



**CCS (Carbon Capture and Storage):
Falsche Weichenstellung
verhindern!**

Inhalt

Zusammenfassung des BUND Standpunkts und Forderungen	2
Hintergrund zu den Plänen der Bundesregierung	6
BUND Standpunkt zu CCS: Falsche Weichenstellung verhindern!	9
I. Erhebliche Risiken für Klima- und Umweltschutz. Ewigkeitslast	9
II. Falsche Weichenstellungen	11
III. Was sind die Alternativen	14
Literaturverzeichnis	17

Zusammenfassung des BUND Standpunkts und Forderungen

Hochlauf von CCS als Ersatz für Emissionsreduzierung

Die Bundesregierung plant aktuell die Technologie der Abscheidung und Deponierung von CO₂ (Carbon Capture and Storage – CCS) im industriellen Maßstab als vollwertigen Ersatz für Emissionsreduzierungen anzuerkennen und staatlich subventioniert durchzusetzen. Dazu soll der schnelle Auf- und Zubau einer deutschlandweiten CCS-Infrastruktur (z. B. Anlagen für CO₂-Abscheidung und Verflüssigung, Pipelines, Häfen) gefördert werden. Zusätzlich erwägt die Bundesregierung, CO₂-Deponien an Land oder unter der Nordsee zu erlauben.

Zur Umsetzung strebt sie gravierende gesetzliche Änderungen an (u. a. Klimaschutzgesetz, London Protokoll zum Meeresschutz, Kohlendioxidspeicherungsgesetz). Gleichzeitig werden Unternehmen der emissionsintensiven Industrie über Differenzverträge und das Förderprogramm „Dekarbonisierung der Industrie“ hohe Subventionen für Anlagen für CCS oder für die Nutzung von „blauem“ Wasserstoff (aus Erdgas mit nachfolgender CO₂-Abscheidung) in Aussicht gestellt. Der nach Protesten vor 10–15 Jahren erreichte gesellschaftliche Konsens gegen fossiles CCS und CO₂-Deponien wird von der Bundesregierung aufgekündigt.

Der BUND bewertet CCS als ökologisch, ökonomisch und gesellschaftspolitisch in höchstem Maße gefährlich, denn es dient einem Pfadwechsel zurück in die fossile Sackgasse.

Dabei verlieren Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft insgesamt – es gewinnt die alte fossile Industrie in neuem Gewand. Kern des CCS-Konzepts ist es, den atmosphärischen Müll der Industrieproduktion nicht zu vermeiden, sondern unter hohem Energieaufwand teilweise einzufangen und möglichst dauerhaft zu deponieren. Deponierung ist aber nicht gleichwertig mit Vermeidung; es ist das alte Wegwerfmodell des Wirtschaftens in neuer Dimension und der Gegenentwurf zu einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft.

Die aktuelle pro-CCS Politik der EU und anderer Industriestaaten sendet ein fatales Signal an Investoren weltweit und lenkt Milliarden in Abscheidungstechnologie, Pipelines und unterirdische Lager statt in CO₂-Emissionsreduktion (Economist, 2023). In der Industrie werden damit Erwartungen erzeugt, die zu weniger Investition in die CO₂-Vermeidung führen. Es muss verhindert werden, dass Deutschland und die EU einer solchen Fehlentwicklung Vorschub leisten, die die Überschreitung der 1,5 Grad Grenze wahrscheinlicher macht.

CCS verursacht zusätzliche Emissionen und bremst Ausbau der Erneuerbaren

Die Bundesregierung nennt CCS eine Klimaschutzpolitik, dabei ist CCS eine fragwürdige Technik: 10–50 % der CO₂-Emissionen werden (je nach Verfahren) nach wie vor freigesetzt. Ob das Klimaabgas nach der Verpressung dauerhaft unterirdisch verbleibt, ist ungewiss. Der Einsatz von CCS verbraucht immens viel Energie, die systemweit den Verbrauch fossiler Energie erhöhen wird, solange regenerative Energie nicht ausreichend zur Verfügung steht. Die angekündigten CCS-Subventionen (z. B. für die Nutzung „blauen“ Wasserstoffs, für Abscheideanlagen und deren Betriebskosten) reizen diesen steigenden Energieverbrauch an, so dass ein ressourcenschonender Ausbau der Erneuerbaren mit der wachsenden Energienachfrage nicht Schritt halten kann.

CCS verlängert die fossile Welt

CCS kann keine Lösung sein, denn die Technik ist nach aktuellen Erkenntnisstand nicht „skalierbar“, d. h. auf die für den Klimaschutz notwendigen Mengen in den verfügbaren Zeiträumen (von ca. zwei Jahrzehnten) ausbaubar. Staatliche Akzeptanz von CCS als „Klimaschutz“ bedeutet jedoch für die fossile Wirtschaft weltweit einen entscheidenden Zeitgewinn, während sie weiterhin Gas, Kohle und Öl profitabel ausbeuten kann. Der norwegische Staat hat entsprechend 2023 über 70 neue Gasfelder in der [Arktis](#) ausgewiesen.

Die CCS-Technik birgt massive Umwelt- und Gesundheitsrisiken

In der Nähe von CO₂-Endlagern drohen Schäden für marines Leben, Grundwasser und Böden. Der industrielle Zubau für eine neue CCS-Infrastruktur wird Ökosysteme (natürliche Senken!) schädigen und zerstören. Die Luftverschmutzung durch die chemische CO₂-Abscheidung mit Aminen kann krebserregend wirken. Ein CO₂-Transportnetz birgt Gefahr: aufgrund der [Havarie](#) 2020 einer CO₂-Pipeline mussten 45 Personen im Krankenhaus behandelt werden.

Dekarbonisierung der Grundstoffindustrie entgleist

Hersteller von Grundstoffen wie Plastik, Düngemittel und Zement, Stahl, Glas und Papier stehen vor Investitionen, die die Produktion kommender Jahrzehnte bestimmen werden. Die Freistellung von der Zertifikatspflicht für CCS-Nutzer und erwartete Subventionen für CCS werden jedoch die Kosten für energie- und emissionsintensive Produktionsweisen und Produkte im Vergleich zu Vermeidungsstrategien senken. Ein CCS-lock-in wird den sozial-ökologischen Umbau der Grundstoffindustrie und damit auch der nachgelagerten Produkte verhindern. Ein erfolgreich begonnener Pfadwechsel wird entgleisen.

Es entsteht ein quasi-monopolistisches Geschäftsmodell für die fossile Industrie

Die staatlich subventionierte Durchsetzung von CCS (von der F&E-Förderung bis zur Pipeline-Infrastruktur) erzeugt hohe Kosten und volkswirtschaftliche Ineffizienz, die den Industriestandort Deutschland insgesamt schwächen. Technischer Fortschritt und Innovation werden fehlgeleitet. Kostenentlastungen sind selbst für die Schwerindustrie nicht zu erwarten, da das CCS-Oligopol Kostenvorteile abschöpfen wird. Sobald die geeigneten Marktbedingungen durchgesetzt sind (Regulierung, Subventionierung, Infrastruktur-Aufbau), entsteht für das Oligopol eine „Lizenz zum Gelddrucken“. Regierung und Parlament wirken mit an der Schaffung monopolistischer Positionen, deren politischer Einfluss kaum zu kontrollieren ist und daher eine Schwächung der Demokratie bedeutet.

Generationenübergreifende Kosten und Haftung

Die Sicherung der Pipelines, Deponien und des Handels mit CO₂ würde über Jahrhunderte staatliche Überwachung und Haftung erfordern. Eine Institution dafür gibt es nicht. Sobald die Profite abgeschöpft sind und das Geschäftsmodell stagniert, werden die Schäden und Kosten der Gesellschaft aufgebürdet. Es wird also ein CCS-Markt geschaffen, der kurzfristige private Gewinne ermöglicht, indem die langfristigen Kosten externalisiert werden. Insgesamt bedeuten die hohen ökologischen und Klimaschutz-Risiken, dass hier eine nicht-nachhaltige Lösung durchgesetzt werden soll, eine neue Form der Lastverschiebung auf zukünftige Generationen.

Bioenergie-CCS verstärkt Abholzung, Monokulturen und Landgrabbing

Obwohl das Verbrennen von Biomasse im industriellen Maßstab energetisch höchst ineffizient ist, würden die finanziellen Anreize durch die CCS-Subventionen steigen. Dies könnte den Verwertungsdruck auf Wälder und andere Flächen weltweit verstärken mit den bekannten politischen, menschenrechtlichen und ökologischen Gefahren und Schadwirkungen. Die Bundesregierung konterkariert damit den Vorrang der stofflichen vor der thermischen Biomasseverwertung und unterminiert die Glaubwürdigkeit ihrer eigenen Strategien wie der Bioökonomie- und der Biomassestrategie.

Fazit

Ein staatlich geförderter Hochlauf von CCS ist ein Generalangriff auf den Klimaschutz. Es gilt, den lobbygetriebenen Pfadwechsel von der De- zur Rekarbonisierung zu verhindern. Verantwortungsvolle Klimaschutzpolitik darf nicht auf CCS setzen, insbesondere solange Fossile noch eingesetzt werden.

