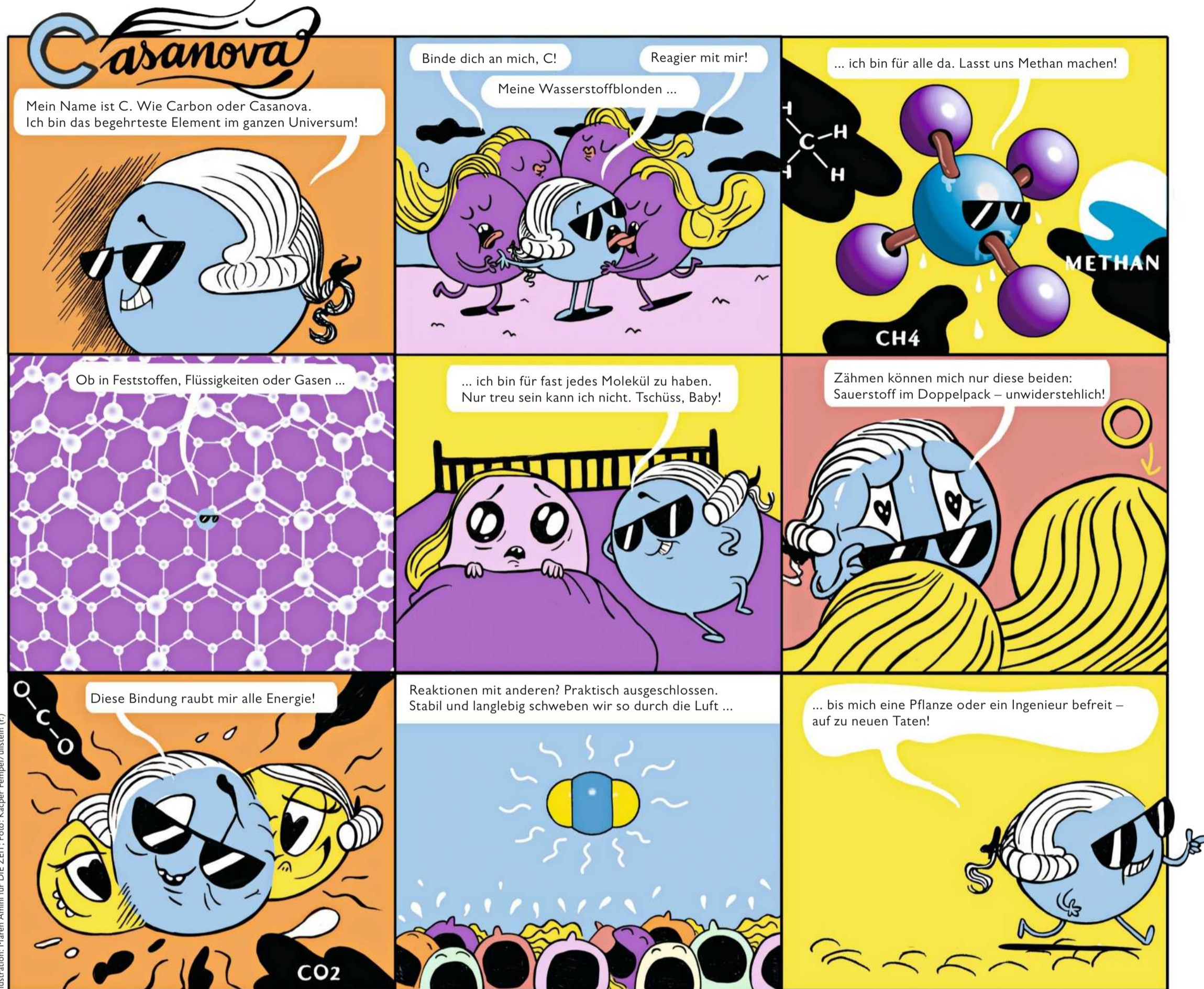


## Unser umtriebige Element

Der reaktionsfreudige Kohlenstoff, kurz »C«, macht Leben erst möglich. Aber mit Sauerstoff bildet er das Treibhausgas CO<sub>2</sub>. Aus dieser verhängnisvollen Bindung wollen Forscher ihn jetzt befreien VON STEFANIE SCHRAMM

