

Bellona Deutschland gGmbH
Kronenstraße 63
10117 Berlin

Herr Heiner Rickers
Vorsitzender des Umwelt- und Agrarausschusses
Schleswig-Holsteinischer Landtag
Düsternbrooker Weg 70
24105 Kiel

Schleswig-Holsteinischer Landtag
Umdruck 20/1224

Berlin, 31.03.2023

Stellungnahme Bellona Deutschland gGmbH

im Rahmen der Anhörung zu den Anträgen „Kein CCS in Schleswig-Holstein und deutschen Küstengewässern in der ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ)“ – Antrag der Fraktionen von SSW und SPD, Drucksache 20/615 (neu), und „Auftrag zur Durchführung einer Expertenanhörung: Wissenschaftliche Erkenntnisse zu CCS berücksichtigen“ – Alternativantrag der Fraktionen von CDU und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN, Drucksache 20/632

Sehr geehrter Herr Rickers,

für die Möglichkeit, uns als Bellona Deutschland zu den Anträgen von SPD und SSW sowie CDU und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN zu positionieren, bedanken wir uns herzlich.

Bellona ist eine internationale Umwelt- und Klimaschutzorganisation und als Bellona Deutschland gGmbH seit 2021 in Berlin ansässig. Unsere Arbeit fokussiert sich auf den Klimaschutz in der Industrie. Seit über 20 Jahren arbeiten wir zum Themencluster von CO₂-Abscheidung, -Transport, -Nutzung und/oder -Speicherung sowie Negativemissionen. Zentrale Motivation dieser Arbeit sind die systemischen Einordnungen und Umsetzungen von Klimaschutzmaßnahmen, um deren Potenziale und Mehrwerte für den Klimaschutz auszuschöpfen und die Anwendungen sinnvoll einzugrenzen. Die Basis unserer Position zu CCS bildet der wissenschaftliche Konsens zum Einsatz der Technologie, der sich auch seit Jahren in IPCC-Berichten widerspiegelt. Aktiv haben wir in mehreren Ländern an der Implementierung von CCS mitgewirkt: Wir waren treibende Kraft hinter den Abscheideprojekten in der Zementindustrie und Abfallwirtschaft in Norwegen, die in der „Longship“-Projekte der norwegischen Regierung resultiert haben. In den Niederlanden und Großbritannien waren wir an politischen Diskussionen zum genannten Themenkomplex beteiligt. Diese Erfahrungswerte wollen wir nun in die deutsche Debatte einbringen.

Wir begrüßen die aktuelle Auseinandersetzung mit CCS auf Länder- und Bundesebene sehr. Aus der klaren Mehrzahl an Klimaszenarien, die CCS beinhalten, geht hervor, dass die Anwendung ein wichtiger Baustein ist, wenn wir Klimaneutralität bis 2045 erreichen wollen. Eine Evaluierung, wo und wie auch in Deutschland mithilfe dieser Technologie Industrieemissionen gemindert werden können, ist deshalb äußerst relevant und – mit Blick auf andere Länder, die diese Diskussion schon vor Jahren geführt haben – längst überfällig. Teil dieser Evaluierung ist automatisch auch die perspektivische Speicherung von CO₂ in Deutschland.

1. Die Relevanz von CCS, um die Klimaziele zu erreichen

1.1 Status Quo der Klimakrise und des Klimaschutzes

Die Herausforderungen des Klimaschutzes bleiben immens, und wachsen stetig aufgrund ungenügender Maßnahmen Deutschlands und vieler anderer Staaten der Weltgemeinschaft. Das Erreichen der deutschen Klimaziele als Teil der „Europe 2020“-Strategie und der Emissionsrückgang in der Industrie des vergangenen Jahres waren maßgeblich von externen Faktoren wie der Pandemie und dem Krieg in der Ukraine bestimmt. Der Ausbau der Erneuerbaren sowie die Elektrifizierung im Mobilität- und Wärmesektor bleiben bekanntermaßen weiter hinter den deutschen Zielen, und noch weiter hinter dem, was notwendig wäre, um das Pariser 1,5-Grad-Ziel einzuhalten.

Gleichzeitig verbleiben nur noch 22 Jahre, bis Deutschland die Klimaneutralität erreicht haben muss. In den vergangenen 22 Jahren haben die vergleichsweise einfache Umstellung im Stromsektor und Effizienzmaßnahmen in der Industrie einen Rückgang der Treibhausgase von ca. 300Mt erreicht. Die erneute Einsparung von 300Mt muss nun laut dem 2030-Ziel schon in den nächsten sieben Jahren geschafft werden. Wenn wir die Klimaneutralität bis 2045 zustande bringen wollen, müssen wir weitere ~440MtCO₂ einsparen, auch mithilfe von Negativemissionen.¹

Aufgrund der wenig verbleibenden Zeit, die wir haben, und der wachsenden Komplexität der tiefgreifenderen notwendigen Transformation, müssen wir schneller und wirksamer im Klimaschutz werden. Eine derart schnelle Reduzierung des CO₂-Budgets zum Erreichen der 1,5 und 2-Grad-Ziele scheint derzeit fast unmöglich. Jede Überschreitung resultiert in irreparablen Schäden an der Umwelt und der Zerstörung von Ökosystemen sowie einer Häufung klimabedingter Extremwetterereignisse, die unsere Lebensgrundlagen bedrohen und Leben gefährden. Diese Auswirkungen können wir nicht durch zukünftige Negativemissionen und die Rückannäherung an die Gradziele rückgängig machen. Alle heute vermeidbaren Emissionen müssen also unbedingt vermieden werden, um die massiven Folgen der Überschreitung einzugrenzen. Alle erforderlichen Klimamaßnahmen müssen vorbereitet und umgesetzt werden – und das schnellstmöglich, ohne weitere Verzögerungen hinzunehmen.

