

So kommt Treibhausgas raus aus der Atmosphäre

CO₂-Entnahme zum Klimaschutz: ein Überblick über Stellenwert, mögliche Technologien und Politik-Instrumente.

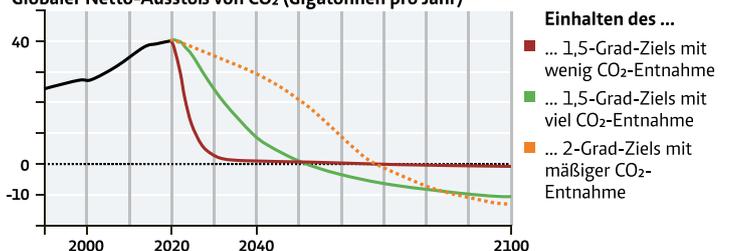
Das Thema „negative Emissionen“ rückt auf die Tagesordnung, wird von Regierungen schon in Zielen konkretisiert. Den Treibhausgas-Ausstoß schnell in Richtung Null zu drücken, reicht nicht aus, um die Temperatur-Ziele des Pariser Weltklimaabkommens zu erreichen.

1. Das Problem

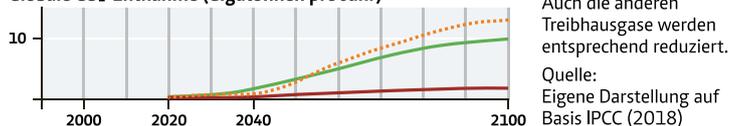
Die Erderhitzung auf deutlich unter 2 und möglichst auf 1,5 Grad gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, ist laut Weltklimarat IPCC nicht möglich ohne Entnahme von Kohlendioxid (CO₂) aus der Atmosphäre. Dies könnte je nachdem, wie langsam die Emissionen durch Klimaschutzmaßnahmen sinken, bereits ab 2030 nötig werden – und danach in großem Umfang.

Drei stilisierte Zeitpfade zur Klima-Stabilisierung

Globaler Netto-Ausstoß von CO₂ (Gigatonnen pro Jahr)



Globale CO₂-Entnahme (Gigatonnen pro Jahr)



2. Der Hintergrund

Für das Ziel der Klimaneutralität gilt es, nicht oder kaum vermeidbare Rest-Emissionen auszugleichen: bis zum Jahr 2100 insgesamt mindestens 100 Gigatonnen CO₂ weltweit. Und sofern Netto-Null nicht sehr schnell kommt, muss CO₂-Entnahme überdies einen „Überziehungskredit“ bei der Atmosphäre tilgen. Doch es fehlt an Entwicklung und Umsetzung der Technologien. Es gibt eine große Innovations- und Politik-Lücke.

3. Die Lösung

CO₂-Entnahme muss rechtzeitig machbar werden – im nötigen Volumen, effizient und sozio-ökologisch vertretbar. Die Zahlen für die Potenziale und die Kosten (jeweils global für 2050) basieren auf einer entsprechend konservativen Einschätzung der Forschungsliteratur. Sie sind mit hohen Unsicherheiten behaftet; zudem limitieren sich die Optionen zum Teil gegenseitig:

- (Wieder-)Aufforstung: Potenzial 0,5 bis 3,6 Gigatonnen CO₂ pro Jahr, Kosten 0 bis 50 Dollar je Tonne in heutiger Kaufkraft;

Fortsetzung auf folgender Seite →

Industrielle CO₂-Nutzung kann helfen, die Innovationslücke zu schließen

CO₂ taugt auch als Ausgangsstoff für Industrieprozesse – etwa zur Produktion von Harnstoff, bestimmten Kunst- oder auch Kraftstoffen. Wenn das Klimagas später wieder freigesetzt wird, sollte die CO₂-Nutzung nicht als CO₂-Entnahme gewertet werden. Doch kann auch sie Impulse auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität setzen. Sie kann über Geschäftsmodelle und Nischenmärkte die Entwicklung von Technologien beschleunigen, die man zum Abscheiden von atmosphärischem CO₂ braucht. Und sie kann klimaschädliche konventionelle Produktion ersetzen.

3. Die Lösung (Fortsetzung von Seite 1)

- Bioenergie-Plantagen: Verfeuern mit Abscheiden und Speichern von CO₂, Potenzial 0,5 bis 5 Gigatonnen pro Jahr, Kosten 100 bis 200 Dollar je Tonne;
- Ozean-Alkalisierung: Zugabe zerkleinerter Mineralien zum Erhöhen von pH-Wert und CO₂-Aufnahme, Potenzial 0,1 bis 10 Gigatonnen, Kosten 14 bis 500 Dollar;
- beschleunigte Verwitterung: Zugabe von Mineralien auf Landflächen, 2 bis 4 Gigatonnen, 50 bis 200 Dollar;
- Anreichern von Kohlenstoff auf Äckern: Zufügen von Bio-

- kohle, 0,5 bis 2 Gigatonnen, 30 bis 120 Dollar; veränderte Landwirtschaft mit weniger Pflügen und mehr Anpflanzen von Bodendeckern, 2 bis 5 Gigatonnen, 0 bis 100 Dollar; und
- Luftfilter-Anlagen: Direktabscheiden von CO₂ mittels chemischer Prozesse, 0,5 bis 5 Gigatonnen, 100 bis 300 Dollar.