### Superbock zum Gärtner

Die EU-Kommission für Industrie soll für Arzneimittel zuständig sein



Die Illustratorin Maren Amini hat sich das Kohlenstoff-Atom als den Casanova der chemischen Elemente vorgestellt – und zu einem Comic verarbeitet

Lange Zeit garantierten drei Buchstaben größtmögliche Verlässlichkeit und Unabhängigkeit: FDA, für Food and Drug Administration. Die US-amerikanische Zulassungsbehörde für Arzneimittel hat nur leider ihren Nimbus schon lange eingebüßt. Inzwischen werden ihr Industrienähe und eine allzu laxen Prüfarbeit vorgeworfen. »Riskante Medikamente: Warum der FDA nicht vertraut werden kann«, überschrieb im vergangenen Jahr der Ethiker Donald Light ein Editorial zu einem Fachaufsatz. Darin war der Harvard-Ethiker Marc Rodwin zu dem Ergebnis gekommen, dass 90 Prozent aller in den USA zugelassenen Medikamente den Patienten wenig mehr brächten als existierende Wirkstoffe. Schlimmer noch, weil die FDA die Regeln aufweiche, sei eine Welle von Nebenwirkungen zu befürchten – und all dies habe mit dem ungesunden Einfluss der Industrie zu tun.



EU-Kommissarin in spe Elzbieta Bienkowska

Weil die FDA als geachtete Instanz an Glanz verloren hat, ist für Europa eine eigenständige, unabhängige und transparente Arzneimittelprüfung notwendiger denn je. Bisher ließ sich die Europäische Arzneimittel-Agentur (EMA) nicht recht in die Karten gucken. In einer Art Transparenzoffensive wollte die EMA nun die Daten aller Medikamententests offenlegen. Dann aber folgte der Rückzieher, es gab Bedenken, das geistige Eigentum der Hersteller könnte gefährdet werden (ZEIT Nr. 25/14). Kritiker dagegen meinten, auf verschlungenen Wegen habe der europäische Interessenverband der Pharmaindustrie die neue Offenheit vereitelt.

Nun treibt der designierte EU-Kommissionspräsident Jean-Claude Juncker die EMA noch ein wenig näher in Richtung Industrie. In einer radikalen Umbauaktion werden fast alle Ressorts der Kommission neu zugeschnitten. Aus der Obhut der Kommission für Gesundheit und Verbraucherschutz, so der Plan, wandern die Abteilungen Sanco D5 (Medizinprodukte – Zulassungen, Europäische Arzneimittel-Agentur) und Sanco D6 (Medizinprodukte – Qualität, Sicherheit und Wirksamkeit) in die Zuständigkeit der Industrie-Kommission. Also just in jenes Ressort, das die jüngste Transparenzoffensive torpediert hatte und aus der es aus gutem Grund schon einmal herausgenommen worden war. Die zuständige Super-Kommissarin für Binnenmarkt, Unternehmertum und Industrie soll von November an die Polin Elzbieta Bienkowska sein.

Wie kommerzielle Motive öffentlichen Gesundheitsinteressen entgegenstehen, konnte man immer wieder erleben, nicht nur in den USA. Selbst Instanzen, die amtlich ein Arzneimittel beurteilen müssen – wie der deutsche Gemeinsame Bundesausschuss oder das britische Nice –, bereitet es mitunter erhebliche Mühe, alle notwendigen Daten von der Industrie zu bekommen. Natürlich müssen Industrie und Aufsichtsbehörden eng zusammenarbeiten. Aber wenn der Bock zum Gärtner gemacht wird, könnte wieder einmal der Eindruck entstehen: Profit kommt vor Patientenwohl. HAL

Dem Kohlenstoff, dem Element des Lebens, galt mein erster literarischer Traum (...): ich wollte die Geschichte eines Kohlenstoffatoms erzählen.

