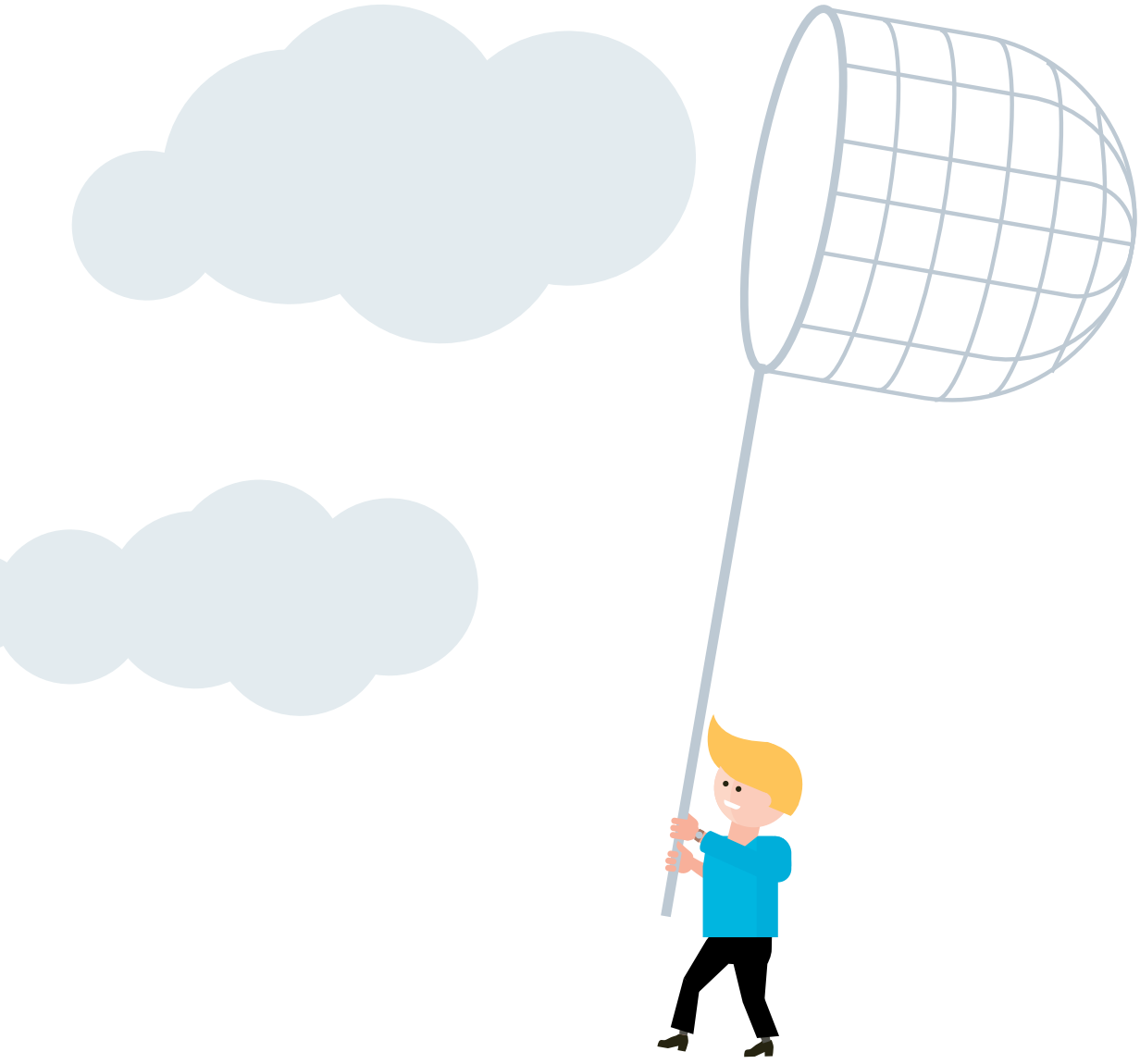
Aus der Luft gegriffen: CO_2 einfangen und speichern



Warum NET? Weil es ohne nicht geht

Mit dem Pariser Klimaabkommen von 2015 hat sich die Staatengemeinschaft verpflichtet, die globale Erwärmung auf deutlich unter 2 °C und wenn möglich auf 1,5 °C zu begrenzen. Der beste Ansatz dafür ist, die Menge der ausgestossenen Treibhausgase so rasch wie möglich zu drosseln. Zum Beispiel indem fossile Brennstoffe durch erneuerbare Energien und emissionsintensive Technologien durch klimafreundlichere Varianten ersetzt werden.

