

Carbon Capture, Utilisation and Storage (CCUS)

Anforderungen der deutschen Industrie an die Nutzung von Kohlenstoff im Kreislauf

Executive Summary

15. April 2021

Die Europäische Union hat sich ein ehrgeiziges Ziel gesetzt: Bis 2050 soll Europa „klimaneutral“ werden. Damit diese Ziele umsetzbar werden, müssen alle Technologieoptionen zur Treibhausgasminde- rung transparent offengelegt und diskutiert werden.

Neben Technologien zur direkten Vermeidung von Treibhausgasemissionen – wie etwa dem Ausbau und der Nutzung von erneuerbaren Energien, klimaneutralem Wasserstoff und einer Erhöhung der Energieeffizienz – braucht es auch eine Debatte um die Abscheidung, Nutzung und Speicherung von CO₂.

Die Erkenntnis, dass die Nutzung von Carbon-Capture-Utilisation-and-Storage-Technologien (CCUS) Teil einer Gesamtstrategie sein muss, um die 2050 Klimaziele zu erreichen, wird ebenfalls von anderen Studien und Organisationen – wie der Internationalen Energieagentur und dem Weltklimarat (IPCC) – geteilt. Auch die Bundesregierung hat die Abscheidung und Nutzung von Kohlenstoff in ihrem Klima- schutzprogramm 2030 als Forschungs- und Innovationsagenda aufgegriffen.

Insbesondere am Industriestandort Deutschland ist die Debatte um diese Technologien unabdingbar. Denn in einigen Industrien, insbesondere in Teilen der Grundstoffindustrie, entstehen Prozessemissi- onen, für die noch keine realistischen Alternativen zur CO₂-Vermeidung verfügbar sind. Auch bei der Herstellung des „blauen“ bzw. „türkisenen“ Wasserstoffs wird eine Strategie benötigt, wie Kohlenstoff intelligent im Kreislauf geführt werden kann.

Die Nutzung von Kohlenstoffkreisläufen oder Speicherung von CO₂ sollte in Ergänzung zu den oben genannten treibhausgasmindernden Technologien im Kontext des Klimaneutralitätsziels sowie im Kon- text der nationalen und europäischen Wasserstoffstrategie geführt werden und die Sektorenkopplung voranbringen.

Damit die Nutzung von Technologien zur Abscheidung, Nutzung und Speicherung von CO₂ für Unter- nehmen umsetzbar wird, spricht sich der BDI für folgende Handlungsempfehlungen aus:

- 1. Möglichkeiten schaffen, die nachhaltige Nutzung und Speicherung von CO₂ anrechenbar zu machen**
- 2. Einführung einer (internationalen) Standardisierung einer Life-Cycle-Analyse für Kohlenstoffkreisläufe**
- 3. Investitionen und Planung von Wasserstoff- und CCUS- Projekten erleichtern**
- 4. Wertschöpfungsgemeinschaften und industrielle Symbiosen schaffen**
- 5. Aufbau einer regionalen und grenzüberschreitenden Infrastruktur**
- 6. Europäische und internationale Zusammenarbeit stärken**
- 7. Maßnahmen zur Erhöhung von Transparenz und öffentlicher Akzeptanz**

Inhaltsverzeichnis

Executive Summary	1
Einleitung	4
1. Möglichkeiten schaffen, die nachhaltige Nutzung und Speicherung von CO ₂ anrechenbar zu machen	7
2. Standardisierung einer Life-Cycle-Analyse für Kohlenstoffkreisläufe	8
3. Investitionen und Planung von Wasserstoff- und CCUS-Projekten erleichtern	8
4. Wertschöpfungsgemeinschaften und industrielle Symbiosen schaffen	8
5. Einführung eines regulatorischen Rahmens für eine regionale und grenzüberschreitende Infrastruktur	8
6. Europäische und internationale Zusammenarbeit stärken	9
7. Maßnahmen zur Erhöhung von Transparenz und öffentlicher Akzeptanz	9
Im Einzelnen.....	9
Kapitel 1: Der Nutzen von effizienten Kohlenstoffkreisläufen / CO ₂ als Rohstoff	9
Kapitel 2: Wertschöpfungsgemeinschaften und industrielle Symbiosen schaffen	12
Kapitel 3: Standortbedingungen für die Einlagerung von CO ₂ und Aufbau einer CO ₂ -Infrastruktur	12
Kapitel 4: Regulatorische Hürden	15
Kapitel 5: Investitionen und Förderprogramme	17
Kapitel 6: Öffentliche und politische Akzeptanz	20
Impressum	21

Einleitung

Warum es eine neue Debatte um das Thema CCUS braucht

Die Debatte um das Thema „**Carbon Capture, Utilisation and Storage**“ (**CCUS**) ist in Deutschland kaum präsent. Seit der Umsetzung der europäischen Richtlinie über die geologische Speicherung von CO₂ (2009/31/EG) in nationales Recht (CO₂-Gesetz) im Jahr 2012, wurde die Thematik kaum noch aufgegriffen.

Im Zuge der Zielsetzung des European Green Deals, bis 2050 „klimaneutral“ zu werden, und im Kontext der Veröffentlichung einer nationalen und europäischen Wasserstoffstrategie, fordert der BDI eine neue Debatte um das Thema Abscheidung, Nutzung und Speicherung von CO₂ (CCUS). Die Nutzung von Kohlenstoffkreisläufen und die Einlagerung von CO₂ gehören zu den wenigen Technologieoptionen, die sich den übergeordneten Begriff *CO₂-Senken* zuordnen.¹

Treibhausgasneutralität besteht, wenn eine Balance zwischen inländischen, anthropogenen Treibhausgasen und natürlichen (Wälder, Moore) sowie technischen Senken (Einlagerung in Gesteinsformationen) plus internationaler Minderungen (gemäß Artikel 6 des Pariser Klimaabkommens) erreicht ist.²

Der BDI zeigt in seiner Studie „Klimapfade für Deutschland“ von 2018³ bereits Wege auf, wie sich die politisch gesetzten Klimaziele realistisch erreichen lassen. Die Erreichung der Klimaschutzziele in Deutschland, insbesondere der klimaneutrale Umbau des Industriestandortes Deutschlands, erfordert eine Betrachtung aller technologischen Optionen. Dazu bedarf es einer Umstellung großtechnischer Verfahren, die mit massiven Investitionen verbunden sind. Der Aufbau einer breit angelegten und wirtschaftlichen klimaneutralen Wasserstoffproduktion ist dabei ebenso, neben einer Elektrifizierung von industriellen Prozessen, von zentraler Bedeutung.

Die BDI-„Klimapfade“-Studie zeigt, dass für das Erreichen des 95-Prozent-Pfades bis 2050 mindestens eine Menge von 35 MtCO₂ aus industriellen Prozessemissionen fest eingelagert werden müssten. Insbesondere in der Grundstoffindustrie fallen Prozessemissionen an, die sich mit den heute verfügbaren Technologien nicht vermeiden lassen. Prozessemissionen machen rund 29 Prozent der Gesamtemissionen aus.⁴ Im 95-Prozent-Szenario der BDI-„Klimapfade“-Studie wird neben der Einlagerung

¹ Hierbei muss berücksichtigt werden, dass CCU die Rohstoffbasis chemischer Prozesse erweitert und gesamtsystemisch zu Treibhausgasminderung beitragen kann. Allerdings befindet sich das CO₂ bei stofflicher Anwendung nachwievor in gebundener Form in der Atmosphäre.

² a) Nach **Bundes-Klimaschutzgesetz** §2 Nr. 9 KSG: „Netto-Treibhausgasneutralität: Das Gleichgewicht zwischen den anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen aus Quellen und dem Abbau solcher Gase durch Senken.“

b) Pariser Klimaabkommen, Artikel 4: „Erreichen des in Artikel 2 genannten langfristigen Temperaturziels sind die Vertragsparteien bestrebt, so bald wie möglich den weltweiten Scheitelpunkt der Emissionen von Treibhausgasen zu erreichen, wobei anerkannt wird, dass der zeitliche Rahmen für das Erreichen des Scheitelpunkts bei den Vertragsparteien, die Entwicklungsländer sind, größer sein wird, und danach rasche Reduktionen im Einklang mit den besten verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnissen herbeizuführen, um in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts ein Gleichgewicht zwischen den anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen aus Quellen und dem Abbau solcher Gase durch Senken auf der Grundlage der Gerechtigkeit und im Rahmen der nachhaltigen Entwicklung und der Bemühungen zur Beseitigung der Armut herzustellen.“

⁴ VDMA, Boston Consulting Group: „Grüne Technologien für grünes Geschäft“, 2020, <https://media-publications.bcg.com/BCG-German-For-Machinery-Makers-Green-Tech-Creates-Green-Business-2020-07-14.pdf>.

von Prozessemissionen eine Speicherung von weiteren 38 MtCO₂ energiebedingte Emissionen angenommen, sodass sich die gesamte CO₂-Vermeidung durch CCS-Technologien über alle Sektoren hinweg auf ungefähr 93 MtCO₂ beläuft⁵. (Vgl. S. 154)

Neben der festen Einlagerung von CO₂ (Carbon Capture and Storage, CCS) ist die Wiederverwertung von CO₂ (Carbon Capture and Utilisation, CCU) Teil der Debatte und hat großes Potenzial, durch die Einführung in ein Kohlenstoffkreislaufsystem, einen weiteren Nutzen für anfallende Emissionen zu schaffen. Denn CO₂ wird innerhalb vieler industrieller Prozesse als Rohstoff verwendet.

