Branchenfokus: Carbon Capture, Utilization & Storage (CCUS)

November 2020

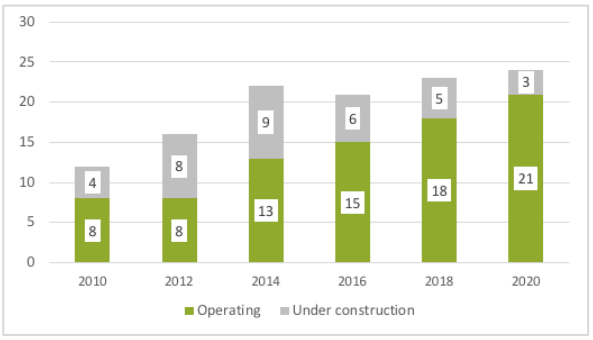
ESG-Risiken im Überblick

Klimabilanz	●●●○○
Energiebilanz	●●●○○
Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen	●●○○○
Induzierte Seismizität	●○○○○
Transport	●○○○○

Übersicht

Zusammenfassung	1
Fakten	2
ESG-Risiken	3
Quellen	5

CCS-Lagerstätten weltweit (2010 – 2020)



World large-scale CCUS facilities operating and under construction; Quelle: IEA

Sektoraler Fokus

- Energieerzeugung
- Industrie, z. B. Chemie, Stahl, Raffinerien, Zement
- Transportwesen

Zusammenfassung: Argumente im Zusammenhang mit der Nutzung von CCS und CCU

Pro

- wesentlicher Beitrag zur Erreichung der Pariser Klimaziele und zur Herstellung von Treibhausgasneutralität
- Beitrag zur Verlängerung der Laufzeiten von fossilen Kraftwerken

Contra

- CCS zur Speicherung des „CO_2-Abfalls“ anstelle einer Vermeidung der Entstehung von CO_2
- Reduzierung des Wirkungsgrades der mit fossilen Brennstoffen betriebenen Kraftwerke
- Steigen der Energiepreise aufgrund der Kosten für den Einsatz der CCS-Technologie
- Klimabilanz abhängig vom langfristigen Verbleib des gespeicherten CO_2 in den Lagerstätten
- mögliche Versalzung und Kontamination von Grundwasser und Böden
- mögliche Gesundheitsrisiken durch den Austritt von CO_2
- Risiken beim Transport des flüssigen CO_2 durch Pipelines oder Tankwagen

Fakten

Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS)

Unter dem Begriff Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS) werden verschiedene Ansätze und Technologien zusammengefasst, durch die CO_2 eingefangen und genutzt bzw. gespeichert werden kann. Ziel ist es dabei, die CO_2-Emissionen aus Kraftwerken und Industrieprozessen zu reduzieren bzw. die CO_2-Konzentration in der Atmosphäre zu senken. Das zu speichernde CO_2 kann entweder aus fossilen Energieversorgungsanlagen, aus Industrieanlagen oder aus dem Einsatz von Biomasse zur Energieerzeugung stammen. Dabei werden folgende Ansätze unterschieden:

- Carbon Capture and Storage (CCS), d. h. die Abscheidung und Speicherung von CO_2 in Boden oder Wasser;
- Bio-Energy with Carbon Capture and Storage (BECCS) als Kombination der Nutzung von Bioenergie mit CCS-Verfahren;
- Carbon Capture and Utilization, d. h. die Abscheidung, Aufbereitung und Nutzung von CO_2 (1, 2)

Die einzelnen Ansätze werden im Folgenden dargestellt.

Klimapolitische Bedeutung von CCUS

CCUS-Technologien wird in der internationalen Klimapolitik eine große Bedeutung beigemessen. Dem Weltklimarat (International Panel on Climate Change – IPCC) zufolge sind diese Technologien notwendig, um das 1,5-Grad- bzw. 2,0-Grad-Limit des Pariser Klimaabkommens einzuhalten und nach 2050 einen Zustand der Treibhausgasneutralität zu erreichen. Hierzu reicht es nach Angaben des IPCC nicht aus und ist technisch gar nicht möglich, den CO_2-Ausstoß auf null zu senken. Er stellt dazu fest, dass die nicht vermeidbaren Emissionen eingefangen und der Erdatmosphäre darüber hinaus systematisch CO_2 entzogen werden muss, um die in Paris vereinbarten Ziele zu erreichen. (3)

Carbon Capture and Storage (CCS)