Primo Levi (Chemiker und Schriftsteller): Das periodische System (1975)

Sechs Protonen, sechs Neutronen, sechs Elektronen. Das ist der Stoff, aus dem das Leben ist: Kohlenstoff, kurz C. Sein Geheimnis liegt in seiner Struktur, all seine elementaren Bestandteilchen sind so fein und praktisch arrangiert, dass C außerordentlich kontaktfreudig ist und gern Bindungen eingeht. Die wiederum sind zugleich stark und flexibel. C ist der Casanova des Periodensystems: Kohlenstoff steckt in mehr chemischen Verbindungen als jedes andere Element, an die zehn Millionen verschiedene sind es.

Auch wir Menschen bestehen, sieht man einmal vom Wasser ab, hauptsächlich aus Kohlenstoff, nämlich zu zwei Dritteln. »Wasser mag das Lösemittel des Universums sein«, schreibt die

Pulitzer-Preisträgerin Natalie Angier in ihrem Buch »Naturwissenschaft«. »Aber Kohlenstoff ist das Klebeband des Lebens.«

C ist Bau- und Brennstoff zugleich, er sorgt für das Lebensnotwendige – Wärme, Nahrung, Kleidung, ein Dach über dem Kopf. Doch C hat auch eine dunkle Seite, geht am Ende den Weg alles Irdischen: Er wird, oxidiert, mit kräftigen Doppelbindungen an zwei Sauerstoffatome gefesselt, zum Molekül Kohlendioxid. Das ist das Ende seines geselligen Lebens: Im CO<sub>2</sub> steht Kohlenstoff unter Arrest. Keine Energie hat er mehr übrig für aufregende neue Verbindungen und verrückte Formexperimente. Ausgerechnet in dieser Gestalt, der er so schwer entkommen kann, heizt er seit je die Atmosphäre auf. Jetzt aber wird das brenzlich, weil wir Menschen immer mehr kohlenstoffhaltige Brennstoffe verfeuern und den Klimawandel damit anfeuern. Für uns ist CO<sub>2</sub> ein Problem, weil es für die C-Atome ein Verlies ist.

(...) für ihn, der doch potentiell lebendig ist, eine Gefängenschaft, würdig der katholischen Hölle.

Wie kann man den Gefangenen wieder für andere Bindungen gewinnen, ihn damit unschädlich, womöglich gar nützlich machen? Das ist ein großes Rätsel für Chemiker und Ingenieure, seit Jahrzehnten. Nun nehmen sie endlich die Herausforderung an.

Um diese zu verstehen, muss man den Elementarcasanova kennenlernen. Man muss seine unvergleichliche Kontaktfreude verstehen. Ein C reiht sich leicht ans andere, es entstehen lange Ketten: Energieträger, Bausteine für die chemische Industrie, Kunststoffe für unseren Alltag. So vielseitig wird er durch die Fähigkeit, ganz unterschiedliche Bindungen einzugehen: Er bildet eines der weichsten Materialien, die wir kennen (Grafit) und das härteste (Diamant). Im Grafit werden hauchdünne Kohlenstoffblättchen nur von feinsten Kräften zusammengehalten. Ein Bleistiftstrich genügt, um eine Schicht zu lösen. Im Diamanten sind die C-Atome fest in ein Gitterkorsett eingeschnürt, geordnet und haltbar für die Ewigkeit.

Beide, Grafit und Diamant, finden sich dort, wo der allergrößte Teil des Kohlenstoffs der Erde steckt: in ihrer Gesteinshülle. Dort lagern Erdöl, Erdgas

und Kohle, und auch manches Gestein enthält Kohlenstoff: Marmor, Kreide, Kalkstein. Letzterer formt ganze Gebirge, etwa die Dolomiten mit ihren Riffen, die einmal am Meeresgrund lagen.