Die Erkenntnis, dass die Nutzung von CCUS -Technologien Teil einer Gesamtstrategie sein muss, um die 2050 Klimaziele zu erreichen, wird ebenfalls von anderen Studien und Organisationen geteilt, wie etwa dem Zwei-Grad-Szenario der Internationalen Energieagentur (IEA)⁶. Das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) hat bereits 2005 einen Sonderbericht⁷ zu CCS veröffentlicht und seither auch in seinen Sachstandsberichten die Rolle von CCS in vielen der Klimaszenarien, die eine Begrenzung einer 2°C-Erwärmung ermöglichen könnten, berücksichtigt.

Die Bundesregierung hat die Abscheidung und Nutzung von CO₂ in ihrem Klimaschutzprogramm 2030 als Forschungs- und Innovationsagenda aufgegriffen.⁸ Dabei stehen vor allem unvermeidbare Treibhausgasemissionen aus Industrieprozessen und die Förderung einer CO₂-neutralen Kohlenstoffkreislaufwirtschaft im Blickpunkt.

Die Abscheidung, Nutzung und Speicherung von Kohlenstoff als Bestandteil einer „Energiewende 2.0“

Die Anwendung von CCUS-Technologien muss **zusätzlich** neben direkten Emissionsminderungsmaßnahmen wie etwa dem **Ausbau Erneuerbarer Energien** und **einer Verbesserung der Energieeffizienz** pragmatisch betrachtet und angewandt werden. **Direkte Emissionsminderungsmaßnahmen sind in der Regel vorzuziehen, insbesondere dann, wenn sie niedrigere CO₂- Vermeidungskosten aufweisen.** Neben der Anwendung von CCUS-Technologien bei **industriellen Prozessemissionen** (1), muss im Kontext der Entwicklung einer **nationalen und europäischen Wasserstoffstrategie** (2) unmittelbar die Debatte über CCUS-Technologien neu aufgenommen werden.

Bisher bestand die in Deutschland und Europa vollzogene Energiewende präziser beschrieben aus einer „Stromwende“, da der Ausbau Erneuerbarer Energien größtenteils zu einer CO₂-Minderung im Stromsektor beigetragen hat. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass mehr als zwei Drittel des Gesamtenergieverbrauchs aus der Nutzung von Brennstoffen (Molekülen) besteht.⁹

⁵ Hinweis: Seit 2018 hat sich das Zahlengefüge durchaus verschoben: Einige Branchen haben sich für einen Strategiewechsel entschieden und nehmen nun einen höheren Anteil an Emissionsminderung, beispielweise durch die Nutzung von Wasserstoff, an, was einen geringeren Bedarf an CCS zur Folge hat.

⁶ IEA: „Sustainable Development Scenario“, <https://www.iea.org/reports/world-energy-model/sustainable-development-scenario>.

⁷ IPCC: “Special Report: Carbon Dioxid Capture and Storage”, 2005, <https://www.ipcc.ch/report/carbon-dioxide-capture-and-storage/>.

⁸ Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/1679914/e01d6bd855f09bf05cf7498e06d0a3ff/2019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf?download=1>.

⁹ Vgl. BMWi: Energiedaten: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamtausgabe.html>.

Der Einzug in eine nächste Stufe der Energiewende (**Energiewende 2.0**) bedarf daher einer „Zwei-Energieträger-Welt“. Neben der Bereitstellung von Grünstrom braucht es ebenso eine Anwendung treibhausgasarm erzeugter stofflicher Energieträger, wie etwa **Wasserstoff** und **synthetische Kraftstoffe** nicht-biogenen Ursprungs¹⁰. Für eine flächendeckende Anwendung von Wasserstofftechnologien in der Industrie werden die Mengen an grünem Wasserstoff, die sich inländisch produzieren lassen, bei Weitem nicht ausreichen. Dies verdeutlicht auch eine 2019 erschienene Studie des Verbands der chemischen Industrie (VCI)¹¹, die eine erhebliche Stromlücke bei einer flächendeckenden Produktion von grünem Wasserstoff in Deutschland identifiziert, da nicht ausreichend Erneuerbaren-Energien-Kapazitäten in Deutschland zur Verfügung stehen.

Um den Bedarf an Wasserstoff für die gesamte Industrie decken zu können und gleichzeitig einen kosteneffektiven Markthochlauf einer Wasserstoffwirtschaft zu ermöglichen, braucht es neben einer Importstrategie von grünem Wasserstoff auch die Anwendung alternativer treibhausgasarmer Erzeugungsoptionen für Wasserstoff (z. B. Erdgasreformierung mit CCUS (blauer Wasserstoff), Biogasreformierung, perspektivisch Methanpyrolyse (türkischer Wasserstoff) u. a.). Dies verdeutlicht: für die Phase eines möglichen schnellen und kosteneffizienten Markthochlaufes für Wasserstoff, und um die Bedarfe der gesamten Industrie kurzfristig decken zu können, braucht es einen technologieoffenen Ansatz. Die Anwendung des blauen und türkisen Wasserstoffes kann maßgeblich zur Wasserstoff- und CO₂-Infrastrukturentwicklung beitragen.

Folglich muss im Zuge dieser Erkenntnis parallel auch eine Debatte um die weitere Verwertung des beim blauen Wasserstoff abgespalteten Kohlendioxids einhergehen. Neben der Speicherung von CO₂ ergeben sich verschiedenste Nutzungsoptionen zur Erschließung von Kohlenstoffkreisläufen. Die deutsche Industrie verfügt schon über eine Vielzahl intelligenter Pilotprojekte im Bereich CCU, wie beispielsweise die Herstellung von synthetischen Kraftstoffen sowie die Herstellung von Düngemitteln oder weiteren Produkten aus der direkten stofflichen Nutzung von Kohlenstoff. In einigen Industrieprozessen (z. B. bei der Ammoniakherstellung oder der Erdgasaufbereitung) wird die Abscheidung von CO₂-Emissionen schon heute praktiziert.

Die Errichtung eines Kohlenstoff-Kreislaufes durch die Nutzung von CO₂ in Kombination mit Wasserstoff hat hohes Potenzial für die Schaffung eines neuen Marktes, da zahlreiche „Matching-Optionen“ zwischen Industriezweigen bestehen. Es können **Symbiosen** zwischen verschiedenen Industriezweigen hergestellt werden: In einigen Branchen fallen unvermeidbare CO₂-Mengen bzw. industrielle Prozessemissionen an, andere Industriebranchen benötigen CO₂ für die stoffliche Nutzung und Weiterverwertung.

Für den Aufbau eines Kohlenstoffkreislaufes und einer effizienten Kohlenstoffwirtschaft muss laut BDI-Klimapfadestudie möglichst bald (bis spätestens 2030) mit der Errichtung einer **CO₂-Infrastruktur** begonnen werden, um zeitlich auf einem realistischen Pfad in Richtung „Klimaneutralität 2050“ zu bleiben. Heute bestehen zwar vereinzelte Regelungen für CCUS-Technologien – wie etwa das „Kohlenstoffspeicherungsgesetz“ und einzelne Regelungen innerhalb der ETS Monitoring-Verordnung – sowie Regelungen im Abfallrecht und im Bergrecht. Allerdings zeigt sich der regulatorische Rahmen, insbesondere beim Thema CCU sowie beim grenzüberschreitenden Transport von CO₂ eher fragmentiert bzw. ist nicht existent.