Die bisher beschlossenen Massnahmen zur Emissionsreduzierung genügen gemäss Weltklimarat aber nicht mehr, um die menschgemachte Klimaerwärmung in den Griff zu bekommen. Hier kommt die Idee der negativen Emissionen ins Spiel: Technische Lösungen sollen ergänzend einen Teil der bereits ausgestossenen und die schwer vermeidbaren Treibhausgase aus der Atmosphäre holen und speichern. Der Weltklimarat schätzt, dass der Atmosphäre im Verlauf dieses Jahrhunderts je nach Modellszenario insgesamt zwischen 100 bis 1000 Milliarden Tonnen CO_2 entnommen werden müssten, damit sich global eine Netto-Null-Bilanz ergibt. Zum Vergleich: Der weltweite jährliche CO_2-Ausstoss beträgt derzeit rund 37 Milliarden Tonnen.

Was ist netto null?

Netto-Null-Emissionen bedeutet, dass der Ausstoss der Treibhausgase in die Atmosphäre nicht grösser ist, als die Fähigkeit natürlicher (Wälder und Böden) oder technischer Senken, diese Gase zu binden. Unter dem Strich würden dann keine zusätzlichen Treibhausgase mehr emittiert. Dann würde die Menschheit die Erde nicht mehr weiter erwärmen.

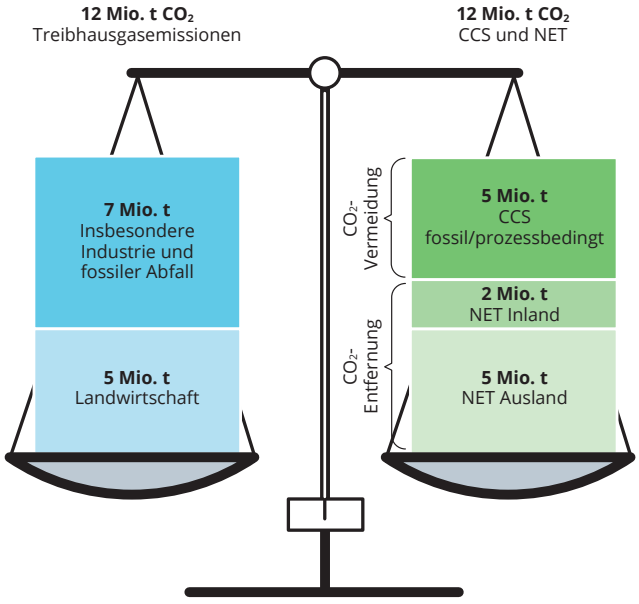
Zwei Wege zum Ziel: CO_2-Reduktion und CO_2-Entnahme

Klimamodelle zeigen: Zum Ausgleich schwer vermeidbarer Restemissionen sind NET eine unverzichtbare Ergänzung, aber gleichzeitig eben nicht mehr als das. Ambitionierte CO_2-Einsparmassnahmen ersetzen können sie auf keinen Fall. Dafür ist ihr Potenzial nicht gross genug und ihre Anwendung noch mit zu hohen Kosten und zu vielen Unsicherheitsfaktoren verbunden. Um die Klimaziele zu erreichen, braucht es beide Möglichkeiten, den Gehalt an Treibhausgasen in der Atmosphäre zu verringern: Primär die **Reduktion** der Menge ausgestossener Treibhausgase und zusätzlich die Verfahren zur **CO_2-Entnahme** in Kombination mit Treibhausgassenken für die übrigbleibenden Emissionen.

Auch die Schweiz will netto null

Der Bundesrat will bis zum Jahr 2050 eine klimaneutrale Schweiz. Dieses ambitionierte Ziel will er in erster Linie durch Reduktionsmassnahmen erreichen. Nur sogenannte Restemissionen, d.h. Treibhausgasemissionen, die sich nur schwer vermeiden lassen (z. B. Lachgas aus Landwirtschaft und Tierhaltung oder der CO_2-Austoss bei der Zementherstellung oder der Kehrichtverbrennung), sollen durch den Abbau von Treibhausgasen ausgeglichen werden. Das bedeutet, dass die gleiche Menge von ausgestossenem CO_2 der Atmosphäre wieder entzogen wird. Weil jede Tonne CO_2, wann und wo immer sie auch emittiert wird, etwa gleich viel zur Erwärmung beiträgt, kann das irgendwo auf der Welt passieren.

