

Standpunkt 22

Carbon Capture and Utilization



Carbon Capture and Utilization (CCU) – in deutscher Sprache die Abscheidung und Nutzbarmachung von Kohlenstoff – ist eine Technologie, bei der aus Wasserstoff und Kohlendioxid Methan oder weitere organische Grundchemikalien hergestellt werden. CCU wird zusammen mit Carbon Capture and Storage (CCS) – in deutscher Sprache die Abscheidung und Speicherung von Kohlenstoff – oft als ein Beitrag zur Lösung der Klimakrise behandelt.

Zum Thema CCS hat der BUND sich bereits deutlich positioniert: www.bund.net/klimawandel/ccs/. Diese Technologie hat viele problematische Folgen und dient immer wieder als Alibi für ein „Weiter so“ beim Einsatz von fossilen Brennstoffen und Technologien.

Hier soll eine Einschätzung zu Carbon Capture and Utilization (CCU) erfolgen. Oft wird auch von Power to Gas (PtG), Power to Liquid (PtL) oder Power to Chemicals (PtC) Technologien gesprochen, die mit der Abkürzung PtX zusammengefasst werden. Als Grundlage für die Technologie werden Wasserstoff und Kohlenstoff in der Regel in Form von Kohlendioxid benötigt. Wasserstoff wird aktuell fast ausschließlich aus Erdgas als Grundstoff für verschiedene chemische Prozesse hergestellt. Er basiert daher aktuell auf fossiler Technologie. Wasserstoff lässt sich aber auch unter hohem Energieeinsatz durch die Elektrolyse von Wasser mit elektrischem Strom erzeugen. Sofern dieser Strom ausschließlich aus erneuerbaren Quellen kommt, kann Wasserstoff auch zu den erneuerbaren Energieträgern gezählt werden. Dies ist aktuell aber nicht der Fall. Es ist aus wirtschaftlichen Gründen auch nicht absehbar, dass Wasserstoff in großen Mengen rein regenerativ erzeugt wird. Zudem wird beim Elektrolyseprozess nur rund 70 % der Energie in Form von Wasserstoff gespeichert. Der Rest ist Abwärme, die in der Regel ungenutzt bleibt. Damit ist die direkte Nutzung erneuerbarer elektrischer Energie nahezu immer effizienter als der Umweg über Wasserstoff.

Kohlendioxid kommt in Spuren von aktuell rund 0,0425 % (425 ppm) in der Atmosphäre vor. Es ist eine der wesentlichen Ursachen der anthropogenen Klimakrise. Kohlendioxid ist eine chemisch sehr stabile Verbindung. Dies hat zwei Folgen: Es verbleibt über Jahrhunderte in der Atmosphäre und für die Umwandlung in organische Chemika-

lien ist viel Energie erforderlich. Wenn Wasser durch Elektrolyse in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten wird und der Wasserstoff dann mit Kohlendioxid zu Methan – dem wesentlichen Bestandteil von Erdgas – umgewandelt wird, ist nur rund 60 % der eingesetzten Energie im erhaltenen Methan gebunden. Der Rest ist Abwärme. Dabei ist noch nicht berücksichtigt, dass für die Herstellung von reinem Wasser, beispielsweise durch Meerwasserentsalzung, und für die Aufkonzentration von Kohlendioxid ebenfalls große Energiemengen notwendig sind. Die Berechnungen beruhen oft darauf, dass Kohlendioxid direkt aus dem Abgasen von fossilen oder mit biogenen Brennstoffen betriebenen Verbrennungsanlagen, aber auch aus Zementwerken gewonnen wird. Dort ist es in niedrigen zweistelligen Prozentanteilen enthalten. Mittelfristig muss die Verbrennung von fossilen Rohstoffen aber enden, um die Klimaziele zu erreichen. Dann könnte Kohlendioxid nur noch direkt aus den sehr niedrigen Konzentrationen in der Luft gewonnen werden. Dies wird Direct Air Capture (DAC) genannt und ist deutlich energieintensiver als die Gewinnung aus Abgasen. In der Summe kann dies dazu führen, dass weniger als 10 % der eingesetzten Energie im durch CCU erzeugten Methan gebunden wird. Hinzu kommen weitere Umweltbelastungen durch die Produktionsanlagen, den Wasserverbrauch und beispielsweise die Einleitung einer salzhaltigen Sole aus der Meerwasserentsalzung. Falls man das Methan weiter zu flüssigen Kraftstoffen verarbeitet, wird nochmals deutlich mehr Energie benötigt.