Trotz der unverrückbaren Hierarchie im Klimaschutz (Vermeidung, Minderung, Kompensierung) bedeutet dies, dass die respektiven Maßnahmen nicht chronologisch implementiert werden dürfen, sondern unbedingt gleichzeitig. Eine Auseinandersetzung mit und darauf aufbauende Umsetzung von CCS ist daher dringend jetzt notwendig.

1.2 Priorität Erneuerbare und Grenzen der Elektrifizierung

In den Grundprinzipien des Klimaschutzes steht die Vermeidung von Emissionen klar an erster Stelle. Grundlage hierfür ist der kompromisslose Ausbau erneuerbarer Energien zur Dekarbonisierung. Dass dieser Ausbau sowie die damit verbundenen Stromnetze und die Systemumstellung zur

¹ UBA, 2023, Deutschland Emissionsentwicklung, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung>; Statista, Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland, 2023, <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/76558/umfrage/entwicklung-der-treibhausgas-emissionen-in-deutschland/#:~:text=Die%20Treibhausgasemissionen%20nahmen%20in%20Deutschland,745%20Millionen%20Tonnen%20CO2%2D%C3%84quivalente.>

Elektrifizierung daher oberste Priorität haben, muss in der deutschen Klimapolitik ausnahmslos reflektiert sein und die Maßnahmen müssen mit aller Kraft vorangetrieben werden.

Gleichzeitig zeigen wissenschaftliche Erkenntnisse und Erfahrungen aus Ländern wie Dänemark und Norwegen, die bei der Dekarbonisierung des Stromsystems und der Elektrifizierung schon viel weiter sind als Deutschland, dass selbst ein nahezu oder gar komplett CO₂-freies Stromnetz nicht ausreicht, um Klimaneutralität zu erreichen. Denn es existieren Bereiche, in denen Emissionen nicht durch Elektrifizierung oder den Wechsel auf andere Energieträger komplett vermieden werden können. Dies bezieht sich insbesondere auf Prozessemissionen in der Industrie, die z.B. in Kalk- und Zementanlagen sowie in der thermischen Abfallwirtschaft entstehen. Die Abscheidung und permanente tiefegeologische Speicherung von CO₂ aus diesen Prozessen ist laut Stand der Technik heute, die einzige Möglichkeit, das Ausstoßen dieser „unvermeidbaren“ Prozessemissionen dennoch zu verhindern. Die Bereitstellung von CCS ist essenziell, um die klimaneutrale Herstellung von Produkten in Deutschland sicherzustellen. Diese sind auch für den Klima- und Umweltschutz zentral (z.B. im Bau von Windanlagen und Infrastrukturen).

Aber auch andere Industriezweige können vom Zugang zu einer CCS-Infrastruktur profitieren, wenn Alternativrouten nicht rechtzeitig zur Verfügung stehen.

- So hat z.B. die Stahlindustrie über die Wasserstoffroute das Potenzial, aufgrund der Verdrängung von Kohle aus dem Prozess weitestgehend CO₂-Emissionen zu vermeiden. Aufgrund der enormen Mengenanforderungen an Wasserstoff, der idealerweise emissionsfrei hergestellt sein muss, um einen Beitrag zur Klimaneutralität zu leisten, ist es derzeit fraglich, ob diese Route innerhalb der notwendigen Zeitschiene für alle Standorte umsetzbar ist. Leider ist es wahrscheinlich, dass der Wasserstoff dann durch die Nutzung fossiler Brenn- und Rohstoffe produziert wird und die Emissionen nicht mindert, sondern vielleicht sogar erhöht. CCS kann hier für diese kritische Phase der Transformation zu einer Wasserstoffwirtschaft unterstützend eingesetzt werden, um CO₂-armen Wasserstoff herzustellen.²
- Ähnliches gilt für die Grundstoffchemie, in der die Umstellung zu emissionsarmen Rohstoffen als Basis zum Erreichen der Klimaziele einen enormen Strombedarf mit sich brächte. Laut einer europäischen Studie der DECHEMA könnten hierfür bis zu 4900TWh erneuerbarer Strom notwendig sein – etwa 175% der gesamten Stromerzeugung der EU aus dem Jahr 2021 (2,785 TWh).³ Zum einen bestätigen diese Zahlen erneut den unbedingt prioritär voranzubringenden Ausbau erneuerbarer Energien. Zum anderen zeigen sie die hohen Opportunitätskosten der nächsten Jahre beim Einsatz knappen erneuerbaren Stroms und damit die Notwendigkeit von Alternativlösungen auf, um auch der chemischen Industrie eine zeitnahe Option der tiefgreifenden CO₂-Minderung zu ermöglichen. So plant die BASF derzeit an ihrem belgischen Standort in Antwerpen mithilfe von CCS jährlich 1,5 MtCO₂ and fünf verschiedenen Punktquellen des Chemieparks zu vermeiden. Die Technologie wird hier

² Bellona, 2021, Factsheet Steel, <https://network.bellona.org/content/uploads/sites/3/2021/09/Factsheet-Steel-Bellona-Europa.pdf>

³ Dechema, 2017, Low Carbon energy and feedstock for the European chemical industry, https://dechema.de/dechema_media/Downloads/Positionspapiere/Technology_study_Low_carbon_energy_and_feedstock_for_the_European_chemical_industry.pdf; https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_production,_consumption_and_market_overview

