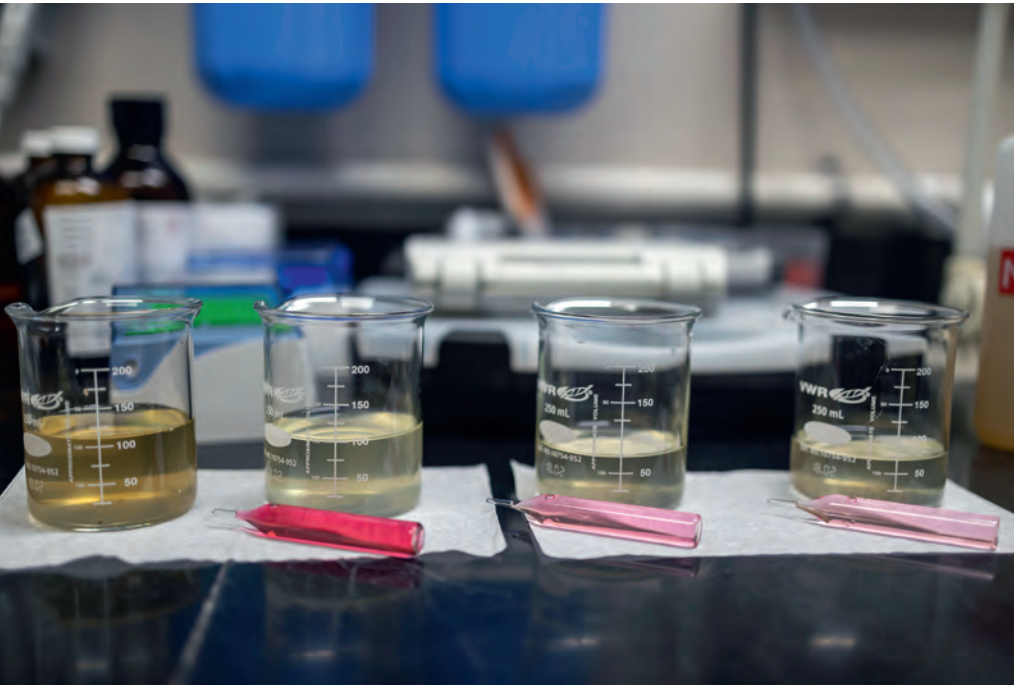
on the site of the Stiles facility. A plant close to the site cuts down on transportation costs. "It is unique for suppliers to have the ability to work with a municipality to bring value to them beyond just the chemistry, do provide additional services and create jobs," says Conrad.

„A LOT OF SKIN IN THE GAME“

In the plant's parking lot, double-walled, stainless steel Isotainer trucks are lined up. The tanks are refrigerated to control temperature and prevent any potential for decomposition when the PAA is transported to Evonik customers in the region. "We are the only company with the authority to haul PAA in bulk," says Conrad.

For the transport to the Stiles plant, Evonik opted for a more direct solution than truck delivery. An underground pipeline, double-walled, resistant to chemical corrosion, and a quarter-mile long, carries the PAA from the gleaming Wolf River tanks along a fence to the Stiles' disinfectant basin.

Robert Knecht is also happy with these arrangements. "I was very optimistic that we were going to get more than just a supplier but a long-term partner," he says. "I wanted a company to actually come to Memphis and build a facility close by because we were going to be one of the country's largest users of peracetic acid," he says. "We had other bids, but only PeroxyChem was willing to build a facility and bring new jobs to the city."



Samples of Memphis wastewater in Evonik's Wolf River plant before (left) and after being disinfected with different concentration of peracetic acid.

»I use the Mississippi River to fish and try to improve its water quality.«

ROBERT M. KNECHT, DIRECTOR OF PUBLIC WORKS, CITY OF MEMPHIS

As part of its service, Evonik also assures that the bacteria level doesn't exceed the permitted level. "If the bacteria level rises above a certain amount, we would be responsible for the fines from the Environmental Protection Agency," says Conrad. "We have a lot of skin in the game."

There is also a unique aspect in the company's engineers approached applying the correct dosage of the PAA for the Stiles plant. Most suppliers determine the amount of PAA needed based on the incoming wastewater's flow rate and a pre-determined dosage to reduce the bacteria to the desired level. At the end of the process, plant operators test the water for disinfectant traces to ensure that the bacteria are significantly reduced or gone. Evonik workers also check up on these residuals – but the check-up doesn't determine potential adjustments to the PAA levels.

Evonik is instead adjusting the dosage parameters at the beginning of the process – based on the changes in water quality. "We wanted to reduce the amount of PAA we use," says Conrad. "You don't always need the same amount if the water quality is better." Critical to analyzing and measuring the water's quality is its color. "The wastewater color constantly changes," he explains. "One



Pipettes containing peracetic acid (PAA), and its components hydrogen peroxide (H₂O₂) and glacial acetic acid (GAA).

day, it could look like a cup of tea; the next, it could look like espresso. It all depends on what is coming into the water." Conrad and his team found that the water's color indicates its pollution level. The results of this color analysis are then fed into an algorithm that determines the level of needed PAA.