Minderung der Rohstoffmengen und Emissionen

Um die Klimakrise zu beherrschen, braucht es eine radikale Minderung der Emissionen durch einen möglichst schnellen Ausstieg aus allen fossilen Rohstoffen. Dazu müssen durch die Reduktion des Konsums (Suffizienz), die Kreislaufführung von Stoffen (Konsistenz) und die möglichst effiziente Nutzung von Energie und Rohstoffen alle Minderungsmaßnahmen genutzt werden. Es macht keinen Sinn, ein „weiter so“ zu propagieren, das dann zu einer Vervielfachung des Energieverbrauchs durch fragwürdige Verfahren führt.

Nutzung in Verbrennungsanlagen ist unsinnig

Wenn man das erzeugte Methan oder andere organische PtX-Chemikalien wieder in Kraftwerken oder Motoren einsetzt, dann werden nur noch max. 60 % (in Kraftwerken) bzw. weniger als 40 % (in Verbrennungsmotoren) der im Methan enthaltenen Energie in mechanische Energie oder Strom umgewandelt, die übrige Energie fällt als Abwärme an. Von der ursprünglich eingesetzten Energie zur Erzeugung von Wasserstoff bleibt so am Ende über die gesamte Prozesskette oft weniger als 30 % nutzbar. Oft wird argumentiert, dass die erneuerbaren Energien durch Sonne und Wind so unbeständig sind und gleichzeitig Batterien Strom nur kurz und teuer speichern können, so dass Energie auch in chemischer Form gespeichert werden müsse, um die sogenannten Dunkelflauten zu überbrücken. Der BUND setzt zur Bewältigung der „Dunkelflaute“ auf den Leistungsausbau von Biogasanlagen ohne deren Menge zu steigern und auf Wasserstoffspeicher und dezentrale Wasserstoff-Kraftwerke. CCU ist hierfür nicht erforderlich.

Rohstoffe für die Produkte in einer postfossilen Welt

Der Klimawandel erfordert nicht nur den Verzicht auf fossile Rohstoffe für die Energieerzeugung, sondern auch den Ausstieg aus allen fossilen Rohstoffen als Grundlage für alle Produkte, die

wir herstellen. Dies umfasst nicht nur Produkte der chemischen Industrie, sondern auch Stahl oder Zement, für die bisher Kohlenstoff entweder als Reduktionsmittel gebraucht wird oder Kohlendioxid bei der Herstellung prozessbedingt entsteht. Als Rohstoffe für die chemische Industrie kommen in der postfossilen Welt grundsätzlich nur die folgenden Stoffgruppen in Frage:

- Recycling von gebrauchten Produkten oder
- Biologische Rohstoffe oder
- Ersatz von kohlenstoffbasierten Rohstoffen durch andere Stoffe wie Holz oder Metall oder
- Durch erneuerbare Energie hergestellte kohlenstoffbasierte Rohstoffe – also CCU.

