

## Schlecht fürs Klima, gut fürs Bier

Kohlendioxid aus der Luft zu filtern, ist zwar noch teuer, aber bereits möglich. Doch um dem Klima zu nützen, muss das Gas für immer unschädlich gemacht werden.

VON ANDREA SÖLDI

Das unser Energiehunger zu einer verheerenden Erwärmung des Klimas führt, wissen wir nun bereits seit einigen Jahrzehnten. Dennoch steigt der Ausstoss an Klimagasen stetig an. Die Bemühungen um eine Reduktion der fossilen Energieträger kommen nur schleppend voran. Forschende tüfteln deshalb an einem Ansatz, der das Problem von der anderen Seite her angeht: Könnte man die wichtigsten Klimagase wie Kohlendioxid, Methan und Lachgas aus der Atmosphäre filtern, wären unbeliebte Einschränkungen unseres gewohnten Lebensstils nicht notwendig.

Ganz utopisch ist dies nicht. Tatsächlich ist die Technologie bereits vorhanden. Im thurgauischen Sulgen zum Beispiel hat die Firma Asco vor drei Jahren eine Pilotanlage gebaut, welche Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) aus industriellen Abgasen extrahiert. Sie ist bei der Firma Hochdorf Nutrition installiert, die unter anderem Milchpulver für Babys herstellt. Das Trocknen der Milch benötigt Wärme, die durch das Verbrennen von Erdgas gewonnen wird. Der Standort für die CO<sub>2</sub>-Rückgewinnung ist besonders sinnvoll, weil der Stoff unmittelbar verwendet wird: Damit die Babynahrung bis zu zwei Jahre haltbar ist, entzieht man den Dosen die Luft und füllt den Hohlraum mit Kohlendioxid auf. Zudem kann die CO<sub>2</sub>-Filteranlage von der Abwärme der Firma Hochdorf Nutrition profitieren.

### Engpässe im Sommer

CO<sub>2</sub> ist nämlich nicht nur schädlich, sondern mancherorts sehr gefragt: Aus Kohlendioxid und Wasser entsteht Kohlensäure, die unser Mineralwasser und Bier zum Prickeln bringt. Das Gas wird weiter zum Aufschäumen von Dämmmaterialien gebraucht, zum Konservieren von Lebensmitteln, kommt beim Schweissen zur Anwendung und regt das Wachstum von Pflanzen an. Vor allem in den Sommermonaten sei CO<sub>2</sub> häufig Mangelware, erklärt Asco-Mitarbeiter Heiko Blumentritt. «Ausgerechnet dann, wenn Durstlöcher begehrt sind, fahren viele industrielle Betriebe ihre Produktion herunter, um ihre Anlagen zu warten.» Ein Grossteil des Stoffes fällt als Nebenprodukt in der Agro-

treibstoffproduktion sowie bei Vergärungsprozessen an, vorwiegend in Deutschland und Polen. Mit der Produktion vor Ort entfallen die Transportwege in die Schweiz. Das Transportieren ist zudem energieaufwendig und teuer, weil das Gas unter Druck verflüssigt werden muss. Manche Unternehmen, die CO<sub>2</sub> benötigen, stellen dieses auch direkt durch das Verbrennen von Diesel oder Erdgas her. Auch solche Geräte vertreibt die Firma Asco, vor allem in abgelegenen Gebieten in Asien oder Afrika.

Die Anlage in Sulgen vermindert die Emissionen aus der Lebensmittelfirma um gut 10 Prozent und produziert jährlich rund 2000 Tonnen CO<sub>2</sub>. Dies entspricht etwa dem Ausstoss von 500 Langstreckenflügen. Vom Klima-Aspekt her ist die Sache jedoch mehrheitlich ein Nullsummenspiel: Sobald man die Milchpulverdose oder das Bier öffnet, entweicht das Kohlendioxid wieder in die Atmosphäre. Um es nachhaltig zu entfernen, müsste man es irgendwo aufbewahren, wo es für Jahrtausende nicht mehr entweichen kann - eine Herausforderung nicht unähnlich jener bei der Lagerung radioaktiver Abfälle. Infrage kommen etwa stillgelegte Erdöl- und Erdgasfelder sowie Kohleminen.