Politische Forderungen

- 1. Subventionierung und Deregulierung zur Förderung des Hochlaufs von CCS, auch des Aufbaus einer Pipeline-Infrastruktur, müssen ersatzlos eingestellt werden.** Keine Ausnahmeregelungen von Anwendungs- und Exportbeschränkungen (KSpG, London Protokoll) und vom Haftungsrecht.
- 2. CCS ist eine end-of-pipe-Technologie, die nicht als gleichwertig mit CO₂-Vermeidungsoptionen anerkannt werden darf.** Es darf Unternehmen oder Sektoren nicht in Aussicht gestellt werden, mit CCS ihre Emissionen kompensieren oder verrechnen zu können, auch nicht hinsichtlich gesetzlicher oder vertraglicher Reduktionsverpflichtungen. Die Bundesregierung muss auch in der EU darauf hinwirken, Privilegierungen von CCS, darunter die Ausnahme von der Zertifikatspflicht im EU-ETS, zurückzunehmen.
- 3. Alle Kraft und Finanzmittel, Investitionen und Innovationsaktivität müssen sich auf den Reduktionspfad konzentrieren.** Dieser ist zu schaffen, wenn die Reduktion des Energie- und Rohstoffverbrauchs in den Mittelpunkt gestellt und die Innovationsaktivität darauf ausgerichtet wird. Langfristig gibt es dann nahezu keine „Rest-Emissionen“ die „unvermeidbar“ sind; sie werden allerdings sehr teuer sein. CO₂-Emissionen aus Zementherstellung und Müllverbrennung lassen sich durch Kreislaufwirtschaft in der Baustoffindustrie und eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Baupolitik sowie Investitionen in materielles Recycling und Abfallvermeidungsmaßnahmen auf kleine Restmengen verringern. Anzahl und Volumen der Müllverbrennungsanlagen muss zurückgeführt werden, auch weil sonst eine Kreislaufwirtschaft nicht möglich ist. Schwer vermeidbare Emissionen aus der Landwirtschaft werden durch Ökologisierung und durch Verringerung des Tierbestands signifikant reduziert
- 4. Die Priorität des natürlichen Klimaschutzes ist gesetzlich festzuschreiben und in öffentlichen Haushalten mit finanziellen Mitteln zu hinterlegen.** Der BUND sieht Senkenpotenziale in der Wiederherstellung degradierter Umweltsysteme wie Wäldern, Mooren und Böden sowie ihrem Schutz. Natürlicher Klimaschutz wirkt

dem Massenartensterben entgegen und hat weitere Co-Benefits. Emissionsvermeidung und die Stärkung von Senken sind zwei inhärent verschiedene, sich ergänzende Strategien.

- 5. Die Carbon Management Strategie darf nicht auf CCS setzen, sondern muss die anderen strategischen Optionen für die Dekarbonisierung stärken:** Substitution (von Energieträgern und Rohstoffen), Effizienzsteigerung und – viel stärker als bisher – Verbrauchsreduzierung (Suffizienz). Dazu muss die gesamte Instrumentenpalette genutzt werden – vom Ordnungsrecht (z.B. Festlegung von Ausstiegsdaten, Ressourcenschutzgesetz) bis zu Preissignalen (Zertifikate).
- 6. Die staatliche Unterstützung für CCS zielt letztlich nicht auf die kleinen Restmengen, die bei konsequenter Klimapolitik in 2045/50 noch verbleiben.** Als großtechnische Lösung ist sie auf dauerhaft hohe CO₂-Mengen aus der Industrie angewiesen – mit all den genannten Schadwirkungen – und somit eine Richtungsentscheidung in der Klimapolitik. **Daher ist eine umfassende Folgenabschätzung erforderlich, die Klima- und Umweltwirkungen ebenso umfasst wie gesellschaftliche Folgekosten.**
- 7. CCS darf nicht mit der geplanten Novelle des Klimaschutz-Gesetzes verankert werden.** Im Entwurf der Bundesregierung ist ein § 3b „Beitrag technischer Senken“ für CCS vorgesehen. Dieser Paragraph muss ersatzlos gestrichen werden. Er bereitet faktisch eine falsche Weichenstellung vor. Zwar heißt es: „Die Klimaschutzziele nach § 3 Absatz 1 bleiben unberührt.“ Notwendig wäre aber der Zusatz: „Eine Anrechnung gespeicherter Mengen erfolgt nicht.“ Nicht hinnehmbar ist die verfassungsrechtlich fragwürdige „Ermächtigung“ der Bundesregierung in der entscheidenden Frage der Festlegung der Ziele für die Rest-Emissionen. Damit wird sowohl der Bundestag als auch der Bundesrat ausgeschaltet. Die Länder als potenzielle Deponie-Standorte haben aber hier ein essentielles Interesse.

Hintergrund zu den Plänen der Bundesregierung

CCS in Deutschland

In Deutschland ist CCS seit 10 Jahren nach gesellschaftlichen Protesten gegen den Einsatz von CCS zur Verlängerung der Laufzeit von Kohlekraftwerken durch das Gesetz zur Demonstration der dauerhaften Speicherung von Kohlendioxid (KSpG) reguliert und ist nur zu Demonstrations- Erprobungs- und Forschungszwecken erlaubt; die Bundesländer haben sich ein Vetorecht vorbehalten und angewandt. Genehmigungsfristen sind verstrichen; eine Evaluation sollte über die weitere Anwendung entscheiden.

Im Vorfeld des im KSpG angelegten [Evaluierungsberichtes 2022](#) haben bereits Vorfestlegungen für den „Hochlauf einer CCS Wirtschaft“ stattgefunden, von Industrieinteressen maßgeblich beeinflusst und weitgehend unter Ausschluss der Öffentlichkeit. Die Öffentlichkeit wird im Bericht vielmehr als Risiko für die Durchsetzung der Technologie eingeordnet. Im Koalitionsvertrag 2021 der regierenden Parteien fand CCS keine Erwähnung, jedoch die Notwendigkeit von technischen Negativemissionen; eine Strategie „zum Umgang mit den etwa 5 Prozent unvermeidbaren Restemissionen“ wird darin angekündigt.¹

Pläne der Bundesregierung

Die Bundesregierung hat Ende 2022 per Evaluierungsbericht zum KSpG die Notwendigkeit der Etablierung einer CCS Infrastruktur für die Treibhausgasneutralität der Industrie gesetzt.² Ohne Abwägung von Folgewirkungen und Risiken des Einsatzes der CCS-Technik Richtungsentscheidung gibt sich die Exekutive den Auftrag „grundsätzliche“ und „anwendungsorientierte Rechtssicherheit“ für die Errichtung von Anlagen der CCS-Pro-

zesskette (Abscheidung, Transport, Nutzung, Endlagerung von CO₂) zu schaffen. Sie empfiehlt eine Reihe konkreter Gesetzesänderungen in verschiedenen Rechtsbereichen (KSpG, Immissionsschutz, Int. Meeresschutz u. a.) wie sie teilweise auch in Lobbypapieren zu finden sind. Offen bleibt, ob die CO₂-Endlagerung an Land in Deutschland erlaubt werden soll.

Anfang 2023 vervollständigte sich das Bild als Minister Habeck auf Besuch in Norwegen Kooperationen für den Import von blauem Wasserstoff sowie den Export von CO₂ und den Bau von H₂- und CO₂-Pipelines durch die Nordsee [vereinbarte](#). Er überraschte in Deutschland auf [Podien](#) der Industrie mit seiner Unterstützung für deren CCU/S-Pläne und kündigte an, dafür den Meeresschutz (London Protokoll) einschränken zu wollen.³

Ökonomische Anreize für CCS

Die CCS-Technik ist laut jüngstem Bericht des Weltklimarats teurer als alle bekannten Optionen zur Vermeidung von CO₂-Emissionen.⁴ Dennoch wurden und werden in Brüssel wie in Deutschland für CCS enorme ökonomischen Anreize geschaffen: CCS ist Teil der [Taxonomie](#) für nachhaltige Finanzprodukte. Eine relativ unbekannte Ausnahmeklausel im EU-ETS befreit industrielle Emittenten seit 2018 von der Zertifikatspflicht, wenn das CO₂ mit dem Ziel der Deponierung weitergeleitet wird.⁵ Auch die Haftung für Leckagen geht auf den Transporteur über. Mit der Novellierung des EU-ETS im Februar 2023 wurde diese Ausnahme auf alle Transportmodi (nicht nur Pipeline) erweitert. Entsprechend ihres Vorschlags für einen EU Net Zero Industry Act vom März 2023 will die EU-Kommission den CCS-Hochlauf u. a. mittels eigener Ausbauziele für CO₂-Endlager forcieren.

¹ In diesem Papier wird – wie in der aktuellen Debatte – CCS, Carbon Capture and Storage, synonym mit industriellem CCS verwandt, also Abscheidung von CO₂ – am Industrieschlot, bei der Erdgasaufbereitung oder an Kraftwerken – sowie dessen Transport und das Verpressen. Es handelt sich bei industriellem CCS nicht um CO₂-Entnahmen oder Negativemissionen (Carbon Direct Removal, CDR), also Abscheidung von CO₂ direkt aus der Atmosphäre (historische Emissionen). Zu den sog. Negativemissionstechniken werden sehr unterschiedliche Methoden gezählt, darunter auch die Gewinnung von CO₂ aus der Umgebungsluft mit Abscheidung und Endlagerung (Direct Air Carbon Capture and Storage, DACCS) und Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Endlagerung (Bioenergy carbon capture and storage, BECCS). Dennoch gibt es eine Verbindung zwischen fossilem CCS und Negativemissionen: Der Hochlauf einer Infrastruktur für die Endlagerung von industriellem CO₂ hätte faktisch zur Folge, dass industriellen Akteuren der Einsatz von Bioenergie-CCS (BECCS) systematisch ermöglicht wird. Zu den Folgen siehe S. 13.

² (Bundesregierung, 2022), S. 146: „Der Vergleich von nationalen und internatio-

nen Studien (...) zeigt auf, dass Treibhausgasneutralität in Deutschland, Europa und global nur mit dem Einsatz von CCU/S zumindest in der Industrie und dem Abfallsektor sowie der (gegebenenfalls auch Sektor übergreifenden) Entwicklung von CDR-Methoden realistisch scheint.“

³ Dies wäre möglich durch eine Ratifizierung oder auch nur provisorische Anwendung einer Änderung (2009) des Artikel 6 des Übereinkommens über die Verhütung der Meeresverschmutzung durch das Versenken von Abfällen und anderen Stoffen (London Protokoll) ([Webseite der International Maritime Organization](#)).

⁴ (IPCC, 2022 S. 51) Abbildung SPM.7 Überblick über die Minderungsoptionen und ihre geschätzten Kostenbereiche und Potenziale im Jahr 2030

⁵ Vgl. dazu (Becker, Büttner, Held, 2022) S.16: „Auch im EU ETS unterliegt die dauerhafte geologische Speicherung einer Privilegierung nach Art. 49 Abs. 1 [Monitoring-Verordnung](#), wonach ein Anlagenbetreiber bei einer Weiterleitung von CO₂ durch eine Pipeline die Emissionen von seiner Anlage abziehen darf und hierfür keine Zertifikate aufbringen muss. Die Verantwortlichkeit für mögliche Leckagen wird an den Pipelinebetreiber abgegeben.“

Förderungen aus EU-Mitteln (Innovationsfonds, EU-Horizont u. a.) für CCS werden im Milliardenhöhe schon seit über 15 Jahren vergeben: laut einer [Untersuchung](#) des Europäischen Rechnungshofes, ohne Ergebnisse zu erzielen (Europäischer Rechnungshof, 2018).