TAILOR-MADE DISINFECTION

Things run a little differently at Memphis's second wastewater facility, T.E. Maxson, which serves the southern part of the city. There is no pipeline connecting it to the Wolf River plant. Instead, Evonik uses its Isotainer trucks to deliver the disinfectant and fill the peracetic acid tanks next to the contact pools.

Because the wastewater quality in the southern part of Memphis is different, Evonik doesn't do color analysis but instead analyzes the Chemical Oxygen Demand (COD) of the wastewater at Maxson – a yardstick of the oxygen required to break down organic compounds in water. The COD test is typically used to determine the effectiveness of wastewater treatment processes and to monitor the levels of organic pollutants in water. "COD is the organic loading of the water – how dirty the water



Evonik engineer Jon Watson is preparing disinfected wastewater samples in the Wolf River plant's lab.



Wastewater treatment is a particular challenge for the city of Memphis because the majority of the wastewater comes from industry.

is,” says Conrad. “When the organics are high, we use more PAA.”

Conrad, who lives in Oklahoma and started his first business when he was 20, also pioneered PAA for treating wastewater used in oil extraction with hydraulic fracturing, fracking. “It has been my passion to find green and sustainable solutions,” he says. “I have dedicated my entire career to water.”

The disinfection of the wastewater with PAA at the Stiles facility is the last step before the water is released into the Mississippi. Still, it looks nothing like drinking water as it is flowing over a concrete wall and towards the Mississippi. More like the color of dark tea. But the water is disinfected and gets diluted enough when it enters the massive stream. So, the health risks are negligible.

Due to its relative novelty, Evonik is still working on the broader acceptance of PAA in wastewater treatment in several states. “People are not used to it,” says Conrad. “We are still in the infancy of the use of PAA, but it is catching on very quickly.” In Tennessee and Arkansas, it is gaining acceptance, and slowly also in Texas, Ohio, and Kentucky. “But it might not always be the best fit for a city. In smaller applications and where there is

fairly clean water without much industry, UV might be a better option,” he cautions.

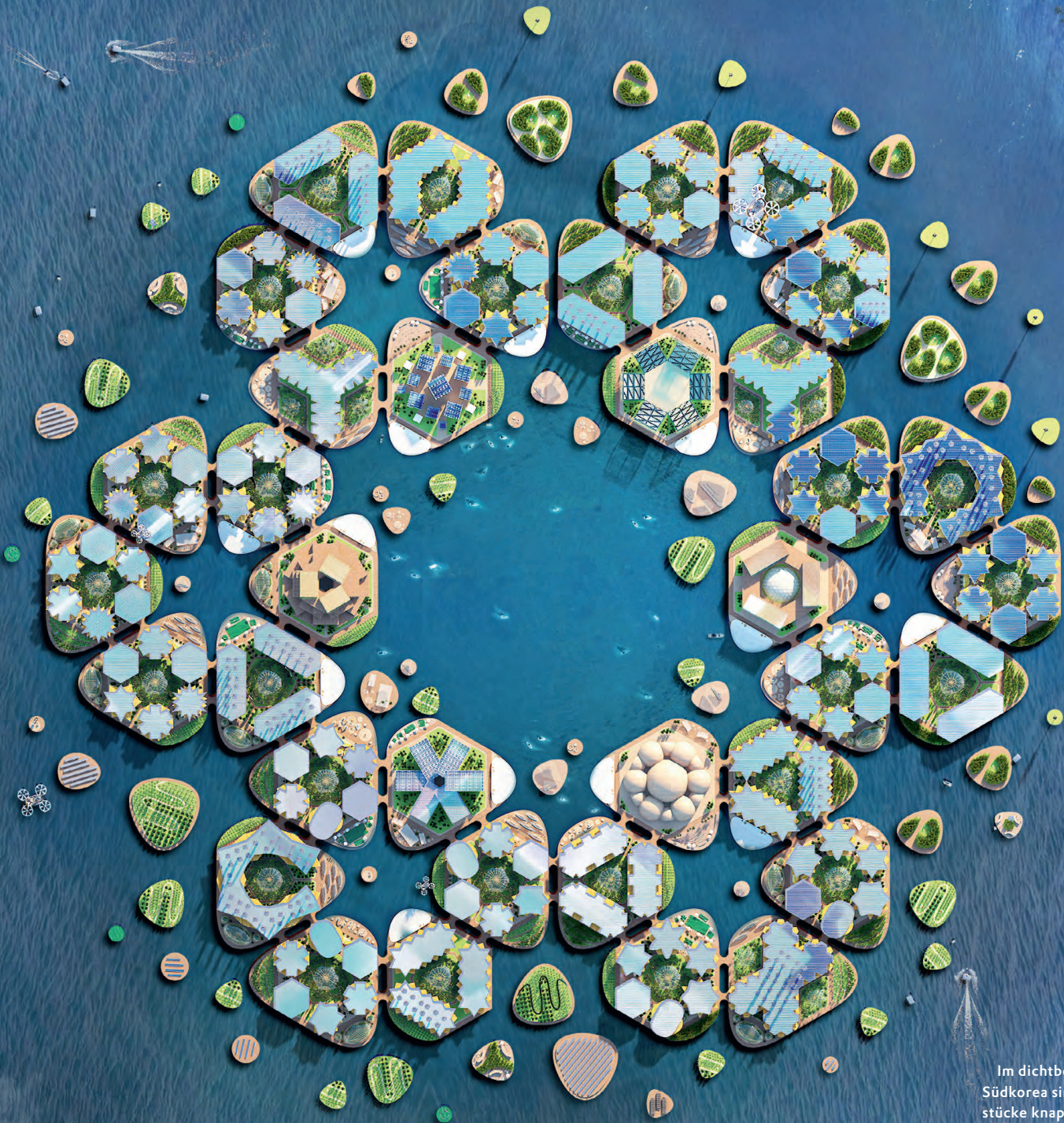
Evonik will also approach the industrial plants to help them clean their own wastewater before it goes into the city system in Memphis. That would lower the company’s bills from the city and make it easier for Evonik to treat the wastewater at Stiles and Maxson. “We want to make the water cleaner by treating it first at industry facilities upstream,” says Conrad. He looks at the M.C. Stiles pools with the bubbling sewage and gets into his SUV to drive back to Oklahoma. “We make a living killing bacteria,” he says. —



