GERMANWATCH

NABU

BELLONA



2025

Carbon Capture and Utilisation: Chancen, Risiken und Leitprinzipien

Rechtlicher Hinweis

Bellona bemüht sich sicherzustellen, dass die in diesem Bericht offengelegten Informationen korrekt und frei von Urheberrechten sind, übernimmt jedoch keine Gewähr oder rechtliche Verantwortung für die Richtig-keit, Vollständigkeit, Interpretation oder Nützlichkeit der Informationen, die sich aus der Nutzung dieses Berichts ergeben könnten.

© 2025 von Bellona Deutschland gGmbH. Alle Rechte vorbehalten.

Diese Kopie ist ausschließlich für den persönlichen, nicht kommerziellen Gebrauch bestimmt. Nutzer dürfen Inhalte dieser Publikation für ihren eigenen und nicht kommerziellen Gebrauch herunterladen, drucken oder auszugsweise kopieren. Kein Teil dieses Werks darf ohne Angabe der Bellona Foundation als Quelle reproduziert werden. Die kommerzielle Nutzung dieser Publikation erfordert die vorherige Zustimmung der Bellona Deutschland gGmbH.

Autorinnen

Luisa Keßler, Bellona Deutschland

Johanna Wiechen, Germanwatch

Kontakt NABU

Katharina Fey

Design & Layout

Arnbjørn Mortensen, Bellona Deutschland

Über Bellona Deutschland

Bellona Deutschland ist eine gemeinnützige Klima- und Umweltschutzorganisation mit dem Fokus auf Klimaschutz in der Industrie. Wir verfolgen einen wissenschaftsbasierten und lösungsorientierten Ansatz. Zentrale Motivation unserer Arbeit ist die systemische Einordnung und Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen, um deren Potenziale und Mehrwerte für den Klimaschutz auszuschöpfen und Anwendungen sinnvoll zu fokussieren.

Über Germanwatch

„Hinsehen, Analysieren, Einmischen" - unter diesem Motto engagiert sich Germanwatch für globale Gerechtigkeit und den Erhalt der Lebensgrundlagen und konzentriert sich dabei auf die Politik und Wirtschaft des Nordens mit ihren weltweiten Auswirkungen. Die Lage der besonders benachteiligten Menschen im Süden bildet den Ausgangspunkt unseres Einsatzes für eine nachhaltige Entwicklung.

Unsere Arbeitsschwerpunkte sind Klimaschutz & Anpassung, Weltnährung, Unternehmensverantwortung, Bildung für nachhaltige Entwicklung sowie Finanzierung für Klima & Entwicklung/Ernährung. Zentrale Elemente unserer Arbeitsweise sind der gezielte Dialog mit Politik und Wirtschaft, wissenschaftsbasierte Analysen, Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit sowie Kampagnen.

Germanwatch finanziert sich aus Mitgliedsbeiträgen, Spenden und Zuschüssen der Stiftung Zukunftsfähigkeit sowie aus Projektmitteln öffentlicher und privater Zuschussgeber.

Über den NABU

Der NABU engagiert sich seit 1899 für Mensch und Natur. Mit rund 960.000 Mitgliedern und Fördernden ist der NABU der mitgliederstärkste Umweltverband in Deutschland.

Zu den wichtigsten Aufgaben des NABU zählen der Erhalt der Lebensraum- und Artenvielfalt, die Nachhaltigkeit der Land-, Wald- und Wasserwirtschaft und nicht zuletzt der Klimaschutz. Die Vermittlung von Naturerlebnissen und die Förderung naturkundlicher Kenntnisse gehören zu den zentralen NABU-Anliegen.

In den rund 2.000 NABU-Gruppen und rund 70 Infozentren in ganz Deutschland steht praktischer Naturschutz genauso auf dem Programm wie Lobbyarbeit, Umweltbildung, Forschung und Öffentlichkeitsarbeit.

Präambel

Die Defossilisierung energieintensiver Industrien in Deutschland ist ein entscheidender Hebel für die Erreichung der Klimaziele und zugleich essenziell für die Zukunftssicherung des Wirtschaftsstandortes. Sie eröffnet Chancen, neue Arbeitsplätze in wachstumsstarken Branchen mit einem breiten Zuliefernetz zu schaffen, regionale Wertschöpfung zu fördern und Innovationskraft zu steigern. Daher ist es wichtig, die deutsche Industrie zu modernisieren, ihre Widerstandsfähigkeit zu stärken und mit ihr den Wandel aktiv zu gestalten.