In Deutschland arbeitet das BMWK unter Minister Habeck seit Mitte 2022 intensiv an Förderrichtlinien (Programm Dekarbonisierung der Industrie; Klimaschutzverträge) um Anlagen der CCS-Kette wie auch explizit solche zur Nutzung von fossilem CCS-Wasserstoff direkt zu subventionieren. Mit dem Instrument Klimaschutzverträge sollen neben Investitions- auch Betriebskosten aus der öffentlichen Hand finanzierbar sein, womit z. B. für CO₂-Abscheideanlagen die Kosten des hohen zusätzlichen Energieverbrauchs finanziert würden. Insgesamt sind im Bundeshaushalt für diese Programme bis 2040 knapp 50 Mrd. Euro, also fast 3 Mrd. € pro Jahr in Aussicht gestellt (für alle, nicht nur CCS-Projekte).⁶ Ein vom BMWK und der dena geleiteter Stakeholder-Prozess soll innerhalb von wenigen Monaten eine „Carbon Management Strategie“ erarbeiten. Der Aus- und Zubau von CCS ist dabei als alternativlos gesetzt, am Ende soll ein Infrastrukturplan stehen. Die Industrie ist unter den ca. 80 Teilnehmenden stark vertreten mit Verbänden der Energie- und Grundstoffindustrie sowie CCS-Anbietern (z. B. OGE, Fluxys, Exxon, Thyssenkrupp) teil.

Industrie

Die auf EU-Ebene begonnene Bevorteilung von CCS durch die Befreiung von der Zertifikatspflicht und finanzielle Förderungen sowie die von der Bundesregierung Ende 2022 angekündigten umfangreichen Subventionen für CCS haben in den vergangenen Monaten industrie-

seitig Investitionsvorhaben für einen Hochlauf einer CCS-Wirtschaft mit großskaliger CCS-Infrastruktur eingeleitet:

Als Anbieter für CCS-Infrastruktur positionieren sich mehrere Akteure der Gas- und der chemischen Industrie: Open Grid Europe (OGE), ehemals Ruhrgas AG, plant ein deutschland-weites [Pipelinennetz](#). Der deutsche Gaskonzern Wintershall Dea und der belgische Gaskonzern Fluxys planen ebenfalls ein CO₂-[Leitungsnetz](#) von süddeutschen Industriestandorten über BASF-Standort Ludwigshafen durch Belgien nach Zeebrugge.⁷ Der deutsche Konzern kooperiert auch mit dem norwegischen Konzern Equinor für die Errichtung und den Betrieb von CO₂-Pipelines und Deponien unter der Nordsee.⁸ In Wilhelmshaven will Wintershall die [Produktion](#) fossilen (CCS-) Wasserstoffs beginnen und ein CO₂-Exportterminal betreiben. Mutterkonzern BASF hat im Sept 2022 die Produktion von CO₂-Abscheideanlagen in modularer Bauweise für alle Industrie-Branchen angekündigt, z. B. „[Onboard CCS](#)“ für Containerschiffe. Auf der Nachfrageseite interessieren sich die Verbände der emissionsintensiven Branchen Stahl, Zement, Kalk, Chemische Industrie, Müllverbrennung und ggfs. auch Düngemittel, Glas und Papier für die CCS-Option. Für all diese Branchen ist die CCS-Technik bisher nicht oder kaum erprobt.

Die CCS-Technik wurde in den 1970er Jahren im Zusammenhang mit der Aufbereitung von Erdgas und der Ölförderung erfunden. Bis heute ist der einzig wirtschaftlich erfolgreiche Einsatz von CCS die Verpressung von CO₂ in sich erschöpfende Ölfelder oder Gaskavernen um die Ausbeutung zu intensivieren.⁹ Schätzungsweise drei Viertel (28 Mt/a) des weltweit abgeschiedenen CO₂ wird

⁶ Das Förderprogramm wurde entsprechend neu benannt zu Programm „Dekarbonisierung und Carbon Management der Industrie.“ Mittel sind VE wie im Bundeshaushalt 2023 vermerkt.

⁷ Das OGE Pipelinennetz soll in seiner ersten Version ca. 1000 km Länge bis 2030 erreichen und eine Kapazität von 18,8Mt. (Fleiter, et al., 2021 S. 84) im Auftrag des BMWK projizieren ein CO₂-Netz 2050 von bis zu 2800 km Länge. Die aktuelle Regulierung (keine Unbundling-Vorschriften) erlaubt, dass CCS-Anbieter eigenständige Infrastrukturen aufbauen können. Die Bundesregierung erwägt die Subventionierung von Netzentgelten für den Hochlauf. Darüber hinaus sind grenzüberschreitende CO₂-Infrastrukturen als europäische PCLs (Projects of Common Interest) vorgesehen. (Bundesregierung, 2022 S. 155).

⁸ Das CO₂ soll von Wilhelmshaven an der deutschen Küste aus zu geeigneten Lagerstätten in Norwegen transportiert werden. Während einer ersten Phase ist der Transport per Schiff vorgesehen. Eine Pipeline soll ab 2037 eine Kapazität von 20 bis 40 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr befördern. (Q: <https://wintershalldea.com/de/woran-wir-glauben/wasserstoff-und-ccs>)

⁹ (Bundesregierung, 2022 S. 83) In der Übersicht aller 30 kommerziellen CCS Projekte sind lediglich 3 ohne Verbindung (Entstehung oder Verwendung des CO₂) zu Öl- und Gasproduktion oder Kohle. Beide norwegischen CCS-Projekte scheiden das CO₂ bei der Erdgasaufbereitung zu LNG ab.

zu diesem Zweck an die fossile Industrie verkauft. CCS an Kraftwerken hingegen hat sich als erfolglos erwiesen, die Failure-Rate liegt bei 90% (Robertson, 2022). Nur wenige Anlagen, die weltweit in Betrieb sind, zielen auf die Endlagerung von meist fossilem CO₂, mit einer theoretischen Gesamtkapazität von ca. 7 Mt/a¹⁰, wobei die tatsächliche Performance oft deutlich darunter liegt (Robertson, 2022). Die weltgrößte CCS-an-LNG Anlage in Australien ist dabei ein beachtenswertes Beispiel für den technischen Misserfolg und die verheerende Gesamtemissionsbilanz der CCS-Technik.¹¹

Angesichts der Unterstützung für die CCS-Technik durch Staaten mit fossiler oder emissionsintensiver Industrie stellt der internationale Finanzmarkt mittlerweile **Billionen** für erhofftes zukünftiges Endlagern von CO₂ bereit (Economist, 2023).

CCS in den IPCC Szenarien

Der aktuelle sechste Sachstandsbericht 2021/2022 (AR6) betont die Gefahren, die entstehen, wenn Regierungen und Industrie sich auf die künftige Verfügbarkeit problematischer Technologien wie CCS und andere Geoen지니어ing-Ansätze verlassen, während die Maßnahmen zur sofortigen, dringenden und drastischen Reduzierung der Emissionen gefährlich unzureichend sind. Gleichzeitig werden in dem Bericht der Arbeitsgruppe III (Minderung des Klimawandels) auch solche Pfade als 1,5-Gradkompatibel betrachtet, die zwar den Zielwert überschreiten („Overshoot“), aber in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts durch „negative Emissionen“ die Erwärmung stoppen und auf 1,5-Grad zurückführen. Das Festhalten an Negativemissionen (BECCS, DACCS) und an CCS im großen Maßstab in den vom IPCC ausgewerteten Szenarien der Arbeitsgruppe III wird mit der Höhe der unvermeidlichen Restemissionen gerechtfertigt. Grund-

lage dieser Berechnungen sind jedoch Szenarien, die auch bis 2050 auf den Einsatz erheblicher Mengen an fossilen Brennstoffen setzen, so 55% des Erdgasverbrauchs von 2019. (BUND, 2023).¹² Dies obwohl CCS und BECCS deutlich jeweils als teuerste und unzuverlässigste Option im Energiesektor oder zur Dekarbonisierung von Industrien ausgewiesen werden (IPCC, 2022, p. 38, [Grafik WG3 spm7](#)). Würde entsprechend in den Szenarien des Weltklimarates rechnerisch auf BECCS und CCS verzichtet, ergäbe sich ein knapperes Kohlenstoffbudget und ein ambitionierter Reduktionspfad mit klaren Ausstiegszielen aus fossilen Energien (Anderson & Calverley, 2022).

Methodische Vorfestlegungen der verwendeten Modelle führen zu der fossilen Kontinuität mit hohem Einsatz von Negativemissionen in den vom IPCC ausgewerteten Szenarien (Spangenberg & Polotzek, 2019). Zum Beispiel postulieren die Szenarien ein unrealistisches kontinuierliches Wachstum in den Industrieländern bis 2050 und darüber hinaus (Kurz, et al., 2019).¹³ Schwer wiegt auch die Kritik, dass globale Ungleichheit in den Szenarien bis 2100 fortgeschrieben wird. Tatsächlich geben die vom IPCC ausgewerteten Szenarien das Bild wieder, fortgesetzter übermäßiger Energieverbrauch im globalen Norden könne durch Beanspruchung enormer Landflächen im globalen Süden für negative Emissionen kompensiert werden. (Hickel & Slameršak, 2022). Einige der Kritikpunkte an vergangenen Berichten wurden erstmals berücksichtigt und weisen in eine neue Richtung, z. B. sind im aktuellen Bericht Minderungsoptionen über eine Steuerung der Nachfrageseite beschrieben.

