

## Chemie

# Vom Klimagas zur Colaflasche

**Chemiker träumen schon lange davon, Kohlendioxid als Rohstoff für Plastikprodukte oder Benzin zu nutzen. Kanadischen Forschern ist nun ein großer Fortschritt gelungen.**

VON BENJAMIN VON BRACKEL, SZ, 20.0.16

Der Formel-1-Wagen von Sebastian Vettel ist ein schönes Symbol für die Herausforderung des Klimawandels. In ihm steckt sowohl das Problem als auch eine Lösung. Kaum ein Sport verursacht mehr klimaschädliche CO<sub>2</sub>-Emissionen: Ein Rennwagen verbraucht zwischen 60 und 80 Liter Benzin pro 100 Kilometer. Der hochgezüchtete Motor stößt 1500 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer aus - das Zehnfache eines Pkws.

Das besondere am Wagen von Vettel ist jedoch die Bremse: Sie besteht aus Carbonfasern, deren Kohlenstoff ursprünglich aus Kohlendioxid gewonnen wurde. **Das sogenannte Power-to-Gas-Verfahren erzeugt mit Ökostrom zunächst Wasserstoff, der anschließend mit Kohlendioxid zu Methan verarbeitet wird. Dieses wird unter hohem Druck und Hitze einem Bremsrohling aus Baumwollfasern zugeführt. Mit Hilfe von weiterem Ökostrom lässt sich ein Teil des Methans in Feststoff umwandeln. Fertig ist die Karbonbremse. In ihr sind 14 Kilogramm CO<sub>2</sub> gespeichert.**

### **Das Potential ist riesig**

Noch steht das CO<sub>2</sub>-Recycling ganz am Anfang. Aber das Potenzial ist riesig. In Laboren auf der ganzen Welt tüfteln Chemiker daran, Kohlendioxid als Rohstoff zu nutzen, statt es einfach in die Atmosphäre zu blasen oder unter die Erde zu pumpen. **"Das ist die Zukunft"**, sagt Rüdiger Eichel, Direktor des Instituts für Energie- und Klimaforschung des Forschungszentrums Jülich. "Es ist das, was uns alle antreibt."

Leicht ist es jedoch nicht. "Das CO<sub>2</sub> ist am Ende der ganzen Energiewandlungskette total tot", sagt Ferdi Schüth, Direktor am Max-Planck-Institut für Kohlenforschung in Mühlheim. Wer daraus Kohlenmonoxid oder Kohlenwasserstoffe machen wolle - Stoffe wie Methan oder gar Plastik also, die sich wieder nutzen lassen - stecke mehr Energie rein, als er am Ende bei der Verbrennung gewinne. Mit anderen Worten: Der inaktive Stoff muss mit viel Energie wiederbelebt werden. Viele Wissenschaftler arbeiten nun daran, das auf effiziente Weise zu schaffen. "Die Veröffentlichungen sind in den vergangenen Jahren exponentiell angestiegen", sagt der Materialwissenschaftler Phil De Luna von der Universität Toronto.

De Luna ist Mitautor einer Studie, die vor einiger Zeit im Fachblatt Nature erschienen ist und von der Fachwelt als Durchbruch gefeiert wird. Den Forschern um Ted Sargent war es gelungen, Kohlendioxid so effizient wie nie zuvor in Kohlenmonoxid zu verwandeln - den Ausgangsstoff für Plastik oder Treibstoffe wie Methanol, Ethanol und Diesel.

### **Das abgestoßene Sauerstoff-Atom verbindet sich mit zwei Wasserstoff-Atomen zu Wasser**

Der Apparat, der die Energiewirtschaft revolutionieren könnte, besteht aus zwei kleinen Bechern, die mit Salzwasser gefüllt und mit einer Brücke verbunden sind. Für die Umwandlung muss sich Kohlendioxid im Wasser auflösen. Wie sehr es sich dagegen sträubt, kann jeder feststellen, der einen Schluck Mineralwasser trinkt.

Deshalb braucht es zwei Elektroden, die ins Wasser tauchen und dieses unter Strom setzen. Damit sich das Kohlendioxid von einem seiner Sauerstoff-Atome trennt und zu Kohlenmonoxid wird, muss es an eine Elektrode andocken. Das abgestoßene Sauerstoff-Atom verbindet sich dann mit zwei Wasserstoff-Atomen zu Wasser. Das Manko: Bisher lief das viel zu ineffizient und langsam ab.