Kohlenstoff wird auch in einer klimaneutralen Zukunft als wichtiger Rohstoff in solchen industriellen Prozessen benötigt, wo er nicht durch Elektrifizierung ersetzt werden kann. Dies ist insbesondere in Teilen der Chemieindustrie oder für die Herstellung von nachhaltigen Kraftstoffen für die Schifffahrt und den Flugverkehr (siehe Kasten Flugverkehr) der Fall. Carbon Capture and Utilisation (CCU) wird in diesem Kontext zunehmend als ein vielversprechender Ansatz für eine klimaneutrale Industrie diskutiert. Unter CCU verstehen wir Technologien und Verfahren zur Abscheidung und Nutzung von Kohlendioxid (CO_2) beispielsweise aus industriellen Prozessen oder direkt aus der Atmosphäre, um es als Rohstoff weiterzuverwenden. Treibstoffe, Baumaterialien oder andere Produkte auf Grundlage von CCU können ein Baustein der Lösung sein, allerdings nur, wenn dafür die richtigen Rahmenbedingungen gelten.

Ein realistischer Blick auf das Potenzial von CCU als Klimaschutzmaßnahme, bei dem die Gesamtwirkung berücksichtigt wird, zeigt, dass mit dem Einsatz von CCU wesentliche Dilemmata und Trade-offs verbunden sind. Chemisch gesehen ist CO_2 ein reaktionsträges Molekül. Soll es wieder in Grundstoffe umgewandelt werden, sind hohe Mengen an Energie und zusätzlichem Wasserstoff notwendig (siehe Kasten Energiebedarfe CCU). Beide Ressourcen werden in ihrer grünen Form mittelfristig begrenzte Güter bleiben, vor allem in den bestehenden europäischen Industriezentren. Die Möglichkeiten in anderen Regionen der Welt mit größeren EE-Potenzialen müssen in einem globalen Ansatz berücksichtigt werden. Die Ausführungen in diesem Papier beziehen sich jedoch in erster Linie auf Mitteleuropa und die hiesigen Herausforderungen, insbesondere in Bezug auf Energie und Feedstocks.

CCU hat unter den derzeitigen regulatorischen Rahmenbedingungen in Deutschland wie auch Europa in aller Regel keinen Business Case. Ein solcher würde in den meisten Fällen erst dadurch entstehen, dass CCU-Anwendungen als Emissionsminderung anerkannt, etwa im Rahmen des Europäischen Emissionshandels, und dadurch in Wert gesetzt werden.

In einer im Juli 2024 beschlossenen Delegierten Verordnung[1] gibt die EU Kommission für die Anerkennung von CCU als Emissionsminderung im Rahmen des EU-Emissionshandels vor, dass das

1. Delegierte Verordnung der EU Kommission vom 30.7.2024 zur Ergänzung der Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Voraussetzungen dafür, dass Treibhausgase als dauerhaft in einem Produkt chemisch gebunden angesehen werden. https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/14135-Emissionshandelssystem-EHS-dauerhafte-CO2-Speicherung-durch-CO2-Abscheidung-und-Nutzung_de

CO_2 „mindestens einige Jahrhunderte“[2] chemisch gebunden sein müsse. Damit legt sie den Fokus auf diejenigen Baumaterialien, bei denen eine solch lange Bindungsdauer möglich ist. In der Regel sind dies mineralische Verbindungen und nicht Kohlenwasserstoffe. Die Stellungnahmen von Unternehmen und Branchenverbänden zu diesem Rechtsakt lassen aber erwarten, dass der Druck hoch bleiben wird, auch eine kürzere Bindungsdauer als Klimaschutzmaßnahme anzuerkennen.