¹⁰ Errechnet aus (Bundesregierung, 2022), Übersicht aller kommerziellen CCS Projekte S. 83

¹¹ Das sog. Gorgon-Projekt in Australien hat als weltgrößte CCS-an-LNG Anlage (angebliche Verpressung 3,4–4 Mt/a) gleichzeitig die schlechteste Performance. Während die in einem Naturschutzgebiet errichtete Anlage zur Ausbeutung und Aufbereitung von Erdgas in wenigen Jahren zum größten industriellen Emittenten des Kontinents avancierte, konnte sich der Betreiber Chevron von nicht erfüllten Verpflichtungen zur Verpressung mit günstigen freiwilligen CO₂-Zertifikaten freikaufen. (Robertson, 2022) <https://www.theguardian.com/environment/2022/jul/16/gas-giant-chevron-falls-further-behind-on-carbon-capture-targets-for-gorgon-gasfield>

¹² Die Kontinuität von fossiler Energie in Kombination mit CCS wird in den IPCC Szenarien unter Verwendung des Begriffs „abated“ fossil fuels (geminderte fossile Brennstoffe) etabliert.

¹³ Im 6. IPCC Bericht finden sich bei genauer Lektüre einige deutliche Empfehlungen in Richtung auf eine wachstumsbefreite Klimapolitik verbunden mit dem Hinweis auf die Notwendigkeit, eine höhere Zahl von Degrowth-Szenarien beim IPCC einzureichen (Ch.3 p.116). (Parrique, 2022)

BUND Standpunkt zu CCS: Falsche Weichenstellung verhindern!

I. Erhebliche Risiken für Klima- und Umweltschutz. Ewigkeitslast

Negative Klimawirkung:

Die Behauptung, das industrielles CCS das Klima schützt, ist weder erwiesen noch realistisch und beruht auf Ausblendung bedeutender Emissionsmengen und Ressourcenverbräuche:

Die **Treibhausgasbilanz der CO₂-Abscheidung** kann schon deswegen nicht null sein, weil immer nur ein Bruchteil der entstehenden CO₂-Emissionen abgeschieden werden kann und der Rest in die Atmosphäre entweicht.¹⁴ Hinzu kommen Emissionen aus der Erdgasvorkette, beispielsweise Methanschleupf, die teilweise eine substantielle Treibhauswirkung haben.

Effizienzverlust bremst Energiewende: Da durch die Abscheidungstechnik außerdem ein hoher zusätzlicher Energiebedarf entsteht, bedeutet der Einsatz von CCS einen je nach Industriezweig hohen bis massiven energetischen Effizienzverlust und zusätzlichen Verbrauch fossiler Brennstoffe solange regenerativ erzeugte Energie nicht ausreichend zur Verfügung steht.¹⁵ Energieeinsparung und Energieeffizienz sind jedoch Kernelemente der Energiewende, um den Ausstieg aus den Fossilen tatsächlich zu vollziehen und den raschen und ressourcenschonenden Ausbau der Erneuerbaren Energien zu gewährleisten.¹⁶

Rebound Effekte: Wegen der vermeintlichen Klimaneutralität der mit CCS in der Wertschöpfungskette hergestellten Grundstoffe und Produkte sind außerdem Rebound-Effekte zu erwarten.

Langfristige Emissionsrisiken der CO₂-Endlager: Die Gasindustrie gibt an, das CO₂ in salinen Aquiferen und ausgebeuteten Gas- oder Ölfeldern, verpressen zu wollen wo es dauerhaft von der Atmosphäre isoliert bleiben soll. Für den Klimaschutz akzeptable Leckageraten sollten 0,01%/Jahr nicht übersteigen. (BUND, 2011). Bei salinen Aquiferen können Leckagen die Folge natürlicher unerkannter Undichten oder durch Erdbeben infolge der Gas-Verpressung erzeugt worden sein. Ein weiteres Leckagerisiko sind Alt-Bohrungen, für die nicht bekannt ist, ob sie hinreichend gasdicht und **korrosionsfest** verfüllt worden sind. (Krupp, 2010) (Zero Emissions Plattform, 2022 S. 23)^{17 18}. Neuere Messungen an erschöpften Erdgasfeldern zeigen zudem signifikante Methanemissionen (Lebel et al. 2020), die durch die Druckverhältnisse entstehen (Vielstädte 2017) und nach einer CO₂-Verpressung zunehmen könnten. Die für den Klimaschutz notwendige dauerhafte Dichtigkeit von CO₂-Endlagern ist wissenschaftlich nicht belegt (Meyer-Ohlendorf, et al., 2023). So entstehen neue gesellschaftliche „Klumpenrisiken“, weil alle Akteure dem gleichen Prinzip folgen. Der BUND geht daher von langfristigen Emissionsrisiken durch CO₂-Deponien aus.

Unbeachtete indirekte Klimaschäden durch Infrastrukturausbau. Durch den massiven Infrastrukturaufbau, der für den Hochlauf einer CCS Wirtschaft mit einer Vielzahl von Abscheideanlagen, umfassenden Pipelinenetzen, Zwischenspeichern und Terminals nötig ist, würden ein hoher Rohstoffeinsatz und zusätzliche, nicht beachtete Emissionen verursacht. Ebenfalls unbeachtet bleibt die Schädigung oder Zerstörung von Landschaften und Meeresumwelt und damit die Verringerung ihrer natürlichen Senkenfunktion.

¹⁴ Die Abscheiderate ist z. B. bei der Herstellung von LNG aus Erdgas 80%, bei der Herstellung von Wasserstoff zwischen 53% und 93%. Der Rest entweicht in die Atmosphäre.

¹⁵ Das **Umweltbundesamt** schätzt den Mehrverbrauch an Primärenergie durch CCS (an Kraftwerken) auf 40%. (Umweltbundesamt) Die Zementindustrie rechnet nach mündlicher Aussage von Industrievertretern mit Verdopplung, die Kalkindustrie mit einer Verdreifachung des Primärenergiebedarfs bei Einsatz der CCS-Technik.

¹⁶ Auch wenn die Energie aus erneuerbaren Quellen käme, wären die ökologischen Folgen unvermeidbar, sowohl bei Biomassenutzung, die in Konkurrenz zu Nahrung und Naturschutz steht, wie bei Strom, denn für Solarpanels und Windrotoren werden größere Mengen knapper Rohstoffe benötigt.

¹⁷ Boettner et al. (2020), fanden dass an 28 von 43 untersuchten Alt-Bohrstellen Methan aus dem Meeresboden in die Wassersäule austrat. In der Nordsee gibt es über 20.000 Bohrlöcher. Vgl. auch die ausführlichen Regulierungen im **KSpG** und der **CCS-Richtlinie** der EU zu Leckagen. Aus **Sicht** der Versicherungswirtschaft ist die langfristige Deponierung von CO₂ nicht versicherbar (Held, 2011).

¹⁸ Für den in den USA üblichen Fall der CO₂-Verpressung mit Ziel der intensivierten Förderung von Öl oder Gas, welche laut CCS-Richtlinie der EU auch als CCS gilt, wird CO₂ wieder freigesetzt ohne als Emission zu gelten (Zero Emissions Plattform, 2022 S. 35).

Erhöhtes Overshoot-Risiko: Als besonders gravierend einzuschätzen ist, dass mit CCS eine Überschreitung der 1,5-Grad-Grenze (Overshoot) als „beherrschbar“ erscheint. So unterbleiben Reduktionsanstrengungen – und damit steigt das Overshoot-Risiko mit CCS im Vergleich zu ambitionierter tatsächlicher Emissionsreduktion ohne CCS. Zielprojektionen, die die Überschreitung der 1,5-Grad-Grenze in Kauf nehmen sind aus Sicht des BUND grundsätzlich abzulehnen, denn jedes Zehntelgrad verstärkt die Schäden deutlich, und macht einige davon unumkehrbar.

Hohe Umweltrisiken

CO₂-Abscheidung ist chemikalienintensiv: Umweltbelastungen bei der Abscheidungstechnik entstehen durch die je nach Industriegas eingesetzten Chemikalien. Die häufig verwendeten Amine können, falls sie z. B. bei Wartungsarbeiten oder Havarien austreten, zu gesundheitsschädlichen (krebserregenden) Stoffen umgewandelt werden. Hinzu kommen weitere mögliche schädliche Emissionen von Partikeln oder eventuellen Nebenbestandteilen der Abgase wie z. B. SO₂ und NH₃. Nach Abscheidung des CO₂ hat das verbleibende in die Atmosphäre emittierte Industrieabgas gegebenenfalls eine höhere Schadstoffkonzentration.¹⁹

Belastung von Ökosystemen durch CCS-Industrialisierung: Die zu errichtenden Anlagen für eine wachsende CO₂-Industrie in der Nordsee würden marinen Ökosystemen und deren natürlicher Senkenfunktion schaden. Es droht zudem eine weitere Industrialisierung der Nordsee mit Belastungen durch Pipelines, Anlagen und Schiffsverkehr sowie durch Lärm. Mögliche CO₂-Endlagerorte in der deutschen Nordsee liegen vor allem in ausgewiesenen Natura-2000-Gebieten (östliche Deutsche Bucht und Sylter Außenriff). (Krupp, 2010), (BUND, 2011). An Land

stellen unfallbedingte plötzliche CO₂-Freisetzungen aus den unter hohem Druck geführten Pipelines, wie kürzlich in USA geschehen, ein Risiko dar und können zu Erstickungen von Menschen und Tieren führen. In den USA leisten Landwirt*innen, Umweltbewegungen und indigene Gesellschaften Widerstand gegen den großtechnische Ausbau von CO₂ Pipelines.²⁰

Gefahren durch CO₂-Deponien an Land und unter dem Meeresboden: Das CO₂ wird für die Endlagerung mit hohem Druck verpresst um das Formationswasser zu verdrängen. CCS in salinen Aquiferen führt zwangsläufig zu massivsten Versalzungsproblemen in höheren Grundwasserstockwerken durch die salinen Wässer und gefährdet die zukünftige Versorgung mit Trink- und Brauchwasser und die Nutzung von Ackerböden. Wasserrechtliche Schutzvorschriften stehen dem entgegen. Die Druckauswirkungen in der Größenordnung eines 100 km-Radius um marine Endlager in leergeförderten Gaskavernen könnten auch das Festland erreichen und küstennahe Trinkwasservorkommen mit Schwermetallen kontaminieren. Wenn CO₂ am Meeresboden direkt austritt führt dies zu Versauerung des Wassers und damit Verschlechterung der Lebensbedingungen für marine Ökosysteme. Das Risiko für größere CO₂-Entweichungen (blowouts) ist während der Einlagerung am größten; diese sind bekannterweise schwer zu verschließen. (Krupp, 2010), (BUND, 2011). Die beiden norwegischen CO₂-Endlager „Sleipner“ und „Snøhvit“ gehören zu den geologisch am besten untersuchten Gebieten weltweit, dennoch haben sich Sicherheit und die Stabilität der beiden unterirdischen Bereiche als nur mangelhaft vorhersehbar erwiesen, bei enormen Kosten für das ständige Monitoring und notwendige Maßnahmen auf hoher See. (Hauber, 2023)

¹⁹ Die Bundesregierung empfiehlt im Evaluierungsbericht zum KSpG die „Unterstützung der Initiative der Europäischen Kommission zur Weiterentwicklung der immissionsschutzrechtlichen Instrumente im bestehenden Rahmen mit dem Ziel die Marktdurchdringung der CO₂-Abscheidung zu unterstützen.“ (Bundesregierung, 2022 S. 139)

²⁰ Aufgrund eines Erdbebens an einer CO₂-Pipeline in Satartia, Mississippi, kam es im Februar 2020 zu einem Unfall. 200 Anwohner*innen wurden aufgrund des ausgetretenen CO₂ Gases evakuiert, 45 wurden im Krankenhaus behandelt.