### Immer im Untergrund versenkt

In diesem Bereich ist unter anderem die Firma Climeworks aktiv. Im Rahmen des EU-Forschungsprojekts CarbFix experimentiert das ETH-Spin-off in Island mit einer komplett neuen Methode: Das Kohlendioxid wird mit Wasser vermischt und in Basaltsteinhöhlen in 700 Meter Tiefe gepumpt. «Nach einer chemischen Reaktion setzt sich der Stoff als festes Mineral auf dem Gestein ab und bleibt über Jahrtausende stabil», erklärt Mediensprecher Martin Jendrischik. So sollte es auch bei einem Erdbeben oder bei allfälligen Bohr-Aktivitäten unserer Nachkommen nicht mehr in die Atmosphäre gelangen können.

Das 2009 gegründete Jungunternehmen hat eine Technologie entwickelt, mit dem es CO<sub>2</sub> aus der Umgebungsluft filtern kann. Die Pilotanlage ist auf dem Dach der Kehrlichtverbrennungsanlage Hinwil installiert und leitet das Gas in ein nahes Gewächshaus. Durch die höhere Konzentration an Kohlendioxid gedeiht das Gemüse schneller. Weiter verkauft die Firma

das gewonnene CO<sub>2</sub> wie ihre Mitbewerber an Getränkehersteller, Kunststoffproduzenten und an Unternehmen, die daraus wieder Treibstoff herstellen.