Auch an anderen Stellen werden wichtige Festlegungen getroffen. In Deutschland steht der Beschluss eines Kohlendioxid-Speicherungs- und Transportgesetzes (KSp(T)G) aus. Während hier industrie- und klimapolitisch richtigerweise der Fokus vor allem auf der Abscheidung und geologischen Speicherung von CO_2, also CCS (Carbon Capture and Storage) liegt, wird an einer Stelle des Entwurfs eine faktische Gleichsetzung von CCS und CCU vorgenommen.[3] Das ist ein gefährlicher Kurzschluss, der bedauerlicherweise häufig in der derzeitigen klimapolitischen Debatte zu beobachten ist: Während durch CCS CO_2 permanent gespeichert werden soll, wird bei CCU das abgeschiedene CO_2 in Produkte mit sehr unterschiedlicher Lebensdauer umgewandelt, was keineswegs zwangsläufig zu einer dauerhaften, vollständigen oder auch nur überwiegenden Reduktion der Emissionen führt. Auch die Langfriststrategie Negativemissionen (LNe), mit der das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) die Leitlinien für den Umgang mit unvermeidbaren Restemissionen schaffen soll, wird für den Umgang mit CCU relevant sein. Daneben wäre es dringend geboten, die begonnene Erstellung einer Nationalen Biomassestrategie (NABIS) wieder aufzunehmen.

Bei diesen und weiteren CCU betreffenden Regulierungen muss sichergestellt werden, dass CCU-Anwendungen nur im Umfang ihres tatsächlichen und nachweisbaren Emissionsminderungsbeitrags als Klimaschutzmaßnahme anerkannt werden. Dieses Papier benennt wichtige Leitlinien für die Entwicklung dieser regulatorischen Rahmenbedingungen.

2. Art 3, 1 b) “Es bleibt dauerhaft in einem Produkt chemisch gebunden, sodass es bei normalem Gebrauch und/oder während der Entsorgungsphase des Produkts, einschließlich normaler Tätigkeiten nach dem Ende der Lebensdauer des Erzeugnisses, für einen Zeitraum von mindestens einigen Jahrhunderten nicht in die Atmosphäre gelangt”

3. In §4 des von der Bundesregierung beschlossenen Gesetzentwurfs des KSpTG heißt es mit Blick auf den Infrastrukturbau, dass ein Vorhaben neben der dauerhaften geologischen Einlagerung von CO_2 auch dann dem Wohl der Allgemeinheit dient, „wenn dadurch Kohlendioxid zur Deckung eines nachgewiesenen Bedarfs für die Nutzung von Kohlendioxid als Rohstoffquelle für Kohlenstoffverbindungen transportiert wird, um so zum Zwecke des Klimaschutzes die Emission von Kohlendioxid in Deutschland dauerhaft zu vermindern.“

Der hohe Energiebedarf von CCU

Die Nutzung von CO_2 als Rohstoff erfordert erhebliche Mengen an Energie. Für die direkte Luftabscheidung (Direct Air Capture, DAC) werden etwa 1,8 bis 6,5 GJ Energie pro Tonne CO_2 benötigt, abhängig von der Technologie und den Energiequellen.[4] Die Umwandlung von CO_2 in höherwertige organische chemische Produkte erfordert laut Umweltbundesamt etwa 36 GJ Energie pro Tonne CO_2,[5] d.h. das fünf- bis 20-fache der für DAC erforderlichen Energie. Besonders die benötigte Menge an Wasserstoff, der durch Elektrolyse hergestellt werden soll, trägt zu dem hohen Energiebedarf bei.



Die energieintensiven CCU-Prozesse können nur bei einer ausreichenden Versorgung mit erneuerbaren Energien ökologisch sinnvoll umgesetzt werden. CCU setzt deshalb einen zusätzlichen Ausbau erneuerbarer Energien voraus (Additionalität). Zudem sollte CCU nur dort eingesetzt werden, wo weiterhin Kohlenwasserstoffe erforderlich sind (wie etwa in Teilen der Chemieindustrie und schwer elektrifizierbaren Verkehrsträgern) und diese nicht auf anderen Wegen mit besserer Klima- und Umweltbilanz bereitgestellt werden können. Durch den zusätzlichen Bedarf an erneuerbaren Energien steigt wiederum der Rohstoffbedarf, inklusive kritischer Rohstoffe.[6]