„kurz- bis mittelfristig [als] einzig realisierbarer und kostengünstigster Dekarbonisierungspfad für den BASF-Verbundstandort Antwerpen“ gesehen.⁴

Die Bereitstellung einer CCS-Infrastruktur erweitert somit den Optionen katalog der Zukunft und kann als „Ausfallsicherung“ dienen, sollten anderswo Ziele gerissen oder Technologien hinter den Erwartungen bleiben und der Hochlauf nicht rechtzeitig gelingen. Dies bedeutet auch Investitions- und Standortsicherheit für Emittenten, die perspektivisch von der Technologie abhängig sind oder zumindest durch den Zugang zu ihr der Verantwortung, ihre Emissionen zu mindern, gerecht werden können. Damit ist CCS auch zentraler Teil der „Just Transition“ für Industrieregionen.

1.3 Lock-In-Vermeidung und Infrastrukturausbau

Die zentrale Herausforderung der Klimapolitik dieser Dekade ist, dass alle notwendigen Maßnahmen optimiert und aufeinander abgestimmt schnellstmöglich umgesetzt werden müssen. Dabei dürfen keine Lock-in Effekte in Infrastrukturen oder fossile Rohstoffe geschaffen werden. Die Skepsis gegenüber sog. „Brücken“-technologien ist daher begründet und muss ernstgenommen werden.

Der Erfolg, CCS nur für die Bereiche einzusetzen, in denen die Technologie unabdingbar ist, hängt von der effektiven Umsetzung anderer Klimamaßnahmen ab. Ein breites gesellschaftliches Vertrauen in den zielorientierten Einsatz von CCS kann nur geschaffen werden, wenn Menschen in die Effektivität und Ernsthaftigkeit der gesamten deutschen Klimapolitikstrategie vertrauen können.

Die Vorbereitung und Umsetzung von CCS muss daher unbedingt systemisch stattfinden. Folgende Punkte sind dabei essenziell:

- Der Ausbau der Infrastruktur darf nicht komplett der Privatwirtschaft überlassen, sondern sollte zumindest in Teilen vom Staat übernommen werden, um öffentliche Interessen zu priorisieren und einen diskriminierungsfreien Zugang zu garantieren.
- Politische Rahmenbedingungen zur Zielausrichtung, inklusive potenzieller Einschränkungen, sind unabdingbar.
- Es sollte ein Fördermitteldesign geschaffen werden, das gleichzeitig als Treiber anderer Innovationen und Klimamaßnahmen wie Material- und Ressourceneffizienz fungiert. Ein Ausschreibungssystem, das Nachhaltigkeitskriterien einschließt und z.B. bestimmte Anwendungsbereiche präferiert behandelt, kann hier den zielführenden Einsatz von CCS sicherstellen. Ansätze hierzu gibt es z.B. in der Politik der Niederlande.⁵
- Auch in der Bereitstellung und dem Betrieb von Transport- und Speicherinfrastrukturen hat der Gesetzgeber die Verantwortung, sicherzustellen, dass keine natürlichen Monopole entstehen.⁶
- Eine Überdimensionierung der Infrastruktur sollte durch regulatorische Hebel vermieden werden. Ein Hub-basierter Ansatz mit modularen Transportmöglichkeiten kann ein pipelinebasiertes Basisnetz der CO₂-Infrastruktur aufs Nötigste minimieren.⁷

⁴ Kairosatc, 2023, <https://kairosatc.eu/>

⁵ Bellona, 2021, The Industrial CCS Support Framework in the Netherlands,

<https://bellona.org/publication/the-industrial-ccsupport-framework-in-the-netherlands>

⁶ Bellona, 2018, An Industry's Guide to Climate Action, <https://bellona.org/publication/an-industrys-guide-to-climate-change>

Perspektivisch können CO₂-Infrastrukturen für zukünftige technische Negativemissionen und als Teil der Kreislaufwirtschaft genutzt werden, was einen grundsätzlichen „No/Few-regrets“-Ansatz im Aufbau ermöglicht (s. Kapitel 3).

Das Verschleppen essenzieller Klimamaßnahmen wie der Energie- und Mobilitätswende und dem damit verbundenen Infrastrukturausbau ist die zentrale Gefahr für einen Lock-in von CCS. Damit dies vermieden werden kann, muss die Klimapolitik unbedingt ambitionierter, effektiver und schneller werden.

2. CO₂-Speicherung und Sicherheitsaspekte

2.1 Risikoeinschätzung von CO₂-Transport und -Speicherung

Keine Technologie ist ohne Risiko. Für Klimaschutzmaßnahmen bestehen Risiken nicht nur als direkte Kombination von Wahrscheinlichkeit und Konsequenz für die Umwelt, Gesellschaft und das Klima, sondern auch in Bezug auf die Folgen des Handelns oder Unterlassens einer Maßnahme für den Klimawandel.

Als Umwelt- und Klimaschutzorganisation ist es unsere Aufgabe, alle potenziellen und tatsächlichen Auswirkungen auf die Umwelt zu identifizieren, Risiken systematisch zu evaluieren und entsprechend der Ergebnisse Positionen zu entwickeln und Handlungen zu erwirken. Dies kann zur Ausgrenzung von Maßnahmen und Technologien, oder zur Implementierung restriktiver Rahmenbedingungen für deren Umsetzung führen, z.B. in Bezug auf den Vogelschutz bei landbasierter Windenergie. Als fundamentaler Grundsatz gilt, dass Klimamaßnahmen auch zum Klimaschutz beitragen müssen und keine tiefgreifenden Folgen für die Umwelt haben dürfen.