Die Abscheidung und Speicherung von Kohlenstoffdioxid wird unter den Begriff Carbon Capture and Storage (CCS) gefasst. Damit werden unterschiedliche Technologien beschrieben, durch die CO_2 aus Kraftwerken, Industrieanlagen oder der Atmosphäre abgeschieden und in tiefliegende geologische Gesteinsschichten bzw. in den Meeresboden überführt und gespeichert werden. Das Deutsche GeoForschungszentrum schätzt, dass mit CCS 20-30 Prozent der globalen Emissionen im Boden gespeichert werden könnten. (2)

CCS-Prozess

Grundsätzlich besteht ein CCS-Prozess aus drei Stufen: der CO_2-Abscheidung, dem Transport und der Speicherung bzw. Einlagerung. Um hochkonzentriertes CO_2 zu gewinnen, wird es in einem ersten Verarbeitungsschritt von anderen Gasen gelöst und isoliert. Hier können vier Verfahren unterschieden werden:

- die nachgeschaltete Abtrennung (Post-Combustion oder CO_2-Rauchgaswäsche);
- das Oxyfuel-Verfahren, bei dem die Verbrennung eines fossilen Energieträgers mit reinem Sauerstoff anstelle von Luft erfolgt, wodurch hoch konzentriertes CO_2 entsteht;
- der Integrated Gasification Combined Circle (IGCC, Kohlevergasung);
- das Direct Air Capture Verfahren, das die Absorbierung von CO_2 aus der Luft betrifft.

Die genannten Verfahren sind jeweils mit spezifischen Anwendungsbereichen und dabei mit bestimmten Vor- und Nachteilen verbunden.

So ist die nachgeschaltete Abtrennung insbesondere für die Nachrüstung bestehender Kraftwerke relevant. Nachteilig ist bei dieser Technik allerdings, dass die großen anfallenden Mengen an Abluft mit nur niedriger CO_2-Konzentration aufwändige Abtrennungsverfahren notwendig machen, die viel Platz und Energie beanspruchen. Diese Probleme werden beim Oxyfuel-Verfahren entschärft, da bei diesem Prozess vergleichsweise weniger Abgase mit deutlich höherer CO_2-Konzentration anfallen. Nachteil des Verfahrens: Im Vorfeld des Verbrennungsprozesses wird vergleichsweise viel Energie für die Erzeugung des reinen Sauerstoffs benötigt. Das technologisch jüngste Verfahren „Direct Air Capture“ bietet die Möglichkeit, CO_2 aus der Umgebungsluft zu gewinnen. Derartige Anlagen müssen für die Abscheidung eines Kilos CO_2 allerdings rund 1,3 Mio. Liter Luft filtern.

Nach Berechnungen des IFO-Instituts liegen die Kohlendioxidvermeidungskosten bei einer CCS-Nachrüstung von Kohlekraftwerken in einem Bereich von 65–70 Euro pro Tonne CO_2 und im Fall von Gaskraftwerken bei 70–85 Euro pro Tonne CO_2. (18)

Für den Transport und die Lagerung wird das CO_2-Gas verflüssigt. Über Pipelines oder Tanker erreicht es die Einlagerungs- und Speicherstätten. Zu den derzeit diskutierten Speicherstätten gehören unterirdische geologische Formationen sowohl an Land als auch unter dem Meeresboden, vor allem erschöpfte Öl- und Gaslagerstätten und salzhaltige Grundwasserleiter. Die Speicherung in die Wassersäule der Meere ist nach Angaben des Umweltbundesamtes (UBA) durch internationale Verträge ausgeschlossen. (1, 2, 7)

Nationale und internationale Nutzung von CCS-Technologien

Die CO_2-Speicherung wird in Deutschland über das „Gesetz zur Demonstration und Anwendung von Technologien zur Abscheidung, zum Transport und zur dauerhaften Speicherung von Kohlendioxid“ , kurz Kohlendioxid-Speicherungsgesetz – KSpG, geregelt. Das Gesetz enthält eine Höchstspeichermenge für Deutschland von vier Millionen Tonnen CO_2 pro Jahr insgesamt und 1,3 Millionen Tonnen pro Jahr pro Speicher sowie eine Länderklausel, die einzelnen Bundesländern die Option zum generellen Verbot der CO_2-Speicherung auf ihrem Territorium ermöglichen soll.