Recycling von gebrauchten Produkten

Die Kreislaufführung muss sehr deutlich intensiviert werden. Von den genannten Rohstoffquellen ist das Recycling in den meisten Fällen die umweltverträglichste Rohstoffquelle. Die Verfahren sollten vom Chemikalien- und Produktdesign über die Nutzungsphase, die Rückführung und Sammlung bis hin zur Aufbereitung oder Wiederverwertung optimiert werden. Aus energetischen Gründen ist es dabei in der Regel umso besser, je mehr die chemischen oder physikalischen Strukturelemente erhalten bleiben. Auch Schadstoffgehalte und nicht mehr trennbare Verbundstoffe behindern das Recycling. Das Recycling lässt sich im Vergleich zu heute sehr deutlich steigern. Ein Recycling kann aber nicht zu 100 % erfolgen, da Produktqualitäten während des Lebenswegs abnehmen, Teile abnutzen oder verloren gehen und in Teilen auch kaum demonierbar sind – wie beispielsweise Lackierungen. Information hierzu finden sich beispielsweise in den BUND Positionen Nachhaltige Stoffpolitik, Ressourcen oder dem Hintergrund Plastik (siehe Literaturverzeichnis). Gleichwohl ist die Menge der aus gebrauchten Produkten herstellbaren Rohstoffe begrenzt und kann bei weitem nicht den Umfang der aktuell eingesetzten fossilen Rohstoffe in der chemischen Industrie ersetzen.

Biologische Rohstoffe

Biologische Rohstoffe stehen nur begrenzt zur Verfügung. Die Anbauflächen können ohne große Schäden nicht ausgeweitet werden, sondern müssen reduziert werden. Zusätzliche Flächen werden für den Erhalt der Natur benötigt. Biologische Rohstoffe können daher nur sehr eingeschränkt und in Kaskaden genutzt werden. Auch hier gilt, dass die Nutzung in der Regel umso umweltfreundlicher ist, je mehr die chemischen und physikalischen Strukturmerkmale erhalten bleiben. Siehe Position Bioökonomie des BUND. Auch die Verwendung biologischer Rohstoffe als Rohstoffbasis für die chemische Industrie stößt somit rasch an ihre Grenzen.

CCU

CCU ist - wie in den einleitenden Abschnitten bereits aufgeführt - eine sehr energieintensive Technologie, die zudem auch weitere Umweltbelastungen beinhalten kann. Eine Studie der chemischen Industrie kommt zu dem Schluss, dass allein für die Erzeugung der kohlenstoffbasierten Rohstoffe in einer postfossilen Welt eine Menge an elektrischer Energie benötigt wird, die in etwa dem gesamten derzeitigen jährlichen Energieverbrauch in Deutschland entspricht. Und dieser Strom müsste auch noch komplett regenerativ sein. Auch dies würde zu einer erheblichen Flächenkonkurrenz führen und ist kaum realisierbar, sofern eine Erzeugung des erforderlichen Stroms in Deutschland unterstellt wird.

Ohne Suffizienz geht es nicht

Die aufgezeigten Wege zu einer postfossilen Rohstoffversorgung machen deutlich: Ohne eine deutliche Minderung des stofflichen Konsums wird es nicht gehen. Recycling und biologische Grundstoffe sind wichtige Wege, können aber nicht den derzeitigen gesamten Rohstoffbedarf der chemischen Industrie decken. Daher ist der wichtigste Schritt eine deutliche Minderung des Rohstoffbedarfs. Der BUND fordert daher in seiner Position 74 Ressourcen eine Deckelung des Rohstoffbedarfs bei deutlich geringeren Zahlen als heute anstatt eines weiteren Wachstumspfad. Auch die Nationale Kreislaufwirt-

schaftsstrategie sieht eine Halbierung des Primärrohstoffbedarfs bis 2045 als Orientierungsziel vor.