C-Atome nehmen viele Formen an – Gitter, Ringe, Spiralen. Erst Mitte der achtziger Jahre stellten Forscher daraus gar kugelige, fußballförmige Moleküle her: Fullerene. Dafür bekamen sie den Nobelpreis. Ebenso wie jene Wissenschaftler, die vor zehn Jahren flache, bienenwabenartige Gitter aus einer einzigen Schicht C-Atome erzeugten: Graphen. Die Kohlenstoff-Kugeln, ziemlich genau einen Nanometer groß, wurden zur Ikone einer neuen Technik, der Nanotechnologie. Graphen gilt, weil extrem dünn und extrem leitfähig, als neuer Wunderwerkstoff.

Jedes Kohlenstoffatom, das nicht in stabile Stoffe eingeschlossen ist (...), tritt alle zweihundert Jahre durch die enge Pforte der Photosynthese wieder in den Kreislauf des Lebens ein.

Fortsetzung auf S. 38

### Kohlenstoff – zentral für den Klimaschutz

#### Beim Generalsekretär

UN-Chef Ban Ki Moon persönlich hat zur Klimakonferenz geladen. Viele Staatschefs reisten am Dienstag nach New York, für Deutschland kam Umweltministerin Barbara Hendricks (SPD). Entscheidungen waren nicht erwartet worden, allenfalls Bekenntnisse und neuer Schwung für die Klimakonferenzen im Dezember in Lima und 2015 in Paris – letzteres Treffen gilt als finale Chance für einen neuen globalen Klimaschutzvertrag.

#### In 15 Jahren

In der Vorwoche hatte eine hochkarätige Kommission des früheren mexikanischen Präsidenten Felipe Calderón eine Studie zur Vereinbarkeit von Wirtschaftswachstum und Klimaschutz vorgelegt: »Besser Growth, Better Climate«. Im Prinzip müssten beide keine Widersprüche sein, so der Tenor. Allerdings müssten bis 2030 die Weichen für einen rückläufigen CO<sub>2</sub>-Ausstoß gestellt werden. Nur so könne die Erderwärmung im kontrollierbaren Rahmen bleiben.

#### Am Schornstein

Viele solcher Szenarien beschreiben eine Spitze (»peak«) und danach eine Abnahme der Treibhausgas-Emissionen. Sie alle rechnen dazu Spareffekte durch die Kohlendioxid-Abscheidung (Carbon Capture and Storage, CCS) mit ein – obwohl diese Technik noch gar nicht im großen Maßstab angewendet wird. Eine Hilfe könnte CCU sein (Carbon Capture and Utilization): Hier wird CO<sub>2</sub> ebenfalls eingefangen, dann aber in der Herstellung von Kraft- oder Kunststoff genutzt.

#### Im Gegenteil

Indessen weist der tatsächliche Ausstoß klimaschädlicher Gase wie Kohlendioxid, Methan und Lachgas weiter nach oben: So ermittelte die World Meteorological Organization für das vergangene Jahr neue Rekordwerte. Zudem sei die Konzentration von CO<sub>2</sub> stärker angestiegen als in jedem anderen Jahr seit 1984. Die Forscher machen CO<sub>2</sub> für vier Fünftel der Treibhauswirkung (»Strahlungsantrieb«) verantwortlich. STX