¹⁰ Im weiteren Verlauf des Diskussionspapiers werden „**synthetische Kraftstoffe nicht-biogenen Ursprungs**“ noch verkürzt als „synthetische Kraftstoffe“ bezeichnet. Biokraftstoffe sind ausdrücklich nicht Gegenstand dieses Papiers.

¹¹ Verband der chemischen Industrie (VCI): „Roadmap Chemie 2050 - Auf dem Weg zu einer treibhausgasneutralen chemischen Industrie in Deutschland“, 2019, <https://www.vci.de/services/publikationen/broschueren-faltblaetter/vci-dechema-futurecamp-studie-roadmap-2050-treibhausgasneutralitaet-chemieindustrie-deutschland-langfassung.jsp>.

Zu den größten Hürden für eine flächendeckende Anwendung von CCUS-Technologien zählen vor allem:

- eine fehlende bzw. unzureichende Infrastruktur für den Transport von CO₂,
- eine fehlende Rechtssicherheit, um Punktquellen mit Nutzungs- und Speicherstätten zu verbinden,
- die fehlende Verfügbarkeit preiswerten erneuerbaren Stroms, da es sich hierbei um sehr energieintensive Prozesse handelt,
- die Marktreife bzw. der frühe Entwicklungsstand der Technologien (im Bereich CCU- Technologien)
- Unklarheit über die Anrechenbarkeit von CCU gegenüber dem ETS
- Fehlende Akzeptanz für die Speicherung von CO₂

Für eine rechtzeitige Errichtung eines funktionierenden CCUS-Netzwerkes braucht es neben dem Aufbau einer Infrastruktur kohärente regulatorische Rahmenbedingungen, die für Unternehmen planbare Anreize schaffen, in solche Projekte zu investieren. Gleichzeitig müssen Innovation und Forschung vorangetrieben werden. Darüber hinaus bedarf es einer einschlägigen internationalen Kooperation auf diesem Feld.

Im Idealfall sollte der gesetzliche Rahmen echte Anreize für Unternehmen schaffen, aus der Abscheidung, Nutzung und Einlagerung von CO₂ neue attraktive Geschäftsideen zu entwickeln.

Aus diesem Grund fordert der BDI vor allem:

1. Möglichkeiten schaffen, die nachhaltige Nutzung und Speicherung von CO₂ anrechenbar zu machen

- Damit die Anwendung von CCUS- Technologien wirtschaftlich attraktiv wird, sollten Möglichkeiten erörtert werden, wie Unternehmen das vermiedene CO₂ auf ihre Klimaziele anrechnen lassen können. Während CCS-Technologien im ETS in engem Rahmen berücksichtigt werden, erscheint das legislative Umfeld für CCU-Technologien eher komplex.
- Unter diesem Gesichtspunkt sollte der bestehende regulatorische Rahmen untersucht werden und ein funktionierender Mechanismus zur Anrechenbarkeit von CO₂ in Kohlenstoffkreisläufen geschaffen werden. Es sollte beispielsweise geprüft werden, ob das für CCU-Zwecke weitergeleitete CO₂ von den Abgabeverpflichtungen im EU-ETS abgezogen werden kann.
- Zur Schaffung von Anreizen gehört auch eine Mehrfachanrechnung in Verbindung mit CCU erzeugten synthetischen Kraftstoffen auf die Erneuerbaren-Energien-Ziele im Rahmen der nationalen Implementierung der RED II und eine freiwillige Anrechenbarkeit von in Verbindung mit CCU erzeugten CO₂-neutralen Kraftstoffen in der EU-Flottenregulierung bei Pkw, leichten und schweren Nutzfahrzeugen.

2. Standardisierung einer Life-Cycle-Analyse für Kohlenstoffkreisläufe

- Um eine Anrechenbarkeit bei der Einlagerung und Weiterverwertung von CO₂ zu ermöglichen, sollten (international) standardisierte Prozesse einer Life-Cycle-Analyse für Kohlenstoffkreisläufe entwickelt werden. Dabei muss die Herkunft der CO₂-Moleküle transparent nachvollziehbar sein. Für die Etablierung eines gut funktionierenden und transparenten Kohlenstoffkreislaufes und einer Offenlegung der Herkunft des CO₂ könnte ein Herkunftsnachweismechanismus für CO₂ ein nützliches Tool zur transparenten Darlegung sein.

3. Investitionen und Planung von Wasserstoff- und CCUS-Projekten erleichtern

- In Zukunft werden vor allem die hohen Investitionskosten eine große Barriere für CCUS-Projekte bilden. Neben der Fortführung und einem Ausbau an Forschungsförderprogrammen sollten diese Technologien im Rahmen der europäischen Sustainable Finance Strategie auch als förderfähig eingestuft werden.
- Die Kriterien innerhalb bestehender und zukünftigen Förderrichtlinien sollten möglichst technologieoffen gestaltet werden. Förderprogramme sollten insbesondere auf integrierte Systeme abzielen und verschiedene Technical Readiness Level (TLR) einbeziehen. Auch Optionen digitaler Innovationen, die u.a. zu Effizienzsteigerung beitragen können, sollten in die Forschungsprojekte miteinbezogen werden.
- Investitionsanreize müssen vor allem langfristig gelten. Die Industrie benötigt eine langfristige, parteiübergreifende Zusicherung, dass in Deutschland international konkurrenzfähige Energiekosten für die energieintensiven Grundstoffindustrien sichergestellt werden.

4. Wertschöpfungsgemeinschaften und industrielle Symbiosen schaffen

- Für eine kosten- und ressourceneffiziente Nutzung von Kohlenstoffkreisläufen müssen vor allem sektorübergreifende Lösungen entlang einer CO₂-basierten Wertschöpfungskette in Form von Cluster-Lösungen geschaffen werden. Unter einer Wertschöpfungsgemeinschaft versteht man vor allem Unternehmenskooperationen entlang einer Prozesskette. Auf diese Weise können z. B. Abfallströme des einen Unternehmens von weiteren Unternehmen genutzt werden, um diese als Rohstoff für eine erneute Wertschöpfung einzusetzen. Diese Art von Symbiose oder „Matchmaking“ zwischen Sektoren und Unternehmen bietet eine hervorragende Grundlage für die Entstehung eines CO₂-Marktes.

5. Einführung eines regulatorischen Rahmens für eine regionale und grenzüberschreitende Infrastruktur

- Für das Entstehen und den Ausbau eines Kohlenstoffkreislaufes und -marktes oder auch für den Transport zu den Speicherstätten bedarf es zum schnellst möglichen Zeitpunkt einer entsprechenden regionalen und grenzüberschreitenden Infrastruktur für den Transport von CO₂. Für den Aufbau solch einer Infrastruktur muss diskutiert werden, wie die entsprechenden Investitionen generiert werden können und nach welchen Regelungen diese Infrastruktur betrieben werden soll. Dabei sollte auch betrachtet werden, inwiefern diese Infrastruktur unter der EU ETS Monitoring Verordnung berücksichtigt wird. Der Transport von CO₂ mit Schiffen (oder anderen Transportmitteln an Land, außer Pipelines) ist bislang nicht ausreichend geregelt.

6. Europäische und internationale Zusammenarbeit stärken

- Der Aufbau einer Kohlenstoffkreislaufwirtschaft und des entsprechenden regulatorischen Rahmens sowie der Aufbau einer entsprechenden Infrastruktur sollte unbedingt auf europäischer Ebene koordiniert werden, um einen grenzüberschreitenden Austausch von CO₂ zu ermöglichen.
- Für die Einlagerung von CO₂ bestehen bereits internationale Kooperationsprojekte. Das Londoner Protokoll von 2006 bietet eine gute Grundlage eines internationalen Abkommens. Darauf sollte weiter aufgebaut werden, um einen grenzscheidenden Transport von CO₂ zu erleichtern.

7. Maßnahmen zur Erhöhung von Transparenz und öffentlicher Akzeptanz

- Die Anwendung effektiver Technologieoptionen zur Speicherung und Nutzung von Kohlenstoff, als Beitrag zur Erfüllung der Klimaschutzziele, steht und fällt mit der Akzeptanz in der Bevölkerung. Aus diesem Grund muss es eine aktive Beteiligung und Austausch mit der Zivilgesellschaft in diesem Themengebiet geben. Das gilt insbesondere für den Bereich CCS.
- Die Regionen, in denen CCS-Projekte vorgesehen sind, müssen in transparenter Weise einbezogen werden. Die Funktionsweise und Logik der Projekte muss der Öffentlichkeit allgemeinverständlich dargelegt werden. Der offene Dialog mit der lokalen Bevölkerung muss erfolgen.