Beim Transport und der permanenten tiefengeologischen Speicherung von CO₂ bestehen Risiken rund um potenzielle Leckagen, also des unbeabsichtigten Austritts des CO₂. Das Risiko solcher Leckagen ist nach wissenschaftlichen Erkenntnissen als niedrig einzuschätzen, sowohl aufgrund der geringen Wahrscheinlichkeit als auch der limitierten Konsequenz für Mensch und Umwelt.⁸ CO₂ ist grundsätzlich ein Gas, das gut handhabbar ist: Es ist nicht entflammbar, explosiv oder giftig. Da es in seiner reinen Form dichter als Luft ist, verteilt es sich bei einer Leckage an die Erdoberfläche nahe dem Erdboden. Im Meer verbindet es sich mit dem Wasser. Weitere Risiken von Seismizität oder der Verdrängung von Salzwasser können durch sorgfältige Erkundung, Evaluierung und Limitierung der Druckverhältnisse verhindert werden.

Transport von CO₂

Für den Transport von CO₂ wird das Gas verflüssigt. Sollte es dabei zu einer Leckage kommen vaporisiert das CO₂ bei Kontakt mit der Atmosphäre. Der Effekt ist ähnlich wie Trockeneis (festes CO₂), das als Kühlmittel und in Nebelmaschinen eingesetzt wird. Eine Gefahr für Menschen und Tiere besteht nur dann, wenn sie dem CO₂ längere Zeit ausgesetzt sind, z.B. innerhalb geschlossener oder

⁷ Bellona, 2016, Manufacturing our Future,

<https://network.bellona.org/content/uploads/sites/3/2016/04/MANUFACTURING-OUR-FUTURE.pdf>

⁸ Damen, K., Faaij, A., Turkenburg, W., 2006, Health, safety and environmental risks of underground CO₂ Storage - Overview of mechanisms and current knowledge, in Climatic Change,

<https://d3pcsg2wj9izr.cloudfront.net/files/6063/articles/6225/fn757028r33q0265.pdf>

begrenzter Räume, in denen das CO₂ sich nicht ausbreiten kann, sondern ansammelt.⁹ Gegenmaßnahmen sind in der Regel simpel: Sollte CO₂ z.B. aus einer Pipeline in einem Tal austreten, kann es durch einen Helikopter aufgewirbelt werden. Durch den schon existierenden Transport von CO₂ für die Lebensmittelindustrie, aber auch Tausende Kilometer Pipelinenetz in Nordamerika existieren erste Erfahrungen wie mit etwaigen Leckagen im Transportsystem umzugehen ist, wengleich diese aufgrund der seltenen Vorkommnisse einer Leckage limitiert sind.^{10 11}

Speicherung von CO₂

Für die permanente tiefengeologische Speicherung von CO₂ eignet sich sowohl Kalksandstein als auch Tuff-/Basaltstein. Beim letztgenannten mineralisiert das eingespeicherte CO₂ binnen weniger Monate bis zu einem Jahr und wird so selbst zu Gestein. Beim Kalksandstein dauert der Prozess mehrere Jahrzehnte bis zu zwei Jahrhunderten.¹² Je länger das CO₂ in diesem Prozess der Refossilisierung gespeichert ist, desto unwahrscheinlicher ist das Wiederaustreten des CO₂. Geeignete Speicherstätten zeichnen sich durch eine nichtdurchlässige Deckschicht aus, die wie ein Verschluss wirkt und das CO₂ nicht in andere Gesteinsschichten und in die Atmosphäre diffundieren lässt. Diese Voraussetzung ist gesetzlich festgelegt und Grundlage für die Lizenz eines CO₂-Speichers in Europa.

Praktische Erfahrungen mit der Speicherung von CO₂ existieren weltweit. Bisher wurden global ca. 40 Millionen Tonnen CO₂ in 26 Projekten permanent geologisch gespeichert.¹³ In Europa gibt es bisher zwei groß angelegte CCS-Projekte: Sleipner (1996) und Snøhvit (2006) in Norwegen. Gemeinsam werden hier jährlich ca. 1,5 MtCO₂ erfolgreich permanent tiefengeologisch gespeichert. Detaillierte Speicherdaten zu den Projekten existieren und sind öffentlich zugänglich.¹⁴ Ebenso haben diese Projekte zu wichtigen Erfahrungswerten und Technologieentwicklungen rund ums Monitoring des Verhaltens von CO₂ bei der permanenten tiefengeologischen Speicherung geführt.¹⁵ In beiden Speichern wurden keinerlei Leckagen festgestellt. Der Erfahrungswert eines ansteigenden Druckverhältnisses im anfänglichen Speicherort des Snøhvit-Projekts, der zur Erschließung eines

⁹ Damen, K., Faaij, A., Turkenburg, W., 2006, Health, safety and environmental risks of underground CO₂ Storage - Overview of mechanisms and current knowledge, in Climatic Change, <https://d3pcsg2wj9izr.cloudfront.net/files/6063/articles/6225/fn757028r33q0265.pdf>

¹⁰ Wonderful Engineering, 2016, Clouds Of Carbon Dioxide Fill A German City After A Truck Accident, <https://wonderfulengineering.com/clouds-of-carbon-dioxide-fill-a-german-city-after-a-truck-accident/>

¹¹ US Department of Transportation, 2022, Failure Investigation Report - Denbury Gulf Coast Pipelines, LLC – Pipeline Rupture, <https://www.phmsa.dot.gov/sites/phmsa.dot.gov/files/2022-05/Failure%20Investigation%20Report%20-%20Denbury%20Gulf%20Coast%20Pipeline.pdf>