### HALB WISSEN

#### Kardashians im Labor

Kim Kardashian nicht zu kennen ist eine ehrenvolle Bildungslücke (sie ist ein sogenannter Promi ohne nennenswerte Verdienste, hat aber 24 Millionen Follower auf Twitter). Im Sommer schlug der Biochemiker Neil Hall ein Maß für twitternde Forscher vor, den Kardashian-Index. Niemand Geringeres als das Wissenschaftszentralorgan Science hat diese Idee nun umgesetzt: Dessen Liste der »Top 50 Forschungs-Stars auf Twitter« wurde heftig retweetet, geteilt, kommentiert. Und kritisiert, weil Nichtmänner, Nichtweiße, Nichtangelsachsen und Nichtnaturwissenschaftler darin kaum vorkommen. Prompt wurden Gegenlisten aufgestellt. Beinahe könnte man vergessen, warum Hall seinen Index ausgerechnet mit einem Promi-Namen versehen hatte: als Kritik an der Diskrepanz zwischen Forschungsleistung und Social-Media-Ruhm einiger Forscher-Popstars. STX



Fortsetzung von S. 37

## Unser umtriebige Element

Ohne Kohlenstoff können wir nicht leben. Das Leben auf der Erde mit seiner ewigen Wiedergeburt ist nur möglich, weil es zwei Sorten von C-Wesen gibt: erstens Tiere (uns eingeschlossen), die Energie aus der Kohlenstoffverbrennung gewinnen und dabei CO<sub>2</sub> produzieren. Zweitens die Pflanzen, die aus dem trägen Verbrennungsprodukt wieder reaktionsfreudige Verbindungen schaffen. Jeder Gummibaum im Büro vollbringt dieses Kunststück mit nicht mehr als Wasser und Sonnenlicht: Das Wasser wird in Sauerstoff und Wasserstoff gespalten, Letzterer reißt mit seiner elektrischen Ladung das CO<sub>2</sub> aus der Lethargie und verbindet sich mit ihm zu energiereichen Kohlenhydraten – schon kann C wieder im Bindungsreigen mitspielen, während der Sauerstoff entschwebt und die Luft frischer macht.

Damit der Kohlenstoff ins Spiel zurückkehren kann, müssen im Inneren der Blätter hochkomplexe Reaktionen ablaufen. Viel Energie wird dafür gebraucht. Die Sonne liefert sie zwar umsonst, aber ihr Licht muss eingefangen und umgewandelt werden. Und dies ist die große Kunst der Photosynthese. Das Grün der Blätter, das Chlorophyll, beherrscht sie, es jongliert virtuos mit Photonen und Elektronen. Einen solchen Stoff, der zusammenbringt, was von allein nicht zusammen geht, nennen die Chemiker Katalysator.

Weil der Mensch dieses Kunststück bislang nicht beherrscht, hat er für die CO<sub>2</sub>-getriebene Erdwärmung auch keine elegante Lösung parat. »Energie sparen« lautet noch die klügste, allerdings nur unzureichend praktizierte. Aber nun mehrten sich die Techniken, mit denen sich tatsächlich CO<sub>2</sub> umwandeln und das Kohlenstoffatom aus seinem Gasgefängnis befreien lässt.

Noch sind die bislang vom Menschen geschaffenen Synthesen praktisch bedeutungslos. Seit Jahrzehnten nutzen Chemiker CO<sub>2</sub> zwar als Rohstoff, um Harnstoff und Salicylsäure herzustellen (und aus Letzterer Acetylsalicylsäure für Kopfschmerztabletten) und um Lösungsmittel zu produzieren. Doch dies blieben Nischenanwendungen.

*Liebe Kollegen, wenn wir lernen werden, es ihm [dem Blatt] gleichzutun, werden wir sicut Deus sein.*

*Sicut Deus*, wie Gott – tatsächlich gilt eine effektive künstliche Photosynthese als heiliger Gral der organischen Chemie. Im größeren Stil versuchte man bereits in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts einmal, das C aus Kohlendioxid für Kraftstoffe und Kunststoffe zu nutzen. Aus kohlenstoffhaltigen Gasmixturen mit geringem CO<sub>2</sub>-Anteil wurde der Sprit Methanol hergestellt.