Bis 2050 will die Schweiz in der Lage sein, jährlich 7 Mio. Tonnen CO_2 im In- und Ausland aus der Luft zu entfernen. Zusätzliche 5 Mio. Tonnen CO_2-Emissionen pro Jahr sollen direkt an der Quelle abgefangen und dauerhaft gespeichert werden – die Rede ist dann von Carbon Capture and Storage (CCS). Auf 12 Mio. Tonnen CO_2 pro Jahr werden also die Restemissionen geschätzt, welche die Schweiz trotz aller Reduktionsanstrengungen bis 2050 nicht wird vermeiden können. Zum Vergleich: Im Jahr 2020 wurden in der Schweiz insgesamt 43,4 Millionen Tonnen CO_2 ausgestossen.



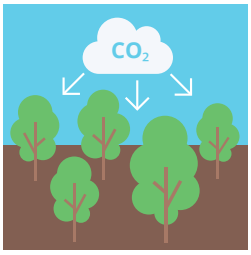
CO_2 einfangen und speichern: Aber wie?

Wird der Atmosphäre CO_2 entzogen und langfristig gespeichert, werden damit bereits verursachte Emissionen rückgängig gemacht. Die zum Zweck der Kohlenstoffentnahme eingesetzten Methoden und Verfahren werden deshalb auch als Negativemissionstechnologien (NET) bezeichnet.

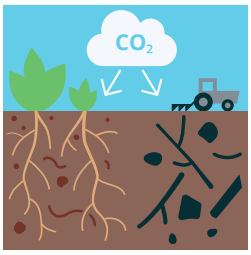
Es gibt verschiedene CO_2-Entnahmeverfahren. Sie unterscheiden sich darin, wie sie das CO_2 aus der Luft abtrennen und wie der Kohlenstoff anschliessend gespeichert wird, um ihn dauerhaft aus der Atmosphäre fernzuhalten.

Eine Studie von TA-SWISS[1] untersucht die Chancen und Risiken von fünf NET-Technologien, die in der Schweiz in Betracht gezogen werden.

[1] «Chancen und Risiken von Methoden zur Entnahme und Speicherung von CO_2 aus der Atmosphäre: Empfehlungen aufgrund der Analyse des Wissensstandes und einer systematischen Befragung von Fachleuten in der Schweiz», Hrsg. TA-SWISS, vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich, 2023. Weitere Informationen auf: www.ta-swiss.ch

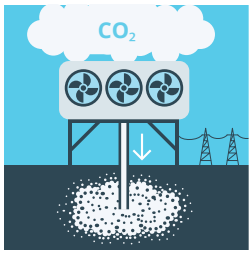


CO_2 in Form von Biomasse im Wald speichern und Holz verwenden: Bäume nehmen CO_2 aus der Luft auf und speichern den Kohlenstoff langfristig in ihrem Holz, das zu langlebigen Produkten verarbeitet werden kann.



CO_2 in Form von Humus oder Pflanzenkohle im Boden speichern: Mit gezieltem Bodenmanagement wird Kohlenstoff in die Böden eingearbeitet und dort gespeichert, z. B. mittels Agroforstsystemen oder Ansätzen der konservierenden Landwirtschaft.

CO_2 am Kamin abscheiden (BECCS): Pflanzen wandeln CO_2 in Biomasse um, die beim Verbrennen Energie liefert. Das dabei wieder freigesetzte CO_2 wird aufgefangen und unterirdisch eingelagert.



CO_2 aus der Luft filtern (DACCS): Anstelle von Pflanzen entnehmen technische Anlagen der Atmosphäre CO_2 und speichern es im Untergrund.

Beschleunigte Verwitterung von Abbruchbeton und Gestein: In der Natur reagieren Mineralien mit CO_2 und binden auf diese Weise den Kohlenstoff. Durch technische Prozesse kann dieser Vorgang der Carbonatisierung beschleunigt werden.

