

Abscheidung, Nutzung und Speicherung von CO₂ (CCUS – Carbon Capture Use and Storage)

Beschreibung und Zweck der Technologie

Die Abscheidung, Nutzung und Speicherung von CO₂ (CCUS) ist eine Technologie, die zur Entfernung von Kohlendioxid (CDR^A) vorgeschlagen wird und die darauf abzielt, CO₂ aus industriellen Abgasen oder direkt aus der Atmosphäre abzutrennen. Das so abgeschiedene CO₂ soll als Rohstoff in der Produktion verwendet und in hergestellten Gütern „gespeichert“ werden – bis es erneut in die Atmosphäre abgegeben wird.

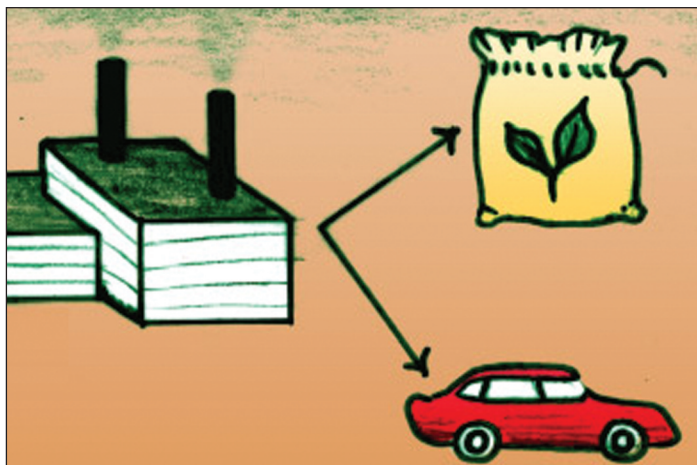
Es gibt verschiedene CCUS-Pfade: Enhanced Oil Recovery (EOR^B), Chemikalien und Brennstoffe auf CO₂-Basis, Biokraftstoffe und weitere Produkte aus Mikroalgen, Kunststoffe auf CO₂-Basis, in Baumaterialien verwendetes CO₂ und CO₂, das in der Landwirtschaft sowie in Lebens- und Futtermitteln verwendet wird.¹ CCUS gilt als Versuch, die Abscheidung und Lagerung von CO₂ (CCS^C) profitabel zu machen. Die meisten CCUS-Szenarien sind noch theoretischer Natur, aber einzelne Technologien werden bereits kommerzialisiert.

Die Hauptkritik an CCUS ist, dass die abgeschiedenen CO₂-Emissionen wieder zurück in die Atmosphäre gelangen. Die Emissionen werden nicht dauerhaft gespeichert, sondern in Waren eingebettet und durch Verbrennungs- und Zersetzungsprozesse wieder freigesetzt.

A CDR = Carbon Dioxide Removal: Technologie zum Abscheiden von Kohlenstoff

B CO₂ wird in Ölreservoirs gepumpt, um schwer zugängliche Ölvorkommen nutzen zu können, wird auch als tertiäre Ölgewinnung bezeichnet.

C CCS = Carbon Capture and Storage: Abscheidung und Lagerung von Kohlenstoff



CCUS soll theoretisch die „Speicherung“ des abgeschiedenen CO₂ in Gütern wie Brennstoff, Dünger und Plastik ermöglichen.

Zudem basiert CCUS auf Technologien zur Abscheidung von CO₂, die sehr energieintensiv, kostspielig und technologisch anspruchsvoll sind.² Durch Produktion, Transport und Infrastruktur entstehen zusätzliche Emissionen. Kurz: CCUS wird in der Summe eher zu mehr als zu weniger Emissionen führen – insbesondere wenn man berücksichtigt, dass CCS ohnehin dazu neigt, mehr Emissionen zu erzeugen, als abzuscheiden (siehe [Technologie-Briefing zu CCS](#)).

**Auswirkungen
auf:**



Realitätscheck:



Akteur/innen

Die meisten CCUS-Vorhaben sind in Nordamerika, Europa, China, Indien und Japan angesiedelt. Viele Initiativen werden von Stiftungen, der Industrie und von öffentlichen Fördereinrichtungen mit Kapital unterstützt. Die industriellen Sponsor/innen kommen hauptsächlich aus energieintensiven Branchen, darunter British Airways, Chevron, ExxonMobil, die HuaNeng Group, Indo Guld Fertilizer Co. und Occidental.