Zum Vergleich: In Deutschland wurden im Jahr 2019 rund 805 Mio. Tonnen CO_2 ausgestoßen. (10)

Insgesamt lässt sich feststellen, dass CCS-Projekte in Deutschland in der Vergangenheit auf großen Widerstand in der Bevölkerung gestoßen sind. Der Forschungsspeicher im brandenburgischen Ketzin bleibt bisher der einzige großangelegte CCS-Standort in Deutschland. Die CO_2-Einspeisung wurde hier zwischen Juni 2008 und August 2013 durchgeführt, während dieser Periode wurden 67.271 Tonnen CO_2 im Reservoir gespeichert. (11)

Global gesehen gewinnt CCS an Bedeutung. Aufgrund der positiven Bewertung des Weltklimarates IPCC (→ vgl. Box Klimapolitische Bedeutung von CCUS) zeigen sich insbesondere die USA mit bisher 24 betriebenen Großanlagen gegenüber CCS-Technologien aufgeschlossen.

Auch in der EU soll CCS einen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten. So sieht beispielsweise der Green Deal der EU-Kommission den Einsatz von CCS-Technologien vor, um das Ziel zu erreichen, 2050 der erste treibhausgasneutrale Kontinent zu sein. Bisher gibt es in der EU allerdings noch keine großformatigen Pilotprojekte, die die technischen Ansätze in die Praxis überführen.

Nach dem aktuellen Bericht des Global CCS Institutes wurden weltweit bislang rund 260 Mio. Tonnen CO_2 gespeichert. Damit CCS-Technologien einen relevanten Beitrag im Sinne des 1,5-Grad-Ziels leisten, müssen laut dem Global CCS Institute bis 2040 über 2.000 CCS-Großanlagen entstehen. (12, 13, 18)

Bio-Energy with Carbon Capture and Storage (BECCS)

Der Weltklimarat (IPCC) hebt insbesondere den Einsatz von BECCS-Technologien hervor. Damit ist die Kombination der Nutzung von Bioenergie mit CCS-Verfahren gemeint. Zunächst werden bei diesem Prozess beispielsweise durch die Verbrennung von Biomasse Energie und CO_2 erzeugt. Das freigesetzte CO_2 wird unmittelbar abgeschieden und in den Untergrund verpresst. Diese Variante bleibt insbesondere aufgrund der Risiken problematisch, die mit der Gewinnung von Bioenergie in Verbindung stehen (→ vgl. auch ESG Risiko Monitor Bioenergie).

Carbon Capture and Utilization (CCU)

Inzwischen gibt es technische Verfahren, CO_2 zu recyclen und durch einen chemischen Elektrolyse-Prozess die gleichen Stoffe herzustellen, die bisher als fossile Energieträger bergmännisch gefördert werden. Sie werden unter dem Begriff Carbon Capture and Utilization (CCU) zusammengefasst. Zu den dabei herstellbaren Stoffen gehören Methan (Erdgas), Treibstoffe (Benzin, Diesel, Kerosin), Synthesegas und andere Grundchemikalien, die als Ausgangsstoffe für die Herstellung von z.B. Kunstoffen, Farben, Körperpflegeartikeln und weiteren Produkten der chemischen und pharmazeutischen Industrie verwendet werden. So ist es etwa dem kanadischen Start-Up Carbon Engineering im Jahr 2018 gelungen, CO_2 aus der Luft anzureichern und unter hohem energetischen Einsatz zu einem flüssigen Treibstoff zu verarbeiten. (20)

Im Gegensatz zum CCS wird CO_2 in diesem Prozess nicht als „Abfall“, sondern als Rohstoff begriffen. Als sinnvoll sieht der WWF CCU dann an, wenn das CO_2 direkt aus Industrieanlagen abgeführt und vor Ort mittels überschüssigen Stroms aus Erneuerbaren Energien in einem geschlossenen System recycelt wird. So können die in diesem Prozess entstandenen Energieträger als Stromspeicher eingesetzt werden. Der WWF warnt gleichzeitig, dass durch den CCU-Prozess gewonnene Treibstoffe zum jetzigen Stand der Technik deutlich energieintensiver sind als fossile Energieträger. Um die Energiebilanz von CCU-Technologien zu bewerten und kritisch zu betrachten, sei es notwendig, CCU-Projekte detailliert zu monitoren. (6, 14)

