

## 219 000 000 000 Tonnen pro Jahr

Das Eis der Antarktis schmilzt zunehmend schneller

Die Antarktis hat in den vergangenen 25 Jahren etwa drei Billionen Tonnen Eis verloren. Die jährliche Rate des Rückgangs ist dabei zuletzt stark gestiegen. Lag die Einbuße in den zwanzig Jahren von 1992 bis 2011 im Mittel bei 76 Milliarden Tonnen pro Jahr, so betrug der jährliche Verlust zwischen 2012 und 2017 je 219 Milliarden Tonnen Eis. Die Wassermenge entspricht dem 48-Fachen des jährlichen Wasserverbrauchs in Deutschland.

Diese Zahlen stammen aus der bislang größten Bilanzrechnung für den Südkontinent, an diesem Donnerstag im Fachblatt *Nature* veröffentlicht. 84 Forscher von 42 Instituten haben darin Datensätze von 13 Satellitenmissionen zusammengefasst. Geleitet wird das IMBIE-Projekt (für Ice Sheet Mass Balance Inter-Comparison Exercise) von Nasa-Forscher Erik Ivins sowie Andrew Shepherd von der University of Leeds in England. Aus Deutschland waren unter anderem das Alfred-Wegener-Institut in Bremerhaven und die Technische Universität München beteiligt.

Die neuen Daten zeigen, dass geschmolzenes Antarktiseis den Meeresspiegel seit 1992 um 7,6 Millimeter gehoben hat. Das entspricht ungefähr einem Zehntel des gesamten Anstiegs in diesem Zeitraum. Das meiste wird durch die Ausdehnung des wärmer werdenden Ozeanwassers verursacht. Allerdings ist der Beitrag des Schmelzwassers vom Südkontinent jünger gewachsen. „Es lässt den Meeresspiegel schneller anschwellen als jemals zuvor in den vergangenen 25 Jahren“, sagt Andrew Shepherd. „Das muss den Regierungen Sorge machen, denen wir den Schutz unserer Küstenstädte anvertrauen.“

Eine wichtige Rolle bei der Bilanz spielte die deutsch-amerikanische Satellitenmission Grace. Die beiden Späher hatten 15 Jahre lang das Schwerfeld der Erde vermessen. „Die Daten dieser Raumschiffe haben uns nicht nur gezeigt, dass es da ein Problem gibt, sondern dass es mit jedem Jahr ernster wird“, sagt Isabella Velicogna von der University of California in Irvine. Weitere Daten kamen von Satelliten, die das Eisschild per Radar aus dem Orbit überwachen, darunter der europäische *Cryosat-2*.

## Sinkt der Salzgehalt des Polarmeeres, verändern sich die globalen Meeresströmungen

Am größten waren die Eisverluste in der Westantarktis und auf der antarktischen Halbinsel. Der weitaus größere Osten scheint hingegen noch leicht zu wachsen, was aber unter Wissenschaftlern umstritten ist. In jedem Fall wäre die Zunahme dort nicht annähernd genug, um die Verluste der Westantarktis auszugleichen. Aus Sicht der Forscher steht die Antarktis an einem Scheideweg. *Nature* veröffentlicht mit der Analyse des IMBIE-Teams eine Szenariostudie, die – sehr ungewöhnlich für ein wissenschaftliches Journal – zwei fiktive Geschichten erzählt. Sie blicken zurück auf dem Jahr 2070. In der einen Version erfüllt die Welt ihre Verpflichtungen aus dem Pariser Abkommen, in der anderen ist der internationale Klimaschutz gescheitert. Für letzteren Fall erwarten die Wissenschaftler eine Überflutung des Polarmeeres, den Beginn von Bergbau und eine dramatische Zunahme von Tourismus am Südpol. Invasive Pflanzen breiten sich aus, Pinguinkolonien schrumpfen, Albatrosse müssen ihre Nahrung umstellen.