¹² chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Nutzung_tieferer_Untergrund_CO2Speicherung/Projekte/CO2Speicherung/Abgeschlossen/Nur-Deutsch/Gestco/GESTCO_project_case_studies_2004.pdf?__blob=publicationFile&v=2; letzter download 31.03.2023

¹³ Brogan, C., 2022, Carbon captured and stored since 1996 is significant but overestimated, Imperial College London, <https://www.imperial.ac.uk/news/238411/carbon-captured-stored-since-1996-significant/#:~:text=As%20of%202021%2C%20the%20global,across%2026%20operational%20CCS%20facilities.>

¹⁴ Co2 Data Share, 2023, <https://co2datashare.org/dataset>

¹⁵ Furre, A., et. al., 2017, 20 Years of Monitoring CO₂-injection at Sleipner, Energy Procedia, Volume 114, Pages 3916-3926, ; <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610211008204> ; Eiken, O., et. Al., 2011, Lessons learned from 14 years of CCS operations: Sleipner, In Salah and Snøhvit, in Energy Procedia, Volume 4, 2011, Pages 5541-5548 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610211008204>

neuen CO₂ Speichers geführt hatte, zeigt, dass die technische Überwachung die Sicherheit der CO₂ Speicherung garantieren kann und im Falle von Komplikationen Maßnahmen zur Risikominimierung ergriffen werden können.¹⁶

Auch das deutsche Forschungszentrum GEOMAR hat umfangreiche Forschungen zu Leckagen und Risiken an dem Projekt Sleipner durchgeführt.¹⁷ Neben dem grundsätzlich als sehr niedrig eingestuften Risiko von Leckagen wurde auch die Auswirkung auf die Umwelt bei einem möglichen Austritt von CO₂ als gering eingeschätzt: Sollte es tatsächlich zu einer Leckage in einer nahezu Worst Case-Größenordnung kommen, ist die Versauerung des Meeresgrundes auf max. 50 qm um das Bohrloch begrenzt.¹⁸ Ähnliche Auswirkungen auf lokale Biosphären lassen sich auch bei marinen Vulkanen und anderen natürlich vorkommenden CO₂-Emissionsorten beobachten, allerdings in einem wesentlich größeren Ausmaß aufgrund des unkontrollierten Ausstoßes. Auftretende Leckagen bei CCS-Anwendungen können durch Kalk so umfassend und nachhaltig verschlossen werden, dass durch die Gesteinsbildung kein weiteres CO₂ entweicht. Die Forschungsergebnisse aus Deutschlands bisher einzigem CO₂-Testspeicher in Ketzin lassen ähnliche Rückschlüsse für die Speicherung an Land zu.¹⁹

Tiefengeologische CO₂-Speicher für CCS sind nicht vergleichbar mit natürlichen CO₂-Vorkommen und das Austreten von CO₂ muss bei beiden differenziert betrachtet werden. Die strenge Überwachung von CCS-Speicherorten ermöglicht Prävention und Reaktion. Außerdem sind hohe Reinheitsgrade des CO₂ für die permanente tiefengeologische Speicherung notwendig, was zu den oben genannten kontrollierbaren Effekten führt. In natürlichen CO₂-Vorkommen befindet sich dagegen häufig ein Gemisch mit z.B. für Menschen hochgiftigem Schwefeldioxid und Schwefelwasserstoff.

Aus umwelt- und klimapolitischer Sicht stellt CCS daher keine Hochrisikotechnologie dar. Im unwahrscheinlichen Fall einer Leckage sind die Auswirkungen abschätzbar und das Schließen des Lecks vergleichsweise einfach. Es wird selbst beim unwahrscheinlichen Eintreten von Leckagen erwartet, dass mindestens 99% des CO₂ permanent tiefengeologisch gespeichert bleiben.²⁰

In der Risikoabschätzung zum Einsatz von CCS sollte unbedingt auch die Konsequenz einer Nichtumsetzung der Klimaschutzmaßnahmen einbezogen werden. In diesem Falle würden CO₂-

¹⁶ Ringrose, P., Saether, O., 2020, https://www.spe-aberdeen.org/wp-content/uploads/2020/11/Mon_Equinor_SPE-CCUS-Insights-from-Sleipner-and-Sn%C2%A2hvit-26Oct2020.pdf

¹⁷ Geomar, 2023, Submarine CO₂-Speicherung in der Nordsee – Chance oder Risiko?, https://www.geomar.de/news/article?tx_news_pi1%5baction%5d=detail&tx_news_pi1%5bcontroller%5d=News&tx_news_pi1%5bactbackPid%5d=12123&tx_news_pi1%5bbackPid%5d=12123&tx_news_pi1%5bnews%5d=6514

¹⁸ Geostor, 2023, <https://geostor.cdrmare.de/en/>; Loi Hoang Huy Phuoc Pham, 2016, Consequence Study of CO₂ Leakage from Ocean Storage, in Procedia Engineering, Volume 148, Pages 1081-1088, HYPERLINK

"<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816310669>"<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816310669>

¹⁹ GFZ Potsdam, 2023, [https://gfzpublic.gfz-potsdam.de/pubman/faces/SearchResultListPage.jsp?q=\(+ANY%3D%22ketzin%22+\)&pageNumber=1&elementsPerPage=25&searchType=advanced&sortOrder=DESC&sortBy=DATE](https://gfzpublic.gfz-potsdam.de/pubman/faces/SearchResultListPage.jsp?q=(+ANY%3D%22ketzin%22+)&pageNumber=1&elementsPerPage=25&searchType=advanced&sortOrder=DESC&sortBy=DATE)

²⁰ OGL, 2023, Deep Geological Storage of CO₂ on the UK Continental Shelf, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1134212/ukcs-co2-containment-certainty-report.pdf; Idae, 2022, Storing CO₂ underground may be a safe solution to mitigate climate change, according to a CSIC study, <https://www.idaea.csic.es/wp-content/uploads/2023/01/NdP-CO2leakage-ENG-2023.01.31.pdf>

Emissionen in einigen Sektoren über verlängerte Zeit, wenn nicht für immer, ungebremst weiter emittiert werden.