Das US-Energieministerium^D ist der größte öffentliche Investor.³

CCUS-Pfade

Enhanced Oil Recovery (EOR): Während CCUS zuweilen als Versuch bezeichnet wird, CCS von der tertiären Ölgewinnung abzukoppeln, ist diese bei weitem die häufigste Verwendung für abgeschiedenes CO₂ und in Zukunft wahrscheinlich der profitabelste Markt dafür. Detailliertere Ausführungen zu EOR finden sich im [CCS-Briefing](#). Kurz gesagt bezieht sich EOR auf die Injektion von unter Druck gesetztem CO₂ zur Förderung von ansonsten unzugänglichem Öl oder das Pumpen von CO₂ in alternde Ölreservoirs, um bis zu 50 % mehr des ursprünglich in einem Bohrloch vorhandenen Öls zu extrahieren. Natürlich vorkommendes CO₂ wird am häufigsten verwendet, weil es billig und breit verfügbar ist, aber zunehmend kommt hierbei auch CO₂ aus anthropogenen Quellen zum Einsatz, insbesondere aus CCS-Anlagen in Nordamerika.⁴ So stellen 16 von weltweit 21 operativen großtechnischen CCS-Anlagen ihr abgeschiedenes CO₂ für EOR zur Verfügung und die zwei im Bau befindlichen Anlagen sind ebenfalls für EOR bestimmt.⁵ Bei EOR handelt es sich zweifellos um eine Abscheidung und Nutzung, aber nicht um eine Speicherung von CO₂: Schätzungen zufolge gelangen etwa 30 % des EOR-CO₂ mit dem geförderten Erdöl wieder zurück an die Oberfläche, und das unterirdisch verbleibende CO₂ ermöglicht durch die Förderung und Verbrennung von zusätzlichem Öl noch mehr Emissionen.⁶

Chemikalien und Brennstoffe auf CO₂-Basis:

Eine weitere Idee ist die Verwendung von abgeschiedenem CO₂ als Ausgangsmaterial für Chemikalien und Brennstoffe. Das kann durch Carboxylierungsreaktionen erreicht werden, bei denen das CO₂-Molekül zur Herstellung von Chemikalien wie Methan, Methanol, Synthesegas, Harnstoff und Ameisensäure verwendet wird. CO₂ kann auch als Ausgangsstoff zur Herstellung von Brennstoffen verwendet werden, z. B. im Fischer-Tropsch-Verfahren. Allerdings ist CO₂ thermodynamisch ein sehr stabiles Molekül, weshalb Reaktionen mit CO₂ in der Regel beträchtliche Mengen an Energie benötigen. Darüber hinaus werden Chemikalien und Brennstoffe weniger als sechs Monate gelagert, bevor sie verwendet werden, und das CO₂ wird sehr schnell wieder in die Atmosphäre freigesetzt.⁷ Wie bei der tertiären Ölgewinnung handelt es sich um CCU (Abscheidung und Nutzung), aber nicht um eine Speicherung von CO₂.

// **Die Hauptkritik an CCUS ist, dass die abgeschiedenen CO₂-Emissionen wieder zurück in die Atmosphäre gelangen. Die Emissionen werden nicht dauerhaft gespeichert, sondern in Waren eingebettet und durch Verbrennungs- und Zersetzungsprozesse wieder freigesetzt.** //

Erzeugung von Biokraftstoffen und weiteren

Produkten aus Mikroalgen: Dieser Ansatz hat zum Ziel, abgeschiedenes CO₂ mit Hilfe von Mikroalgen zu binden, und geerntete Algen als Ausgangsstoff für die Herstellung von Biokraftstoffen, Tierfutter, Nahrungsergänzungsmitteln oder Kosmetika zu verwenden. Die meisten Projekte, von denen der Großteil noch in den Kinderschuhen steckt, planen, CO₂-reiche Emissionen aus Industrieanlagen in Algenbecken oder Photobioreaktoren umzuleiten.⁸ Es ist fraglich, ob sich Mikroalgen nach direktem Kontakt mit verschmutzten Abwässern erfolgreich für hochwertige Produkte wie Kosmetika vermarkten lassen. Einige Forschungs- und Entwicklungsansätze beinhalten die Verwendung gentechnisch veränderter Algenstämme, z. B. um die Toleranz gegenüber hohen CO₂-Konzentrationen zu verbessern oder um ein Gen zur Produktion von Ethylen einzuführen.⁹ Es ist nahezu unmöglich, diese Organismen in Produktionsanlagen zu isolieren, falls sie in die Außenwelt gelangen, sind die Folgen für die menschliche Gesundheit und die natürliche Umwelt völlig unklar.¹⁰ Etwa 40 % der rund 50 bekannten algenbasierten CCUS-Initiativen haben in den letzten Jahren ihre Aktivitäten eingestellt. Die meisten der verbleibenden Projekte befinden sich in der Entwicklungsphase und zielen auf die Herstellung von Biokraftstoffen ab.¹¹