Weil sich das Wasser drastisch erwärmt und der Salzgehalt durch das Abschmelzen des Eis sinkt, verändert sich die zirkumpolare Meeresströmung; das hat Folgen für das Wetter der gesamten Südhälfte der Erde. Die Antarktis trägt dann nicht wie bisher sieben Millimeter, sondern 27 Zentimeter zum Meeresspiegelanstieg bei. „Wir können solche Effekte vermeiden, wenn Regierungen erkennen, dass Schäden in der Antarktis überall Probleme auslösen“, sagt Martin Siegert vom Imperial College in London. **CHRISTOPHER SCHRADER**



## Sterbende Legende

Kleinere Buschbrände kann die graubraune Rinde des Baobabs noch relativ ohne Schäden überstehen. Schwieriger wird es, wenn die Temperaturen dauerhaft steigen: In den vergangenen zwölf Jahren sind die ältesten und größten Affenbrotbäume in der afrikanischen Savanne plötzlich abgestorben. Forscher vermuten, dass sie dem Klimawandel nicht standhalten, obwohl sie bisher fast alles überlebt haben. Baobabs können mehr als 2000 Jahre alt werden. **GSC/H**

FOTO: AFP / GEORGES GOBET

## Sprit aus Strom

Mit elektrischer Energie lassen sich synthetische Kraftstoffe herstellen. Sie würden den Verkehr umweltfreundlicher machen und CO<sub>2</sub> einsparen. Doch die Produktion des Ökosprits ist wenig effizient

VON RALPH DIERMANN

Mehrere Hundert Millionen Jahre hat es gedauert, bis aus Plankton und anderem organischem Material das heutige Erdöl entstanden ist. Doch es geht auch viel, viel schneller: Die Chemiker Franz Fischer und Hans Tropsch haben kurz nach dem Ersten Weltkrieg ein Verfahren entwickelt, mit dem sie aus Wasserstoff und Kohlenstoff mit Katalysatoren Kohlenwasserstoffe herstellen konnten – den Hauptbestandteil von Erdöl. Als dann wenig später im Nahen Osten riesige Ölfelder gefunden wurden, interessierte sich kaum noch jemand für die Technologie der beiden Wissenschaftler. In Zeiten des Klimawandels könnte ihr Verfahren jetzt jedoch Bedeutung bekommen. Unternehmen wollen damit synthetisches Rohöl herstellen, das sich zu Benzin, Diesel und anderen Kraftstoffen weiterverarbeiten lässt. Da bei deren Verbrennung nur so viel Kohlendioxid freigesetzt wird, wie zuvor dem Produktionsprozess zugeführt wurde, gelten diese sogenannten strombasierten Kraftstoffe als klimafreundlich.

Warum strombasiert? Weil der nötige Wasserstoff mithilfe einer Elektrolyse hergestellt wird: Mit elektrischem Strom werden Wassermoleküle in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten. Kommt der Strom aus erneuerbaren Quellen, ist der Wasserstoff CO<sub>2</sub>-neutral. Parallel zur Elektrolyse wird Kohlendioxid zu Kohlenmonoxid reduziert, das dann mit dem Wasserstoff zu einem sogenannten Synthesegas zusammengeführt wird. Aus diesem Gemisch werden schließlich mit dem Fischer-Tropsch-Verfahren unterschiedliche Kohlenwasserstoffe hergestellt, die zu den gewünschten Kraftstoffen verarbeitet werden können. Nachdem einige Pilotprojekte die Praxisreife des Verfahrens belegen haben, will das norwegische Unternehmen Nordic Blue Crude nun nahe Oslo die welt-

weit erste Anlage für die kommerzielle Produktion von synthetischem Rohöl errichten. Norwegen ist dafür ein idealer Standort, weil das Land seinen Strombedarf fast vollständig aus Wasserkraftwerken deckt.