Gelänge das auch mit purem Kohlendioxid, könnte man dessen C-Atome wieder in Energieträger verwandeln. Und brächte man das träge

## Neues aus CO<sub>2</sub>

### Methan

Die Start-up-Firma Etogas hat in Werlte bei Bremen für Audi eine Anlage gebaut, die aus Kohlendioxid künstliches Erdgas herstellt. Sie ist die größte ihrer Art weltweit. Jährlich kann sie 2000 Tonnen Methan produzieren, womit 1500 Erdgasautos je 15 000 Kilometer weit fahren können. Das CO<sub>2</sub> stammt aus einer benachbarten Biogasanlage. Darüber hinaus laufen fünf kleinere Pilotanlagen in Deutschland.

### Methanol

Auf Island stellt Carbon Recycling International aus CO<sub>2</sub> im Jahr 1,7 Millionen Liter Methanol her. 2015 soll die Kapazität verdreifacht werden. Die Energie dafür liefert ein nahe gelegenes Geothermie-Kraftwerk, ebenso das Kohlendioxid, das mit dem heißen Wasserdampf aus dem Untergrund strömt. Das Methanol wird Benzin beigemischt – für Tankstellen in Island, Schweden und den Niederlanden.

### Plastik

Forscher der Technischen Universität München und der Universität Hamburg haben gemeinsam mit BASF ein Verfahren entwickelt, mit dem sich aus CO<sub>2</sub> Polypropylen-carbonat erzeugen lässt. Siemens hat daraus versuchsweise ein Staubsaugergehäuse hergestellt. Eine Produktion in größerem Maßstab ist noch nicht geplant: Zu teuer, teilt BASF mit, und auch in der Ökobilanz habe sich kein großer Vorteil gezeigt.

### Schaumstoff

Mit der RWTH Aachen hat Bayer ein Verfahren entwickelt, um mit CO<sub>2</sub> Schaumstoff aus Polyurethan zu produzieren. Der kann für Matratzen, Polstermöbel, Autoteile oder Dämmungen verwendet werden. Weil das Energie spart, werden dabei pro eingesetztem Kilogramm CO<sub>2</sub> drei weitere Kilo vermieden. Jetzt will der Konzern eine Produktionsstraße bauen, Kapazität 5000 Tonnen Schaumstoff im Jahr. Das CO<sub>2</sub> dafür soll aus einem benachbarten Werk des Chemieunternehmens Ineos kommen, wo es als Nebenprodukt anfällt. SAM

CO<sub>2</sub> mit reaktionsfreudigen Molekülen zusammen, könnten diese es an sich reißen und mit ihm zu Kunststoffen verschmelzen. So ließe sich Erdöl einsparen. Das spekulierten Chemiker bereits in der Ölkrise der siebziger Jahre.

Allen technischen Visionen zum Trotz bedeutete CO<sub>2</sub>-Nutzung bislang meist: Bäume pflanzen. Unter dem Eindruck von Klimawandel und schrumpfenden Erdölreserven jedoch arbeiten Chemiker nun ernsthaft an Stoffen, die Ähnliches leisten wie das natürliche Chlorophyll – und haben brauchbare Katalysatoren zuwege gebracht. Mit denen rüsten sie zu einem groß angelegten Befreiungskampf für das an zwei O-Atome gekettete C. Dutzende Projekte existieren allein in Deutschland, Chemiekonzerne beteiligen sich, und das Bundesforschungsministerium investiert hundert Millionen Euro (siehe Kasten links).

Eingefangen werden könnte das Kohlendioxid direkt dort, wo es entsteht, in Kraftwerken, in Zementfabriken und Stahlwerken, in Müllverbrennungs- und Biogasanlagen. Verschiedene Techniken wurden schon ausprobiert, ursprünglich mit dem Ziel, das CO<sub>2</sub> unter die Erde zu bringen: CCS – Carbon Capture and Storage – nennt sich das Verfahren. Zudem fällt CO<sub>2</sub> auch in reiner Form als Abfall in der chemischen Industrie an. Und eines Tages könnte es gar direkt mit »künstlichen Bäumen« aus der Luft gefischt werden. An denen wird bereits gearbeitet.