Im Einzelnen

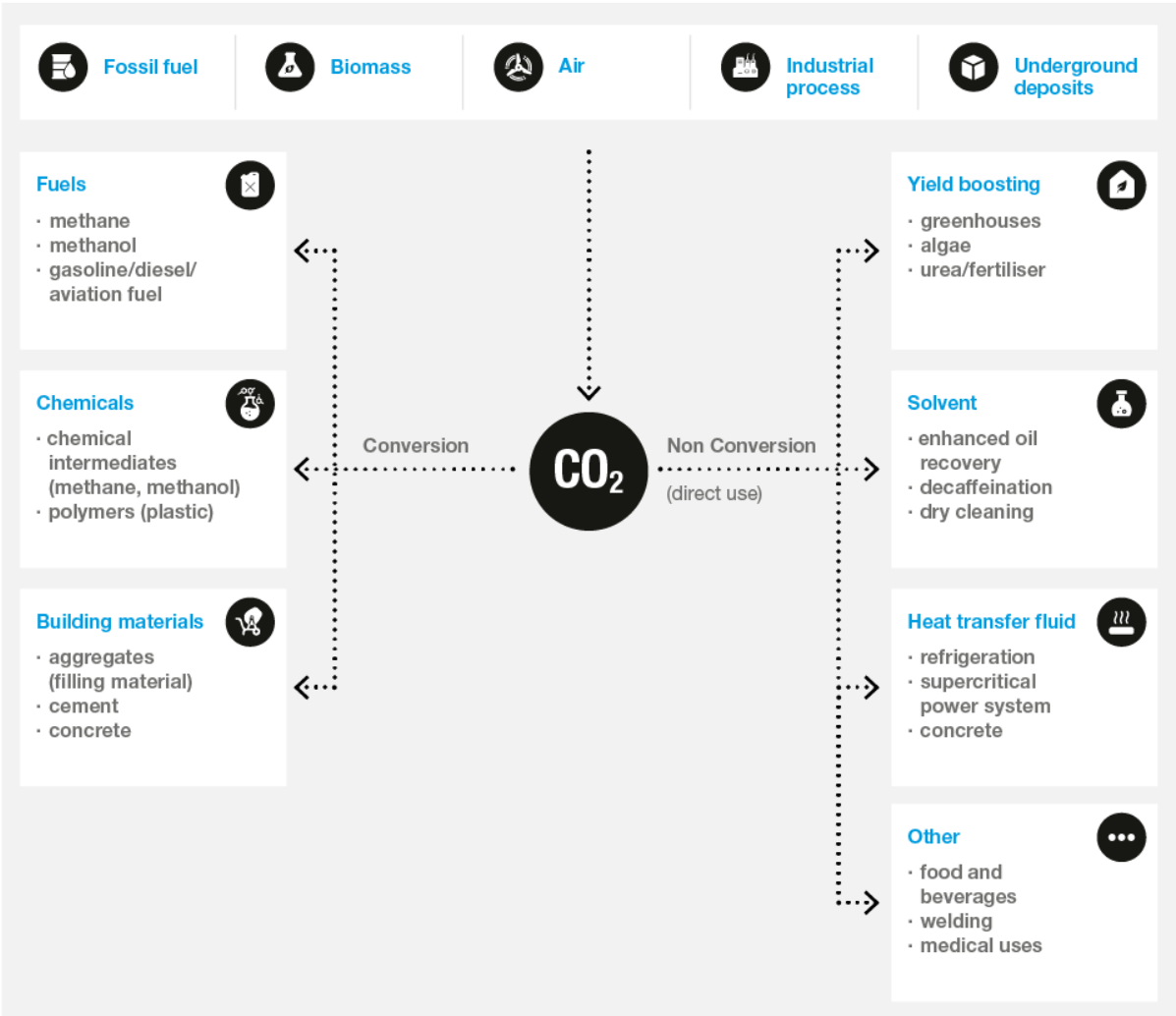
Kapitel 1: Der Nutzen von effizienten Kohlenstoffkreisläufen / CO₂ als Rohstoff

Um 2050 das Ziel „Klimaneutralität“ erreichen zu können, werden CCUS-Technologien, insbesondere zur Vermeidung der CO₂-Emissionen aus industriellen Prozessen benötigt, die auf andere Weise nicht verringert werden können. Neben der Einlagerung von anfallenden CO₂, kann das CO₂ im Sinne einer Wasserstoff- oder Kohlenstoffkreislaufwirtschaft weiterverwertet werden. Die chemische Industrie ist beispielsweise überwiegend auf die Nutzung von Kohlenstoff angewiesen. Neben Biomasse kann emittiertes und aufgefangenes CO₂ eine Quelle für den Kohlenstoffkreislauf bieten und somit zu einer weiteren Integration der Sektoren beitragen.

Dies gilt insbesondere in Sektoren außerhalb der Energiewirtschaft, beispielsweise im produzierenden Gewerbe und im Transportsektor. Abgespaltetes CO₂ kann in stofflichen Anwendungen verwendet werden, etwa für die Herstellung von Kunststoffen, Düngemittel oder beispielsweise auch für Matratzen. Eine weitere Anwendungsoption für abgespaltene CO₂-Moleküle kann die Herstellung synthetischer Kraftstoffe sein. Der überwiegende Anteil an Kraftstoffen wird derzeit aus fossilen Rohstoffen über Raffinerieprozesse gewonnen. Die Prozesse, welche die Umwandlung von Strom aus erneuerbaren Energien in Kraftstoffe für den Mobilitätsbereich ermöglichen, werden als Power-to-X-Fuel-Technologien bezeichnet. Die entsprechend erzeugten CO₂-neutralen Kraftstoffe werden synthetische Kraftstoffe nicht-biogenen Ursprungs, strombasierte Kraftstoffe, PtX-Fuels oder „E-Fuels“ genannt.

So kann regenerativ erzeugter Wasserstoff direkt verwendet oder zusammen mit CO₂ als Rohstoff für die Produktion von kohlenwasserstoffbasierten E-Fuels eingesetzt werden. Mögliche CO₂-Quellen sind industrielle Punktquellen oder Biomasse. Perspektivisch kann Kohlenstoff auch durch Air-Capturing von CO₂ aus der Atmosphäre gewonnen werden.

CO₂ can be used in a broad range of applications involving direct use of CO₂ or use through conversion into other products.



Quelle: International Energy Agency 2019



Beispiele von Technologieoptionen und Anwendungen:

- Die Verwendung von CO₂ findet beispielsweise Anwendung im Chemie-, Öl- und Energiesektor, in der Lebensmittel- und Pharma-, Zellstoff- und Papierindustrie, in der Stahlindustrie oder auch in anderen Anwendungsfeldern. Seine Verwendung kann in die Rückgewinnung von Ressourcen (z. B. verbesserte Öl- und Gasrückgewinnung, verbesserte Methanrückgewinnung im Kohlebett), die Eigengewinnung (prozessintegriert) unter Verwendung von CO₂ als Zwischenprodukt in der Herstellungskette ohne externe Quellen und die Verwendung ohne Eigenleistung oder durch Händler eingeteilt werden.
- Die Produktion von Brennstoffen und Chemikalien aus CO₂ kombiniert das Konzept der Energiespeicherung und der Sektorenkopplung, indem die Verwendung oder der Import neuer fossiler Ressourcen ersetzt wird. Power-to-Fuel bezieht sich auf Power-to-Gas, entweder Wasserstoff oder Synthetic Natural Gas (SNG), oder auf die Herstellung anderer flüssiger Brennstoffe wie Methanol, Dimethylether (DME), Oxy-Methylenether (OME) oder anderer Chemikalien und Derivate.
- **CO₂-Abscheidung mit dem Oxyfuel-Verfahren:** Durch CO₂-Abscheidung mit dem Oxyfuel-Verfahren kann ein Großteil der prozess- und brennstoffbedingten CO₂-Emissionen bei der Zementklinkerproduktion abgeschieden werden. Die Nutzung von Sauerstoff für die Verbrennung vereinfacht die Abtrennung aufgrund einer höheren CO₂-Konzentration (über 90 Prozent). Das CO₂ müsste anschließend über eine CO₂-Infrastruktur abtransportiert und schließlich an geeigneten Speicherorten verpresst werden.
- **CO₂-Abscheidung in Kombination mit Elektrifizierung der Hochtemperaturwärme am Kalzinator (elektrifiziertes LEILAC-Verfahren):** Im LEILAC-Verfahren dient ein spezieller, indirekt beheizter Stahlbehälter als Kalzinator. Dadurch wird ein reiner CO₂-Abgasstrom ermöglicht, der die Abscheidung des CO₂ vereinfacht. Zudem wird eine Elektrifizierung der Erzeugung von Hochtemperaturwärme am Kalzinator ermöglicht, was die energiebedingten Emissionen am Kalzinator vermeidet. Insgesamt könnten dadurch rund 77 bis 80 Prozent der Emissionen des Klinkerbrennens reduziert werden.
- **CO₂-Abscheidung mit Post-Combustion-Technologien:** Post-Combustion-Technologien, wie die Arminwäsche können als Retrofit die Prozesse bestehender Produktionsanlagen integriert werden. Bei der Arminwäsche erfolgt die CO₂-Abscheidung unter Verwendung eines Wäschers, in dem ein Amin mit CO₂ beladen wird. Die Trennung von Amin und CO₂ erfolgt in einem thermischen Verfahren. Die hierfür benötigte thermische Energie kann aus den Prozessen im Zementwerk bereitgestellt werden.
- Ein anderes Verfahren, das im Kontext von CCS diskutiert wird, ist die Kultivierung schnell wachsender Organismen (v. a. Pflanzen), die der Atmosphäre Kohlendioxid entziehen. Durch deren Verbrennung kann dann Energie gewonnen und das im Verbrennungsprozess freigesetzte CO₂ permanent gespeichert werden. Diese Methode wird als Bioenergie-CCS (**BECCS**) bezeichnet. BECCS spielt eine entscheidende Rolle in den Emissionsszenarien des Weltklimarats zur Erreichung der Klimaziele und wird seit dem Pariser Klimaabkommen als wichtige Negative Emission Technology (negative Emissionstechnologie, NET) sehr kontrovers diskutiert.
- **Direct Air Capture:** Ein Verfahren zur Gewinnung von CO₂ direkt aus der Umgebungsluft.