Konzept für eine postfossile Rohstoffbasis

Die Rohstoffbasis von Kohlenwasserstoffen basiert bisher auf fossilen Rohstoffen wie Kohle, Öl oder Erdgas. Auf die Nutzung dieser Rohstoffe wurde die (chemische) Industrie in den mehr als 150 Jahren seit dem Beginn der Industrialisierung optimiert. In der chemischen Industrie entstand die Koppelproduktion, in der Reststoffe aus einer Anlage in einem anderen Prozess weitergenutzt werden. Diese Koppelproduktion ist grundsätzlich ressourcensparend, ist aber heute auch ein Innovationshemmnis geworden. Die Konzepte der chemischen Industrie zielen bisher nur darauf ab, die öl- und gasbasierten Rohstoffe durch andere zu ersetzen, anstatt die ganze Koppelproduktion neu zu konzipieren und zu entwickeln. Wir brauchen hier aber einen Innovationsschub, um eine nachhaltige regenerative Rohstoffbasis für die trotz Suffizienz, Konsistenz und Effizienz nach wie vor notwendigen Produkte zu entwickeln.

CCU wird in diesem Zukunftskonzept einen Beitrag leisten. Doch die Rohstoffbasis muss deutlich reduziert werden.

CCU ist keine Lösung für Energieprobleme

CCU ist jedoch keinesfalls geeignet, um die Energieprobleme zu lösen. Dazu sind die Umweltbelastungen zu hoch und der Energiebedarf viel zu groß. Doch genau dafür wird CCU derzeit genutzt. Einige Akteure wollen uns vorgaukeln, dass über CCU der Verbrennungsmotor eine Zukunftsoption hat. Dies ist nicht der Fall. CCU ist viel weniger effizient als die direkte Nutzung regenerativer elektrischer Energie. CCU wird hier nur als Feigenblatt verwendet, um die überholte und umweltschädliche Verbrenner-Technologie noch weiter betreiben zu können.

Zusammenfassung:

- CCU führt zu einem großen Energieverbrauch und weiteren Umweltbelastungen
- CCU ist nicht für den energetischen Einsatz geeignet, da die direkte Nutzung von regenerativem Strom deutlich effizienter ist.
- CCU eignet sich nicht als Energiespeicher. Andere Energiespeicher sind deutlich effizienter als CCU. Falls Energie chemisch gespeichert werden soll, dann ist Wasserstoff ein deutlich effizienterer Energiespeicher als das aus Wasserstoff hergestellte Methan.
- CCU kann die Rohstoffbasis der (chemischen) Industrie im heutigen Umfang nicht ersetzen. Es braucht Suffizienz, Konsistenz und Effizienz, um den Rohstoffbedarf deutlich zu reduzieren.
- Die kohlenstoffbasierte stoffliche Rohstoffbasis der (chemischen) Industrie muss bei deutlich reduzierten Rohstoffmengen auf Basis von regenerativen Energien neu gedacht und entwickelt werden. CCU wird dabei eine Rolle spielen.

tungen transportiert werden. Falls es zu DAC kommen sollte, sind diese Anlagen sinnvoll direkt bei den CCU-Anlagen zu errichten. Methan und weitere Erzeugnisse aus CCU können in bestehender Infrastruktur gut transportiert werden.

Nachtrag: Infrastruktur für CCS und CCU

Für CCS, das vom BUND als Technologie abgelehnt wird, bräuchte es eine umfangreiche Infrastruktur. Hierzu müsste Kohlendioxid an vielen noch fossilen Quellen gesammelt und dann zu den Lagerstätten für CCS transportiert werden. Insgeheim verfolgen die Befürworter von CCS in der aktuellen Debatte das Ziel, fossile Anlagen weiter betreiben zu können.