Für eine Nutzung des Klimagases (Carbon Capture and Utilization, kurz CCU) schöpfen die Chemiker von heute aus den Visionen von früher, verfolgen just die beiden in den siebziger Jahren vorgezeichneten Wege: Kraft- und Kunststoff.

Um Brennstoff herzustellen, brauen sie ein Gasgemisch aus Kohlendioxid und Wasserstoff, in dem die Wasserstoffteilchen den Kohlenstoff entfernen und je zu viert umringen – es entsteht CH<sub>4</sub>, Methan, also künstliches Erdgas. Dafür ist viel Energie nötig, denn ähnlich wie bei der Photosynthese muss Wasser in Sauer- und Wasserstoff gespalten werden. Stamme diese Energie aus Kohlekraftwerken, wäre die CO<sub>2</sub>-Verwertung völlig widersinnig – es entstünde mehr Klimagas, als unschädlich gemacht würde. Erst mit Solar- oder Windenergie ergibt der Plan Sinn. Schon sprießt der Traum, überschüssigen Grünstrom mittels künstlichen Erdgases zu speichern.

Ausprobiert wird die Technik deshalb vor allem dort, wo viel Ökoenergie anfällt. So läuft in Deutschland, wo die Windmühlen zeitweise schon überschüssigen Strom erzeugen, bereits die größte CO<sub>2</sub>-Methan-Fabrik der Welt. In Island, wo Energie praktisch aus der Erde sprudelt, in Form von heißem Wasser nämlich, produziert eine Anlage in kommerziellem Maßstab aus Kohlendioxid Flüssigtreibstoff. Ganz ähnlich wie bei der Methan-

produktion umringt dabei Wasserstoff das C des CO<sub>2</sub>. Nur eines der Sauerstoffatome muss gehen, eines darf bleiben – es entsteht CH<sub>3</sub>OH: Methanol, ein giftiger Alkohol, der herkömmlichem Sprit beigemischt wird. Eines Tages, so die Vision, könnten Tanker leer aufs Meer hinausfahren und voll zurückkommen, weil sie dort aus nichts als Sonnenenergie, Meerwasser und Kohlendioxid Methanol hergestellt haben.

*Er [Der Mensch] hat bisher riesige Reserven organisch aufgeschlossenen oder zumindest reduzierten Kohlenstoffs gefunden und findet sie noch – aber wie viele Jahrzehnte wohl noch?*

Bevor die fossilen Kohlenstoffquellen – also Erdöl, Erdgas und Kohle – versiegen, könnten sie in der Kraftstoffproduktion nach und nach ersetzt werden. Auch in der Kunststoffherstellung wird die CO<sub>2</sub>-Nutzung erprobt. Dabei kommen Epoxide zum Einsatz, die schon in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts einmal als Hoffnungsträger galten. Sie sind dreieckig zusammengestaucht und können auf einen Schlag so viel Energie freisetzen, dass C trotz CO<sub>2</sub>-Verlisses neue Verbindungen eingehen kann. Die Chemieriesen Bayer und BASF produzieren so zusammen mit Hochschulforschern schon Kunststoffe: Schaumstoffe und Plastik, aus denen sich Matratzen machen lassen und Gehäuse für Staubsauger, Föhne oder Mixer. Dafür ist weniger Energie vonnöten als für die Kraftstoffproduktion, weil die Doppelbindungen, die das Kohlenstoffatom an die beiden Sauerstoffatome fesseln, nicht aufgebrochen werden müssen: C wird mitsamt seinen Bewachern in allerhand Alltagsprodukte eingeschleust.