Generationenübergreifende Kosten

Es entsteht eine kritische Endlager-Infrastruktur mit hohem Haftungsrisiko und Überwachungskosten. Ein globaler Handel mit CO₂-Deponien würde eine wachsende Infrastruktur an CO₂-Deponien (nicht nur) unter der Nordsee hinterlassen, die wegen der o. g. Risiken umfassend und dauerhaft überwacht werden müssten. Eine lückenlose Kontrolle des globalen Handels mit dem Gefahrgut CO₂, z. B. um Missbrauch vorzubeugen, erscheint nicht realistisch, eine Institution dafür existiert nicht.²¹ In Deutschland gestaltet die Gasindustrie selbst die Regeln für die Überwachung von Methanlecks aus ihren Anlagen.²² Es ist naheliegend, dass auch die Überwachung der CCS-Netze und der CO₂-Verpressung durch die Gaskonzerne organisiert würde. Umweltrisiken und -folgen der CO₂-Deponien über die lange Zeit sind noch nicht ausreichend erforscht und erst zum Teil erkennbar, umfassende Monitoring-Techniken sind nicht entwickelt. Hinzu kommen potenzielle äußere Einwirkungen wie Unfälle, Kriegshandlungen, Sabotage, Erdbeben sowie durch die Verpressung induzierte seismische Ereignisse. Die Verantwortung, also Haftungsrisiko und Überwachungskosten für die CO₂-Endlager geht entsprechend der EU-CCS-Richtlinie nach einer – sogar verkürzbaren – Frist auf das Gemeinwesen über. Die Bundesregierung hat es bisher versäumt, diese mit CO₂-Deponien in der Nordsee verbundenen generationenübergreifenden Folgekosten und Gefahren abzuschätzen und öffentlich zu machen.

II. Falsche Weichenstellungen

Subventioniertes Geschäftsmodell für CCS-Anbieter: Der Hochlauf einer CO₂-Deponie-Wirtschaft würde nur möglich wenn der Staat aktiv wird und in großem Maße Subventionen, zusätzliche Energie und Flächen und ggfs.

Unterraum bereitstellt sowie weitere Rechtsgüter einschränkt. Damit würden v. a. die CCS-Anbieter, also die Öl-, Gas- und Chemie-Industrie ohne weitere Risiken bevorteilt. Denn die industriellen Kunden werden dem Markt durch den Staat „zugeführt“ und sind nach hohen Investitionen z. B. in Abscheideanlagen auf dem Pfad von CCS und zusätzlichem Energieverbrauch gefangen, wenn auch hoch subventioniert. Ewigkeitskosten würden wie oben beschrieben vergesellschaftet.

Erwartete Vorteile für heimische Industrie werden nicht eintreten. Potenzielle Kunden z. B. aus der Zementindustrie sowie Politiker*innen erwarten, dass der heimischen Industrie mit der CO₂-Deponierung eine Kostenentlastung verschafft werden könnte, was die Standort-Bedingungen verbessern, Carbon Leakage bremsen und eine befürchtete Deindustrialisierung aufhalten soll. Entgegen dieser Erwartung werden aber die Preise für Deponierung nicht attraktiv unter den Kosten der CO₂-Vermeidung liegen, denn CCS-Anbieter könnten aufgrund ihrer Quasi-Monopol-Stellung und des Regulierungsrahmens „Windfall“-Profite (Übergewinne, die keine „Zufalls“-Gewinne sind) realisieren.²³

Öl- und Erdgas expandieren – vermeintlich klimaneutral. Die Emissionen durch den fortgesetzten Einsatz (Scope 3) von fossilen Brennstoffen sind der sprichwörtliche Elefant im Zimmer der CCS-Debatte. Während mit noch in Planung befindlichen Pilotprojekten der Zementindustrie um Akzeptanz für den Aufbau einer CCS-Infrastruktur geworben wird, expandiert die Produktion von Öl und Gas. Die Forderung, die Fossilien im Boden zu lassen, tritt in den Hintergrund. Denn das CCS-Versprechen bringt nicht nur Subventionen sondern „[social licence](#)“ für mehr Ausbeutung von fossilen Brenn- und Rohstoffen: Der Gaskonzern Wintershall DEA, zum Beispiel, versichert

²¹ Das zertifikatsbefreite Klimagas könnte ja z. B. missbräuchlich „unter Umgehung der Abgabepflichten außerhalb der EU oder der nach dem Kyoto-Protokoll verpflichteten Vertragsparteien verfrachtet“, (Umweltbundesamt, 2009) in die Atmosphäre entlassen bzw. mit dem Ziel der intensivierten Öl- oder Gasausbeutung verkauft werden. Auf die Notwendigkeit lückenloser Kontrolle weisen auch (Cames, et al., 2021 S. 21) hin.

²² (Deckwirth, et al., 2023 S. 23)

²³ Die Ausbeutung der Emittenten kann dadurch begrenzt werden, dass diese selbst ins CCS-Geschäft einsteigen, z. B. BASF und Wintershall.

er verfolge sein wachsendes Erdgas-Portfolio, dank CCS und Wasserstoff bald klimaneutral.²⁴ Das Portfolio des norwegischen Staatskonzerns Equinor wächst ebenfalls durchweg fossil mit einem Anteil an erneuerbarer Energie von weit unter 1%. In den beiden norwegischen Endlagern werden jährlich insgesamt ca. 1,5 Mt CO₂, das während der Erdgasaufbereitung abgeschieden wird, deponiert. Dies ist ebenfalls eine winzige Menge im Vergleich zu 250 Mt im selben Zeitraum von equinor verursachten CO₂-Emissionen. (Joshi, 2021) (Client Earth, 2023).²⁵ Und ein Ende ist nicht in Sicht: Norwegen hat 2022 mit Rückendeckung der EU angekündigt, die Öl- und Gasförderung langfristig über das Jahr 2030 hinaus zu verlängern. Gleichzeitig weitet Norwegen die Erschließung von Öl- und Gasfeldern gerade massiv in der schmelzenden Arktis aus ungeachtet der Vulnerabilität dortiger Ökosysteme. Und seit es für CCS konkrete politische Zusagen gibt, rückt auch in Deutschland CCS an fossilen Kraftwerken, Fracking oder die verstärkte Ausbeutung von Öl- oder Gasfeldern mittels CCS (EOR, EGR) wieder in den Blick.

CCS verdrängt Dekarbonisierung der Grundstoffindustrie. Energieintensive Grundstoffindustrien stehen vor einem umfassenden Umbau des Anlagenbestandes und treffen damit Entscheidungen für die nächsten Jahrzehnte. Das ist eine Chance für die Transformation. CCS ist jedoch ein konkurrierendes Substitut mit dem Potenzial regenerative Technologien (Wind, Solar, Effizienz, Suffizienz) zu verdrängen bzw. zu behindern. Das verunsichert Investoren und lenkt Investitionskapital in eine falsche Richtung (Fehl-Allokation). Wegen der Höhe und Langfristigkeit von Investitionen in der Grundstoffindustrie droht mit der falschen Weichenstellung ein CCS lock-in der emissionsintensiven Industrie und ihrer Produkte. Fallbeispiele für problematische Folgewirkungen:

- Die **Zement-Industrie**, wird durch die angekündigte CCS-Option dazu verleitet echte Dekarbonisierungsstrategien wie klinkerreduzierte Zemente, Zementrecycling oder alternative Bindemittel und Baustoffe nicht konsequent zu verfolgen. Die notwendige gesellschaftliche „Bauwende“ würde aufgeschoben. Stattdessen plant die Industrie in ihrer aktuellen Roadmap, bis 2045 jährlich 60% ihrer heutigen CO₂-Emissionen unter großem Aufwand für Abscheidung und Transport in Deponien unter der Nordsee zu entsorgen. (Verein Deutscher Zementwerke, 2020 S. 7,39). Die **chemische Industrie** ist nicht nur Anbieter der Abscheidetechnologien sondern versucht mithilfe des CCS-Versprechens eine wachsende, fossile Produktion von Düngemitteln und Plastik als Dekarbonisierung zu vermarkten.

Roadmap Dekarbonisierung der Zementindustrie (Klimaneutrales Szenario):

CO₂-Emissionen:

2019:	2050 („dekarbonisiert“):
20 Mt/a	CCS: 10,4 Mt/a
	BECCS: 1,6 Mt/a
	Vermeidung*: 8 Mt/a

* Reduzierter Klinkeranteil, reduzierte Baunachfrage, neue Bindemittel, effizienter Zementeinsatz, veränderte Betonbauweise, Recarbonatisierung.