Umweltverbände und Autoindustrie eint die Überzeugung, dass der Ökosprit einen erheblichen Beitrag zur Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen leisten könnte. Auch das Stickoxidproblem des Dieselantriebs ließe sich damit weitgehend lösen, meint Jakob Burger, Professor für chemische und thermische Verfahrenstechnik an der Technischen Universität München. „Dieselmotoren können mit herkömmlichem (fossil)em Kraftstoff entweder so betrieben werden, dass sie wenig Ruß produzieren – oder wenig Stickoxid. Beides zusammen geht nicht.“ Gäbe es jedoch einen neuen Kraftstoff, der praktisch rußfrei verbrennt, ließe sich der Motor so regeln, dass nur sehr wenige Stickoxide entstehen. „Genau das ist mit strombasierten Kraftstoffen möglich: Die Moleküle können so strukturiert werden, dass bei der Verbrennung kein Ruß produziert wird“, sagt Burger.

### Die Moleküle in künstlichen Kraftstoffen verbrennen sauberer als fossiler Sprit

Soll der Ökosprit eines Tages in großindustriellem Maßstab produziert werden, müssen jedoch noch einige Fragen beantwortet werden. So ist derzeit noch ungewiss, wo der als Ausgangsstoff benötigte Kohlenstoff herkommen soll. Für die Anlage in Norwegen ist vorgesehen, eine Art Staubsauger zu installieren, der Kohlendioxid aus der Luft extrahiert. Dazu leiten Ventilatoren einen Luftstrom durch einen zelluloseartigen Filter. Der ist mit Aminen ausgerüstet, die das Treibhausgas binden. Eine Pilotanlage in der Schweiz zeigt, dass dieses Konzept funktioniert. Für die Pro-

duktion großer Mengen an Treibstoff eignet es sich jedoch nicht, meint Burger. „Der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre ist sehr gering. Daher ist es enorm aufwendig und damit teuer, daraus Kohlendioxid zu extrahieren.“ Besser wäre es, den Kohlenstoff aus Industrieanlagen, etwa aus den Abgasen der Stahlherstellung, zu gewinnen. Dort ist die CO<sub>2</sub>-Konzentration um ein Vielfaches höher. Das Verfahren ist aber längst noch nicht ausgereift. Erprobt ist hingegen das Abscheiden von Kohlendioxid aus der Abluft von Kohlekraftwerken. Das wäre aber allenfalls eine Übergangslösung, da ein konsequenter Klimaschutz den Ausstieg aus der Kohleverbrennung vorsieht.

Ein weiteres Hindernis ist die geringe Effizienz des Verfahrens. Bei der Elektrolyse und den weiteren Produktionsschritten sowie bei der Verbrennung im Motor geht so viel Energie verloren, dass nur elf Prozent des ursprünglich eingesetzten Stroms am Ende für die Fortbewegung genutzt werden können. Das haben Experten des Beratungsunternehmens PricewaterhouseCoopers berechnet. Elektroautos dagegen setzen 70 Prozent der elektrischen Energie in Bewegung um. „Wegen der hohen Umwandlungsverluste braucht man sehr viel Energie, um nennenswerte Mengen strombasierter Kraftstoffe herzustellen“, erklärt Volker Quaschnig, Professor für regenerativere Energiesysteme an der Berliner Hochschule für Technik und Wirtschaft. „In Deutschland stößt man da recht bald an Grenzen, da die Zahl potenzieller Standorte für die Erzeugung von Wind- und Solarstrom begrenzt ist.“

Die Ökokraftstoffe müssten also im Ausland produziert werden – in Ländern mit viel Wasserkraft; oder an Standorten mit günstigen Bedingungen für Solar- und Windenergie, etwa in Nordafrika, im Nahen Osten oder in Australien. Das wäre auch wirtschaftlich vorteilhaft, meint Patrick Schmidt vom Beratungsunterneh-

men Ludwig Bölkow Systemtechnik. „Der Investitionsbedarf für die Anlagen ist hoch. Daher ist es sinnvoll, sie dort zu installieren, wo man sie das ganze Jahr über auslasten kann.“ In der Praxis dürfte der Aufbau einer Produktion im Ausland allerdings nicht ganz einfach werden, da gerade die arabischen und nordafrikanischen Länder bestrebt sind, zunächst einmal die eigene, stark wachsende Stromnachfrage zu decken.