Über Luftfilter oder Bioenergie-Plantagen entnommenes CO₂ könnte unterirdisch in geologischen Formationen deponiert werden. Etwa in leer gepumpten Erdgas-Lagerstätten onshore und auch offshore. Möglich ist auch eine Mineralisierung des CO₂, also die dauerhafte Fixierung in bestimmten Gesteinen.

4. Die Umsetzung

Damit die CO₂-Entnahme sicher, kostengünstig und nachhaltig erfolgt, bedarf es eines neu zu schaffenden Anreiz- und Ordnungsrahmens. Kurzfristig sollte der Fokus auf Monitoring, Innovationsförderung und Pilotprojekten liegen. Mittelfristig sind für Entnahmen eigene Mengenziele und Anreize sinnvoll. Langfristig könnten sie über bestehende CO₂-Preissysteme honoriert werden, sofern Permanenz und Umweltverträglichkeit durch zusätzliche Regulierung gesichert sind.

Monitoring organisieren. Die Politik muss sicherstellen, dass die Entnahme-Mengen stimmen, dass der Effekt dauerhaft ist und dass er nicht konterkariert wird. Für unterirdische Speicherung braucht es Qualitätssicherung, Haftungsregelungen für Betreiber und ein Backup durch Finanzinstitute. Anrechnung von Entnahme-Mengen gilt es international zu koordinieren.

Innovation beschleunigen. Angesichts der eklatanten Innovationslücke und des Zeitdrucks sollten Forschung und Entwicklung über Zuschüsse oder Kredite gepusht werden – für Verfahren zum Abscheiden und Speichern sowie zu Monito-

ring und Verifizierung. Was als neue Option förderbar ist, müsste ein Review-Verfahren nach klaren Kriterien regeln.

Umwelteffekte berücksichtigen. Negative Emissionen in großem Stil können mit erheblichen Eingriffen in Umwelt und Gesellschaft verbunden sein. So ist der Flächenverbrauch von Bioenergie-Plantagen für zig Gigatonnen jährliche CO₂-Entnahme ein Problem für Nahrungsversorgung und Biodiversität. Dies gilt es auszuleuchten. Differenzierte Anreizsysteme können in der Aufbauphase solche Konflikte minimieren – und unter Umständen zusätzlichen lokalen Umweltnutzen honorieren, etwa bei Aufforstung oder Kohlenstoffbindung auf Äckern.

CO₂-Bepreisung anwenden. Das ökonomische Prinzip der Umweltsteuer, externe Effekte einzupreisen, funktioniert langfristig auch hier: Klimaschutz wird dann am kostengünstigsten, wenn der Staat jede entnommene Tonne CO₂ gleich vergütet – und so hoch, wie er jede emittierte Tonne belastet. Vergüten und belasten geht auch über die Menge, durch Auktionierung und Emissionshandel. Mit stetig steigendem CO₂-Preis wird auch aufwendigere Entnahme realistisch. Früh angekündigt hilft das Entwicklern und Investoren zu kalkulieren.

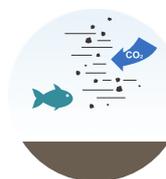
Diese Optionen für CO₂-Entnahme werden diskutiert:



Aufforstung und Wiederaufforstung
Baumwachstum entzieht der Atmosphäre CO₂.



Bioenergie-Plantagen
CO₂ wird zu Biomasse, die in Kraftwerken verfeuert wird. Dabei wird es abgeschieden, dann unterirdisch verpresst.



Ozean-Alkalisierung
Natürliche Substanzen, etwa zermahlene Mineralien, erhöhen den pH-Wert und so die CO₂-Speicherung im Meer.



Beschleunigte Verwitterung
Auf Landflächen verteilte zerkleinerte Mineralien helfen, CO₂ aus der Luft chemisch zu binden.



Anreicherung von Kohlenstoff auf Äckern
Durch Zufügen von Biokohle und durch klimafreundliche Praktiken in der Landwirtschaft.



Luftfilter-Anlagen
CO₂ wird der Umgebungsluft durch chemische Prozesse entzogen und dann unterirdisch verpresst.

IMPRESSUM

Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (MCC) gGmbH | Berlin

Geschäftsführer: Prof. Dr. Ottmar Edenhofer

Redaktion: Prof. Dr. Sabine Fuss, Prof. Dr. Matthias Kalkuhl, Ulrich von Lampe | mcc-presse@mcc-berlin.net | Juni 2021

Das MCC ist eine gemeinsame Gründung der Stiftung Mercator und des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung (PIK).

www.mcc-berlin.net | Foto: Shutterstock/Kleine