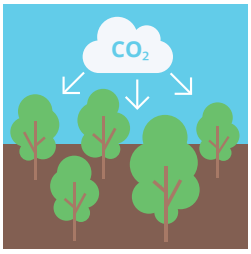
NET-übergreifende Chancen …

- Der Einsatz von NET kann der Schweiz dabei helfen, ihre Klimaschutzziele zu erreichen, ohne die Entwicklung des wirtschaftlichen Wohlstands aus den Augen zu verlieren.
- Ein nachhaltiges Wald- und Bodenmanagement, Holzverwendung und der Einsatz von Pflanzenkohle haben neben ihrer Funktion als CO_2-Senken auch das Potenzial, Biodiversität, Bodenqualität, Wasserhaushalt sowie die Resilienz gegenüber Dürren und Starkniederschlägen zu fördern.
- NET können die Kreislaufwirtschaft unterstützen, beispielsweise indem CO_2 in Beton-Abfällen fixiert und zur Weiterverwendung in neue Baustoffe eingebunden wird.
- Die Schweiz ist derzeit im Bereich der Entwicklung und Anwendung verschiedener NET-Verfahren führend. Mit dem Ausbau der NET bietet sich dem Forschungs- und Werkplatz Schweiz die Chance, diese Position weiter zu stärken.

… und Risiken

- Der Verzicht auf die Abklärung des NET-Potenzials und seine Umsetzung und Skalierung im Sinne des Vorsorgeprinzips könnte dazu führen, dass die Schweiz ihre Klimaziele verpasst.
- Interessenskonflikte, beispielsweise hinsichtlich der Nutzung begrenzter Ressourcen wie Biomasse, Wasser, Land und erneuerbare Energien
- Der Umfang der möglichen Umweltbelastungen einzelner NET ist unklar. Und obwohl die Datenlage für die Sicherheit der geologischen Speicherung spricht, bestehen auch diesbezüglich weiterhin Bedenken.
- Ein zu grosses Vertrauen in die NET könnte dazu verleiten, ambitionierte Klimaschutzbestimmungen und Reduktionsbemühungen zu vernachlässigen.

Der Wald als Kohlenstoffsenke: Waldmanagement und Holzverwendung



Das Prinzip: Bäume wandeln atmosphärisches CO_2 mittels Photosynthese in Biomasse um und speichern den Kohlenstoff (C) im Holz, in Wurzeln und im Boden. Die Speicherleistung der Schweizer Wälder liegt zwischen 1,6 bis 4,5 Mio. Tonnen CO_2, pro Jahr. Wälder wirken aber nur als CO_2-Senke, solange sie wachsen und mehr Holz gebildet wird als verrottet, verbrennt oder geerntet wird, denn bei all diesen Prozessen wird das CO_2 wieder freigesetzt. Eine nachhaltige Waldbewirtschaftung sorgt dafür, dass der Wald seine vielfältigen Funktionen (Schutz, Nutzen, Erholungsraum) erfüllt und gleichzeitig zur Treibhausgasreduktion beiträgt. Bewirtschaftete Wälder speichern mehr CO_2 als naturbelassene Wälder.

Aufforstung: das Pflanzen von Bäumen auf bisher nicht bewaldeten Flächen
Vergandung: natürliche Wiederbewaldung von unbewirtschafteten Alpenweiden und damit Zunahme von Biomasse
Waldbewirtschaftung / Holzverwendung: In einem gesunden Wald wird das CO_2 zunächst einige Jahrzehnte in den Bäumen gespeichert. Durch die gezielte Ernte von Holz kann das Waldmanagement nachhaltig gestaltet werden. Das Holz sollte über mehrere Etappen (Kaskadennutzung) in langlebigen Produkten effizient genutzt werden. Dadurch wird der Kohlenstoff möglichst lange aus der Atmosphäre ferngehalten. Am Ende der Nutzungsdauer wird das Holz schliesslich thermisch genutzt (d.h. verbrannt).

Kosten: je nach Quelle zwischen 1–100 US$/t CO_2 (Schweiz)

NET-Potenzial[2]: Wenn der Wald nachhaltig bewirtschaftet und das Holz verwendet wird (inkl. Substitutionseffekt) ca. 3 Mio. Tonnen CO_2 / Jahr (Schweiz).