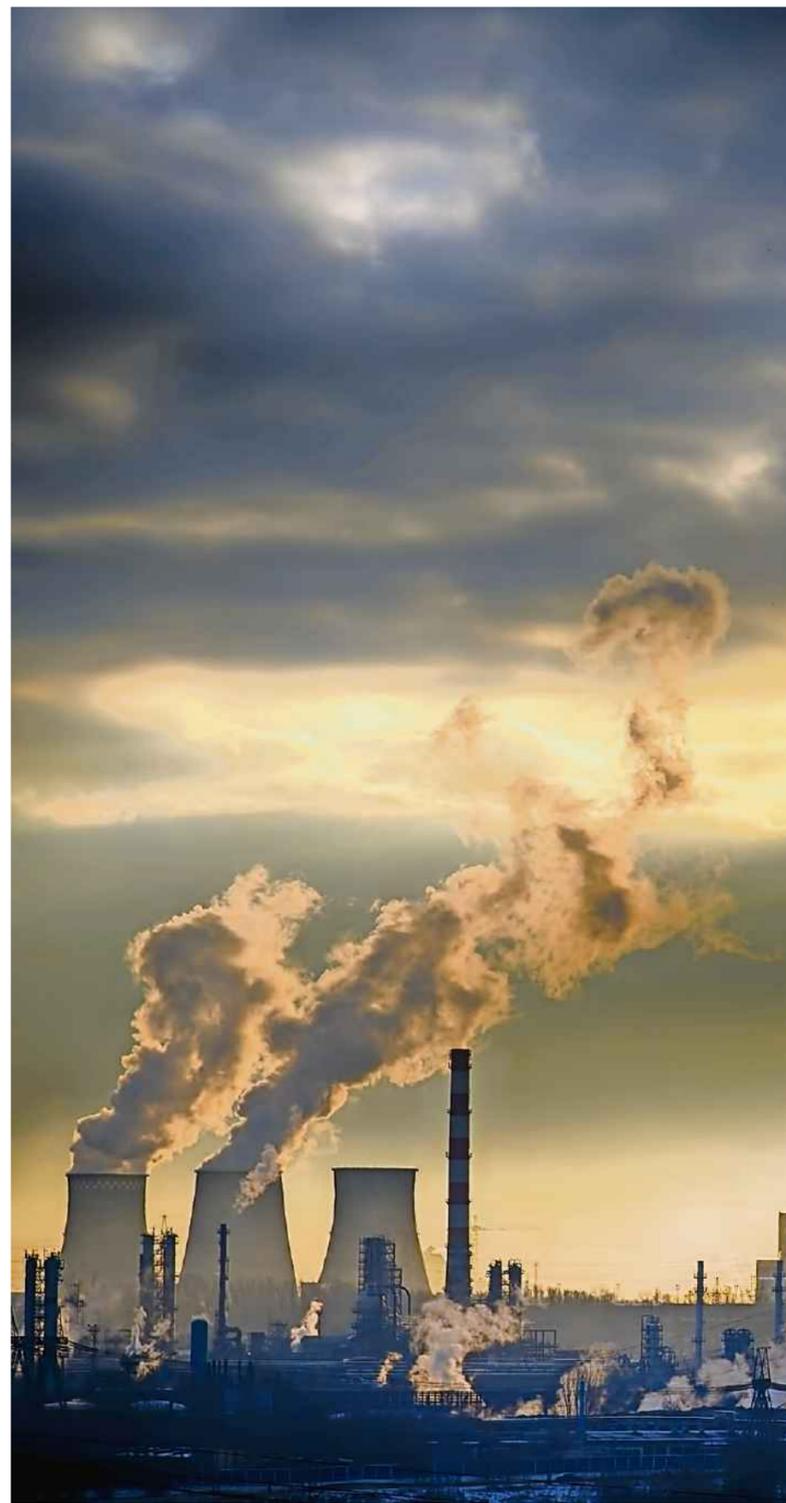
Der Vorteil der sogenannten Direct-Air-Capture-Methode - also des Absaugens aus der Umgebungsluft - sei die Unabhängigkeit vom Standort, erklärt Jendrischik. Zum Beispiel Mineralwasser-Abfüller sind oft in gebirgigen Gegenden angesiedelt, wo es keine industriellen Anlagen gibt, aus deren Abgasen der Stoff gewonnen werden kann. Zudem sei es das Ziel, industrielle Anlagen wie etwa fossile Kraftwerke, die grosse Mengen an Kohlendioxid ausstossen, in absehbarer Zeit abzuschalten.

### Klimarettung wird teuer

Die Firma Climeworks hat grosse Pläne: Bis 2025 wollen die beiden Gründer Christoph Gebald und Jan Wurzbacher 1 Prozent der weltweiten jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Luft saugen. Dazu wären 250 000 Anlagen in der Grössenordnung von jener in Hinwil nötig. Sie schafft etwa 900 Tonnen pro Jahr. Der Weg zum Ziel ist noch weit. Derzeit sind 14 Anlagen in Betrieb oder in Planung. Bisherige Abnehmer sind vorausdenkende Unternehmen sowie Forschungsprojekte. Doch auch emissionslastige Branchen wie etwa Fluggesellschaften könnten künftig Interesse haben, ihren versprochenen Reduktionszielen auf diese Art näher zu kommen.

Die Krux ist derzeit noch der Preis. Aktuell liegt er bei rund 600 Franken pro abgesaugte Tonne. Wirklich interessant wird das Geschäft aber erst bei einem Preis von etwa 100 Franken pro Tonne. Denn damit würde man sich der CO<sub>2</sub>-Steuer annähern, die voraussichtlich nötig ist, um das Klimaabkommen von Paris zu erfüllen und die Erderwärmung auf zwei Grad zu beschränken. In der Schweiz beträgt die CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffe seit dem Januar 96 Franken pro Tonne.