Gleichzeitig zeigt sich: Großskaliges CCU mit Netto-Null-Treibhausgasbilanz ist in Mitteleuropa kurz- bis mittelfristig nicht realisierbar. Bisher stellt CCU meist keinen Business Case dar und wird auch auf absehbare Zeit sehr teuer bleiben. Durch die hohen Bedarfe an erneuerbaren Energien und Wasserstoff werden andere Weltregionen deutlich bessere Standortbedingungen bieten.[7]

4. International Energy Agency, 2022, Report on Direct Air Capture

5. Umweltbundesamt, 2021, Diskussionsbeitrag zur Bewertung von Carbon Capture and Utilization

6. Zelt, O. et al., 2020, Multikriterielle Bewertung von Bereitstellungstechnologien synthetischer Kraftstoffe. MENA-Fuels: Teilbericht 3 des Wuppertal Instituts und des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) an das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).

7. Verpoort, P. C. et al., 2024, Impact of global heterogeneity of renewable energy supply on heavy industrial production and green value chains. Nature Energy, 9(4), 491–503. https://doi.org/10.1038/s41560-024-01492-z (letzter Aufruf: 17. Februar 2025)

Leitprinzipien für die Nutzung von CO_2 in einem klimaverträglichen Rahmen

Damit CCU einen sinnvollen Beitrag zur klimaneutralen Transformation leisten kann, muss es auf Grundlage der folgenden Prinzipien geregelt werden:

Was muss für die CO_2-Quelle gelten?

1. Differenzierung nach Kohlenstoffquellen bei Regulierung und Anrechnung:

Grundsätzlich gilt, dass ein Kohlenstoffdioxidmolekül aus fossilen Quellen, sobald es in die Atmosphäre emittiert wird, zu Netto-Treibhausgasemissionen beiträgt. Emissionen in die Atmosphäre können prinzipiell nur dann annähernd klimaneutral sein, wenn der Kohlenstoff atmosphärischen Ursprungs ist. Bei biogenen Quellen gilt es genau hinzuschauen.

1.1 Nutzung fossiler Kohlenstoffquellen nur unter bestimmten Bedingungen: CCU mit einer fossilen Kohlenstoffquelle wäre nur dann mit Klimaneutralität kompatibel, wenn

1.1.1 eine möglichst vollständige und permanente CO_2-Speicherung im Produkt erreicht wird. Das bedeutet, das CO_2 muss langfristig und damit mehrere Jahrhunderte gebunden bleiben (wie beispielsweise durch die Karbonatisierung von Baustoffen).

1.1.2 eine dauerhafte Kreislaufführung von CO_2 gewährleistet ist. Dabei ist zu beachten, dass auch eine Kreislaufwirtschaft immer ein gewisses Maß an Energie als Input und ggf. zusätzliche Ressourcen benötigt; d.h. auch CCU im geschlossenen Kreislauf müsste diese dadurch evtl. anfallenden Restemissionen durch natürliche oder andere technische Senken ausgleichen. Einschränkend ist zu erwähnen, dass große Anteile der chemischen Produktion als Abrieb, Schmier- oder Reinigungsmittel oder durch Littering in die Kanalisation oder in die Umwelt gelangen. Weitere Anteile verlassen die Bilanz durch Export.

1.1.3 zum End of Life eine vollständige bilanzielle Rückführung in geologische Speicher sichergestellt wird.

1.2 Eignung von direkt atmosphärischen Kohlenstoffquellen (Direct Air Carbon Capture and Utilization - DACCU): Direkt atmosphärische Kohlenstoffquellen bieten das Potenzial, durch die Entnahme von CO_2 aus der Atmosphäre zur Emissionsminderung beizutragen. Dieser Effekt wird idealerweise durch eine nachgeschaltete Nutzung des Kohlenstoffs, wie die dauerhafte Speicherung im Produkt oder die abschließende Rückführung in die Lithosphäre, langfristig aufrechterhalten (Senke). Für einen klimaneutralen oder sogar negativ-emissionsfähigen Prozess darf jedoch auch die Energie- und Ressourcenbereitstellung für DAC letztlich netto keine zusätzlichen Emissionen verursachen. DAC ist allerdings mit erheblichen Herausforderungen verbunden, insbesondere durch den hohen Energie- und Ressourcenbedarf sowie damit einhergehenden Kosten, was die großflächige Anwendung derzeit stark einschränkt.