Kunststoffe auf CO₂-Basis: Das kalifornische Unternehmen Newlight Technologies und die britische Firma Eonic Technologies entwickeln Verfahren zur Umwandlung von abgeschiedenem CO₂ in Kunststoffe.¹² Abgesehen von einer fragwürdigen Energiebilanz wäre diese Technologie nur dann ein wirksamer Ansatz zur dauerhaften CO₂-Bindung, wenn die Kunststoffe sich nie zersetzen oder nie als Abfall verbrannt würden.

D U.S. Department of Energy (US-DOE)



Klimaschutztechnologie? Bei CCUS geht es häufig eher um EOR als um die tatsächliche Reduktion von Emissionen
(Richard Masoner / Cyclelicious/Flickr)

In Baumaterialien verwendetes CO₂: Im Bausektor hat eine kleine Anzahl von Unternehmen Verfahren entwickelt und patentiert, um abgeschiedenes CO₂ in Kalzium- oder Magnesiumkarbonat umzuwandeln und damit Materialien wie Bausteine, Dachziegel oder Füllmaterialien herzustellen. Bei diesem mineralischen Karbonisierungsprozess reagiert CO₂ mit einem Metalloxid wie Magnesium oder Kalzium zu Karbonaten. Der Prozess ähnelt der beschleunigten Verwitterung (siehe [Technologie-Briefing](#)), bei der Silikat- und Karbonatminerale, die reich an Kalzium und Magnesium sind, mit atmosphärischem CO₂ reagieren, um in stabile Karbonate verwandelt zu werden. Wie bei der beschleunigten Verwitterung sind der Energieaufwand und die Kosten, einschließlich Abbau, Transport und Aufbereitung der Mineralien, enorm und dürften die Vorteile dieses Ansatzes überwiegen. Das finnische Forschungsprojekt BECCU hat zum Ziel, Dämmstoffe für den Bausektor zu entwickeln, die CO₂ und Wasserstoff als Ausgangsstoffe verwenden. Zwei kanadische Unternehmen versuchen, Ersatzstoffe für Zement und Beton zu entwickeln: Terra CO₂ Technologies Ltd. entwickelt ein Verfahren zur Umwandlung von CO₂ und Bergbauabfällen in zementähnliche Materialien. Carbicrete erhielt öffentliche und industrielle Fördermittel zur Entwicklung eines Betons aus Stahlschlacke und CO₂. Alle Ansätze zielen darauf ab, CO₂ in Baumaterialien zu binden, um die enormen Emissionen der Zement- und Betonindustrie „grün zu waschen“.

Diese Prozesse könnten theoretisch in der Lage sein, einen Bruchteil des emittierten CO₂ über längere Zeiträume zu speichern. Allerdings sind alle Ansätze mit erheblichem Energieaufwand verbunden, eine dauerhafte CO₂-Speicherung ist nicht möglich und das Potenzial zur Bindung von CO₂ ist eher begrenzt.¹³

In Landwirtschaft, Lebens- und Futtermitteln verwendetes CO₂: In diesem Einsatzbereich wird CO₂ als Ausgangsmaterial zur Herstellung von Lebens- und Futtermitteln, zum Destillieren und Karbonisieren von Getränken oder zur CO₂-Düngung in Gewächshäusern verwendet. Zu den Produkten und Forschungs- und Entwicklungsansätzen gehören Proteine für Futter in Aquakulturen oder als Fleischersatz, alkoholische Getränke und CO₂ in Lebensmittelqualität. Bei jedem dieser Ansätze gelangt das abgeschiedene CO₂ innerhalb kurzer Zeit wieder zurück in die Atmosphäre – trotz der hohen Energiekosten der CO₂-Abscheidung. Im Falle der CO₂-Düngung in Gewächshäusern, ein CCUS-Pfad, der von mehreren Direct Air Capture^E-Unternehmen genutzt und gefördert wird, ist eine vollständige Absorption des CO₂ durch die Gewächshauspflanzen nicht erreichbar. Die beschriebenen Pfade sind weitere Beispiele für CCU (aber nicht für die Speicherung!): Sobald Lebens- oder Futtermittel verdaut oder kompostiert werden, wird eine bedeutende Menge des CO₂ wieder freigesetzt.¹⁴