Natürlich sei die Innovation von Climeworks nur ein Ansatzpunkt bei der Rettung des Klimas, stellt Martin Jendrischik klar. «Das Herausfiltern von Klimagasen ist stets teurer, als sie von vornherein zu vermeiden.» An der Umstellung auf erneuerbare Energien und einem sparsamen Umgang werde so oder so kein Weg vorbeiführen.



Fabrikamine rauchen nicht nur Dreck, sondern auch das klimaschädliche Kohlendioxid in die Luft - doch es sollte im Boden verlockt werden. SHUTTERSTOCK

# 14

Anlagen, die CO<sub>2</sub> aus der Luft filtern, sind derzeit bei der Firma Climeworks in Betrieb oder in Planung. Weltweit wären 250 000 Anlagen nötig.

## Wohin mit dem

VON NIKLAUS SALZMANN

Wie viel das Herausfiltern von Kohlendioxid aus Abgasen zum Bremsen des Klimawandels beitragen kann, wird in der Wissenschaft und Klimapolitik kontrovers diskutiert. Die Technologien sind sehr teuer und teilweise noch nicht ausgereift. Der Weltklimarat (IPCC) schrieb in seinem letzten Bericht vor vier Jahren, es fehle an Wissen, um einen allfälligen Beitrag zur Linderung des Klimawandels abzuschätzen. Kritiker befürchten zudem, dass mit derartigen Technologien der Ausstoss von Kohlendioxid legitimiert werde, statt dass alles darangesetzt würde, ihn zu reduzieren.

Um die Erwärmung nicht über zwei Grad steigen zu lassen, müsste CO<sub>2</sub>-Speicherung (Carbon Capture and Storage, CCS) laut der Internationalen Energieagentur 14 Prozent zur gesamten CO<sub>2</sub>-Reduktion beitragen. Das Kohlendioxid müsste dazu überall dort, wo es weiterhin in grossen Mengen ausgestossen wird - so bei Kohlen- und Gaskraftwerken, Zementfabriken, Düngemittel- und Eisen- und Stahlindustrie - eingefangen werden. Ende 2017 waren laut dem «Global CCS Institute» 17 grosse Anlagen in Betrieb, hauptsächlich in den USA. Bei fast all diesen ging es bislang aber nicht um den Treibhauseffekt, vielmehr wurde Kohlendioxid in Erdölfelder gepumpt, um noch mehr Öl auszupressen.

Entscheidend für den Beitrag zum Klimawandel ist, wie lange das Kohlendioxid der Atmosphäre fernbleibt. Dies hängt davon ab, wie das gewonnene Kohlendioxid gespeichert und verwendet wird.



## m Kohlendioxid?



### Geologische Speicherung

Um Kohlendioxid langfristig von der Atmosphäre fernzuhalten, muss es unter hohem Druck in der Erde gespeichert werden. Typischerweise kommen Öl- und Gasfelder sowie Felsen mit Salzlake in mehr als 800 Meter Tiefe infrage. Das Risiko, dass das Kohlendioxid aus dem Lagerungsort entweicht, lässt sich nicht ganz ausschliessen. Gelangt es ins Meer, verändert sich der pH-Wert des Wassers, wodurch sich die Lebensbedingungen für manche Tiere verschlechtern.

**Stand der Technik** Funktionierende Techniken vorhanden, wenn auch mit vielen offenen Fragen  
**Dauerhaftigkeit** im besten Fall Millionen Jahre



### Erzeugung von Biomasse

Pflanzen benötigen für ihr Wachstum Kohlenstoff, den sie aus Kohlendioxid gewinnen. Das Wachstum kann beschleunigt werden, indem der Luft in Gewächshäusern CO<sub>2</sub> beigemischt wird. Auf dieselbe Weise könnte CO<sub>2</sub> auch in Algenfarmen eingesetzt werden. Aus den Algen kann wiederum Biotreibstoff hergestellt werden. Dieser kann entweder fossile Brennstoffe ersetzen oder in Biokraftwerken zu Strom umgewandelt werden, wobei das dabei wieder frei werdende CO<sub>2</sub> erneut eingefangen werden kann. Um die Auswirkungen auf das Klima abzuschätzen, müssen aber auch Faktoren wie die Umnutzung des dafür verwendeten Landes betrachtet werden.