Technologiereifegrad: 9 –10

[2] Die hier für alle NET angegebenen Potenziale sind theoretische Potenziale: Welche Potenziale tatsächlich realisierbar sein werden, ist von technischen, wirtschaftlichen und sozialen Aspekten abhängig.

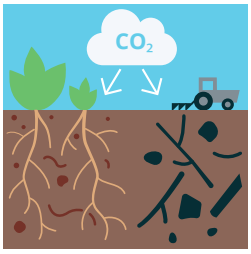
Chancen

- Förderung von Biodiversität, Vielfalt und der natürlichen Verjüngung des Waldes
- Da die Energiequelle der Photosynthese die natürliche Sonneneinstrahlung ist, benötigt dieses NET-Verfahren nur geringe Mengen an technisch bereitgestellter Energie für Forstmaschinen und Holztransporte.
- Langfristig kann die CO_2-Bilanz des Schweizer Waldes durch die Förderung des Holzzuwachses und unter Berücksichtigung der ökologischen Funktionen des Totholzes optimiert werden. Zentral dabei ist die Kaskadennutzung des Holzes.
- Durch die Verwendung von Holz als Baumaterial wird der darin gebundene Kohlenstoff über Jahrzehnte gespeichert. Gleichzeitig kann Bauen mit Holz teilweise andere CO_2-intensive Baustoffe wie Stahl oder Beton ersetzen.

Risiken

- Die dauerhafte Speicherung des Kohlenstoffs ist ungewisser als bei der Speicherung von CO_2 im Untergrund.
- Klimawandel, Waldbrände, Dürren, Rodungen oder Schädlingsbefall können dazu führen, dass das CO_2 wieder freigesetzt wird.
- Grosser Landbedarf: Für grossflächige Aufforstungen fehlen in der Schweiz nicht bewaldete Flächen.
- Die natürliche oder geplante Aufforstung kann zu Nutzungskonflikten führen, zum Beispiel wenn in Berggebieten potenzielle Waldstandorte durch Beweidung offengehalten werden, um Kulturlandschaft zu erhalten. Die Nutzung von Landflächen für das Waldmanagement kann auch die Senkenleistung anderer NET beeinträchtigen.

Bodenmanagement und Pflanzenkohle



Das Prinzip: So wie die Bäume wandeln alle Pflanzen CO_2 aus der Luft mittels Photosynthese in Biomasse um und speichern den Kohlenstoff in Blättern, Stengeln, Wurzeln und Früchten. Nach dem Absterben der Pflanzen bauen Bodenorganismen das tote Pflanzenmaterial ab und setzen dabei CO_2 frei. Ein Teil des Pflanzenmaterials wird jedoch in organische Bodensubstanz (Humus) umgewandelt und verbleibt längere Zeit im Boden.

Durch gezieltes **Bodenmanagement** kann die organische Kohlenstoffspeicherung in Form von Humus erhöht werden. Zum Beispiel indem landwirtschaftliche Böden minimal bearbeitet, Fruchtfolgen verbessert, Ernterückstände auf dem Feld belassen, tiefwurzelnde Pflanzen angebaut oder Äcker zu Grünland umgewandelt werden, d.h. durch Methoden der konservierenden Landwirtschaft. Mit **Agroforstsystemen**, d.h. der Kombination von landwirtschaftlichen Flächen mit Bäumen oder Sträuchern, kann Biomasse aufgebaut und organischer Kohlenstoff im Boden gespeichert werden. Auch unter den Boden gepflügte **Pflanzenkohle**, d.h. unter grosser Hitze und unter Ausschluss von Sauerstoff verkohlte Biomasse (Pyrolyse), bindet CO_2 langfristig als Kohlenstoff. Pflanzenkohle wird als Düngerzusatz, in der Tierhaltung, als Werkstoff und in der Umwelt- und Energietechnik eingesetzt. Der in ihr enthaltene Kohlenstoff wird nur sehr langsam wieder freigesetzt.

Kosten Bodenmanagement: je nach Quelle zwischen 0 – 80 US$/t CO_2. **Kosten Herstellung und Einsatz Pflanzenkohle:** je nach Quelle zwischen 10–135 US$/t CO_2

NET-Potenzial Bodenmanagement: rund 2,7 Mio. Tonnen CO_2/Jahr (solange, bis der Boden mit Kohlenstoff gesättigt wäre, d. h. wenige Jahrzehnte)

NET-Potenzial von Agroforstsystemen: Würden 13,3% der landwirtschaftlichen Nutzfläche der Schweiz zu Agroforstsystemen umgewandelt, könnten bis zu 13% der Treibhausgasemissionen des Landwirtschaftssektors kompensiert werden.