CCU im oben aufgezeigten Umfang als postfossile Rohstoffbasis für die chemische Industrie braucht deutlich weniger Infrastruktur und diese nur, solange es noch fossile Verbrennungsanlagen gibt. In der postfossilen Welt beschränken sich die Kohlendioxid-Quellen im Wesentlichen auf die Verbrennung von Biomasse und nicht mehr verwertbaren Abfällen sowie die Zementherstellung. Fossile Brennstoffe werden nicht mehr eingesetzt. Die Abfälle können ebenso wie der regenerative Strom mit bestehender Infrastruktur zu den CCU-Anlagen gebracht werden (Schiffe, Eisenbahn, Stromleitungen). Auf diese Weise müsste kein Kohlendioxid durch Fernlei-

Weiterführende Literatur

Große Ophoff, Markus; Steinhäuser, Klaus Günther; Ahrens, Ralph; Brunn, Hubertus, Cohors-Fresenborg, Dieter; Schneidewind, Uwe; Friege, Henning; von Gleich, Armin; Scholl, Eva; Cameron, Patricia; Fernandez, Manuel; Jacobs, Benedikt; Korduan, Janine; Körner, Wolfgang; Kuhlmann, Janna; Kümmerer, Klaus; Lips, Stefan; Molthan, Volker; „Herausforderungen für eine nachhaltige Stoffpolitik – Notwendigkeit einer Transformation im globalen Kontext“, 2. überarbeitete Auflage, Arbeitskreis Umweltchemikalien Toxikologie des wissenschaftlichen Beirats im Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V., Berlin 2023
[www.bund.net/service/publikationen/detail/publication/ herausforderungen-fuer-eine-nachhaltige-stoffpolitik-1/](http://www.bund.net/service/publikationen/detail/publication/herausforderungen-fuer-eine-nachhaltige-stoffpolitik-1/)

Arnold, Gottfried; Bittmann, Eva; Brunn, Hubertus; Große Ophoff, Markus; Korduan, Janine; Körner, Wolfgang; Lips, Stefan; Rippen, Gerd; Steinhäuser, Klaus; BUND-Hintergrund „Plastik – Radikales Umdenken nötig“; Arbeitskreis Umweltchemikalien Toxikologie des wissenschaftlichen Beirats im Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V., Berlin 2025

BUND-Position 74 „Ressourcenschutz heißt drastische Verringerung des Ressourcenverbrauchs“; Bundesarbeitskreis Abfall und Rohstoffe des wissenschaftlichen Beirats im Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V., Berlin 2023

Spangenberg, Joachim; BUND-Position 79 „Bioökonomie“, Wissenschaftlicher Beirat im Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V., Berlin 2025

Steinhäuser, Klaus; Große Ophoff, Markus; „The Need for Change: A Roadmap for the Sustainable Transformation of the Chemical Industry“, Sustainable Chemistry 6(2):16, 2025, www.mdpi.com/2673-4079/6/2/16

Bernhard Weißling, „Alles andere als nachhaltig: CCS und CCU erfordern gigantische Energiemengen“ pv-magazine, Berlin, 2024, www.pv-magazine.de/2024/05/15/alles-andere-als-nachhaltig-ccs-und-ccu-erfordern-gigantische-energiemengen/

Valero, A., et al. (2018). „Material bottlenecks in the future development of green technologies.“ Renewable and Sustainable Energy Reviews 93: 178-200.
doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.041

Torres, C., et al. (2026). „Squaring the circle of the circular economy. The need to properly account for scarcity to guide mineral resource management.“ Ecological Economics 240: 108817.
doi.org/10.1016/j.ecolecon.2025.108817

Gabrielli, P., et al. (2023). „Net-zero emissions chemical industry in a world of limited resources.“ One Earth 6(6): 682-704.
doi.org/10.1016/j.oneear.2023.05.006