### Synthetisches Kerosin für Flugzeuge wären künstlicher Schiffsdiesel sowie gute Optionen

Angesichts all der offenen Fragen sehen Experten in den strombasierten Kraftstoffen kein Allheilmittel, sondern eines von mehreren Instrumenten für mehr Klimaschutz im Verkehr. „Wegen der höheren Effizienz sollten wir, wo immer möglich, dem elektrischen Antrieb Vorrang geben“, sagt Patrick Schmidt. Allerdings haben Elektrofahrzeuge den Nachteil, dass ihre Akkus derzeit noch weniger Energie aufnehmen können als ein Benzintank. Kraftstoffe sind in der Lage, bei gleichem Volumen und Gewicht deutlich mehr Energie zu speichern als Batterien. „Deshalb eignen sie sich sehr gut für Anwendungen, bei denen so viel Leistung benötigt wird, dass Batterien aus Gründen des Platzes, des Gewichts, der Ladezeit oder der Infrastruktur ausscheiden: für LKWs auf der Langstrecke zum Beispiel oder den Schiffsverkehr“, sagt der TU-Chemiker Jakob Burger.

Für Baumaschinen, Pressluftschlämmer und andere Geräte dieser Art könnten sie ebenfalls sinnvoll sein. Und für Flugzeuge wäre synthetisches Kerosin eine viel versprechende Option. „Jede Technologie hat ihre spezifischen Vor- und Nachteile“, davon ist der Wissenschaftler überzeugt. „Wir brauchen sie alle!“

## Genschere mit Problemen

Zwei Studien wecken Zweifel am Crispr-Verfahren. Zu Recht?

Kein Werkzeug hat die Biotechindustrie je so elektrisiert wie die Genschere Crispr-Cas, die defekte Stellen im Erbgut von Lebewesen reparieren kann. Das hat Hoffnungen von Patienten geweckt und die Fantasie von Investoren beflügelt, die bereits mehrere Milliarden Dollar in die Entwicklung von Therapien mit dem Werkzeug investiert haben. In dieser Woche jedoch gab es einen Dämpfer für die Euphorie. Zwei Forschergruppen haben unabhängig voneinander gezeigt, dass Zellen, deren Erbgut per Crispr-Genschere verändert wurde, zu Krebs führen könnten.

Der genchirurgische Eingriff funktioniert ausgerechnet in solchen Zellen besonders effektiv, die einen Defekt im Notfallprogramm haben, das vor Krebs schützen soll. Das liegt an der Funktionsweise von Crispr: Die Genschere schneidet den Erbgutstrang durch und löst damit eine Reihe von Reparaturmaßnahmen in der Zelle aus, die den Schaden beheben sollen. Bei diesen Vorgängen sind Helfer-Moleküle beteiligt, die auch Krebs verhindern sollen. Sind diese Helfer in einer Zelle verhindert, zum Beispiel, weil eine Mutation deren genetischen Bauplan zerstört hat, funktioniert die Crispr-Schere zwar besonders gut, aber das Krebsrisiko steigt eben auch.

### Als die Ergebnisse bekannt wurden, brachen die Aktienkurse einiger Unternehmen ein

Diese Beobachtung wurde jetzt in zwei Fachartikeln im Journal *Nature Medicine* veröffentlicht. Die Aktienkurse der auf Crispr-Therapien spezialisierten Unternehmen stürzten daraufhin ab, einige verloren mehr als zehn Prozent ihres Börsenwertes.