Wirtschaftliche Rentabilität von CCUS-Technologien

Die Boston Consulting Group (BCG) beschreibt in ihrer globalen Analyse zu CCUS-Technologien die Notwendigkeit der wirtschaftlichen Rentabilität dieser Verfahren. Momentan stehen die Investitionskosten großflächiger Projekte nach Berechnungen von BCG nicht in einem angemessenen Verhältnis zu deren Nutzen. BCG argumentiert, dass der Ausbau der Technologie selbst bei staatlicher Subventionierung nur möglich ist, wenn CO_2-Emissionen höher bepreist wird. Sobald es für Industrieunternehmen ökonomisch attraktiver wird, CCUS-Technologien einzusetzen als CO_2-Emissionszertifikate zu erwerben, wird sich CCUS nach Einschätzung von BCG ökonomisch durchsetzen können. (15)

ESG-Risiken

Folgende Aspekte werden im Zusammenhang mit der Nutzung von CCUS-Technologien kritisch diskutiert:

Klimabilanz

Der Schutz des Klimas durch die Einlagerung des Klimagases CO_2 ist – wie dargestellt – ein zentrales Ziel der CCUS-Technologien. Kritiker verweisen darauf, dass der großflächige Einsatz von CCUS die Anstrengungen zur Vermeidung von Treibhausgasen unterwandern und damit insgesamt dazu beitragen könnte, dass die CO_2-Emissionen auf hohem Niveau bleiben.

Der langfristige Effekt für den Klimaschutz ist zudem davon abhängig, ob das eingelagerte CO_2 dauerhaft und vollständig in den genutzten Lagerstätten bleibt. Dies hängt wiederum von der Speicherdichtigkeit der Lagerstätte ab. (14)

Der Weltklimarat IPCC betrachtet die Chancen eines dauerhaften Verbleibs des CO_2 in geologischen Formationen über 1.000 Jahre und mehr als hoch und geht bei sorgfältig explorierten und überwachten Lagerstätten von einer 99 prozentigen Speichersicherheit aus. (3)

In Deutschland kommen als Speicherstätten ausschließlich tiefe geologische Formationen mit entsprechenden Deckschichten in Betracht. Derartige Speicher sollen eine maximale Leckage-Rate von 0,01 Prozent pro Jahr haben, d. h. nach 1.000 Jahren wären noch 90 Prozent des CO_2 im Speicher. (2)

Energiebilanz

CCS-Verfahren benötigen selbst Energie zur Abscheidung des CO_2. Dies führt beispielsweise bei Kraftwerken zu einer Verringerung des Wirkungsgrades. So führt beispielsweise die CO_2-Abtrennung aus den Abgasen (Post-Combustion) zu einer Wirkungsgradminderung von bis zu 30 Prozent, was wiederum zu einem erhöhten Verbrauch an fossilen Brennstoffen und einer Steigerung der Kosten für die Energieerzeugung führt. Bei Oxyfuel-Verfahren liegt die Wirkungsgradminderung bei 8 bis 11 Prozent (5).

Im Speziellen für CCU-Technologien ist hervorzuheben, dass bei der elektrolytischen Spaltung von CO_2 zu kohlenstoffhaltigen Energieträgern selbst unter dem Einsatz chemischer Beschleuniger häufig ein hoher energetischer Aufwand notwendig ist. Der WWF betont in einem Positionspapier, dass aktuell der energetische Aufwand zur Erzeugung von CCU-Treibstoff im Vergleich zur herkömmlichen Verbrennung fossiler Brennstoffe fünfmal höher ist. (14)

Umwelt- und Gesundheitsauswirkungen

Auch wenn einige Studien die Umwelt- und Gesundheitsrisiken von CCS inzwischen als minimal betrachten, bewertet das Umweltbundesamt die Folgen von Unfällen als bedenklich. Durch Leckagen in den Speicherstätten kann das freigesetzte CO_2 Schadstoffe im Untergrund lösen oder salzhaltige Tiefengewässer unter ungünstigen Bedingungen bis an das Grundwasser und an obere Bodenschichten befördern. (1)

Die Freisetzung größerer Mengen CO_2 kann Auswirkungen auf die Gesundheit von Menschen haben. CO_2 ist ein farb- und geruchloses Gas, das bei Austritt nicht wahrgenommen wird. Da CO_2 schwerer als Luft ist, kann es sich beispielsweise in Bodensenken sammeln. Für den Menschen ist CO_2 in geringer Konzentration nicht giftig, es behindert aber die Sauerstoffaufnahme. Eine erhöhte Konzentration von CO_2 in der Umgebungsluft kann bei Menschen zu Kopfschmerzen führen und letztlich Bewusstlosigkeit auslösen. Eine Konzentration von acht Prozent oder mehr kann nach 30 bis 60 Minuten zum Tode führen. (16)

Induzierte Seismizität

Die induzierte Seismizität beschreibt menschliches Handeln als Ursache für Erdbebenaktivitäten. Diese entstehen laut dem Bundesverband für Geothermie etwa durch Bergbau, den Abbau fossiler Brennstoffe oder der Verpressung von Gasen im Untergrund.