1.3 Die ambivalente Rolle biogener Kohlenstoffquellen: Im CCU-Kontext ist die Nutzung von biogenen Kohlenstoffquellen insbesondere durch deren Abscheidung aus der Abfallverbrennung oder aus biomassebasierten industriellen Prozessen relevant. Theoretisch kann die Nutzung von Kohlenstoff, der zuvor durch nachhaltig angebaute Pflanzen der Atmosphäre entzogen wurde, zu Negativemissionen beitragen, wenn der Effekt durch die nachgeschaltete Nutzung erhalten bleibt - und dies gilt natürlich auch hier - die Energie- und Ressourcenbereitstellung zur Nutzung des Kohlenstoffs nicht zu netto-positiven Emissionen führt. Grundsätzlich erfordert die Nutzung biogener Kohlenstoffe allerdings besondere Vorsicht, da nachhaltige Biomasse eine begrenzte Ressource darstellt, die möglichst erst nach der Nutzung in der Kaskade tatsächlich verbrannt wird. Außerdem können zahlreiche sekundäre Effekte mit deren Nutzung verbunden sein, wie Auswirkungen auf Biodiversität und Ökosysteme. Zudem müssen Nutzungskonkurrenzen – u.a. durch eine Kaskadennutzung, die dem Food-First Prinzip folgt und die notwendige Renaturierung von Ökosystemen priorisiert – aufgelöst werden. Grundsätzlich darf Biomasseverwendung auch nicht zur Kannibalisierung von Klimaschutzzielen im LULUCF-Sektor führen, wie der Kohlenstoffspeicherung in Böden und Wäldern.

Im aktuellen EU-ETS, das downstream bepreist (CO_2 Zertifikate werden bei der Emission des CO_2 fällig), müsste sichergestellt werden, dass durch CCU keine Schlupflöcher entstehen, aufgrund derer fossiles CO_2 unbepreist und nicht bilanziert in die Atmosphäre gelangt. Im Gegensatz zu heute muss in einer klimaneutralen Zukunft dabei auch der Kohlenstoff, der in der Chemieindustrie in die stoffliche Nutzung geht, vollständig mit erfasst und adressiert werden. Grundsatz sollte sein: Die Verantwortung für das CO_2 liegt spätestens bei dem Akteur, dem diese im Sinne der geltenden Regulatorik noch übertragen werden kann. Gleichzeitig muss eine Doppelbepreisung desselben CO_2-Moleküls ausgeschlossen werden (bspw. dürfte bei der Abfallverbrennung nur dasjenige CO_2 bepreist werden, das in die Atmosphäre gelangt. Der Teil, der via CCU in ein Produkt überführt wird, das dann z.B. im Flugtreibstoff oder in Chemieprodukten landet, würde dort bepreist).

Was muss für den Prozess gelten?

2. Nahezu 100% erneuerbare Energien als Voraussetzung für CCU-Prozesse: CCU kann nur dann als klimaneutral gelten, wenn der gesamte Prozess klimaneutral ist; das schließt die Abscheidung und Aufbereitung, den Transport, die Synthese neuer Moleküle und das End of Life -Treatment mit ein. Insgesamt erzeugt CCU damit einen großen Bedarf an erneuerbaren Energien bzw. zusätzlichem grünen Wasserstoff – beide Ressourcen werden in der Zukunft ein knappes und teures Gut sein (siehe Kasten Energie). Vergessen darf man zudem nicht, dass die Anlagen für all diese Prozesse ressourcenintensiv sind und auch knappe Ressourcenarten davon betroffen sind. Fragen der Priorität im Zugang zu nachhaltiger Energie von CCU gegenüber anderen industriellen Anwendungen und den Potenzialen zur Flexibilisierung der DAC-Technologien, z.B. im Hinblick auf deren Anpassung an den Strommarkt der Erneuerbaren, sind noch zu klären.

