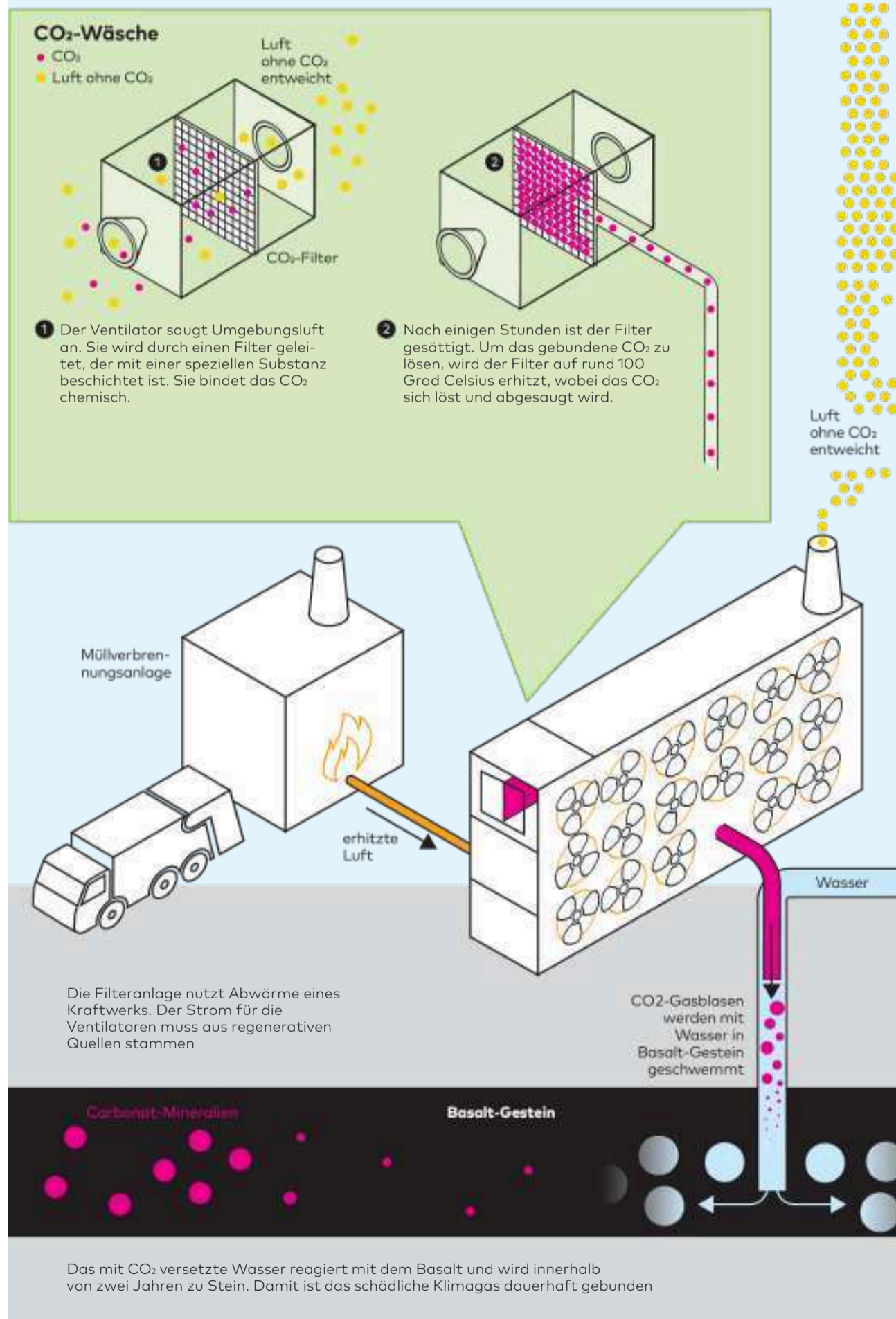


Die Klimawäscher

Im Kampf gegen die globale Erwärmung ringt die Welt darum, weniger schädliches Kohlendioxid auszustoßen.

Doch das wird nicht reichen, zu viel davon ist bereits in der Luft. Ein paar Wagemutige wollen die Atmosphäre mit riesigen Filteranlagen reinigen



Hinwil. Eine kleine Gemeinde im Kanton Zürich mit 12.000 Einwohnern. Dieser unscheinbare Ort beherbergt eine Weltpremiere: Auf dem Dach der Müllverbrennungsanlage steht die erste Luftwaschanlage des Planeten. Seit dem Jahr 2017 drehen sich ununterbrochen die 18 Ventilatoren der Pilotanlage des Schweizer Start-ups Climeworks und filtern schädliches Klimagas CO₂ aus der Luft. „Direct Air Capture“ heißt die Technologie, und sie könnte vielleicht einmal die Welt vor dem Klimakollaps retten.