Kapitel 2: Wertschöpfungsgemeinschaften und industrielle Symbiosen schaffen

Für eine kosten- und ressourceneffiziente Nutzung von Kohlenstoffkreisläufen müssen vor allem sektorübergreifende Lösungen entlang einer CO₂-basierten Wertschöpfungskette in Form von Cluster-Lösungen geschaffen werden.

Unter einer Wertschöpfungsgemeinschaft versteht man vor allem Unternehmenskooperationen entlang einer Prozesskette. Auf diese Weise können z. B. Abfallströme des einen Unternehmens von weiteren Unternehmen genutzt werden, um diese als Rohstoff für eine erneute Wertschöpfung einzusetzen. Diese Art von Symbiose oder Matchmaking zwischen Sektoren und Unternehmen, bietet eine hervorragende Grundlage für die Entstehung eines handelbaren CO₂-Marktes. Auf diese Weise können Investitionskosten sowie -risiken für den Bau und Betrieb von Pilotanlagen gemeinsam von mehreren Partnern getragen werden und das gemeinsame Know-how vergrößert werden.¹²

Es sollten Anreize geschaffen werden, zukünftig vermehrt rezyklierten Kohlenstoff in den Industrien einzusetzen, die einen Bedarf an Kohlenstoff haben (s. regulatorische Anreize).

Beispielsweise konnte im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes *Carbon2Chem* gezeigt werden, dass Emissionen aus der CO₂-intensiven Industrie als Rohstoff und Kohlenstoffquelle für die Chemieindustrie genutzt werden können und industrieübergreifend Wertschöpfungsketten mit einander verbunden werden können.

Folglich sollte die Transparenz über verfügbare Mengen an abgedichtetem CO₂ (systemische Kohlenstoffanalyse) und deren Verortung erhöht werden, wie beispielsweise durch Informationsnetzwerke und Industriekooperationen, um die Informationen auch nutzbar machen zu können. Der regelmäßige Austausch zwischen den verschiedenen Unternehmen und Branchen – wie etwa zwischen produzierenden und verarbeitenden Unternehmen, Technologieentwicklern und Anlagenbauern, Ökobilanzierern und Finanzdienstleistern – ist eine wichtige Voraussetzung für die Entstehung von Innovationen. Dabei können neueste Entwicklungen ausgetauscht, Versuche dokumentiert, Standorte und Märkte analysiert und neue Kooperationsmöglichkeiten gefunden werden.

Kapitel 3: Standortbedingungen für die Einlagerung von CO₂ und Aufbau einer CO₂-Infrastruktur

Die Speicherung und Lagerung von CO₂ benötigt Standorte, die sowohl geologisch geeignet und sicher sind. Zudem müssen sie für den CO₂-Transport von den industriellen Produktionsstätten gut zugänglich sein. In Deutschland sind das für den Transport u.a. die Küstenregionen und große Flusslagen.¹³

¹² Vgl. BMBF, Universität Kassel, CO₂ Net: Zukünftige Nutzung von CO₂ als Rohstoffbasis in der deutschen Chemie- und Kunststoffindustrie: Eine Roadmap.

¹³ Eine zentrale Voraussetzung für die Zulassung eines CO₂ Speichers ist dessen Langzeitsicherheit. Laut Gesetzesvorgaben muss ein ausreichend poröses und permeables Speichergestein vorliegen, das sich mit einer möglichst hohen Mächtigkeit lateral weit erstreckt (hohe Speicherkapazität). Das Speichergestein muss von einem undurchlässigen Barrieregestein überdeckt sein, das eine vertikale Migration des CO₂ aus dem Speicher wirksam verhindert. Speicher- und Barrieregestein sollten eine geologische Fallenstruktur bilden, die die Ausdehnung des gespeicherten CO₂ lateral begrenzt. Das Speichergestein sollte eine Mindestdiefe von etwa 800 bis 1.000 Metern aufweisen, damit das CO₂ den verfügbaren Porenraum im Speicher mit hoher Dichte und geringem Eigenvolumen effizient füllt.

Für die geologische Speicherung von CO₂ kommen daher prinzipiell vier Optionen in Betracht: tiefe, salzwasserführende Grundwasserleiter (sogenannte saline Aquifere), erschöpfte Erdöl- und Erdgaslagerstätten, tiefe, nicht abbaubare Kohleflöze sowie

Die Voraussetzungen für Speicherstätten sind national im „Kohlenstoffdioxidspeichergesetz“ geregelt. Laut dem Gesetz ist ein jährlich maximales Speichervolumen von 1,3 Millionen Tonnen CO₂ pro Speicher die zugelassen Gesamtspeichermenge. Insgesamt dürfen in Deutschland jährlich nur vier Millionen Tonnen CO₂ eingelagert werden. Anträge auf Speicherezulassung konnten nur bis zum 31. Dezember 2016 gestellt werden. D.h. neue Speicher können nach aktueller Rechtslage nicht mehr zugelassen werden.¹⁴ Der BDI empfiehlt, neue Zulassungs- und Antragsverfahren sowie die Erkundung neuer potenzieller Speicherstätten zu ermöglichen.

Das Gesetz deckt ebenso die Planfeststellung für CO₂-Leitungen ab. Die Abscheidung von CO₂ und der anschließende Transport mittels Leitung bzw. über Schiff oder Landtransport ist gesetzlich in Deutschland möglich. Allerdings wird der Transport über das ETS streng überwacht. Der Transport von CO₂ über Fahrzeuge oder Schiffe würde nicht unter den Begriff „ortsfeste Anlagen“ fallen. **An dieser Stelle muss der regulatorische Rahmen mehr Klarheit schaffen, um einen hürdenfreien Transport von CO₂ zu gewährleisten.**

Eine Besonderheit des „Kohlenstoffdioxidspeichergesetz“ ist die so genannte „Länderklausel“, die es den Bundesländern erlaubt, bestimmte Gebiete von der Erprobung von CO₂-Speicherstätten auszuschließen (Opt-Out-Prinzip).

In Deutschland werden vor allem erschöpfte Erdgaslagerstätten und tiefe, saline Aquifere als wesentliche Speicheroptionen in Betracht gezogen. Die Speicherung in ehemaligen Erdgaslagerstätten entspricht einer Rückverlagerung von Kohlenstoff in Formationen, aus denen zuvor fossiler Kohlen(wasser)stoff entnommen wurde, der im Untergrund über viele Jahrtausende abgedichtet wurde.