NET-Potenzial von Pflanzenkohle im Boden: bis zu 2,2 Mio. Tonnen CO_2/Jahr

Technologiereifegrad: Bodenmanagement und Agroforstwirtschaft 10, Pflanzenkohle 9

Chancen

- Verbesserung von Humusaufbau, Ökosystemleistung und Bodenqualität
- Agroforstsysteme können die Bodenerosion einschränken, die Wasserinfiltration erleichtern, die physikalischen Eigenschaften des Bodens verbessern und als Puffer gegen extreme Ereignisse dienen.
- Pflanzenkohle bindet Kohlenstoff langfristig und kann in diversen Branchen eingesetzt werden.

Risiken

- Durch natürliche oder menschgemachte Störungen und Klimaveränderungen kann der in den Böden organisch gebundene Kohlenstoff wieder freigesetzt werden.
- Durch Agroforstwirtschaft können Ernteerträge sinken und Produktionskosten steigen; Nutzungskonflikte mit der Nahrungsmittelproduktion können entstehen. Langzeitstudien zu Durchführbarkeit, Produktivität und Verbesserung der CO_2-Speicherung in Schweizer Böden fehlen.
- Durch das Ausbringen von Pflanzenkohle können Schadstoffe (z. B. Schwermetalle) in die Böden gelangen und sich in der Nahrungskette anreichern.
- Pflanzenkohle steht wegen ihrem Bedarf an Biomasse mit anderen NET in Konkurrenz.

Bioenergieerzeugung CO_2-Abscheidung und -Speicherung (BECCS)

Das Prinzip: Pflanzen binden beim Wachsen CO_2 aus der Atmosphäre und wandeln es in Biomasse um. Bei der Verbrennung, Verschwelung oder Vergasung von Biomasse, entweicht das aufgenommene CO_2 wieder. In Bioenergieanlagen wird es direkt aus dem Abgas abgeschieden, in tief liegenden Erdschichten eingelagert oder verdichtet per Tankwagen oder Pipeline in eine Lagerstätte im Ausland transportiert. Bei BECCS (Bioenergy with carbon capture and storage) wird Biomasse also einerseits energetisch genutzt (d.h. in Strom oder Wärme umgewandelt) und kann andererseits mithilfe geeigneter Technologien negative Emissionen erzeugen.

Weil bei BECCS die CO_2-Abscheidung und Speicherung gleichzeitig mit der Produktion von erneuerbarer Energie kombiniert ist, ruhen auf dieser NET grosse Hoffnungen. Sie spielt in allen Szenarien des Weltklimarates eine wichtige Rolle. Für die CO_2-Abscheidung bestehen bereits Demonstrationsanlagen, u.a. in den USA und Grossbritannien. Eine wichtige Voraussetzung für ihre Nutzung ist die Erkundung und Erschliessung sicherer geologischer Speicher. In der Schweiz gibt es zurzeit keine Speicherstätten für das abgeschiedene CO_2, dieses könnte jedoch, z.B. über (neue) Pipelines, in geologische Speicher im Ausland transportiert werden. Zum Einsatz kommen dürfte BECCS hierzulande vor allem bei Kehrichtverbrennungsanlagen, Zementwerken, Abwasserreinigungsanlagen und Chemiefirmen.

Kosten: je nach Quelle zwischen 30 – 400 US$/t CO_2

NET-Potenzial BECCS: theoretisch, d.h. wenn die gesamte in der Schweiz verfügbare Biomasse genutzt würde, rund 5,1 Mio. Tonnen CO_2/pro Jahr

Technologiereifegrad: 9

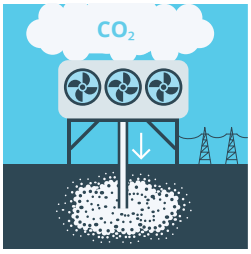
Chancen

- Theoretisch kann CO_2 unterirdisch über sehr lange Zeiträume gespeichert werden.
- Eine CO_2-Abscheidung lässt sich mit BECCS in industrieller Grössenordnung kosten- und energieeffizienter bewerkstelligen als mit dem DACCS-Verfahren, da die CO_2-Konzentration in Abgasen viel höher ist als in der Luft.
- Die BECCS-Methode hat wirtschaftliches Potenzial, da sich die Kaskadennutzung der für andere Zwecke nicht mehr geeigneten Biomasse zu einer zusätzlichen Einkommensquelle für Land- und Forstwirte entwickeln kann.