**Stand der Technik** Erste Anlagen in Betrieb  
**Dauerhaftigkeit** Einige Tage bis Jahre, dauerhafter Effekt bei Ersatz fossiler Brennstoffe



### Industrielle Verwendung

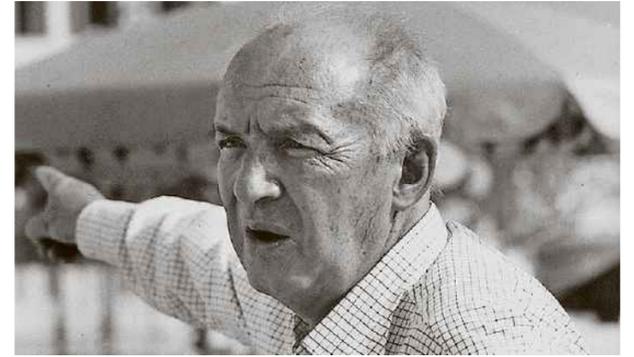
Insbesondere in der chemischen Industrie wird Kohlendioxid für gewisse Prozesse als Rohstoff verwendet, so seit bald hundert Jahren zur Herstellung von Harnstoff, der unter anderem in Kosmetika verwendet wird. Aus CO<sub>2</sub> können auch Kunststoffe hergestellt werden. Weiter tüfteln mehrere Forschungsgruppen an der Verwendung von Kohlendioxid in Zement, was besonders effizient wäre, da der Transport für das Gas entfiel – Zementfabriken sind eine grosse CO<sub>2</sub>-Emissionsquelle.

**Stand der Technik** Einzelne Anwendungen seit Jahrzehnten in Gang, andere in Entwicklung  
**Dauerhaftigkeit** Einige Tage bis einige hundert Jahre

### Serie 18/20: Meilensteine der Liebesliteratur

Vladimir Nabokov: Lolita

## Ein Kinderporno im Weltformat



Vladimir Nabokov schuf einen Skandal.

MAURITIUS IMAGES

Roman der Verwechslungen: Statt Lolita wird ihr pädophiler Stiefvater als Held gefeiert.

VON TINA UHLMANN

Am Schluss dieses Gewaltstimmökers ist die Titelfigur Lolita 17 und auf dem Sprung nach Alaska. Warum will sie sich mit Mann und Kind in der kalten, entlegenen, vom Rest der USA abgetrennten Ecke niederlassen? Humbert, ihr Stiefvater und Schänder, den sie Jahre nach der Flucht aus seinen Fängen um Geld bittet, gibt sich die Antwort selbst: Weil Alaska der einzige US-Staat ist, über den sich nicht die «Schleimspur» seiner Reise mit Lolita zieht. Schleimspur? Spermastrom wäre treffender. Denn nach dem Tod von Lolitas Mutter zog Humbert mit dem damals zwölfjährigen Mädchen von Motel zu Motel und vergewaltigte es mehrmals täglich, zwei Jahre lang.

Während er in einer Gefängniszelle auf seinen Prozess wartet, schreibt er die Geschichte dieser Irrfahrt auf. So ist er gleichzeitig Protagonist und Erzähler: «Wie süss war es, ihr morgens den Kaffee zu bringen und ihn ihr dann zu verweigern, bis sie ihre Morgenpflicht erfüllt hatte. Und welcher rücksichtsvoller Freund war ich, welcher leidenschaftlicher Vater, welcher guter Kinderarzt, der sich aller körperlicher Bedürfnisse seiner kleinen Halbbrünetten annahm! Ich verübte der Natur lediglich, dass ich meine Lolita nicht von innen nach aussen stülpen und meine gierigen Lippen an ihre junge Gebärmutter, ihr unbekanntes Herz, ihre perlmutterne Leber, die Meerestrauben ihrer Lungen und an ihre hübschen Nierenzwillinge pressen konnte.»