Die speicherfähigen Orte wurden bereits umfassend in Europa erschlossen. Allein in der Nordsee werden die Offshore-Speicherpotenziale etwa 165 Milliarden Tonnen CO₂ in salinen Aquiferen und etwa 38 Milliarden Tonnen CO₂ in Erdgas- und Erdöllagerstätten geschätzt.¹⁵

Der Hafen von Rotterdam will im Rahmen seines „Porthos“-Projekts voraussichtlich ab 2024 jährlich 2,5 Millionen Tonnen CO₂ unter dem Seeboden der Nordsee speichern. Das norwegische Projekt „Northern Lights“ stellt in einer ersten Phase ab Mitte 2024 eine Speicherkapazität von bis zu 1,5 Mio. t CO₂ pro Jahr in Aussicht.¹⁶

Zur Einordnung: In seiner „CO₂ Roadmap für die deutsche Zementindustrie“ schätzt der Verein Deutscher Zementwerke (VDZ) die prozessbedingten CO₂-Emissionen der europäischen Zement- und Kalkindustrie auf etwa 150 Mio. t/Jahr.¹⁷

Basalte. Eine weitere, bisher nur im Labormaßstab untersuchte Option ist die CO₂-Speicherung in (Methan-)Hydraten, unter Verdrängung und Ersatz des Methans durch CO₂.⁷⁴ Die Injektion von CO₂ in Erdöl- oder Erdgaslagerstätten (Enhanced Oil Recovery/EOR, Enhanced Gas Recovery/EGR) zum Zwecke einer erhöhten Ausbeutung von Kohlenwasserstoffressourcen, wobei der größte Teil des CO₂ dauerhaft in der Lagerstätte verbleibt, wird hierzulande nicht betrachtet und kommt eher in Nordamerika zur Anwendung.

¹⁴ Bisher wurden insgesamt noch keine Speicher in Deutschland genehmigt.

¹⁵ Acatech: „CCU und CCS – Bausteine für den Klimaschutz in der Industrie“, S. 32.

¹⁶ Quelle: Equinor.com

¹⁷ VdZ: „Deutsche Zementindustrie auf dem Weg in eine CO₂-freie Zukunft“, 2020, S.24, <https://www.vdz-online.de/aktuelles/deutsche-zementindustrie-auf-dem-weg-in-eine-co2-freie-zukunft>.

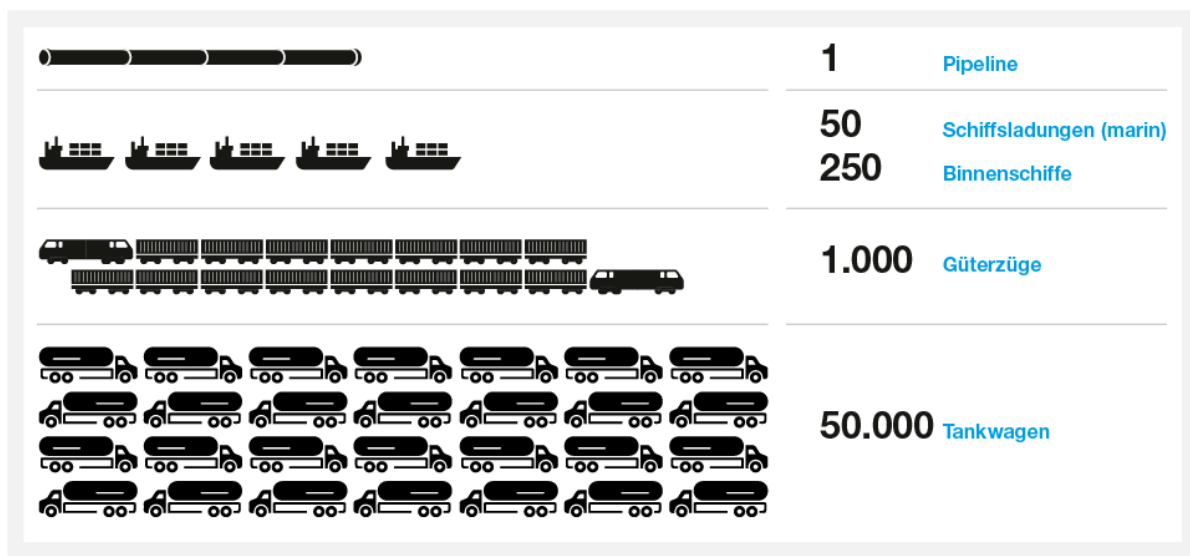
Folglich muss die Speicherung von CO₂ sowohl regional als auch überregional im europäischen Kontext gedacht werden. Zentrale Offshore-Projekte haben ein höheres Potenzial auf gesellschaftliche Akzeptanz zu stoßen als dezentrale Onshore-Projekte.

Zentral vs. dezentral

Nicht überall dort, wo industrielle Anlagen angesiedelt sind, in denen Prozessemissionen anfallen, stehen unmittelbar Einlagerungskapazitäten zur Verfügung. Allein aus diesem Grund ist die Industrie auf einen Ausbau einer CO₂- Infrastruktur angewiesen. Diese wird aber insbesondere auch für den Aufbau einer effizienten Kohlenstoffkreislaufwirtschaft benötigt und ist somit eine entscheidende Grundvoraussetzung für den Aufbau von CCUS-Wertschöpfungsketten. Heutzutage wird vor allem auf den Transport über Binnenschiffe und Lkw zurückgegriffen. Ein Transport über Pipelines wäre (kosten-) effizienter (s. Graphik).

Obwohl die Speicherorte und Industrieanlagen dezentral situiert sind – insbesondere Zementanlagen –, können sich einige industrieintensive Konzentrationsregionen oder auch „Industrie“- Inseln identifizieren lassen. **Für den Beginn eines Aufbaus einer Infrastruktur wäre ein erster Ansatz, in den Inselregionen zu beginnen („Clusteransatz“)** – ähnlich wie beim Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur. In anderen Staaten, wie beispielsweise in Belgien, wird bereits eine integrierte Wasserstoff-CO₂-Infrastruktur vorgesehen. Der Ausbau eines entsprechenden CO₂-Infrastruktursystems und eines Kohlenstoffkreislaufes kann zu einer Stärkung von heimischen Produktionsstandorten beitragen.¹⁸

Vergleich des Transportaufwands für 1 Million Tonnen CO₂ per Pipeline, Schiff, Bahn oder Tankwagen



Quelle: Acatech



¹⁸ acatech: "CCU und CCS- Bausteine für den Klimaschutz in der Industrie", 2018, <https://www.acatech.de/projekt/ccu-und-ccs-bausteine-fuer-den-klimaschutz-in-der-industrie>.

In den Vereinigten Staaten gibt es bereits erste CO₂-Infrastrukturprojekte, die zur Unterstützung der Ölgewinnung konstruiert wurden.¹⁹ Die Erfahrung dort hat gezeigt, dass ein sicherer Betrieb technisch möglich ist. Weiterer Forschungsbedarf besteht bei der Entwicklung der thermodynamischen Materialien, und der Grad der Sicherheit könnte bei der Entwicklung von weiteren Pilotprojekten weiter verbessert werden. Neben der Finanzierung dieser Infrastruktur muss auch über Regelungen zu Netzzugang und ggf. der Bildung von Nutzungsentgelten für zukünftige CO₂-Infrastrukturen diskutiert werden. Die Regulierung und Finanzierung könnten in Anlehnung an die bestehenden Mechanismen der Gasnetze erfolgen.

Der Aufbau einer Kohlenstoffkreislaufwirtschaft und des entsprechenden regulatorischen Rahmens sowie der Aufbau einer entsprechenden Infrastruktur sollte unbedingt auf europäischer Ebene koordiniert werden, um einen grenzüberschreitenden Austausch von CO₂ zu ermöglichen. Im Rahmen der EU Strategy for Energy System Integration ist ein grenzüberschreitender Ausbau einer CO₂-Infrastruktur bereits angedacht.

Für die Einlagerung von CO₂ bestehen erste internationale Kooperationsprojekte. Das Londoner Protokoll von 2006 bietet eine gute Grundlage eines internationalen Abkommens. Nun müssen weitere Schritte eingeleitet werden, um den grenzüberschreitenden Transport von CO₂ zu erleichtern.

Kapitel 4: Regulatorische Hürden

Um den Unternehmen ein möglichst hohes Maß an Planbarkeit und Investitionssicherheit bieten zu können und somit CCUS-Technologien als Element einer erfolgreichen CO₂-Reduktion im Industriesektor einsetzen zu können, braucht es entsprechend geeignete regulatorische Rahmenbedingungen. Im Idealfall sollte der gesetzliche Rahmen echte Anreize für Unternehmen schaffen, aus der Abscheidung (bzw. Capture), Nutzung und Einlagerung von CO₂ neue attraktiven Geschäftsideen zu entwickeln. Dabei sollte der regulatorische Rahmen stets die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie im Blick behalten. Bestehende Rahmenbedingungen sollten so angepasst werden, dass sich die Wirtschaftlichkeit ökologischer Prozesse gegenüber der konventionellen Alternative verbessert.