²⁴ Ein weiteres Zitat, das die Legitimationsfunktion von CCS für die Kontinuität von Öl und Gas gut hervorhebt: „Pipelines befördern seit fast fünfzig Jahren norwegisches Öl und Gas nach Deutschland. Gemeinsam mit Equinor arbeiten wir daran, diesen Kreislauf zu schließen, indem wir eine Infrastruktur zur Rückführung von CO₂ unter den norwegischen Meeresboden aufbauen.“ <https://wintershaldea.com/de/wer-wir-sind/ccs-wasserstoff/projekte-norwegen>

²⁵ Equinor ist Mehrheitseigner an Sleipner, andere Eigentümer wie Exxon werden von den 0,8 Mt jährlich dort deponierten CO₂ ebenfalls Anteile für sich reklamieren. <https://www.clientearth.org/projects/the-greenwashing-files/equinor/>

- **Fossiler Wasserstoff lock-in statt unmittelbarer Einstieg in grünen Wasserstoff.** Gasproduzenten, z. B. Norwegen, wollen den aus Erdgas gewonnenen, vermeintlich klimaneutralen²⁶ Wasserstoff in Europa noch lange im Einsatz sehen. Die Freistellung von der Zertifikatspflicht und Subventionen für CCS-Anlagen, CO₂-Pipeline-Netze und für den Einsatz von fossilem CCS-Wasserstoff sind fehlgeleitete Subventionspolitik; die Mittel fehlen für den Hochlauf von grünem Wasserstoff und für den Ausbau der Erneuerbaren. So wird fossiler Wasserstoff, der trotz CCS noch hohe Emissionen verursacht, im Wettbewerb gegen den erneuerbaren Wasserstoff künstlich bessergestellt.²⁷ Es entsteht eine überhöhte Nachfrage nach Wasserstoff, die durch den sehr begrenzt verfügbaren grünen Wasserstoff auch auf lange Zeit nicht gedeckt werden kann. Mit neuer kapitalintensiver Infrastruktur für blauen Wasserstoff entsteht ein fossiler lock-in.
- **CCS lock-in bis in die tiefere Wertschöpfungskette:** Wenn Grundstoffe wie Stahl, Zement und Kunststoffvorprodukte als „klimaneutral“ bezeichnet werden können, weil an einer Stelle im Herstellungsprozess CO₂-Abgase exportiert oder Wasserstoff aus Erdgas mit CCS eingesetzt wurde, wird auch bei den verarbeiteten Produkten (Autos, Bauwerken, Kunststoffe etc.) die Transformation, d. h. Entwicklung emissionsfreier Märkte, Produkte und Herstellungsweisen nicht mehr priorisiert. Es droht ein übergreifender CCS-lock-in.
- **Ausbremser der Kreislaufwirtschaft.** Die Müllverbrennung wurde mit der BEHG-Novelle 2022 endlich THG-zertifikatspflichtig. Ab 2024 müssen Betreiber für emittiertes CO₂ Verschmutzungsrechte erwerben. In derselben Novelle wurde aber bereits angelegt, dass die Ausnahme im EU-ETS für CCS per Verordnung über-

nommen werden kann, was die Branche begrüßte. Es ist also absehbar, dass, die Müllverbrennung für exportiertes CO₂ von der Zertifikatspflicht wieder befreit würde. Die Müllverbrennungsbranche würde damit beim Einsatz von CCS einen starken Wettbewerbsvorteil gegenüber der Kreislaufwirtschaft erhalten („Müll sucht sich immer den billigsten Weg“). Die Branche würde von einer steigenden Produktion fossilen Kunststoffes, der auch nur dank CCS eine Zukunft hätte, profitieren. Es käme ebenfalls zu Fehlallokation von Investitionen im Sinne einer gelingenden Kreislaufwirtschaft.

- **Es droht Run auf Biomasse zur Energiegewinnung.** Mit der Aussicht auf Infrastruktur und Subventionen für CCS, wird es für energieintensive Industrien (z. B. Zement, Müllverbrennung, Stahl) attraktiv auf den verstärkten Einsatz von biogenen Brennstoffen und auf eine künftige Verrechnung (offsetting) mit echten Emissionen ihrer Treibhausgasbilanz zu spekulieren oder gar Einnahmen zu generieren.²⁸ Da Subventionen für CCS auch Bioenergie-CCS zugutekommen, konterkarieren diese das Kaskadenprinzip, d. h. die Priorität stofflicher über energetischer Nutzungen der begrenzt verfügbaren Biomasse (European Academies' Science Advisory Council, 2022 S. 15). BECSS ist bei vollständiger Betrachtung der Lebenszyklus-Emissionen (Fajardy, et al., 2019) und verlorenen Senkenfunktion (European Academies' Science Advisory Council, 2022) nicht klimaneutral. Ein Ausbau der Biomasseerzeugung und -nutzung kollidiert zudem mit Biodiversitätsschutzziele (Spangenberg, et al., 2020) sowie der Forderung nach Vorrang der stofflichen Nutzung von Biomasse und der gezielten Weiterentwicklung der Biomasseerzeugung dafür. Der enorme Flächenanspruch für Bioenergie-CCS würde in Deutschland, Europa und welt-

²⁶ *Blauer Wasserstoff ist eine fossile und klimaschädliche Energiequelle, weil er aus Erdgas hergestellt wird. Bei Förderung und Transport des Erdgases wird durch Leckagen klimaschädliches Methan freigesetzt. Wie bei anderen CCS-Anwendungen wird bei der Herstellung von blauem Wasserstoff nur ein Bruchteil der dabei entstehenden Emissionen abgeschieden, zwischen 53 % und 93 %. (Wobei der höhere Wert der CO₂-Abscheidung mithilfe der sog. ATR Technologie erreicht wird für die bisher nur Prototyp-Erfahrungen vorliegen. (Falko Ueckerdt, 2023)). Mit den unterirdischen CO₂-Deponien entstehen außerdem langfristige Emissionsrisiken. Auch durch CCS kann fossiler Wasserstoff demnach nicht treibhausgasneutral erzeugt werden.*

²⁷ *Simulationen zeigen, dass blauer Wasserstoff bei strenger Umsetzung der ambitionierten Klimaziele der EU mittels CO₂-Bepreisung oder vergleichbarer*

Regelungen im marktlichen Wettbewerb gar nicht bestehen könnten. (Falko Ueckerdt, 2023)

²⁸ *CO₂-Abscheidungsverfahren aus der Verbrennung von Biomasse sind noch nicht großtechnisch ausgereift. Tatsächlich funktioniert Bioenergie-CCS bisher v. a. als Versprechen um Fördergelder zu akquirieren und Business as usual fortzusetzen. (Ernsting und Munnion 2015).*

weit Menschenrechte, Ernährungssicherheit, Biodiversität und den natürlichen Klimaschutz beschädigen.

Aushöhlung und Abschwächung des EU-ETS durch Zertifikatsbefreiung bei CCS. Die gewünschte Steuerungswirkung des CO₂-Preises hin zu Emissionsvermeidung wird durch die aktuelle Ausnahme von CCS im EU-ETS ausgehebelt. Je mehr („billige“) Deponiekapazität mit der Zeit auf den Markt kommt, umso weniger werden CO₂-Zertifikate nachgefragt, umso billiger werden sie. Vermeidungsinvestitionen und Innovationsanstrengungen lohnen sich nicht mehr. Hohe Subventionen senken zusätzlich die Kosten für CCS im Vergleich zu echten Vermeidungsstrategien in der Grundstoffindustrie. Ein erfolgreich begonnener Pfadwechsel entgleist. Auch die CO₂-Mengensteuerung durch den Emissionshandel ist kompromittiert, weil Emissionen durch CCS von der Zertifikatspflicht befreit sind, obwohl nicht garantiert ist, dass das CO₂ nicht doch in die Atmosphäre gelangt; hinzu kommen bedeutende Mengen entweichender Treibhausgase die nicht erfasst werden, z.B. bei der Erzeugung und dem Transport von Erdgas.

„Brandmauer“ des Klimaschutzes gefährdet: Auch unter CCS-Befürworter*innen ist der unbedingte Vorrang der Treibhausgas-Vermeidung vor einem Einsatz von CCS breiter Konsens. Die Bundesregierung suggeriert jedoch im KSpG-Evaluierungsbericht und den neuen Förderrichtlinien, dass die Deponierung von CO₂ einer Vermeidung von THG-Emissionen gleichkäme. Aus Sicht des BUND besteht faktisch keine Gleichwertigkeit (Äquivalenz) – weder in Bezug auf Gesamtemissionen noch auf die oben beschriebenen gesellschaftlichen Risiken noch im Hinblick auf die energetische Ineffizienz und weitere planetare Grenzen. Offsets oder Ausgleichsrechnungen auf Netto-Null wegen des Einsatzes von CCS beruhen also auf falschen Grundannahmen und höhlen den Klimaschutz von innen aus. Da CCS von der Zertifikats-

pflicht im EU-ETS befreit wurde, ist faktisch die Verrechnbarkeit oder Offsetting realer Emissionen hergestellt

III. Was sind die Alternativen

Ambitionierter Reduktionspfad mit Ausstieg aus den Fossilen und umfassende Minderung des Energieverbrauchs. Slameršak et al. (2022) haben anhand der vom IPCC verwendeten Szenarien gezeigt, wie schädlich Entwicklungspfade mit fossiler Kontinuität und Negativemissionen für das Klima sind. Szenarien mit geringerem Energieverbrauch und einer raschen Dekarbonisierung der Energieversorgung schneiden hingegen viel besser ab. Der Schlüssel zu einer Minimierung von Restemissionen ist also ein ambitionierter Reduktionspfad mit Ausstieg aus den Fossilen. Eine umfassende Minderung des Energieverbrauchs ist darüber hinaus nötig, denn eine 1:1 Elektrifizierung aller Lebensbereiche in Deutschland würde schnell an Grenzen der Verfügbarkeit stoßen.

Was sind unvermeidbare Restemissionen?

Aus Begründung zum Klimaschutzgesetz:

97% der Emissionen (in Bezug zum Vergleichsniveau 1990) sind bis 2045 zu vermeiden. Verbleibende Restemissionen (3%) i.H.v 37,5 Mt/a werden durch Senken ausgeglichen.

