

Kohlendioxid

# Der Klimasünder als wertvoller Werkstoff

Weltweit entwickeln Firmen Verfahren, um CO<sub>2</sub> aufzufangen und wiederzuverwerten. Einige Ansätze haben besonderes Potenzial.

Hannah Krolle Düsseldorf

**S**eife aus Treibhausgasen, Bakterien, die CO<sub>2</sub> fressen und daraus Lebensmittel produzieren, kohlenstoffneutraler Treibstoff – überall auf der Welt arbeiten Unternehmen und Wissenschaftler an Technologien, die dabei helfen, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren. Das Verfahren nennt sich Carbon Capture and Utilization (CCU), also CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre zu entnehmen und wiederzuverwerten, etwa als Grundlage für neue Produkte wie Treibstoff, Kleidung, Kosmetik und Lebensmittel.

Die Idee, die dahintersteckt: Gelingt es, klimaschädliches Kohlendioxid wiederzuverwerten, lässt sich das Klima auch dann schützen, wenn manche CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht vermeidbar sind. Die Relevanz von CO<sub>2</sub>-Entnahme-Technologien im Kampf gegen den Klimawandel bestätigt auch der Weltklimarat (IPCC): Sie seien „wahrscheinlich unabdingbar“, um das 1,5-Grad-Ziel zu erreichen. Das Potenzial schätzen die Wissenschaftler als groß ein: Für dieses Jahrhundert ließen sich mit neuen Technologien bis zu 780 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub> aus der Luft entfernen. Das wird auch nötig sein. Bis 2050 erwarten Wissenschaftler des Global Carbon Project einen Anstieg der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen von heute 37 Milliarden Tonnen (2021) auf bis zu 43,1 Milliarden Tonnen weltweit.

Der Markt für die Abspaltung, Speicherung und Wiederverwertung von Kohlenstoff erreichte 2021 einen Wert von über zwei Milliarden Dollar und legte seit 2016 jährlich um knapp fünf Prozent zu, zeigt ein Report des Marktforschungsinstituts „Research and Markets“. Laut der Prognose wird das Marktvolumen 2026 schätzungsweise bei 3,5 Milliarden Dollar liegen und sich bis 2031 fast verdoppeln.

**Solar Foods: Bakterien produzieren Protein**

Das finnische Start-up Solar Foods filtert beispielsweise das Treibhausgas aus der Luft, verbindet es in einem mit Bakterien gefüllten Bioreaktor mit Stickstoff und Wasserstoff und fermentiert es anschließend mit Phosphor und Kalzium. Das daraus entstehende gelbe Pulver, Solein, besteht zum Großteil aus Proteinen und soll Fleischersatzprodukte oder verschiedene andere vegane Eiweißprodukte anreichern.

Die weltweite Tierhaltung gehört mit rund 20 Prozent der Treibhausgasemissionen zu den Hauptursachen für die globale Erwärmung. Neben der Futtermittelherstellung ist vor allem das aus dem Magen von Rindern freigesetzte Methan Quelle des Treibhausgas-Ausstoßes. Methan gilt als vielfach klimaschädlicher als CO<sub>2</sub>. Deswegen ist ein

Kilogramm Rindfleisch nach einer Studie im Auftrag des Umweltbundesamts mit einem Ausstoß von 13,6 Kilogramm CO<sub>2</sub>-Äquivalent eines der klimaschädlichsten Lebensmittel.

Pasi Vainikka, Co-Gründer von Solar Foods, sagt: „Solein ist eins der wenigen Lebensmittel, das ganz ohne Landwirtschaft auskommt.“ In der Produktion werde nicht nur viel weniger CO<sub>2</sub> ausgestoßen, sondern die Luft werde sogar von Treibhausgasen befreit. Die Pilotanlage in Finnland produziert zwar nur ein Kilogramm Solein pro Tag und entnimmt der Luft rund zwei Kilogramm CO<sub>2</sub>. „Das ist gemessen am Treibhausgasausstoß der Lebensmittelindustrie sehr wenig“, sagt Vainikka. Doch die Testanlage zeige, dass das Verfahren funktioniert.

Die erste Anlage nimmt in diesem Jahr den Betrieb auf, ab 2024 soll sie Gewinn erwirtschaften. Für den Bau erhielt das Jungunternehmen im Dezember 34 Millionen Euro aus dem Förderpotenzial für „Important Projects of Common European Interests“ von der Europäischen Union (EU) und damit die bislang weltweit größte öffentliche Förderung der zellulären Landwirtschaft, also jenes Forschungsgebiets, bei dem Wissenschaftler Lebensmittel im Reagenzglas aus Zellen herstellen. Kürzlich erhielt Solar Foods außerdem eine Verkaufszulassung in Singapur, sagt Vainikka.