VON JENS LUBBADEH

Seit Jahrzehnten pustet die Menschheit zu viel Kohlendioxid in die Luft. 1959 noch betrug die CO₂-Konzentration 319 ppm (ppm steht für Parts per Million), heute liegt sie bei 415 ppm. Das CO₂ heizt den Planeten auf wie ein Treibhaus. Die globale Durchschnittstemperatur ist schon um etwa ein Grad angestiegen, um die Erwärmung auf zwei Grad zu begrenzen darf laut Weltklimarat der Wert von 450 ppm nicht überschritten werden. Um das zu schaffen, müssen bis 2050 die globalen Emissionen auf Null sinken. Doch selbst dann – den Klimawandel rückgängig machen können wir nicht. Es ist bereits zuviel altes CO₂ in der Luft. „Das ist wie mit Müll“, sagt Klaus Lackner, Direktor des ASU Center for Negative Carbon Emissions der Arizona State University. „Das, was wir verursacht haben, müssen wir aufräumen.“

Die Welt braucht eine Müllabfuhr fürs Klima. Eine Schweizer Firma und Klaus Lackner wollen das überzählige CO₂ aus der Atmosphäre waschen und das Klimagas vergraben. Eine Mammutaufgabe, denn dafür muss man viele Milliarden Tonnen CO₂ mit gewaltigen Filteranlagen mühsam aus der Luft holen. Die Ventilatoren in Hinwil streichen permanent Luft durch spezielle Filter, die das Gas chemisch binden. Woraus sie bestehen, ist Betriebsgeheimnis. Climeworks-Gründer Jan Wurzbacher verrät lediglich: „Wenn man die Filter erhitzt, löst sich das Gas wieder und kann abtransportiert werden.“ Die Luftwäsche benötigt viel Energie, weil enorme Mengen Luft umgewälzt werden müssen. So klimawirksam CO₂ ist, in der Luft ist es ein Sprenggas. Denn die besteht zu 78 Prozent aus Stickstoff, zu 21 Prozent aus Sauerstoff und nur zu 0,04 Prozent aus CO₂ – genauer gesagt: derzeit 0,0415 Prozent, jenen 415 ppm, von denen der Weltklimarat spricht. Dieses bisschen, das doch zu viel für das Klima ist, muss die Luft-Waschmaschine einfangen. Die Anlage in Hinwil nutzt Abwärme der Müllverbrennungsanlage, der Strom kommt aus erneuerbaren Quellen. Nur so ergibt die Luftwaschmaschine Sinn, sonst würde netto kein CO₂ entzogen.

900 Tonnen Klimagas sammelt die Anlage in Hinwil pro Jahr. Das Ganze ist ein Anfang, die Pilotanlage sollte zeigen, dass Direct Air Capture funktioniert. Um einen ernsthaften Effekt auf das Klima zu haben, müssten pro Jahr rund zehn Milliarden Tonnen CO₂ entsorgt werden, so Wurzbacher. Dafür bräuhete es viele Tausend Anlagen wie die in Hinwil. Um dahin zu kommen, muss noch einiges passieren. Weltweit gibt es nur drei Firmen, die sich der

Luftwäsche verschrieben haben: Carbon Engineering in Kanada; Global Thermostat in den USA und Clime-works.

Und dann ist da noch Klaus Lackner. Seit den 90ern forscht der deutschstämmige Physiker an der Technik. Er geht einen etwas anderen Weg als Climeworks und Co.: Lackner hat eine Art künstlichen Baum entwickelt, eine Säule aus blätterartigen Scheiben, die man wie eine Ziehharmonika ausfährt. Sie sind mit Kunstharz getränkt, das CO₂ bindet. Um das Gas wieder zu lösen, braucht es keine Hitze, die Ziehharmonika wird eingeklappt und in Wasser getaucht, welches das CO₂ aus dem Harz löst. Danach fährt der Baum wieder aus, und der Zyklus beginnt von Neuem. Lackners Kunstbaum fängt etwa eine Tonne CO₂ pro Tag, weniger als die Luftwaschmaschine von Climeworks. Dafür benötigt er keine Wärme und kaum Strom. „Er steht einfach im Wind und fängt CO₂“, sagt Lackner.

Ist das Gas eingefangen, muss es noch sicher entsorgt werden. Auch hierfür hat Climeworks eine Pilotanlage gebaut, dieses Mal auf Island. Der vulkanische Untergrund der Insel ist der perfekte CO₂-Friedhof. Mischt man das Gas mit Wasser, entsteht Sprudel, der mit dem Basalt reagiert und zu Stein wird. Das funktioniert nicht nur in Island: „Es gibt sehr viele Orte, wo man CO₂ mineralisieren kann“, sagt Jan Wurzbacher. Experten schätzen, dass man weltweit bis zu 25.000 Gigatonnen CO₂ unterirdisch speichern könnte – mehr als genug, um den Klimaabfall der Menschheit zu entsorgen.