Norbert Kuls is Evonik’s Communications Manager in North America and a former US correspondent for German newspapers.

MEHR VOM MEER

TEXT BJÖRN THEIS



Im dichtbesiedelten Südkorea sind Grundstücke knapp. Vor der Hafenmetropole Busan soll jetzt eine schwimmende Stadt für 12.000 Einwohner entstehen.

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

Unsere 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 ein, 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 Startups 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 km 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 Prototypens 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

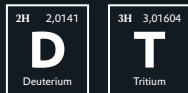
Die Forscherinnen und Forscher der University of Illinois Urbana-Champaign hingegen möchten sich den natürlichen Wasserzyklus zunutze machen und Wasserdampf von der Oberfläche der Ozeane in Trinkwasser umwandeln. Im Gegensatz zu existierenden Entsalzungsanlagen müsste das System kaum Energie aufwenden, 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 [BL1] 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 Game-Changer 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 nähergekommen.

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. Das alles 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. Versorgungsengpässe 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 weiter zu steigern, um der Realisierung eines nachhaltigen Kernfusionsreaktors noch einen Schritt näher zu kommen. —

Impressum

HERAUSGEBER Evonik Industries AG | Christian Schmid | Rellinghauser Straße 1–11 | 45128 Essen |
BERATUNG UND KONZEPT Manfred Bissinger |
CHEFREDAKTION Matthias Ruch (V.i.S.d.P.) |
CHEF VOM DIENST Inga Borg, Deborah Lippmann, Christoph Bauer | **TEXTCHEF** Christian Baulig, Jörg Wagner | **ONLINE-REDAKTION** Pauline Brenke |
BILDREDAKTION Nadine Berger | **LAYOUT** Wiebke Schwarz (Art Direction), Victor Schirner (Grafik) |
Anschrift der Redaktion KNSK Group | An der Alster 1 | 20099 Hamburg | Druck Neef+Stumme premium printing, Wittingen | Copyright © 2022 by Evonik Industries AG, Essen. Nachdruck nur mit Genehmigung der Agentur. Der Inhalt gibt nicht in jedem Fall die Meinung des Herausgebers wieder. Fragen zum Magazin ELEMENTS: Telefon +49 201 71 10 100 | elements@evonik.com | **BILD** ...roeckel/Die Illustration ...ul Langrock/...umfix Solu... Neu-star...alf-Uw...19: Get...ems A/S...rator ApS (...milian Nertinger...ombinatrotweiss mit...mann/Evonik Industries | S... (2), action press, picture alliance/AP Images, ddp | S. 26–31: Henning Ross (6), Dave Kowall; Infografik: Maximilian Nertinger, Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss mit Fotovorlage von Hamid Sadeghi | S. 32–37: Andreas Doria/Upfront mit Motiven von Getty Images und Evonik Industries, Ramon Haindl (5), privat; Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss mit Fotovorlage von privat | S. 38–39: Infografik: Maximilian Nertinger | S. 40–47: Peter Knoop, Getty Images, Ludovic Maisant/hemis.fr/laif, imago images/agefotostock, imago images/Mario Stiehl | S. 48–53: Illustrationen: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss (4), Neste, Evonik Industries; Infografik: Maximilian Nertinger; Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss mit Fotovorlage von Stefan Eisenburger | S. 54–55: Getty Images; Illustration: Oriana Fenwick/Kombinatrotweiss mit Fotovorlage von Karsten Bootmann/Evonik Industries | S. 56: Ramon Haindl

elements.evonik.de

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

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

Cousteau verstand, dass Meere und Gletscher, Seen und Grundwasserreservoir 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 Wassermanagement und technologische Lösungen bieten jedoch die Chance, die wertvolle Ressource zu schützen und einen positiven Wandel zu bewirken.