**Pyreg: Kohle aus Biomasse**

Auch Kompost, Grünschnitt, Holz und Gülle sind CO<sub>2</sub>-Emitenten. Das Maschinenbauunternehmen Pyreg stellt zum Beispiel eine Anlage her, die CO<sub>2</sub>-haltige Biomassereststoffe in wertvolle Pflanzenkohle – Biochar – umwan-



**Forschungsministerin Stark-Watzinger:** Fordert Technologieoffenheit bei Treibstoffen.

delt. Dabei wird die Biomasse unter Luftentzug und hohen Temperaturen in sogenannten Karbonisierungsanlagen in Kohlenstoff umgewandelt. So wird verhindert, dass ein Großteil des in der Biomasse enthaltenen CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre entweicht.

Die Pflanzenkohle wird etwa in der Landwirtschaft eingesetzt, um den Boden mit Nährstoffen anzureichern, sowie in der Industrie als Bestandteil von Baustoffen verwendet. Dort ist das CO<sub>2</sub> „über Jahrtausende sicher gespeichert“, sagt Pyreg-CEO Jörg zu Dohna.

Würde man den Grünschnitt stattdessen verrotten lassen, würde das während der Wachstumsphase der Pflanzen gespeicherte CO<sub>2</sub>

wieder freigesetzt. Eine Tonne Biochar bindet dauerhaft knapp drei Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr.

Die Anlage hat einen weiteren Vorteil: Im Verkohlungsprozess entsteht Wärme. Das Industrieunternehmen Thyssen-Krupp Rothe Erde, das Großwälzlager produziert, hat eine Karbonisierungsanlage am Produktionsstandort Lippstadt installiert. Sie decke dort etwa 40 Prozent des Wärmebedarfs für Heizung und Wasser der Produktionshallen, Büro- und Sozialräume ab, sagt Wilfried Spintig, COO bei Thyssen-Krupp Rothe Erde. Das entspricht dem jährlichen Bedarf von knapp 180 Vierpersonenhaushalten.

Thyssen-Krupp Rothe Erde nutzt Holz aus Verpackungsresten. Aus jährlich rund 2500 Tonnen Restholz entstehen so über 5300 Megawattstunden Wärme und rund 640 Tonnen Biochar.

Die Nachfrage nach den Karbonisierungsanlagen ist in den vergangenen zwei Jahren sprunghaft gestiegen. Über 50 Anlagen sind weltweit im Einsatz und entziehen der Atmosphäre jährlich 30.000 Tonnen CO<sub>2</sub>. Das entspricht der Klimaleistung von 2,4 Millionen Bäumen. Die Technologie hat ihren Preis: Eine Anlage kostet rund zwei Millionen Euro.

**Synhelion: Treibstoffe dank Solarwärme**

Über synthetische Kraftstoffe, sogenannte E-Fuels, wurde in den letzten Monaten viel diskutiert. Alternativen zu Benzin, Diesel, Gas und Kerosin sollen dabei ausschließlich mit erneuerbaren Energien hergestellt werden, indem aus Wasser zunächst Wasserstoff und anschließend mithilfe von CO<sub>2</sub> flüssiger Kraftstoff hergestellt wird.

## Wer verursacht die Emissionen

Weltweite Treibhausgasemissionen 2019 in Mrd. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent

	15,8 Mrd. t	Anteil
<b>Elektrizität und Heizen</b>		<b>31,0 %</b>
Verkehr	8,4	16,5 %
Verarbeitendes Gewerbe und Bauwesen	6,3	12,3 %
Landwirtschaft	5,8	11,3 %
Flüchtige Emissionen	3,4	6,7 %
Gebäude	3,1	6,0 %
Industrie	3,1	6,0 %
Landnutzungsänderung u. Forstwirtschaft	1,6	3,2 %
Abfall	1,6	3,2 %
Luft- und Schifffahrt	1,3	2,6 %
Verbrennung anderer Brennstoffe	0,6	1,2 %
<b>Gesamt</b>	<b>51,1</b>	<b>Mrd. t</b>

HANDELSBLATT

Quellen: Our World in Data, JHU

Volkswagen-Konzernchef Oliver Blume warb zuletzt beim Autogipfel im Kanzleramt im Januar für die Technologie. „Ottomotoren können mit ihnen nahezu CO<sub>2</sub>-neutral betrieben werden. So können alle Fahrzeuge ihren Teil dazu beitragen, CO<sub>2</sub> zu reduzieren – unabhängig von der Antriebsart“, sagte er. Davon würden auch Bestandsfahrzeuge profitieren. E-Fuels würden sich „als Wasserstoff-Derivat hervorragend mit fossilen Kraftstoffen mischen“ lassen, so der VW-Chef.