2.2 CO₂-Speicherentwicklung in Deutschland

Die Eruierung, ob und wo mittel- bis langfristig CO₂ in Deutschland und seiner Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) gespeichert werden kann, sollte auf sorgfältigen wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhen. Dafür müssen Wissenschaftler:innen, Institute und Unternehmen von der Politik dazu befähigt werden, Forschungs- und Explorationsarbeiten vorzunehmen. Um die Sorgfalt dieser Arbeit zu garantieren, können diese Prozesse bis zu acht Jahren dauern.

Die Frage, ob es in Deutschland CO₂-Speicherorte geben wird, muss derzeit nicht abschließend geklärt werden. Es ist wichtig und notwendig, einen offenen und partizipativen Dialog mit relevanten Akteuren aus der Gesellschaft aufzusetzen und diesen langfristig zu führen, denn Sorgen der Bevölkerung sollten ernstgenommen und diskutiert werden.

Schon heute sollten aber CCS-Applikationen in den Sektoren, für die die Technologie ohne Zweifel essenziell zum Erreichen von Klimaneutralität ist, ermöglicht werden. Internationale Speicherangebote, wie von Norwegen und Dänemark, können hier zu internationalen Kooperationen führen. Dies würde Deutschland erlauben, beim Klimaschutz in der Industrie aktiv zu werden, und gleichzeitig eine gesamtgesellschaftliche Debatte zum breiteren Einsatz von CCS zu führen.

3. Systemische Perspektiven von CCS

3.1 Technische Negativemissionen auf der Grundlage von CCS

Mit dem Konzept der Klimaneutralität als Teil der deutschen Klimaziele wurde die Notwendigkeit von Negativemissionen und deren Umsetzung gesetzlich verankert. Die laut Koalitionsausschuss vom März für 2024 angesetzte Langfriststrategie wird diese Umsetzung erwartungsgemäß präzisieren.

Auch hier gilt die Hierarchie der Klimaschutzmaßnahmen: Die Priorisierung von Minderungsmaßnahmen gegenüber Negativemissionen ist zentral. CO₂-Emissionen sollten überall vermieden werden, wo es möglich ist. Negativemissionen sollten nur zum Ausgleich tatsächlich unvermeidbarer Emissionen, wie z.B. aus der Landwirtschaft, eingesetzt werden sowie perspektivisch zu einer Rückannäherung an das 1,5°C Grad Ziel. Die Anwendung von CCS als Minderungstechnologie fossiler CO₂-Emissionen an Industrieanlagen und der Einsatz von CCS als Teil technischer Negativemissionen mithilfe von Biomasse (Bio-CCS) oder Direct Air Capture (DACCS) müssen klar unterschieden werden. Besonders wichtig ist die separate Betrachtung der Klimaziele und die strikte Trennung im Klimaschutzgesetz.²¹

Damit Negativemissionen entstehen, müssen vier Grundsätze eingehalten werden:²²

1. CO₂ wird physisch aus der Atmosphäre entnommen.
2. Das aus der Atmosphäre entnommene CO₂ ist permanent tiefengeologisch gespeichert.

²¹ Bellona, 2022, Rechtsrahmen Negativemissionen, <https://de.bellona.org/publication/vorausschauender-rechtsrahmen-negativemissionen/>

²² Bellona, 2022, Germany's Industriestandort at a crossroads, <https://network.bellona.org/content/uploads/sites/3/2022/12/GERMANYS-INDUSTRIESTANDORT-AT-A-CROSSROADS-%E2%80%93-THE-STRATEGIC-AND-ECONOMIC-CASE-FOR-INDUSTRIAL-CCS-1.pdf>

3. Vor- und nachgelagerte Treibhausgasemissionen, die in Verbindung mit der Entnahme und permanenten Speicherung von CO₂ verbunden sind, sind vollumfänglich veranschlagt und in die Gesamtbilanz integriert.
4. Die Gesamtmenge des aus der Atmosphäre entnommenen CO₂ und dessen permanente tiefengeologische Speicherung ist größer als die Menge CO₂, die als Teil des Vorgangs emittiert wird.

Wie auch bei der Emissionsminderung durch CCS ist die Permanenz der Speicherung für die Anrechenbarkeit von Negativemissionen der zentrale Faktor. Unklarheiten bei Speicherzeiten, Risiken der CO₂-Entweichung und der Anrechnung erschweren den Umgang mit Negativemissionen. Um solche Komplikationen abzumildern, müssen Entnahmen mit kurzem Kohlenstoffkreislauf (an Land) und mit langem Kohlenstoffkreislauf (geologisch) getrennt gehalten und verwaltet werden. Durch die Schaffung eines Rahmens, in dem die zwei Optionen nicht austauschbar sind, werden die unterschiedlichen Eigenschaften, die sie haben, anerkannt, und es können dezidierte Ansätze entwickelt werden. Landbasierte CO₂-Entnahme, wie die Wiederaufforstung, sind reversibel und speichern CO₂ nur für mehrere Jahrzehnte bis Jahrhunderte. Eine Gleichsetzung mit einer geologischen Speicherung, die einen Zeitraum von Tausenden von Jahren hat, würde zu einer ungenauen Erfassung der Entnahmen führen.