Warum nur tun wir das nicht längst? Vielleicht, weil Direct Air Capture lange umstritten war. Kritiker sahen in der Technologie ein Feigenblatt, um Emissionsminderungen zu verschleiern. Mittlerweile rückt angesichts der auslaufenden Zeit für das Erreichen der Klimaziele die Luftwäsche als möglicherweise notwendige Option mehr und mehr in den Fokus. Abschreckend jedoch bleibt der hohe Preis der Technik: 600 Dollar kostet es derzeit, der Luft eine Tonne CO₂ zu entziehen – weitaus mehr als für ihre Vermeidung auf dem Emissionsmarkt gezahlt wird. Die Preise werden fallen, sind Lackner und Wurzbacher überzeugt. „Unsere neueste Generation wird zu Kosten von 250 Dollar pro Tonne arbeiten“, sagt Climeworks-Gründer Wurzbacher. Skalierungseffekte würden die Anlagen billiger machen. Der Forscher David Keith, Gründer der kanadischen Climeworks-Konkurrenz-Firma Carbon Engineering, hält 100 Dollar pro Tonne CO₂ für möglich. Klaus Lackner peilt sogar 30 Dollar an: „Photovoltaik war anfangs auch sehr teuer, dann fielen die Preise rasant.“

Warum nicht lieber richtige Bäume pflanzen? Das wäre doch billiger und einfacher. „Wir sagen nicht, dass man entweder das eine oder das andere machen soll“, sagt Jan Wurzbacher. „Der Vorteil von Direct Air Capture ist, dass unsere Anlagen an Orten aufgestellt werden können, wo es keine Konkurrenz zur Landwirtschaft gibt.“ Zum Beispiel in Wüsten, wo es Sonnenenergie satt gibt. Die Luftwaschmaschinen sind zudem effektiver als Bäume: Ein Vierhundertstel der Fläche eines Wald genügt, um die gleiche Menge CO₂ zu binden. Auch Klaus Lackners künstliche Bäume sammeln 1000-mal mehr CO₂ als ein echter Baum.

Dennoch, das Business-Modell der Klimawäscher ist schwierig: Müllbergen, CO₂ aber ist unsichtbar. „Der Druck ist noch nicht hoch genug“, sagt Lackner. Er vergleicht die Situation mit der im 19. Jahrhundert: „Niemand sah damals die Notwendigkeit, Abwasser zu klären. Als klar war, dass es Cholera verursacht, wurde es gemacht.“ Möglicherweise aber müssen die Luftwäscher einen Umweg gehen und das CO₂ zunächst verkaufen, statt es zu beseitigen. Die Getränkeindustrie braucht CO₂, Climeworks liefert einen Teil seines Gases an Coca-Cola. Und aus CO₂ und Wasserstoff lassen sich synthetische Treibstoffe herstellen. Flugzeuge, die man vermutlich niemals mit Batterien antreiben kann, könnten damit klimaneutral fliegen. In Karlsruhe hat Climeworks eine Testanlage eröffnet, die Treibstoff mit Luft-CO₂ herstellt. „Wir haben bewiesen, dass die Technik funktioniert“, sagt Jan Wurzbacher. „Jetzt muss man sie nur wollen.“ Die Klima-Müllmänner jedenfalls sind bereit.

Wie Luftwaschmaschinen aussehen



Die **Climeworks-Anlage** in Hinwil wäscht pro Jahr 900 Tonnen CO₂ aus der Luft. Das CO₂ aus dieser Anlage wird in ein Gewächshaus geleitet, die Pflanzen binden es als **Biomasse**. In Italien betreibt Climeworks eine Anlage, die aus CO₂ klimaneutralen synthetischen **Treibstoff** herstellt. Um CO₂ in der Atmosphäre zu senken, muss man das Gas jedoch **mineralisieren**.



Der **künstliche Baum** von Klaus Lackner wird wie eine Ziehharmonika ausgefahren. Er braucht keine Ventilatoren und fängt wie ein echter Baum **passiv** das Klimagas ein. Dazu muss er am besten in windreichen Gegenden stehen. Die Blätter sind mit einem **Kunstharz** getränkt, welches das CO₂ der Luft chemisch bindet. Alle paar Stunden muss der Baum eingeklappt und in **Wasser** getränkt werden, um das Klimagas zu lösen und die Blätter zu regenerieren.