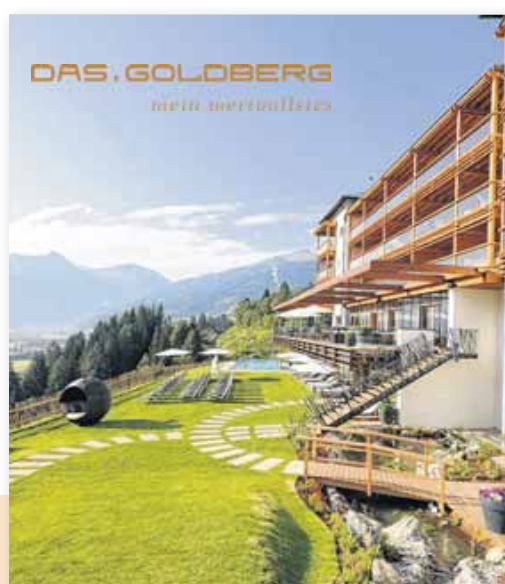
Dabei glauben selbst die an den Untersuchungen beteiligten Forscher nicht, dass ihre Ergebnisse das Aus für die Technologie bedeuten. „Wir wollen nicht alarmistisch klingen und sagen auch nicht, dass Crispr schlecht oder gefährlich ist“, teilt etwa Jussi Taipala in einem Schreiben der University of Cambridge mit. Der Professor für Biochemie leitete eine der beiden Studien und hat keine Zweifel daran, dass die gentechnische Methode einmal „ein wichtiges Werkzeug der Medizin sein wird“. Deshalb sei es wichtig, möglichen Sicherheitsbedenken die gebotene Aufmerksamkeit zu schenken. „Wie bei jeder medizinischen Behandlung gibt es mögliche Nebenwirkungen, die gegen den Nutzen abgewogen werden müssen.“

Auch muss sich erst noch zeigen, ob die im Labor in Zellstudien gemachten Beobachtungen tatsächlich auch eine Bedeutung für Patienten haben. Der Embryologe Robin Lovell-Badge vom englischen Francis Crick Institute etwa gibt zu bedenken, dass der Effekt in den zahlreichen Tierversuchen mit Crispr bislang nicht aufgeht. Er verweist außerdem auf Untersuchungen, bei denen in einem Crispr-Ansatz nahezu sämtliche Zellen im Experiment verändert wurden. Solch hohe Raten hält er für ausgeschlossen, wenn die gentechnische Veränderung nur bei ausgeschalteter Krebsabwehr funktionieren könnte.

Lovell-Badge sieht deshalb keinen Grund, Crispr-Therapien grundsätzlich infrage zu stellen. Er hofft jedoch, dass bei künftigen Versuchen die veränderten Zellen darauf untersucht werden, ob ihr Reparatursystem noch zuverlässig funktioniert, bevor sie Patienten gegeben werden.

Womöglich taucht der beobachtete Effekt ausschließlich in jenen Zellen auf, die von den beiden Arbeitsgruppen in ihren Experimenten verwendet wurden und hat in klinischen Anwendung, also an Patienten gar keine Bedeutung. Angesichts der vielen offenen Fragen rechtfertigt Studienleiter Jussi Taipala die Veröffentlichung der Beobachtungen zum jetzigen Zeitpunkt dennoch mit den „potenziellen“ Risiken, „auch wenn wir die Mechanismen noch nicht verstehen“. **HANNO CHARISIUS**

### Mein Sommerlichstes / Herbstlichstes – 5 Nächte in Bad Hofgastein für Zwei



Berge oder Strand – genießen Sie im Hotel DAS.GOLDBERG beides. In der Sommersaison begrüßt das Haus seine Gäste mit einem Strand am Naturbadensee. Feiner Sand, erfrischendes, klares Wasser, Lounge- oder Live-Musik und leckere Cocktails versprühen Strandatmosphäre mit Blick auf den Gletscher.

### WELLNESSWOCHENENDE mit 2 Nächten für 2 Personen im Hotel Eisvogel



Ruhig am Rande der Donauauen, direkt am Flüsschen Abens in einem 8000 qm großen Garten, steht der EISVOGEL, ein Kleinod unter den Wellnesshotels. Traditionell und heimatverbunden aber auch modern und weltoffen so präsentiert sich der EISVOGEL seinen Gästen.

Die Auktion, bei der der Preis sinkt.

Bis zu 50% Rabatt!

HEUTE AUF WWW.KAUFDOWN.DE

Süddeutsche Zeitung Kaufdown Die Auktion, bei der der Preis sinkt