Möglichkeiten erörtern, die nachhaltige Nutzung, Abscheidung und Recycling von CO₂ anrechenbar zu machen:

Damit die Anwendung von CCUS-Technologien wirtschaftlich attraktiv wird, sollten Möglichkeiten für Unternehmen geschaffen werden, das vermiedene CO₂ auf ihre Klimaziele anrechnen zu lassen.

Zur Schaffung von Anreizen gehören auch verbesserte Rahmenbedingungen für synthetische Kraftstoffe. Diese umfassen insbesondere folgende Aspekte:

- eine Mehrfachanrechnung im Rahmen der nationalen Implementierung der RED II
- eine freiwillige Anrechenbarkeit von CO₂-neutralen Kraftstoffen in der EU-Flottenregulierung bei Pkw, leichten und schweren Nutzfahrzeugen
- die rasche Umsetzung von Maßnahmen der Nationalen Wasserstoffstrategie,

¹⁹ Das so genannte Enhanced Oil Recovery (EOR) gibt es in den USA seit den 1970er Jahren. Aktuell gibt es dort ca. 110 aktive EOR Projekte und ein CO₂ Leitungsnetz, welches über 30 Jahre hinweg kontinuierlich aufgebaut wurde (hauptsächlich in privater Hand).

- eine transparente und EU-anschlussfähige Methodologie zur Wasserstoffherstellung beim Netzbezug von Strom in der 37. BImSchV
- ein Marktanreizprogramm zur Förderung von Investitionskosten für Wasserstoffproduktionsanlagen im Industriemaßstab
- eine Neuausrichtung der Energiesteuerrichtlinie auf CO₂ bei Kraftstoffen.

Während CCS-Technologien im ETS-Rahmen berücksichtigt werden, erscheint das legislative Umfeld für CCU-Technologien eher komplex. Eine Anrechenbarkeit im Bereich CCU steht derzeit noch im „luftleeren“ Raum. Hier muss ein funktionierender Mechanismus gefunden werden. In diesem Kontext sollte untersucht werden, ob das für CCU-Zwecke weitergeleitete CO₂ von den Abgabeverpflichtungen im EU-ETS abgezogen werden kann. Unter diesem Gesichtspunkt könnten unter anderem Anpassungen in der CCS-Richtlinie und die Monitoring-Verordnung in Betracht gezogen werden.²⁰

Einen möglichen Anreiz mit gleichzeitigem Kostensenkungspotential bezüglich CCS stellt die Anerkennung von BECCS als Negativemission dar. Negativemissionen könnten im Rahmen von Verpflichtungen, die aus dem EU ETS erwachsen, anrechenbar gemacht werden.

Implementierung eines Zertifizierungssystems für CO₂

Um eine Anrechenbarkeit bei der Weiterverwertung und Einlagerung von CO₂ innerhalb eines Kohlenstoffkreislaufs zu ermöglichen, muss die Herkunft der CO₂-Moleküle transparent nachvollziehbar sein. Für die Etablierung eines gut funktionierenden und transparenten Kohlenstoffkreislaufes könnte ein Herkunftsnachweismechanismus für CO₂ ein nützliches Tool sein.

Zusätzlich bedarf es eines (international) standardisierten Prozesses einer Life- Cycle-Analyse für Kohlenstoffkreisläufe. Eine einheitliche Herangehensweise bei der Bewertung der Ökobilanz würde insgesamt die Planungssicherheit und Investitionsbereitschaft für Unternehmen erhöhen. Insbesondere bei Projekten im frühen Forschungsstadium kann ein einheitlicher Ansatz die Vergleichbarkeit von Projekten verbessern. Dabei müssen folgende Themenkomplexe Berücksichtigung finden:

- Abscheidetechnologien
- Transport von CO₂ und Stoffzusammensetzung
- Geologische Speicherung
- Bilanzierung und Verifizierung von Stoffströmen

Vereinfachung und Verbesserung der Standortbedingungen

Stromkosten, Netzgebühren sowie Steuern und Umlagen stellen eine hohe Belastung für den Endverbraucher in Deutschland dar. In Deutschland wird die Nutzung von energieintensiven CCUS- Technologien maßgeblich von der Wirtschaftlichkeit und von den verfügbaren Mengen erneuerbaren Stroms abhängen. Aus diesem Grund würde eine Entlastung an den richtigen Stellen (z. B. Befreiung von Abgaben und Umlagen für CCU-Prozesse) neue Anreize für die Anwendung dieser Technologien schaffen.

²⁰ Präzedenzfall bietet hier das Urteil „Schäfer-Kalk“ (EuGH, Rs. C-460/15 – Schaefer Kalk).

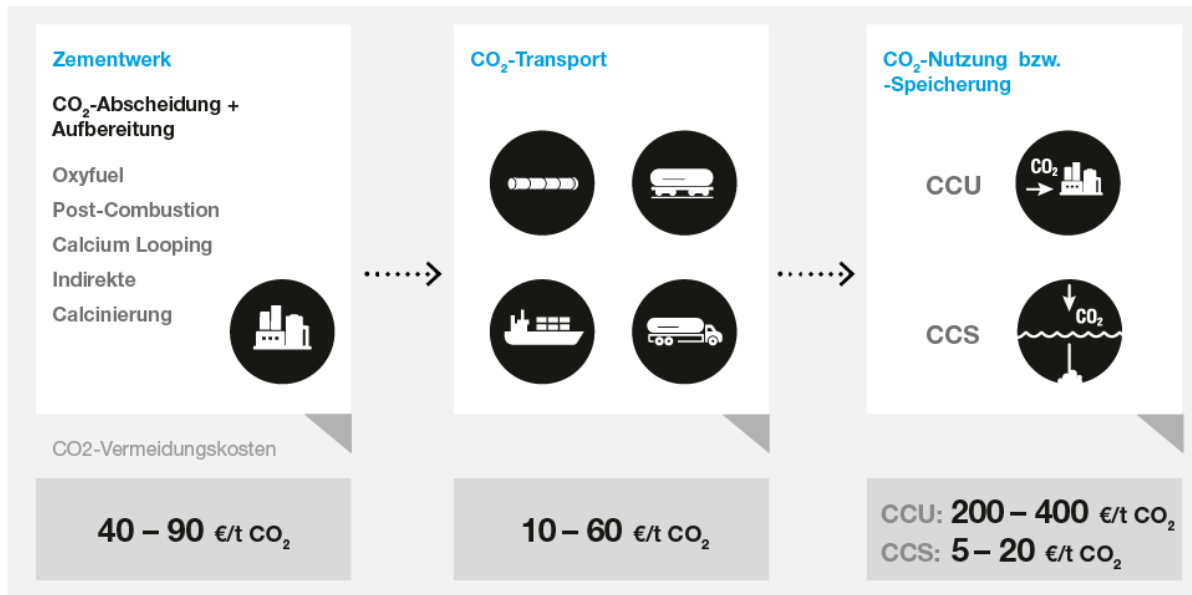
Kapitel 5: Investitionen und Förderprogramme

Stand heute ist die Anwendung von CCUS-Technologien noch sehr teuer. Dies betrifft beides OPEX- und CAPEX-Kosten. Milliarden schwere Investitionen wären notwendig, wie in dem 95-Prozent-Pfad der BDI-Klimapfade-Studie aufgezeigt wird, um mit Hilfe jener Technologien zu einer ambitionierten CO₂-Minderung zu kommen.

Insbesondere angesichts der langen Investitionszyklen, müssen Investitionen frühzeitig getätigt werden, um den Pfad in Richtung Klimaneutralität in Reichweite zu behalten. Das Investitions-Gap würde voraussichtlich auch nicht allein durch einen hohen CO₂-Preis induziert werden. Aus diesem Grund stellt sich die Frage, welche Instrumente oder Kompensationsmechanismen – neben den entsprechenden Rahmenbedingungen – einen Anreiz für Unternehmen schaffen könnten, in CCUS-Technologien zu investieren und diese anzuwenden. Bei dem Einsatz von CCS wären Investitions- und Betriebskosten derzeit für erforderliche Anlagen und Leitungsinfrastruktur niedriger gegenüber CCU- oder wasserstoffbasierter Verfahren²¹ (vgl. Beispiel Graphik VdZ).