Risiken

- Wenn Biomasse speziell für BECCS produziert werden muss, kann es aufgrund des hohen Land-, Wasser- und Düngemittelbedarfs Nutzungskonflikte mit der Nahrungsmittelproduktion sowie zu negativen Auswirkungen auf die Biodiversität (insbesondere bei Biomasse-Monokulturen) kommen.
- Der Transport der Biomasse zur BECCS-Anlage, der Energie- und Materialaufwand beim Betrieb und sowie die geologische Einlagerung des CO_2 sind mit hohen Energie- und Materialkosten verbunden und könnten zu Abhängigkeiten von Drittstaaten führen.
- Zur Dauerhaftigkeit der CO_2-Speicherung gibt es offene Fragen. Dies könnte allenfalls zu gesellschaftlichen Kontroversen führen.

Direkte CO_2-Abscheidung und Speicherung (DACCS)



Das Prinzip: Bei der DACCS-Technologie (Direct air carbon capture and storage) wird CO_2 maschinell aus der Atmosphäre gefiltert und im Untergrund gespeichert. Die CO_2-Aufnahme erfolgt bei diesem Verfahren also nicht durch Pflanzen, sondern durch eine technische Anlage.

Durch die Entfernung von CO_2 aus der Atmosphäre können anderswo (z. B. in der Landwirtschaft) schwer vermeidbare Emissionen von Treibhausgasen ausgeglichen werden – rechnerisch sogar solche, die gar keinen Kohlenstoff enthalten (z. B. Lachgas). Die Abscheidung von CO_2 aus der Umgebungsluft geschieht mit chemischen Bindemitteln (Absorptions- und Adsorptionsverfahren). Das vom Bindemittel getrennte reine CO_2 wird anschliessend verflüssigt, transportiert und tief unter der Erde dauerhaft deponiert. Zurzeit stehen geeignete geologische Tiefenspeicher vor allem im Ausland zur Verfügung, z.B. in Island oder Norwegen.

Die weltweit erste kommerzielle DACCS-Anlage ist 2021 in Island eingeweiht worden. Entwickelt wurde sie vom Schweizer Unternehmen Climeworks in Zusammenarbeit mit der isländischen Firma Carbfix.

Bei Vollauslastung soll sie pro Jahr rund 4000 Tonnen CO_2 aus der Luft ziehen. Für den Einsatz im grosstechnischen Massstab muss die Technologie weiterentwickelt werden.

Kosten im gegenwärtigen Entwicklungszustand: je nach Verfahren zwischen 80–210 US$/t CO_2 (Absorptionsverfahren) und 560–730 US$/t CO_2 (Adsorptionsverfahren)
Langfristig vorausgesagte Kosten: 100 US$/t CO_2

NET-Potenzial DACCS: Das totale geologische Speicherpotenzial in der Schweiz wird auf maximal etwa 2500 Mio. Tonnen CO_2 geschätzt.

Technologiereifegrad: 7 – 8

Chancen

- Unterirdisch sollte CO_2 über sehr lange Zeiträume gespeichert werden können. Diese Technologie ist zudem gut skalierbar und nicht von Biomasse abhängig.
- DACCS ist nicht standortgebunden. Um den Transportaufwand für das CO_2 und die Gesamtkosten zu minimieren, können DACCS-Anlagen daher dort errichtet werden, wo sowohl erneuerbare Energiequellen wie auch geologische CO_2-Lagerstätten verfügbar sind.
- Da für den Prozess hauptsächlich Wärme benötigt wird, kommt als Energiequelle je nach Verfahren auch Abwärme aus Industrieprozessen oder Geothermie in Frage.