Die Bereitstellung von CCS und damit verbundenen CO₂-Infrastrukturen sind fundamental zur Entwicklung technischer Negativemissionen, die wiederum essenziell zum Erreichen der Klimaziele sind. Auch bieten Industrieanlagen, in denen CCS durch die Brennstoffumstellung ohnehin zum Einsatz kommt, mithilfe von knapper, nachhaltiger Biomasse einen effektiven Pfad, Negativemissionen zu generieren.

2.2 CCU / Kreislaufwirtschaft

Mit der Bereitstellung einer CO₂-Infrastruktur für CCS wird auch die künftige Nutzung von CO₂ unterstützt. Synthetische Kohlenstoffträger sind fundamental für die Zukunft der Grundstoffchemie. Sektorkopplung, wie auch das Carbon2Chem Projekt gezeigt hat, werden künftig eine Rolle spielen.²³ Dabei ist allerdings die umfangreiche Bilanzierung des Lebenszyklus der Produkte zentral, um sicherzustellen, dass CO₂ tatsächlich vermieden wird.²⁴ Nichtsdestotrotz wird der Bestand einer CO₂-Infrastruktur auch in einer zukünftigen Kreislaufwirtschaft nützlich sein.

2.3 Vorbereitung der nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft

Wasserstoff spielt eine zentrale Rolle in der Dekarbonisierung der Industrie und kann auch in anderen Sektoren das Erreichen der Klimaneutralität unterstützen. Fundamental für den klimatischen Mehrwert von Wasserstoff ist dessen Produktion. Nahezu der gesamte derzeit verwendete Wasserstoff wird CO₂-intensiv über die Reformierung von Erdgas hergestellt, sog. grauer Wasserstoff. Die Alternativroute, sog. grünen Wasserstoff über Wasser-Elektrolyse herzustellen, ist ein energie-, bzw. stromintensiver Prozess. Nur wenn der bezogene Strom aus Erneuerbaren

²³ ThyssenKrupp, 2023, Carbon2Chem, <https://www.thyssenkrupp.com/de/carbon2chem>

²⁴ Bellona, 2023, Climate Impact of Circularity, <https://www.frompollutiontosolution.org/climateimpactofcircularity>

gewonnen wurde und dabei weitere Nachhaltigkeitskriterien erfüllt, ist grüner Wasserstoff tatsächlich „grün“.²⁵

Pro Terrawattstunde (TWh) Wasserstoff werden ungefähr 1,5 TWh erneuerbarer Strom benötigt. Der grüne Wasserstoffbedarf allein für die deutsche Stahl- (ca. 97 TWh Wasserstoff)²⁶ und Chemieindustrie (zwischen 665 und 875 TWh Wasserstoff)²⁷ könnte daher über 1.400 TWh erneuerbaren Stroms benötigen. Zur Einordnung: Der Bruttostromverbrauch ganz Deutschlands lag 2020 bei unter 560 TWh.²⁸ Laut Umweltbundesamt ist künftig „mit einer Zunahme des Stromverbrauchs zu rechnen, da Effekte der sogenannten „Sektorkopplung“ einzuplanen sind. Dazu zählt, dass sowohl Fahrzeugantriebe als auch Wärmebereitstellung in Gebäuden (Stichwort Wärmepumpe) verstärkt auf elektrischer Basis betrieben werden sollen.“²⁹ Es kommt also zu klaren Opportunitätskosten, denn ein erneuerbares Elektron kann nur 1x verwendet werden: entweder zur Dekarbonisierung des Netzes oder zur Herstellung von Wasserstoff.

Das auch für die Wasserstoffwirtschaft der unbedingte Ausbau der Erneuerbaren und des europäischen Stromnetzes an erster Stelle steht, wird bei diesen Zahlen klar. Hoffnung liegt auch auf einem globalen Wasserstoffmarkt. Wie schnell diese Maßnahmen und Hoffnungen allerdings zu einem Angebot von grünem Wasserstoff in Deutschland in der benötigten Größenordnung und Wirtschaftlichkeit führen, ist fraglich. Sollten derzeitige Bestrebungen nicht ausreichen, kann auch sogenannter blauer Wasserstoff eine Übergangsrolle spielen. Hierbei kommt CCS bei der Produktion von Wasserstoff aus Erdgas zum Einsatz, und kann damit die mit der Produktion verbundenen CO₂ Emissionen mindern. Hier ist es allerdings essenziell, Vorkettenemissionen zu evaluieren und entsprechende Maßnahmen umzusetzen, um den klimatischen Vorteil von blauem Wasserstoff zu garantieren. Auch der energetische Mehraufwand zur Abscheidung des CO₂ muss mitbilanziert werden.

Mit dem Einsatz von blauem Wasserstoff kann eine höhere Versorgungssicherheit mit CO₂-armen Wasserstoff in den Anfangsjahren garantiert werden. Dies erlaubt die zeitnahe Komplettumstellung von, z.B. kohlebasierter Stahlerzeugung zu wasserstoffbasierten Prozessen, ohne übergangsweise auf ein Hybridsystem mit Erdgas und Wasserstoffblending angewiesen zu sein.³⁰

Damit können folgende zentrale Vorteile erzielt werden:

1. Keine Ausweitung („Brücke“), sondern die perspektivische Verdrängung von nicht CO₂-gemindertem Erdgas und den damit verbundenen Emissionen.