Publikationen des Wissenschaftlichen Beirates

Position		Standpunkt	
79 Bioökonomie	2025	21 Agroforstsysteme – Gehölze in der Agrarlandschaft	2025
78 Flächenkonkurrenz in Deutschland	2025	20 Wölfe und Weidetiere: Nebeneinander statt Gegeneinander	2024
77 Gentechnik in Landwirtschaft und Naturschutz	2025	19 Wärmewende und Wärmeplanung	2024
76 Klärschlamm – Nährstoffquelle und Schadstoffsenke	2023	18 Energetische Nutzung von Holz	2024
75 Geoengineering oder ökologischer Klimaschutz	2023	17 Weidehaltung und grünlandbasierte Produktion heimischer Futtermittel	2023
74 Ressourcenschutz = drastische Verringerung des Ressourcenverbrauchs	2023	16 CCS: Falsche Weichenstellung verhindern!	2023
73 Zukunftsfähige Landwirtschaft – umweltverträglich, tiergerecht, sozial	2022	15 Wasserstoffstrategie	2022
72 Freiflächen-Solaranlagen	2022	14 Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen	2022
71 Meeres- und Küstennaturschutz der Nord- und Ostsee	2021	13 Fangverbot für den Europäischen Aal jetzt notwendig	2022
70 Arzneimittel in der Umwelt	2020	12 Unterwasserlärm – Gefahr für Lebewesen im Meer	2021
69 Herausforderungen für eine nachhaltige Stoffpolitik (2. Auflage)	2023	11 Mikroschadstoff-Strategie	2017
68 Strom und Wärme aus Tiefengeothermie	2019	10 Stromeinsatz zu Heizwecken	2016
67 Tiefseebergbau	2018	09 Kernforderungen zur Novellierung des Bergrechts	2015
66 Konzept für eine zukunftsfähige Energieversorgung	2017	08 Kraft-Wärme-Kopplung	2015
65 Ökonomische Bewertung und Instrumente im Natur- und Biodiversitätsschutz	2015	07 Neobittoa	2015
64 Klimagerechtigkeit	aktualisiert 2019		
63 Energieeffizienz im Wärme- und Strombereich	2015		
Hintergrund			
Plastik – Radikales Umdenken nötig	2025		
Heimischer Bergbau	2025		
„Bio“-Kunststoffe	2022		
Fluorchemikalien: Langlebig, gefährlich, vermeidbar	2021		
Hochwasserschutz fängt bei den Böden an	2021		
Ausbau Windenergie – Folgen für Meeres- und Küstennaturschutz	2021		
Nachhaltige Stoffpolitik zum Schutz von Klima und Biodiversität	2021		
Grundlagen und Konzepte einer Energiewende 2050	2015		
Ressourcenschutz	2015		



Eine Übersicht der BUND-Positionen finden Sie unter:
www.bund.net/ueber-uns/organisation/wissenschaftlicher-beirat



Eine Übersicht aller Publikationen des BUND finden Sie unter:
www.bund.net/service/publikationen

Der BUND steht für Fakten

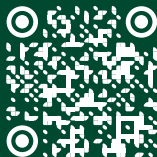
Hunderte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erarbeiten die fundierten Positionen des BUND – unbestechlich und ehrenamtlich. Sie sind in Arbeitskreisen und dem wissenschaftlichen Beirat organisiert und geben drei Publikationsreihen heraus:

Die **Position** legt die Bewertung des BUND zu einem Thema dar, begründet es wissenschaftlich und leitet fundierte und konkrete, umsetzbare Forderungen ab.

Der **Hintergrund** ergänzt die Position mit aktuellen Fakten und Beispielen.

Der **Standpunkt** dient der Positionierung und Präzisierung zu einem aktuellen Thema. Er will Debatten in Verband und in der Öffentlichkeit initiieren und vertiefen.

Unterstützen Sie
unsere Arbeit:
[www.bund.net/
unterstuetzen](http://www.bund.net/unterstuetzen)



Impressum

Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e. V. (BUND)
Bundesgeschäftsstelle
Kaiserin-Augusta-Allee 5 | 10553 Berlin
Tel. +49 30 27586-40 | bund@bund.net
Vorstandsvorsitz: Olaf Bandt | V. i. S. d. P.: Nicole Anton
Autor: Markus Große-Ophoff | Mitwirkende: Monika Dittrich,
Janine Korduan, Fritz Mielert, Joachim Spangenberg

März 2026 | www.bund.net