Die CO₂-Vermeidungskosten durch CCUS-Technologien im Industriesektor hängen von einer Vielzahl von Faktoren ab, etwa der Art der CO₂-Abscheidung, der Reinheit des CO₂-Gases, der vorgesehenen Transportinfrastruktur, der Entwicklung der Energiekosten und der Art der Nutzung des CO₂ im Falle von CCU beziehungsweise der verfügbaren Speicheroptionen bei CCS. Um die verschiedenen CCU- und CCS-Modelle entsprechend realistisch bewerten zu können, ist eine hinreichend detaillierte Potenzialabschätzung notwendig.

Verfahren zur CO₂-Abscheidung bei der Zementklinkerherstellung



Quelle: Verein Deutscher Zementwerke e.V (VdZ)



²¹ Quelle: BDI „Klimapfade für Deutschland“, S. 162.

Im Gegensatz zu Deutschland wurde in den Vereinigten Staaten mithilfe existierender Transportinfrastruktur und Steueranreizen²² zur CO₂-Speicherung bereits mehrere CCS-Projekte im Industriemaßstab entwickelt. In Norwegen und in den Niederlanden sind staatliche Akteure aktiv in Projekten involviert.

Sowohl das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) als auch das Bundesumweltministerium (BMU) haben Fördergelder für CCU- bzw. CCUS-Technologien zugesagt. Das 7. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung erwähnt im Kapitel 4.4.4 „CO₂-Technologien für die Energiewende“ ausdrücklich.²³

CCUS-Technologien sind im zukünftigen Gesamtsystem der Energieversorgung notwendig und benötigen aufgrund eines hohen Forschungsaufwands und den spezifischen thematischen Anforderungen eine effektive und gut ausgestattete Förderung. **Der Umfang der Förderrichtlinien sollte beides – CCU- und CCS-Technologien – umfassen. Förderprogramme sollten insbesondere auf integrierte Systeme und Forschungsansätze abzielen und möglichst langfristig Anreize schaffen.** Förderprogramme, die Wasserstoffprojekte in Industrieclustern unterstützen, könnten eine Anschlussfähigkeit von CCUS-Projekten direkt miteinbeziehen. Verschiedene Förderstufen – von der Innovationsförderung und insbesondere auch die Finanzierungslücke zwischen Pilotanlagen und Marktreife – sollten von Förderprogrammen anvisiert werden.

Von großem Mehrwert wäre aus Sicht des BDI u.a. die Förderung technologischer Optionen zur Abscheidung, Reinigung und Speicherung von CO₂ aus industriellen Prozessen oder daran anschließend die Nutzung von CO₂ über Reduktion zu Methanol oder Methan sowie über Synthesegas unter Anschluss an bestehende Syntheserouten in der Industrie.

Im Bereich der Einbindung von Wasserstoff, hergestellt aus erneuerbaren Energien über das Elektrolyse-Verfahren, in das Energiesystem besteht neben dem Bereich Elektro-Katalyse und Verfahrensentwicklung noch Forschungsbedarf an einem Dauerbetrieb von Anlagen zur Herstellung von Methan aus Wasserstoff und CO₂.

Auch Optionen der **digitalen Innovationen** und auch künstliche Intelligenz (KI), die u.a. zu Effizienzsteigerung beitragen können, sollten in die Forschungsprojekte unbedingt miteinbezogen werden.

Folgende weitere Kriterien sollten für eine hohe Wirksamkeit der Förderprogramme berücksichtigt werden:

- Vor dem Hintergrund der zu erwartenden langen Entwicklungszeiten werden lange Projektlaufzeiten benötigt, die alle Entwicklungsphasen einschließen.
- Langfristige Genehmigungsverfahren sollten so gut wie möglich vereinfacht und erleichtert werden. Dabei ist eine ressortübergreifende Unterstützung der Projektkonsortien im Genehmigungsverfahren hilfreich. Erforderliche Abstimmungsschritte in den behördlichen Prozessen und die notwendigen Voraussetzungen für eine Genehmigung sollten den Projektbeteiligten bereits im Vorfeld aufgezeigt werden. Gleichzeitig sollte auf Bundesebene geprüft werden, in welchen Bereichen Verfahren durch verfahrensrechtliche und materiellrechtliche Erleichterungen beschleunigt werden können.

²² Anfang 2018 wurden diese von etwa 20 US-Dollar auf etwa 50 US-Dollar pro gespeicherte Tonne CO₂ angehoben.

²³ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie: „Innovationen für die Energiewende: 7. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung, 2018, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/7-energieforschungsprogramm-der-bundesregierung.pdf>.

- In der Projektauswahl sollte den Kriterien *CO₂- Vermeidungspotential* und *CO₂-Vermeidungskosten* in einem technologieoffenen Ansatz Vorrang gegeben werden.

Existierende Förderprogramme (Beispiele)

- BMBF: AUGE Vorhaben (Auswertungen von GEOTECHNOLOGIEN Projekte zum Thema Kohlenstoffdioxidspeicherung)
- BMBF: CO₂- Plus-Förderprogramm zur stofflichen Nutzung von CO₂
- BMWi: COORETEC- Programm (CO₂-Reduktionstechnologien) >> „Flexible Energieumwandlung“
- BMWi/ Jülich: ERA-NET (European Research Area Network) >> Horizon 2020 gefördert “ERA-NET ACT (Accelerating CCS Technologies) Fördervolumen von insgesamt 41 Mio. Euro
- ETS Innovation Fund (NER 400)
- Connecting Europe Facility (CEF)
- Anerkennung von CCS/ CCU innerhalb der Projects of Common Interests (PCIs)
- Strategic Energy Technology Plan (SET)
- BMWi: CCU Förderrichtlinie im Rahmen des 7. Energieforschungs-programms „CO₂ Abscheidung und Nutzung in der Grundstoffindustrie“
- BMBF: Richtlinie zur Förderung von Projekten zum Thema „Vermeidung von klimarelevanten Prozessemissionen in der Industrie (KlimPro-Industrie)“
- BMBF : Methoden zur Entnahme von atmosphärischem Kohlendioxid (Carbon Dioxide Removal)

Foren

- Carbon Sequestration Forum Leadership Forum
- North Sea Basin Task Force

Kapitel 6: Öffentliche und politische Akzeptanz

Die Anwendung effektiver Technologieoptionen zur Speicherung und Nutzung von Kohlenstoff(dioxid), als Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele, steht und fällt mit der Akzeptanz der Bevölkerung. Aufgrund einer unzureichenden gesellschaftlichen, politischen und finanziellen Unterstützung wurden in Deutschland in den letzten Jahren kaum Fortschritte in der Entwicklung von CCUS-Maßnahmen erzielt.

Aus diesem Grund muss es eine aktive Beteiligung und Austausch mit der Zivilgesellschaft in diesem Themengebiet geben. Hier müssen rechtzeitig entscheidende Weichen gestellt werden. Die Projekte und Regionen, in denen CCUS-Projekte zur Anwendung kommen, müssen transparent kommuniziert werden und deren Funktionsweise und Logik offen dargelegt werden sowie der offene Dialog mit der lokalen Bevölkerung gestärkt werden. Dabei muss verdeutlicht werden, dass CCUS-Projektansätze unmittelbar mit dem Klimaschutz in Verbindung stehen und nicht – wie etwa bei der Diskussion vor 10 Jahren – für den Erhalt für „alte“ fossile Technologien stehen (z. B. Braunkohle). Die Demonstration von Pilotprojekten könnte dabei helfen, mehr Vertrauen in diese Technologien aufzubauen.

Sofern Konsens darüber erzielt wird und die Akzeptanz dafür auch bei besonders betroffenen Gruppen entsteht, kann CCS mit CO₂-Speicherung im Ausland (zum Beispiel in Norwegen) auch mittelfristig bereits Beiträge zur Treibhausgasminderung liefern. Ohne klare staatliche und politische Unterstützung werden die hierfür erforderlichen Planungsprozesse aber kaum greifen, denn der Großteil der deutschen Industriestandorte liegt nicht an der Küste und ist somit auf umfassende Infrastrukturen für den CO₂-Transport angewiesen.

Impressum

Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (BDI)
Breite Straße 29, 10178 Berlin
www.bdi.eu
T: +49 30 2028-0

Redaktion

Lilly Höhn
Referentin Abteilung Energie- und Klimapolitik
T: +49 30 2028-1407
l.hoehn@bdi.eu

BDI Dokumentennummer: D 1340