Risiken

- DACCS verursacht hohe Kosten und tritt in Konkurrenz um erneuerbare Energiequellen: Weil der CO_2-Anteil in der Luft gering ist, müssen die Anlagen sehr grosse Mengen Luft filtern. Die CO_2-Abscheidung ist deshalb teurer und energieaufwändig. Zudem benötigen einige der angewandten Verfahren grosse Mengen an Chemikalien und Wasser.
- Bei der geologischen Einlagerung des abgeschiedenen CO_2 bestehen je nach Einlagerungsmethode Bedenken in Bezug auf die Dauerhaftigkeit.
- Die langfristige Klimastrategie der Schweiz geht davon aus, dass negative Emissionen aus DACCS-Anlagen im Ausland eingekauft werden. Dadurch könnten sich (ähnlich wie derzeit bei Öl und Gas) infrastrukturelle und vertragsrechtliche Abhängigkeiten von Drittstaaten ergeben.

Verwitterung durch Carbonatisierung

Das Prinzip: Bei der Verwitterung reagieren gewisse Mineralien wie Silicatgesteine mit CO_2 und binden den Kohlenstoff. Dieser Carbonatisierung genannte chemische Prozess, der in der Natur sehr langsam abläuft, kann technisch beschleunigt werden. Ein Ansatz besteht darin, Gestein fein zu zermahlen und grossflächig auf landwirtschaftlichen Böden oder Waldböden zu verteilen.

Auch in verbautem Beton findet der Verwitterungsprozess statt (und ist in der Regel unerwünscht, da er die Stahlträger im Beton zum Rosten bringt), und auch hier lässt er sich technisch stark beschleunigen. Für das Klima ist das eine gute Nachricht: Mithilfe neuartiger Carbonatisierungsverfahren kann Abbruchbeton bis zu 33% der Treibhausgase, die bei seiner Herstellung frei werden, wieder schlucken. Dazu wird Betonschutt zermahlen und mit reinem CO_2 (z.B. aus BECCS-Anlagen) kontaktiert. Das Produkt ist ein Kalksteinmehl, das später als Füllstoff oder Gesteinskörnung für die Herstellung von neuem Beton wiederverwendet werden kann. Dadurch verringert sich der CO_2-Fussabdruck von neuen Betonprodukten.

Die Schweizer Unternehmen Neustark, zirkulit und Sika entwickeln neuartige Verfahren zur Speicherung von CO_2 in Abbruch- und Recyclingbeton.

Kosten: Bei Abbruchbeton je nach Quelle und unter Berücksichtigung der Investitionskosten für spezielle Anlagen zwischen 140 – 940 US$/t CO_2. Bis 2050 könnten die Kosten auf 75 US$/t CO_2 sinken. Bei Naturgestein werden Kosten von 70 – 130 US$/t CO_2 angenommen.

NET-Potenzial: bis zu 2,5 Mio. t CO_2 im Jahr 2050

Technologiereifegrad: Carbonatisierung 5 – 6; Ausbringung 3

Chancen

- Die beschleunigte Verwitterung von Abbruchbeton hat das Potenzial, bis zu 33% der bei der Zementherstellung ausgestossenen CO_2-Emissionen wieder zu binden.
- Die chemische Bindung von CO_2 in Abbruchbeton ist sehr stabil und verspricht eine lange CO_2-Speicherung, möglicherweise über Jahrhunderte.
- Auf landwirtschaftlichen Böden ausgebrachter carbonatisierter Abbruchbeton kann zur Reduktion der Lachgasemissionen beitragen.

Risiken

- Das Ausbringen von zerkleinertem Beton kann zu einer Anreicherung von Schadstoffen im Boden führen und sich negativ auf Pflanzen und Organismen auswirken. Zudem beansprucht es grosse Flächen.
- Die Zerkleinerung von Gestein und Abbruchbeton ist mit grossem Energiebedarf verbunden.
- Die Stabilität der CO_2-Fixierung als Carbonatmineral in Böden ist noch nicht ausreichend erforscht.

Impressum

TA-SWISS, Bern 2023

Autorin: Christine D'Anna-Huber, cdh Wissenschaft im Text, Paradiso
Produktion: Bénédicte Bonnet-Eymard und Fabian Schluep, TA-SWISS, Bern
Gestaltung und Illustrationen: Hannes Saxer, Bern
Druck: Jordi AG – Das Medienhaus, Belp

TA-SWISS
Stiftung für Technologiefolgen-Abschätzung
Brunngasse 36
CH-3011 Bern
info@ta-swiss.ch
www.ta-swiss.ch

mitglied der
akademien der
wissenschaften schweiz