Um den Prozess zu beschleunigen, wählten die kanadischen und chinesischen Forscher nun Elektroden mit einer Goldoberfläche, auf der lauter kleine Nadeln gewachsen waren. Jede an ihrer Spitze 10 000-mal feiner als ein menschliches Haar. "Diese Nanonadeln verhalten sich wie Blitzableiter", sagt De Luna. Nachdem die Forscher eine elektrische Spannung angelegt hatten,

bildeten sich an den scharfen Kanten dieser Goldnadeln starke elektrische Felder. Dort wurde das CO<sub>2</sub> regelrecht angesaugt und wandelte sich rasch in Kohlenmonoxid - zehnmal schneller als mit gängigen Katalysatoren.

"Das ist ein sehr interessanter und wichtiger Beitrag", sagt Walter Leitner, Professor für Technische Chemie und Petrolchemie an der RWTH Aachen. "Es ist noch nicht die Lösung des Problems, aber ein wichtiger Baustein." Der Sprung in der Energieeffizienz bringt die Forscher näher an die kommerzielle Aufwertung von Kohlendioxid mit Hilfe von Ökostrom. Der Anreiz, das zu schaffen, ist groß: So ließe sich mit überschüssigem Strom aus Wind- und Solaranlagen aus CO<sub>2</sub> flüssiger Treibstoff machen. Der könnte überall dorthin transportiert werden, wo er gebraucht wird. Die Tankfahrzeuge, Tankstellen und Flüssigtanks dafür gibt es schon heute. Alternativ lassen sich mit Hilfe des Kohlenmonoxids Kunststoffe oder Chemieprodukte herstellen. Der Nebeneffekt: Das klimaschädliche Gas wird eingefangen. "Wir wollen zwei Fliegen mit einer Klappe schlagen", sagt De Luna.

Abgezapft werden soll das Kohlendioxid dort, wo es in großen Mengen anfällt - etwa in Kohlekraftwerken. Oder noch besser in Zementwerken. Letztere verursachen fünf Prozent der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen, was sich auf absehbare Zeit nur schwer reduzieren lässt.

### **"Eine Coca-Cola-Flasche, ein Gurt, ein Handy, eine Tastatur"**

Neben dem Energieverlust bei der Umwandlung, den es noch zu verringern gilt, gibt Experten vor allem das Material zu denken: Gold, wie es De Luna und seine Kollegen einsetzen, ist zu teuer für eine industrielle Produktion. "Das wird nicht der Katalysator sein, der industriell zur Anwendung kommt", sagt Schüth. "Das sind vorbereitende Arbeiten für die Zeit, in der die regenerativen Energien dominieren." Solange die Welt noch fossile Energieträger verbrenne, hält er es für wenig sinnvoll, mit Strom und Wasserstoff das CO<sub>2</sub> aufzuwerten, das durch die Verbrennung fossiler Rohstoffe entstanden ist.

De Luna und seine Kollegen erproben daher günstigere Materialien wie Palladium. Und sie arbeiten bereits an einer weiteren Hürde: Mit dem Kohlenmonoxid alleine lässt sich noch nicht viel anfangen - es braucht weitere Zwischenschritte für synthetische Treibstoffe. Das kostet zusätzlich Energie. Deshalb wollen die Kanadier Kohlenmonoxid überspringen und direkt Kohlenwasserstoffe herstellen. Das Ziel: Ethylen - ein Grundbaustein für Plastik. "Das kann alles mögliche sein", sagt De Luna. "Eine Coca-Cola-Flasche, ein Gurt, ein Handy, eine Tastatur."

Die dafür nötige Verknüpfung von Kohlenstoffatomen ist noch eine Herausforderung für die Chemiker. Und sie müssen dafür sorgen, dass der Katalysator nur die Reaktion beschleunigt, mit der das gewünschte Produkt entsteht - und nicht alle möglichen weiteren Prozesse.

Schon heute setzen erste kanadische Unternehmen wie CO<sub>2</sub>-Solutions oder Fire-Water auf das Kohlendioxid-Recycling. "Was wir aber wirklich brauchen, sind die großen Energiekonglomerate wie Total, BP oder Shell", erklärt De Luna. Würden sich die Riesen erst bewegen, dürfte es die CO<sub>2</sub>-Umwandlung schnell aus den Laboren schaffen. "Ich kann mir definitiv vorstellen, dass das noch in dieser Dekade passiert."

Wo das CO<sub>2</sub>-Recycling heute steht, zeigt der Formel-1-Wagen von Sebastian Vettel: Nach drei Runden auf der Rennstrecke in Monaco hat er die CO<sub>2</sub>-Einsparung durch die Karbonbremse wieder verfahren.