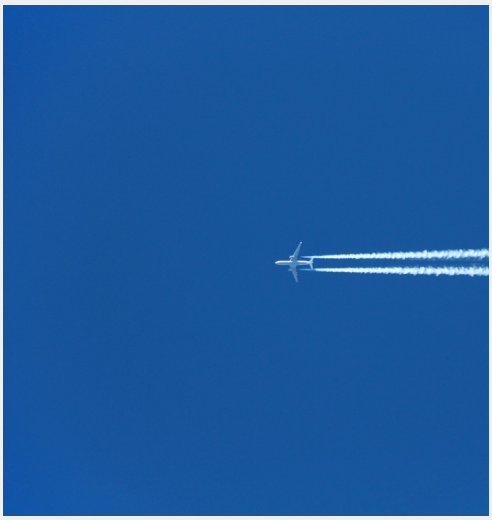
Was muss generell für die Verwendung des CO_2 gelten?

3. Saubere Bilanzierung von CCU basierend auf langfristiger Bindung oder geschlossener Kreislaufführung des CO_2: Damit die Nutzung des CCU-Produkts als klimaneutral anerkannt werden kann, muss sichergestellt sein, dass bilanziell keine THG-Emissionen in die Atmosphäre gelangen.[8] Bilanziell THG-neutral bedeutet also, dass entweder tatsächlich keine Emissionen entstehen, oder dass es sich bei den Emissionen um CO_2 handelt, das zuvor der Atmosphäre entnommen wurde (z.B. durch DACCU). Wir halten es hingegen nicht per se für eine ausreichend verlässliche Maßnahme, um als Grundlage für Kohlenstoffgutschriften oder den Handel auf Kohlenstoffmärkten zu dienen. Für die bilanzielle Betrachtung müssen stringente Nachhaltigkeits- und Anrechnungskriterien unter einem sauberen Monitoring- und Compliancesystem erfüllt werden. Dieser Grundsatz gilt nicht nur für den Hauptprozess der CO_2-Nutzung, sondern auch für alle begleitenden Prozesse, wie Energiebereitstellung und Transport.

Konzepte für CCU-Prozessketten müssen eine langfristige CO_2-Bindung oder eine geschlossene Kreislaufführung sicherstellen. Wobei eine geschlossene Kreislaufführung heute noch nicht garantiert werden kann. Solche Konzepte sollten von der Industrie entwickelt und kritisch auf technische Umsetzbarkeit, Energieeffizienz und Lebenszyklusemissionen geprüft werden. Nur wenn der gesamte Lebenszyklus mit den Zielen der Klimaneutralität und ökologischen Nachhaltigkeit vereinbar ist, kann CCU einen sinnvollen Beitrag leisten.

8. CO_2-neutral ist nicht gleich THG-neutral. Häufig entstehen durch die Nutzung von CCU-Produkten weitere Kompensationsbedarfe anderer klimarelevanter Gase (z.B. im Flugverkehr durch Nicht-CO_2-Emissionen, bei der Nutzung chemischer Produkte wie Schmier- oder Reinigungsmittel oder durch Reifenabrieb), die zur Erreichung der THG-Neutralität ebenfalls kompensiert werden müssen.

CCU für den Flugverkehr



Klimaneutralität im Flugverkehr ist aufgrund des sehr hohen Energiebedarfs und der zusätzlichen Nicht-CO_2-Effekte besonders schwierig zu erreichen.[9] Ein direkter Umstieg auf Elektro- oder Wasserstoffantriebe ist insbesondere bei Langstreckenflügen technisch und physikalisch nicht realisierbar. Es setzt sich die Erkenntnis durch, dass klimaneutrales Fliegen nur durch einen Hochlauf von e-SAF (Electricity-based Sustainable Aviation Fuels) auf Basis erneuerbarer Energien erreicht werden kann. Bislang stehen hierfür jedoch weder größere Anlagen zur Verfügung, noch ist geklärt, in welcher Form die notwendigen erneuerbaren Energien bereitgestellt werden können. Auch über die Kohlenstoffquellen, die für die Synthese von e-SAF benötigt werden, besteht noch keine Einigkeit.