### Via Skandal zum Erfolg

Bei aller lyrischen Verklärung – Humbert ist Literaturwissenschaftler – vermerkt er in seinem Bericht auch, dass Lolita jedes Mal schluchzte, wenn er sie penetrierte. Er habe sich dann jeweils schlafend gestellt, bis sie endlich aufhörte. Erste Verwechslung: Nicht Liebe ist es, die Humbert umtreibt und von der er wortreich salbadert, sondern narzisstische Selbstliebe, gepaart mit der Unfähigkeit zur Empathie. Heute würde man von einer Persönlichkeitsstörung sprechen.

Autor Vladimir Nabokov lässt seinen Helden zwar verschiedentlich in «Nervenkliniken» einweisen, macht sich dabei aber vor allem lustig über Psychologen und Psychiater insbe-

sondere Freudscher Prägung. Dabei teilt er mit Freud die Fixierung auf alles Sexuelle. Sein Blick durch Humberts Augen ist ein pornografischer. Unerträglich zoomt er an einzelne Körperteile Lolitas heran, vom «vor-adoleszent geschwungenen Rücken» über die «knabenhafte Girlande zwischen ihren Darmbeinen» und die «braune Rosette» ihres Afters bis zu den Kinderzehen, an deren Nägeln Reste rosaroten Nagellacks kleben. Solche Details entzücken Humbert und zwingen die Lesenden zu einem äusserst unangenehmen Voyeurismus.

Natürlich war der Roman ein Skandal, als er 1955 in englischer Sprache beim Erotika-Verlag Olympia Press in Paris und 1957/58 in den USA erschien. Doch vor allem war das Buch ein Erfolg, der den zuvor wenig beachteten Exilrussen Vladimir Nabokov auf den Olymp der Weltliteratur katapultierte. Rasch schob er eine russische und eine französische «Lolita»-Version nach. An der deutschen Erstausgabe 1959 sollen mindestens fünf Übersetzer beteiligt gewesen sein, darunter der Verleger Heinrich Maria Ledig-Rowohl persönlich. Seither ist «Lolita» in fast alle Weltsprachen übersetzt worden, begleitet von Unmengen an Sekundärliteratur.

### «Meine Herren!»

Wer war Nabokovs Zielpublikum? Der Aristokrat spickt Humberts Bericht mit Verweisen auf die englische und die französische Literatur, baut Versatzstücke von Edgar Allan Poe und Dante Alighieri ein, setzt die Kenntnis der antiken Mythologien und philosophischen Schulen voraus. Will heissen: Nur wer geistesgeschichtlich klassisch gebildet ist, kann den dicht gewebten Subtext lesen. So stellt sich der Protagonist dem Leser seines Berichts denn auch als «goldbärtigen Gelehrten» vor. Des Mordes an seinem Nebenbuhler angeklagt, spricht Humbert abwechselnd die Richter und eine diffuse männliche Allgemeinheit an: «Meine Herren, Sie verstehen!» Damit setzt er die Solidarität seiner Geschlechtsossen voraus, ja deren eigene pädophile Neigung, die er so zur Normalität erhebt.

Nur ein einziges Mal spricht Humbert Frauen an, triefend vor Misogynie: «Frigide Damen Geschworene! Ich werde Ihnen etwas sehr Sonderbares verraten. Es war sie (Lolita, d. Red.), die mich verführte.» Voilà! Hier ist sie, die zweite Verwechslung! Altbekannt und fatal nicht nur für Lolita, sondern für alle vergewaltigten Mädchen und Frauen dieser Welt.

Vladimir Nabokov: Lolita. Rowohl 1959. Original: 1955 Olympia Press.