Aus RESCUE Studie (Umweltbundesamt, 2019):

Verbleibende Restemissionen im Jahr 2045 (je nach Szenario) zwischen 36 und 47 Mt/a können durch natürliche Senken ausgeglichen werden. Die Restemissionen werden folgenden Sektoren zugeordnet: Industrie (10–16 Mt/a), Landwirtschaft (24–28 Mt/a) und Abfall/Abwasser (2,5–3 Mt/a)

„Low demand“ und suffizienzorientierte Szenarien: Modellerte Klimaneutralitäts-Szenarien die auf unvermindertem Wirtschaftswachstum (in Industrieländern) und einem fortgeschriebenen hohen Einsatz fossiler Energieträger beruhen, wie es bei einem großen Teil der vom IPCC betrachteten Szenarien der Fall ist, sind keine geeignete Entscheidungsgrundlage für eine vorausschauende, zukunftsfähige Klima- und Biodiversitätspolitik. Anderson et al. haben hingegen auf Grundlage derselben Szenarien aus dem verbleibenden Paris-kompatiblen globalen Kohlenstoffbudget Reduktionspfade mit konkreten Ausstiegsterminen aus der Produktion von Kohle, Öl und Gas errechnet²⁹ – dies aber ohne CCS, da die Technik nicht rechtzeitig zur Verfügung stehen würde.³⁰ Entsprechend der 2019 erschienenen RESCUE-Studie des Umweltbundesamtes kann eine Brutto-Minderung der Treibhausgas-Emissionen ebenfalls ohne Anwendung von CCS erreicht werden – bei optimistischen Annahmen für den Ausbau von Erneuerbaren, Umbau der Wirtschaft, und stärkeren Verhaltens- und Lebensstiländerungen.³¹ Der Endenergieverbrauch muss dafür deutlich sinken und das erwartete Wirtschaftswachstum liegt niedriger als in vergleichbaren Studien oder endet nach 2030 ganz.³²

Unvermeidliche Restemissionen auf ein Minimum reduzieren. Alleine über Materialeffizienz ließe sich der Einsatz von Zement (und Stahl) um 20–30% pro gebautem qm verringern (Material Economics, 2020). Ungenutzt bleiben bisher hohe Potenziale des Zementrecyclings und

suffizienz-orientierter Baupolitik.³³ Ähnlich kann der Restmüll konsequent reduziert werden: Investitionen müssen in eine Kreislaufwirtschaft mit langlebigen und reparaturfähigen Produkten, Pfand- und Mehrwegsystemen und einer verbesserter Wertstoffsammlung sowie in eine echte erneuerbare Wärmeversorgung fließen statt in Müllverbrennungsanlagen.³⁴ Die Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft können durch Verzicht auf mineralische Kunstdünger und einen kleineren Viehbestand pro Fläche auf ein Minimum an Restemissionen reduziert werden. Auf ambitionierten Transformationspfaden verstärken sich positive Wirkungen gegenseitig, z. B. sinken nicht nur die Emissionen der chemischen Industrie, wenn weniger Plastik und mineralische Dünger produziert werden, sondern auch die Emissionen der Landwirtschaft und der Müllverbrennung.

Natürliche Senkenpotenziale sind begrenzt, sind zu schützen und sind kein Ersatz für unzulängliche Emissionsreduzierungen. Der BUND sieht Senkenpotenziale da, wo es um in ökologische Zusammenhänge eingebettete Naturprozesse geht, also insbesondere bei der Wiederherstellung und dem Schutz degradierter Umweltsysteme wie Wälder, Moore und Böden. Zuerst muss aber der Zustand geändert werden, dass heute diese potenziellen Kohlenstoffsinken durch nicht nachhaltige Bewirtschaftung noch relevante CO₂-Quellen sind. In jedem Fall sind die Potenziale begrenzt und stellen keinen Ersatz für unzulängliche Emissionsreduzierungen wirtschaftlicher und sozialer Akteure dar (EASAC 2018). Von Vorteil ist,

²⁹ In ihrem zentralen Szenario (50%ige Chance auf 1,5 °C) muss die Öl- und Gasproduktion der reichsten produzierenden Länder bis 2034 eingestellt werden. Für die ärmsten Produzenten-Nationen, die am stärksten von den Öl- und Gas-einnahmen abhängig sind muss der vollständige Ausstieg bis 2050 stattfinden. (Anderson, et al., 2022).

³⁰ Da die reale Leistung von CCS-Projekten sehr viel geringer ist und sich langsamer entwickelt als von der fossilen Industrie gerne behauptet, könnten die CO₂-Deponien zur Einhaltung der 1,5 Grad Grenze fast nichts beitragen. Selbst wenn man ein geringes Overshootrisiko in Kauf nehmen würde (1,7 Grad Szenarien) könnte der Einsatz von CCS den gebotenen Ausstiegstermin aus Fossilien nur um Monate hinauszögern. (Anderson, et al., 2022)

³¹ Zudem werden im Vergleich ambitionierte Annahmen für den Umbau der Wirtschaft getroffen, etwa hinsichtlich des Anteils von Sekundärrohstoffen sowie der Material- und Ressourceneffizienz. Unter anderem geht der Fleisch- und Milchproduktkonsum in den meisten Szenarien stark zurück, die Anzahl von Pkw sinkt, der Anstieg der Flugreisen wird gebremst und die Wohnfläche pro Kopf verringert sich.

³² Eine kleine, aber wachsende Zahl von Forscher*innen entwickeln ebenfalls alternative Zukunftspfade um nachfrageseitige Maßnahmen und degrowth abzubilden sowie Perspektiven auf globale Gerechtigkeit zu eröffnen (Grubler

et al. 2018; Keyßer und Lenzen 2021; Riahi et al. 2021; van Vuuren et al. 2018) in (Heinrich Böll Foundation. Center for International Environmental Law, 2023). Erwähnenswert ist auch das partizipativ erarbeitete europäische Szenario PAC der zivilgesellschaftlichen Organisationen CAN und EEB (Mühlenhoff, et al., 2020) von 2020, das den Ausstieg aus den Fossilien bis 2040 abbildet und dabei mit wenig Bioenergie und ohne CCS und Negativemissionen auskommt. Das CLEVER Szenario (Collaborative Low Energy Vision for the European Region) das im Frühjahr 2023 veröffentlicht werden soll, orientiert sich ambitioniert an den planetaren Grenzen nach der doughnut-Ökonomie.

³³ (Anderson, et al., 2022) bringen eine klimagerechte Verteilung der Restemissionen ins Spiel: da die Industrienationen von den historischen Emissionen ihrer Zementindustrie profitiert haben, stehen den ärmeren Ländern des globalen Südens im Verhältnis jetzt mehr Zementrestemissionen zu als den reichen Ländern.

³⁴ Allein mit einer konsequenten Förderung einer kreislaufbasierten Wirtschaft könnten jährlich bis zu 50 Prozent aller Emissionen aus dem europäischen Industriezweig tatsächlich vermieden werden. (BUND, Nabu, DUH, öfub, 2021). Ein Vertreter des Branchenverbandes ITAD sagte im Rahmen einer Veranstaltung zur Carbon Management Strategie im April 2023: „Wenn die kurzlebigen Kunststoffe im Müll wegfallen, braucht die Branche auch kein CCS“.

dass naturnähere Bewirtschaftung der Wälder und Kohlenstofffixierung in landwirtschaftlich genutzten Böden durch Humusanreicherung, im Gegensatz zu fast allen anderen Geoengineering-Technologien bereits heute einsetzbar sind (National Academies 2019).

Eine CCS-Infrastruktur würde natürliche Senken sogar schädigen durch den Natur- und Flächenverbrauch, Zerschneidung von Biotopen und Belastung von Kulturlandschaften für die zu errichtenden industriellen Anlagen an Land oder im Meer; insbesondere auch infolge der entstehenden zusätzlichen ökonomischen Anreize für das Verbrennen von Biomasse.