Der Bundesverband geht davon aus, dass die durch CCS ausgelösten Erdbeben zu schwach wären, um größere Schäden an der Oberfläche auszulösen. Jedoch könnten die unterirdischen Speicher undicht werden und das gespeicherte CO_2 auf diese Weise wieder in die Atmosphäre entweichen. (18)

Transport

Aus wirtschaftlich-technischen Gründen muss das CO_2 verflüssigt und per Lkw oder Pipeline zu den Speicherstätten transportiert werden. Vor diesem Hintergrund könnte zukünftig bei der Standortentscheidung für ein Kraftwerk auch die räumliche Nähe zu den CO_2-Speichern und damit eine Verringerung des Transportaufwands eine Rolle spielen. Auch das Global CCS Institute unterstreicht, dass die Dezentralisierung der Lagerstätten und die Verringerung der CO_2-Emissionen, die durch den Transport entstehen, notwendig sind.

Der Transport über Pipelines oder Tankwagen auf Straßen oder Schienen ist grundsätzlich anfällig für Unfälle und Leckagen. (14)

Quellen

(1) https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/grundwasser/nutzung-belastungen/carbon-capture-storage#grund-legende-informationen
(2) https://www.gfz-potsdam.de/startseite/
(3) https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/07/SR1.5-SPM_de_barrierefrei.pdf
(4) https://de.statista.com/statistik/daten/studie/153528/umfrage/co2-ausstoss-je-einwohner-in-deutschland-seit-1990/
(5) https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7051/file/7051_CCS.pdf
(6) https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/09/acatech_POSITION_CCU_CCS_WEB-002_final.pdf
(7) https://www.iea.org/reports/direct-air-capture
(8) https://www.energate-messenger.de/news/188676/ccs-gesetz-verpufft-wirkungslos
(9) https://www.bmu.de/gesetz/gesetz-zur-demonstration-der-dauerhaften-speicherung-von-kohlendioxid/
(10) https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/bilanz-umweltbundesamt-1730880#:~:text=In%20welchem%20Bereich%20sind%20die,der%20mit%20Abstand%20gr%C3%B6%C3%9Fte%20Minderungsbeitrag
(11) https://www.youtube.com/watch?v=Ka2CuG9zt4A&t=159s
(12) https://www.globalccsinstitute.com/news-media/insights/where-does-ccs-feature-in-the-european-green-deal/
(13) https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2019/12/GCC_GLOBAL_STATUS_REPORT_2019.pdf
(14) https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF-CCU-Final.pdf
(15) https://www.bcg.com/publications/2019/business-case-carbon-capture
(16) https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/kohlendioxid_2008.pdf
(17) https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/e/erdbeben-induziertes.html
(18) https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/world-large-scale-ccus-facilities-operating-and-in-development-2010-2020
(19) https://www.ifo.de/DocDL/sd-2016-05-lessmann-steinkruas-kzk-ccs-2016-03-10.pdf
(20) https://carbonengineering.com

Disclaimer

1. Die vorliegende Unterlage und die darin zusammengestellten Daten und Fakten sind ausschließlich für den Verein für Umweltmanagement und Nachhaltigkeit in Finanzinstituten e.V. (VfU) und seine Mitglieder bestimmt und dürfen nicht ohne Rücksprache mit dem VfU an Dritte weitergegeben werden.

2. Die Unterlage wurde vom VfU in Kooperation mit dem NKI – Institut für nachhaltige Kapitalanlagen, München, erstellt. Die Daten und Fakten wurden mit größter Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Das Institut weist dennoch darauf hin, dass sämtliche in dieser Unterlage dargestellten Informationen keinen Anspruch auf Vollständigkeit, Richtigkeit und Aktualität erheben. Jegliche Haftung im Zusammenhang mit der Nutzung dieser Unterlage, der darin enthaltenen Informationen und ihrer Nutzung ist ausgeschlossen.

3. Der VfU weist darauf hin, dass diese Unterlage, insbesondere die darin befindlichen Bilder, Texte, Grafiken, das Layout und das Logo des VfU dem Urheber- und Markenrecht unterliegen.