E Verfahren zur Abscheidung von Treibhausgasen aus der Atmosphäre

Realitätscheck

Alle oben beschriebenen Technologien werden mit unterschiedlichem Umfang und Erfolg vermarktet. Ein großer Teil befindet sich noch in der Entwicklungsphase. Mehrere Hundert Millionen USD wurden sowohl von der Industrie als auch von der öffentlichen Hand investiert. Mit Ausnahme der tertiären Ölgewinnung (EOR), bei der es sich um ein etabliertes Verfahren (aber nicht um eine Technik zur CO₂-Speicherung) handelt, sind die beteiligten Unternehmen in der Regel Start-ups, die vom Hype um die sogenannten „negativen Emissionen“ profitieren wollen und versuchen, den Wert des abgeschiedenen CO₂ zu erhöhen.¹⁵

Weiterführende Inhalte

ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung, „**Geoengineering Map**,“
<https://map.geoengineeringmonitor.org/>

Geoengineering Monitor (2020) **An introduction to CCUS proposals and their viability**,
<http://www.geoengineeringmonitor.org/2020/07/can-captured-carbon-be-put-to-use/>

Fußnoten

- 1 ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020) Geoengineering Map, <https://map.geoengineeringmonitor.org/>
- 2 Ibid; Heinrich-Böll-Stiftung und ETC Group (2021) Geoengineering Technologie Briefing: Direct Air Capture (DAC), Januar 2021, <https://www.boell.de/de/2021/01/08/direct-air-capture>
- 3 ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020) Geoengineering Map, <https://map.geoengineeringmonitor.org/>
- 4 Cuéllar-Franca und Azapagic (2015) Carbon capture, storage and utilisation technologies: A critical analysis and comparison of their life cycle environmental impacts, Journal of CO₂ Utilization, Vol. 9: 82 - 102, <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2014.12.001>; Heinrich-Böll-Stiftung und ETC Group (2021) Geoengineering Technologie Briefing: Abscheidung und Speicherung von CO₂ (CCS, Carbon Capture and Storage), <https://www.boell.de/de/2021/01/08/ccs-abscheidung-und-speicherung-von-co2>
- 5 Global CCS Institute (2019) Global Status Of CCS 2019, https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2019/12/GCC_GLOBAL_STATUS_REPORT_2019.pdf; Global CCS Institute (2020) Global CCS Institute welcomes the 20th and 21st large-scale CCS facilities into operation, veröffentlicht: 3. Juni 2020, <https://www.globalccsinstitute.com/news-media/press-room/media-releases/global-ccs-institute-welcomes-the-20th-and-21st-large-scale-ccs-facilities-into-operation/>
- 6 Cuéllar-Franca und Azapagic (2015); Heinrich-Böll-Stiftung und ETC Group (2020) Geoengineering Technologie Briefing: Abscheidung und Speicherung von CO₂ (CCS, Carbon Capture and Storage)
- 7 Weitere Informationen: https://en.wikipedia.org/wiki/Fischer%E2%80%93Tropsch_process; ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020) Geoengineering Map, <https://map.geoengineeringmonitor.org/>
- 8 ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020) Geoengineering Map, <https://map.geoengineeringmonitor.org/>
- 9 Heikkinen (2015) Genetically Modified Algae Could Replace Oil for Plastics, in: Scientific American, veröffentlicht: 17. August 2015, <https://www.scientificamerican.com/article/genetically-modified-algae-could-replace-oil-for-plastic/>; Wei, et al. (2019) Knockdown of carbonate anhydrase elevates Nannochloropsis productivity at high CO₂ level, in: Metabolic Engineering, Vol. 54: 96 - 108, <https://doi.org/10.1016/j.ymben.2019.03.004>
- 10 Biofuelwatch (2017) Microalgae Biofuels Myths and Risks, veröffentlicht: September 2017, <https://www.biofuelwatch.org.uk/wp-content/uploads/Microalgae-Biofuels-Myths-and-Risks-FINAL.pdf>
- 11 ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020) Geoengineering Map, <https://map.geoengineeringmonitor.org/>
- 12 ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020) Geoengineering Map: Econic Technologies Ltd, <https://map.geoengineeringmonitor.org/Carbon-Cioxide-Removal/econic-technologies-ltd/>; ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020) Geoengineering Map: Newlight Technologies, <https://map.geoengineeringmonitor.org/Carbon-Cioxide-Removal/newlight-technologies/>
- 13 Cuéllar-Franca und Azapagic (2015); ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020) Geoengineering Map
- 14 ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020) Geoengineering Map, <https://map.geoengineeringmonitor.org/>
- 15 ETC Group und Heinrich-Böll-Stiftung (2020) Geoengineering Map, <https://map.geoengineeringmonitor.org/>