Voraussetzung ist, dass das von den Flugzeugen emittierte CO_2 in einen klimaneutralen Kreislauf überführt oder anderweitig kompensiert wird, was aus heutiger Sicht ohne den Einsatz von Direct Air Capture (DAC) nicht darstellbar ist. Bei der Nutzung von CO_2 aus fossilen industriellen Punktquellen wird das CO_2 bei der Anwendung im Flug in die Atmosphäre freigesetzt. Bilanziell wird damit der CO_2-Ausstoß lediglich halbiert (durch „Doppelnutzung"), eine Netto-Null wäre selbst bei den reinen CO_2-Emissionen noch weit entfernt. Zusätzlich zu berücksichtigen sind dazu die Nicht-CO_2-Effekte, die zwei Drittel des gesamten durch den Flugverkehr verursachten Treibhauseffekts ausmachen (insbesondere durch Kondensstreifen).

Letztlich müsste das CO_2 also entweder (1) direkt über DAC der Atmosphäre entnommen und dann in e-SAF umgewandelt werden oder (2), falls keine klimaneutralen CO_2-Quellen für die Kraftstoffherstellung verwendet wurden, nachträglich über DACCS (Direct Air Carbon Capture and Storage) ausgeglichen werden. In beiden Fällen müssten zusätzlich die Nicht-CO_2-Effekte durch DACCS kompensiert werden.

9. Eine gute Übersicht bietet atmosfair

Fazit

Wenn die genannten Leitprinzipien erfüllt sind, kann CO_2 theoretisch klimaneutral genutzt werden. Deutlich wird jedoch auch, dass es strenger Anforderungen bedarf, damit CCU nicht zu einem Schlupfloch wird. Die meisten Anwendungen von CCU sind weder per se als dauerhafte CO_2-Senke geeignet, noch können sie in vollem Umfang als Maßnahme zur CO_2-Minderung anerkannt werden. Abgesehen von der langfristigen und weniger energieintensiven Bindung in bspw. Baustoffen, sind nur wenige Produkte ohne weitere Maßnahmen für eine THG-neutrale Strategie geeignet. Bei einer möglichen Integration von CCU in das bestehende Emissionshandelssystem müsste einerseits sichergestellt sein, dass die im Lebenszyklus freigesetzten Emissionen tatsächlich bepreist werden - und andererseits, dass es keine Doppelbepreisungen gibt. Regulatorische Anreize müssen weiter zur Reduktion von Emissionen führen und dürfen Klimaschutzmaßnahmen nicht untergraben.

Trotzdem kann CCU in Zukunft ein Baustein für die klimaneutrale Bereitstellung von Kohlenstoff sein, beispielsweise für den Feedstockwechsel in der chemischen Industrie oder für die Herstellung von E-Kerosin für die Luftfahrt. Die Forschung und Entwicklung dieser Technologie kann, obwohl sie in Europa wohl nicht großskalig zum Einsatz kommen wird, dennoch hierzulande vorangetrieben werden. Da CCU aber mit erheblichen Energie-, Ressourcen- und Nachhaltigkeitsherausforderungen verbunden ist, sind Alternativen, etwa Elektrifizierungsstrategien, aber auch die Kohlenstoffbindung in natürlichen Senken grundsätzlich vorzuziehen.

CCU sollte jedoch nicht nur als technische Lösung für die Kohlenstoffproblematik betrachtet werden. Vielmehr bietet CCU einen Ansatzpunkt, um grundsätzliche Fragen zur Zukunft der Industrie, insbesondere der chemischen Industrie, in Deutschland zu diskutieren.[10] Der Pfad hin zu einer klimapolitisch sinnvollen Implementierung von CCU erfordert ein breites Umdenken hinsichtlich der Nutzung von Ressourcen, der Gestaltung von Produktionsprozessen und der Verantwortung der Industrie in einer klimaneutralen Wirtschaft.

10. Verpoort, P. C. et al., 2024, Transformation der engerieintensiven Industrie - Wettbewerbsfähigkeit durch strukturelle Anpassung und grüne Importe. Potsdam Institute for Climate Impact Research.

Kontakt

Luisa Keßler
Referentin Nachhaltige Wasserstoffwirtschaft
Bellona Deutschland gGmbH
luisa@bellona.org
+49 (0)152 0305 9785

Johanna Wiechen
Referentin für Transformation & Kreislaufwirtschaft
Germanwatch e.V.
wiechen@germanwatch.org
+49 (0)30 577132-860

Katharina Fey
Referentin für Carbon Management
NABU
katharina.fey@nabu.de
+49 (0)30 2849841607