Mehr als zwei Milliarden Tonnen Kohlendioxid könnten so jedes Jahr gebunden werden, schätzen Fachleute, 80 Prozent davon in Kraft-, der Rest in Kunststoffen. Das klingt vielversprechend, entspricht aber bloß sechs Prozent dessen, was wir heute in die Luft pusten. Nur durch CO<sub>2</sub>-Verwertung das Klima zu retten wird nicht funktionieren. Das geben alle Forscher zu, die daran arbeiten.

Und es stellen sich weitere Fragen: Wird es genug Ökostrom-Überschuss geben? Und falls ja, ist die Verwendung für die CO<sub>2</sub>-Nutzung die beste? Sollte man die Energie nicht lieber in Pumpspeicherkraftwerken oder anderweitig zwischenlagern? Außerdem verschwindet der Kohlenstoff ja auch nicht dauerhaft aus der Atmosphäre: Kraftstoffe werden rasch wieder verbrannt, und Kunststoffe eignen sich noch am besten als CO<sub>2</sub>-Deponie, wenn sie als Baumaterial eingesetzt werden. Häuser halten nun mal länger als Matratzen.

Der Traum, es der Natur gleichzutun und aus einfachsten Rohstoffen mit sauberer Energie das Lebensnotwendige herzustellen – was bleibt von ihm? Welchen Sinn ergibt es, den Kohlenstoff aus

seinem Verlies zu befreien? Immerhin: Jedes C, das dem CO<sub>2</sub> entronnen wird, muss nicht aus Öl oder Kohle gewonnen werden. Das spart Rohstoffe und hilft beim Ausstieg aus der Fossilindustrie.

Der größte potenzielle Nutzen liegt aber ganz woanders: Es könnte gelingen, mit Kohlendioxid Kohlendioxid einzusparen. Das klingt paradox, funktioniert in ein paar Fällen aber schon. Etwa in der Schaumstoffproduktion von Bayer: Wird CO<sub>2</sub> als Rohstoff genutzt, müssen weniger Epoxide eingesetzt werden, als wenn der Schaum aus Erdöl hergestellt würde. Weil die Erzeugung dieser Moleküle sehr energieaufwendig ist, spart das Energie und damit CO<sub>2</sub>. Kohlendioxid wäre damit nicht mehr bloß ein lästiger Schadstoff, der entschärft werden muss – sondern ein Rohstoff, der eine effizientere Produktion möglich macht.

CO<sub>2</sub>-Nutzung kann also auch verhindern, dass manches C überhaupt erst in die Fänge des Sauer-



stoffs gerät. Und sie kann bereits eingekerkerten Kohlenstoff schneller befreien als die Natur per Photosynthese – einmal in der Luft, bleibt ein CO<sub>2</sub>-Molekül im Schnitt 200 Jahre dort.

So elegant wie das Kunststück des Chlorophylls sind die technischen Verfahren indes nicht. Und C muss überdies mit einem Platz in der Matratze, im Staubsaugergehäuse oder im Kohlefaserbeton vorliebnehmen, während seinen auf natürliche Weise befreiten Elementargenossen viele Wege offenstehen: vom Gras in die Kuh in den Käse, vom Weinblatt in die Traube in den Wein, vom Kraut ins Lamm ins Kotelett – und schließlich in jeden und jede von uns. Ganz so, wie auch Primo Levi seine Geschichte eines C-Atoms enden ließ:

*Ein Atom, eben jenes, das uns am Herzen liegt, überschreitet die Schwelle des Darms und dringt in den Blutstrom ein: es wandert, klopfte an die Pforte einer Nervenzelle, tritt ein und ersetzt ein anderes Kohlenstoffatom. Diese Zelle gehört zu einem Gehirn, dem meinigen (...). Es ist die Zelle, die in diesem Augenblick, aus einem labyrinthartigen Wirrsal von Ja und Nein heraus, bewirkt, dass meine Hand einen bestimmten Weg auf dem Papier zurücklegt, (...) und sie drückt diesen Punkt aufs Papier: diesen.*

www.zeit.de/audio