²⁵ Bellona, 2021, Will Hydrogen Cannibalise the Energiewende, <https://de.bellona.org/publication/will-hydrogen-cannibalise-the-energiewende/>

²⁶ Agora Energiewende, 2019, Klimaneutrale Industrie, <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/klimaneutrale-industrie-hauptstudie/>

²⁷ VCI, 2019, Roadmap Chemie 2050, <https://www.vci.de/services/publikationen/broschueren-faltblaetter/vci-dechema-futurecamp-studie-roadmap-2050-treibhausgasneutralitaet-chemieindustrie-deutschland-langfassung.jsp>; Agora Energiewende, 2019, Klimaneutrale Industrie, <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/klimaneutrale-industrie-hauptstudie/>

²⁸ UBA, 2023, Stromverbrauch, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/stromverbrauch>

²⁹ UBA, 2023, Stromverbrauch, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/stromverbrauch>

³⁰ Bellona, 2022, 7 Reasons why blending hydrogen with natural gas is a bad idea, <https://network.bellona.org/content/uploads/sites/3/2022/07/7-REASONS-WHY-BLENDING-HYDROGEN-WITH-NATURAL-GAS-IS-A-BAD-IDEA-2022.pdf>

2. Investitionen in die Produktionspfade der Zukunft werden jetzt getätigt. Keine „H2-Ready“-Zwischeninvestitionen, die die Verantwortung ohne Garantie einer tatsächlichen Umstellung in die Zukunft vertragen.³¹
3. Direktumstellung auf Wasserstoff erhöht die Marktnachfrage und bringt damit Investitionssicherheit. Das kann den schnelleren Ausbau von grünem Wasserstoff und der dazugehörigen Infrastruktur anreizen.
4. Ein Wettbewerb zwischen grünem Wasserstoff und Erdgas, bei dem letzterer klare systemische Vorteile hat (existierende Infrastruktur, fehlender CO₂ Preis), wird vermieden. Stattdessen konkurrieren blauer und grüner Wasserstoff, bei dem letzterer mittelfristig klare Kostenvorteile hat.

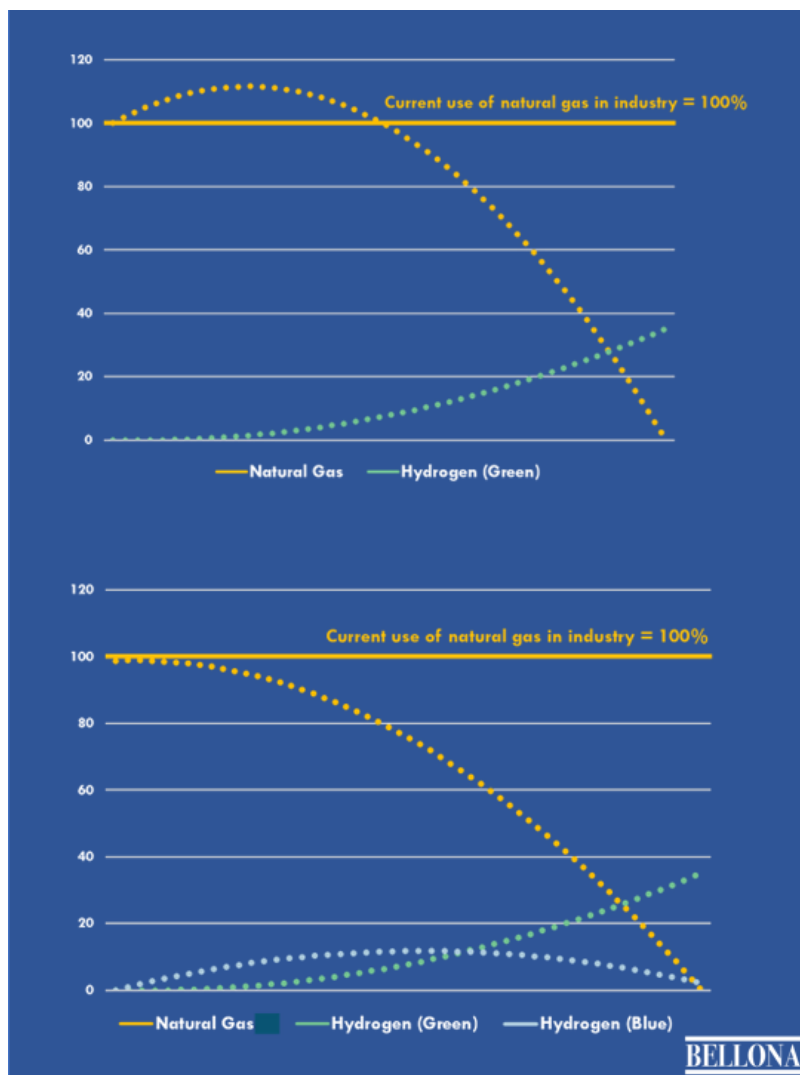


Abbildung 1: Der Übergangseinsatz von blauem Wasserstoff hat das Potenzial den Lock-in von nicht CO₂-gemindertem Erdgas im Industriesektor zu verhindern.³²

³¹ Bellona, 2023, 7 Gründe, warum „H2-ready“ ein Mythos ist, <https://de.bellona.org/2023/03/22/h2-ready-mythos/>

³² Bellona, 2023, Hydrogen use in industry. Preventing lock-ins and understanding trade-offs, <https://www.frompollutiontosolution.org/lockinsandtradeoffs>