Bundesforschungsministerin Bettina Stark-Watzinger (FDP) sieht das ähnlich. „Wir brauchen auch hier Technologieoffenheit“, sagte sie im Zuge des Streits um die Wasserstoff-Strategie der Ampelkoalition. „Wir geben Klimaneutralität vor, aber die Ingenieure entwickeln den Plan, und die E-Fuels sind ein Weg, CO<sub>2</sub> einzusparen und klimaneutral zu werden.“

Doch die Technologie ist durchaus umstritten: Bislang ist der Wirkungsgrad sehr gering. Nur 15 Prozent der Energie können für den Antrieb genutzt werden, der Rest geht verloren. Bei Elektroautos sind es immerhin rund 70 Prozent. Man benötigt also die fünffache Energiemenge, um mit E-Fuels die gleiche Strecke wie mit einem E-Auto zurückzulegen.

Wissenschaftler des Schweizer Start-ups Synhelion, einer Ausgründung der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich, arbeiten an einem anderen Verfahren, Treibstoffe CO<sub>2</sub>-neutral herzustellen. Das Unternehmen nutzt statt Strom unmittelbar Solarwärme, um CO<sub>2</sub> in synthetische Kraftstoffe umzuwandeln.

Ende des Jahres geht die erste Anlage in Jülich an den Start, ab 2026 soll in Spanien eine zweite Anlage hinzukommen. Die Anlage in Spanien soll rund 1000 Tonnen Treibstoff pro Jahr produzieren, kündigt der Co-Gründer

Gianluca Ambrosetti an. Dann müsse sich die Produktionsmenge mit jeder Anlage vervielfachen, um bis 2030 einen relevanten Beitrag auf dem Weg zu nachhaltigen Treibstoffen zu leisten.

2030 sollen bereits 875 Millionen Liter Kerosin, Benzin und Diesel entstehen, die Produktion eines Liters soll perspektivisch weniger als einen Euro kosten. Am Unternehmen beteiligt ist unter anderem die zur Lufthansa-Gruppe gehörende Schweizer Luftfahrtgesellschaft Swiss.

#### CleanO2: Seife aus Kohlendioxid

Das kanadische Start-up CleanO2 verwandelt CO<sub>2</sub> in Seife und Waschmittel. Die Gründer haben ein Gerät erfunden, das Treibhausgase aus Gebäudeheizungen und Warmwasseraufbereitern abscheidet und in Kaliumkarbonat, sogenannte Perlasche, verwandelt. Dieser Stoff dient als Vorprodukt bei der Herstellung von Seife und Waschmitteln. Eine Anlage hat ungefähr die Größe von zwei Kühlschränken und bindet nach Angaben des Unternehmens sechs bis acht Tonnen CO<sub>2</sub> im Jahr. Das entspricht etwa der Wirkung von 300 Bäumen.

Mit der Wiederverwertung von CO<sub>2</sub> setzte sich Jaeson Cardiff, Co-Gründer und CEO von CleanO2, bereits 2005 auseinander. „Auf dem Markt gab es keine klaren Lösungen für den Umgang mit Kohlenstoffemissionen“, sagt er. Cardiff arbeitete zu der Zeit als Klempner und Heizungstechniker und erkannte, dass sich mit dem chemischen Gemisch, das üblicherweise zur Reinigung von Heizkesseln verwendet wird, auch CO<sub>2</sub> abscheiden ließ. 2013 gründeten er und sein Team CleanO2. Die Anlagen kommen vor allem in gewerblichen und privaten Immobilien zum Einsatz, die mit Erdgas beheizt werden, etwa in Hotels und Zentren für betreutes Wohnen.

3,5

Milliarden Dollar soll das Marktvolumen für die Abspaltung, Speicherung und Wiederverwertung von CO<sub>2</sub> im Jahr 2026 betragen.

Quelle: Research and Markets