Literaturverzeichnis

- Europäischer Rechnungshof.** 2018. Sonderbericht Nr. 24/2018: Großkommerzielle Demonstration von CO₂-Abscheidung und -Speicherung und innovativen Technologien für erneuerbare Energien in der EU: Die für die letzten zehn Jahre geplanten Fortschritte wurden nicht erzielt. 2018.
- Meyer-Ohlendorf, Nils, et al.** 2023. Certification of Carbon Dioxide Removals. Evaluation of the Commission Proposal. 2023.
- Anderson, Kevin und Calverley, Dan.** 2022. Phaseout Pathways for Fossil Fuel Production Within Paris-compliant Carbon Budgets. s.l.: Tyndall Centre, University of Manchester. 2022.
- Becker, Büttner, Held.** 2022. Rechtliche Rahmenbedingungen für Carbon Capture and Storage (CCS) in Deutschland. s.l.: Bellona Europa AISBL. 2022.
- Beitrag von Arbeitsgruppe I „Naturwissenschaftliche Grundlagen“. Vortrag bei der De-IPCC-Diskussionsveranstaltung zum Sechsten IPCC Sachstandsbericht von Auswärtigem Amt und Bundesministerium für Bildung und Forschung, 28. April 2022.
- Marotzke, J.** 2022. 2022.
- Beitrag von Arbeitsgruppe II „Folgen, Anpassung und Verwundbarkeit“. Vortrag bei der De-IPCC-Diskussionsveranstaltung zum Sechsten IPCC Sachstandsbericht von Auswärtigem Amt und Bundesministerium für Bildung und Forschung, 28. April 2022.
- Schmidt, D.** 2022. 2022.
- Boettner, Christoph, et al.** 2020. Greenhouse gas emissions from marine decommissioned hydrocarbon wells: leakage detection, monitoring and mitigation strategies. International Journal of Greenhouse Gas Control. 2020.
- Böttner, Christoph, et al.** 2020. Greenhouse gas emissions from marine decommissioned hydrocarbon wells: leakage detection, monitoring and mitigation strategies. 2020.
- BUND Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.** 2012. Stellungnahme zum Entwurf eines Gesetzes zur Demonstration und Anwendung von Technologien zur Abscheidung, zum Transport und zur dauerhaften Speicherung von Kohlendioxid (CCS-Gesetz). 2012.
- BUND.** 2023. Geoen지니어ing. Klima-Engineering als Technik gewordene menschliche Hybris. BUND Position. 2023.
- . 2011. Risiken der Verpressung von Kohlendioxid unter der Nordsee. Zusammenfassung der Geowissenschaftlichen Kurzstudie von Dr. Ralf Krupp. 2011.
- BUND, Nabu, DUH, bfub.** 2021. Abfallverbrennung ist nicht klimaneutral: mit echter Kreislaufwirtschaft Klima und Ressourcen schützen. 2021.
- Bundesregierung.** 2022. Evaluierungsbericht zum Kohlendioxid-Speicherungsgesetz (KSpG). Berlin: s.n. 2022.
- Cames, Martin, Chaudry, Saleem und Sutter, Jürgen.** 2021. Wie ökologisch und sozial verträglich sind CCS, BECCS und CCU Technologien? Kurzstudie im Auftrag des NABU. s.l.: Öko-Institut, 2021.
- Client Earth.** 2023. Client Earth, The Greenwashing Files. [Online] 27. 02 2023. <https://www.clientearth.org/projects/the-greenwashing-files/equinor/>.
- Deckwirth, Christina und Katzemich, Nina.** 2023. Pipelines in die Politik. Die Macht der Gaslobby in Deutschland. Lobbycontrol. 2023.
- Economist.** 2023. Can carbon removal become a trillion-dollar business? The Economist. 27.05.2023, S. 55–57.
- Ernsting, Almuth und Munnion, Oliver.** 2015. Last-ditch climate option, or wishful thinking? Bioenergy with Carbon Capture and Storage. 2015.
- Europäische Kommission.** 2009. RICHTLINIE 2009/31/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. April 2009 über die geologische Speicherung von Kohlendioxid. 2009.
- . Verordnung (EU) 2020/852 vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088.
- European Academies' Science Advisory Council.** 2022. Forest bioenergy update: BECCS and its role in integrated assessment models. 2022.
- Fajardy, Mathilde, et al.** 2019. BECCS deployment: a reality check. Imperial College London. s.l.: Grantham Institute Briefing paper No 28, 2019.
- Fleiter, Tobias, et al.** 2021. Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3, Treibhausgasneutrale Hauptszenarien, Modul Industrie. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Consentec GmbH im Auftrag von Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). 2021.
- Gas giant Chevron falls further behind on carbon capture targets for Gorgon gasfield. **Readfearn, Graham.** 2022. 15.07.2022, The Guardian.
- Gasworld.com.** <https://www.gasworld.com/story/basf-samsung-heavy-industries-join-forces-for-maritime-carbon-capture/>. [Online]
- Hauber, Grant.** 2023. Norway's Sleipner and Snøhvit CCS: Industry models or cautionary tales? Lakewood: Institut für Energy Economics and Financial Analysis. 2023.
- Havercroft, Ian.** 2022. Developments and Opportunities – A review of national responses to CCS under the London Protocol. s.l.: Global CCS Institute. 2022.

- Heinrich Böll Foundation. Center for International Environmental Law.** 2023. Lost in Translation. Lessons from the IPCC's Sixth Assessment on the Urgent Transition from Fossil Fuels and the Risks of Misplaced Reliance on False Solutions. 2023.
- Heinrich Böll Stiftung und Center for International Environmental Law.** 2022. IPCC unsummarized – Unmasking Clear Warnings on Overshoot, Techno-fixes, and the Urgency of Climate Justice. 2022.
- . 2022. Unmasking Clear Warnings on Overshoot, Techno-fixes, and the Urgency of Climate Justice. 21. April 2022.
- Held, Hermann.** 2011. Herausforderung Klimawandel. Antworten und Forderungen der deutschen Versichere. 2011.
- Hickel, Jason und Slameršak, Aljoša.** 2022. Existing climate mitigation scenarios perpetuate colonial. Lancet Planet Health. 2022.
- IPCC.** 2022. AR6 WGIII Summary Report for Policymakers. 2022.
- Joshi, Ketan.** 2022. CCS causes the problem it fails to solve. <https://ketanjoshi.co/>: s.n. 2022.
- . 2021. The Nordic Model: How Equinor is obscuring its fossil expansion. medium.com. 2021.
- Krupp, Ralf.** 2010. Geologische Kurzstudie zu den Bedingungen und möglichen Auswirkungen der dauerhaften Lagerung von CO₂ im Untergrund (im Auftrag des BUND). 2010.
- Kurz, Rudi, Spangenberg, Joachim H. und Zahrnt, Angelika.** 2019. IPCC Report – Das fehlende Szenario „Klimaschutz ohne Wachstum“. Ökologisches Wirtschaften. 2019, Bd. 34, 2.2019.
- Material Economics.** 2020. The Circular Economy. A Powerful Force for Climate Mitigation. 2020.
- Mühlenhoff, Jörg und Bonadio, Jonathan.** 2020. Building a Paris Agreement Compatible (PAC) energy scenario. CAN Europe/EEB technical summary of key elements. 2020.
- Norwegian Ministry of Petroleum and Energy.** 2020. The Norwegian government's hydrogen strategy – towards a low emission society. 2020.
- Offshore-Energy.biz.** 2021. <https://www.offshore-energy.biz/value-maritime-to-install-worlds-1st-onboard-ccs-unit-on-ship-in-operation/>. [Online] 2021. [Zitat vom:]
- Parrique, Thimotee.** 2022. Timothée Parrique – Degrowth in the IPCC AR6 WGIII. [Online] 2022. <https://timotheeparrique.com/degrowth-in-the-ipcc-ar6-wgiii/>.
- Purr, Katja, Wehmann, Kai und Balzer, Friederike.** Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau: s.n.
- Robertson, Bruce.** 2022. Carbon capture: a decarbonisation pipe dream. Lakewood: The Institute for Energy Economics and Financial Analysis (IEEFA), 2022.
- Robertson, S.** 2021. Transparency, trust, and integrated assessment models: An ethical consideration for the Intergovernmental Panel on Climate Change. s.l.: WIREs Climate Change 12(1): e679., 2021.
- Schaudwet, Christian.** 2023. Hoffnung auf neue Offshore-Ära mit CCS. Tagesspiegel Energie und Klima. 08.02.2023.
- Shell.** 2017. US Gulf Coast CCS Opportunity Framing: Terms of Reference (CONFIDENTIAL). s.l.: upload by Amy Westervelt (2023), 2017.
- Skea, J., Shukla, P., Al Khourdajie, A.McCollum, D.** 2021. Intergovernmental Panel on Climate Change: Transparency and integrated assessment modeling. WIREs Climate Change 12(5): e727. s.l.: WIREs Climate Change 12(5): e727., 2021.
- Slameršak, A., Kallis, G. & O'Neill, D.W.** 2022. Energy requirements and carbon emissions for a low-carbon energy transition. Nature Communications. November 2022, 6932 (2022).
- Spangenberg, Joachim H und Polotzek, Lia.** 2019. Like blending chalk and cheese – the impact of standard economics in IPCC scenarios. real-world economics review. 19. March 2019, S. 196–211.
- Spangenberg, Joachim H., et al.** 2020. Falsche Hoffnungen, vertane Chancen: Wie ökonomische Modelle die Vorschläge des IPCC im Special Report 15 „Global Warming of. Berlin: s.n. 2020.
- Spangenberg, Joachim H., et al.** 2021. False Hopes, Missed Opportunities: How Economic Models Affect the IPCC Proposals in Special Report 15 „Global Warming of 1.5 °C“ (2018). An Analysis From the Scientific Advisory Board of BUND. Journal of Applied Business and Economics. 2021, Vol. 23 No. 3 (2021).
- Spangenberg, Joachim und Kuhlmann, Wolfgang.** 2020. Bio-ökonomie im Lichte der planetaren Grenzen und des Schutzes der biologischen Vielfalt. 2020.
- Spangenberg, Joachim und Kurz, Rudi.** 2023. Epochal turns: Uncomfortable insights, uncertain outlooks. Sustainable Development, 1.–16. 2023.
- Subpoenaed Fossil Fuel Documents Reveal an Industry Stuck in the Past.** Westervelt, Amy. 2022. 24. 12 2022, The Intercept.
- Ueckerdt, Falko et al.** 2023. On the Cost Competitiveness of Blue and Green Hydrogen (July 5, 2023). <https://ssrn.com/abstract=4501786> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4501786>

Umweltbundesamt. 2022. Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2021. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990–2019. Mai 2022. UNFCCC-Submission.

–. Carbon Capture and Storage. [Online] [Zitat vom: 17.02.2023.] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/grundwasser/nutzung-belastungen/carbon-capture-storage#grundlegende-informationen>.

–. 2009. CCS – Rahmenbedingungen des Umweltschutzes für eine sich entwickelnde Technik. Mai 2009.

–. IPCC-Bericht: Sofortige globale Trendwende nötig. [Online] [Zitat vom: 17.02.2023.] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/ipcc-bericht-sofortige-globale-trendwende-noetig>.

–. 2023. Transformation der Gasinfrastruktur zum Klimaschutz. Februar 2023.

–. 2019. Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität – RESCUE: Langfassung. Climate Change | 36/2019. November 2019. S. 444.

–. 2022. Welche Treibhausgasemissionen verursacht die Wasserstoffproduktion? November 2022.

Verein Deutscher Zementwerke. 2020. Dekarbonisierung von Zement und Beton – Minderungspfade und Handlungsstrategien. Eine CO₂-Roadmap für die deutsche Zementindustrie. Düsseldorf: Verein Deutscher Zementwerke. 2020.

Verein Deutscher Zementwerke e.V. 2022. www.vdz-online.de. 2022.

Zero Emissions Plattform. 2022. Experience in developing CO₂ storage under the Directive on the geological storage of carbon dioxide. [Hrsg.] Zero Emissions Plattform. 2022.



Bund für
Umwelt und
Naturschutz
Deutschland

www.bund.net

Impressum

Herausgeber:
Bund für Umwelt und Naturschutz
Deutschland e. V. (BUND)
Friends of the Earth Germany
Kaiserin-Augusta-Allee 5
10553 Berlin

Telefon: (030) 275 86-40
Fax: (030) 275 86-440
E-Mail: info@bund.net
Internet: www.bund.net

Redaktion: Kerstin Meyer, Rudi Kurz,
Joachim Spangenberg, Lia Palotsek
(BUND-Arbeitskreis Wirtschaft und
Finanzen)

Titel: ©Freepik

V.i.S.d.P.: Petra Kirberger
August 2023